WISS

Workshop on Interactive Systems and Software

18TH WORKSHOP ON INTERACTIVE SYSTEMS AND SOFTWARE

WISS 2010

18th Workshop on Interactive Systems and Software

第18回インタラクティブシステムとソフトウェアに関するワークショップ

WISS2010

日本ソフトウェア科学会

日本ソフトウェア科学会　研究会資料シリーズ　　ISSN:1341-870X　No. 67

WISS 2010 について

後藤 真孝*

本論文集は，日本ソフトウェア科学会インタラクティブシステムとソフトウェア (ISS) 研究会が主催し，2010 年 12 月 1 日 (水) から 3 日 (金) にかけて，裏磐梯ロイヤルホテル（福島県耶麻郡北塩原村）で開催される「第 18 回インタラクティブシステムとソフトウェアに関するワークショップ」(Workshop on Interactive Systems and Software: WISS 2010) での発表をまとめたものです．

WISS は，2 泊 3 日の泊り込み形式で，インタラクティブシステムにおける未来を切り拓くような新しいアイディア・技術を議論するワークショップです．1993 年にスタートした WISS は今年で 18 回目を迎えました．この分野において国内でもっともアクティブな学術会議のひとつであり，近年では，170 名以上の参加者が，朝から深夜まで活発で意義深い情報交換をおこなっています．しかし，会議の人気が増して参加者が増加していくにつれて，会議を聴講するカンファレンスに近い雰囲気になる場面もありました．

そこで WISS 2010 では，WISS が単なるカンファレンスではなく議論が盛んな「ワークショップ」であるという原点に立ち戻り，プログラム委員とも相談の上で，

1. インタラクティブシステムの未来の姿を明らかにしていくことで世の中に貢献

し，かつ，

2. 「未来の学術会議の姿」を時代に先駆けて示すことで世の中に貢献

することを狙って，論文募集時に以下の三つからなる「WISS 2010 での三大改革」を宣言しました (原文のまま転載します)。

改革 1 「未来ビジョン」を書くことを必須とします．

論文末尾に「未来ビジョン」という固定サイズの記入欄をもうけ，そこで「この研究はどういう未来を切り拓くのか」を議論することを全投稿に義務付けます．さらに，登壇発表の最後でも，それを議論することを必須とします．未来ビジョンに何を書くかは自由で，例えば,「こういう未来社会が到来して欲しいから，我々の研究でこう貢献していきたい！」,「主張が大きすぎて本文中では書きにくかったが，この研究は，実はこういう気持ちで研究している」等の思いをアピールできます．

改革 2 評価実験は査読の対象外とします．

我々は評価実験の大切さを知っています．だからこそ，WISS 2010 では新たな試みとして，評価実験を査読の対象外とします．これは [改革 1] と連動しており，未来ビジョンを議論することを重視し，荒削りであっても新たな未来を切り拓く論文を採択するために，WISS 2010 では試験的に，評価実験についての記載の有無は，採否に影響しないことを宣言します．ただし実装は義務づけますので，実装済みであることが判断できる説明を論文中に記して下さい．これは，未来を切り拓く研究の評価は，萌芽的な段階では困難なことが多く，むしろ WISS の場で，評価方法を議論してもよいからです．研究を進める上で，また，国際会議や論文誌等に投稿する上では，評価実験の大切さは変わりませんので，WISS の「試み」の意図をくみ取って頂き，評価をないがしろにする風潮を生むことのないよう，ご配慮をお願いします．

改革 3 全員参加型の議論の場を設けます．

全参加者が，積極的に議論に加われる機会を生み出すために，宿泊型の学術会議であるメリットを最大限に生かし，各部屋ごとに,「今回の会議によってどのような新しい未来が切り拓かれたのか」を，議論する時間を設けます (2 日目の晩の 1 時間を予定)．そこでは，各登壇発表の「未来ビジョン」を，各部屋ごとに XY 軸を考えて一枚の未来俯瞰図上に位置付け，今回の会議での「未来を感じさせるキーワード群」を決めていきます．最終日の議論セッションで，各部屋の議論結果を 1 分ずつ登壇発表ができ，様々な考え方を参加者全員で共有できます．

これにより，発表者にとっては,「発表して良かった」,「こんなに自分の研究を議論してもらえる場は素晴らしい」,「また次も WISS で発表したい」と思ってもらえる会議を，参加者にとっては,「参加して良かった」,「視野が広がった」,「未来が見えてきた」と思ってもらえる会議を目指しています．

WISS はこれまでも伝統的に先進的であり，学術会議で登壇発表の最中にテキストチャットを併用することを始めたのは，WISS 1997 が最初です (ただし 1994 年のソフトウェア科学会大会でも，登壇発表でなくパネルセッションで試みられたことがありました)．こうした会議を活性化するシステムの実験

* Masataka Goto <m.goto[at]aist.go.jp>, 産業技術総合研究所

は，その後，WISS Challenge として公募式になってさらに発展しました．発表者の側も工夫を凝らし，斬新なプレゼンスタイルによって議論が活発化されたり，ナイトセッションではプロジェクタによって飛び込みプレゼンテーションやデモがおこなわれたりしました．そこで WISS 2010 では，上記で述べたように，これまで手つかずだった「論文」すらも改革し，参加者がより一層議論できる場面を増やすことで，発表者と参加者の双方にとって，さらに有意義な場を生み出すことを試みています．

上記の改革を宣言して論文募集したところ，登壇発表に対して，例年よりも多い 50 件のフルペーパーの投稿がありました (WISS 2009 では 39 件)．また，参考資料としてデモビデオの提出を推奨しました．それぞれに対して 4 名の査読者を割り当てて査読をおこない，各査読者は，総合点，未来ビジョン，評価に対する確信度の 3 項目を 5 段階で評価しました．総合点は未来ビジョンを含めた論文全体に対する評価ですが，それとは別に，未来ビジョンの欄の内容の評価も求めたのが新しい点です．そして，プログラム委員会で詳細に検討した結果，投稿数の 40%の 20 件の論文を採択しました (WISS 2009 では 19 件)．その際，ある査読者によって総合点に最高点あるいは最低点が与えられた論文，査読者の確信度が低い論文，総合点は低いが未来ビジョンの点が高い論文等には，特別な注意を払って採否判定しました．その際，論文募集で明記した『ワークショップの本質は「議論」であり，仮に荒削りであっても未来を切り拓くような研究，議論を呼ぶような研究であれば，評価実験の記載の有無を問わず，高く評価します．ただし，発表するインタラクティブシステムあるいはソフトウェアは既に実装済みであることを投稿の必須条件とし，実装済みであることが判断できる説明を論文中に記して下さい.』を配慮しました．また，国際会議等での既発表論文については，論文募集で明記した『国際会議で既発表あるいは発表予定の論文であっても，そこで記されていない「未来ビジョン」を書いた上で，国内でも議論したい場合には，投稿を受け付けます．ただし，元論文は引用して下さい．例えば，複数の国際会議論文を通じて語れなかった未来や研究思想を語るために，それらを一つの論文にまとめて WISS 2010 に投稿するのは歓迎です.』を配慮しました．査読コメントは，できるだけ投稿者にとって有益な情報を含むよう，詳細な査読コメントを査読者にお願いしました．そうした査読コメントを反映して再提出いただいた論文を，本論文集に掲載しております．プログラムも例年とは違い，2 日目までにすべての登壇発表が終了する予定で，これにより，2 日目の晩にそれら登壇発表に関する全員参加型の議論が可能になる見込みです．

また，本論文集にはデモ／ポスター発表の論文が 39 件掲載されています．これらは，査読をせずに発表申し込みのあった全件を受け付けました．この他にも，当日は論文集には掲載されないデモ／ポスターが展示される予定です．実際に動くシステムを見ながらインタラクティブに議論をすることで，発表者は参加者から多くのフィードバックを得る事ができ，また参加者はその研究の本質をより深く理解することが可能となります．

第 12 回までは，論文集に論文 PDF およびデモビデオなどを収録した資料 CD-ROM を添付しておりましたが，ネットワークインフラの充実によりその使命を終えたと判断し，添付しておりません．論文 PDF およびデモビデオ等は，本研究会ホームページで公開する予定です．

さらに今回は WISS 初の試みとして，講演の模様をリアルタイムに動画中継したり (ニコニコ生放送と ustream を予定)，twitter の特定ハッシュタグの内容をテキストチャットへ中継したりすることを計画しています．それに，WISS Challenge で公募した議論を活発にする様々な工夫が加わります．また，参加者間の議論を活発にするために，名札を大きくして自己紹介・研究紹介等を記載する「名札改革」をすることで，名札がポジションペーパー的な役割を果たせることを期待しています．

このように WISS は，個々の研究発表の内容を議論する場であると共に，インタラクティブシステムの未来の姿，未来の学術会議の姿を議論する場でもあり，さらに，ワークショップ自体がインタラクティブシステムの実験の場にもなっています．これからもこうした WISS の良き伝統を引き継ぎつつ，また WISS 2010 の大改革の反省もしつつ，より良い場を作れるよう，改革路線を継続していきたいと考えています．来年の WISS 2011 の場所等は未定ですが，詳細が決定次第，本研究会ホームページで公開しますので，是非ご参加ください．

最後に，登壇論文を投稿いただいた皆様，デモ／ポスターを発表いただく皆様，議論に参加し会議の成功に貢献してくださる参加者の皆様，査読者の皆様，WISS 2010 プログラム委員／運営委員の皆様，協賛学会関係者の皆様，スポンサー企業の皆様に深く感謝いたします．

WISS2010 プログラム委員長

後藤 真孝 (産総研)

WISS2010 運営委員長

福地 健太郎 (明治大)

WISS2010 運営委員

会計	平井 重行 (京産大)
出版	秋田 純一 (金沢大)
電子投稿	暦本 純一 (東大/ソニー CSL)

広報	
・学会リエゾン	緒方 淳 (産総研)
WISS Challenge	栗原 一貴 (産総研)
チャット	西田 健志 (神戸大)
動画生中継	稲見 昌彦 (慶應大)
デモ・ポスター	塚田 浩二 (お茶大)
	竹川 佳成 (神戸大)
ネットワーク	中村 嘉志 (産総研)
Web	倉本 到 (京都工繊大)
投票	
・ローカルサーバ	倉本 到 (京都工繊大)
名札デザイン	園山 隆輔 (T-D-F)
懇親会	大和田 茂 (ソニー CSL)
	岡部 誠 (電通大)
表彰	宮下 芳明 (明治大)
企業スポンサー	小池 英樹 (電通大)
	安村 通晃 (慶應大)

WISS2010 プログラム委員

秋田 純一 (金沢大)
荒井 俊史 (シチズン)
伊藤 雄一 (大阪大学)
稲見 昌彦 (慶應大)
大坪 五郎 (UIE ジャパン)
大和田 茂 (ソニー CSL)
岡田 義広 (九大)
緒方 淳 (産総研)
岡部 誠 (電通大)
筧 康明 (慶應大)
梶本 裕之 (電通大)
岸野 泰恵 (NTT 研)
葛岡 英明 (筑波大)
倉本 到 (京都工繊大)
栗原 一貴 (産総研)
小池 英樹 (電通大)
園山 隆輔 (T-D-F)
高田 哲司 (電通大)
竹川 佳成 (神戸大)
田中 二郎 (筑波大)
塚田 浩二 (お茶大)
中内 靖 (筑波大)
中村 聡史 (京大)
中村 嘉志 (産総研)
原田 康徳 (NTT)
西田 健志 (神戸大)
平井 重行 (京産大)
宮下 芳明 (明治大)
森島 繁生 (早稲田大)
安村 通晃 (慶應大)
暦本 純一 (東大/ソニー CSL)

WISS2010 査読者

秋田 純一 (金沢大)
荒井 俊史 (シチズン)
伊藤 雄一 (大阪大学)
稲見 昌彦 (慶應大)
江渡 浩一郎 (産総研)
大坪 五郎 (UIE ジャパン)
大和田 茂 (ソニー CSL)
岡田 義広 (九大)
緒方 淳 (産総研)
岡部 誠 (電通大)
筧 康明 (慶應大)
梶本 裕之 (電通大)
岸野 泰恵 (NTT 研)
葛岡 英明 (筑波大)
倉本 到 (京都工繊大)
栗原 一貴 (産総研)
小池 英樹 (電通大)
園山 隆輔 (T-D-F)
高田 哲司 (電通大)
竹川 佳成 (神戸大)
田中 二郎 (筑波大)
塚田 浩二 (お茶大)
中内 靖 (筑波大)
中村 聡史 (京大)
中村 嘉志 (産総研)
原田 康徳 (NTT)
西田 健志 (神戸大)
平井 重行 (京産大)
宮下 芳明 (明治大)
森島 繁生 (早稲田大)
安村 通晃 (慶應大)
暦本 純一 (東大/ソニー CSL)

表紙デザイン

吉田 有花 (明治大)

ISS 研究会連絡先

日本ソフトウェア科学会
「インタラクティブシステムとソフトウェア研究会」
主査: 後藤 真孝
〒 305-8568
茨城県つくば市梅園 1-1-1 中央第 2
産業技術総合研究所 情報技術研究部門
Email: m.goto[at]aist.go.jp
本研究会に関する情報は http://www.wiss.org/
からアクセス可能です.

もくじ

まえがき: WISS 2010 について
後藤 真孝 ..... *i*

■日常生活

AirSketcher: 風を使いやすくする手法の提案とその実装
渡邊 恵太, 松田 聖大, 稲見 昌彦, 五十嵐 健夫 *1*
Foldy：GUI 操作によるロボットへの服の畳み方の教示
杉浦 裕太, 坂本 大介, Tabare Gowon, 高橋 大樹, 稲見 昌彦, 五十嵐 健夫 *7*
PotPet: ペットのような植木鉢型ロボット
川上 あゆみ, 塚田 浩二, 神原 啓介, 椎尾 一郎 *13*
エンドユーザによる椅子デザインシステム
Greg Saul, Manfred Lau, 三谷 純, 五十嵐 健夫 *17*

■コミュニケーションとつながり

プレゼンとプレゼンの場をマンガ表現するインタラクティブシステム
藤本 雄太, 宮下 芳明 *23*
BandNavi: バンドメンバーの変遷情報を辿るアーティスト発見システム
吉谷 幹人, 宇佐美 敦志, 浜中 雅俊 *29*
ご近所知るえっと―身近な他人との緩やかなコミュニケーション支援―
中森 玲奈, 青木 貴司, 椎尾 一郎 *35*
ネタバレ防止ブラウザの実現
中村 聡史 *41*

■デザイン

写真の上にスケッチと制約を記入していくことによるモデリングシステム
Manfred Lau, 大河原 昭, 三谷 純, 五十嵐 健夫 *47*
形状設計システムに物理シミュレーションを統合したキネティックアート・デザインシステム
古田 陽介, 三谷 純, 五十嵐 健夫, 福井 幸男 *53*
インタラクティブなラインストーンデザイン
五十嵐 悠紀 *59*
実時間固有値解析による対話的な鉄琴のデザイン
梅谷 信行, 高山 健志, 三谷 純, 五十嵐 健夫 *65*

■デバイスインタラクション

Z-touch: 指先姿勢インタラクション可能なマルチタッチシステム
竹岡 義樹, 味八木 崇, 暦本 純一 *71*
SpeechJammer:聴覚遅延フィードバックを利用した発話阻害の応用システム
栗原 一貴, 塚田 浩二 *77*
matereal: インタラクティブなロボットアプリケーションのプロトタイピング用ツールキット
加藤 淳, 坂本 大介, 五十嵐 健夫 *83*
綿を内包した柔物体を用いた日常生活に溶け込むインタフェース
筧 豪太, 杉浦 裕太, 杉本 麻樹, 稲見 昌彦 *89*

■大激論セッション

CoupLog：ライフログを用いたカップルのコミュニケーション支援
中川 真紀, 塚田 浩二, 椎尾 一郎 95
物語テキストから進行状況に応じて登場人物の存在状態と関係を推定する手法
縣 啓治, 伊藤 雄一, 高嶋 和毅, 北村 喜文, 岸野 文郎 101
60 万人の感情実況
青島 さやか, 青木 惇季, 宮下 芳明 107
Snappy: 写真を用いたロボットへの物体配置の指示手法
橋本 直, Andrei Ostanin, 稲見 昌彦, 五十嵐 健夫 113

ポスター・デモセッション

MusiCube: 特徴量空間における対話型進化計算を用いた楽曲提示インタフェース
斉藤 優理, 伊藤 貴之 119
ImageCube: 多次元データ可視化手法としての画像ブラウザ
鄭 雲珠, 五味 愛, 伊藤 貴之 121
PLUM: 地図配置型の写真ブラウザの一手法
白鳥 佳奈, 伊藤 貴之, 中村 聡史 123
キーワードの共通性を配置結果に反映した大量画像の一覧可視化手法
安田 理紗, 五味 愛, 伊藤 貴之 125
ブログアーカイブに対する係り受け解析を用いた 3 次元話題探索システム
伊藤 正彦, 吉永 直樹, 豊田 正史, 喜連川 優 127
バスケットボールの戦術デザインの支援を目的とした戦術自動図示化システム
澁谷 智志, 木村 健一 129
EdgeSonic:視覚障がい者のための画像特徴の可聴化
吉田 翼, 木谷 クリス 真実, ベロンジー・サージ, シュレイ・ケビン 131
高速指先トラッキングによる三次元入力／操作システム
松谷 淳史, 新倉 雄大, 廣部 祐樹, 渡辺 義浩, 小室 孝, 石川 正俊 133
FeliCa の利用履歴を用いた認証システム
松村 智彰, 清野 祥之, 国友 一生, 小池 英樹 135
くちびるによるゲームインタフェース
竹山 峻平, 佐藤 俊樹, 野嶋 琢也 137
直感的で正確な自由視点映像撮影インタフェースの開発
渡邊 哲哉, 北原 格, 亀田 能成, 大田 友一 139
Ceiling Bots:ロボットを用いた天井上のオブジェクト移動システム
小林 大将, 佐藤 俊樹, 小池 英樹 141
GummiPIANO-マルチタッチオーディオインタフェース-
吉田 愛美, 吉田 翼, 佐藤 俊樹, 小池 英樹 143
聴衆参加型プレゼンテーションにおける発表構造獲得手法
梶 克彦, 平田 圭二, 河口 信夫 145
スマートフォンを用いた触覚 UGC に関する研究
橋本 悠希, 雨宮 智浩, 米村 朋子, 飯塚 博幸, 安藤 英由樹, 前田 太郎 147
コマを拡張した新しい遊具の開発
的場 やすし, 佐藤 俊樹, 小池 英樹 149
ビーズロボット
辰田 恵美, 塚田 浩二, 椎尾 一郎 151

腕輪型デバイスを用いたテーブルトップエンタテインメントシステム
高田 圭佑, 石田 紀之, 梶原 直喜, 野本 佳希, 佐藤 俊樹 *153*
衝撃を利用したデバイスの考案
今岡 翼, 岡部 誠, 尾内 理紀夫 *155*
Desktop Soundscape: タスクに応じた音環境をデスクトップ上に構築して仕事の 効率を高める試み
福地 健太郎 *157*
PatchworkVision:視覚的コンテキストを用いた検索結果の提示
井桁 正人, 丸山 一貴, 寺田 実 *159*
Lyricon:複数アイコンによるビジュアルな音楽選択インタフェース
町田 和嘉子, 伊藤 貴之 *161*
Hakalau Media：ユーザ参加型アーカイブを創発する Web アプリケーションプラットフォーム
橋田 朋子, 赤塚 大典 *163*
建前のあとに
吉永 珠里, 宮下 芳明 *165*
名所カム：撮影スポットを探し出すカメラ
渡辺 千穂, 後藤 孝行, 塚田 浩二, 椎尾 一郎 *168*
作業の継続と振る舞いの矯正の両立を目的とした通知手法
菊川 真理子, 金井 秀明 *171*
予感テーブル:著名人との出会い支援システム
元良 龍太郎, 藤沢 和哉, 安村 通晃 *174*
時間感覚の錯覚を用いた意思決定支援システムの提案
堀内 公平 *177*
リアプロジェクト方式の柔らかいテーブルトップ
久慈 拓也, 佐藤 俊樹, 徳井 太郎, 小池 英樹 *180*
Bar-code Based Community: ソフト/ハードの区別なく同じツールのユーザ同士を繋げる仕組み
清水 和晃, 宮下 芳明 *183*
Book's Marking：場所をきっかけに本と出会うためのシステム
吉原 建, 安村 通晃 *186*
Balloon Chat: 発言されないコメントも浮かばれるチャット
山中 祥太, 宮下 芳明 *189*
運動視差を再現した鏡の中の仮想世界と現実世界の融合提示
佐藤 秀昭, 北原 格, 大田 友一 *192*
EmotionTuner -演奏におけるコミュニケーションを支援する楽器システム-
土谷 幹, 河瀬 裕志, 柳 英克 *195*
SyncFeel-身体感覚を用いた親密なコミュニケーション支援システム-
河瀬 裕志, 土谷 幹, 柳 英克 *198*
切り取って燃やして返品する能動的読書
太田 佳敬, 中村 裕美, 宮下 芳明 *201*
飲食物 ＋ 電気味覚
中村 裕美, 宮下 芳明 *204*
俳句に適合する画像を合成するシステムの試作
湊 匡平, 岡部 誠, 尾内 理紀夫 *207*
eXLoop: 楽しさの再帰による体験の強化システムの提案
秋山 博紀, 渡邊 恵太, 稲見 昌彦, 五十嵐 健夫 *210*
DrawerFinder:収納箱用物探し支援システム
小松崎 瑞穂, 塚田 浩二, 椎尾 一郎 *213*

著者索引

AirSketcher: 風を使いやすくする手法の提案とその実装

AirSketcher: A proposal of direct air manipulation and its development

渡邊 恵太　　松田 聖大　　稲見 昌彦　　五十嵐 健夫*

Summary.　現代の空調システムには，温度設定が部屋単位であることや人間の室温の感じ方の差など課題がある．本研究では，その解決手法としてインタラクションの観点から使いやすい風をつくりだす AirSketcher を提案する．AirSketcher は直接的で多様な風を容易につくりだすことができる扇風機（送風）システムである．扇風機にインタラクティブ性を持たせ，ユーザが意図通り風を操作可能になることで，空調に対する不満を解決できるのではないかと考えた．本研究では風を制御するインタラクション手法として風を操るかのようなメタファで風を制御する AirWand, 風を描くメタファを用いて風を制御する AirCanvas, 風を受け入れるか否かをカードによって指示する AirFlag をの 3 つを考案し試作した．そして，それぞれの特徴をまとめ，利用シーンから手法について考察する．最後に，インタラクションデザインの観点から今日の空調の課題を踏まえて AirSketcher について議論する．

1　はじめに

レストランなどに行った時，空調の風によって席が寒くて困ったことはないだろうか．エアコンなどの空調は家庭をはじめ，オフィス，店舗そして公共機関に広く普及しているが，空調の強すぎ（効き過ぎ）や，弱すぎが問題になることがある．これはエアコン自体の性能だけでなく，人間の室温の感じ方に差があるためである．そのため，たとえば電車では弱冷房車を設置していることもある．また，家庭でエアコンの温度に関して 4 割の人がもめたことがあるという調査結果もある [3].

エアコンは基本的に部屋単位で室温を制御するため，ユーザそれぞれの感じ方に応じた空調を実現できない．さらに部屋の構造によっては，空気が対流せずエアコンが示す温度と実際の室温が場所によって異なることもある．これも温度の感じ方が異なる原因になる．

このように，人間の室温の感じ方の差やエアコンの仕組みの関係上，空調システムには問題がある．今日私たちは，扇風機やサーキュレーターを利用し部屋の空気を循環させたり扇風機の風に当たるなど，エアコンと扇風機を併用することにより，この問題を解決することがある．扇風機はエアコンの登場以前から涼むための道具として利用されてきたが，今日では夏に限らず 1 年を通じて利用されるようになり，以前より積極的に使われるようになった [3]．すなわち，扇風機は「涼む」から風を「使う」ものへと変化しつつある．また，扇風機も多様化しており，

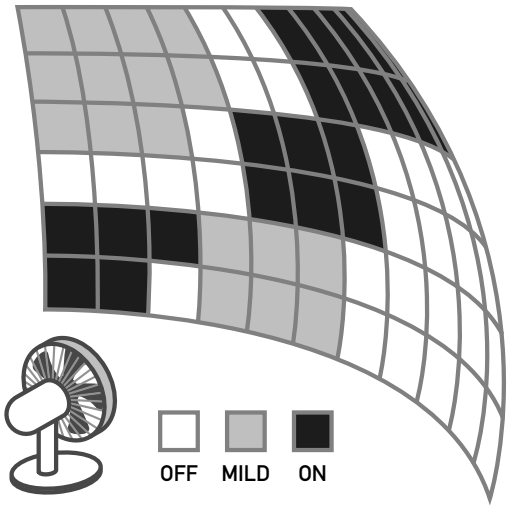


図 1．AirSketcher コンセプト：風と空間をマッピングし，生活状況に応じた送風制御を行う

ダイソン社は羽根のない Air Multiplier という扇風機 [2] や，バルミューダデザイン社は 2 重の羽根の構造によって，やわらかい風を送る GreenFan といった扇風機 [1] を発売し，扇風機も発展は続いている．

しかしながら，エアコンと併用利用していく「使う扇風機」としての発展はほとんど進んでいない．

我々は，エアコンでは室温の調整が部屋単位でしかできない以上，各々のユーザの体感や状況に応じて詳細に空調を制御するためには，送風による方法が優れていると考えた．そこで本研究では,「風を使う」という点で扇風機に着目し，風を使いやすくする手法を提案する．

Copyright is held by the author(s).

* Keita Watanabe and Masahiko Inami and Taoke Igarashi, JST ERATO 五十嵐デザインインタフェースプロジェクト, Shota Matsuda, Matsuda Design Laboratory

1.1 風の使い勝手

今日の扇風機には首振り機能があり，満遍なく風を送る機能は備わっているが，家の構造や生活の状況によっては風を当てたくない箇所が存在することもある．たとえば，書類や置いてある場所に風を送ってしまうと，書類が吹き飛ばされてしまう．さらに，花など植物がある場所には風を当てることは好ましくない．また，洗濯物を乾かすことにも使われており，より的確に風を当てるという使い方も必要になってきている．

また，近年のエアコンはセンサによって人のいる場所や体温なども検知されるなどオートメーションの性能が向上している．しかし，実際に当てるべきか実際にユーザが当たりたいかは別の問題であり，必ずしもユーザの意図に沿うとは限らない．さらに，空調技術の研究分野においては，パーソナル空調システムの研究がされているが課題も多く [8]，また空調（送風や温度）という視点が強く，HCI 的な観点で研究される事例は少ない．これについては後の関連研究にて紹介する．

このように，空調に関して扇風機とエアコンが一般的ではあるが，風を使うという視点で設計されたものはほとんどない．

そこで，本研究では，扇風機に対してインタラクティブ性を持たせ，使いやすい風をつくりだす AirSketcher を提案する．AirSketcher は直接的で多様な風を容易につくりだすことができる扇風機（送風）システムである（図 1）．扇風機にインタラクティブ性を持たせることにより，風をユーザの意図通りに操作可能にすることで，空調に対する不満を解決できるのではないかと考えた．本論文では，3 つの風の制御手法を考案し，試作することを通じて，従来の首振り機能では実現できなかった送風について例証し，日常生活における新しい空調のあり方を議論する．

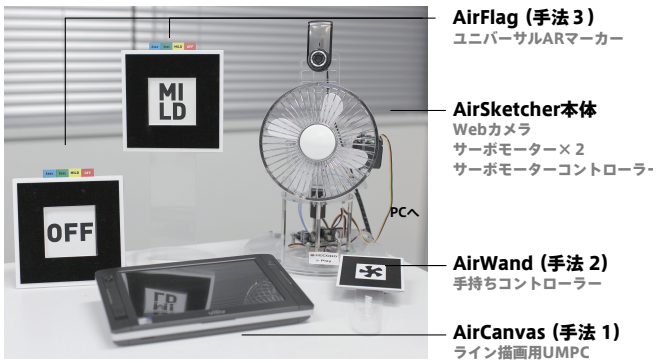


図 2. AirSketcher システム構成

2 AirSketcher

AirSketcher は，送風方向と空間を関連づけ，任意の場所に風を送風可能にするロボット型の扇風機である．そして，任意の場所に風を制御するインタラクション手法として次の 3 つの手法を試作した．

1. **AirWand:**
   風を送るパスを空中に描く手法
2. **AirCanvas:**
   風を送るパスをディスプレイ上に描く手法
3. **AirFlag:**
   場所にフラグを設置し風を制御する手法

2.1 システム構成

AirSketcher は，カメラを搭載した 2 軸の動きが可能なロボット型扇風機である（図 2）．プロトタイプの扇風機は経は 14cm，高さ 28cm，幅 20cm，奥行き 20cm である．扇風機羽根と保護フレームは GREEN HOUSE 社の USB 扇風機 GH-USB-FANW のスタンドを取り除いて利用した．カメラは Logicool 社製の Web カメラ Portable Webcam C905 を利用した．モーターは HI-TEC 社製サーボモーター HS-322HD を 2 つ利用した．モーターの制御は Phidgets 社のサーボモーターコントローラーを利用している．また，筐体下部には，スイッチとしてタッチセンサーを設置している．なお筐体はアクリルをレーザーカッターにて加工した．そして，手法 1 のために 7 インチのディスプレイを持つ UMPC[1] (Viliv X70) を用いた．さらに，手法 2 のために 5cm × 5cm の AR マーカー 2 枚を両面で貼り合わせたものと，手法 3 のために，16cm × 16cm の AR マーカーの中央の矩形を切りぬき任意のマーカーパターンに切り替え可能な，ユニバーサル AR マーカー作成した．AR マーカーの認識には ARToolkit を位置計測用に特化し手軽に利用可能にする QPToolkit を利用した[2]．AR マーカーの認識の利用したカメラの入力解像度は 800px × 600px とした．

2.2 手法 1: AirWand

AirWand は，風を操るかのようなメタファを用いた制御手法である（図 3）．AirWand は実空間に対して風を当てるべき場所に，直接風の当たる場所を指示する制御手法である．AirWand は，扇風機に搭載したカメラによって AR マーカーを認識し，その位置をリアルタイムに捕捉する．

AirWand はユーザが風を部屋の送りたい場所に AR マーカーコントローラーを指示して「ここに風を送る」というように制御する．AirSkether 本体

[1] Ultra-Mobile PC
[2] QuickPostionToolKit
http://kougaku-navi.net/QPToolkit/

図 3. AirWand: 風を操るように，空間中で送風のパスと ON/OFF を制御する．リモコンの表裏で ON/OFF.

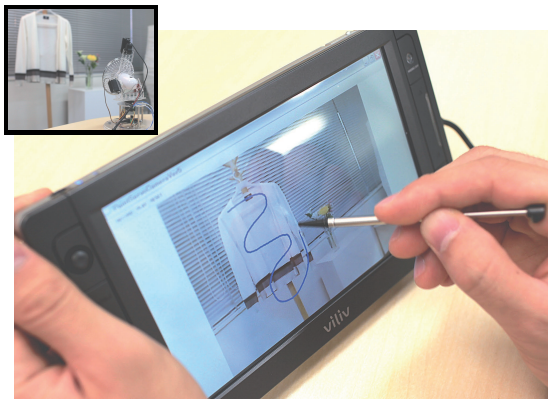


図 4. AirCanvas: ペンで風のパスを描画して扇風機を制御する．

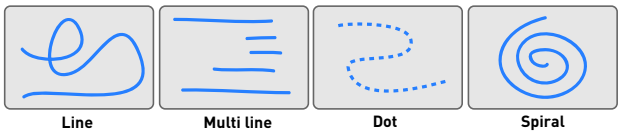


図 5. AirCanvas による風の描画の４つの工夫例．描画（ラインの部分）のみファンが ON になる．したがって Dot は ON/OFF を繰り返す．

は，常にマーカーを追従し風を送り，ユーザは常に風の状態を確かめながら風を制御できる．そして，風を OFF にするには，マーカーコントローラーの裏面を扇風機に搭載したカメラに向けることで送風を OFF にできる．したがって，風を当てたくない場所は，OFF マーカーをカメラに提示しながら，移動することで，その場所に風を当てることなく他の場所へ扇風機の向きを移動できる．位置を指示後，扇風機の Play ボタンをタッチすると，マーカーコントローラーを動かした通りに送風が行われる．パスの終点に達すると，そのパスを逆順に辿り送風行い，始点にいくとまた順方向に送風再生される．

2.3 手法 2: AirCanvas

AirCanvas は，風を描くメタファを用いた風の制御手法である（図 4）．AirCanvas はタブレット型 PC を用いて，扇風機に搭載されたカメラで撮影された写真画像上に，スタイラスで線を描画し，その線の場所に送風を行う．これにより，送風機の視点で「どこに風を送るか」を容易に設定することができる．そして，描画した順番に風が送られるため，送風の流れ（順番）も設定できる．

また，線は複数描いた場合は，描かれた場所が送風 ON になり，線の末尾にくると，送風が OFF になり次の線の始点まで扇風機の向きを変えて送風を開始する．したがって，送風したくない場所は線を描かないことで OFF にできるため，送風の ON/OFF も容易に制御できる．描画を終了し，再生ボタンをタッチすると，描画された線通りに送風が行われる．すべての線を描画が終わると，線の描画した逆順で送風が続行され，また始点に戻ると描画された順に送風が行われるループ描画（送風）になる．

さらに応用として，線をドットで描くことにより，そよ風も実現する (図 5)．少しだけ風を当てたいような場合は，ドットで線を描くことで，弱い風を送ることができる．またさらに，スパイラル状の線を描くことにより，軸のぶれた風を送ることができる．軸がぶれるため，たとえば顔を扇風機の前にしても，風の中心がずれるため苦しくないようなやわらかい風が期待できる．この方法は他にも，面状に風を当てたいような場面においても利用できるだろう．

2.4 手法 3: AirFlag

AirFlag は，フラグ指示型の風制御手法である（図 6）．AirFlag は，風を当てるべき場所や当てるべきでない場所に，AR マーカーによるフラグを立てておくことで，扇風機本体に取り付けられたカメラによって空間をスキャンし，その位置を特定し記録する．これにより，AirSketcher はその場所に対して指示された通りの送風をする．AirFlag は，周辺を水平方向に 1 度ずつ動きながらを送風およびマーカーをスキャンする．可動範囲は 160 度で，160 度に達すると逆方向に動く．カメラから入力れた画像の両端 200px の領域でマーカーが認識されると，マーカーがカメラの中央（400px) に達したときにそのマーカーの指示内容の送風設定が実行される．(図 7)．なお，OFF の指示時は残風が指定箇所に届いてしまうことを配慮し，指定箇所 8 度手前で送風を OFF にし 2 秒停止している．ただし次の送風場所への移動に遅延が発生するするため，モーターの移動量を 2 度に変更している．すなわち，OFF を指示すると，その箇所をキャンセルするように，素早く扇風機の角度が変更される．

フラグを使う AR マーカーは，中央の部分は穴が空いており，そこに指示カードを入れ替えることで，

図 6. AirFlag: フラグを設置するとその場所にそのフラグに応じた送風や OFF の制御を行う

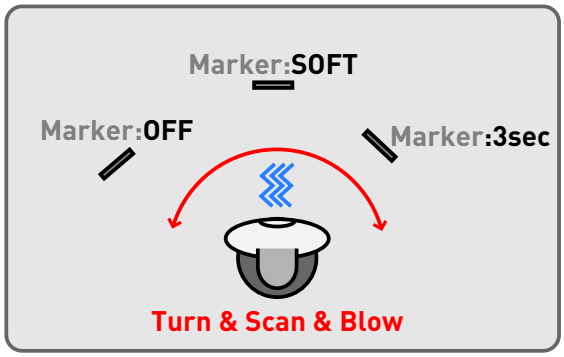


図 7. AirFlag の動作図

風の強さ弱，6 秒間送風，3 秒間送風，OFF の種類の風を選べる（図 8）．これをユニバーサル AR マーカーと呼ぶ．なお，指示のない場所では通常の強さの送風が行われる．OFF フラグの提示時は，スキャンする動きの中で OFF にしても残風が届いてしまうため，フラグ提示位置の 9 度前から送風を OFF に，かつ 2 秒停止した後，通常の 2 倍の速度で方向を移動する．

3 議論

3.1 手法別の特徴と利用シーン

手法1: **AirWand:** AirWand は，実際の空間に指示をするため，風と場所との対応関係が実際に一致する．パスの記録時も送風は行われるので，風を感じながら制御することができ,「この場所でこの風の強さ」という対応関係が直接的でわかりやすい．AR マーカーコントローラーを動かすと風は追従するため，まるで風を操るかのような操作感となる．

また AR マーカーにより，3 次元位置計測が可能であるため，オプションとして距離に応じた風量の調整も可能であり，たとえば，扇風機に近いときは弱い風を送り，遠ざけると強くするというような対応付けが可能である．

AirWand は，たとえば就寝時のような直接体に

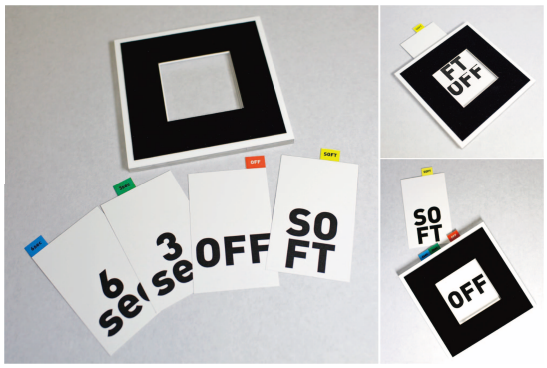


図 8. ユニバーサル AR マーカー: AR マーカーの内部領域を入れ替えることによってフラグの意味を変更する．

風が当たるべきでない状況で，部屋の構造などから意図した風を送りたいようなときにも，手軽に利用できるだろう．また急きょ来賓があったとき，窓からの風が変化したときや，部屋に一時的ににおいこもった際の換気など，臨機応変な対処が必要な際に手軽に利用できるだろう．AirFlag は，マーカーが環境に配置されるため，目につきやすい問題があるが，AirWand では環境側に何も設置する必要がないため，美観などが重視される環境や，マーカーの物理的な設置が難しい場面で有効である．

手法2: **AirCanvas:** AirCanvas は，ディスプレイを利用し写真に線を書き込むために，送風するパスを詳細に指示しやすいことや，点線やスパイラルといった風の種類の工夫も可能な点が特徴である．また，線が描画されるため，どこに風を送るのかの全体像が把握でき，どのように送風するかのプランが立てやすい．今回は実装していないが，線を修正するということも可能だろう．

すなわち，AirCanvas は的確で計画的な送風に向いている．したがって，部屋の構造が入り組んでいたり，風を当ててはいけないようなものがたくさん置いてある場合などの環境が複雑な場合に向いていると考えられる．AirCanvas は写真を撮影し，端末によって扇風機を制御する．そのため，ユーザがその場にいなくとも，遠隔での制御も可能である．したがって，遠隔地から一括管理して風のパスを制御するような際には，向いているだろう．

また，今回の実装は扇風機であるが，エアコンのように温度の調整が可能である場合，ペンの種類（たとえば色を変える）に応じてこのあたりを冷やす・温めるなど、視覚的にわかりやすい設定も実現できるだろう．

手法3: **AirFlag:** AirFlag はフラグによる指示のため，複数人が，特定の場所で作業しているような状況に適している．たとえば，オフィスなどで自席が決まっているような際に，ある人は送風を拒否した

り，ある人はより長い時間送風を望んだりするような，人に応じた送風を実現できる．同様に，レストランでも席に AirFlag があることで，その席の送風を ON にしたり OFF にしたりが客自身の手によって気軽に変更できるだろう．また，人以外にも，花瓶に OFF のフラグを提示しておくことで，そこに風を当てないことや，部屋で洗濯物を干すような際に洗濯ハンガーに同時に Flag もぶら下げ，より長く風を当てるような工夫などもできるだろう．今回の実装では AR マーカーを利用しているため，印刷すれば簡単にあらゆるものに貼り付けることもでき，一時的に当てない/当てたくない場所がある際にも，応急で対応できるだろう．

3.2 空調とインタラクションデザイン

本研究では，扇風機をロボット化し，ユーザインタフェースを工夫することにより，風を直接的で簡単にコントロールする手法を考案し例示した．空調システムは，ほとんどの場合インタラクションの視点から設計されることがなく，たとえばエアコンは省エネやファジー制御による室温制御パターンなどがほとんどだった．そして今日の人々の空調に対する満足度は高いとは言えず，クーラーで寒い場合には夏でも長袖を羽織るといったこともしばしばみられる．実際に我々のオフィスにおいても，度々エアコンの温度設定を調整している姿も見られる．長袖を羽織ったり，度々温度設定を変える行為が発生する原因は，空調システムの振る舞いがユーザの意図を反映していないためである．

3.2.1 意図の伝達

多くのエアコンはセンサを使った自動判断による空調制御が普及しているが，一方で人々の意図を反映可能なマニュアル操作はほとんどできていない．マニュアル操作があるとしても，それは空調のパラメータを任意の値に固定するという程度のもので，必ずしも意図をくみ取るような仕組みにまで発展していない．

扇風機においても首振り機能をはじめ，風の強さ，1/f ゆらぎなどの工夫がみられるが，いずれも気流制御的な発想が強く，ユーザが風を日常的にどう使っているかという視点で考えられているものがほとんどない．また扇風機にリモコンが付属することも多くなってきたが，これは単純に遠くからでも制御できるという点であって，リモコンとはいえ操作感が変化したり，意図をくみ取りやすくするものではない．

ただし近年の扇風機では，タイマー機能が充実しおやすみモードといった，ユーザの扇風機の使い方を意識したようなものが登場したり，室温と湿度に基づき送風の ON・OFF を行うものなど高機能化も進んでいる．そのため，導入で述べたように，社会的なニーズとしては風を使うという発想での進展が垣間見えており，将来的には AirSketcher のように風をより直感的に操るような手法が望まれるものと考える．

また，AirSketcher の 3 つの制御手法は，ユーザが「風」だけに意識を集中できるため，従来のように扇風機を制御するという感覚から風を直接操る感覚が得られるため，扇風機の道具としての透明性も期待できる．この点において，機器への意図伝達の向上は，ユビキタス社会における機器との対話のあり方としても重要な発想である．

3.2.2 応用

今回はロボット型の扇風機を提案したが，家庭用エアコンの風向制御にも応用可能である．(たとえば，AirFlag を利用することでエアコンの風を拒否する）また，扇風機も天井に取り付けることで（電車の中のような），オフィスや飲食店，公共施設などでも幅広く利用できるだろう．今回の実装では画像処理が基本であるため送風機側にはカメラだけを加えればよい．したがって距離があっても制御可能であり，天井などへの実装も現実的だと考えている．AR マーカーに関しては，カメラの位置から遮蔽されてしまうと認識ができない．そのため，AirFlag 方式は状況によっては使い方が限られてくるかもしれない．しかし前述の通り，扇風機とカメラ（あるいはカメラだけ）を天井に取り付けることで状況を改善することが可能である．

4 関連研究

空調技術の研究分野においては，オフィスにおけるパーソナル空調システムの試みがある．個人のデスクに小型のエアコンを導入する仕組みだが，導入にあたり建物全体をそのために改造しなければならないことや，導入した後も，風のコントロールが難しかったり，作業上風が邪魔になるなどの問題が報告されている [8]．扇風機においては 1/f ゆらぎを拡張し心拍数と連動した扇風機 [9] がある．これも扇風機の気流にフォーカスした研究である．また，温度センサーや扇風機の配置に依存しない室温制御をする空調を，遺伝的アルゴリズムを導入することで実現する取り組みもある [7]．エアコンの室温設定手法として，温度設定の投票によって民主的に室温を決定するデモコンがある [6]．

ディスプレイに線やジェスチャを描画することで，ロボットを制御する手法 Sketch and Run[4] がある．本研究では，スケッチはディスプレイ描画だけではなく，AirWand では実際に空間を指示し，かつ風を感じながら制御できる点で Sketch and Run を実空間上で実行するものも実現している．また，カードを部屋に配置しておくことで，そのカードに記載されたコマンドに従って，ロボットが活動する

Magic Cards があり，AirFlag の使い方と近い [5].

5 おわりに

本研究では，今日の空調における問題を提起し，エアコンと併用利用する「風を使う」発想の下で，扇風機にインタラクティブ性を持たせた AirSketcher の提案を行った．そして，風を制御する 3 つ手法，AirWand, AirCanvas, AirFlag の試作を行い，それぞれの手法の特徴について考察し利用シーンについて述べた．そして，本研究の試作に基づきインタラクションデザインの観点から空調について議論した．

参考文献

[1] BALMUDA design GreenFan. http://www.balmuda.com/jp/greenfan/.

[2] Dyson air multiplier. http://www.dyson.co.jp/fans/.

[3] エアコン:アンケート 東京電力 TEPORE(テポーレ). http://www.tepore.com/research/co/060803/index.htm.

[4] D. Sakamoto, K. Honda, M. Inami, and T. Igarashi. Sketch and run: a stroke-based interface for home robots. In *CHI '09: Proceedings of the 27th international conference on Human factors in computing systems*, pp. 197–200, New York, NY, USA, 2009. ACM.

[5] S. Zhao, K. Nakamura, K. Ishii, and T. Igarashi. Magic cards: a paper tag interface for implicit robot control. In *CHI '09: Proceedings of the 27th international conference on Human factors in computing systems*, pp. 173–182, New York, NY, USA, 2009. ACM.

[6] 福井 進吾, 高石 悦史, 安村 通晃, 松本 貴之, 渡邊 恵太, 後藤 孝行, 児玉 哲彦. 電車展 (1) 概要と設計: 電車における乗客のための情報デザインの研究. ヒューマンインタフェースシンポジウム HIS2006 論文集, 31:7–12, 2006.

[7] 三好 晴樹, 佐藤 喬, 多田 好克. 6T-3 センサと扇風機群の配置に依存しない家庭向け室温制御システム (GA・エージェントモデル, 学生セッション, 人工知能と認知科学). 全国大会講演論文集, 70(2):2–91–2–92, 2008-03-13.

[8] 須藤 美音. パーソナル空調システムの問題と課題. 総合設備コンサルタント 技術年報, 31:7–12, 2008.

[9] 甲田 壽男, 永田 可彦, 小木曽 久人, 中野 禅, 山中 一司. 心拍リズムで駆動する扇風機の特性. 日本音響学会誌, 50(10):836–841, 1994-10-01.

未来ビジョン

オートメーション V.S 使いやすいマニュアル 家電は一度マニュアル操作前提で設計すべき

我々は，簡易で直感的なマニュアルインタフェースはオートメーションに勝ると考える．そして，徹底的にマニュアルインタフェースの設計を試行した後で，オートメーション化を試みるべきであると考える．近い議論に Shneiderman, B. と Maes らのダイレクトマニピュレーションとエージェントとの対比の議論があるが，利用可能な技術が変わりつつある今，また議論すべき議題である．

今日，自動化の進んだシステム：エアコン，電子レンジ，洗濯機などは，「設定パネル」があるが，設定とシステムの動作の関連性は間接的である．すなわち「設定は」手動で変えられるが，それは基本的に自動システムの一部のパラメータ変更であり，また操作手法がマニュアルとして利用しやすいわけではない．

オートメーションは多くの場合うまくいくとしても，それしかできないことはそのプロダクトのポテンシャルを限定する．そしていざ手動で行おうとすると，何がどう動作するのかの対応関係はユーザにはわからないことが多い．すなわち，オートメーションは機器をパラメータというレベルで自動設定してしまうため，ブラックボックスになってしまう．

我々は，家電機器は**使いやすいマニュアルインタフェースを搭載して，それを自動実行（再現）できるようにするべき**だと考える．言い換えれば，タスクの自動処理ではなく，**操作の自動処理**を目指すべきだと考える．したがって，処理の手順はユーザがやろうと自動であろうと変わらない．こうすることで，ユーザは機器がどのように振る舞うのかもわかり，また途中でユーザが処理に介入し修正を施すことができる．今回の AirSketcher の試作では，スケッチという直感的なマニュアルインタフェースを用意し，その操作プロセスを記録し再生することで「操作の自動処理」を実現している．

操作の自動処理がもたらす身体と機器の融合

操作の自動処理の時代の家電は，操作ではなくどちらかと言えば，指示である．マニュアル操作がわかりやすいシステムは，ユーザはこうして欲しいという感覚を機器にも伝えやすく，家電はその指示通りに自動的に動作する．指示といっても単なる操作ステップではなく，ユーザの意図をどれだけ汲み取れるかが重要であり，それがユーザインタフェースの力量である．そしてそのユーザインタフェースが巧みであるほど，その機器は賢く振る舞うように見えてくる．

機器が人の意図を巧みにくみ取り，意図が反映され，かつその通り自動に動く機器．**身体の一部か，身体がコピーされたかのように機器が動作する世界**．これがオートメーションとマニュアルが融合されゆく，未来のインタラクティブシステムのあり方である．

Foldy：GUI 操作によるロボットへの服の畳み方の教示

Foldy: Graphical Teaching for Garment-Folding Robot

杉浦裕太　坂本大介　Tabare A. Gowon　高橋大樹　稲見昌彦　五十嵐健夫

Summary.

本稿では，ロボットに関する知識を持たないユーザが，家庭用ロボットに対して自分好みの作業方法を簡単に教示するための手法を提案する．これは，従来の直接的にロボットの動作を教示する方法とは異なり，ロボットにさせたい作業をグラフィカルユーザインタフェース (GUI) 上で操作することで，ロボット自体を意識する必要のない直感的な教示を実現する手法である．本稿では「服畳み」を例として取り上げ，提案手法を用いたユーザの指示を柔軟に受け取り，解釈し，実際に作業を行うロボットシステムを開発する．GUI には衣類のモデルが表示されており，ユーザは簡単なマウスドラッグ操作によって画面上のモデルを折り畳む．システムは操作結果に従い，ロボットの行動手順を生成し，ロボットは指示通りに実際の衣類を折り畳む．GUI には実世界における制約が考慮されているため，ロボットに可能な動きのみを効率よく教示することができる．開発したシステムを用いて一般展示を行い，体験者が負荷なく操作できること確認した．本稿の終わりではこれらの結果を踏まえ，本手法の利点や拡張性について議論する．

1　はじめに

家庭用ロボットは家庭内における家事を代行し，この結果として人々が家事から解放されることが期待されているため，注目されている．一方で，どんなに高度な機能を持ったロボットが実現できたとしても，ユーザの意図通りに作業をしなければニーズを完全に満たす事は難しい．例えば，各々の家庭において，料理の味，配膳の仕方，靴の並べ方，服の畳み方などは異なるものであり，これらの好みを委細構わずロボットが作業することは，ユーザにとってフレンドリなシステムとは言い難い．ユーザが指示せずとも知的なロボットがユーザの意図を的確に読み取り，最適なサービスを提供するということも考えられるが，このような人工知能の構築は未だ困難である．この点において，我々はユーザが意図的に自分好みの作業方法をロボットに教える (教示) ことが可能な機能を含んでいることが重要であると考えている．

ロボットの教示に関する研究はこれまでいくつもの試みがなされている．コントローラでロボットの各々の関節角を入力して教示するティーチングペンダントは，産業ロボット分野における代表的な教示手法である [7]．これは直接ロボットにきめ細かい動作を教示できる一方で，操作の習熟に多くの時間を費やすことや，手続きが複雑なため，エンドユーザにとっては親和性の低いものである．家庭におけるユーザの興味としては，ロボットがどんな動作をしたにせよ，最終的に自身の望む作業結果を得ることである．したがって，そのためのロボットとのインタラクション方式としては，ユーザがロボットの動作を直接的に操作する必要はないと考える．

そこで本研究では，ロボットに対して直接作業方法の教示をするのではなく，その作業に注目した教示手法を提案する．具体的にはロボットの動作をユーザが直接作成するのではなく，ロボットにさせたい作業をグラフィカルユーザインタフェース（GUI）で操作することで，ロボットを意識しない直感的な教示を実現する．本稿では「服畳み」を例として取

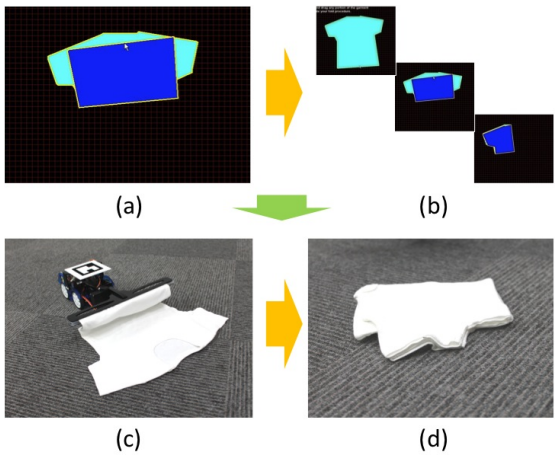


図 1. GUI 操作によるロボットへの服の畳み方の教示

Copyright is held by the author(s).

Yuta Sugiura and Masahiko Inami, 慶応大学 / JST ERATO 五十嵐デザインインタフェースプロジェクト, Daisuke Sakamoto, JST ERATO 五十嵐デザインインタフェースプロジェクト, Tabare A. Gowon, ハーバード大学, Daiki Takahashi, 早稲田大学, Takeo Igarashi, 東京大学 / JST ERATO 五十嵐デザインインタフェースプロジェクト

り上げ，提案手法を用いたユーザの指示を柔軟に受け取り，解釈し，実際に作業を行うロボットシステムの提案を行う．GUI には衣類のモデルが表示されており，ユーザはドラッグ＆ドロップ操作によって服畳みの「形状」と「順序」を指示する．システムは操作結果に従い，ロボットの行動手順を生成し，服畳みロボットは指示通りに実際の衣類を折り畳む．また，ロボットには衣類の端しかつかめないなどの物理的な制約があるが，GUI による操作にはこのような制約が組み込まれているため，ロボットに実際に可能な動きのみを効率よく教示することができる．本手法により，ユーザはロボットの細かい動作 (前進，旋回，ハンドの開閉など) を意識しない，ロボットの教示を実現する．

2 関連研究

ロボットの教示に関する研究はこれまでいくつもの試みがなされている．ロボットのファームウェアを書き換えることは，直接ロボットの動作内容を変更するための基本的な方法である．近年では，プログラミング環境を簡単にインストールすることができ，単純な言語記述でセンサやアクチュエータなどを制御可能なツールキットが登場している [2]．坂本らは，天井にとりつけた web カメラと，ロボットに貼付けられたビジュアルマーカを用いて，ロボットの位置を簡単な記述で制御できるツールキットを提案している [10]．一方で，言語を論理的に記述する必要があることや覚えることが数多くある点で，専門の知識を持たないユーザにとっては敷居が高いものである．

ロボットの動作に対する直接的な教示手法の提案として，ユーザがロボットの関節を直接動かすことによる教示方法がある．Gribovskaya[3] らの研究では，人型ロボットの腕を直接ユーザが動かすことで，作業内容を教示する手法を提案をしている．また，Raffle らは，アクチュエータをモジュール化することでユーザが自由にロボットの形状を形成でき，さらに直接的に動作教示が可能な ”Topobo ”というシステムを提案している [9]．しかし，このような直接操作では，服畳みのように，操作対象の状況を認識して対応するといった高度な作業を教示することは困難である．

さらに近年では，ユーザが実演した作業を画像やモーションキャプチャなどで記録し，それからロボットの動作を生成する方法が提案されている [1]．池内らの研究では，人間の実演動作から部品の位置関係や，手順といった抽象度の高いレベルでの作業教示を目指した [5]．服の畳み方についても人間が自分の手でたたんで見せるという方法が考えれるが，その場合にはロボットのもつ物理的な制約に違反した操作をしてしまう可能性がある．

ヒューマンインタフェースの分野において服や紙などの柔軟な物体を操作するためのユーザインタフェースが提案されている．五十嵐らは，3 D キャラクタに衣服を着せるためのインタフェースを提案している [4]．また，古田らは，ドラッグ＆ドロップなどの操作によって，コンピュータ上に表示された紙の折り畳みを操作可能なソフトウェアの開発を行っている [13]．これらの研究は，コンピュータ内でのシミュレーションにとどまるものであるが，我々が提案するシステムは，インタフェースで服の折り畳み手順をシミュレーションし，ロボットを用いて実世界での再現が可能である．

ロボティクスの分野において，布などの柔軟物体を扱うための制御手法やハードウェアの構築が注目され盛んに研究が行われている．柴田らは，無造作に床に置かれた布の形状を認識し展開状態を実現するロボットハンドのアルゴリズムを提案している [12]．大澤らは，展開された状態の布を，ロボット化された地面とハンドを用いて折り曲げ作業を実現している [8]．また，Maitin-Shepard らは，人型ロボットを用いて無造作に置かれた状態から布の折り畳みまでの一連の作業を実現した [6]．これらのロボットは，あらかじめ開発者が記述したプログラムに従って動作するものであるが，本研究は，エンドユーザが個々の必要に応じて折り畳み方を教示できる点でこれらとは異なる．

3 服の畳み方の教示インタフェース

本研究では代表的な家事の中でも「服畳み」を取り上げる．服の畳み方は人や家庭によってそれぞれに好みがあり，ユーザ好みの畳み方を教示することは家庭用ロボットにとって今後必須な機能となることが考えられる．そこで，単純なマウス操作によってユーザ好みを畳み方をロボットに教示することができる GUI を開発する．これは，GUI 上に服のモデルが表示されており，折り畳み作業における本質的な部分 (折り畳み場所と順序) を操作できるようになっている．ユーザは，GUI 上で単純なマウス操作によって自分が望む折り畳み手順を入力する．システムはユーザの操作結果に従い，ロボットの行動手順を生成し，ロボットは指示通りに服を折り畳む．これにより服畳みロボットの細かい動作の入力を必要とせず，直感的に教示することが可能となる．これらの GUI には視覚的なフィードバックが内包されており，ユーザがロボットに対して不可能な操作命令を与えないよう実世界の制約が考慮されている．

3.1 グラフィカルユーザインタフェース

ユーザは衣類を展開された状態で指定された実世界のステージの上に置く．続いて天井に取り付けられた web カメラによって服の形状をキャプチャし，GUI 上で 2 次元のモデル化された衣類を表示する (図 2)．ユーザは衣類のモデルの折り畳み方・手順

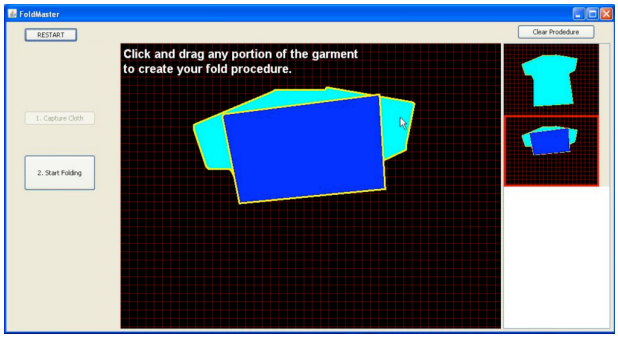


図 2. 服畳み教示インタフェース

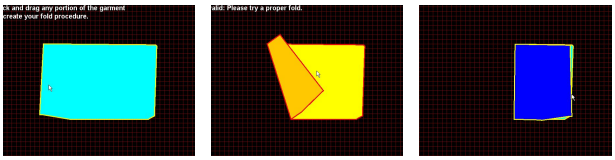


図 3. ロボットの物理的な制約を視覚的に表示する

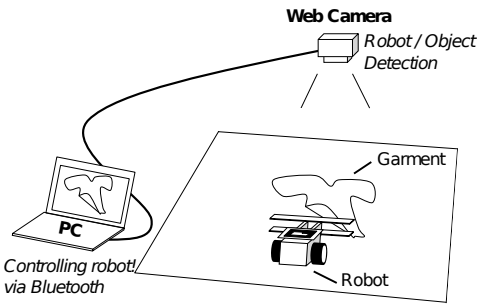


図 4. システム概要図

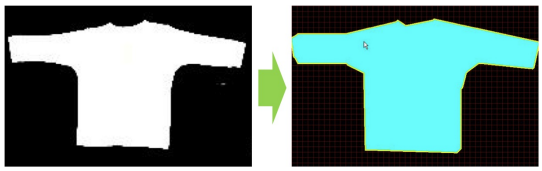


図 5. 衣類を抽出しモデルを表示する様子

をドラッグ&ドロップ操作で入力する．ロボットが実世界で作業不可能な入力を行っている場合，視覚的に衣類の色を変化させることでロボットの制約を視覚的にユーザに提示する仕組みが組み込まれている (図 3)．システムは，操作結果に従いロボットの行動手順を生成し，実世界でロボットは指示通りに衣類を折り畳む．

3.2 実装

本システムは，服畳みロボット，衣類の認識やロボットの位置計測をする Web カメラ，及びこれらを処理するコンピュータから構成されている (図 4)．コンピュータは，ユーザが服の畳み方を教示するインタフェースにも用いられる．

3.2.1 インタフェースの実装

本稿では一般的な web カメラ (Logicool 社製の Qcam Pro for Notebooks) を用いて服の形状を認識する．Web カメラはステージ中央から約 1.8[m] 上部に設置し，PC とは USB で接続されている．衣類の形状認識はこれまで輪郭抽出アルゴリズムを用いている．画像内の背景と衣類を二分化し，衣類の境界を抽出することで輪郭形状を抽出する．現状のシステムでは床に黒いベロア布を敷き，環境光の照ら付きによる誤認識を抑えている．システムは衣類の形状データに基づき衣類のモデルをインタフェース画面に表示する (図 5)．

折り畳み方の入力はドラッグ&ドロップ操作で行う．ユーザがクリックした場所から最も近い服の境界上の点をドラッグしているマウスポインタに重ねて描画することで，インタフェース上での折り畳み操作を実現する．

また，インタフェースは教示データの記録および実世界での再生機能を実装する．ユーザが置く衣類と一度記録した教示データの位置や回転角度の相違が想定されるため，システムは記録データと実世界の衣類の整合性をとり，ロボットの動作手順の修正をする (図 6)．まず，システムは各々の衣類の重心を計算し，両衣類の位置の相違をもとめる．続いて，以下の値を最小化するように衣類の回転角度 ϕ をもとめる．

$$e(\phi) = \sum_{\theta=1}^{360} \{f(\theta + \phi) - g(\phi)\}^2 \qquad (1)$$

$f(\theta)$ と $g(\phi)$ は，教示時および現在の衣類における重心から輪郭までの距離である．

3.2.2 服畳みロボット

服畳みロボットは，4 つの車輪，およびそれを駆動するモータ，服をつかむためのハンド，システムと無線通信するための Bluetooth，それらを制御するマイクロコントローラで構成されている．ロボットにはあらかじめ，車輪の「前進」「後進」「右旋回」「左旋回」や，ロボットハンドの「つかみ」「放し」の動作が予めマイクロコントローラ内に組み込まれている．コンピュータから各動作に対応する制御命令を送受信することで，ロボットの動作を制御することが可能である．ロボット上部には，システムが Web カメラでロボットの位置を認識するためのビジュアルマーカが取り付けられている．ロボットのアームの先端にはハンガーのような手先を取り付けることで，ズボンや長袖など長い辺の衣服を畳むことが可能である．

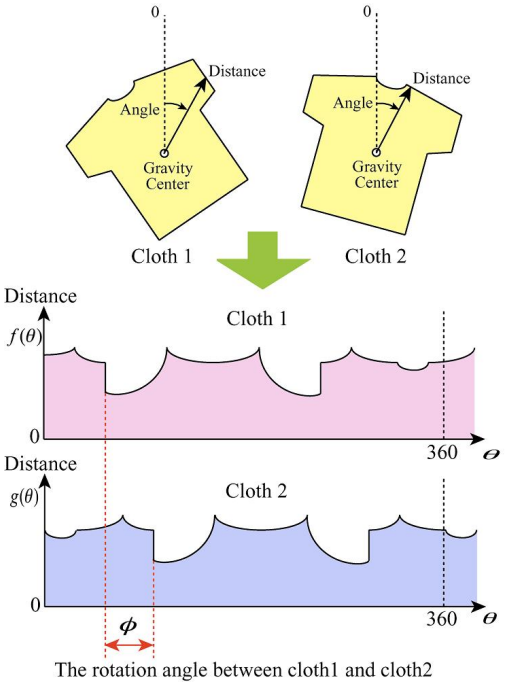


図 6. 2 種類の衣類の回転角度の相違をもとめる計算方法

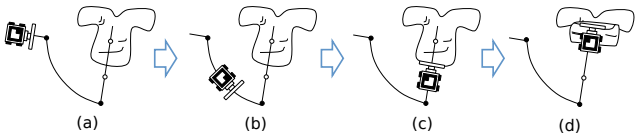


図 7. ロボットの動作手順

3.2.3 ロボットの制御

ユーザがインタフェースを通して折り畳み手順を入力後，システムはロボットの動作手順を生成する．図 7 にロボットが衣類を折り畳むまでの一連の動作手順の例を示す．まず，ロボットは円を描くように衣類の周囲を巡回し，衣類を把握する地点まで移動する．次に，ロボットはハンドを開きながら衣類に接近し，下から衣類をすくい上げ把握する (図 8)．衣類を把握する場所は折り畳む線から垂直二等分線を伸ばし衣類の輪郭と交わる点であり，この点がロボットハンドの中点と重なるようになっている (図 10)．続いて，ロボットは直進動作で離脱する位置まで進み，ハンドを開いて衣類を離脱する (図 9)．衣類の離脱後，ロボットは後進し衣類から一定の距離をとる．次の折り畳み作業が必要な場合には，再び衣類の周囲を巡回し，前述の作業を繰り返す．

4 公開展示

開発したシステムを用いて，一般の体験者に対して実演展示を行った [11]．コンピュータとインタラクションに関する国際会議 SIGGRAPH 2009 の技術展示部門にて 5 日間で約 3000 名近くの観客にシステムを披露し，約 1100 名の体験者を得た．体験者のほとんどはインタフェースの操作方法を簡単に理解し，好みの畳み方を入力できているようだった．図 11 に体験者がインタフェースを通して畳み方を入力し，実際にロボットが折り畳むまでの様子を示す．ロボットは 69.25 %の成功率で体験者の操作通りに服を折り畳むことができた．失敗の要因としては，1. 展示会場の環境光の影響でロボットのマーカの認識精度が低下したこと，2. 床に凹凸があったためロボットが安定して動作しなかったことが考えられる．

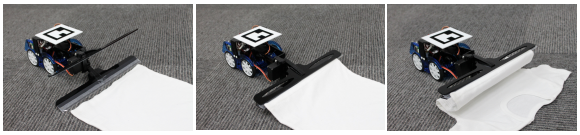


図 8. 衣類の把握動作

図 9. 衣類の離脱動作

5 議論

本章では，開発したシステム及び公開展示の結果をふまえて，ロボットのための効果的なインタフェースの設計，拡張性，システムの限界について議論する．

5.1 実作業を主体とするロボットへの効果的なインタフェースの設計

本稿では，家事ロボットに対して効率的に作業指示をする GUI の提案を行った．本インタフェースは，多くのバーチャルリアリティシステムが目指しているような，現実世界の細部までを情報世界で再現するといった目標とは異なるものである．このよ

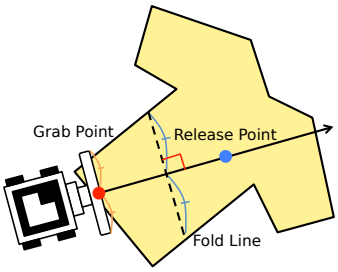


図 10. 衣類を把握する位置の決定方法

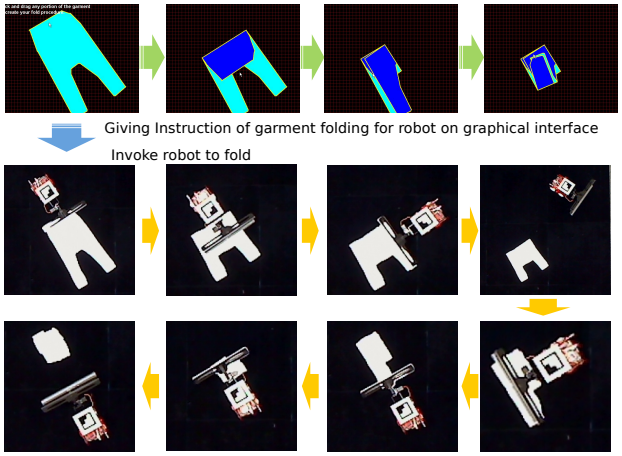


図 11. 体験者による手順指示とそれに従い実際の衣類を折り畳むロボットの様子

うな物理シミュレーションは，マウスなどの限られたインタフェースを用いて，3 次元的な作業を要求するため操作に時間を要し非効率的である．本インタフェースはユーザの好みが生じる本質的な部分だけが抽象化され操作可能となっている．これにより，ユーザは目的以外の要因について注意する必要がなく，ロボットに要望を伝えるための最低限の入力で良い．これは高いリアリティを目指した物理シミュレーションと比較し，より効率的にかつ簡単にロボットに命令を出すことができる．

さらに，Computer Aided Design(CAD) に見られる設計を支援するソフトウェアを用いて実世界のモノを設計するためには，設計者が経験的にこれらを実世界での制約を考慮しながら設計するか，設計後のシミュレータ解析の結果に従い修正する必要がある．本手法はこのような実世界における制約をユーザの操作に従い視覚的に提示することで，効率的なロボットの教示を可能とする．

5.2 拡張性

本手法は，専用のロボットハードウェアに特化したものではない．本稿においては小型車両ロボットを採用したが，アーム型ロボットや人型ロボットに対してもインタフェースを変更せずに利用可能である．また，GUI の特徴として，ユーザが物理的に実演が困難な作業に対しても操作することが可能である．例えば，テントやカーテンなどの大きな布状のものを実際にユーザが実演することは難しいが，GUI はユーザの身体的な能力を拡張して教示することが可能である．

本手法は今回対象とする家事以外にも，床掃除において重点的に掃除をする場所の指示や，料理において調理手順の教示などに本知見を応用できると考えている．さらに，ロボット以外にもネットワークで結ばれた家電や，情報化された自動車など半自動化したシステムに対するインタフェースとしても応用できるだろう．その際には iPad に代表される，簡単にどこでも使用可能で，マルチタッチなどの新しい直感的な入力の仕組みをもつディバイスによって本提案のような手法が促進されると考えている．

5.3 システムの限界

今回は本稿で提案したコンセプトの検証（Proof of Concept) のための試作であり，このため試作したロボットのハードウェアの問題として．ロボット自体が衣類を展開できないためユーザがその作業を代わりに行う必要があった．また，ロボットの大きさや腕の長さの制約から，子供サイズの衣類しか畳むことができなかった．

また，衣類の輪郭は背景色との差分から抽出しているため，この差分が小さいと認識が困難である．現状では白色の衣類に限定し，システムが動作することを確認している．今後は床の材料として再帰性反射材などを用いることで，衣類の色に左右されない認識システムを開発する予定である．

さらに現状のシステムの重要な課題として，ロボットが何らかの原因で十分に折り畳み作業をできなかった場合，システムがそれを認識できない．今後は，GUI で操作した結果と現在の服の形状を比較し，折り畳みが不十分な場合はやり直しができるようなシステムを開発する．また衣類の把握精度を高めるために，ロボット側にも何らかのセンサを組み込むことを検討している．

6 まとめ

本稿では，ロボットに関する知識を持たないユーザが，家庭用ロボットに対して自分好みの作業方法を簡単に教示するための手法を提案した．これは従来の直接的にロボットの動作を教示する手法とは異なり，ロボットにさせたい作業を GUI で操作することで，ロボットを意識しない直感的な教示を実現する手法であった．本稿では「服畳み」を例として取り上げ，提案手法を用いたユーザの指示を柔軟に受け取り，解釈し，実際に作業を行うロボットシステムを開発した．GUI には実世界における制約が考慮されているため，ロボットに実際に可能な動きのみを効率よく教示することが可能となった．このような制約の考慮は，ユーザが自分の手で服をたたんで見せる方法では困難であると考えられる．開発したシステムを用いて一般展示を行い，体験者が実際にさまざまな畳み方を教示できること確認した． 本稿の終わりではこれらの結果を踏まえ，本手法の利点や拡張性について議論を行った．今後は得られた知見をもとにシステムの改良を行ない，応用例についても検討を行う予定である．

参考文献

[1] C. G. Atkeson and S. Schaal. Robot Learning From Demonstration. In *ICML '97*, pp. 12–20. Morgan Kaufmann Publishers Inc., 1997.

[2] S. Greenberg and C. Fitchett. Phidgets: easy development of physical interfaces through physical widgets. In *UIST '01*, pp. 209–218. ACM, 2001.

[3] E. Gribovskaya and A. Billard. Combining dynamical systems control and programmingby demonstration for teaching discrete bimanual coordination tasks to a humanoid robot. In *HRI '08*, pp. 33–40. ACM, 2008.

[4] T. Igarashi and J. F. Hughes. Clothing manipulation. In *SIGGRAPH '03*, pp. 697–697. ACM, 2003.

[5] K. Ikeuchi and T. Suehiro. Toward an assembly plan from observation. I. Task recognition withpolyhedral objects. *IEEE Transactions on Robotics and Automation*, 10(3):368–385, 1994.

[6] J. Maitin-Shepard, M. Cusumano-Towner, J. Lei, and P. Abbeel. Cloth Grasp Point Detection based on Multiple-View Geometric Cues with Application to Robotic Towel Folding. In *ICRA '10*, 2010.

[7] A. Matsumoto, M. Nobuhiro, T. Fukui, and T. Fujita. Ergonomics and usability of pendant terminals for improved safety. In *SIAS '03*, pp. 3–81, 2003.

[8] F. Osawa, H. Seki, and Y. Kamiya. Clothes folding task by tool-using robot. *Journal of Robotics and Mechatronics*, 18(5):618–625, 2006.

[9] H. S. Raffle, A. J. Parkes, and H. Ishii. Topobo: a constructive assembly system with kinetic memory. In *CHI '04*, pp. 647–654. ACM, 2004.

[10] D. Sakamoto, J. Kato, M. Inami, and T. Igarashi. A Toolkit for Easy Development of Mobile Robot Applications with Visual Markers and a Ceiling Mounted Camera. In *Extend. Abst. of UIST '09*, pp. 55–56. ACM, 2009.

[11] Y. Sugiura, T. Igarashi, H. Takahashi, T. A. Gowon, C. L. Fernando, M. Sugimoto, and M. Inami. Graphical instruction for a garment folding robot. In *ACM SIGGRAPH 2009 Emerging Technologies*, pp. 1–1. ACM, 2009.

[12] 柴田 瑞穂, 太田 剛士, 遠藤 善雅, 平井慎一. 布地の把持・展開・定置を実現する機械システム. ロボティクス・メカトロニクス講演会講演概要集, 2008.

[13] 古田 陽介, 木本 晴夫, 三谷 純, 福井 幸男. マウスによる仮想折り紙の対話的操作のための計算モデルとインタフェース. 情報処理学会論文誌, 48(12):3658–3669, 2007.

未来ビジョン

多くの人々が鉄腕アトムやドラえもんのように，人の代わりになんでもやってくれるロボットの実現を夢想している．しかし，このようなロボット達を実用化するためには気の遠くなる程，多くの乗り越えるべき壁が存在する．たとえば，1. 人の生活空間をロボットや関係するシステムだけで認識することが難しい．2. 人の意図を読み取ることが難しい等，様々な問題がある．また，機能的に開発に成功したとしても，価格や安全性の問題など，普及までには険しい道がある．

一方で，現在家庭に普及している電化製品を鑑みたときに，ある程度の指示や作業はユーザに頼っていることがわかる．例えば炊飯器の場合にはどのようにご飯を炊くのか，お粥なのか，炊き込みご飯なのかなどはユーザが炊飯器のインタフェースを通して指示をしている．また米を研ぐなどの作業はユーザが物理的にサポートをしている．このように現在の電化製品においても技術的に困難な作業は人が行っているという点において，機械が得意な作業と人の得意な能力を適切に判断し，システムとのインタラクションを適切にデザインすることが広く普及するシステムに重要であることが分かる．

これらと同様に，我々は人とロボットがお互いの能力を柔軟に協調させることでロボットも実用的になっていくと考えている．人とロボットが協調する場合，人の得意な能力としては主に知能部分であり，インタフェースを通じてロボットに指示を与えることが考えられる．また，ロボットは繰り返し作業や長時間の作業を得意としている．人とロボットの自然な協調により，ロボット単体としては賢さを持たないが，人を内包したシステム全体としては知的で，より複雑な作業を実現できると考えている．

我々は近い将来に家電のように手軽に扱えるロボットを家庭に浸透させることを目標として，本稿で報告したような研究・開発を行っている．ユーザがロボットに対して柔軟に作業指示を行うことは，このようなロボットにとって必須となるであろう．いわゆる多くの人々の理解しているロボットとは異なる可能性があるが，実用的かつ人を物理的に支援できるロボットとの生活が我々の描く未来であり，我々の現実的な世界である．今後も研究を通して我々のロボット観の提案をし続けて行きたいと考えている．

PotPet: ペットのような植木鉢型ロボット

PotPet: Pet-like flowerpot robot

川上 あゆみ　　塚田 浩二　　神原 啓介　　椎尾 一郎*

Summary.　手間のかけ方によって成長の度合が変わったり，同じように育てても個体差があるなど，生き物を育てることには固有の楽しみがある．本研究では人と植物の関係に着目し，植物を育てることを支援するとともに，植物に対する興味や愛着を深めることを目的とした植木鉢ロボット PotPet を提案する．動物などに比べると，植物は人の世話に対するフィードバックに時間がかかり，植物に影響する様子がわかりにくい．外観から植物が現在どのような状態にあり，どのような世話をすべきなのかわかりにくいことも，植物を育てることの難しさにつながっている．そこで，自律的に動き，即座にフィードバックを返す植木鉢型ロボットに本物の植物を乗せることで，植物をペットのように飼うことを実現し，人と植物の新しい関係を提案する．

1　はじめに

植物を育てるという行為は広く一般で行われている．義務教育などに取り入れられることも多く，一度も植物を育てたことがないという人は稀であるし，花壇や家庭菜園など継続的に植物を育てている人々も多い．

しかし，植物を育てることを苦手とする人々もいる．例えば，水やりを忘れ，気づいたら枯れさせてしまったという経験のある人は多いだろう．

このように，植物を上手に育てることは難しい．植物の種類によって，水やりなどのタイミングや必要な肥料，日照時間などが変化するため，これらの知識に基づいて，こまめに植物の状態を観察し推測する必要がある．

さらに，動物などに比べ人の世話に対するフィードバックに時間がかかるため，人の世話が植物に影響する様子がわかりにくい．世話の良し悪しがわかった頃には枯れてしまって手遅れということもある．外観から植物が現在どのような状態にあり，どのような世話をすべきなのかわかりにくいことも，植物を育てることの難しさにつながっている．

一方，例えば盆栽などは，手間と時間をかけて作ることが楽しみの一つとされる．生きた植物なので「完成」というものがなく，常に変化するのも魅力の一つとされ，手間や時間をかけて世話をするからこそ，植物に対する愛着や上手に育てられたときの喜びが大きくなると考えられる．

そこで，植物を育てることを支援するとともに，植物に対する興味や愛着を深めることを目的とした植木鉢ロボット PotPet を提案する．ロボットと組み合わせることで植物が自律的に動き，ユーザの行動にすぐにフィードバックを返すことで，動物のペットを飼うように植物を育成することを目指す．

図 1. PotPet：植物をのせて自律的に動くペットのような植木鉢型ロボット

2　植木鉢型ロボット PotPet の提案

植木鉢型ロボット PotPet のコンセプトは以下の三点である．

- 本物の植物を用いる
- 動物のペットのように自律的に動く
- 世話に対し即座にフィードバックを返す

第一点目に関して，PotPet は植物「型」ロボットではなく，本物の植物を乗せて動く植木鉢型のロボットである．植物型ロボットを作るのではなく，植物を拡張する植木鉢型のロボットを開発することで，生き物の育成に特有の楽しさをそのまま生かすことができると考えている．

Copyright is held by the author(s).

* Ayumi Kawakami and Itiro Siio, お茶の水女子大学大学院 人間文化創成科学研究科, Koji Tsukada, お茶大アカデミックプロダクション／科学技術振興機構 さきがけ, Keisuke Kambara, お茶大アカデミックプロダクション

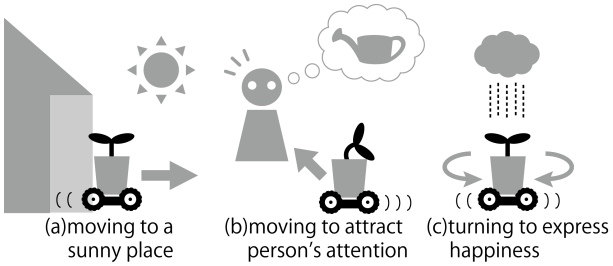


図 2. PotPet の主要な動き

第二点目は，植物にロボットを組み合わせることで自律的に動くようにすることである．植物の育成に特有の楽しさだけでなく，動物のペットのようなふるまいによる楽しさを付加することを目標とする．自律的に動くことで植物の擬人化（擬動物化）をはかり，さらに育成の手間を軽減させる．例えば，季節によって変化する日当たりに合わせて植木鉢の植物を移動させるなどの世話を，自律的に移動することで解決することができる．一方，動物のペット同様，ロボット単体ではできないことは人に頼る．動物のペットが餌を求めて鳴き，飼い主に空腹を知らせるように，PotPet は人にして欲しいことがある場合，うろうろと動いて人に気づいてもらおうとする．植物にロボットを組み合わせることで植物の育成の手間を軽減させるだけではなく,「人の手が必要な世話」という形で人との関わりを残すことで，新しい人と植物の関係を提案する．

第三点目は，ユーザの行動に対しすぐにフィードバックを返すことである．植物と動物との大きな違いのひとつとして，直接的なフィードバックの有無が挙げられる．動物に食事を与えるとその場で喜ぶ様子が見られるが，植物の場合は水を与えても日光を浴びせてもすぐにフィードバックを返さない．従来の植物育成では達成感が得られるまでに時間がかかっていたが，達成感はそのままに，すぐに反応があることでさらに世話のモチベーションが維持できると考える．植物に対して愛着を持ちやすくなる効果も狙う．また，ユーザのアクションに対して即座にフィードバックを返すことで，植物の状態や世話の良し悪しがわかりやすくなり，植物の育成支援にもつながる．

図 2 に PotPet の主な動作を示す．どの世話を自動化しどの世話を人が行うかについては様々な組み合わせが考えられるが，今回は植物の状態の中でも特に重要と思われる日光と水分に着目した．植物を育てるためには水，日光が必要であり，その過不足によって植物の育成に失敗することも多い．そこで PotPet は日光のための植木鉢の移動を自動化し，水分不足をユーザに頼る（世話の必要がある）ように設計した．

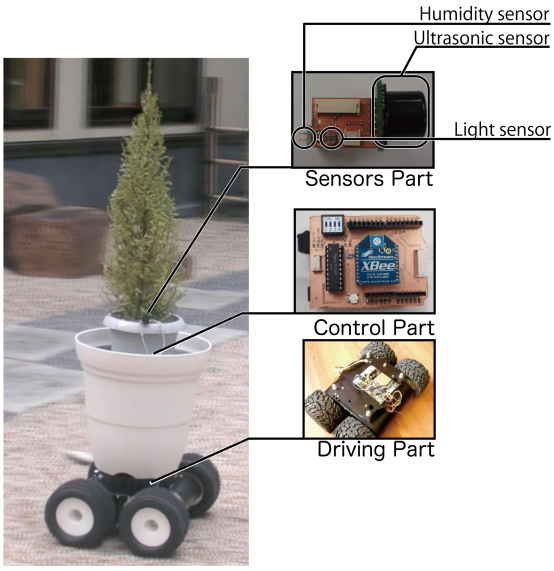


図 3. PotPet 構造図

必要なだけ日光を求めて動き，植木鉢の土が乾けば，うろうろと動いてユーザの注意を引く．水が与えられた場合は，喜ぶようなしぐさをする．こうした動作によって，植物の育成を支援し，さらにはユーザに興味や愛着を持たせることを目標としている．

3 実装

ここでは PotPet の実装について説明する．

PotPet は，センサ部，制御部，駆動部，格納部から構成される（図 3）．複数台の PotPet を協調して動作させるため，各 PotPet はバックグラウンドでサーバ PC と通信を行う (図 4)．

格納部は植物の植えられた植木鉢とセンサ部，制御部を格納する植木鉢型のケースとなっており，駆動部に取り付けられる．植物の状態，PotPet が置かれた環境情報を測定するためのセンサ類のセット（センサ部）が植木鉢に取り付けられ，制御部はサーバ PC との通信，駆動部の制御，センサ部からの情報取得を行う．

以下にそれぞれの詳細を記す．

駆動部

駆動部には WiFiBoT[1]を利用する．WiFiBoT は市販の 4 輪駆動ロボットである．バッテリーを内蔵し，前後に進むことができる．WiFiBoT は 5V の電源端子を持っており，PotPet のセンサ部，制御部の電源はここから供給される．シリアル通信（RS232）により制御をおこなうことができる．今回の実装では WiFiBoT は制御部の Arduino（後述）に接続され，制御されている．

[1] http://www.wifibot.com/

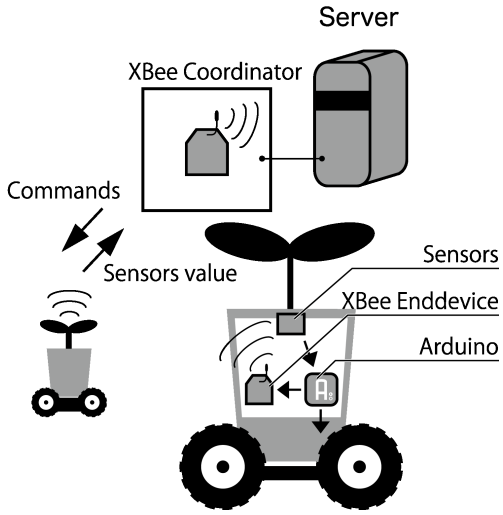


図 4. システム概要

センサ部

センサ部は光センサ 1 個，電極 1 式，超音波センサ 2 個を植木鉢上部に持つ．光センサは日光が植木鉢に当たっているかどうか，電極は植木鉢の土の抵抗を計測し，土が乾いているかどうかを検出するために用いる．超音波センサは障害物を検出し，ぶつからないよう制御するために用いる．駆動部の進行方向（前後）に合わせ各 1 個，合計 2 個の超音波センサで進行方向の障害物を検出する．

制御部・サーバ PC

制御部は XBee モジュール（ZigBee を利用したセンサネットワークシステム）と Arduino（Atmel AVR を用いたマイクロコンピュータ）で構成され，センサ部からの測定値取得，駆動部の制御及びサーバ PC との通信を行う（図 4）．サーバ PC には XBee モジュール (XBee Coordinator) が接続され，各 PotPet と制御部の XBee モジュール (XBee Enddevice) を介した無線通信を行う．

PotPet にはあらかじめ制御モードが設定されており，サーバ PC との通信により制御命令を受け取ってモードの変更を行う．モードに沿った行動や衝突回避の制御などは制御部が行い，モードによって日光を追いかける，人目につくようううろうろする，じっとしている，など PotPet の行動を切り替える．

Arduino はセンサ部，XBee モジュール，駆動部と接続されており，これらの制御を行う．まずセンサ部から一定周期で計測値を取得する．計測値は自律制御に用いるだけでなく，XBee モジュールを介してサーバ PC に送信しサーバ PC による状況判断にも用いられる．サーバ PC は XBee モジュールを介して受け取った情報をもとに，その PotPet がとるべき行動を決定し，制御命令を返す．Arduino は XBee モジュールを介して制御命令を受取り，それに従ってモードを変更する．

格納部

PotPet には本物の植物を用いる．植物は植木鉢（直径 18cm）に植える．この植木鉢と，前述のセンサ，制御・通信部をさらに大きな植木鉢型のケース（直径 30cm）に格納し，駆動部の上に乗せる形で取り付ける．基板，コードなどを鉢の中に収納することで，植木鉢として自然な外観を保つ．

4 関連研究

植物の状態の検出については多く研究されている．I/O Plant[5] は植物を入出力装置として用いるためのツールキットである．植物の状態を検出し，植物を用いて人に対して出力を行うシステムを支援する．DIGITAL POT[1] では，内蔵するセンサで測定した土壌の温度，湿度などの状況により，植木鉢前面に埋め込まれた液晶に表示される表情を変化させ，ユーザに水やりのタイミングなどを知らせている．萌え木 [7] では，植物の育成と育成シミュレーションゲームと組み合わせている．植物の現在の状況情報をセンサによって取得し，撮影された植物の上にオーバーレイされる妖精（エージェント）が植物の状況を強調表示する．

本研究では，植物の状態を検出し，生活空間のなかでより直接的に植物の状態を知らせるため，ロボット組み合わせ，自律的に移動する機能を実装した．

厳しい環境の中で植物を育成するためのロボットのコンセプトも発表されている．Le Petit Prince[6] は火星探索や移住に際して，生育にふさわしい環境に移動してケースのなかの植物を大切に守るロボットのコンセプトである．植物擬人化システム [4] では，人と植物の関係を人と人との関係に近づけるよう提案し，発話機能などを実装している．PlantBot[2] は主に室内で日光を求め植物を乗せて移動するロボットである．また，荻原らによる太陽光・人工光併用型のブルーベリー向け果樹工場では，自走式植物ポットによる周年生産のための果樹管理の自動化が提案されている [3]．

これらの研究は植物とロボットを組み合わせて動くことができるようにしている点で本研究に近いが，本研究では，人と植物の関係を人とペットの関係に近いものとしており，植物育成のための実用的な機能だけでなく，人と植物の相互のコミュニケーションに着目している．

人とロボットの関係に着目し，ロボットが人の手を借りることで関係を築くという研究もなされている．Social Trash Box[8] は公共の空間で自立的に動くゴミ箱型ロボットである．Social Trash Box は単体ではゴミを拾い集める機能を持たず，人にはたらきかける動作によって人の手を借りてゴミ収集を達成する．

本研究では既存の人と植物の関係に，ロボットを組み合わせることで，新たな人と植物の関係を提案した．

5 まとめと今後の課題

植木鉢型ロボット PotPet の提案・実装を行った．自律的に動き，即座にフィードバックを返す植木鉢型ロボットに本物の植物を乗せることで，植物をペットのように飼うことを実現，人と植物の新しい関係を提案する．

今回は 1 台のみの実装であるが，PotPet は複数同時に動くことを想定して設計している．

今後の予定として，複数台の PotPet を実際に庭で動かし，実証実験を行うことを考えている．そのための実装面の課題として，防水加工やバッテリーの充電問題が挙げられる．植物に日光を当てると同時に，ソーラーパネルなどを用いてバッテリーに充電を行うことなどを予定している．

参考文献

[1] DIGITAL POT. http://www.yankodesign.com/2008/05/28/plantstell-you-what-they-want/.

[2] PlantBot. http://www.theplaycoalition.net/projects/project_8/project-8.html.

[3] 荻原 勲, 有江 力. 四季を再現した果樹工場でブルーベリーを周年栽培. 植物工場大全, pp. 91–97. 日経 BP 社, 2010.

[4] 寺田和憲, 近間正樹, 平田高志, 武田英明, 小笠原司. 植物擬人化システム. 第 18 回日本ロボット学会学術講演会予稿集, pp. 1457–1458, 2000.

[5] S. Kuribayashi, Y. Sakamoto, and H. Tanaka. I/O Plant: A Tool Kit for Designing Augmented Human-Plant Interactions. In *CHI '07 extended abstracts on Human factors in computing systems*, pp. 2537–2542. ACM Press, 2007.

[6] M. Miklica. Le Petit Prince. http://www.treehugger.com/files/2009/08/robot-colonize-mars-plants.php.

[7] 西田 健志, 大和田 茂. 萌え木：拡張現実による植物育成支援. 第 14 回インタラクティブシステムとソフトウェアに関するワークショップ (WISS2006) 予稿集, pp. 23–26, Dec 2006.

[8] Y. Yoshiike, Y. Yamaji, T. Miyake, P. R. S. D. Silva, and M. Okada. Sociable Trash Box. In *HRI '10: Proceeding of the 5th ACM/IEEE international conference on Human-robot interaction*, pp. 197–198. ACM Press, 2010.

未来ビジョン

PotPet が現在一般的な植木鉢に代わって普及することにより，以下に述べるような庭を造ることが可能になる．

植物の種類によって性格の異なる PotPet

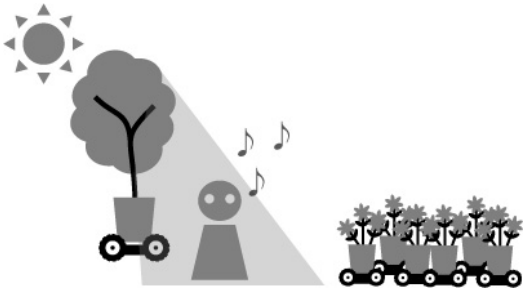
植物には様々な種類があり，大きく育つもの，実がなるもの，花が美しいものなどの特徴がある．PotPet はその特徴にそった行動をとり，動的に庭を構成する．例えば背が高く葉が茂る植物の場合，人が庭に出たときに日陰を作ってくれる．夏の暑い日には窓や壁際に影を落とすよう移動する．花の咲く植物は季節ごとに花壇を構成し，実のなる植物は熟れた実があると人が収穫しやすいように並ぶ．

このように植物の特徴を生かした動作を実装することで，個々の植物に対する個別の愛着を感じられるよう支援する．

さらに，人の呼ぶ声に向かって移動したり，自分に付けられた名前を覚えるなど，より自然なコミュニケーションを実現することも検討している．ペットにするように音声のコミュニケーションで PotPet をしつけることで，花壇を構成していた PotPet が花時計になったり，生垣の一部が洗濯物を干す間だけ日が当たりやすいように移動したり，といった生活に合わせた庭を個人の声掛けで設定できるようになる．

ペット同士のインタラクション

犬と猫，猫と鳥，などペット同士が仲良くなることがある．そのような状態を微笑ましい，好ましいと感じる人々も多い．そこで PotPet も動物のペットと仲良くなったり，喧嘩したりという行動をとる．例えば猫が食べるための草，猫草がある．猫を飼う人が育てていることが多い．そこで猫草を植えてある PotPet 猫と遊ぶように素早く動く．特に，まだ生えそろっていない猫草は全力で逃げ，生えそろった（猫が食べても良い）猫草は積極的に猫にじゃれかかる．それを見て飼い主は楽しむことができ，猫は運動・遊びをしながら猫草を食べることができ，猫草は生えそろったものから食べさせることができる．



エンドユーザによる椅子デザインシステム

Sketch Chair : End-user Design of Physical Chairs

Greg Saul, Manfred Lau, 三谷 純, 五十嵐 健夫*

Summary. 本稿では，一般ユーザが自分で使う椅子を自分でデザインできるようにするシステムについて紹介する．ユーザが簡単なスケッチ操作で計算機上に椅子の概形を描くと，それをもとに自動的に椅子の３次元モデルが生成される．さらにその椅子について，物理シミュレーションを用いたバランスの確認や，人体モデルを用いた座り心地の確認なども行うことができる．椅子モデルは，木の板を組み合わせた形状で表現され，各部材の輪郭線をレーザカッターなどに出力することで実物の椅子を組み上げることができる．実際に本システムでデザインした実物大の椅子を製作し，その実現可能性を確認した他，初心者を対象としたワークショップを開催して，オリジナルの椅子（この場合は椅子型の携帯電話置き）をデザイン・製作できることを確認した．本システムは，エンドユーザによる家具デザインという，長期的な研究目標の第一歩として実装したものである．

1 はじめに

レーザーカッターや３次元プリンタなどのラピッドプロトタイピング機器の発達によって，モノづくりが個人レベルで行うことの実現性が高まってきている [7]．しかし，これらの機器に出力するためのデータをみずから作るためには，高度な CAD システムや３次元モデリングシステム [1, 5] を使わなければならず，素人にとっては未だに敷居が高い．たとえば，実物体として出力するためには，出力機器固有の制約を満たすようにモデルを作成しなければならず，これを適切に行うことは，素人には困難である．さらに，実世界で物理的に機能するものをデザインするためには，対象事物に対する専門的な知識も必要となる．

我々のグループでは，このような問題を解決するために，３次元モデリングシステムに，機能する実物体をデザインするために必要な支援機構を組み込んでいくことを提案している．本稿では特に，家具のデザインに注目し，具体例として椅子のデザインシステムについて紹介する (図 1)[14]．本システムでは，ユーザが簡単なスケッチ操作で椅子の概形を描くと，それをもとに自動的に椅子の３次元モデルが生成される．さらにその椅子について，計算機中で物理シミュレーションを用いたバランスの確認や，人間モデルを用いた座り心地の確認などを行うことができる．椅子モデルは，木の板を組み合わせた形状で表現され，各部材の輪郭線をレーザカッターなどに出力することで実物の椅子を組み上げることができる．

本稿では，提案するシステムのユーザインタフェース，利用例について紹介したのち，論文の最後に，このようなエンドユーザによる家具デザインという長期的な目標を実現するために必要な事項などについて議論を行う．

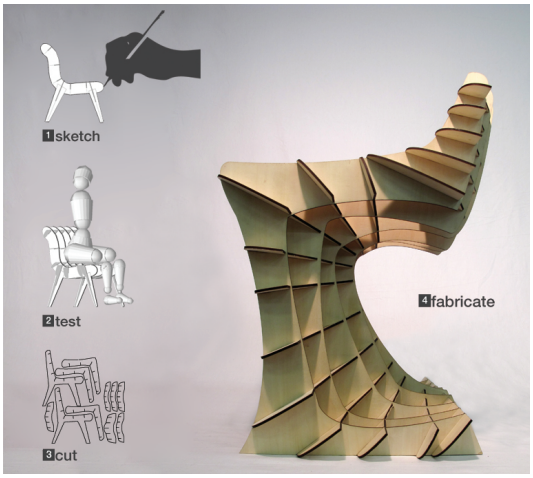


図 1. 全体構成

2 関連研究

ユーザ自身によるデザインの有効性を示す有名な例として， Glenn Goulds のピアノ椅子が挙げられる [3]．この有名なピアニストは，子供時代に父親が作ってくれた，高さの調節可能なピアノ演奏用の折りたたみ椅子を生涯持ち歩いて利用していたとされている．

ラピッドプロトタイピングを用いたデジタルファブリケーションを個人レベルから利用可能にしている商用サービスとして Ponko [10] がある．このサービスを利用することで，ユーザは形状データをアッ

Copyright is held by the author(s).

* JST ERATO 五十嵐デザインインタフェースプロジェクト

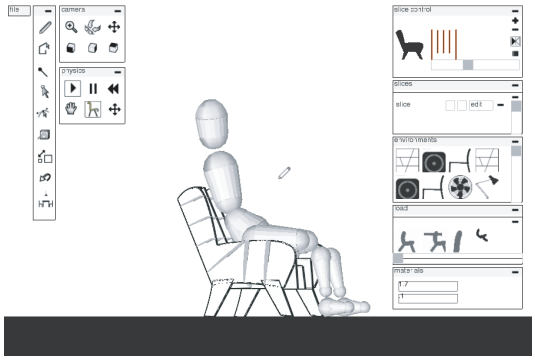


図 2. 画面のスナップショット

プロードし，そのデータに基づいてレーザカッターで切り出した素材を受け取ることができる．また，Inter-cultur [8] では，３次元形状データをアップロードし，３次元プリンタで出力した結果を受け取るこのとできるサービスを提供している．

研究分野では，簡単に３次元モデルを作成する手法として，スケッチインタフェースを利用するもの [12, 15] や，ジェスチャーを利用するもの [16] などが提案されている．物理的なモデルをつくるものでは，手書きスケッチでぬいぐるみをデザインすることのできるシステム [8] や，WiiRemote をつかった３次元スケッチによりランプシェードをデザインするシステム [9] などがある．また，モーションキャプチャによる３次元スケッチから椅子を作るコンセプトデモ [6] などもあるが，このシステムでは描かれた３次元の線をそのまま３次元プリンタで出力するのみであり，我々が本論文で紹介するようなデザインのサポートは行われていない．

3 形状デザイン用インタフェース

本稿で提案するスケッチチェアシステムは，エンドユーザ自身による椅子のデザインを支援するシステムである (図 2)．ユーザが横から見た椅子の概形を描くと，それを奥行き方向に掃引することで立体的な椅子の形状が生成される．さらにその椅子は，平面のパネルを格子状に組み合わせたものとして表現され，実際にレーザカッターによって切り出して組み立てることができるようになっている．デザインした椅子については，物理シミュレーションを適用することで，重力に抗してバランスよく自立できるかどうかを確認したり，人間モデルを座らせてみることで，その座り心地やサイズの適切さなどを視覚的に確認することができる．以下の段落では本システムの動作の詳細について説明する．

3.1 描画ツール

このツールを使うことで，フリーハンドのスケッチによって，椅子を横から見たときの背もたれと座面の形状を描くことができる．ユーザの描いた線はポリラインとして表現されており，後から制御点をドラッグ操作で動かすことで形状を調整することができる．

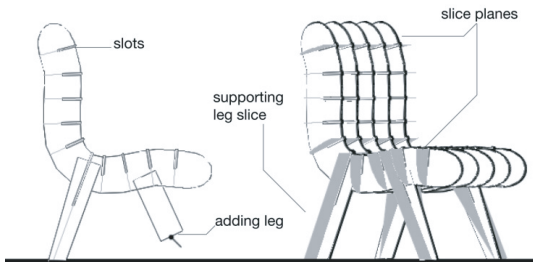


図 3. 脚の追加

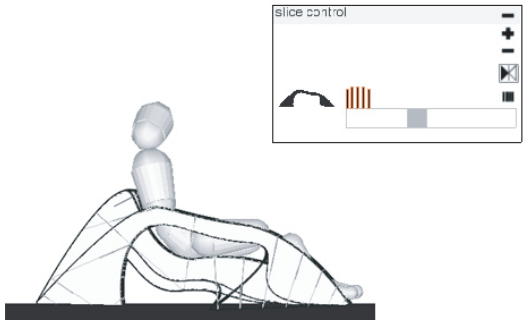


図 4. レイヤーごとに異なる形状を設定した例

3.2 脚ツール

このツールでは，マウスのドラッグ操作で直線的な椅子の脚を描くことができる．脚は４つの頂点からなる四角形として表現されており，頂点をドラッグすることで形を調整できる (図 3)．

3.3 レイヤーパネル

椅子は複数枚のパネルから構成されており，レイヤーパネルを利用することで，各レイヤーを個別に編集することができる (図 4)．たとえば，中央付近のレイヤーの形を変えることで，中央だけが沈み込んだような背もたれを作ることができる．

3.4 パスツール

上記の描画ツールでは簡単なスケッチ操作によって椅子の形状を描くことができるが，パスツールでは，adobe illustrator といったベクトル描画ソフトと同じようなインタフェースによって，直線とベジエ曲線を組み合わせた詳細な線を描くことが可能である．

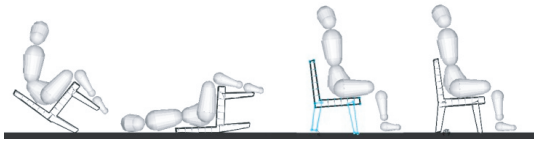


図 5. 物理シミュレーションによるバランスの検証

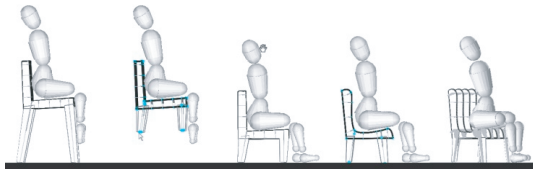


図 6. 人間モデルによるサイズの検証

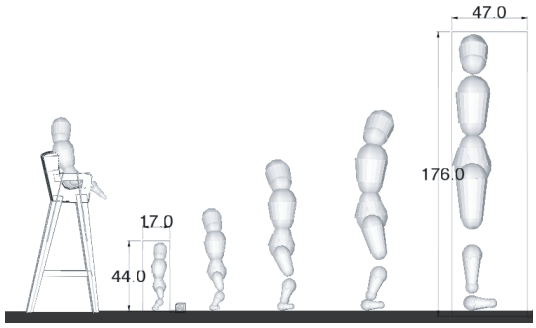


図 7. 身長にあわせたプロポーションの自動調整

4 デザイン支援機能

4.1 複数のデザインの比較検討支援

よいデザインのためには，さまざまなバリエーションを簡単に作成し，比較できることが重要である．一本のストロークによる形状デザインは，制御点を一つ一つ編集するのに比べて手早く形を指定できるため，複数のデザインを試行錯誤で試していく作業に適しているといえる．さらに，本システムでは，さまざまなバリエーションの比較を支援するための機構として，ハイバネーションとショールーム機能を提供している．ユーザがすでに表示されている椅子と別に新しい椅子を描きはじめると，元の椅子はハイバネーションされバックグランドに移行する．ハイバネーションされたモデルには形状編集操作や物理シミュレーションが適用されず，明示的にクリックすると，そのモデルがアクティブになり，現在アクティブであるモデルが新たにハイバネーションされる．また作成された椅子はすべてショールーム（過去ログ）の中に記録され，いつでも参照することができる．

4.2 物理的なバランスの検証支援

椅子が椅子として機能するためには，それ自体がバランス良く自立することが重要である．また，安楽椅子のような場合には，うまく「揺れる」ことも必要である．通常このような性質は，CAD モデリングの最中には確認することができず，実際に作ってみるか，別のソフトウェアの物理シミュレーションを利用することが必要となる．本システムでは，椅子をデザインしている最中に，いつでも物理シミュレーションを適用して重力の影響について分析することが可能である．たとえば，脚の配置が悪くてバランスをくずして倒れてしまう場合や，安楽椅子としてデザインしたのにうまく揺れない場合などを確認できる (図 5)．物理シミュレーションの起動には，画面上の再生ボタンを押せばよく，シミュレーションを終了するには停止ボタンを押せばよい．システム内部の実装では，無償で利用可能な剛体シミュレータである jBullet を利用している．

4.3 エルゴノミクスの分析支援

椅子をデザインするとき，特定のユーザのための椅子をデザインするときには，その人の体型を考慮することが重要である．たとえば，長時間座るための椅子であれば，両足が地面にきちんとつくことが重要である．通常の CAD モデリングでは，実世界と離れた図面の世界での作業になってしまうため，大きすぎたり小さすぎたりするモデルを作ってしまいがちである．そのため，プロによるデザイン作業では，実物を作成して確認する作業が頻繁に行われる．しかし，椅子を実際につくるのは大変であるため，個人によるデザイン作業では実物での確認は現実的でない．そこで本システムでは，仮想人体モデルを用意し，それをモデリング中の椅子に座らせてみることで，大きさや形が体にあっているか確認できるようにしている (図 6)．さらに仮想人体モデルにも物理シミュレーションを適用することができるので，人間が座ったときのバランスなども調べることができる．

仮想人間モデルは，簡単なドラッグ操作で身長を調整することができるため，対象とするユーザ（多くの場合は操作している本人）の体型の合わせて利用することができる．子供と大人では頭の大きさや脚の長さなどのプロポーションが異なるので，本システムでは身長に応じてそのプロポーションを自動的に調整している (図 7) （数値データは [2, 11] を利用）．

4.4 レファレンスオブジェクトの利用

実世界で使う家具は，それ単体で存在していることは稀で，他の家具とあわせて利用する場合がほとんどである．たとえば，椅子であれば，テーブルや机とあわせて利用することが多いと考えられる．したがって，椅子デザインを行う場合には，これらの

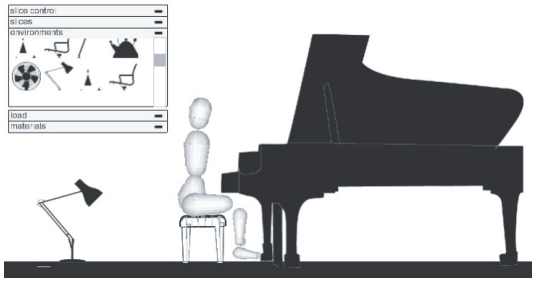


図 8. レファレンスオブジェクトの利用

周囲の物体との関係も考慮しなくてはならない．本システムでは，このような目的のため，机やピアノ，フロアライトなど，典型的な家具のライブラリを用意している (図 8)．これらを背景に「置く」ことで，それらの大きさを考慮しながら，椅子を適切にデザインすることができる．

5 実物の椅子の製作

本システムでは，薄い板を切り出して組み合わせて作る椅子を対象としている．このようにすることで，モデリング結果を直接レーザカッターに出力し，材木の板を切って組み合わせて，椅子を組み立てることが可能となる．レーザカッターがない場合には，図面にしたがってのこぎりで切り出す，といった方法で製作することも可能である．また，小さいスケールにしたものを，安価なカッティングプロッタに出力し，厚紙を切ってくみ上げることで，おもちゃの椅子をつくることもできる．紙の椅子は，実物大の椅子をつくる前に，さまざまなデザインのバリエーションを試す，という意味でも有用である (図 9)．

実際に座ることのできる大きさの椅子を作る際に，一般的なレーザカッターで切ることのできる材木では，厚みおよび大きさが不足する．この場合には，複数枚の板を張り合わせることで，大きさおよび強度を得ることができる．椅子の座面については，フェルトとヤシ繊維生地を組み合わせたものを木の座面の上につけて利用する．固定するためには，生地と木材の穴を開けて紐で結ぶ方法を採用した．図 10 に，実際に製作した実物大の椅子の例を示す．

6 結果

科学未来館の協力のもと，一般の方を対象としたワークショップを開催し，本システムの有効性について簡単な検証を行った (図 11)．ワークショップには 12 才から 53 才までの 7 名の一般人が参加した．はじめに簡単なチュートリアルを行って，システムでのデザインを自由に練習したあと，最後に，携帯電話置きになるようなミニチュアの椅子をデザインし，実際に製作を行った．ミニチュア椅子の部材の

図 9. 紙で製作した椅子の例

切り出しにあたってはレーザカッターを利用した．

すべての被験者が，実際に椅子をデザインして製作することに成功した．椅子に脚を付加する際，ほとんどの被験者は単に線を引いてつけるだけであったが，CAD モデリングの経験がある被験者はパスツールを活用していた．一方で，レイヤーパネルを利用して高度な編集を行った被験者はいなかった．事後に感想を聞いたところ，すべての被験者が「自ら使うものを自分でデザインする」というコンセプトに共感を示していた．さらに，自分でデザインしたものは，買ってきたものよりもさらに愛着がわく，子から孫へ代々引き継いで使ってもらいたい，といった意見もあった．

図 10. 実物大の椅子の製作例

図 11. ワークショップの様子

7 まとめ

本稿では，エンドユーザが簡単に自分で使う椅子をデザインすることのできるシステム sketchchair について紹介した．ユーザは，希望する椅子の概形をスケッチで描き，脚を付け足すことで椅子をデザインすることができる．また，物理シミュレーションを利用してバランスをチェックしたり，人間モデルを座らせて大きさを確認したりできる．今後は，このようなエンドユーザによるモノのデザインという考え方をベッドや机など，椅子以外の家具にも適用していきたいと考えている．

参考文献

[1] Autodesk, 2010 . AutoCAD. http://www.autodesk.com/autocad

[2] Alvin R. Tilley (2001). The Measure of Man and Woman: Human Factors in Design, Henry DreyfussAssociates

[3] Bazzana,K:Wondrous Strange: The Life and Art of Glenn Gould. Oxford University press 2004.

[4] Carl Fredrik Svenstedt. http://www.carlfredriksvenstedt.com/infinity/project.html

[5] Dassault Systmes SolidWorks Corp, 2010. SolidWorks 2010. http://www.solidworks.com

[6] FRONT Sketch Furniture. 2006, http://www.designfront.org/category.php?id=81 product=93.

[7] Gershenfeld, N.A. Fab: The Coming Revolution on your Desktop - From Personal Computers to Personal Fabrication. Basic Books, New York, 2005.

[8] Inter Culture http://inter-culture.jp/

[9] Karl D.D. Willis, Juncong Lin, Jun Mitani, and Takeo Igarashi. 2010. Spatial Sketch: Bridging Between Movement and Fabrication. Proceedings of the Fourth International Conference on Tangible, Embedded and Embodied Interaction.

[10] Ponoko, 2010, http://ponoko.com/

[11] Panero, J. and Zelnick, M. (1979). Human Dimension and Interior Space: A Source Book of DesignReference Standards, Watson-Guptill.

[12] T. Igarashi, S. Matsuoka, and H. Tanaka. 1999. Teddy: a sketching interface for 3d freeform design. ACM SIGGRAPH 99, 409—416.

[13] Yuki Mori and Takeo Igarashi. 2007. Plushie: An Interactive Design System for Plush Toys. ACM Transactions on Graphics (SIGGRAPH 2007), Vol. 26, No. 3, Article No. 45.

[14] G. Saul, M. Lau, J. Mitani, T. Igarashi. 2010. SketchChair: An All-in-one Chair Design System for End-users. submitted to TEI 2011.

[15] R. Zelenik, K. Herndon, and J. Hughes. 1996. Sketch: An interface for sketching 3d scenes. SIGGRAPH 96 Conference Proceedings, 163—170.

[16] Steven Schkolne, Michael Pruett, and Peter Schroder. 2001. Surface Drawing: creating organic 3D shapes with the hand and tangible tools. SIGCHI 2001, 261-268

未来ビジョン

現代社会は，大量生産・大量消費社会である．専門家によってデザインされ，工場で生産された商品が店舗に並び，人々はそのなかから自分の必要にもっとも近いものを選んで消費している．しかし，一部の専門家のデザインしたものを，一般の人々がそのまま利用する，というモデルが最適とは限らない．第１に，マスを対象にデザインされたものでは，個々人の多様なニーズを完全に満たすことはできない．第２に，同一モデルの大量生産では売れ残りが避けられず，限られた地球資源を有効に活用するという視点から問題がある．第３に，人間には本質的に他人とは違う存在でありたいという自己表現の欲求があると考えられるが，皆が同じものを購買し利用するというシステムの中では，自己表現の要求を満たすことは難しい．

我々のグループでは、このような大量生産消費システムに変わるものとして、自分のものは自分でデザインする、という未来ビジョンを掲げて研究を行っている。具体的には，衣服や鞄などの持ち物，雑貨・小物など家庭で使う物品，さらに自動車や自転車，家などについても，最初は限られた範囲でのカスタマイズ，将来的には自らによるデザインが可能になっていくのではないかということである．

このような未来を実現する上では，新たなユーザインタフェース技術の開発が重要である．本研究で扱ったスケッチに入力の他にも、仮想現実感などの実世界志向技術の利用が考えられる。また，剛体シミュレーションに限らず，各種の実世界の事象を適切な粒度でモデル化し，対話的な操作が可能な速度でシミュレートする技術も重要である．

なお，一般ユーザによるモノのデザインが可能になると，それをサポートする新しい産業構造が生まれてくるものと考えられる．すなわち，デザインしたものをモノとして手にとるためには，個人に対して少量多品種の材料を提供したり，製作を請け負ったり，といった多くの新しいサービスが必要となり，それら提供する産業が生まれてくると考えられる．また，一個人がデザインしたものを，モノでなく「プリントアウト可能な」設計図のような形で公開し，販売するような新たな流通機構も生まれてくるものを期待される．

プレゼンとプレゼンの場をマンガ表現するインタラクティブシステム

An Interactive System that Express an Atmosphere of Presentation and the Presentation Itself by Manga Expression

藤本 雄太　　宮下 芳明*

Summary.　本稿では，マンガ表現されたプレゼンを聴衆がチャットをしながら聴講し，そのチャット上の様子から会場の雰囲気をもマンガ表現するシステムを提案する．このシステムは，発表者が使用するプレゼンツールと聴衆が使用するチャットで構成されている．プレゼンツールは，マンガ表現に特化したインタフェースを持っており，簡単にコマ割り・集中線・描き文字・吹き出しなどを使用したマンガのような画面を作成することができる．またチャットは，マンガの見開きをみんなで指差しながら眺めているようなインタフェースになっており，プレゼン内容についてみんなでわいわいと話しながら読むというデザインになっている．プレゼンツールとチャットシステムは連動しており，チャット上での盛り上がり具合を可視化する「ざわ…」機能や，聴衆の多数意見を発表者に提示する飛び入り機能を実装している．

1　はじめに

マンガは多くの人々，とくに若い世代の人たちにとって最も身近なメディアのひとつである．絵や描き文字などを駆使して巧みに描かれるマンガは見る者を惹きつけ，ついその先を読ませてしまうくらいの魅力を持っている．例えば，ダイレクトメールに添えられたマンガやタイトルが「マンガでわかる」で始まる技術や学術の入門書，マンガで表現された社内マニュアルや営業パンフレットなどがあり，今日のマンガはもはやエンタテインメントの枠に留まらず教育やビジネスなどさまざまな場面で活用されている．

筆者らは「マンガのコマ割り表現を用いたプレゼンテーションツール」を開発してきた [1]．これは，プレゼンの内容をマンガ形式にすることで，ただ文字と図を並列させるよりも印象に残りやすい視覚的効果を与えることができ，プレゼンの画面を思わず見たくなるものにする．

本稿では，そのプレゼンツールに加え，さらにマンガの見開きをみんなで指差しながら眺めているようなインタフェースのチャットを聴衆に提供する．そこでの盛り上がり具合を可視化する機能（「ざわ…」機能）と，聴衆の多数の意見が発表者のプレゼン画面に緩やかに介入する機能（飛び入り機能）も実装した．

筆者らは，このマンガ表現されたプレゼンツールおよびチャットのふたつで構成された，プレゼンとプレゼンの場をマンガ表現するインタラクティブシステムを提案する．

Copyright is held by the author(s).

* Yuta Fujimoto and Homei Miyashita, 明治大学大学院理工学研究科新領域創造専攻ディジタルコンテンツ系

2　システム概要

プレゼン時のコミュニケーションにはふたつの種類がある，ひとつは発表者と聴衆の間で行われる表の公的な会話で，これをフロントチャネルという．もうひとつが，聴衆同士で行われる裏の個人的な会話で，これをバックチャネルという [2]．提案システムは，このフロントチャネルとバックチャネルの両者を総合的にマンガ表現するものである．

フロントチャネルは，発表者から聴衆と聴衆から発表者のふたつの方向を有する．発表者から聴衆への情報配信は，マンガ表現されたプレゼン画面と発表者の発話によって実現される．発表者は，相手に伝えたい事実や想いをマンガの豊かな表現力を借りてデザインする．

聴衆から発表者への意見は，飛び入り機能によって実現される．飛び入り機能は，聴衆の多数意見をプレゼン画面に一時的に表示させるものである．その意見は，ただ文字として表示するのではなく，マンガのキャラクタが聴衆の意見を代弁するかたちで表示される．こうすることで，現実の人間が意見したという生々しさを取り払い，あくまでキャラクタがしゃべったというワンクッション置いた表現がなされ，そこにコミカルさが生まれる．

バックチャネルは，チャットを提供することで実現されるが，これもただ文字を並べるのではなく，あたかも自分たちがマンガを読み，それについて議論しているようなマンガ的インタフェースになっている．チャットは文字で会話をするものであり，マンガにおけるキャラクタ同士も文字で会話をしている．この類似点から，チャット上の会話はマンガ表現するのに適した題材である．

3 聴衆側システム

図 1. チャット画面

チャット画面を図 1 に示す．画面下にあるコメント欄にコメントを記入し，発言すると，画面の上に吹き出しとコメントが表示される．画面中央の見開きページの気になるところをクリックすると，図 2 のように手が出てきてクリックした位置を指差した状態で，その横に吹き出しとコメントが表示される．このチャット画面は，みんなでマンガを読みながら，その内容についておしゃべりしている様子を表している．

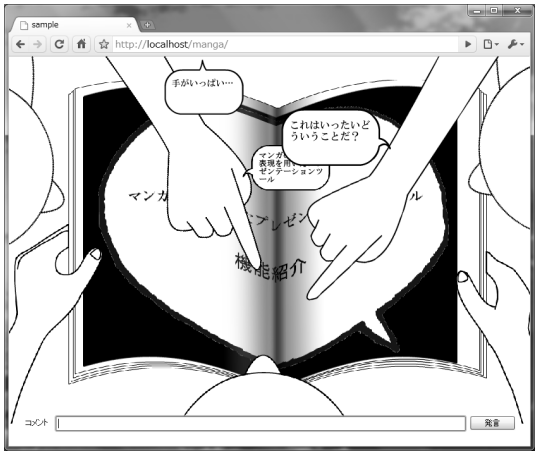


図 2. コメント投稿の様子

本システムではさらに，チャットによる議論の場を提供するだけでなく，以下のふたつの機能を設けた．

3.1 「ざわ…」機能

チャット上でどれだけ議論が盛り上がっているかを可視化する機能として,「ざわ…」機能を実装した．本機能は，チャットの書き込み量に応じてプレゼン画面に「ざわ…」という文字を重畳表示するものである（図 3）．これによって，発表者にもチャットがどれだけ盛り上がっているかを容易に把握できるようになる．

図 3. 「ざわ…」機能

3.2 飛び入り機能

チャットに投稿されたコメントは吹き出しに乗って画面上に現れる．その吹き出しを聴衆がクリックすると，吹き出しは次第に大きくなっていく．吹き出しがある一定回数クリックされると，そのコメントがプレゼン画面に表示される（図 4）．これによって発表者は，プレゼン画面を通して聴衆が今どんな議論をしているかを知ることができる．ここで発表者と聴衆のあいだで緩やかなインタラクションが生まれることが期待される．

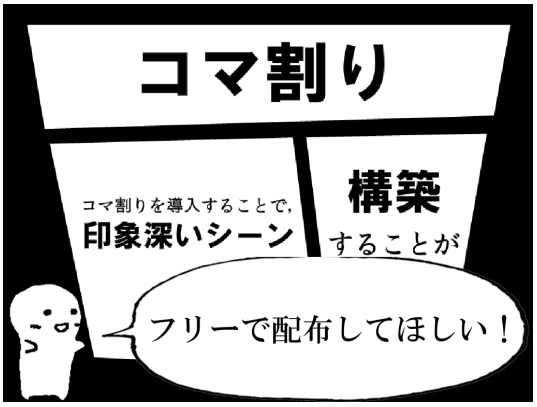


図 4. 飛び入り機能

4 発表者側システム

本ツールのプレゼンは，ページとコマで構成される．ページに自由な形状でコマを配置し，プレゼンを構成してゆく．マンガに見られるようなダイナミッ

クなコマ割りもデザイン可能である．横書きのアメリカンコミックスタイルにも縦書きのジャパニーズコミックスタイルにも対応している．

4.1 編集モード

プレゼン内容の作成は以下の手順で行う．まず，ページを配置し，その上にコマを置いてゆく．そして，各コマのなかに文字や画像を置く．

ページの配置 コマを置く土台となるページを配置する．作成されたページはドラッグして位置を好きに変えられる．

コマの作成 ページ上にコマを作成する．ペイントツールで四角形を描くようにドラッグするとコマが作成される．作成されたコマは頂点をドラッグすることで任意の四角形に変形することができ，これらを並べてダイナミックなコマ割りを作成できる．

シーケンス表示の設定 本来，マンガは読み手が読む順序を制御する．一方でプレゼンは発表者が制御する．このギャップを埋めるために設けられた機能がコマのシーケンス表示である．最初からすべてのコマを見せるのではなく，発表者が予め決めた順番でコマを表示させていくことで，発表者に主導権を持たせ，聴衆の視点を導く（図 5）．発表者が予め表示の順番を設定できる．

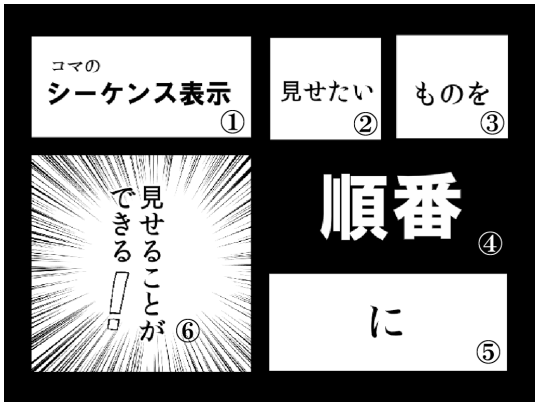


図 5. シーケンス表示

コマの内容の作成 コマのなかを埋めていく．コマの内容は，文字と画像の 2 種類である．文字は，縦書き・横書き，白字・黒字，フォント（コミック・ゴシック・明朝の 3 種類），コマの外側・内側を選べる．画像は，モノクロ・カラー，コマの外側・内側を選べる．読み込んだ画像やテキストは，ドラッグによる移動とマウスホイールによるサイズ変更，重なり順の変更，回転，削除ができる．

スナップショットの作成 スナップショットとは，配置したページやコマのどの部分をプレゼン画面に表示するかを決める，カメラのようなオブジェクトである．この四角いオブジェクトは，ドラッグで移動，マウスホイールの回転で拡大･縮小ができる．この四角の枠内に収まる領域がプレゼン画面に表示される．

4.2 発表モード

発表モードを実行すると最初のスナップショットで指定した領域が表示される．以降，右矢印キーを押すことで次の画面に進む．

4.3 作例 ～コマ割りの効用～

コマとは，絵を枠線で囲んだものをいい，絵・言葉に並ぶマンガを構成する三大要素のひとつである．コマ割りとは，コマをどのような形状でどのように配置するかというレイアウトをいう．コマは一見すると枠線であるに過ぎないが，これを順序立てて並べることで物語における時間の流れを作り出す．コマ割りを行うことで，今まで平面という二次元の空間的広がりしか持たなかったものが時間軸という新たな広がりを獲得する．つまりコマ割りは，読者の視線を時間的・空間的に秩序立てて運ぶ支えなのである．マンガ評論家の夏目房之介は，コマ割りには読者に対して働くいくつかの機能があると述べている [3].「読む順序を与える時間分節の機能」,「読者の心理を誘導する圧縮と開放の機能」である．前者は先に述べた通り，平面に時間軸を与える機能である．後者は読者の興味・集中を誘導する機能である．夏目は誘導にはふたつの要素があると述べ，それらを「圧縮」と「開放」と呼んでいる．圧縮とは，読者の心理を圧迫し，緊張感を与えることをいう．この心理的圧迫により，次の展開がどうなるのかと興味を引きつける．そして，次の展開で大きなインパクトのあるシーンを構築することで，今まで圧縮されていた読者の心理を一気に「開放」する．コマの大きさ，形，またその変化によって圧縮や開放という落差が生まれ，それがマンガの面白さをつくる演出効果になっているのである．マンガのコマ割りをプレゼンテーションにも導入すれば，圧縮と開放というメリハリがつけられ，重要なコマとそうでないコマ（マンガでは「捨てゴマ」と呼ばれている）を聴衆が判別しやすくなり，発話者の主張がより明確なものになると考える．

この章では発表者側のプレゼンツールでどのようなコマ割りのデザインが行えるかを作例を交えて示す．

図 6 は，大きな割合を占めている項目のコマを大きくして強調し，そうでない項目は小さいコマにすることで，その円グラフが主張する事実をしっかりと伝えること意図している．Bateman らの研究によればグラフなどのチャートは，適切な方法で装飾

図 6. 円グラフを用いた作例

を施せば長期の記憶に残りやすいものになる [4]．この事例での主張は，アメリカと日本の割合が大半を占めているというものであり，コマ割りという装飾で読み手の記憶に残りやすくしている．

図 7. 提案とその反応

図 7 の作例では，主張するコマを上半分に大きく配置し，その背景に集中線を採用する．そして大きな描き文字を配置することで，読者の目に飛び込んでくるような強烈なインパクトを生じさせる．また，上半分のコマの主張に対する反応や反発的意見を下半分にコマを細かく分割して描くことで，これから激しい論争が起きそうな不穏な予感を見る者に与える．

5 通信

発表者の PC はサーバを介して各聴衆の PC に繋がっている．サーバは聴衆のチャットクライアントや発表者のプレゼンツールから送られてくるメッセージを適宜，処理する．

5.1 チャットのコメントと「ざわ…」機能

チャットにコメントが入力されると，クリックされた位置情報とともにその情報がサーバに送信される．それを受け取ったサーバは各聴衆のチャットクライアントに同様のメッセージを送信する．送信先にはプレゼンツールも含まれており，メッセージを受け取ったプレゼンツールは逐次，画面に「ざわ…」の文字を表示する．

5.2 吹き出しのクリックと飛び入り機能

聴衆がチャット画面上に表示された吹き出しをクリックすると，チャットクライアントはその吹き出しの識別番号をサーバに送信する．サーバは各聴衆のチャットクライアントに同様のメッセージを送信する．クライアント側では，対応する吹き出しを大きく表示する処理を行う．サーバでは，吹き出しがクリックされた回数をカウントしており，一定数を超えたとき，プレゼンツールに，その吹き出しに対応するコメントを送信する．

5.3 プレゼン画面の配信

発表者がプレゼン中に特定のキーを押すことで各聴衆のチャットクライアントの画面に，現在のプレゼン画面が表示されるようになっている．プレゼンツールはプレゼン画面をキャプチャし，その画像をサーバにアップロードする．アップロードをし終えたら，サーバ経由で各聴衆のチャットクライアントに対して画面を更新するように命令を出す．

6 展望

本システムのインタフェース画面である図 2 は，筆者らが考えるプレゼンの理想形態である．そこには上下関係もなく誰もが自由に自分の考えを楽しく語れる世界がある．気軽に自分のちょっとした知識や意見を他者に披露することができ，それについて立場に関係なく，みんなで議論できるような環境づくりこそ，プレゼンの目指すべきゴールのひとつである．

筆者らはまた，誰でも簡単にプレゼンすることができる環境も必要だと考えている．コンテンツ配信にあまり積極的でなかった人たちが twitter というツールによって積極的にコンテンツ配信するようになったのと同じように，今まであまり主張することのなかった人々も積極的に意見を言うようになったり，自分の知識を披露するようになったりすることが期待される．プレゼンがただの知識の伝達手段から，自己表現の手段になりうる．

今までの，高名な人を呼んで会場を借りて大勢の聴衆がプレゼンを聴くという講演会的スタイルを打破し，どんな人でもプレゼンでき，別け隔てなく議論できる世界を構築することで，いうなればプレゼ

ンの民主化に貢献できると考える．

今後は，チャットログイン数の何割の同意で飛び入り機能が発動するかなどの細かなパラメータ設定を実験を通して決定していき，より自由に意見し，活発に議論できるシステムにしていきたい．

7 関連研究

WISS ではチャットを併用するプレゼンは 1997 年に始まったが，それ以外の学会などでも twitter をしながら聞くことが今日では盛んに行われている．プレゼンを聞きながらチャットをするスタイルは標準となりつつある．西田らの On-Air Forum[5] はリアルタイムで進行するプレゼンに対して聴衆同士の議論の場を提供するシステムである．また，同じく西田らの Lock-on-Chat[6] は現在や過去に映し出されたスライドに対してもコメントできるようになっている．さらに西田らは，チャット上で意見する際に，何名かの同意を得て初めて表示される仕組みを持ったインタフェースを提案した [7]．これにより，発言者は立場に関係なく平等に扱われるようになっている．本システムの飛び入り機能は，同様なデザインポリシーに基づいている．

マンガに関する研究は主にマンガ的表現を借りてコンテンツを要約する研究が多い．その例として内橋らの研究が挙げられる．内橋らは映像を要約し，シーンの重要度に応じてそのサムネイルの大きさを変えてコマ割りのように配置し，インタラクティブに映像を再生するインタフェースを用いている [8]．また，ウェアラブルカメラを中心に撮影した映像を，コマに収めて自らの体験をマンガ風に表現したページを自動生成する研究も行われている [9]．オンラインゲームの画像や発言内容を元にマンガをつくる研究も存在する [10]．中村らはニコニコ動画のコメント数を元に動画の印象深いシーンを抽出し，そのサムネイルをマンガ的手法に基づいて配置するシステムを提案した [11][12]．Tobita は，動画からマンガをつくるインタフェースを考案した [13]．坂本らは，個人的な経験や興味をストーリーに仕立て，マンガ形式で出力するコミックダイアリーを開発した [14]．このシステムによって，実体験の回顧やそれを相手に伝える手段としてマンガ表現されたものが有効であることが示された．このようにマンガの豊かな表現力を借りることで，見る者をただ楽しませるだけでなく，情報の一覧性が高められ，効率的な内容理解につなげられる事実を前提とした研究が数多く存在する．

プレゼンに関する研究は，聴衆のプレゼンの内容理解を助ける研究が多い．Harry らは，Backchan.nl というプレゼンシステムを開発した [15]．これは，説明を聞いていて疑問に思ったことを聴衆がインターネット上に投稿し，その他の聴衆が投稿された疑問に対して投票を行い，投票が多かった疑問をランキング形式でメインスクリーンの横のサブスクリーンに表示するものである．発表者もこのスクリーンを見ながら説明をするので聴衆との双方向コミュニケーションが可能となる．発表者と聴衆の間のインタラクションを意識した研究である．栗原らはプレゼンの練習を支援するシステム，プレゼン先生を開発した [16]．このシステムでは発表者の音声および行動を解析し，話の速度や視線など複数の項目について点数をつけることで自分のプレゼンの良し悪しを把握することができる．亀和田らは，プレゼンの練習時に発表者が提示するスライドと聴衆が見ているスライドのずれを記録し，それを可視化することで本番のプレゼンの改善を図った [17]．プレゼン画面にチャットの書き込み内容をニコニコ動画にように重畳表示するプレゼンツール，ニコポイントも存在する [18]．

筆者らが開発したプレゼンツールのナビゲーション機能は ZUI を用いたプレゼンツールのそれに類似するところがある．ZUI を用いたプレゼンツールの研究として挙げられるのは Good らの Counter-Point[19] である．これは意味的につながりのあるスライド同士を無限に広い平面上の一箇所にまとめて配置する．そうでないスライドはやや離れたところに置くといったレイアウトを行うことで，予め設定した順番だけでなく必要に応じて好きなスライドへ移動し，即興的にプレゼンを行える．

Kurlander らは Comic Chat というチャットの発言をマンガ形式で表示させるシステムを提案した [20]．この研究は，コミュニケーションにおけるマンガ表現導入の先駆けともいえる研究である．

参考文献

[1] 藤本雄太，宮下芳明，マンガのコマ割り表現を用いたプレゼンテーションツール，情報研報 2010-HCI-139, Vol.2010，No.11，pp.1-7，2010.

[2] Wikipedia - Backchannel, http://en.wikipedia.org/wiki/Backchannel

[3] 夏目房之介，マンガはなぜ面白いのか―その表現と文法，日本放送出版協会，p.91，1997.

[4] Scott Bateman, Regan Mandryk, Carl Gutwin, Aaron Genest, David McDine, and Christopher Brooks, Useful Junk? The Effects of Visual Embellishment on Comprehension and Memorability of Charts, CHI 2010, pp.2573-2582, 2010.

[5] 西田健志，栗原一貴，後藤真孝，On-Air Forum: リアルタイムコンテンツ視聴中のコミュニケーション支援システム，WISS 第 17 回インタラクティブシステムとソフトウェアに関するワークショップ論文集, pp.95-100，2009.

[6] 西田健志, 五十嵐健夫, Lock-on-Chat: 複数の話題に分散した会話を促進するチャットシステム. コンピュータソフトウェア, 23(4):69-75, 2006.

[7] 西田健志，五十嵐健夫,「あと一歩の勇気」を引き出すコミュニケーションインタフェース，第 48 回プログラミングシンポジウム報告集，pp.153-160, 2007.

[8] 内橋真吾，ビデオ・マンガ要約を用いたインタラクティブなビデオ閲覧，インタラクション 2001 論文集，pp.31-32，情報処理学会，2001.

[9] 小関悠, 角康之, 西田豊明, 間瀬健二, ぱらぱらマトリクス: 漫画技法を用いた映像を要約するシステム, インタラクション 2005 論文集, pp.177-178, 2005.

[10] 首田大仁，Thawonmas, R, オンラインゲームのプレイログを用いた漫画の自動生成，ゲーム学会和文論文誌，Vol.3，No.1, pp.41-46，2009.

[11] 中村貴洋，青木秀憲，宮下芳明, マンガ的手法を用いたニコニコ動画ナビゲーション, ヒューマンインターフェース学会研究報告集 Vol.10 No.4 pp103-110/情処研報 2008-HCI-130，Vol.2008，No.106, pp.103-110, 2008.

[12] 中村貴洋，宮下芳明, マンガを原作とする映像のシーン対応に関する一考察, インタラクション 2010 論文 DVD, 2010.

[13] Hiroaki Tobita, DigestManga: interactive movie summarizing through comic visualization, CHI Extended Abstracts 2010, pp3751-3756, 2010.

[14] 坂本竜基，角康之，中尾恵子，間瀬健二，國藤進，コミックダイアリ：漫画表現を利用した経験や興味の伝達支援，情報処理学会論文誌，Vol.43，No.12，pp.3582-3595，2002.

[15] Drew Harry, Joshua Green, Judith S. Donath, backchan.nl: integrating backchannels in physical space. CHI 2009, pp.1361-1370, 2009.

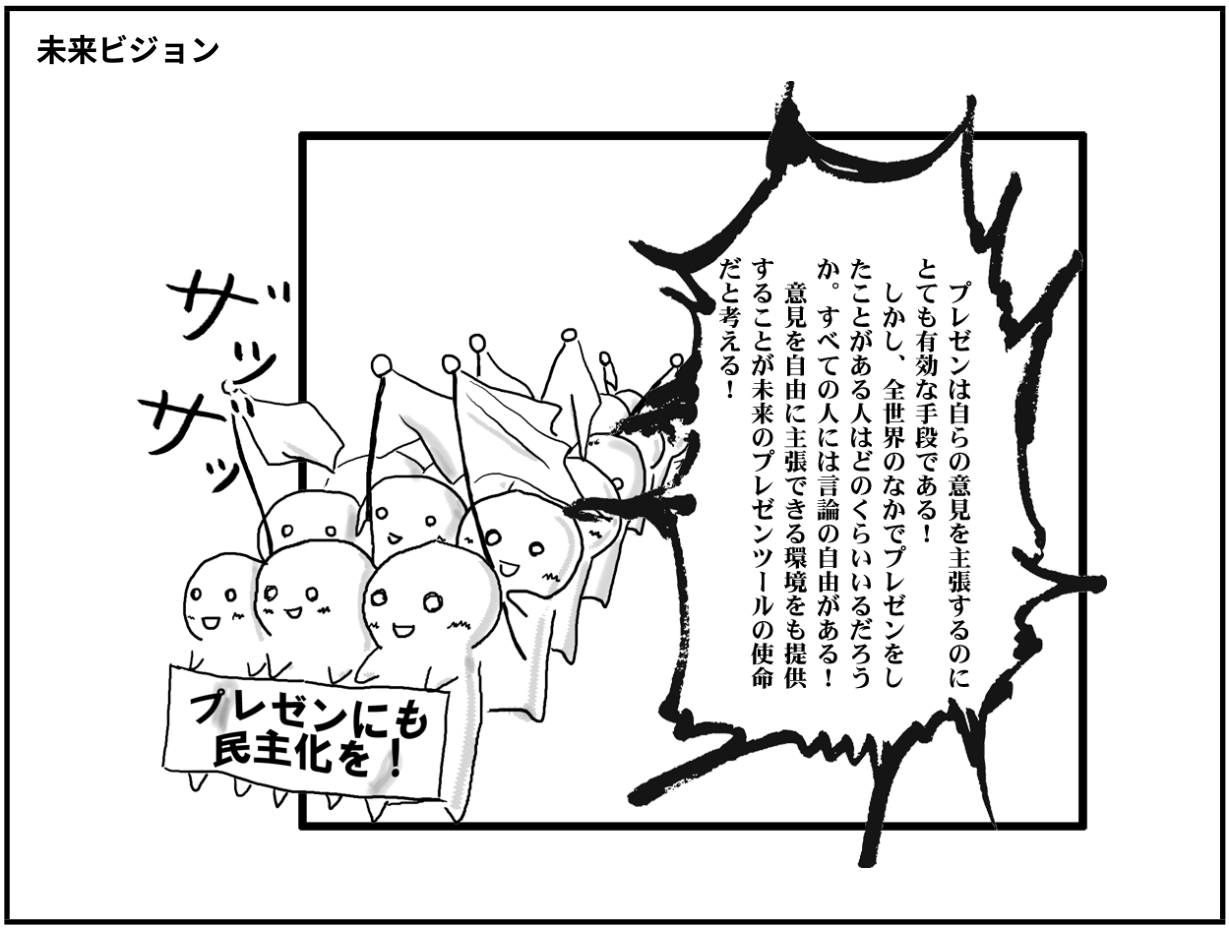
[16] 栗原 一貴，後藤 真孝，緒方 淳，松坂要佐，五十嵐健夫，プレゼン先生：音声情報処理と画像情報処理を用いたプレゼンテーションのトレーニングシステム，WISS 第 14 回 インタラクティブシステムとソフトウェアに関するワークショップ，pp.59-64，2006.

[17] 亀和田慧太，小林智也，西本一志，うつろひ：聴衆の注意状況を提示するプレゼンテーションツール，インタラクション 2007 論文集，情報処理学会シンポジウムシリーズ，Vol.2007, No.4, pp.165-166, 2007.

[18] ニコポイント，WISS Challenge 2008，2008. http://www.wiss.org/WISS2008/

[19] Good, L. and Bederson, B.: CounterPoint: Creating jazzy interactive presentations, HCIL Tech Report 2003-03, University of Maryland, College Park, MD 207427, 2001.

[20] David Kurlander, Tim Skelly, and David Salesin, Comic Chat, Proceedings of SIGGRAPH'96, pp.225-236, 1996.



BandNavi: バンドメンバーの変遷情報を辿るアーティスト発見システム

BandNavi: Artists Discovery System using Member Change Information

吉谷 幹人　　宇佐美 敦志　　浜中 雅俊*

Summary. 同じバンドに実際に関わったミュージシャンを次々と辿りながら新しい楽曲やバンドの探索が可能なシステム BandNavi について述べる．従来の類似度を利用した楽曲検索のシステムでは，似ている楽曲を探すことはできても，自分の好きなミュージシャンと実際に関係がある楽曲を探すことはできなかった．これに対して BandNavi では，Web マイニングにより自動的に収集したバンドのメンバーチェンジの情報を利用することで，ミュージシャンがこれまで演奏に参加してきた様々なバンドを見つけることを可能とする．さらに，バンドに参加したミュージシャンの重要度を Web ページ中の名前の出現頻度により求めることで，バンドに参加したミュージシャン一人一人の関係性の強さを考慮しつつ新しいバンドを探すことが可能となった．

1　はじめに

近年，大容量の携帯型音楽プレイヤーと携帯電話が一体となったスマートフォンが登場し，常に膨大な楽曲を持ち運び，好きな時に音楽を聴くことが一層容易になった．しかしながら，ユーザが多くの時間，携帯型プレイヤーで音楽に触れているにも関わらず，新しい音楽と出合う機会はＣＤショップやオンラインストアに意識的に訪れたときのみであり，音楽を「聴く」ということと「探す」ということは別のものになっていた．

そこで，既に持っている音楽の視聴と，新しい音楽を探すことが同時に可能な音楽プレイヤー BandNavi を提案する．BandNavi は以下の機能を実現する．

1. **ナビゲーション機能**
   音楽プレイヤー内の楽曲の視聴中にその楽曲と関係のあるバンドや楽曲を知ることができる．
2. **メディアアクセス機能**
   新しく知った楽曲をすぐに聴いたり購入することができる．

BandNavi では，バンドとミュージシャンの人間関係を利用してバンドの提示をおこなう．バンドではメンバーチェンジが複数回おこなわれることや，他のバンドのミュージシャンがライブにゲストとして参加することがある．このようなバンドとミュージシャンの関係は図 1 のようなネットワークで表すことが可能であり，BandNavi はこのネットワーク上のミュージシャンを辿ることで，再生中の楽曲のバンドと実際に関係があるバンドを提示する．

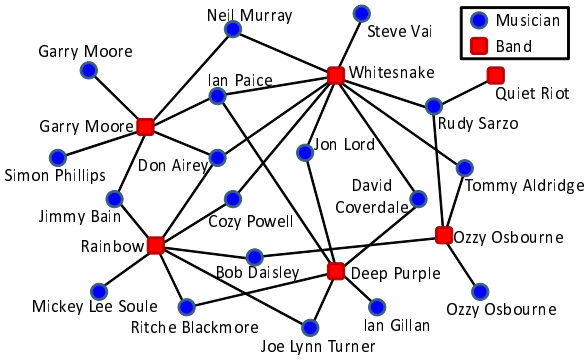


図 1. バンドとミュージシャンの関係を表すネットワーク

本研究では，提案した音楽プレイヤー BandNavi を iPhone 上に実装した．BandNavi は Web マイニングにより得たバンドメンバーの情報を利用することで，バンドとミュージシャンの関係を辿ることが可能である．通常，バンドに参加したミュージシャンの関係を詳細に表示しようとすると，多くのミュージシャンが参加したようなバンドでは表示が非常に煩雑になるという問題がある[1]．また，Web マイニングにより収集したデータには，誤ったミージシャン名が含まれることも問題である．これらの問題に対し BandNavi では，Web マイニング時に計算したバンド中でのミュージシャンの重要度を利用することで，重要な情報や正確な情報を強調してユーザに提示することを可能とした．レコード会社のホームページ掲載されている 354 バンドを対象として BandNavi の実装をおこなったところ，ユーザは次々と新しいバンドを発見できることを確認した．

Copyright is held by the author(s).

* Mikito Yoshiya, Atsushi Usami, and Masatoshi Hamanaka, 筑波大学大学院 システム情報工学研究科

[1] 例えば歴代 40 人を超えるミュージシャンが参加したバンドの場合，図 1 のような表示ではノードが入り組んでしまう．

2 関連研究

従来，楽曲を検索，推薦する手法には楽曲の音響信号から計算した特徴量を利用するものがあった．Musicream[1] では，似ている楽曲同士がくっつくという機能により，直観的な選曲を可能とした．また文献 [5] では，携帯型音楽プレイヤーを対象として，類似した楽曲が近い位置になるように二次元平面へのマッピングをおこなった．しかしながら，音響的特徴量を利用することは，膨大な曲の中から何を聴いていいかわからないといった場合に有効であるが，楽曲の視聴中に類似楽曲を提示しても，ユーザは興味を持ちにくいという問題があった．

また，協調フィルタリングを用いる手法 [3] では，ユーザの楽曲の評価や購入履歴から同嗜好のユーザー群を推測し，その同嗜好のユーザ群で人気がある楽曲を推薦することが可能であった．しかし，楽曲の評価や購入履歴の情報は，バンドや楽曲の知名度が高いほど集まりやすいため，知名度が低いものは推薦されにくいという問題があった．我々は，例え人気や知名度がない楽曲でも，ユーザが本当に良いと感じる楽曲を探す手法の実現を目指す．

本研究ではバンドとミュージシャンの関係を利用してバンドを提示するが，これまでも SPYSEE[4] など人物の関係のネットワークを知ることができるシステムはあった．しかし，我々が目指している関係のネットワークは単純に Web ページ上での名前の共起から得られるものではなく，明確にミュージシャン同士がアルバムのレコーディングやライブで共演したという事実が必要である．この事実に基づき，ユーザが好きなミュージシャンが参加したバンドを提示することで，そのバンドのアルバムや楽曲，ライブの映像を視聴してみたいと強く興味を持ってもらうことが可能となる．

3 BandNavi の概要

BandNavi ではユーザが保持している楽曲を再生しながら，バンドとミュージシャンのネットワークをつぎつぎと辿ることで新しいバンドや楽曲に出会うことができる．また，ユーザが気になるバンドを発見した場合，そのバンドと関係がある YouTube の動画を観覧することや楽曲配信サイト（iTunes Music Store など）での楽曲の視聴や購入が可能である．

BandNavi 全体のシステムは，iPhone のクライアントサイドとデータベースを保持するサーバーサイドから構築される（図 2）．iPhone のクライアントサイドでは，デバイス内の楽曲を再生すると自動的にバンドの情報がサーバーから取得される．またサーバーサイドのバンドメンバー名のデータベースは，Google の検索 API とパターンマッチングを用いることで Web 上から自動的に情報を収集し構築する．

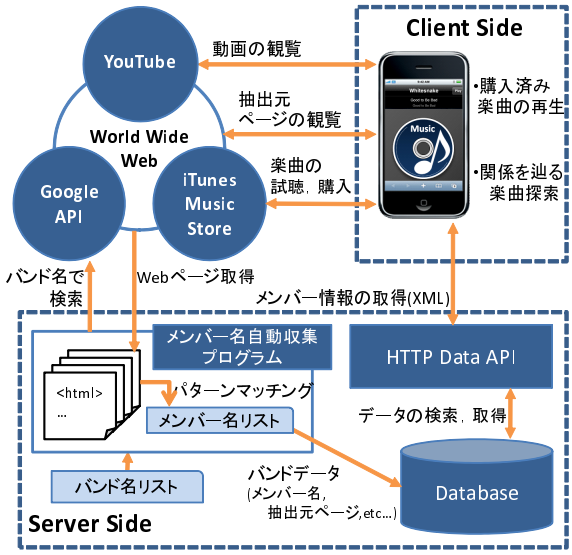


図 2. BandNavi の全体像

3.1 実現上の問題点

BandNavi を実現するためにはいくつかの課題や問題点が考えられる．

問題点 1:ミュージシャンの関係の辿り方

ミュージシャンとバンド間のネットワークを辿るインターフェースが問題となる．メンバーチェンジが繰り返されたことにより，40 人を超えるミュージシャンが一つのバンドに参加した経験を持つ場合もある．そのため，単純にバンドやメンバーの関係をネットワーク状に表示すると非常に煩雑になってしまう．このとき，ゲストミュージシャン等は参加したバンドとの関係が比較的弱いと定義することはできるが，そのような情報こそユーザが重要視することも考えられるため，単純に弱い関係性を除外することはできない．

問題点 2:メンバー情報の入手の難しさ

多くのバンドに関して，現在のメンバーだけでなく，過去に在籍したメンバーや，ゲストミュージシャン，プロデューサー，作曲者など，バンドに関わった全ての人物の情報を集約しているデータが存在しない．Wikipedia や MusicBrainz[2] 等の Web サイトやサービスでは，有名なバンドに関しては詳しいメンバーの情報が書き込まれているが，バンドによってはメンバーの情報が存在しないことがある．また，このようなサイトから得られる情報は，正式に参加したメンバーのみの場合が大多数で，本研究で目的とするゲストミュージシャンを含む，様々な人物の関係による楽曲探索を実現する上では不十分である．

3.2 問題点に対する解決法

本研究では，上記の問題点を Web マイニングを用いることで解決する．

①Web マイニングよるメンバーの重要度の計算

Google の検索 API を利用し集めたバンドの Web ページにおいて，ミュージシャン名の出現頻度をその人物のバンド中での重要度と捉え，その重要度に基づきメンバー名やバンド名をリストの形式で提示する．例えば，バンドに長期間所属し，Web ページ上で何度も言及される人物はリストの上位に表示され，ゲスト等で一度のみ共演し，少数のページのみで言及される人物はリストの下位に表示されるようにする．これにより，多くのミュージシャンが参加したバンドでも，各々のミュージシャンとバンドとの関係性の強さを考慮しつつネットワークを辿ることが可能になる．

②メンバー名の自動収集と修正システム

バンドに関して収集した Web ページ中から，パターンマッチングを用いることにより自動的にバンドに参加したミュージシャン名を抽出する．また，Web マイニングで間違って抽出してしまった情報はユーザが修正できるようにし，同姓同名や表記のゆれ等，自動では解決が困難な問題を各々のバンドに詳しいユーザやファンの手に委ねる．この際，どの Web ページのどの部分から名前を抽出したかを提示する等により，ユーザの情報修正の支援をおこなう．また，特定のバンドの曲を繰り返し試聴しているユーザは，そのバンドのファンと認識して，システム側から情報の入力や修正を依頼する．

4 実装とインターフェース

バンドのメンバー情報を Web から自動収集することでデータベースを構築し，iPhone 上に BandNavi を実装した．メンバー情報の収集対象のバンドはレコード会社のホームページに掲載されヘヴィメタルのジャンルに分類される 354 バンドとし，3508 人のミュージシャン名を収集した．BandNavi には，①ナビゲーション機能（3.1 節）②メディアアクセス機能（3.2 節）に加え，③抽出情報確認機能（3.3 節）の 3 つの機能がある（図 3）．

4.1 ナビゲーション機能

バンドメンバーのリストと，ミュージシャンが参加したバンドのリストを交互に表示することでミュージシャンとバンドの関係を次々と辿ることができる．

図 3. BandNavi の操作画面

まず，ユーザがBandNaviで楽曲を再生すると，その楽曲のバンド名がサーバーに自動的に送信され，バンドのメンバーリストが表示される（図3.a）．次に，図3.aで，ミュージシャン名をタップすると，その人物が他に参加したバンドのリストが表示される（図3.b）．さらに，図3.bでバンド名をタップすると，再度サーバーとの通信がおこなわれ，そのバンドのメンバーリストが表示される（図3.d）．

重要度による並び換え

バンドメンバーのリスト（図3.a, d）は，バンドごとに集めたWebページ中での出現頻度が大きい順にソートされ，メンバーである可能性が高いミュージシャン名ほどリストの上位に表示される．また，参加バンドのリスト（図3.b）も，ミュージシャン名がどのバンドのWebページ中に多く出現するかによりソートされ，そのミュージシャンが参加した可能性の高いバンドが上位に表示される．

担当楽器の表示

ミュージシャン名の下部にその人物と共にWebページに出現する楽器名が表示され，さらに最も多く担当していると思われる楽器がアイコンとして名前の左側に表示される．

iPhone内の楽曲検索支援

参加バンドのリスト画面（図3.b）で，表示されたバンドの楽曲がiPhone内に存在する場合，バンド名の右側に再生マークのボタン（図3.A）が表示される．このボタンをタップすると，そのバンドのiPhone内の楽曲の一覧が表示される（図3.c）．これによりユーザは，iPhone内の楽曲を次々と再生しながら新しいバンドを探索することができる．

4.2 メディアアクセス機能

新しく知ったバンドの動画の視聴や，楽曲の購入ができる．参加バンドのリストの画面（図3.b）で，バンド名の右横にあるボタン（図3.A）をタップすると「Search In YouTube」,「Search In iTunes Store」というオプションが表示される（図3.e）．ここから，バンドと関連があるYouTubeの動画をBandNavi内で視聴することができる（図3.g）．また，動画の視聴等により実際にバンドの楽曲が欲しいと思った場合は，iTunes Music Storeにて，楽曲の試聴や購入をおこなうことができる（図3.f）．

4.3 抽出情報確認機能

メンバー名の自動収集の際にミュージシャン名を抽出したWebページを観覧することで，ミュージシャンとバンドの関係が正しいかどうかを確かめることができる．バンドメンバーのリスト画面（図3.a, d）でミュージシャン名の右横にあるボタン（図3.C）から，そのミュージシャンをバンドメンバーとして抽出したURLと，抽出した部分の前後300文字程度の一覧を観覧することができる（図3.j）．さらに，表示されたリストのURLをタップすると，そのWebページを観覧することができる（図3.i）．現時点の機能としては情報の確認のみだが，今後情報の修正機能の実現も目指している．

5 メンバー名の自動収集手法

BandNaviで使用するメンバーの情報はGoogleの検索APIとパターンマッチングにより Web上から自動的に収集する．メンバー名の収集処理は図4に示すように①Webページ収集部（4.1節），②ミュージシャン名抽出部（4.2節），③メンバー名フィルタリング部（4.3節）の三つの部位から成る．

5.1 Webページ収集部

まず，Googleの検索APIを用いてバンドと関係が深いWebページを収集する．Bというバンド名のメンバーを抽出するとき,「”B” + band + members」というクエリで検索し，検索結果の上位50件を取得する．さらにテキストを解析する前処理として，取得したWebページのHTMLタグを全て取り除く．

5.2 ミュージシャン名抽出部

取得したWebページから，楽器名とのパターンマッチングをおこなうことでミュージシャン名を抽出する．ミュージシャンは「Tommy Aldridge (Drums)」といったように，その人物が担当するパートや楽器名と特定のパターンで記述されることが多い．そこで，次の三種類のパターンにマッチする文字列をミュージシャン名と判定し抽出する．

A） Role Musician

B） Musician (*Instrument*)

C） Musician - *Instrument*

この時，*は改行を含まない任意の20以内の文字で，InstrumentにはGuitarやDrumsなどの主にロックバンドで演奏される楽器名に加え，Saxophoneや Tromboneなどのビッグバンドで演奏される楽器名，Turntableなどのミクスチャーバンドで使用される機材名が入る．また Roleには Guitaristや Drummer，Producer，Composerなどの役名が入る．さらに，Musicianは先頭文字が大文字の2から4単語で，アルファベット，ピリオド（ . ），シングルクォーテート（ ’ ），ダブルクォーテート（ ” ），ハイフン（ - ）で構成される文字列である．

名前を抽出する際，メンバー名フィルタリング部で利用する目的で，抽出されたミュージシャンの名前，抽出元ページのURL，ページ中の位置（文字

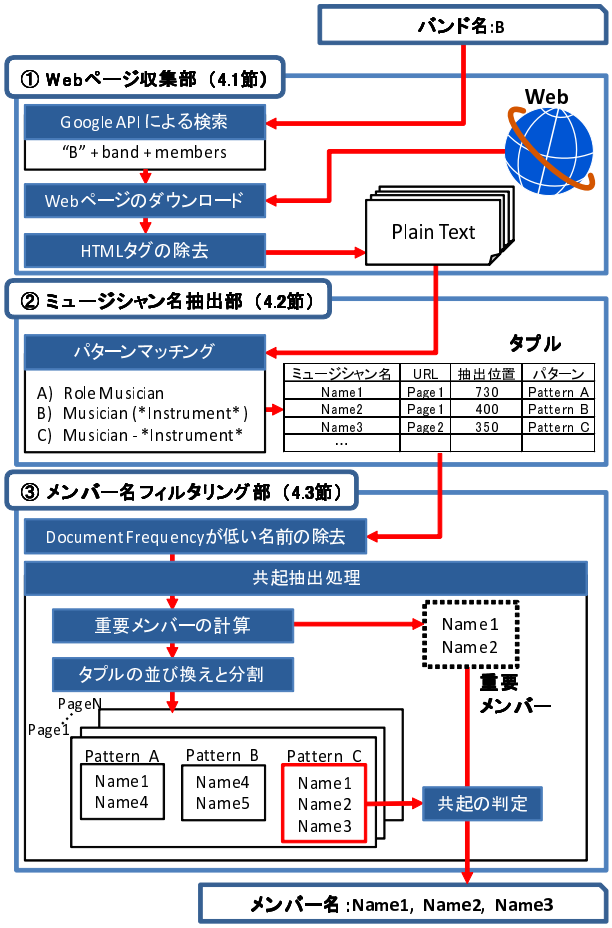


図 4. メンバー名収集処理の流れ

数），抽出パターンの種類（A，B，C），の四つの情報の組み合わせをタプルとして全て保存する．

5.3 メンバー名フィルタリング部

誤ってパターンにマッチした文字列や，文章中に話題に出てきたが実際にはバンドメンバーでないミュージシャン名を除去する．ここでは，メンバーである可能性が十分に低いと考えられる名前を除去後，同じバンドのメンバー名は Web ページ中の近い位置に同じ形式で記述されることを利用した共起抽出処理によりメンバー名を判定する．

まず，抽出した各々のミュージシャン名が，収集した Web ページ中の何ページで出現するかを表す Document Frequency（DF）を計算する．次に，全ての DF の値が 0 から 1 の値を取るように正規化し，十分に低い値に設定した閾値（th）以下の DF を持つミュージシャン名を除去する．

次に最もメンバーらしいミュージシャン名との共起の判定をおこなうことで，最終的なバンドメンバーを決定する．まず，DF の値が最も高い上位二人を，バンドメンバーである可能性が高いとみなし重要メンバーとする．次に抽出したタプルを同じ URL を持つものごとに，名前の抽出位置の文字数でソート後，抽出パターンが同じもののグループに分割する．その後，重要メンバーとした二人の名前と同じグループに所属する名前をバンドのメンバー名として判定する．例えば図 4.③で，重要メンバーを Name1 と Name2 とした場合，新たにメンバーとして抽出されるものは，Name1 と Name2 と同じグループに所属している Name3 で，Name4，Name5 は除去される．

6 メンバー名表示方法の評価実験

メンバー名の自動収集手法では Web 上のデータを利用するため，時には間違ったメンバー名も収集してしまう．この問題に対処するために BandNavi では，Web ページ中での出現頻度が高い名前ほどメンバーらしいと判断してリストの上位に表示する．リストの上位の名前は最初に表示され目に留まりやすいため，上位に正しいメンバー名が表示されることで，そのバンドに詳しくないユーザでも正しいバンドとミュージシャンのつながりを辿ることができると考えられる．

そこで，メンバー名の出現頻度を考慮することで，より正確なメンバー名を上位に表示できるかを評価した．評価の対象としてデータベースの構築に利用した 354 バンド中からランダムに 50 バンドを選んだ．また正解データとして，選んだ 50 バンドに対し，メンバー名や参加したゲストミュージシャン名をバンドの公式ホームページや，様々な音楽の Web ページから手作業で収集し，最後にヘヴィメタルの専門家が確認した．評価の基準には再現率，適合率を用い，①自動収集した全ての人物で考えた場合，②出現頻度が高い表示上位 10 人で考えた場合，③表示上位 5 人で考えた場合を比較した．

実験の結果，出現頻度を利用することで正しいメンバー名をリストのより上位に表示できることが分かった．実験の結果を表 1 に示す．まず，自動収集全体の場合，再現率が 0.703，適合率が 0.744 となり，実際に参加したミュージシャンの約 70%が収集でき，メンバーであると判定した名前の約 74%が実際にバンドに参加したミュージシャンであることがわかった．このとき，出現頻度が高い表示上位 10 人を考えると適合率が 0.810 と上昇し，出現頻度が高い表示上位 5 人で考えると適合率が 0.860 とさらに上昇することがわかった．

表 1. 実験結果

	再現率 (R)	適合率 (R)
①自動収集全体	0.703	0.744
②表示上位 10 人	0.524	0.810
③表示上位 5 人	0.313	0.860

7　まとめと展望

本研究では，楽曲の試聴と同時に，ミュージシャンの関係を利用したバンドの探索が可能な音楽プレイヤー BandNavi を iPhone 上に実装した．実装にあたり，メンバー名の自動収集手法を用いることで，レコード会社のホームページに掲載されている 354 バンドに参加したメンバーの情報を Web 上から収集した．さらに, バンドに参加したミュージシャンのリストと，ミュージシャンが参加したバンドのリストを交互に表示するインターフェースにより，関係を次々と辿ることを可能とした．

現在，BandNavi はロックやポップスのジャンルを含む約 3000 バンドの情報を利用できる状態で公開中である．今後は，ユーザのフィードバックを得るなどして，システムの有効性の検証をおこなってゆく予定である．また，間違ったメンバーの情報を多人数のユーザの参加により修正するシステムの構築もおこなう．

現在のシステムでは，弱い関係性でも辿ることを可能にするためにリストによる詳細なつながりの表示をおこなっているが，このリストの表示と並行して，複数のバンドの大局的な関係をネットワーク状に表示することも考えている．

さらに，将来的に情報修正システムの運用により精度の高いメンバー情報の収集が実現すれば，バンドとミュージシャンの関係を表すネットワークを，ハブや中心性を分析するといった研究に利用していくことも考えていきたい．

参考文献

[1] M. Goto and T. Goto. Musicream: New Music Playback Interface for Streaming, Sticking, Sorting, and Recalling Musical Pieces. In *Proceedings of the 6th International Conference on Music Information Retrieval*, pp. 404–411, 2005.

[2] MusicBrainz. http://musicbrainz.org.

[3] U. Shardanand and P. Maes. Social Information Filtering Algorithms for Automating “ Word of Mouth ”. In *Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems*, pp. 210–217, 1995.

[4] SPYSEE. http://spysee.jp/.

[5] R. van Gulik, F. Vignoli, and H. van de Wetering. Mapping music in the palm of your hand, explore and discover your collection. In *Proceedings of 5th International Conference on Music Information Retrieval*, pp. 409–414, 2004.

未来ビジョン

自分が知らない名曲を聴きたいと思った時，音楽に詳しい人に相談することは一つの方法である．しかし，この BandNavi が本当に完成した時は，誰でも音楽の専門家のような知識を利用してバンドや楽曲を探すことができる．

BandNavi は究極的にはミュージシャンがバンドの演奏に参加した時の経緯や，裏話などのエピソードがわかるような機能の実現を目指している．例えば，日本のバンド B’z とアメリカのミュージシャン Billy Sheehan は実は関係があるが，このとき「ハードロックバンド Mr.Big の Billy Sheehan がサポートメンバーに加わり，アルバム Brotherhood では B’z の松本と Billy のソロバトルが楽しめる」といった内容を知ることができる．このような深い知識は，今まで音楽マニアのものであったが，Web マイニングやユーザの投稿により情報を集積することで，全ての人がその知識を手軽に利用することが可能になると考えている．

BandNavi は現在流行っている音楽や，今後活躍が期待される新人バンドを見つけることは出来ないが，自分が本当に良いと感じるバンドを探すことができる．様々なバンドやミュージシャンに詳しい音楽マニアが新しい楽曲を探したり選んだりするときは，楽曲やバンドの人気ではなく，楽曲にどのミュージシャンが参加したかなどの関係性を利用して探すという方法がしばしばとられる．BandNavi は音楽マニアが本当に良い曲を探すときに使う方法に着目したシステムである．

本研究では背景情報の関係性に基づいてものを探すというものの新しい探し方を提案する．この探し方を Relational Background Search（RBS）と名付けることにした．その音楽への適用例が，バンドの背景情報である参加したミュージシャンの関係で楽曲を探す BandNavi である．

現代の大量消費社会で，人気や流行に従ってものを探しても本当に自分が良いと思うものは見つかりづらい．しかし，逆に自分が良いと思うものと深い関係があったら，それはユーザにとって有益である可能性が高い．この研究により提案した RBS の有効性を示し，小説の挿絵を書いている人が好きだからとか，いつも食べている野菜の生産者が信頼できるからといった理由で，ユーザ自身が納得するものを見つけることができる未来を切り開きたい．

ご近所知るえっと―身近な他人との緩やかなコミュニケーション支援―

Neighbors' Shadow: Moderate Communication with Familiar Strangers

中森　玲奈　　青木　貴司　　椎尾　一郎

Summary.　比較的大きな規模の学校，職場，集合住宅などでは，同じコミュニティに属し，同じ建物で生活していても，階ごと部屋ごとの隔たりや，生活時間帯の違いで，周囲に暮らしているのに知らない人は多く存在する．我々は，エレベーターを待つ人の影を取得し，これをスクリーンに投影し，影を自動でアニメーションさせる事によって，身近に暮らす人々への気づきと，緩やかな繋がりを支援するシステム「ご近所知るえっと」を提案，制作した．そして，本システムを学内のエレベータホールに設置し，学生や教職員を対象に評価実験を行った．これにより，新しいコミュニケーションの形が生まれるのではないかと考えた．

1　はじめに

比較的大きな規模の学校，職場，集合住宅などでは，同じコミュニティに属し，同じ建物で生活していても，隣の部屋に誰がいるのか，ほとんど知らないことは多い．また，同じコミュニティの人と，何かのきっかけで一度仲良くなっても，再び会う事がなかなか無いような人も存在する．このように，日々の生活において，顔は見かけた事はあるが話したことのないような，身近に暮らしている他人は誰しも多く存在する．これを社会心理学者のスタンレー・ミルグラムは，ファミリア・ストレンジャーと呼んだ [5]．我々は，これらの身近な他人同士を緩やかに繋げる事が出来れば，新しいコミュニケーションの形が生まれるのではないかと考えた．

2　背景

2.1　身近な他人との緩やかな繋がりの必要性

現代の暮らしの中では，同じコミュニティに属するファミリア・ストレンジャー同士であっても，互いに知らぬふりをする場合は多い．こうして，それぞれのプライバシーを守り，互いに干渉し合わず気楽に生きる風潮がある．集合住宅，オフィスビルが一般的な現代では，これを増長するように，同じコミュニティに属する大勢の人々が複数階に股がり，同じ階でも多くの部屋に分かれて生活している．このような，階ごと部屋ごとの隔たりや，生活時間帯の違いにより，周囲に暮らしているのに，存在を知らない人が多く存在する．しかし，このような事が潜在的な原因となり，周囲との交流の希薄さから起こるトラブルも多く見られる．

最近では，児童虐待や老人の孤独死など，ご近所コミュニティの希薄さから，身近に起こるトラブルの発見が遅れる事は社会問題となっている．例えば，２０１０年に大阪市のマンションで発生した二児遺棄事件では，このような事態に対して現場のマンション住人が，事件の遠因となった希薄な人間関係を見直し，互いに交流を呼びかけ，定期的に会合を開く動きが始まっている．

また，集合住宅では足音などの生活音が近所迷惑となる事が多いが，住まいの中の音トラブルは，入居者間のコミュニケーションがあれば減るという調査報告 [4] がある．そして，[4] の調査報告によると，マンション内の入居者間での円滑なコミュニケーションを実現するためには，きっかけを提供する交流の場が必要であるという．

一方オフィスでは，間取りや階の隔たりが，人の交流を妨げるとして改善され始めている．部署内や部署間の連帯を活発にするため，コミュニケーションの取りやすい間取りの試行錯誤がされている．例えば，職種ごとに部屋やエリアを割り当てない方法のオフィス形態の，ノンテリトリアル・オフィスなどが試されている．

このような，集合住宅やオフィスでの動向から，身近な他人同士を緩やかに繋げる事と，そのきっかけを生む交流の場の必要性は，近年増々高まっていると言える．

2.2　交流の場の提供方法

コミュニケーションのきっかけを提供する交流の場としては，

- 交流イベントを催す
- 談話室を設ける
- 間仕切りをなくして間取りを改善する

など，様々な対策が考えられる．しかし，これら従来の方法は，手間，煩わしさ，日常的でないなどの面で問題点がある．

Copyright is held by the author(s).

Reina Nakamori and Itiro Siio, お茶の水女子大学, Takashi Aoki, 東京大学

まず，交流イベントは，催しの楽しさがコミュニケーションの気軽さを高めており，有効な手段である．実際，[4] の調査報告では，入居者間でコミュニケーションを取れるようになる為のきっかけに必要なものとして，マンション全体での交流イベントを上げた人は６５．７%に上る．しかし，交流イベントは常時行われるものではなく，主催者が率先して準備を進める必要があり，手間が掛かる．次に，談話室は常時開かれている場所ではあるが，利用者が自由にその場を使用するだけあり，更なる交流のきっかけが必要である．

また，このような交流イベントや談話室でイベントを設けて，利用者同士がいきなり会話をしなくてはならない状況にしてしまうと，抵抗を覚える人もいる．人は，社会学者のゴッフマンが言う「回避儀礼」のような，あえてお互い無視をして距離を置き，それぞれのパーソナルスペースをとるという行為を自然に行っている．人はむやみに，自分を周囲に知られるような事態には抵抗感を覚えるものである [2]．コミュニケーションのきっかけを作るために，積極的に人々の存在や情報を提供する事は，人によっては，煩わしさを感じさせてしまうこともある．

また，間取りを改善するように環境を変える事は大掛かりであり，オフィスでは可能だが，居住空間では難しい．

そこで我々は，日常空間でプライバシーを保ったまま，煩わしくなく周囲の情報を人に知らせ，気軽なコミュニケーションのきっかけを生む場所を作りたいと考えた．本研究では，身近に暮らす人々の存在をアンビエントに提示することで，緩やかな繋がりを支援し，周囲に親近感を得る事が出来るシステム「ご近所知るえっと」を提案する．

3　ご近所知るえっと

3.1　システム概要

本研究は，学校，職場，集合住宅のような多くの人々が同じ建物内で生活するコミュニティを対象とし，建物のエントランス，廊下，エレベータホールなど，コミュニティの人々が日々利用する場所を設置場所に想定している．また，利用者がむやみに周囲に知られて抵抗感を覚えるシステムとならないよう配慮した．そこで，個人は特定できないものの，個々の差が出る個人の表現として影と服装の色を利用する．

具体的には，これらの場所を通る利用者の姿を，影として表現し，壁に一定時間自動アニメーションさせ表示することで，コミュニティに属する他人の存在を視覚化する．これらによって，利用者に他人の存在への興味を自然にわかせ，身近に暮らす人々を緩やかに繋げる，柔らかな場を作り出す．

今回は，大学生，大学院生，教職員のコミュニケーション支援を目的に，大学の教室と研究室が入居する６階建の建物のエレベータホールを対象とし，ここでのエレベータの待ち時間を利用して眺めるシステムを作成した．

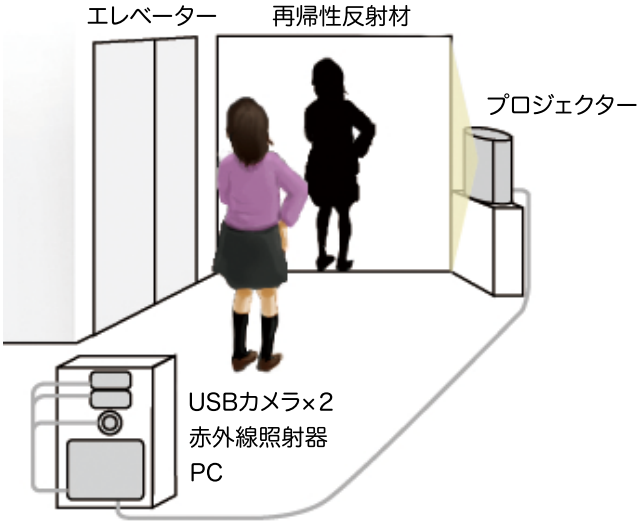


図 1. 本システムの概要

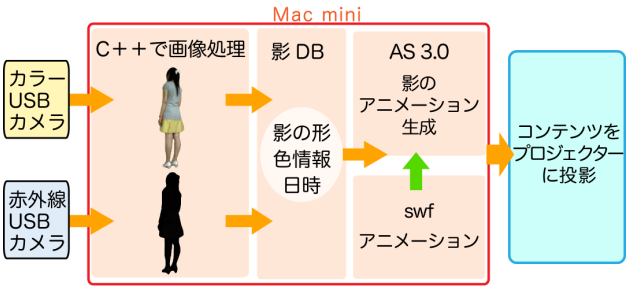


図 2. 本システムの処理の流れ

本システムの概要を図 1 に示す．エレベータ脇に再帰性反射材の布と，近接プロジェクターを設置した．また，これらの向かい側に，赤外線照射器，赤外線カメラ，カラーカメラ，PC を設置している．再帰性反射材に赤外線を当て，赤外線カメラを通して見ることにより，反射材の前に並んだ人の姿を黒い影として捉えることができる．再帰性反射材はプロジェクション用のスクリーンとしても用いている．本システムの処理の流れを図 2 に示す．影の取得とその二値化などの処理は，OpenCV ライブラリを利用した C++プログラムで行い，その結果を用いて，Adobe FlashCS4 によりアニメーションを生成している．

3.2　インタラクションの流れ

利用者がエレベータ前に歩いてきて，エレベータ脇に設置したスクリーンの前を通過すると，スクリーンに等身大の影が半透明で表示される．次に，

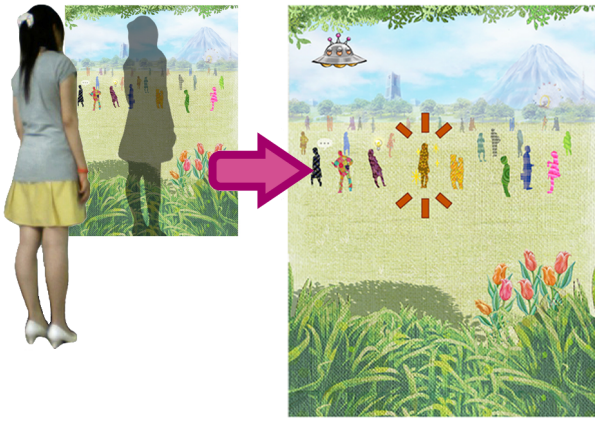


図 3. 本システムが提示する画面例

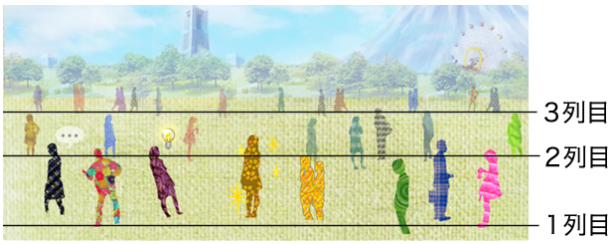


図 4. 履歴表示の画面例

エレベータ前に並んで静止すると，スクリーンに表示された等身大の影は徐々に濃くなり，静止したまま２秒間経つと，影が実体化してシャッターが切られる．すると，等身大で表示されていた影に，利用者の服装の色を反映した影の色のテクスチャが貼られ，小さくなって，後に記述する画面上のフィールドに落ちる．フィールドに取り込まれた影は，自動で心地よく楽しげなアニメーションを様々に行う．この画面例を図３に示す．

画面には，公園のような芝生と緑に溢れた，青空で開放感のある場所が描かれている．これは，屋内に生活していると屋外を感じたくなるという，建物の利用者である学生達の意見を参考にし，決定した．画面には奥行きがあり，画面手前には草花や木漏れ日と，遠景にはビル郡や遊園地，公園のような森が広がっている．画面には時折 UFO や遊園地のコーヒーカップなどが現れ，楽しげなハプニングを起こす．また，画面手前の風景や時折現れるオブジェクトは，平面的に見える影に合わせる為，キャンバス地のテクスチャを用いたり，太い輪郭を施したりして，平面感を出し画面の統一を図った．

画面上には，前述のようにして取り込まれた影の他に，過去数時間に撮影された他人の影も，同時に表示されている．過去に撮影された他人の影は，画面上で３列に分かれており，１列８人まで，合計で最大２４人表示されている．また，撮影された時間が古い影ほど，より画面の奥の列に小さく半透明に

図 5. ハプニングアニメーションの画面例１

図 6. ハプニングアニメーションの画面例２

表示される．この画面例を図４に示す．この列は，１列８人までの定員を超えるか，１時間経つと自動で影が後ろの列へ繰り上がる．これにより，過去数時間の人の流れ（混雑状況）も直感的に知ることが出来る．これらを待ち時間に眺めることで，エレベータを利用する周囲に暮らす他人の存在を知ることができる．

影のアニメーションには２種類あり，常時行う単独で歩行するなどの通常動作アニメーションと，自分と他人の影の複数人が共に行う１０秒程度のハプニングアニメーションを作成した．ハプニングアニメーションについては，自分と過去１時間以内に撮影された最大７人までの他人の影が共にアニメーションする．この画面例を図５，図６に示す．例えば，図５に示すように，自分と他人の影が，コーヒーカップに一緒に乗り，ハートのエフェクトが出る．または，図６に示すように，最前列の最大８人の自分や他人の影のうち，１人がライオンに乗り，他の影達を画面の端まで追いかけたり，反対に他の影達にライオンと背に乗った１人の影が追いかけられたりする．このような，コミカルなハプニングを画面上で起こす事により，自然と周囲に興味を湧かせ，複数人でいる時は会話のきっかけとなる事を狙った．

3.3 インタラクション時間の設定

前節で，シャッターを切るまでの利用者の静止時間を２秒とし，ハプニングアニメーションの再生時間については１０秒程度とした．これらインタラクションを行う時間の設計のために，お茶の水大学理学部３号館で建物を利用する学生や教員を対象に，エレベータ前の人の行動を１２時間に渡って，ビデ

	1	2	3	4	5
スクリーン上のアニメーションは楽しさを感じたか？	全く思わない ⟷				とても思う
		2		6	10
自分の影を取られる事に対して	とても不快 ⟷				全く気にしない
		1	2	2	13
影の保存期間について、どのくらいまでなら良いか？	数時間	数日	数週間	数ヶ月	気にしない
	5	7	1	1	4
これを利用する事で、周囲に暮らす他人にも何となく興味が湧くか？	全く思わない ⟷				とても思う
	3	2	5	7	1
影を見る事でどんな人かなんとなく想像できたか？	全くできなかった	容姿を想像	振る舞いを想像	特定の誰かを想像	
	6	6	6		
話したいけど話した事のない人との、コミュニケーションのきっかけになると思うか？	全く思わない ⟷				とても思う
		5	6	4	3

図 7. アンケート結果：数値は人数

オ撮影して観察する予備実験を行った．この結果，エレベータの利用者は，エレベータ前で最低２秒間程度の静止をすることが観察された．それにより，エレベータ前を通過する人とエレベータの利用者を区別するため，人が２秒間静止したタイミングでシャッターを切ることにした．

またエレベータの待ち時間は，２秒から３８秒であり，平均１０．２秒であった．そこで，待ち時間中に鑑賞することを前提とした，自分と他人の複数人が絡むハプニングアニメーションについては，１０秒程度で制作することにした．

4　評価実験

4.1　実験環境

本システムをお茶の水女子大学理学部３号館の玄関階エレベータホールに，７/８，９，１２，１５，１６の５日間設置し，利用者の様子を目視で観察した．実験期間中は，理学部３号館や隣接する建物に所属する学生や教職員だけでなく，台車を持った清掃員やヘルメットを被った工事作業員など多くの利用者の影が撮影された．また，エレベーターの脇にアンケートボックスを設置し，このうち，１８～２５歳女性の１８人に回答が得られた．

図 8. 影遊びをする利用者の様子

4.2　実験結果

アンケートの結果を図７に示す．それよると，影を見る事で利用者の容姿や振る舞いを想像できると回答した人は１２人であった．また，スクリーン上のアニメーションに楽しさを感じたという人は１６人であった．利用者が様々なポーズで積極的に影を撮る姿が多く見られた事から，自分の影を取り自動アニメーションを見る行為自体が面白く．本システムの利用の気軽さを高めていると分かった．この様子を図８に示す．複数人では，友達同士で組んで影絵遊びをする利用者が見られた．中には，一日一回自分のユニークなポーズを記念的に残していく利用者の姿もあった．また，自分の影を撮られる事に不快感を感じた人は１人のみであった．影の保存期間については，数時間～数日が良いと思う人が１２人であり，全く気にしない人は４人いた．このシステムを利用する事で，周囲に暮らす他人に何となく興味が湧くと答えた人は１３人であり，７２%をしめた．また，話したいけど話した事のない人との，コミュニケーションのきっかけになると答えた人は１３人であり，同じく７２%をしめた．自由回答欄では，はしゃいでいる姿を見たり，見られたりすると，相手に親近感が湧く，などといったコメントが得られた．

その場にいない人に興味が向いた例としては，学生が友達同士で利用し，影が誰かを予測し合う姿が見られた．影の姿勢や髪型や服装から，その影が誰かを連想しながら，それぞれの友人や教職員の話題で盛り上がる場面があった．また，知り合い同士のコミュニケーションとしては，互いの影が絡むハプ

ニングアニメーションを見て会話が盛り上がる姿が多く観察された．初対面で知らない人同士の会話が発生した場面としては，友達同士の学生が，自分たちの取り込まれた影が画面のどこにいったかを探している所を，後ろから見ていた工事作業員の男性が教えてあげ，自然と会話が生まれた場面が見られた．

5 議論

5.1 個性の表現

本システムは，利用者がむやみに周囲に知られて抵抗感を覚えるシステムとならないよう，匿名性を維持した個人の表現が求められた．しかし，匿名性に重点を置き過ぎ，利用者全員の表現に違いが見られないシステムでは面白味のないものとなってしまう．このため，個性は反映するが個人は判別出来ないような情報の表現が求められた．だが，このポイントを設定する事は非常に難しい．

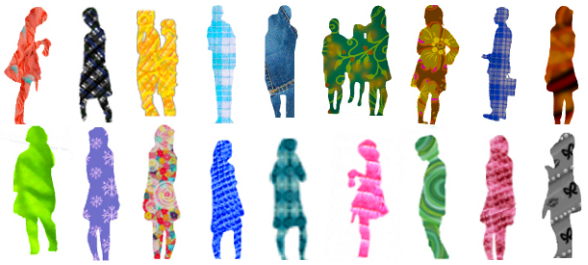


図 9. 色分けしたテクスチャの例

本システムの初期の試作では，利用者の姿の黒い影のみを提示するシステムで実施実験を行った．女性の場合，洋服や髪型により影から個性を感じ取ることが可能であったが，男性の場合は，服装や髪型が似ている場合が多く，個々の差の判定が難しかった．このため，服装の色を影のテクスチャに反映し，より影に個性を反映する現在の設計とした．このテクスチャの例を図 9 に示す．この改良で，服装の色を 7 色に分け，各色 6 パターンの服の柄をイメージした全４２種類のテクスチャを用意した．こうして個人の日々の変化や個性を画面に反映する事で，コンテンツへの飽きを防ぐ事を狙った．

5.2 インタラクションの調整

今回の評価実験で，シャッターを切るまでの，利用者の２秒間の静止時間を見直す必要があることが分かった．シャッターを切るまでの時間設定は，エレベータ前の１２時間の観察により，エレベータ前に並ぶ利用者の静止時間が２秒間であったことに基づき設定した．しかし，集団でエレベータ前に並んだ時，利用者全員がそれぞれ動くので，特に授業の開始前で人が集中する時間帯に，シャッターが作動しない場合が見られた．これを改善するため，シャッターを切るまでの時間を２秒以下に調整したり，個人と集団でシャッターを切る時間を変えるなどの工夫が必要である．

また，履歴の表示方法について，過去に撮影された他人の影が，用意された画像なのか，実際にエレベータ前に並んでいた他人の画像なのか分からないという意見があった．現在は履歴として，過去に撮影された影を３列に分けて表示をしているが，それぞれの列の脇に，各列に並ぶ影が撮影された時刻を表示することを検討している．

そして，自分と他人の複数人が絡むハプニングアニメーションについても，共にアニメーションをする他人の影が用意された画像なのか，またはいつ撮影されたものなのか分からないという意見があった．そこで，アニメーション中は，共にアニメーションする他人の影に，何分前に撮影されたのか時刻を表示する予定である．

6 関連研究

本システムと同様に，ソーシャル，アンビエント，アートの側面を持ったカジュアルな視覚化を行うシステムが多数開発されている [7]．利用者の姿や影を利用したシステムやメディアアート作品は，数多く試みられている (たとえば [1][6]．)．また，影の取得構成は，another shadow[6] などで一般的に使われている．影を用いた遠隔地同士でのコミュニケーションシステムとしては，Shadow Communication System[3] などが上げられる．本システムは，今の自分と過去に通過した他人の影を同時に提示することにより，身近な他人との緩やかなコミュニケーション支援を目的としている．

7 まとめ

本研究は、身近な他人とのコミュニケーションを実現する為に，以下の３点をコンセプトとし，システムを提案，制作した．

- 日常に設置し，誰もが気軽に利用できる
- 煩わしくない（プライバシーを守る）
- 緩やかなコミュニケーション

これらを実現する為，以下の３点を決定した．日常に設置し，誰もが気軽に利用できるようにする為，エレベータ前で待ち時間中に利用するコンテンツとした．また， 煩わしくなくプライバシーを守った個人の表現として，利用者の姿の影と，服装の色を用いた．そして，身近な他人との緩やかなコミュニケーションを実現する為に，エレベーターを待つ利用者の影をスクリーンに投影し，影を自動で楽しげにアニメーションさせ，時折自分と他人の影同士がコミカルなハプニングを起こすようなコンテンツを制作した．このようなアプローチにより，交流に自

然な雰囲気の場を作る事で，身近に暮らす他人同士を緩やかに繋げ，周囲への気づきと興味を自然に生む，新しいコミュニケーションの形を提案した．

また，実際に学内のエレベータホールに設置し，学生や教職員を対象に評価実験とアンケートを行った．アンケートの結果，周囲に暮らす他人に何となく興味が湧く，コミュニケーションのきっかけになると答えた人は，回答者の７２％であった．

今後は，長期に渡って学校のエレベータ前に設置をし，ファミリアストレンジャー同士のコミュニケーションにどのような効果が現れるのか調査をしていきたい．また，設置場所に関しても，マンションやオフィスなど，学校以外の様々な公共空間にも設置をし，利用者の反応やコミュニケーションの違いについても調査をしていきたい．

謝辞

本研究の制作に関して，アニメーションプログラムの補助を担当してくれた，明治大学の立花圭氏に深く感謝する．

参考文献

[1] K. Fukuchi, S. Mertens, and E. Tannenbaum. EffecTV: a real-time software video effect processor for entertainment. *ICEC 2004*, (LNCS 3166):602–605, sep 2004.

[2] E. ゴッフマン．集まりの構造-新しい日常行動論を求めて (ゴッフマンの社会学 4)．誠信書房, dec 1980. (邦訳：丸木 恵祐 , 本名 信行, 誠信書房).

[3] 飯田公司，田部井保朋，西島宏輔，三輪敬之. Shadow Communication System―影による仮想人物の表現とそのドラマ的コミュニケーション空間への活用―. ヒューマンインタフェースシンポジウム論文集, (1345-0794):ROMBUNNO.1343, nov 2008.

[4] 株式会社リブランひと住文化研究所. マンション内コミュニケーションと音トラブルに関する意識調査, 2007. http://www.livlan.com/group/pdf/kenkyusyo070226.pdf.

[5] S. Milgram. *The individual in a social world: essays and experiments(Paperback)*. McGraw-Hill, Jan. 1 1992.

[6] 緒方壽人, 五十嵐健夫. another shadow, 2009.

[7] Z. Pousman, J. T. Stasko, and M. Mateas. Casual Information Visualization: Depictions of Data in Everyday Life. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, pp. 1145–1152, dec 2007.

未来ビジョン

本研究の制作の動機として，美術大学学部時代での，小学生との図画工作ワークショップサークルでの経験がある．小学生と大学生が活動を共にする事で，見知らぬ歳も性別も違う１００人が，一日で仲良くなれた経験である．そこで感じたのは，人とのコミュニケーションの壁を低くする，遊びの力であった．そして，このような特別な場所を日常生活にも作りたいと考えた．その第一歩として，本システムの制作がある．

我々は日常生活で身近な他人を無視する事は多い．なぜなら，相手の得体が知れないからである．しかし，一度でも相手の素の姿を知るきっかけがあれば，途端に相手は避けるべき怖い存在ではなくなる．これは，隣人だけの問題ではなく，人種や国籍に共通する問題である．

本システムの実施実験の際，本システムの利用者の韓国人留学生が楽しそうに，これを国境に置けば，戦争はなくなる，と言った．我々は普段，得体の知れなさによって，人付き合いの食わず嫌いをしてしまう．しかし，一度でも打ち解ける場があり，相手の姿を知る機会が世の中に増えれば，世界はもっと楽しく広がり，平和で気軽なものとなるだろう．

また，人が打ち解けるきっかけを生む場として，前述の遊びの要素だけでなく，芸術にも大きな力があると感じている．どちらの楽しさも，老若男女関わらず，万国共通で共有できるものである．芸術は，人の目を楽しませ，心地よい空間を作ることができる．

これまで芸術は特別な場にあるものであった．パブリックアートに見られるように，芸術は屋外に飛び出しているが，それでもアート作品が設置された場所は近寄りづらく，まだまだ特別な場所となっている．コミュニケーションを題材としたメディアアートは未だ多くが美術館にあり，芸術と遊びが融合したワークショップも，わざわざ足を運びに行かなければならない場所である．

これからの芸術が，もっと生活の場に入り込めば，身近な場所で人を楽しませ，人を繋ぐものに出来るだろう．そして，本システムのような，気軽に周囲と繋がる事の出来る空間を増やしていく事によって，性別や年齢や国籍関係なく，誰もが自然と笑顔になる未来を作りたい．そうする事で，本当の意味で人々のネットワークが広がり，心に隔たりのない居心地の良い世界を創造出来ると信じている．

ネタバレ防止ブラウザの実現

Realization of a browser to filter spoilers dynamically

中村 聡史*

Summary. スポーツの試合を録画して後で視聴することを楽しみにしていたり，映画や小説を観たり読んだりすることを楽しみにしているユーザにとって，Web 上で遭遇してしまう試合結果や小説の結末などのネタバレ情報は，楽しみを減退させる忌むべきものである．本稿では，こうしたネタバレを防止するためのフィルタリング手法を実現し，その有効性について議論を行った．

1 はじめに

情報通信技術の発展により，日本に住んでいる人が自宅に居ながらにして，日本から遠く離れた南アフリカで開催されているサッカーワールドカップの日本代表の試合をリアルタイムでテレビ観戦したり，ツール・ド・フランスのレースなどの様子をテレビで観戦したり，アメリカンフットボールの試合結果や F1 のレース結果などをニュースサイトにアクセスして情報を閲覧したりすることが可能となっている．また，マイナーなイベントに関する情報であっても，Web2.0 技術の広まりによって誰でも手軽にウェブ上で情報発信できるようになったことで，結果などを収集することが可能となってきている．

一方，そうしたスポーツイベントをテレビ視聴しようと思っても，その中継時間に仕事や用事などの別件がある場合，録画しておき，後にビデオで視聴するのが一般的である．また，放送局の都合等により，生中継されずに録画配信されることも多い．ここで，スポーツの試合はシナリオがないものであるため，その試合を視聴する前に結果を知ってしまうと，そのコンテンツ自体の面白みは激減してしまう．そのため，こうした録画した試合を後で視聴することを楽しみにしているユーザの多くは，試合結果に関する情報（ネタバレ情報）に触れないようにするため，積極的に情報遮断を行っている．なお，結果情報に触れてネタバレすることによって，ユーザの面白さを低減させるのはスポーツの試合結果に限った話ではなく，映画や小説，ゲームの結末や，ミステリードラマの犯人の名前など様々である．

ユーザが一般的に Web 上でネタバレ情報に遭遇するシチュエーションとしては以下のような状況があげられる．

ハイパーリンクのアンカーテキストが，その先のコンテンツがネタバレ情報であることを明記しておらず，気づかずにそのコンテンツにアクセスし，結果を知ってしまう．

ポータルサイトなどのトップページなどでは，すべての記事が短いタイトルで一覧化されているため，スポーツの結果など速報的なネタバレ情報が目に入ってしまう．

ニュースサイトやブログサイトなどで，あるコンテンツのサイドバーに新着記事として試合結果などのネタバレ情報が表示され，意図せずネタバレに遭遇してしまう．

速報性の高いニュースも一般検索の検索対象となっているため，ウェブ検索を行った際に，検索結果の上位に試合結果などが表示され，ネタバレ情報が目に入ってしまう．

SNS や掲示板，Twitter など対話を楽しむサービスにおいて，無関係な対話を楽しんでいたのだが，他者が良かれと思ってまたは悪意をもってネタバレ情報を漏らしてしまう．

本研究では，こうしたネタバレ情報をブラウザ上で動的にフィルタリングする手法を実現する．なお，本稿では，スポーツの試合結果のネタバレにのみ注目する．

2 ネタバレ情報のフィルタリング

ポータルサイト，検索サービス，コミュニケーションサービスなどにおいて，ネタバレ情報は良かれと思って提示されているものであり，情報遮断を行っていないユーザにとっては価値の高いものであることが多い．一方，そうした情報は，その情報遮断を行っていたユーザが，情報遮断を行っていないときには積極的に集めたい情報であることも多い．例えば，ワールドカップで日本代表を応援しており，その録画映像を楽しむまで情報遮断をしていたユーザは，そのコンテンツを視聴して日本代表が勝利したことを楽しむと，その楽しみおよび喜びを増幅させるため，ニュースサイトなどを巡回して積極的にそうした情報を収集するであろう．つまり，常時コン

Copyright is held by the author(s).

* Satoshi Nakamura, 京都大学大学院 情報学研究科

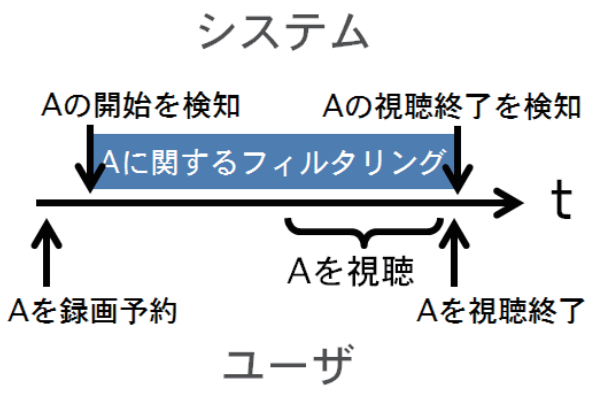


図 1. システムとユーザの振る舞い

テンツをフィルタリングすることが望まれているわけではなく，一時的な情報フィルタリングが必要とされているといえる．

我々は過去の研究において，ユーザの興味に基づくネタバレ情報の動的なフィルタリングを可能とすることを目的として，ローカルプロキシによってネタバレ情報をユーザから隠す時間ベースでのコンテンツフィルタリング手法を提案してきた [1]．この研究では，ユーザが情報を遮断する対象と設定したコンテンツ（遮断対象コンテンツ）が開始されてから，そのコンテンツ自体をユーザが楽しみ終わるまでをフィルタリング期間とするものである．つまり，スポーツの試合の場合は，試合が開始されてから，録画した試合を視聴し終わるまでがフィルタリング期間の対象となる（図 1）．

ここで，遮断対象コンテンツ関係の情報であっても，発信された日時が遮断対象コンテンツ開始前であれば，それはただ単にその対象に対する基礎情報であったり，内容の予想であったりと，結果を含んでいるということはありえない．例えば，筋書きのないスポーツの試合において，試合前に結果を知っているということはありえないし，本の発売前に一般の読者がその内容を知ることはできない．そのため，ここで遮断対象となる結果情報は，遮断対象コンテンツ開始後のもののみとする．

[1] では，ウェブコンテンツをブロックに分割し，ブロックがネタバレしているかどうかを辞書に基づき判定し，そのブロック部分のテキストと背景色を同じ色に設定することで，ネタバレ情報のフィルタリングっていた．フィルタリングされたネタバレ情報はそのままでは閲覧できないが，その部分をマウスカーソルで選択することによりテキスト部分が反転され，テキストとして読むことができるようになるというものである．なお，ブロック部分が他のコンテンツへのリンクとなっている場合は，リンク先のコンテンツを検証し，より精度の高いフィルタリングを行うというものであった．しかし，これまでのシステムはプロキシでの実装であったため動作が遅いという問題があり，またインタラクティブ性が乏しかった．

本研究ではこれまでに実現した手法を発展させ，ブラウザベースでのフィルタリングを行えるようにするものである．また，フィルタリングの視覚化について，4 つの手法を提案し，実装して比較した．

3 提案手法およびシステム

3.1 フィルタリング対象の検出

情報フィルタリングにおいて，ユーザが閲覧しようとしているコンテンツ自体が情報遮断対象の試合の開始以前に最終更新されている場合，そもそも処理を行わない．コンテンツの最終更新日が不明の場合（CGI など）や，コンテンツが情報遮断対象の試合の開始以降に更新されている場合，そのコンテンツにネタバレ情報が含まれているかどうかを検証する．テキスト部分がハイパーリンクとなっている場合，そのリンク先のコンテンツの最終更新日時を確認して，その部分のネタバレ性を検証する．

ネタバレ情報が含まれているかどうかの検証の前段階として，まずコンテンツをブロック単位で認識し，そのブロックがネタバレ情報を含んでいるかどうかで判定する．また，そのブロックから他のコンテンツへとリンクが設定されている場合には，そのリンク先のコンテンツの更新日時を取得し，その更新日時が対象イベント開始日時より古いものであればネタバレ情報でないと判定し，新しいものである場合はコンテンツ自体を取得し，そのコンテンツのネタバレ可能性について検証する．なお，ブロックの認識については，視覚的な特性を利用 [2] するものなど様々な手法が提案されているが、本研究では単純のため，タグで囲まれた範囲を 1 つのブロックとする．

ブロック単位でのネタバレの有無の検証においては，情報遮断対象を識別するためのオブジェクト名リストと，ネタバレ情報を検出するための正規表現辞書を利用する．ここで，オブジェクト名リストは，チーム名及び選手名（正式名称やニックネームなど）からなる．オブジェクト名リストを毎回用意するのは面倒なので，そのチームや選手，試合に関する各種の記述がなされたウェブページを複数指定し，システムが自動的にその中から名前情報を抽出して，その語を利用する方法も用意している．正規表現辞書の例は図 2 の通りである．また，結果を反転するための辞書も用意している（圧勝の反対は完敗，勝利の反対は敗北，優勝の反対は準優勝など）．

3.2 フィルタリングの視覚化

本研究では，フィルタリングの視覚化について，下記の 4 つの手法を提案する．

```
/[オブジェクト][助詞]*[0-9]+[ ]*[-:対][ ]*[0-9]+/
/[オブジェクト][0-9]+[ ]*[-:対][ ]*[0-9]+[助詞]*[オブジェクト]/
/[オブジェクト][助詞]*[勝利|圧勝|優勝|敗北|敗退|…]/
/[勝利|優勝|敗北|敗退|…][助詞]*[オブジェクト][助詞]*/
/[オブジェクト][助詞]*V[0-9]+/
/[オブジェクト][助詞]*[0-9]+[連勝|連敗|…]/
```

図 2. 正規表現の一例（書き言葉用）

非表示手法: 該当ブロック部分を，単純に非表示に設定する手法．ただ単にその部分が抜け落ちるだけであるため，ユーザはそのページを閲覧中に気になることは無いが，その対象がフィルタリングすべきものでなかった場合であっても，ユーザはそのコンテンツを調べることができない．また，何がフィルタリングされているかをユーザは判断することができない．

墨塗り手法: 該当部分の背景およびテキストを同じ色へ設定することで，遮断対象部分が，検閲により墨塗りされたように視覚化される手法．どこがフィルタリングされているかをユーザは把握可能．一方で，ユーザはその部分が気になってしまうと予想される．また，何がフィルタリングされているかをユーザは判断することができない．

曖昧記述変換手法: ネタバレ情報が明確に記述されている部分を，結果反転辞書と疑問形変換を利用して，勝敗をぼかしたような記述に変更する手法（「日本代表が勝利」を「日本代表が勝利したかもしれないし敗北したかも」「日本代表が勝利？」などに置換）．ユーザは，その曖昧表現を発見することで，そこに知りたい結果が書かれているかどうかを判断可能となる．一方，不自然な文章となってしまい，勝利なのか敗北なのか，どちらであるかということを，不自然度合いで判断可能となる可能性がある．

木の葉を隠すなら森の中手法: 結果反転辞書を利用して，ネタバレとして予想される情報と結果が反転したものや，類似した結果などをページ中に挿入していく手法．ユーザはどれが本当か分からなくなる．ネタバレの可能性は低くなるが，ゴミだらけになってしまい鬱陶しく感じる可能性がある．

なお，フィルタリングにおいてリンク先のコンテンツを検証する場合，その検証に時間を要するため，そうしたブロックについては一旦墨塗り手法でフィルタリングを行い，問題がないと判定されたらフィルタリングを解除し，問題があると判定された場合は指定された視覚化手法でフィルタリングを行う．

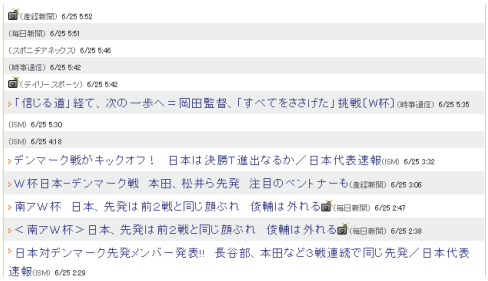


図 3. 非表示手法による Yahoo!スポーツでのフィルタリング

図 4. mixi におけるフィルタリングの例

3.3 実装

提案手法に基づき，Mozilla Firefox の拡張として JavaScript および XUL を用いてシステムを実装した．図 3 は，Yahoo!スポーツ上で，非表示手法を用いて 2010 年サッカーワールドカップの日本代表とデンマーク代表の試合についてフィルタリングを行っている様子である．

また，図 4 は同じくサッカーワールドカップに関する試合について，mixi において墨塗り手法でフィルタリングを行っている様子である．さらに，図 5 は曖昧記述変換手法を利用してフィルタリングを行っている様子であり，図 6 は木の葉を隠すなら森の中手法でフィルタリングを行っている様子である．

フィルタリング対象コンテンツの指定については，[1] において提案してきた ToDo 管理インタフェースを利用する．また，イベントを楽しんだ後には，このインタフェースにチェックを入れることで，そのイベントの終了を伝達する．

4 考察

提案及び実装したシステムをワールドカップ期間中に，ワールドカップの各試合を対象として著者お

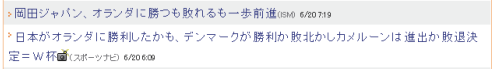


図 5. 曖昧記述変換手法でのフィルタリング

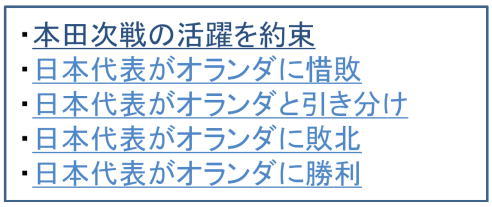


図 6. 木の葉を隠すなら森の中手法でのフィルタリング

よび実験協力者 1 名で運用を行った．

コンテンツのフィルタリング速度について，いずれの手法であっても，コンテンツ提示からフィルタリングまでが瞬時に行われるため，ストレスは感じなかった．なお，リンクされたコンテンツの更新日時を取得するため，現状では HTTP の HEAD リクエストと，そのリクエストに対する応答で返される Last-Modified というエンティティを利用している．静的コンテンツの場合は，この Last-Modified を取得することによりコンテンツの最終更新日を問題なく取得できるが，CGI などを利用して動的に生成されるコンテンツの場合，最終更新日には意味が無いことが多い．そこで，今後の拡張として，前回そのサイトをアクセスしてから，次にアクセスするまでのコンテンツの差分の有無をチェックし，その差分情報に基づきコンテンツの発信日時を推定する手法を実現する予定である．また，ニュース記事などの場合，コンテンツ自体に発信日時が記述されていることもあるため，コンテンツを分析することにより，そうした情報を取得していくことも考えている．

対象ブロックコンテンツがネタバレ対象であるかどうかについての判定について，今回の手法は辞書に登録されているキーワードがブロックに含まれていればフィルタリング対象とするという簡易的なものであった．そのため，全体のネタバレ情報のうち，どれだけ多くのネタバレ情報をフィルタリングできたかという，フィルタリングの再現率は高く，Yahoo! スポーツと mixi ニュース，朝日新聞において，用意した 108 のネタバレ情報のうち，102 のネタバレ情報を検出出来ていた（ブロックをタグ単位にしているため，テーブルタグなどで結果が表示されている場合に検出できないなどの問題もあった）．一方，108 のネタバレ情報しかないのに，142 のブロックをネタバレ情報として検出してしまうなど，余計な物をフィルタリングしてしまう適合率の面で問題があった．これは，今回の手法が再現率を重視したものであることが原因の一つである．今後は，0 または 1 で判断するのではなく，段階的に判断し，閾値で切り替えることによって，ある程度再現率を保ったまま，適合率を上昇させる予定である．

なお，ユーザの興味の度合いは対象イベントが終了してから時間が経過すれば経過するほど薄れていくものであると考えられる．長期のフィルタリングはフィルタリングの精度を低減させるものであり，ユーザにとって必ずしも有用なものであるとは言えない．そこで，対象イベントが終了してからの経過時間に基づくフィルタリングの閾値変更についても，今後考えていく予定である．

新聞社などの報道機関が発信する結果情報についてはある程度テキスト長が短くてもフィタリングはある程度精度よくできていた．一方，Twitter や掲示板サービスなどにおいて一般ユーザから発信される結果情報のフィルタリング精度は期待した程ではなかった．これは，新聞社などの報道機関が発信する情報の場合，コンテンツは書き言葉で記述されていることが多いが，Twitter などのサービスでは話し言葉で記述されることが多いためである．この問題を解決するには，フィルタリングを書き言葉用，話し言葉用と 2 つ用意し，サイトによってフィルタリング辞書を切り替えることが考えられる．なお，話し言葉らしさ，書き言葉らしさを計測する研究もなされている [3] ため，そうした技術を応用してコンテンツを自動判定することも考えられる．

今回実現した 4 つの手法のうち，非表示手法および墨塗り手法については，その表示自体が気になってしまううえ，何がフィルタリングされているかわからないという不安感があった．特に，墨塗り手法はマウスで該当部分を選択することにより結果を知ることができるが，非表示手法はそれさえも知る手段が無かったため，問題であった．一方，曖昧記述変換手法や木の葉を隠すなら森の中手法は，結果反転辞書による結果反転をあまり効率的に作成できていなかったため（図 6 参照），結局ネタバレしてしまうという問題があった．また，両手法ともにサイトによってはレイアウトが崩れてしまうという問題があった．しかし，うまく変換できた場合にはネタバレ情報の存在を示してくれるとともに，それを見た際に対象イベントへの興味が増幅されることがあり，十分可能性を秘めていると考えられる．そこで，今後は変換および挿入の精度を向上させていく予定である．

ワールドカップの試合のように，世界中の人々が興味するようなイベントの場合，試合中に Twitter にアクセスすると，大半の書き込みはその試合に関するものになっている．そのため，本システムを利用するとほとんどの発信内容が遮断対象の結果情報となってしまい，ページの大半が何らかの形でフィルタリングされるなど，あまり意味のないものとなってしまう．また，Twitter などのように膨大なユーザが高頻度で気軽に発信するようなサービスの場合，ユーザごとによって表記ゆれがあるうえ，コンテキストを記述せずに結果に関するキーワードのみが発信されることが多いなどの問題があり，ネタバレを完全に遮断することは難しい．そこで，そもそもそうしたサービスにアクセスする際，これまでのネタ

バレに関するフィルタリング実績に基づき，ある程度のネタバレ危険性がそのサイトにあることを警告として表示し，アクセスするかどうかを確認するシステムを今後実装する予定である．

一方，今回実現したシステムでは動的にコンテンツがロードされる Ajax や Flash などを利用したコンテンツには対応できない．また，画像処理機能を備えていないため，画像が結果を物語っているようなものについては対応できない．Ajax や Flash などについては，現状そのサイトへアクセスするとネタバレの危険性がある旨の警告を出すことが考えられる．また，画像については，テキストキャプションを利用したり，顔画像認識によりフィルタリング対象かどうかを判定することが考えられる．

5 システムの改良

墨塗り手法では，ネタバレ度合いがどの程度であるかという点がわからないという問題があり，マウスカーソルによる選択でそれがネタバレであるかどうかを確認するのが怖いという問題があった．また，どういったコンテンツがフィルタリングされているのかが不明であるという問題があった．

そこで，対象ブロックのテキスト長を $length_{all}$ と，そのブロックにおけるネタバレ部分のテキスト長（正規表現でマッチした部分の合計長）を $length_{spoiler}$ とし，この度合いに応じてフィルタリングの色を変更するようにした．ここで墨塗り用の元々の色を $color_{filter}$ とするとき，対象となるブロックの墨塗りの色 $color_{target}$ は下記で設定される（なお，ここでは単純化しているが，$color$ の値が 0 に近くなるほど白色になるものとする）．

$$color_{target} = color_{filter} \times \frac{length_{spoiler}}{length_{all}} \qquad (1)$$

また，墨塗りによってフィルタリングされているブロックが何を対象としているかについて提示するため，マウスカーソルを該当ブロック部分に移動して滞留させると，ツールチップにより何がフィルタリングされているかという点を提示するようにした．ここで提示される情報は，ユーザがフィルタリング対象コンテンツを指定する際に設定したタイトルを利用している．また，ブロックには複数のネタバレが含まれている可能性があるため，そのブロックにおいて最初に検出されたフィルタリング対象コンテンツのタイトルを利用するものとする．

以上の機能により，ユーザはフィルタリングされている部分を前方から選択して，文字の色を反転させることにより，内容を微妙に確認することができるようになった．

6 関連研究

情報の量が爆発している現代において，膨大な情報を如何にして管理するか，対象とする情報を如何にして探すかなどの点が大きな問題となっている．

膨大な情報の中から適切な情報に出会うための方法として，情報推薦や情報フィルタリング [4, 5] に関する研究が行われており，こうした研究ではユーザがローカルディスクに蓄積しているコンテンツや，ユーザがブックマークしているコンテンツ，ユーザのこれまでのアクセス履歴に基づいてユーザの興味を推定し，その興味の度合いに応じてユーザが興味を示すと期待される情報を高く評価してランキングしたり，推薦したりすることが一般的である．つまり，サッカー好きなユーザに対してはサッカーに関する結果を積極的に届け，アメリカンフットボールが好きなユーザに対してはアメリカンフットボールの結果を積極的に届けるようになる．これは，ただ単に情報を手に入れたいと思うユーザに取っては有用なシステムであるが，情報遮断を行なおうとしているユーザにとっては余計なお世話であり，ネタバレ情報に触れる危険性を上昇させるものである．

フィルタリングに関する研究やシステム開発は多数なされており，ソフトウェアやサービスとして実装されているが，フィルタリングの対象はコンピュータに害をなすウィルスや，膨大に送られてくる SPAM メールなどのように，すべてのユーザにとって忌むべき不要なものである．また，子どもにとって有害であるとの判断により暴力的コンテンツや性的コンテンツをフィルタリングするサービス [6] もある．こうした研究やシステムでは，単純ベイズ分類器を応用したベイジアンフィルタを使うもの [7] や，問題のあるコンテンツをブラックリストとして用意してアクセスできないようにするもの，問題のないコンテンツをホワイトリストとして用意してそれのみにアクセスできるようにするものなど様々である．しかし，本研究で対象とするようなユーザの興味が高ければ高いほど，逆にそのコンテンツをフィルタリングするといったパーソナルなフィルタリングには適していない．

7 おわりに

本研究では，ユーザのある対象に対する情報遮断をしたいという欲求に注目し，その対象自体が開始されてから，ユーザがその対象を楽しみ終わるまでの間，その対象に関するネタバレ情報を時間ベースでのフィルタリングする手法を提案し，Mozilla Firefox の拡張として実装した．また，実装したシステムの運用により有効性，可能性，問題点などを明らかにした．一般ユーザでの実験についてはまだ十分ではない．そのため，今後は一般ユーザも巻き込んでユーザテストを実施する予定である．

隠された情報はユーザの興味をひきつけるものである．そのため，あまりにこうした情報フィルタリングを行ってしまうと，ユーザの負荷を上昇させてしまう可能性がある．そこで，今後の研究において，ユーザの興味をそこまでひきつけることなく，フィルタリングを行う視覚化手法について，アイトラッキングシステムなどを利用して検証予定である．また，コンテンツのブロック単位での古さを検知する研究もなされている [8]．そこで，今後はこうしたブロック単位でのコンテンツの古さを検知することで，より正確なブロック単位での情報フィルタリングを行う予定である．一方，今回提案した手法は，対象イベントに対する辞書を作る手間があった．また，現時点では日本語しか対応しておらず，英語のコンテンツを閲覧した際にネタバレしてしまうという問題がある．辞書作成の容易化や多言語化などについては，今後取り組む予定である．

参考文献

[1] S. Nakamura and K. Tanaka. Temporal Filtering System for Reducing the Risk of Spoiling a User's Enjoyment, 2007 International Conference on Intelligent User Interfaces, pp. 345–348, 2007.

[2] Deng, C., Shipeng, Y., Ji-Rong, and Wen. Wei-Ying, Ma. VIPS: a Vision-based Page Segmentation Algorithm, Microsoft Technical Report (2003-79), 2003.

[3] 佐野 大樹:「話し言葉らしさ・書き言葉らしさ」の計測－語彙密度の日本語への適用性の検証－. 機能言語研究, 5, 89-102, 2009.

[4] Riecken, D., guest ed. Personalized views of personalization (special edition). Communications of the ACM, Vol. 43, No. 8, 2008.

[5] 土方 嘉徳, 情報推薦・情報フィルタリングのためのユーザプロファイリング技術, 人工知能学会誌 19(3), 365-372, 2004.

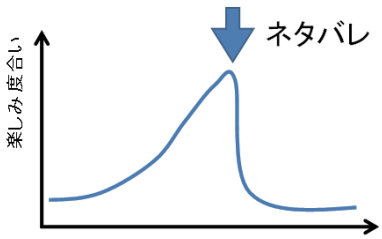
[6] DigitalArts Inc. i-FILTER, http://www.daj.co.jp/en/ir/.

[7] Sahami, M., Dumais, S., Heckerman, D. and Horvitz EM. A Bayesian Approach to Filtering Junk Email. AAAI Workshop on Learning for Text Categorization, July 1998, AAAI Technical Report WS-98-05.

[8] A. Jatowt, Y. Kawai and K. Tanaka: Detecting Age of Page Content, Proceedings of the 9th ACM International Workshop on Web Information and Data Management, pp. 137–144, 2007.

未来ビジョン

本研究は，人々が楽しみにしている人生の様々なことについて，その楽しみを奪ってしまう，忌むべき「ネタバレ」との遭遇を排除することを目的としているものである．



例えば，ネタバレと遭遇するシチュエーションとしては，Web 以外でも，テレビのニュース速報や電車内の電光ニュース，新聞や雑誌の記事，ラジオ放送での DJ の喋りや人同士の会話，友人からのメールなど多岐にわたる．また，ネタバレの内容も，スポーツの結果のみならず，小説やゲームの犯人の名前，映画や漫画の結末など多様である．今後，情報通信技術が発展することにより，各種の情報が今を上回る速度と量で人々に届けられるようになると，ネタバレとの遭遇率は飛躍的に上昇するであろう．また，情報推薦などの研究分野が発展すると，善意に基づくネタバレ遭遇率がさらに増加すると考えられる．

世の中にはどうしてもフィルタできないネタバレはあると考えられるが，我々は将来的にはできるだけ多くのネタバレをフィルタリング対象とし，ユーザのネタバレとの遭遇確率を下げることを目的とする．例えば，テレビのニュース速報部分をテレビの機能で墨塗りしたり，ラジオのネタバレ部分を消音したりすることが考えられる．また，シースルー型 HMD を装備して，電光ニュースの表示される部分に四角く重畳表示することでニュースを隠したり，会話の内容を検知して，その会話がネタバレに向かいそうだったら携帯音楽端末で再生している音楽の音量をあげたり，その声をキャンセルすることによりそのネタバレ内容を聞こえなくするなどの工夫が考えられる．

本稿はその一歩目として，ネタバレ情報の処理をし易いテキスト化された Web 上での情報に限定し，ネタバレ情報もスポーツの試合結果に限定している．そのうえで，どのようなフィルタリングの可能性があるかという点に注力しているものである．また，ネタバレに関する研究の可能性を示すものである．

写真の上にスケッチと制約を記入していくことによるモデリングシステム

Modeling-in-Context: User Design of Complementary Objects with a Single Photo

Manfred Lau　大河原 昭　三谷 純　五十嵐 健夫*

Summary. 我々が日常利用しているモノの多くは，一般向けに大量生産されたものである．しかし，このような大量生産品では，消費者の個別のニーズを満たすことが難しい場合が多い．たとえば，個人が所有している物品の大きさに適した棚が必要なときには，既成品を探すよりも，目的に合った棚を自分でデザインできることが望ましい．本論文では，このような個人特有の環境にあわせたモノの形状設計を支援するシステムを提案する．従来の形状設計システムでは，何も存在しない空の座標系に立体形状をデザインしていくことが多いが，この方法では個人特有の環境に適合した形を作ることが困難である．そこで本論文では，参照用の写真を読み込み，その上に目的とする物体の形状と制約を記入していくことで，立体形状を計算機内に構築するシステムを提案する．つまり，入力は２次元の図と，各部位に対する平行や直角といった制約条件であり，システムはこれらの情報に基づく最適化手法によって３次元形状を自動的に構築する．作成したシステムについては実際にエンドユーザに使用してもらい，簡単に実用的な棚やケースをデザインできることを確認した．

1　はじめに

我々が日常的に使っている製品は，大量生産システムのもとでデザインされている．しかし，このアプローチでは，個々人のニーズに適合したモノを得ることは難しい．例えば，ユーザが所有するカップの口に合致する蓋を，大量生産品の中から見つけることは難しいと考えられる [7, 11]．そこで我々は，エンドユーザが自分の状況にあわせた必要なモノを自分でデザインできるようにすること，を目指して研究開発を行っている．本論文では，その目的のためのひとつの方法として，写真の上に簡単な図を描くことによって形状モデリングを行う方法 [12] を紹介する．ユーザは，まず自分が必要としているモノを使う環境の写真を撮影する．そして，その写真の上に，必要としているモノの概形を描く．さらに，その図の上に必要な制約を加える．システムは，その情報を元に，３次元形状を計算する．得られた３次元形状は，レーザーカッターや３次元プリンタなどのラピッドプロトタイピング機械に送られ，実体化される．図１に，本システムによる棚のデザインの例を示す．

現在のプロトタイプシステムでは，大きく分けて，棚のような平面の板からなる物体と，皿やポットの蓋などの回転体からなる物体のデザインをサポートしている．平面の板からなる物体については，主にレーザーカッターで板を切断し手作業で組み立てることを想定している．回転体については，樹脂を利用した３次元プリンタによる出力を主に想定している．実際に，本システムを利用してさまざまなモノをデザインした上で実物を製作し，提案手法の有効性を確認した．

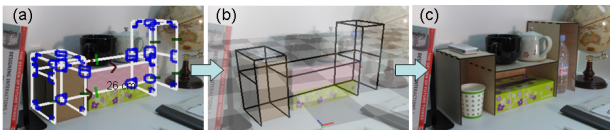


図 1. (a) 小型棚の写真とスケッチ (b) 微調整された 3 次元のバーチャルデータ (c) 既存のオブジェクトとぴったり当てはまる小型棚

写真の上にユーザが輪郭などを描くことで３次元モデルを作成するものとして PhotoModeler[4] などがあるが，これらは画像中にすでに存在するモノの形状を推測するためのものであり，画像中に存在しない新たなモノのデザインを目的とする我々のシステムとは異なるものである．特に，これらのビジョンベースのシステムでは入力として３次元モデルの正確な投影図が与えられることを仮定できるのに対し，我々のシステムへの入力はユーザによる想像上の物体のラフスケッチであり，かなり誤差が大きいと考えられる．そのために，ユーザによる制約の追加というユーザインタフェース上の工夫や，大まかな推測と細かな調整の２段階処理を行うというアルゴリズム上の工夫をしている．

2　関連研究

SketchUP[19] などの通常の３次元形状モデリングシステムでは，ユーザは何もない空の空間にプリ

Copyright is held by the author(s).

* Manfred Lau, Akira Ohgawara, Jun Mitani and Takeo Igarashi, JST ERATO 五十嵐デザインインタフェースプロジェクト

ミティブを置いていくことでモデリング作業を行う．もし，手持ちの物体にぴったり合うケースや棚を作りたい場合には，明示的に対象物の大きさを測った上で，それにあうように値を調整していく必要がある．また，実世界にすでに存在する物体をモデリングする際に，その写真を背景において作業することもよく行われる [23, 25]．しかし，この場合には，正確に正面や側面から撮影した画像が使われるのみであり，我々のシステムのように自由な視点からの画像が使われることは少ない．

初心者による３次元形状モデリングを容易にする方法として，スケッチによるモデリング手法が数多く提案されている [31, 9, 15, 3, 1, 20, 18]．しかし，これらのスケッチモデリングの対象は多くの場合，仮想世界におけるキャラクタや環境をデザインするためのものであり，実世界で実際に利用するモノを対象にしているものは少ない．そのため，既存のスケッチモデリングシステムでは，例えば「実在する物体を格納するケース」などのように機能性を持つモノのデザインは困難である．

写真から３次元形状を復元する手法についても，コンピュータビジョンの分野に数多くの研究がある [2, 22, 28, 8, 16, 10]．しかし，これらの研究では，実在する３次元物体の，正確な２次元投影図が入力として与えられることを前提にアルゴリズムがデザインされている．我々のシステムでは，入力として与えられるのはいまだに存在していないもののスケッチ図であり，正確な投影図を前提としたコンピュータビジョンの手法を使うことは難しい．写真の上へのラフなスケッチによって樹木の形をデザインするシステムが提案されているが [17, 26, 24]，これは樹木の持つ構造的な特徴を利用したものであり，人工物のデザインを対象とする我々のシステムとは目的が異なる．

１枚の図と付加的な情報から３次元モデルを構築する既存手法として，曲面の法線の方向を指定するもの [30, 27] や，楕円体プリミティブを置いていくもの [6] などが提案されているが，これらは３次元キャラクタの形状などをデザインするものであり，本システムが対象としている人工物のデザインとは異なるものである．ビルや飛行機など，対象を非常に限定した手法 [29, 14] も存在しているが，本システムでは，平面や回転体からなる物体といった，より一般的な形状を対象としている．

3　ユーザインタフェース

我々のシステムでは，左側のウィンドウでユーザが写真上に描いたスケッチを表示し，右側のウィンドウではスケッチから生成された３次元データを表示する (図 2)．ユーザはまず，新しく作りたいオブジェクトをデザインする際に参照する写真を読み込む．例えば，ユーザが所有しているティーポットの蓋

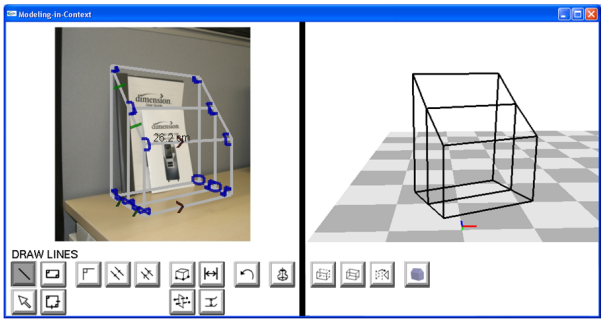


図 2. 提案システムのスクリーンショット

をデザインしたい場合，蓋がないティーポットの写真をウィンドウに表示させる．また，ユーザが机における小型の棚を作りたい場合は，本などが載った机の写真を表示させる．その後，その写真を背景としてスケッチを描く．本システムにおけるスケッチは，基本的なプリミティブから構成される線画と，プリミティブ間の幾何学的な制約を指定するアノテーションから構成される．

ユーザはまず，プリミティブを用いて，デザインしたい物体を写真の上に描く．プリミティブとしては，線分，長方形，正方形，円，回転体の４つをサポートしている．どのプリミティブも，画面上では完全に２次元のオブジェクトとして編集が行われる．線分は始点と終点からなり，ユーザは自由に２次元での位置を指定することができる．長方形と正方形は，スケッチ上では単なる４辺形として表現され，ユーザは自由に頂点の位置を動かすことができる．これらは内部的には，４本の線分に接続制約と直交制約を加えたもの，およびそれらに等長制約を加えた３次元の構造体として表現されている．円は，スケッチ上では楕円として表現され，ユーザは位置と大きさに加えて扁平率を指定することができる．回転体は，中心線と輪郭からなるが，これらもまたスケッチ上では２次元的な線分とポリラインとして描かれる（図 3）．

ユーザは次に，描いたプリミティブ間の関係を規定するアノテーションを適宜追加する．これらの幾何学的関係の多くは，スケッチが完全な投影画像であれば，スケッチを分析することによって推論可能である．しかし，本システムで対象としているのは，エンドユーザによる，写真内に存在しない新たな物体のデザインであり，スケッチが３次元形状の完全な投影画像であることは期待できない．アノテーションは，そのような不完全なスケッチから３次元形状の再構成を行うために必要な手がかりを与えるために必要となる．現在の実装ではアノテーションとして，線分間に指定される接続・直角・等長・平行制約，特定の頂点が地面に乗っていることを示す接地制約，モデル全体が左右対称であるときにその中心

面を指定する対称面制約，および，線分の長さと面の厚みを指定する制約を実装している．

図 3. 回転体プリミティブ。中心線および輪郭を描く

図 4. 直角の指定．２直線の間をクリックすると１つ制約ができる．４面体の中心をクリックすると４つの制約ができる．この図では，15 回のクリックで 36 箇所の直角を指定している．

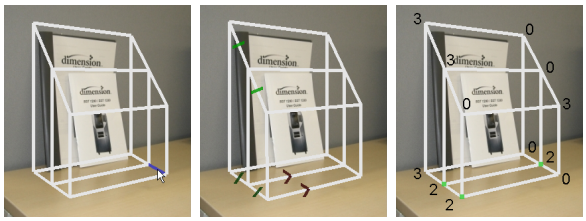


図 5. 左: 辺をクリックで選択する．中央: 緑色で選択された 2 組の線はそれぞれ長さが等しく．赤い矢印で選択された線は平行である．右： 緑色の点は，地面上に存在する点．

4 アルゴリズム

２次元の線画から３次元形状を計算する既存手法として Lipson らによる最適化計算によるもの [13] があり，我々のアルゴリズムもその手法に基づいている．Lispon らの手法では，平行や直角といった幾何学的関係を線画から推測していたが，我々のシステムではユーザがアノテーションとして明示的に指定するという違いがある．また，処理を高速化するために，２段階からなる最適化を導入する．

まず，入力として与えられたスケッチから，頂点・辺・面からなるグラフ構造を抽出する．次に，そのグラフの頂点に対して，３次元座標を計算する．Lipson らによる元の手法では，頂点の３次元座標をすべて同時に最適化により計算していた．しかし，その方法では探索範囲が広いために収束するまでに時間がかかる．そこで，本システムでは，まず，xy 座標をユーザの描いたスケッチにあうように固定し，z 座

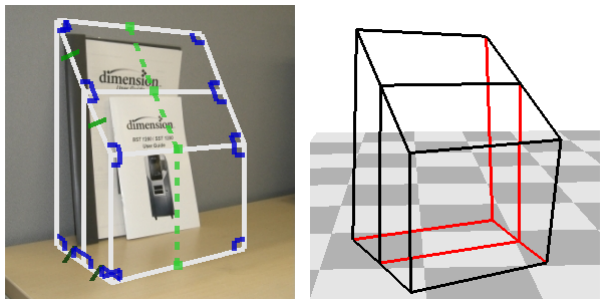


図 6. 左: 左右対称な面 (緑色の点線) が一回のマウスクリックで指定できる．右: 3 次元データ．黒い線がユーザの視角から見えて，赤い線はこの視角だと実際には見えない

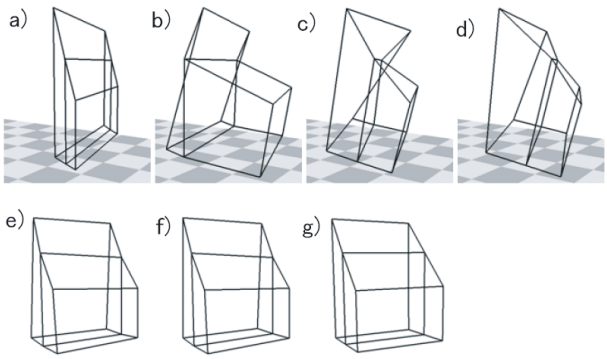


図 7. 2 段階最適化の様子．左から右へ計算が進む．a-d) 第１段階の最適化の様子．xy 座標を固定し，z 座標のみを計算する．e-g) 第２段階の最適化の様子．xyz 座標をすべて最適化で計算する．

標（奥行き情報）のみを最適化によって計算する．これで目的となる３次元形状にかなり近いものが，比較的短い時間で得られる．しかし，ユーザの入力は完全な投影像となっていないことが多く，その場合には与えられた幾何学的制約を完全に満たすことはできない．そこで，第２段階として，第１段階で得られた３次元座標を初期状態として，xyz 座標すべてを最適化によって計算する．

第１段階の最適化では，以下のエネルギーを和を最小化するように各頂点の z 座標を計算する．直角と指定された角度について

$$\sum_i (angle_i - 90^\circ)^2$$

等長と指定された線分の長さについて

$$\sum_s \sum_i^{n_s-2} (len(vec_i) - len(vec_{i+1}))^2$$

平行と指定された線分の角度について

$$\sum_s \sum_i^{n_s-2} \frac{1}{(angle(vec_i, vec_{i+1}) - 90^\circ)}$$

上の 3 つについてはさらに，重み 0.5, 10, 10 を掛けて計算している．最適化には，GSL 科学計算ライブラリにおける Nelder-Mead simplex アルゴリズムを利用している．単純に一度走らせただけでは局所解に陥る可能性があるので，異なる初期値で複数回 (2,3 回程度) 計算し，最も優れた結果を利用する．

第 2 段階の最適化では，xyz 座標すべてを最適化対象として計算を行う．また上の項に加えて，画面上での位置の一致を示す投影制約を導入する．まず，線分の端点については，3 次元モデルの頂点を投影した座標 p とそれに対応するスケッチ上の頂点の座標 p' の間の距離

$$||p - p'||^2$$

を計算する．円プリミティブについては，計算中の 3 次元円を投影してできる楕円の上下左右の点の座標と，対応する 2 次元スケッチの座標の間の距離を計算する．回転体プリミティブについては，ベース面の中心点の座標と半径，上端における半径の一致度を計算する．投影制約の大きさは, 0.1 から 0.8 の範囲で変化させる．まず投影制約に大きな重みを与えて計算し，徐々に小さな重みで計算していくことで安定して結果を得ることができる．

カメラパラメータ（カメラの位置，方向，焦点距離）の計算については，写真内にマーカーを置く方法と置かない方法の 2 つを提供している．前者の場合には，白黒パターンが印刷されたマーカーを地面において写真の中に写しておくことで，自動的にカメラパラメータを計算する．後者の場合には，カメラパラメータも最適化計算の中に組み込んで物体形状と一緒に推定を行う．

5 結果

図 1 および図 11 に，実際に本システムを利用して実物体をデザイン，製作した例を示す．すべての例において，製作された物体は，正しい大きさにデザインされている．特に，ティーポットの蓋については，適切なサイズであるとの評価を受けている．最適化計算は，いずれも 1 秒以内に終了している．図 8 に，Lison らによる元の最適化手法と，我々の 2 段階最適化手法の比較を示す．Lipson らの手法では，xyz 座標を同時に求めるために，解の探索範囲が広く，10 秒以上計算したにもかかわらず局所解に陥ってしまっている．一方，我々の提案手法では，短時間で理想的な解が得られている．図 9(a) に，ユーザのスケッチが大きくゆがんでいる場合でも，アノテーションを利用することで適切な形状が得られている例を示す．図 9(c) に 50 頂点からなる複雑なモデルの例を示す．この場合でも最適化は 1 秒以内に終了している．

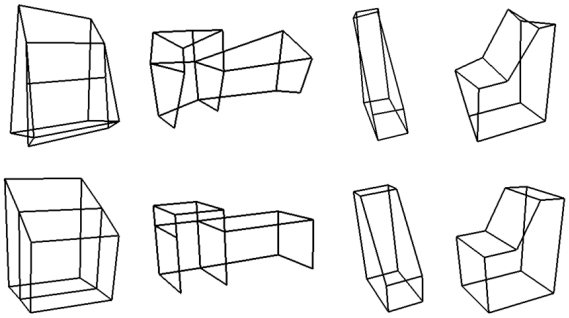


図 8. 上の行はリプソンによる 1 段階の最適化の結果である．下の行は我々の 2 段階最適化の結果である．

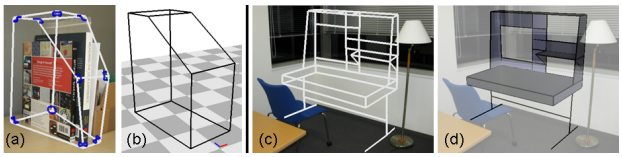


図 9. (a-b) 不正確なスケッチとその 3 次元形状計算結果．(c-d) 複雑なスケッチとその 3 次元形状計算結果

6 まとめと今後の課題

本稿では，一枚の写真の上に線画および制約を書き込むことで，写真に写っている周囲の状況にあわせた新しい実物体をデザインする手法について紹介した．現在の実装では，写真は単なるユーザが参照するためだけに使用しており（マーカー検出を除いて）画像処理は行っていないが，簡単な画像処理によって輪郭のトレースなどの処理を支援することは有効と考えられるので [23] 今後は利用を検討していきたい．

現在の実装では，静的かつ硬い物体のみしか扱うことができない．今後は，布や紐などの柔軟物体のデザインや，折りたたみ椅子のように可動部分をもつ物体のデザインなどにも取り組んでいきたい．このような複雑な物体のデザインには，今回紹介したような単なる幾何学的制約だけでなく，材質や機能性についてのアノテーションも必要になると考えている．

参考文献

[1] Bae S.-H., Balakrishnan R., Singh K.: Ilovesketch: As-natural-as-possible sketching system for creating 3d curve models. ACM Symposium on User Interface Software and Technology (UIST) (2008), 151.160.

[2] Debevec P., Taylor C., Malik J.: Modeling and rendering architecture from photographs: A hybrid geometry and image-based approach. ACM SIGGRAPH (1996), 11.20.

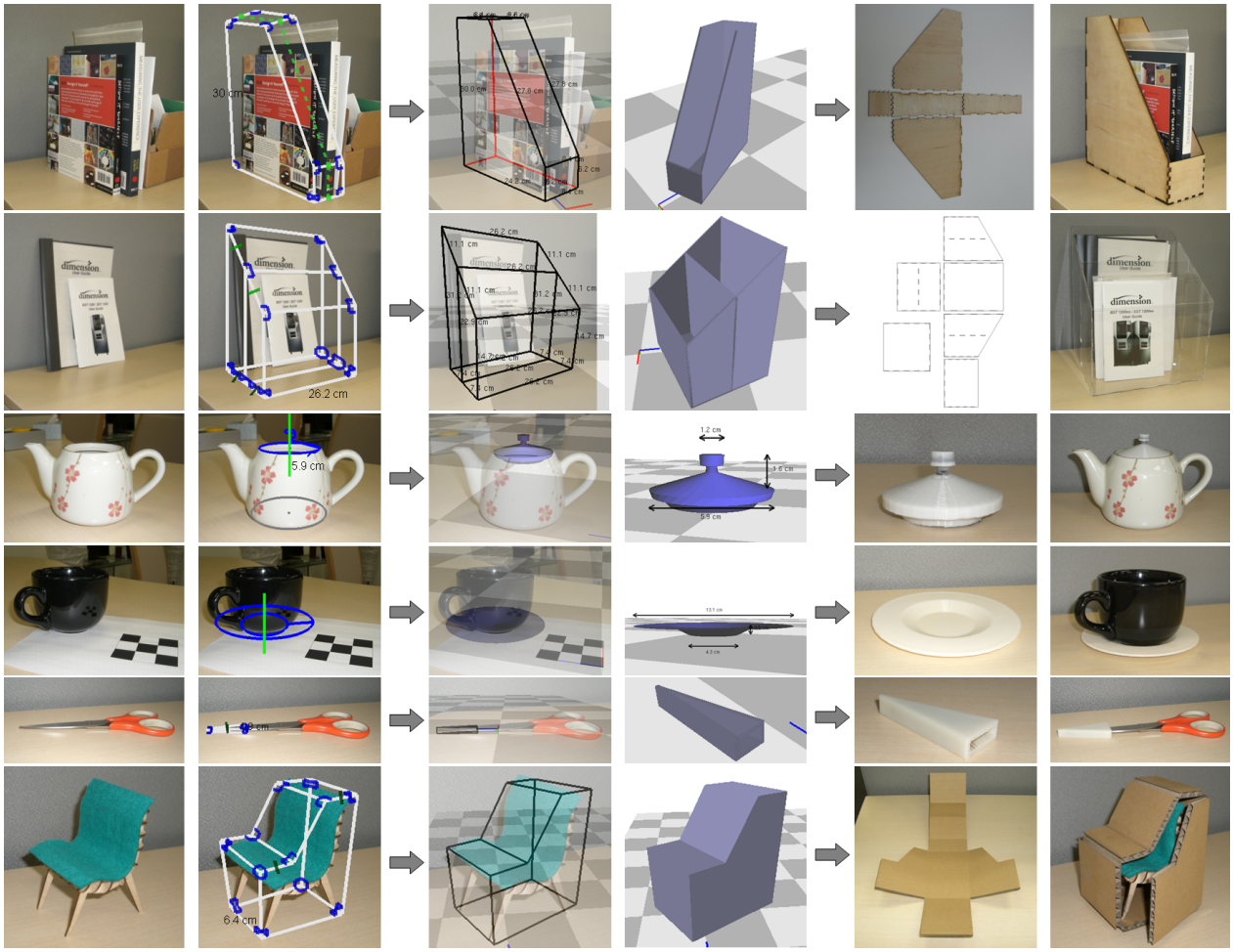


図 10. 提案システムによる実物体のデザインおよび製作例

[3] Dorsey J., Xu S., Smedresman G., Rushmeier H., Mcmillan L.: The mental canvas: A tool for conceptual architectural design and analysis. In Proceedings of Pacific Graphics (2007), pp. 201.210.

[4] EOSSYSTEMS: Photomodeler, 2007.

[5] Forsyth D. A., Ponce J.: Computer Vision: A Modern Approach. Prentice Hall, 2002.

[6] Gingold Y., Igarashi T., Zorin D.: Structured annotations for 2D-to-3D modeling. ACM Transactions on Graphics 28, 5 (2009), 148.

[7] Gross M.: Now more than ever: computational thinking and a science of design. Japan Society for the Science of Design 16, 2 (2007), 50.54.

[8] Horry Y., Anjyo K.-I., Arai K.: Tour Into The Picture: Using A Spidery Mesh Interface To Make Animation from a single image. In ACM SIGGRAPH (1997), pp. 225.232.

[9] Igarashi T., Matsuoka S., Tanaka H.: Teddy: a sketching interface for 3d freeform design. In ACM SIGGRAPH (1999), pp. 409.416.

[10] Jiang N., Tan P., Cheong L. F.: Symmetric architecture modeling with a single image. ACM Transactions on Graphics 28, 5 (2009), 113.

[11] Landay J.: Design tools for the rest of us. Communications of the ACM 52, 12 (2009), 80.

[12] Lau M., Saul G., Mitani J., Igarashi T., Modeling-in-Context: User Design of Complementary Objects with a Single Photo, Eurographics Symposium on Sketch-Based Interfaces and Modeling (SBIM 2010).

[13] Lipson H., Shpitalni M.: Optimization-based reconstruction of a 3d object from a single freehand line drawing. Computer-Aided Design 28, 8 (1996), 651.663.

[14] Muller P., Zeng G., Wonka P., Van Gool L.: Image-based procedural modeling of facades. ACM Transactions on Graphics 26, 3 (2007), 85.

[15] Nealen A., Igarashi T., Sorkine O., Alexa M.: Fibermesh: designing freeform surfaces with 3d curves. ACM Transactions on Graphics 26, 3 (2007), 41.

[16] Oh B. M., Chen M., Dorsey J., Durand F.: Image-based modeling and photo editing. ACM Transactions on Graphics (2001), 433.442.

[17] Quan L., Tan P., Zeng G., Yuan L., Wang J., KANG S. B.: Image-based plant modeling. ACM Transactions on Graphics 25, 3 (2006), 599.604.

[18] Shesh A., Chen B.: Smartpaper: An interactive and user friendly sketching system. Computer Graphics Forum (Eurographics) 23, 3 (2004), 301.310.

[19] SKETCHUP: Google, 2009.

[20] Schmidt R., Khan A., Singh K., Kurtenbach G.: Analytic drawing of 3d scaffolds. ACM Transactions on Graphics 28, 5 (2009), 149.

[21] Schmidt R., Singh K., Balakrishnan R.: Sketching and composing widgets for 3d manipulation. Computer Graphics Forum 27, 2 (2008), 301.310.

[22] Sinha S., Steedly D., Szeliski R., Agrawala M., Pollefeys M.: Interactive 3d architectural modeling from unordered photo collections. ACM Transactions on Graphics 27, 5 (2008), 159.

[23] Tsang S., Balakrishnan R., Singh K., Ranjan A.: A Suggestive Interface For Image Guided 3d Sketching. In Proceedings of ACM SIGCHI (2004), pp. 591.598.

[24] Tan P., Fang T., Xiao J., Zhao P., Quan L.: Single image tree modeling. ACM Transactions on Graphics 27, 5 (2008), 108.

[25] Thormahlen T., Seidel H.-P.: 3d-modeling by orthoimage generation from image sequences. ACM Transactions on Graphics 27, 3 (2008), 86.

[26] Tan P., Zeng G., Wang J., Kang S. B., Quan L.: Image-based tree modeling. ACM Transactions on Graphics 26, 3 (2007), 87.

[27] Wu T.-P., Tang C.-K., Brown M., Shum H.-Y.: Shapepalettes: Interactive normal transfer via sketching. ACM Transactions on Graphics 26, 3 (2007), 44.

[28] Xiao J., Fang T., Tan P., Zhao P., Ofek E., Quan L.: Image-based facade modeling. ACM Transactions on Graphics 27, 5 (2008), 161.

[29] Yang C., Sharon D., Van De Panne M.: Sketch-based modeling of parameterized objects. Eurographics Workshop on Sketch-Based Interfaces and Modeling (2005), 1.10.

[30] Zhang L., Dugas-Phocion G., Samson J.-S., Seitz S.: Single view modeling of free-form scenes. IEEE CVPR (2001), 990.997.

[31] Zeleznik R., Herndon K., Hughes J.: Sketch: An interface for sketching 3d scenes. ACM SIGGRAPH (1996), 163. 170.

未来ビジョン

本文中でも述べたように，現在の３次元モデリングシステムは基本的に何もない空間に点や線などのプリミティブを置いていくものであり，実世界の環境を考慮しながらモデリングする作業を支援するようにはできていない．そのため，ユーザが実環境に合わせた形状をデザインするためには，手作業で実世界の事物の大きさを測って計算機内に取り込み，それに合うようにパラメータを調整するという作業が必要になる．このような方法は，コストと手間をかけてもよい工業製品のデザインでは許されるものであるが，手早く簡単に行う必要のある，エンドユーザによるデザインでは大きな障害となる．

我々の研究の長期的な目標は，このような実世界の環境を考慮したモノのデザイン支援である．本論文で紹介した写真の上にスケッチや制約を書き込むという方法はそのひとつであるが，他にもいろいろな方法が考えられる．ひとつには，仮想現実感の技術の利用がある．すなわち，対象とする空間に適切にビジュアルマーカーを配置することで，現実世界の形状を計算機内に取り込むことができ，それらを考慮したうえでビデオ画像の上でモデリング作業を行うことができれば便利であろう．また，よりアクティブに，レーザレンジスキャナなどで，実世界の実形状をリアルタイムに取り込みつつ，その中でモデリング作業を行う，といったことも考えられる．

取り込むべき実世界の状況としても，今回の研究で対象とした３次元形状の他に，色やテクスチャといった見えの情報，光や影の情報，剛性などの材質情報，動きなどの情報などが考えられる．たとえば，特定の実環境中におくことを前提にガラスでできた透明なオブジェを新たにデザインするのであれば，光の反射や屈折，周囲の風景の映りこみなども考慮できるとうれしいと考えられる．また，既存の棚の上や壁に，置いたり掛けたりするような物体をデザインするのであれば，どの程度の重さまで大丈夫なのかわかると安全である．このような，さまざまな実世界状況の取り込みを効率的に行うことは簡単ではないが，ネット上にデータを蓄えて共有したり計測技術を高度化することによってある程度は実現することができると考えている．

形状設計システムに物理シミュレーションを統合したキネティックアート・デザインシステム

Computer Aided Kinetic Art Design System Comprising Rigid Body Simulation

古田 陽介　　三谷 純　　五十嵐 健夫　　福井 幸男

Summary.　近年の製品設計の場においては，計算機による形状設計システム（CAD）が広く用いられている．さらに設計された形状に対して，その強度や機能を評価するためのシステム（CAE）も普及しつつある．しかし，これらは別のソフトウェアとして独立して運用されることが多く，また CAE ソフトの扱いには高度な知識を要するため，これらを一般ユーザが日常的に使用するには至っていない．我々は，CAD と CAE の機能を統合することで，一般消費者が自分の身近なものを手軽に設計できるシステムの提案を目指している．本稿では，その具体例の 1 つとして剛体物理シミュレーションエンジンを形状設計用のシステムに組み込むことで，形の編集作業の最中に，その物理的な挙動を瞬時に予測して，その結果を連続的に提示するシステムの開発を行った．このシステムでは，時間経過に伴って変化する物体の位置や動きを高速にかつユーザにわかりやすく提示するために，シミュレーション精度の動的な調整や軌跡や回転を表すアノテーション表示などの工夫を行った．提案システムを用いることで，従来は試行錯誤が必要であったキネティックアート作品（動きを伴うアート作品）の設計が容易に行えることを示す．

1　はじめに

キネティックアートとは風力や水力，あるいは観覧者の力によって，動きの変化を伴うアートのことである．ヤジロベエやモビール（図 1）は我々に身近な例であり，バラエティに富んだ作品がこれまでに発表されている [4][5]．キネティックアートは「動く彫刻」と呼ばれることもあり，20 世紀初頭からさまざまな動きを作品に取り入れる試みがなされてきている．しかし，物理的に「動く」物体のデザインを行うときには，複数の物体間の相互作用を考慮しなければならず，完成までには数多くの試行錯誤が不可避である．本稿では，このような動きを伴う作品の設計を支援するシステムを提案する．

形状設計に CAD システムを用いることは専門家を中心に広く普及しており，近年ではユーザインタフェースを改善することで，専門家でなくても，直観的な操作で形の設計を行えるようにする研究が盛んに行われるようになってきている．さらに，ここ数年のあいだでの，光造形法や粉末法を用いた三次元造形装置の低価格化は著しく，自分でデザインしたものを実際に手にできる環境が整いつつある．

しかし，実際の物作りにおいては「形」だけでなく，その物理的な挙動についても考慮しながらデザインを行う必要がある．CAE のシステムを用いれば

図 1．キネティックアートの例．
上:ヤジロベエ．下:モビール [4]

デザインされた形状が実世界でどのように振る舞うかを知ることが可能であるが，このようなシステムは未だ専門家を対象としたものであり，一般消費者が扱うことは困難である．さらに，CAD と CAE は独立に運用されることが多く，形の設計とその評価を対話的に繰り返し行うことができない．デザインにおいて最初から完成型が決まっていることはまれであり，多くの場合は実際にものを作りながら，度重なる試行錯誤や場合によっては完全な偶然によって新しい形が生み出される．そのようなプロセスは創作活動の初期の段階においては非常に重要なものであるが，上記の理由により，既存の CAD/CAE システムはそのような運用には適していない．

そこで本稿では，動きのある作品の制作を効率的に行うために，三次元 CAD システムに剛体物理シ

Copyright is held by the author(s).

Yohsuke FURUTA, Jun MITANI and Takeo IGARASHI, JST ERATO 五十嵐デザインインタフェースプロジェクト, Yukio FUKUI, 筑波大学大学院 システム情報工学研究科

ミュレーションを取り入れたシステムを提案する．両者を組み合わせ，モデリングを行うと同時に，それに動力が作用した際の結果を瞬時に計算し，それを連続的に提示しつづけることで，期待する動きを得るためにユーザが実世界で試行錯誤を繰り返すコストを低減できる．提案システムでは物体の動きを単に時間軸に沿ってアニメーションとして提示するのではなく，すべての動きを一つのフレームに静止画として提示することで一目で理解しやすくする工夫を行った．詳細は文献 [6] または添付のビデオも参照して頂きたい．それらの実現に必要となる，インタラクティブな操作に適したシミュレーションのアルゴリズム，およびユーザへの動きの提示方法の詳細について第 3 章以降で述べる．

2 関連研究

本稿で提案するシステムは文献 [6] のものであるが．本稿では特にユーザインタフェースの観点から提案システムの有効性を述べる．

CG の技術を使って実際の物作りを行うアプローチにはさまざまなものが提案されている．Mitani らは与えられた三次元モデルから曲面を持ったペーパークラフトの展開図を作成するシステムを提案している [8]．Mori らによるぬいぐるみの型紙作成システム [9] や Furuta らによるバルーンアートのデザインシステム [7] など，素材の物理的な特性を考慮した形状設計システムが提案されている．本稿では剛体物理シミュレーションを用いてキネティックアートの設計を行うシステムを提案するが，形状設計のステージに物理シミュレーションを組み込むという点が共通する．

剛体物理シミュレータは，今日ではゲームの世界で一般的なものとなっており，近年ではこれを形状設計のシステムと組み合わせて利用する例が提案されている．スケッチベースのモデリングシステムに剛体エンジンを組み込んだ例としては，ASSIST[1] や Phun[3] があげられる．これらのシステムでは，ユーザがオブジェクトを作成すると即座にシミュレーションが実行され，その結果にそってオブジェクトがアニメーションする．また，プロメテックソフトウェアはモデリングインタフェースに粒子法解析による流体シミュレーションを統合した PhysiCafe を開発している [12]．しかしながら，これらのシステムでは結果を一連のアニメーションとして提示するため，それが完了するまでユーザは待たなくてはならない．我々のシステムではシミュレーションとモデリングがより密接に統合されており，ユーザがモデルをドラッグしている最中にもシステムはバックグラウンドでシミュレーションを行い，その結果を常にユーザに提示しつづけることが可能である．

剛体物理シミュレーションによる結果をユーザに提示したまま，その結果を直接編集することが可能なものとしては，Popović らによる CG アニメーション生成のためのシステムがある [11]．このシステムではユーザは対象となるオブジェクトの状態を対話的に変更することができ，それに合わせてシステムがオブジェクトの初期値や速度といったパラメータを自動で最適化し，目的にあったアニメーション結果を生成する．我々はこのシステムのコンセプトと物体の挙動の可視化の手法を参考にしている．

3 キネティックアート・デザインシステム

本システムは形状の生成という一般的な CAD ツールとしての機能に加え，構築されたオブジェクト群の挙動のシミュレート，およびその結果の提示という機能を備える．図 2 は本システムを用いてオブジェクトのデザインを行う例である．

本システムでは三次元の形状設計のための GUI に「Art of Illusion 2.6.1（AOI）」[2] のソースコードを利用している．AOI は GPL の元でオープンソースとして公開されている三次元モデリングソフトであり，球，直方体，または閉じた三角形メッシュといった基本的なオブジェクトを対話的に構築する機能を備えている．我々はそれに加えて二つのオブジェクトを糸で接続する機能を実装し，モビールなどをデザインできるように拡張した．

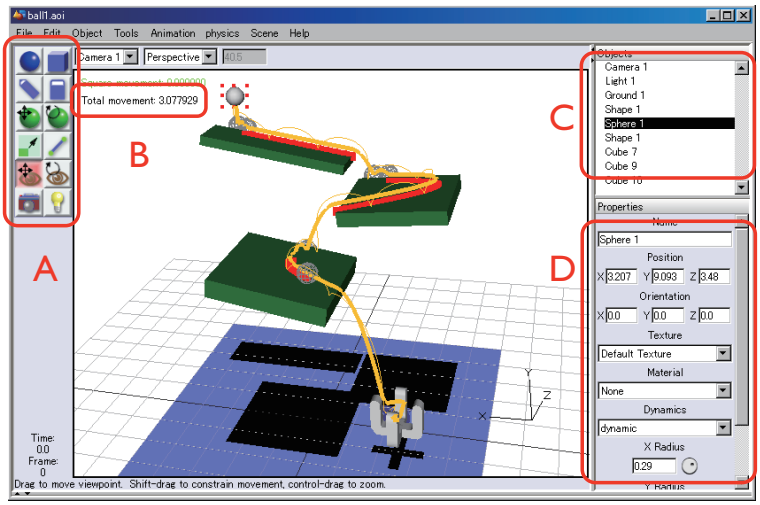
また，三次元仮想空間上での剛体シミュレーションには「PhysX 2.8.1」[10] を用いている．このライブラリは三次元の物理シミュレータとして多くの機能を持ち，一部の NVIDIA 製 GPU においてハードウェアによる支援を得ることが可能である．我々はそのうちの剛体シミュレーションおよび衝突判定の機能を利用しており，ネイティブコードで記述された PhysX の API を Java で記述された AOI から呼び出すため，JNI (Java Native Interface) を用いている．

図 3 は，我々のシステムを用いてモデリングを行う際の流れである．詳細については次節で説明する．

3.1 オブジェクトの生成と接続

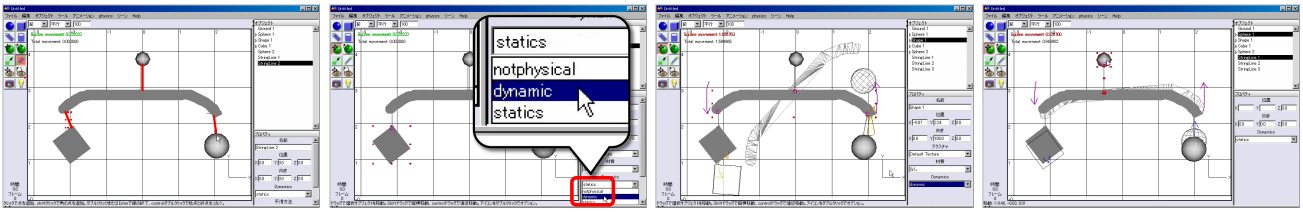
ユーザはマウスによる単純な操作で三次元空間上に球，直方体，板状立体の基本オブジェクトを生成することが出来る (図 3(1))．板状立体とは閉じた二次元ストロークに一定の奥行きを加えて三次元化したものである．これらのオブジェクトは三角形メッシュで表現されていて，ユーザはその頂点をドラッグし変形させることが出来る．それぞれのオブジェクトは位置・姿勢を表すアフィン行列，密度，反発係数，静摩擦係数，動摩擦係数の値を持つ．

また，本システムは「接続」ツールを備えており，オブジェクトとオブジェクトの間をドラッグすることで二つのオブジェクトを仮想的な糸で接続することが出来る．この糸は最大長の情報を保持し，その値は生成時の長さが用いられる．



(A) ツールボタン　(B) オブジェクトの移動量　(C) オブジェクトリスト　(D) 選択されたオブジェクトの属性

図 2. システムのユーザインタフェース．ボールの落ちる軌跡が計算され，システムによって提示されている



(1) オブジェクトを生成し，互いを糸で接続する　(2) 生成したオブジェクトに「dynamic」属性を付与する　(3) シミュレーションを有効にする　(4) シミュレーション結果を見ながら修正する

図 3. モデリングの流れ．ワイヤフレームで表示されているものがシステムによって提示されたシミュレーション結果

3.2　オブジェクトのシミュレーション属性

各オブジェクトは「dynamic」「static」「non physical」の三通りのうちのいずれかのシミュレーション属性値をとる．動的（dynamic）なオブジェクトはシミュレータによって力が加えられた際の挙動が計算され，その結果がユーザに提示される．静的（static）なオブジェクトは動くことはないが，他の動的なオブジェクトに対して衝突などの影響を及ぼす．non physical なオブジェクトはシミュレーションの対象にはならず，オブジェクトを一時的にシーンから外したりする際に利用する．この値は GUI 上でユーザが変更することが可能となっており (図 3(2))，初期状態では static が用いられる．

3.3　反応性の高い物理シミュレーション

一般に，物理シミュレーションは計算コストが高い．全体の処理にはオブジェクトの凸多角形分割や凸包の計算，頂点インデックスの再割り当てなど，さまざまな初期化処理が含まれており，それらの計算にも大きなコストが必要となる．本システムではそれらを削減するために，次のような高速化手法を取り入れた．

1. シーンが変化した際は形状が変化したオブジェクトのみを初期化する
2. ユーザの操作に合わせて，シミュレーションの時間刻み幅を動的に変化させる

後者については，ユーザがオブジェクトの位置を大きく変化させている最中はあまり正確な位置調整を行っている状態ではなく，そのためシミュレーションの正確さよりはシミュレーションの完了までに要する時間の短縮の方を重要視し，近似解を高速に提示した方が良いという考えに基づくものである．反対に，ユーザがオブジェクトを微小距離だけ移動させている場合は正確な位置を探るための調整を行っている段階であると考えられ，そのためより正確なシミュレーションが必要であるということを意味する．

もしすべてのオブジェクトに対して何の変化もないまま規定の回数のシミュレーション計算が完了した場合，時間刻み幅を 1/2 倍して再度最初からシミュレーションを開始する．もしオブジェクトに対して何らかの変化が加えられた場合，時間刻み幅を 2 倍してシミュレーションをやり直す（図 4）．一連のパラメータ変更はシステムが自動的に行うため，ユーザは編集の作業に集中することが可能である．

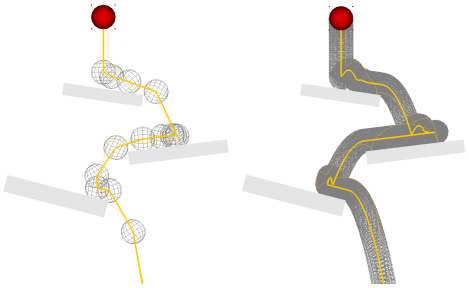


図 4. 動的な時間刻み幅の変更の例．
左:刻み幅が大きい場合．右:刻み幅が小さい場合

3.4 シミュレーション結果の可視化

シミュレーションによって得られたオブジェクトの位置情報をどのように可視化するかについて考える．本システムでは物体の動きを一目で理解しやすくするために，単に時間軸に沿ってアニメーションするのではなく，すべての動きを一つのフレームに静止画として提示することとした．

しかしながら，図 5(A) のように，すべての場所にオブジェクトを描画した場合，シミュレーション時間が長かったり多数のオブジェクトがシーン中に同時に存在していたりすると，画面が煩雑になってしまい状態を把握できなくなってしまう．そのような事態を避けるため，時間軸に沿った位置情報の集合から動きの変化した時刻 d_t を求め，その時刻のオブジェクトの状態だけを描画することで動きの様子を把握しやすくなる．

d_t はつぎの式によって求める

$$\mathbf{v}_t = \mathbf{M}_t\mathbf{p} - \mathbf{M}_{t-1}\mathbf{p} \quad (1)$$

$$\mathbf{a}_t = \mathbf{v}_t - \mathbf{v}_{t-1} \quad (2)$$

$$d_t = \mathbf{a}_t \cdot \mathbf{a}_{t-1} \quad (3)$$

M_t はシミュレータによって求められた，時刻 t におけるオブジェクトの位置情報を表すアフィン行列である．$p = (x, y, z)$ はオブジェクトの中心座標である．$d_t < 0.0$ のときに位置情報に変化があったとみなし，その時の位置にオブジェクトを描画する（図 5(B)）．

また，よりオブジェクトの挙動を把握しやすくするため，重心の軌跡もあわせて描画する．さらに，オブジェクトの各頂点について，移動した総距離を求め，最大となった点の軌跡も描画する（図 5(C)）．軌跡の総距離が最大となる頂点を探すために，システムはすべての頂点について軌跡の長さを計算し保持する．これらの手法を組み合わせることで，オブジェクトが回転しながら移動する様子も視覚的に把握することが可能となる．加えて，衝突があった際にはその座標に赤い点を表示する（図 6）．

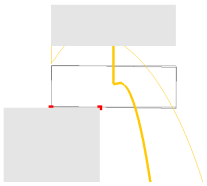


図 6. 箱が障害物の縁に衝突する様子．衝突点を赤で描画

3.5 動きの少ないオブジェクトの動きの可視化

前節で述べた可視化手法はオブジェクトが大きく移動する際には有効に作用する．しかし，ヤジロベエなど全体のバランスがとれていてあまり動かない形状をデザインする場合は，それほど長い時間のシミュレーションは不要である．かつ多数のオブジェクトのすべての動きの軌跡を表示させてしまうと，画面が煩雑になってしまいかえって状態を把握しにくくなる．

そこで，我々のシステムには動きの少ない形状のデザインを行うための描画モードを搭載している（図 7）．このモードでは，オブジェクト中で移動距離の最も大きい頂点と，重心の移動距離を描画前に比較し，ほとんど差がない場合は平行移動，中心点がほとんど動いていない場合は回転と判断し，それぞれブルー，マゼンタの軌跡で表示する．それ以外の場合は二本の黄色の矢印で，各軌跡を表示する（図 6）．

4 作例

本システムを用いてモビールのデザインを行い，現実の材料で実際にそれらを作成した．

図 8 はパーツの接続関係にループを含んだ構造をもつモビールであり，ユーザはパーツの形状だけでなく，その釣り合いと衝突についても注意しながら

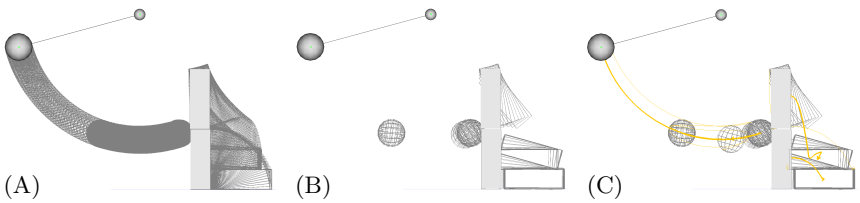


図 5. 重なり合った二つの箱に対して球をぶつける様子を描画した様子

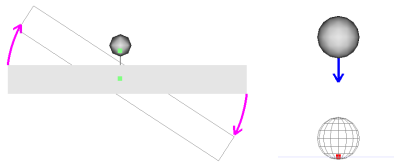


図 7. 左:回転の表現，右:平行移動の表現

デザインを行わなければならない．本システムを用いることでユーザはおよそ 15 分程度の時間でデザインを行うことが可能であった．図 8 右はそれを 5mm 厚のアクリル板で作成したものである．シミュレーション結果と同じく，バランスのとれたものとなった．また，図 9 も同様に接続関係にループを含み，かつ三次元的な構造を持ったモビールである．図 10 のデザインを行ったユーザからは「ほぼ希望通りの形状をデザインできたが，取り消しや穴あけの機能が欲しい」という評価を得た．

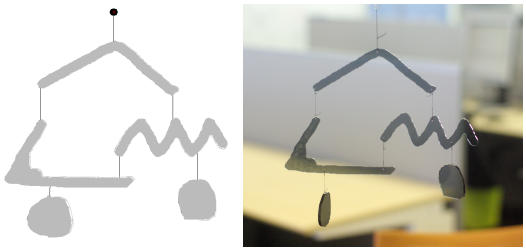


図 8. ループ構造を含むモビールの例

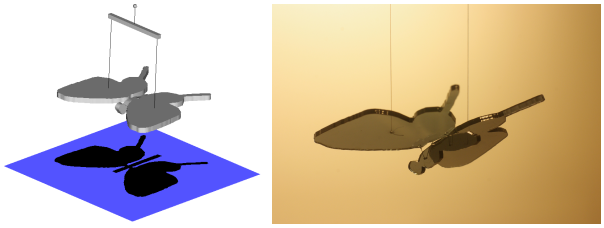


図 9. ループ構造を含む三次元モビールの例

図 11 はバランスが崩れた状態のモビールの糸の位置を被験者が移動させて，バランスがとれた状態へと修正するという試験を実行した結果である．6 人の被験者に対して実験を行ったところ 5 人は下段左図のような形に修正を行ったが，1 人の被験者は右図のように錘を右へと寄せることでバランスを取るという解を発見しそれを回答とした．これは我々も当初は想定していなかった答えであったが，青棒にも質量があるため，正しい解であると言える．このように本システムを使いユーザが試行錯誤することによって，予想外の形を生み出すことも可能であるだろう．

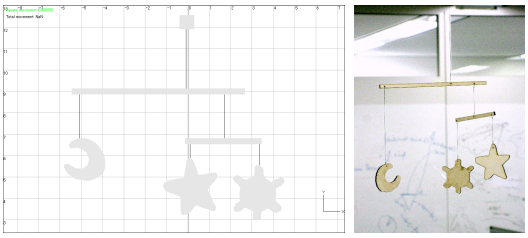


図 10. ユーザによってデザインされたモビール

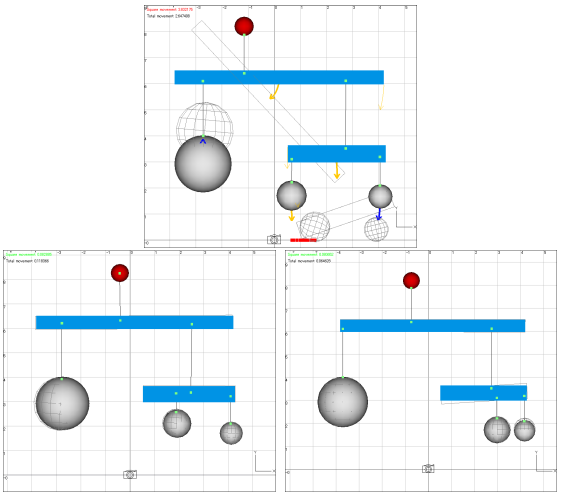


図 11. 本システムを用いてバランスを修正した結果

5 まとめと今後の課題

本稿では一般消費者向けにモデリングと物理シミュレーションを統合したシステムを提案し，それを実現するための物理シミュレーションの時間刻み幅を調整する工夫，および得られた結果の提示方法について述べた．これらを実装することで，従来のモデリングとシミュレーションが分かれているシステムよりも効率的に設計作業を行えることが確かめられた．また，設計した形状を実際に作成し，設計したとおりにバランスがとれたものを手にすることが可能であった．

本論文で提案した手法ではオブジェクトの移動の様子を可視化することでデザインを行いやすくしている．しかし多数のオブジェクトが同時に，かつ長い距離を移動するような場合，それを可視化すると画面が煩雑となる．そういった場合は可視化するオブジェクトをユーザが任意に選択できるようにするなどの対策をとる必要があるだろう．衝突をたくさん含むような複雑なアート作品の場合，その提示方法にも改善が必要になると予想される．

またキネティックアートのデザインにおいて，「バランスがとれている」という状態であったとしても，安定していて多少の外力では動かないようなものよりは，不安定で少しの外力でも大きく動くようなも

のをユーザは好む場合がある．現在のシステムでは両者を見分ける仕組みがないため，作品の安定性を評価する手法および外力を与えるインタフェースを考案し実装することも今後の課題である．

本システムで実現したモデリングとシミュレーションを融合させるアプローチは，キネティックアート作品に限らず，広範囲の物作りにおいて有効であると考えられる．ただし，対象とする物体の目的にあわせて有限要素法などの適切なシミュレーションの手法を導入する必要がある．そのためには，それら構造解析の計算を高速に行うための手法を開発しなければならない．また，そういった場合は変形の様子をどのように可視化するべきかについても検討の余地があるだろう．

参考文献

[1] C. Alvarado and R. Davis. Resolving ambiguities to create a natural computer-based sketching environment. In *SIGGRAPH '06: ACM SIGGRAPH 2006 Courses*, p. 24. ACM, 2006.

[2] P. Eastman. Art of Illusion. arto llusion.org.

[3] E. Ernerfeldt. Phun. www.phunland.com.

[4] O. Flensted. Bauhaus mobile, Flowing rhythm. http://www.flensted-mobiles.com/.

[5] B. Frank. Kineticus. www.kineticus.com.

[6] Y. Furuta, J. Mitani, T. Igarashi, and Y. Fukui. Kinetic Art Design System Comprising Rigid Body Simulation. In *Computer-Aided Design and Applications*, Vol. 7, pp. 533–546, 2010. http://www.npal.cs.tsukuba.ac.jp/∼furuta/.

[7] Y. Furuta, N. Umetani, J. Mitani, T. Igarashi, and Y. Fukui. A Film Balloon Design System Integrated with Shell Element Simulation. In *Proc. of EUROGRAPHICS 2010*, May 2010.

[8] J. Mitani et al. Making papercraft toys from meshes using strip-based approximate unfolding. *ACM Trans. Graph.*, 23(3):259–263, 2004.

[9] Y. Mori and T. Igarashi. Pillow: interactive pattern design for stuffed animals. In *SIGGRAPH '06: ACM SIGGRAPH 2006 Sketches*, p. 74. ACM, 2006.

[10] NVIDIA corp. PhysX 2.8.1. http://developer.nvidia.com/object/physx.html.

[11] J. Popović et al. Interactive manipulation of rigid body simulations. In *Computer Graphics (Proc. of SIGGRAPH '00)*, pp. 209–217. ACM, 2000.

[12] プロメテック・ソフトウェア株式会社. PhysiCafe. http://www.prometech.co.jp/physicafe/.

未来ビジョン

我々が目標としている「一般ユーザ向けのモノ作りシステム」とは，実際のモノ作りにおけるさまざまな制約を未経験者にも意識させ，ユーザの創造力の発揮をサポートするようなものである．また最終的には設計したものを実際に実在の素材を加工して出力するようにもしたいと考えている．

モノ作りにおける専門家とそうでない一般ユーザとの間にある違いには，大きく 2 つのものがあると考えている．一つはツールの使いこなしの術を持っているかどうか，もう一つは現実世界のモノ作りにおけるさまざまな制約に関する知識を十分備えていて，その回避のためのセオリーを知っているかどうかという点である．前者の改善はユーザインタフェースの研究としてすでに一般的になりつつあるが，後者はユーザインタフェースの研究としてはあまり認知されていないと思われる．

制約にはさまざまなものがあり，強度，大きさ，材質などといった対象物体自体の物理的なものから，すでに存在する他のモノとの位置関係や大小関係，色のマッチングのような周りの環境に依存したものもある．従来からの研究では，そのような制約を事前に全て集めておいて，それをいかに計算機で効率的かつ正確に問題を解くかという点に議論が集中していたが，そこで得られた回答はユーザにとって十分満足できるようなものとは言えなかった．なぜならほとんどの場合，目的とする完成形を得るための十分な制約を事前に入力しておくようなことは，量が多すぎて現実的ではないためである．

そのような問題は，計算機上にさまざまな制約を入力するためのインタフェースを実装することで改善できるだろう．また，システムは正確な解を一つだけ提示するのではなく，複数の幅のある回答を提示しユーザがその中から最適なものを選択するという作業を繰り返すことで，解の正確性を高めることが出来るのではないだろうか．そのような繰り返しの作業をユーザが効率的に実行できるようにすることで，たとえユーザが現実世界のモノ作りにおける様々な制約に関する知識・セオリーを備えていなくても，ユーザにとって満足度の高いデザインを行うことが可能となると考えている．そのようなシステムを実現するためのインタフェースの開発に我々は取り組んでいきたい．

インタラクティブなラインストーンデザイン

An Interactive Design System for Rhinestones

五十嵐 悠紀*

概要. 初心者がラインストーンデザインを楽しむためのインタラクティブなドローソフトを提案する．ラインストーンデコレーションは同じ大きさのストーンを並べていくことで図柄をデザインするものであるが，初心者がデザインするのは難しく，通常は専門家がデザインした書籍やシートなどを利用して楽しむことが多い．本提案システムは，ユーザが通常のドローソフトのように自由に図柄をデザインしていくとシステムがユーザの描いた線を元にラインストーンの制約に基づいてインタラクティブにラインストーンを並べたデザインを提示する．また，ラインストーンを実際に制作する際にはカッタープリンタを用いてラインストーンの制作支援型版を出力することを提案する．通常ラインストーンデザインをする際には，このような制作支援型版は使われていないが，この制作支援型版を利用することで穴に合わせてラインストーンをのせていくだけで簡単に実際のラインストーンデコレーションを施すことができることがわかった．

1 はじめに

ラインストーンとは鉛ガラス製の模造ダイヤモンドであり，ドレスの装飾やネイルアートなどに用いられる．ラインストーンは特に若者の間でブームになってきている。彼らは携帯電話，鏡，洋服やバッグなどの既製品にラインストーンを用いて独自のデコレーションを施して楽しんでいる．しかし自由にデザインするのは難しく，専門家がデザインしたシール状になったラインストーンを購入したり，店頭でプロがデザインしてくれるサービスなどを利用したりして楽しんでいることがほとんどである．実際にラインストーンでデザインをするときには，ラインストーンの幅や描きたい絵の大きさ，線の長さとのバランスなどを考慮しながらラインストーンを並べていく，もしくは敷き詰めていく必要があり，試行錯誤しながらデザインを進めていく．図 1 のように下絵を用意してその上にラインストーンを並べていき，最後に下絵を取る，というようなことも行われているが，下絵を取った時にきれいな絵になっていることはあまりなく，調整が必要になってくる．この図 1 の例も口と手元の特徴が表せておらず，線画においての特徴的な点にうまくラインストーンを配置していく必要がある．

そこで我々はラインストーンデザインのためのドローエディタを提案する．ユーザは自由にストロークを描いていくと，システムはインタラクティブにユーザの描いたストローク上に制約を保ちながらラインストーンを並べていくことでラインストーンをデコレーションしていく (図 2)．ラインストーン同士が重ならないようにする計算などはシステムが行い，ユーザはそのような制約を気にすることなく図柄をデザインしていくことができる．オフラインの手法はモザイク画 [1] などで研究されているが，我々の手法はインタラクティブにユーザに提示するものである．

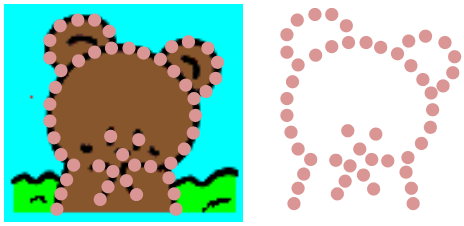


図 1. 下絵を用意してその上にラインストーンを並べた例．下絵を取った時にきれいな絵になっていることはあまりなく，調整が必要である．

また，ラインストーンを実際に制作する際にはカッタープリンタ [2] を用いてラインストーンの制作支援型版を出力することを提案する．通常このような型版は使われていないが，この型版を利用することで穴にあわせてラインストーンをのせていくだけで簡単に実際のラインストーンデザインを施すことができることがわかった．

2 ユーザインタフェース

本章ではラインストーンのデザイン過程での支援とデザイン後の実際の制作過程での支援にわけて述べる．

2.1 ラインストーンデザイン支援

図 3 にプロトタイプシステムを示す．ユーザが通常のドローエディタのようにキャンバス上にスト

Copyright is held by the author(s).

* Yuki Igarashi, 日本学術振興会 (筑波大学)

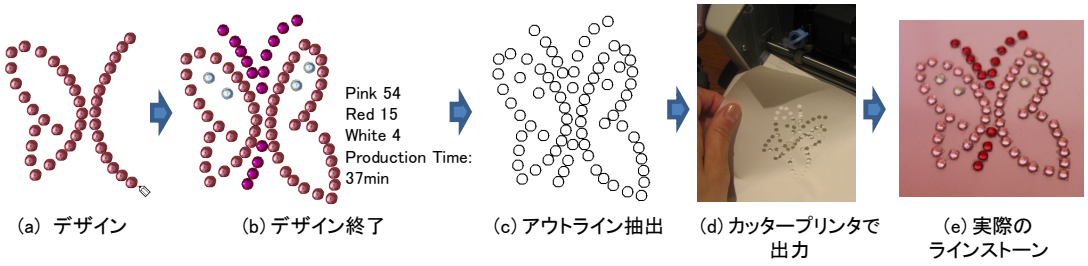


図 2. システムの概要．ユーザは通常のドローソフトのように図柄をデザインする．システムは自動的にユーザのストロークに合わせてラインストーンをデザインしていく．カッタープリンタを用いて図柄を印刷・裁断することで，穴に合わせてラインストーンをのせていくことができ，初心者でも簡単にオリジナルなデザインを楽しむことができる．

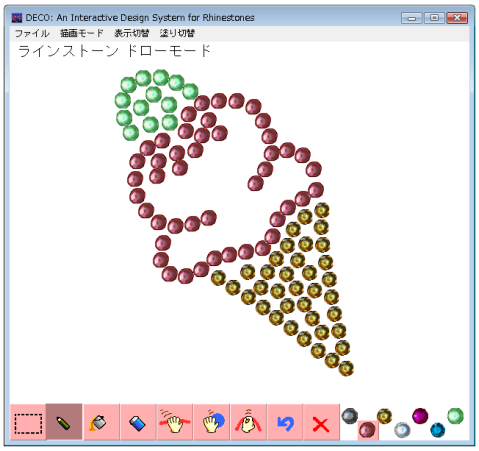


図 3. システムのスクリーンショット．

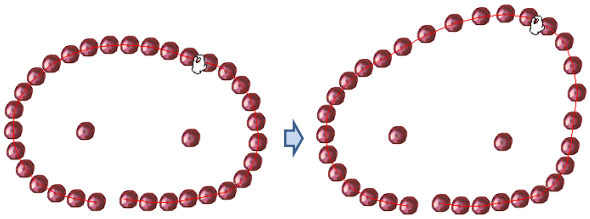


図 4. つまんでひっぱるとインタラクティブにラインストーンの個数や位置が変化する．

ロークを描くと，システムはインタラクティブにラインストーンを重なりがないように並べていく．ストロークはポリラインで表現されているため，移動，消去，色の変更など基本的な編集は簡単に行うことができる．図 4 のようにユーザは描いたストロークをつまんでひっぱり編集することもできる [3]．ストロークをつまんでひっぱっている間はストロークの長さに応じてラインストーンの数や並ぶ位置などもインタラクティブに変化する．

ユーザはシステムに写真や絵を入力することもできる (図 5)．入力した絵を参照しながらデザインすることで初心者でも簡単にデザインしていくことが可能である．

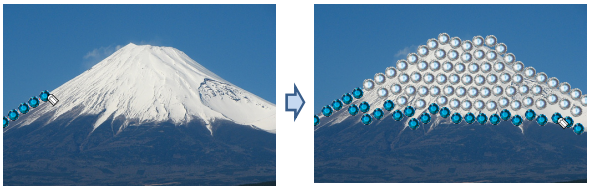


図 5. 写真を入力してトレースすることでデザインしていくこともできる．

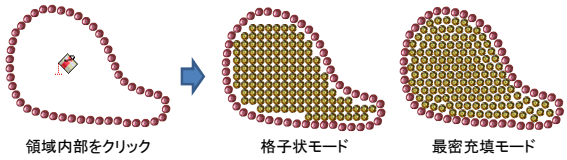


図 6. 敷き詰め機能でのラインストーンの敷き詰め．

図 6 のように敷き詰め機能を使うことで，すでに描かれたラインストーンで囲まれた内部にラインストーンを敷き詰めることができる．デザインによって「格子状モード」(図 6(b)) と「最密充填モード」(図 6(c)) を用意してあり，切り替えることができる．格子状にする利点は，すでに格子状にラインストーンが並んだ接着剤付きのシートを使うことができ，広範囲にわたりすばやくきれいに敷き詰めることが可能になる．そのため，既存のラインストーンデザインは格子状にしているデザインが多い．しかし，1 つ 1 つのラインストーンを手作業で貼る場合には「最密充填モード」を使うことによって領域内を均等に敷き詰めることができ，見栄えもより良くなる．実際の専門家がデザインする際にもこの 2 種類の敷き詰め方を使い分けていることから，本システムでも 2 種類のモードを用意しユーザが切り替えられるようにした．

1 つのラインストーンに対して変更を行いたいと

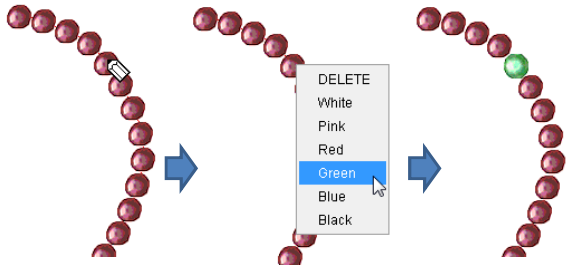


図 7. 指定のラインストーンの上で右クリックすることでポップアップが開き，色を変更したり消去したり，1 つだけ移動させたりなどの操作が可能．

きにはターゲットとなるラインストーンの上で右クリックをすることでポップアップが開く (図 7)．希望の機能を選択することで色を変更したり，削除したり，1 つのラインストーンだけを移動させたりすることができる．1 つずつのラインストーンの半径を調整することも可能である．

2.2 制作過程支援

デザインが複雑になればなるほど制作時間は大幅に増えていく．本システムではおおよその制作時間の提示をユーザがデザインしている段階からインタラクティブに提示する．これによりユーザが 30 分程度で作りたいデザインなのか，3 時間かけて作りたい複雑なデザインなのかを考えながらデザインしてくことができる．制作に必要なラインストーンの色ごとの個数も計算して提示することでラインストーンを購入する際も楽になる．

また，デザインした図柄を実際にラインストーンデコレーションしていくのは難しい．通常，図柄をトレースして，デザインをしたい物体 (携帯など) にデザインを書き写し，そのうえに丁寧にラインストーンを載せていく．我々はユーザがデザインした図柄をベクター形式で出力し，カッタープロッタを用いて，実際のラインストーンデコレーションのための制作支援型版を作成することで制作支援を行うことを提案する (図 8)．このような手法は実際のラインストーンデコレーションでは使われていないが，この制作支援型版さえあれば初心者でも簡単にデコレーションできることがわかった．

ユーザはデコレーションしたい部分に出力した制作支援プレートをのせ，動かないようにテープなどで固定し，その穴に沿って接着剤を付けたラインストーンをのせていけば良い．この過程では PC は必要ないため，より手軽にラインストーンデコレーションを楽しむことができる．デザインによっては数時間かかることもあるがこの作業を趣味として楽しむ人も多い．

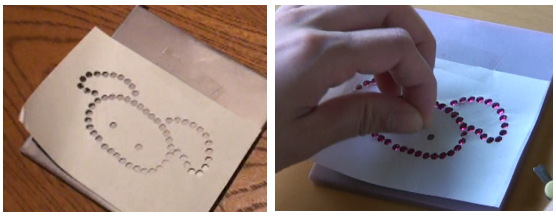


図 8. 制作支援型版を用いることで，簡単にデコレーションしていくことができる．

3 アルゴリズム

システムは Java™ で実装した．本システムはノート PC(Intel Core2 Duo CPU 1.40GHz，RAM 3.00GB) でリアルタイムに稼働する．本章ではアルゴリズムの詳細を述べる．

3.1 ストロークからのラインストーンへの変換

内部の表現はベクター形式で保持している．ラインストーンの半径を r とする．本システムでは $r = 5.0(mm)$ と設定したが，使いたいラインストーンの大きさによってユーザが設定を変更することができる．また，ラインストーンとラインストーンの幅を m とする．本システムでは $m = 1.0(mm)$ とした．

ユーザがストロークを描くと，リアルタイムでラインストーンを置いておく (図 9)．マウスイベントが発生した始点 P_0 にラインストーンを置いたあと，次のマウスイベントの入力点 P_1 にラインストーンが置けるのであれば前回置いたラインストーンから今までの位置に等間隔にラインストーンを置いていく (図 9 a, b)．

描いたストロークは等間隔 $(2 \cdot r + m$ ごと) にサンプリングする．始点は動かさずに等間隔に並べていく．すでに $n-1$ 個のラインストーン $S = \{s_0, s_1, \cdots, s_{n-1}\}$ がデザインされており，新しくラインストーン s_n を場所 $v(x, y)$ に置きたいとき，この位置に置けるかどうかの判定は，以下のように求める．ラインストーン s_i の半径を r_i，ラインストーン同士の距離を $d(s_i, s_j)$ としたとき，

$$d(s_n, s_i) - (r_n + r_i + m)$$

をすべての $i = 0, \cdots, n-1$ に対して計算し，すべてラインストーン s_i においてこの値が正のとき，$v(x, y)$ にラインストーン s_n を置けると判定する．

マウスでのドラッグ操作中に，描いたストロークにおける特徴的な点を検出しておき，その頂点には必ずラインストーンがおかれるようにリアルタイムに調整も行う (図 9 c, d)．

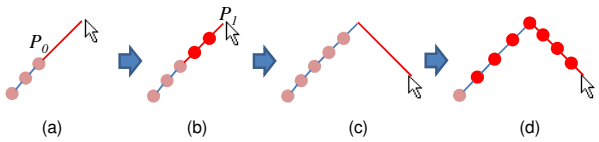
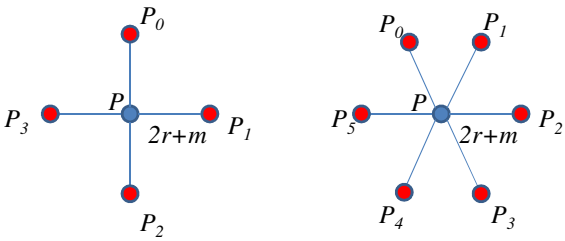


図 9. ストロークからラインストーンへの変換アルゴリズム．(a) マウスのドラッグイベントが発生したら，(b) 前のラインストーンに続けてラインストーンを等間隔に配置していく．(c) 入力ストロークの特徴的な点を検出して，(d) 特徴点にはラインストーンが必ず来るように間隔をリアルタイムに調整する．



(a) 格子状敷詰　　(b) 最密充填敷詰

図 10. 近傍頂点列の計算．

3.2 敷き詰めアルゴリズム

領域内に敷き詰める場合，図 6 のように「格子状モード」と「最密充填モード」の 2 種類を用意した．どちらもユーザが敷き詰め機能を選択してから、ラインストーンで埋めたい領域の内部をクリックすることで Flood-fill が始まる．

まず，着目している点 P にラインストーンを置いたとき，近傍のラインストーンを置ける近傍頂点列 $Neigh(P) = \{P_0, P_1, \cdots, P_n\}$ を求める．格子状に広げるモードの際には、図 10(a) のように上下左右の 4 近傍のみを計算する。最密充填モードのときには半径 $2 \cdot r + margin$ の円を描き，t 分割した点列を近傍頂点列とする．最も敷き詰めて並べられる個数が図 10(b) のように $t = 6$ のときであるため，これを利用した．近傍頂点列が計算できたら，この点列の位置にそれぞれラインストーンが置けるかどうかを計算し，置けるときはラインストーンを置いて、その近傍に関しても同様に繰り返す．ラインストーンが置けないときには何もしない．

最密充填敷き詰めモードにおいては，一度敷き詰め終わった後，ラインストーンの位置を調整する．これには Liu らの重心ボロノイ分割 (Centroidal Voronoi tessellation) を効率的に計算する手法 [4] の考えを用いた．図 11(a) である初期の敷き詰めの際に周囲のラインストーン列 O と内部のラインストーン列 I を保持しておく．次に，ステップ 1 として，ラインストーン $s \in \{O \cup I\}$ に対してボロノイ図を

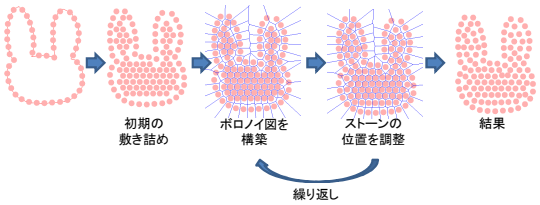


図 11. ランダム敷詰めモードのアルゴリズム．

構築する (図 11(b))．ステップ 2 として，ラインストーン $s \in I$ に対して，それぞれのボロノイ領域の中心にラインストーンが来るように移動させる (図 11(c))．このステップ 1,2 を収束するまで繰り返す．動かすラインストーンがなくなったとき収束したとする．この過程を加えることで図 11(d) のようなに敷き詰めたような結果を得ることができる．厳密には疑似的な最密充填であるが，リアルタイムに計算可能となる．

3.3 制作時間の提示

制作時間にはラインストーンの個数を n とし，1 個のラインストーンを穴にあわせて物体に貼るのにかかる時間を w としたとき，$n \cdot w$ とした． この w の値は数人でテストをした結果，$w = 30sec.$ とし，ユーザへの提示は分単位で切り上げて表示した．個人差はあるもののおおよその制作時間が提示されることでユーザがデザインしやすくなる．w は個人が自分の早さに合わせて設定し直すことができる．

3.4 制作支援型版の出力

デザインし終わった図のラインストーンの外形をベクトル形式で出力し，カッタープロッタ (e.g., CraftROBO [2]) で出力する．これにより，ラインストーンと同じ大きさの穴のあいたラインストーン制作支援型版を作ることができる．通常のラインストーンデザインではこのような支援型版は使用しないが，我々はこれを使用することで実際のデコレーションの過程も簡単にデザインを施していくことができることを確認した．本システムではベクトル形式として DXF 形式をサポートしている．

4 結果

図 12 に本システムでデザインした例を示す．これらのデザインが数分でデザインすることができた．また，カッタープロッタを用いてラインストーン制作支援型版を出力したことで実際にパソコンや鏡などにラインストーンデコレーションを施すことが簡単にできた．2010 年 10 月に日本科学未来館で小学生を対象に本システムを用いたワークショップを開催する予定であり，実証実験を兼ねた検証を行う．

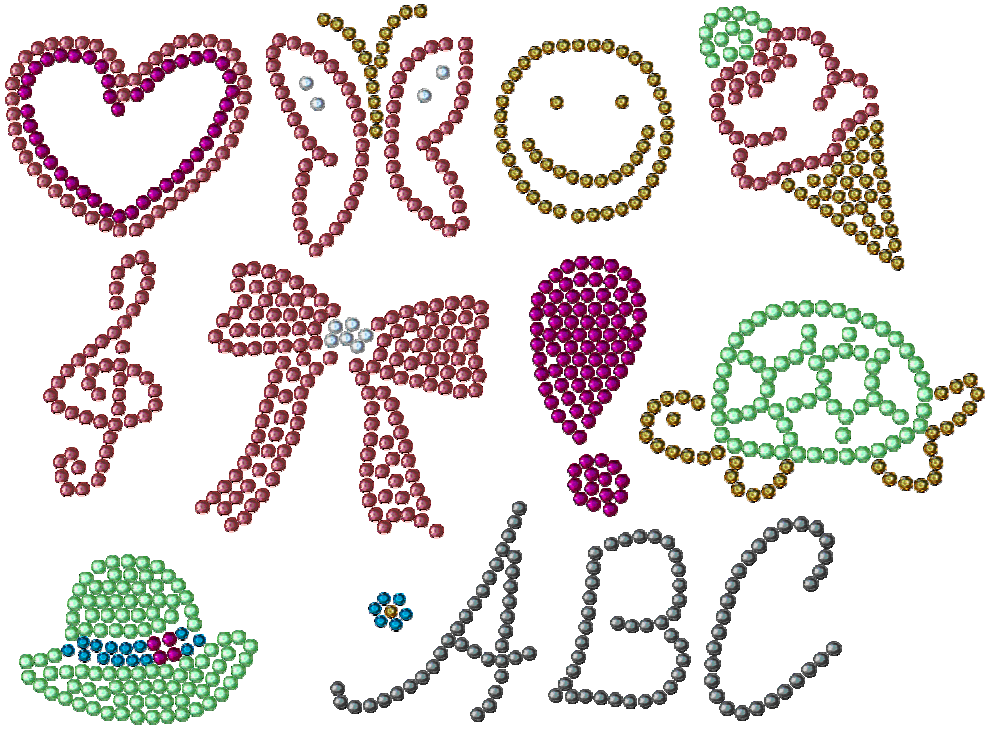


図 12. 本システムでのデザインの例.

5 まとめと今後の展望

オリジナルの装飾を個々の持ち物に施す人が増えてきており，ラインストーンデコレーションは年々親しむ人が増加し続けている．洋服などにアイロンで定着させるラインストーンシートや携帯電話にデコレーションするプラスチック用シートなどが販売されているが，自らのデザインでデコレーションすることは難しく，デザイン用のテキストを見ながらデザインするのが現状である．また，店頭で携帯電話に専門家にデザインしてもらうようなサービスも普及している．家電製品に関しても購入者を対象にラインストーンデコレーションをほどこす専門家を売り場に配置するという電気屋の戦略 [5] も始まっており，ラインストーンでのデコレーションの人気は今後も続くと考えられる．

また，ラインストーンを並べていくだけでなく，同じ形状を並べることでデザインする手法は他にも応用されている．例えば，宮島の観光案内図に使用されているデザインは穴を使って 1 枚の板にデザインをほどこし，背面から蛍光灯をライトアップさせている掲示板である (図 13 上段)．さらに，布を 2 枚用いて，穴でロゴをデザインしてあるバッグ [6] などもある (図 13 下段)．これらは専門家がデザインしているが，本システムを応用することで初心者でも簡単に同様のものがデザイン可能になる．

現在は敷き詰める形状を正円に限定しているが，

図 13. 穴を利用したデザイン．(上段) 穴をあけた板の後ろから蛍光灯を照らす宮島の観光案内版．(下段) 穴でロゴをデザインしたバッグ [6]．

今後は様々な形状でデザインしていけるようにしたい．また，我々はこれまで手芸・クラフト分野における設計支援に関する研究 [7, 8] を行ってきたが，手芸・クラフトの分野だけでなく，専門家しかデザインしてこなかったようなものを素人でもデザインできるようにコンピュータで支援する枠組みをさらに広げていきたい．

参考文献

[1] A. Hausner. Simulatiing Decorative Mosaics. In *Proceedings of the 28th annual conference on Computer graphics and interactive techniques*, pp.573-580,2001.

[2] Graphtec. Craft ROBO.

[3] T. Igarashi, T. Moscovich, and J. F. Hughes As-rigid-as-possible shape manipulation. *ACM Transactions on Graphics*, vol.24, no.3, pp.1134–1141, 2005.

[4] Y. Liu, W. Wang, B. Levy, F. Sun, D. -M. Yan, L. Lu, and C. Yang. On Centroidal Voronoi Tessellation - Energy Smoothness and Fast Computation. *ACM Transactions on Graphics*, vol.28, no.4, article no.101, 2009.

[5] ヤマダ電機「LABI 新宿東口館」. 2 階デコレーションコーナー.

[6] Louis Vuitton. http://www.louisvuitton.com/.

[7] 五十嵐 悠紀. コンピュータを用いた手芸設計支援に関する研究. 博士学位論文, 平成 21 年度 東京大学大学院 工学系研究科. 2010.

[8] Y. Igarashi and T. Igarashi. Holly: A Drawing Editor for Designing Stencils. IEEE Computer Graphics and Applications. 30(4), 8-14, 2010.

未来ビジョン

これまで手芸分野では，専門家がデザインした作り方の書籍や制作キットを購入して手芸を楽しむ人が主であった．これは手芸作品ができあがり形状のデザインをするためにはその制作図案を設計しなければならず非常に難しいためで，専門家であっても経験と勘を頼りに手作業で試行錯誤をしながらデザインを行うことが多い．我々は手芸を楽しむ人々が自ら「デザイン (設計)」をできるようにコンピュータで設計支援を行う研究を行ってきた [1,2,3]. 「物理的な制約の下での形状モデリング」の枠組みを提案し，さまざまなアプリケーションを開発することで，初心者 (特に子供たち) でも簡単にデザインを行えるようになった．これにより「初心者による手芸作品設計」ができる世の中が始まると考える．今後，さらに発展させるためには，手芸を対象とした作業の知的支援システムの構築を目指したい．デザインの際のノウハウ，実際の手芸制作時の支援，成果などをネットワークを介したデータベース等で共有することで初心者が出来ない部分をそっと背後から支援することが可能になるだろう．

また，従来，日本の学術研究は論文や特許として成果を発表されることが多く，一般の人の目に触れることがあまりなかった．我々はユーザスタディを日本科学未来館において公募で行うことにより，体験型教育科学フィールドワークを続けてきた．この体験型教育科学フィールドワークの大切さ，重要性を広める啓蒙活動を今後も行い，科学に興味をもつ子どもたちの育成支援を教育・研究の場から取り組んでいくことで，大学での研究成果を発表する体験型教育科学フィールドワークの場の確立を目指していく．フィールドワークの場を確立することで一般の人々が最先端の科学技術に触れることができる世の中になり，研究という仕事、研究者という職業が身近になる．これにより，昨今の理系離れ，科学離れにストップをかけることが可能となり，未来の研究者 (子供たち) を増やすことがねらいである．

[1] Yuki Mori, et al. “Plushie: An Interactive Design System for Plush Toys.” ACM Transactions on Graphics (SIGGRAPH 2007), 26(3), 45:1-8, 2007.

[2] 五十嵐 悠紀ら. “あみぐるみのための 3 次元モデリングと製作支援インタフェース”, 日本ソフトウェア科学会論文誌「コンピュータソフトウェア」,26(1), 51-58, 2009.

[3] Yuki Igarashi, et al.“Holly: A Drawing Editor for Designing Stencils.” IEEE Computer Graphics and Applications. 30(4), 8-14, 2010.

実時間固有値解析による対話的な鉄琴のデザイン

Designing Custommade Metallophone with Concurrent Eigenanalysis

梅谷　信行　　高山　健志　　三谷　純　　五十嵐　健夫*

Summary.　本稿では自由な形状の鉄琴をデザインするための対話的なシステムを提案する．通常，鉄琴を構成する個々の音板は，それらをバチで叩くまではどのような音を出すか知ることができない．そのため，任意の形の音板をデザインすることは難しく，ほとんどの鉄琴の音板の形状は音高を解析的に求めることができる長方形に限られてきた．本研究では対話的な形状編集の最中に，その形状をした音板の固有値解析を実時間で行うことで，音板を叩いたときの音をリアルタイムにフィードバックするシステムの開発を行った．このシステムを用いることで，目的の音の出る音板の形を自由に設計することができる．ユーザテストによって，鉄琴に関する知識を持たないユーザでも，本システムを使うことで，正しい音階をもった音板を自由にデザインできることが確認された．本稿で提案する実時間の固有値解析と対話的な形状編集の融合という概念は，鉄琴以外にも様々な楽器のデザインに応用できる可能性がある．

1　はじめに

近年，有限要素法などの物理シミュレーションは人工物の設計に欠かすことができないものとなっている．しかしながら Computer Aided Engineering(CAE) と呼ばれる設計用途の数値解析システムの多くは与えられた設計をオフラインで評価するツールに過ぎない．一般的にそれらは設計が要求仕様を満たすかどうかを調べるのみに使われ，設計の改善を支援するものではなかった．そこで我々のグループではモデリングの作業中にオンラインの数値計算により，対話的かつリアルタイムにフィードバックを返すことで，これまでに難しかったデザインを可能にする研究を行っている [17]．本稿ではその考え方を特に楽器のデザインに応用した例を紹介する．

アコースティック楽器はそれぞれ典型的な形や外見があり，外見に僅かな違いを持たせることは出来ても，基本的な形を大きく変えることはできない (例えば，ほとんどの鉄琴の音板は長方形である)．それらの形は長年の間に洗練されてきたものであるが，楽器自体をありふれた個性の無いものにしがちである．アコースティック楽器の形と音は互いに密接に関係しあっているので，デザインを大きく変更することは難しい．アーティストごとにオリジナルなデザインが使われることが多いエレキギターのように，個性やメッセージをその外見を通じて伝えることはアコースティック楽器を制作する上で大きな課題の一つである．

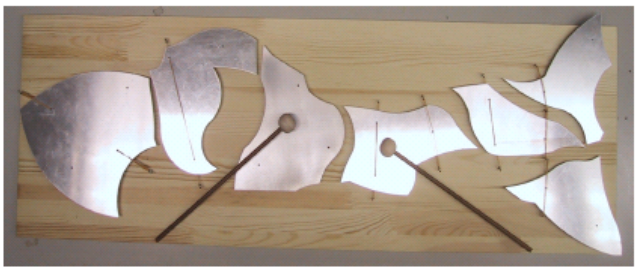


図 1. 魚型にデザインされた鉄琴

本稿では計算機の支援によりオリジナルの楽器をデザインするシステムを紹介する [15, 16]．楽器の発する音の予測に関する既存の研究と同じく，鉄琴の音は有限要素法 (FEM) を使って計算される．しかしながら，本研究のアプローチが画期的なのは，既存の研究では前もって決められた形状の上で FEM がなされるのに対し，本研究では連続的に FEM の計算を行いながらユーザが形状を編集できるようにした点である．オフラインのシミュレーションでは，形状を試作しては改善するループを何周も繰り返す必要であるが，形状編集中の実時間のフィードバックにより，ユーザはより良いデザインを素早く簡単に模索することができる．このようなシミュレーションからの即座の応答は，形状とそれに起因して起こる現象との相関関係が直感的に理解できるという点で教育目的にも有用だと考えられる．

本稿では鉄琴の自由形状のデザインを題材として，我々の概念の有効性を実証する．ここで鉄琴とは金属の板 (音板) がバチで叩かれた際の振動によって，あらかじめ決められた音階の音の高さ (音高) を持つ音を発生させる楽器のことを指す．音板は通常四角

Copyright is held by the author(s).

* Nobuyuki Umetani, 東京大学大学院，五十嵐デザインインターフェースプロジェクト Kenshi Takayama, 東京大学大学院，五十嵐デザインインターフェースプロジェクト Mitani Jun, 筑波大学，五十嵐デザインインターフェースプロジェクト Igarashi Takeo, 東京大学大学院，五十嵐デザインインターフェースプロジェクト

形であり，このような至極単純な形状に対しては目標とする音階に対して解析的に音板の寸法を決めることができる [4]．しかしながら，任意の形の鉄琴をデザインすることは形状と音との関係が直感的には理解できないので難しい．そこで対話的な形状編集と実時間の数値解析の融合というアプローチによって，このように物理的制約によって大きく拘束された形状のデザインを可能にした．図 1 に我々のシステムでデザインされた鉄琴の一例を示す．

本稿では，まずこの分野の既存研究を紹介し，次にユーザインタフェースと実装の詳細を説明する．その後，システムの速度とユーザスタディの結果を示し，最後にまとめと今後の課題について述べる．

2 関連研究

FEM による楽器の解析は既に確立した研究分野であり，例えばピアノ [8] やギター [1] や木琴 [2] などの様々な楽器の発音機構について多くの研究がなされている．Schoof[14] らはカリヨンの最適な形状を求めるために有限要素法による固有値解析を用い，楽器のシミュレーションとデザインを結び付けている．しかしながら，ほとんどの固有値解析はオフラインの評価ツールとしてのみ使われ，形状編集との融合はされてこなかった．

本研究の目的は数値計算を使って設計プロセスを補助することである．本システムは細部の設計に入る前に数値解析を行うという点で，First Order Analysis(FOA)[11] と似たコンセプトを持っている．また，Masry と Lipson は FEM 解析機能を備えたスケッチベースの三次元モデリングシステムを開発し [9]，設計の初期段階で簡単に試行錯誤ができるシステムを開発した．しかしながら FOA も Masry らのシステムもモデリングした後に解析するという意味で既存の CAD/CAE システムとあまり変わりない．これらとは対照的に，提案するシステムでは，数値解析はデザインの最中に行われる．

最後に本グループで行われている，専門的知識を持たないユーザによる実世界物体のデザインをシミュレーションを用いて支援するシステムについて研究の一部を紹介したい．Mori らは簡易の布のシミュレーションを用いたインタラクティブな縫いぐるみのモデリングソフトウェアを提案した [10]．Furuta らは薄肉シェル要素のシミュレーションに簡易な形状最適化を組み合わせたバルーンのデザインシステムを開発した [6]．また，Furuta らはモビールのようなキネティックアートが簡単にデザインできるシステムについても研究を行っている [5]．Saul らはインタラクティブな剛体のシミュレーションにより，座り方を簡単に試行錯誤できる椅子のデザインシステムを提案している [13]．

3 ユーザインタフェース

この章では鉄琴のデザインシステムをユーザの視点から記述する．図 2 に提案するシステムの概観を示す．システムは基本的には二次元の形状編集ツールであり，音板の形状をクリックとドラッグにより直接操作する．FEM の固有値解析はユーザの形状操作の最中に連続的になされ，予測された音高は数値やスピーカーからの音で視覚的・聴覚的にユーザにフィードバックされる．システムは音板の振動時の変形についても三次元 CG で表示する．このようにして，ユーザは目的の音が出ているかを確認しながら，インスピレーションの赴くままに形状を模索することができる．

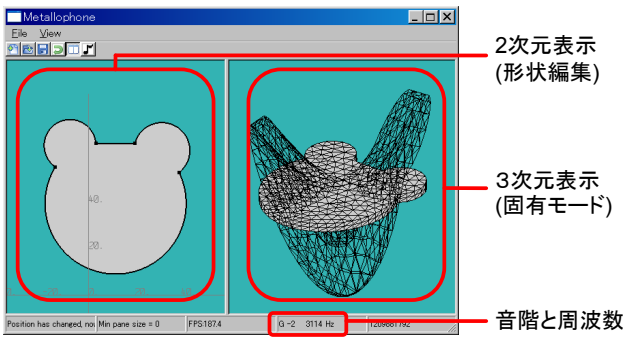


図 2. 鉄琴のデザインシステム．左は音板の輪郭形状で，右は振動モードを三次元的に示している．音高は数値と音の両方でユーザにフィードバックされる．

図 3 に本システムが提供するモデリングの機能を示す．音板の二次元形状は頂点によって接続された弧や直線の内側の領域として表現される．ユーザは頂点をドラッグしたり，弧をドラッグして半径を変えたりする．また，ユーザは頂点の追加や削除をすることができる．

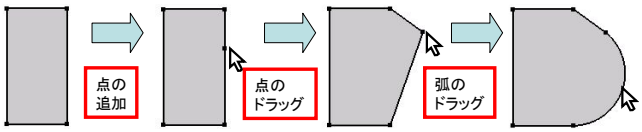


図 3. 提案システムでの形状編集：点の追加・削除，円弧のドラッグ

システムは音板がバチで叩かれたときに発する音の高さを形状編集の最中に連続的に予測する．予測された音の周波数は画面上に数値として視覚的に表示され，また同じ周波数を持つ正弦波をスピーカから鳴らすことで聴覚的にもフィードバックされる．ユーザが形状を編集するにつれて，スピーカーからの音や周波数の数値は連続して変化する．大きな鉄琴の音板は低い音を生み出し，逆に小さな板は高い音を生み出す傾向があるが，ユーザはこのような一

般的な性質を形状編集をしている最中に対話的に観察し学習することができる

システムは鉄琴の音板が振動する変形の様子を予測し，三次元 CG を用いてユーザに表示する．実際の音板の変形は目に見えないほど小さいので，システムはこれを拡大表示する．実際に制作した音板を台に配置する際は，音板の変位が小さい箇所を台座に固定する必要があるので，変形の様子を表示することでユーザがどのようにして音板を固定するかを決める際に役に立つ．

システムは個々の音板のデザインのみを支援し，実物の制作はユーザが行う．図 4 に鉄琴の制作する過程を示す．ユーザはファイルに板の輪郭形状情報を出力し，ワイヤ放電加工機に読み込ませて板をデザインどおりに切断する．音板はバンドソーを使って手動でも切断することができる．実際の音板の加工には必ず誤差が生じるので，デザインした形を切り出しても予測された音が生じないことがある．このような場合は音板の縁をヤスリがけして調律する．システム内で形状を実際変えることで，どの辺を削るとどの程度音高が変わるのかを調べることができ，調律にも本システムは効果的である．最後にユーザは，システムが提示する音板の三次元的変形を参考に音板の固定箇所を決め，フェルトや輪ゴムなどを用いて，振動を邪魔しないように緩く台に固定する．

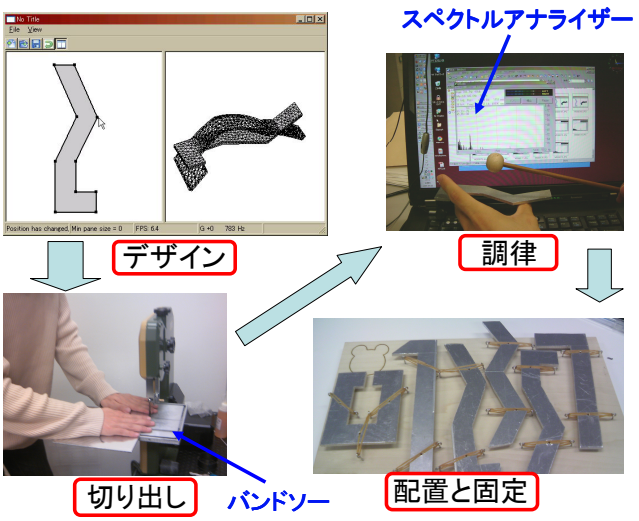


図 4. 鉄琴を製作する過程：音板を切り，調律し，音板を木の板に固定する．

4 実装

4.1 FEM モデル

本システムの現在の実装では，音板は二次元の形状を垂直方向に押し出した三次元の線形弾性体としてモデル化されている．図 5 に本研究で用いられた音板の有限要素法固有値解析のためのメッシュの様子を示す．三次元形状の内部にメッシュを生成するために，まず二次元形状の内部を三角形分割し，個々の三角形を法線方向に押し出したプリズムを分割することで四面体に分割した．生成されたメッシュ上で FEM の固有値計算を行い，音板の音高を予測した．固有値計算では音高が固有値として，振動による変形が固有モードとして計算される．シミュレーションのパラメターは異なる材料ごとに細かくキャリブレーションする必要があった．本研究では 4 ミリ厚のアルミの板を用いて鉄琴を作成した．

板の曲げに線形四面体要素を用いており，“Shear Locking”[18] と呼ばれる精度の悪化には注意が必要である．解析精度を保つために，四面体メッシュの過剰な歪を避けねばならない．音板は四面体で分割された二つの層に分割され，四面体要素の最も長い辺が，最も短い辺の二倍以内の長さに収まるように分割した．四面体の代わりに厚肉板要素を用いる方が適切だと思われるが，四面体要素は実装が簡単であり，十分な精度を持っていたので四面体要素を用いた．厚肉板要素を用いることは今後の課題である．

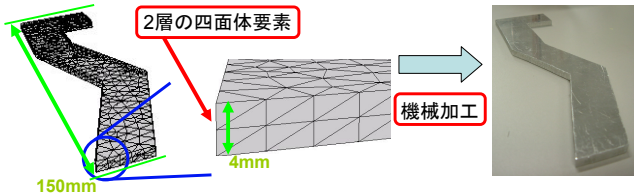


図 5. FEM の離散化に用いられたメッシュ．二次元の三角形要素を突き出して作った四面体要素を 2 段に重ねたものを用いている．

4.2 メッシュの変形

ユーザが形状を編集している間，連続して音高をシミュレートするために，メッシュを形状に沿うように変形させる．メッシュをユーザが定める形に変形するために，システムは辺上の点をまず初めに移動させる (図 6b)．辺上の頂点の移動のみでは，付近のメッシュに変形が集中してしまうために，なるべく三角形の辺が同じ長さになり，三角形が正三角形に近くなるように領域内部の節点の位置を動かす (図 6c)．この辺の長さの均一化には，メッシュの変形が小さい場合は Laplace Smoothing を用い，ユーザによる境界の変更が大きく、メッシュが歪んでしまった場合は Delaunay Smoothing を適用して，節点同士の接続関係を変更することで歪をできるだけ小さくした．

4.3 音板の固有値解析

音板の振動を固有値解析する際には、音板が無重力空間中に外から力を受けずに何処にも固定されず

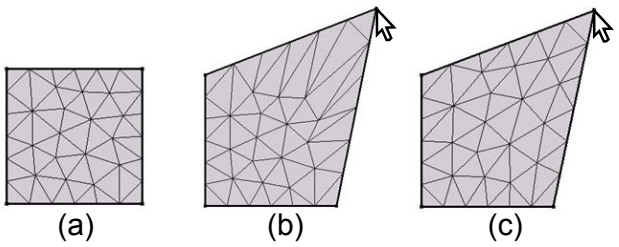


図 6. メッシュが均一になるように Laplace Smoothing を用いて頂点を動かす様子

に浮かんでいるとして境界条件を定めた (これによって剛性行列は特異になる)．特異な行列に対する一般化固有値問題は航空宇宙の分野でよく研究されている [3, 7]．典型的なこの問題の解法は剛性行列を質量行列を用いてシフトし，ランチョス法やヤコビ法を使って固有値分布を求め，個々の固有値に対して逆反復法を適用する方法である [12] が，本研究では最も低い固有値のみを求めればよく，固有値分布は不要なので計算の負荷を下げることができる．また，剛性行列のカーネルが並進と回転のみであることに加え，逆反復法の初期値として前回の計算結果を再利用できるという利点も加味して，以下に詳しく示すような固有値解析アルゴリズムを採用した．

有限要素法離散化された固有値問題は次のように行列形式で書くことができる

$$\bar{M}\ddot{u} + Ku = 0 \tag{1}$$

ここで u は節点の変位ベクトルで，$\bar{M}$ は集中質量行列であり，K は半正定値の剛性行列である．変位 u を空間的分布をもつ　と角速度 ω の調和振動子の積 $u(x,t) =$　$(x)e^{i\omega t}$ に分離することで次のような一般化固有値問題として表すことができる．

$$K \quad = \lambda \bar{M} \tag{2}$$

ここで固有振動数 f は $f = \omega/(2\pi) = \sqrt{\lambda}/(2\pi)$ となる．式 (2) の最も小さな固有値 λ とそれに対応する固有ベクトル　を次に求める．

集中質量行列は $\bar{M} = LL^T$ のように Cholesky 分解され，式 (2) の両辺の左側から L ^{1} を掛けると，次の標準固有値問題に帰着させることができる．

$$A\psi = \lambda\psi \tag{3}$$

ここで $A = L$ $^1KL^T$ であり，$\psi = L^T$　である．この固有値問題は一般的な逆反復法に固有値 0 のモードを避ける手続きを加えた方法で解かれている．問題設定により，A のカーネルは既知であり，並進 3 自由度と回転 3 自由度である．L^T $^i_0(i = 1 \ldots 6)$ に修正 Gram-Schmit 法を適用することにより A のカーネルを張る $\psi^i_0(i = 1 \ldots 6)$ の正規直交基底を得る．次にカーネルの補空間に射影する次の射影演算子 $P(v) = v$　$\sum \psi^i_0(\psi^i_0$　$v)$ を定義し，これを用いて反復の各ステップにおいて解のベクトルを射影した後，正規化を行う．A は特異な行列であるが，小さな正の値 ϵ を A の対角に加えることで条件数を改善する．この逆反復法を用いて最小の非ゼロ固有値とそれに対応する固有ベクトルが計算されると，式 (2) の固有値は $\lambda_1 = \lambda'$　ϵ のようになり，固有ベクトルは　$_1 = L^T\psi_1$ のように計算される．前回の計算結果を再利用することで解の収束は劇的に良くなる．各反復ごとに処理はメインループにもどり，システムが収束計算を行っている間に，ユーザの入力を受け付けなくなることを防ぐ．

5　結果

5.1　システムの速度

表 1 に本システムの性能をまとめた．計算速度はユーザの操作に依存するために，一秒間あたりのフレーム数を形状の連続的な編集の最中の数秒間を平均して求めた．4 章で説明したように，歪んだ要素を避けるために辺の長さに上限を設けているので，現在の実装では要素の数は板の面積に比例する．このために形状が大きいとシステムの速度が低下するが，現在の計算速度は許容範囲の中だと考えられる．

Size (mm)	#Tetrahedra	FPS	Frequency (Hz)
100 × 30	2196	10.7	1931
150 × 30	3192	4.2	860
200 × 30	4524	3.3	494

表 1. 形状操作中のシステムの性能．2.5GHz の CPU で 2.0GB の RAM の PC でテストされた．左列から順に四角形の音板の寸法，四面体要素の数，一秒あたりの画面の更新頻度，周波数 (Hz).

5.2　アーティストによる試用

本研究ではプロのアーティストに依頼して，開発されたソフトウェアを使って鉄琴をデザインしてもらった．アーティストは時間の制限なくこの作業を行い，もし要求されればソフトウェアの使い方に関する指示も自由に与えられた．金属の板は，アーティストがデザインした形に従い，放電加工機を使って切断された．図 7 に C から B の音階に対応する音板の形を示す．図 1 に個々の音板をデザインした後に音階を調整して鉄琴を組み上げた様子を示す．

表 2 の上 3 行はそれぞれ，目標とした音階の周波数，シミュレーションによって求められた周波数，計測された固有振動数であり，互いによく一致していることが分かる．さらに音板の音を目標に近づけるために手動で音板の縁を削ることで調整した (F のピースは十分に目標に近かったのでこの作業が必要

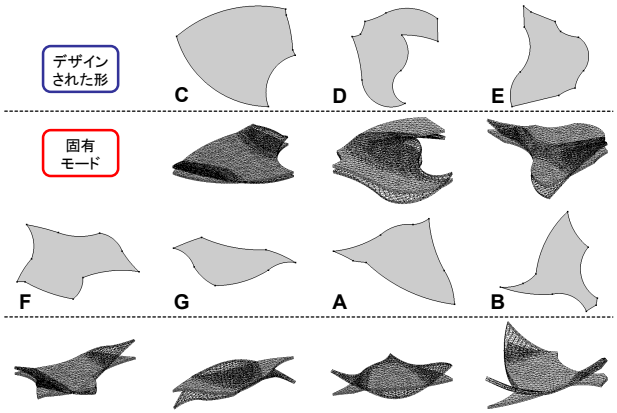


図 7. アーティストによってデザインされた鉄琴．上段は二次元の形状で，下段は三次元の固有モードを示している．

なかった)．表 2 の一番下の行は調整後の実際の固有振動数である．和音にならない倍音成分が音色を不明瞭にしてしまうが，趣味の範囲で使う分には問題ない程度の音質であることを確認した．

Scale	C	D	E	F	G	A	B
Targeted	523	587	659	698	783	880	987
Simulated	525	588	661	699	786	880	989
Measured	506	604	621	698	787	860	993
Adjusted	523	587	659	698	783	881	987

表 2. 本システムによる音高予測精度．表の行はそれぞれ，目標とした音階の周波数，調整前の音板の周波数，調整後の音板の周波数 (Hz) である．

主観的な意見を得るために，製作の後でアーティストにインタビューを行った．アーティストはデザインに約 5 時間かかり，ほとんどの時間が C と D の音板をデザインするのにかかったと報告した．これは低い音階は高い音階よりも大きな面積が必要であり，システムの反応速度を下げたからである．また，アーティストはデザインする上で最も難しかった事は，一つの音板をデザインする時に全体のデザインに注意せねばならなかったことであると報告した．全体のデザインを一貫した物にしつつ音高を目標の音階に一致させることは，個々の音板のデザインに対する大きな制約であり，本システムが無ければ鉄琴をデザインすることは不可能だったとアーティストは述べた．最後にアーティストは形状と音高の関係は，ユーザスタディを終えた後でも依然として理解が難しいと述べた．しかしながらアーティストは，実験前は小さい音板ほど低い音を出すと思い込んでいたが，実験後には小さい鉄琴の音板は高い音を生成する傾向があると正しく学習できていた．

6 まとめ

本稿では，実時間の固有値計算を対話的な二次元のモデリングツールと組み合わせ，シミュレーションからのフィードバックを元に鉄琴の形状をデザインするシステムを開発した．アーティストによる試用を行い，このような難しいデザインが本システムにより簡単にできることが示された．

7 今後の課題

現在の提案したシステムは最小の非ゼロ固有値と対応する固有ベクトルのみを計算している．これは基底音を予測するには十分であるが，より正確に音色を再現するには高次の固有振動数の計算が必要である．音色の解析については今後の課題である．高次の固有振動数を解析するもう一つの興味深い応用として，異なる場所を叩くと異なる音階の音が鳴るスチールドラムのような鉄琴のデザインが挙げられる．

実時間の固有値解析による鉄琴の対話的デザインは，他の楽器のデザインにも応用できる．我々は今後の課題として，オカリナのような吹奏楽器のデザインへの応用することを考えている．この場合は音波の伝達に関する方程式の固有値解析が必要になるだろう．最後に実時間の FEM 解析による対話的なデザインはより一般的な設計の問題に役に立つ可能性があり，楽器以外への応用も試みる予定である．

謝辞

本研究の一部は情報処理推進機構 (IPA) の未踏ユース 2008 年上期 (PM:竹内郁雄) の補助のもとでなされた．アニメーターの辻田幸廣氏には魚型の鉄琴をデザインして頂いた．ここに感謝の意を表す．

参考文献

[1] E. Becache, A. Chaigne, G. Derveaux, and P. Joly. Numerical simulation of a guitar. *Computers and Structures*, 83(2-3):107–126, 2005.

[2] J. Bretos and C. Santamara. Finite element analysis and experimental measurements of natural eigenmodes and random responses of wooden bars used in musical instruments. *Applied Acoustics*, 56(3):141–156, 1999.

[3] H. Cox. Vibration of Missiles: Matric Formulation of the Problem Involving Free and Harmonically Forced Flexural Vibrations. *Aircraft Engineering and Aerospace Technology*, 33, 1961.

[4] N. H. Fletcher and T. D. Rossing. The Physics of Musical Instruments. 6 1998.

[5] Y. Furuta, J. Mitani, T. Igarashi, and Y. Fukui. Kinetic Art Design System Comprising Rigid Body Simulation. 2010.

[6] Y. Furuta, N. Umetani, J. Mitani, T. Igarashi, and Y. Fukui. A Film Balloon Design System Integrated with Shell Element Simulation.

[7] A. Jennings. Natural Vibrations of a Free Structure. *Aircraft Engng*, 34:81–83, 1962.

[8] J. Kindel and I. Wang. Vibrations of a piano soundboard: Modal analysis and finite element analysis. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 81:S61, 1987.

[9] M. Masry and H. Lipson. A sketch-based interface for iterative design and analysis of 3D objects. In *Proceedings of Eurographics workshop on Sketch-Based Interfaces*, pp. 109–118, Dublin, Ireland, Aug 2005.

[10] Y. Mori and T. Igarashi. Plushie: an interactive design system for plush toys. *ACM Trans. Graph.*, 26(3):45, 2007.

[11] H. Nishigaki, S. Nishiwaki, T. Amago, and N. Kikuchi. First Order Analysis for Automotive Body Structure Design. In *ASME DETC*, 2000.

[12] Y. Saad. *Numerical Methods for Large Eigenvalue Problems (Algorithms and Architectures for Advanced Scientific Computing)*. Manchester Univ Pr, 4 1995.

[13] G. Saul, M. Lau, J. Mitani, and T. Igarashi. SketchChair: An All-in-one Chair Design System for End-users. *Fifth International Conference on Tangible, Embedded and Embodied Interaction*, 2010(to appear).

[14] A. Schoofs, F. Van Asperen, P. Maas, and A. Lehr. A Carillon of Major-Third Bells. I. Computation of Bell Profiles using Structural Optimization. *Music Perception*, 4(3):255–266, 1987.

[15] N. Umetani, J. Mitani, and T. Igarashi. Designing Custom-made Metallophone with Concurrent Eigenanalysis. In *Proceedings of the Conference on New Interfaces for Musical Expression(NIME)*, 2010.

[16] N. Umetani, J. Mitani, and T. Igarashi. 実時間固有値解析による対話的な鉄琴のデザイン. 情報処理学会論文誌「インタラクションの基盤技術、デザインおよび応用」特集, 2010 年 6 月 11 日投稿済、現在投稿中.

[17] N. Umetani, K. Takayama, J. Mitani, and T. Igarashi. Responsive FEM for Aiding Interactive Geometric Modeling. *IEEE Computer Graphics and Applications*, 99(PrePrints), 2010.

[18] O. Zienkiewicz, R. Taylor, and J. Zhu. *The finite element method: its basis and fundamentals*. Butterworth-Heinemann, 2005.

未来ビジョン

本研究を通じて我々が目指すのは，それぞれ好みにあったオリジナルな物を個人が自由にデザインできる社会である．私たちが普段手にする物は，大量生産された画一的な工業製品が大半である．消費者は，生産者が一般向けにデザインした物の中から，最も満足のできる商品を探して買うしかすべがない．我々の個々の要求はそれぞれ異なっており，それらを満たすことが未来のモノづくりに要求されている．

本稿では，専門知識のない初心者のために，コンピュータが賢く設計を支援するシステムを提案している．一般的に消費者はデザインする対象について知識や経験を持たないので，消費者がデザインに参加することは難しい．デザインに必要となる知識や経験とは，平たく言えば，どのような設計をするとどのような結果が得られるのかという対応関係を把握することである．これらの対応関係は，様々な試作品を沢山作ってそれを試すことでしか身につけることが出来なかった．本研究では，設計の評価，検証目的で設計の後処理としてしか使われなかった数値解析技術を，設計プロセス自体の中に組み込むことで，何も知らないユーザーでも，インタラクションの中で設計とその結果に対する対応を学習し，設計することを可能にした．

デザインの対象が鉄琴である本研究は，応用できる範囲が狭いと思う人も多いかもしれない．しかし，シミュレーションからの実時間フィードバックを元に設計を改善するという概念は極めて一般的であり，あらゆる人工物の設計に役に立てることができる．本研究で特に鉄琴を用いているのは，音高を音階に合わせるというデザインのゴールが明確な点や，シミュレーションが比較的容易である点や直感ではどのような結果が得られるのかが分からない点など，我々の概念を示すのに都合が良いであるからである．

鉄琴を対象として本概念の有効性が検証できたので，今後はもっと一般的な対象への応用を進めていきたい．光造形などの Rapid Prototyping 技術など近年の生産技術の発達は目覚しく，個別に違う物を安く作ることは可能になってきている．本稿で述べられたシミュレーションを元にしたインタラクティブな設計技術は，誰もがデザインに参加できる創造的な社会の実現の中心的な技術の一つとなるだろう．

Z-touch: 指先姿勢インタラクション可能なマルチタッチシステム

Z-touch: a multi-touch platform using finger posture

竹岡　義樹　　味八木　崇　　暦本　純一*

Summary.　マルチタッチシステムにおいて, ディスプレイ上におけるハンドジェスチャやユーザーが触れようとしているディスプレイ上の位置を用いたインタラクションが注目を集めている. 本研究では, マルチタッチシステムにおいて, ディスプレイ面近傍の物体の高さを検出可能な Z-touch を提案する. Z-touch はディスプレイ面の周りにラインレーザーが取り付けられている. このラインレーザーの照射と高速カメラのシャッター信号を同期させることでディスプレイ面近傍の物体の高さを検出する. これにより, Z-touch は指先の傾きや向き用いたインタラクションを実現することができる. また, 指先の向きや傾きを用いたインタラクションを検証するために Z-touch で動作するアプリケーションを実装した. 本システムの応用として, マルチタッチ上におけるインタラクションに加え, 指先の向きや傾きなどを利用した 3 次元物体の編集機能が考えられる. これは一般的なマルチタッチシステムよりも現実世界の操作に近いため, より直感的に操作できると期待できる. 例えば, 教育現場における電子黒板としての利用や, 医療現場において医師が患者に手術箇所や内容を説明する際に利用されると考えられる.

1　はじめに

画面中のオブジェクトと手や指先で直感的にインタラクションできるマルチタッチシステム [6] が実用化され, さらに近年の研究では, 指先が触れたディスプレイ面の二次元座標に加えて, ユーザーが触れようとしているディスプレイの位置の検出を用いたインタラクション [16], ディスプレイ上の空間を用いたインタラクションが注目を集めている [7].

現実世界におけるインタラクションでは指先が物体に触れる位置に加えて, 指先の向きや姿勢が重要な要素となることが多い. 例えば, 物体をつかむ動作においては, 物体がつかまれる箇所, つかむ指先の姿勢, 物体の表面と指先の角度などによって物体にかかる力が微妙に変化する. このような指先の 3 次元姿勢, 画面と指先までの距離などを検出することができれば, より多様なインタラクションが可能になる. 例えば, ユーザーは画面中のダイヤルを指先の向きによって操作したり, CG 物体の形状を指先の指先の位置と角度によって操作することができる. また, 様々な 3 次元ハンドジェスチャインタラクションも考えられる.

本論文ではディスプレイ面近傍における指先の 3 次元姿勢を用いたインタラクションのために複数層のレーザー平面と高速カメラの同期による指先の姿勢検出手法を提案し, 提案手法を用いたインターフェースデバイス Z-touch [12] を開発した. Z-touch の特徴はディスプレイ面近傍において高さ方向の空間解像度をデプスカメラよりも高くする事が可能なこと, そして指先がディスプレイ面に触れていない場合においても, 指先の角度や姿勢をを検出することが可能なことである.

2　関連研究

ここでは, マルチタッチシステムのセンシングとマルチタッチにおけるインタラクションに関する研究について述べる. マルチタッチシステムのセンシング方式として, 静電容量方式とカメラを用いた光学方式などが主に使われている. 静電容量センシング方式を用いたものには SmartSkin [10] や DiamondTouch [5] がある. 静電容量センシング方式を用いた場合, 一般的な LCD モニターと組み合わせて用いることができるという利点がある. しかし, 電磁ノイズやユーザーの体に影響され指先の高さを正確に検出できない. カメラを用いた光学方式では, 赤外光源を用いて撮影した画像を基に画像処理によって手や指先の位置を検出する方法が主に用いられている. Frustrated total internal re ection (FTIR) 方式 [6] は透明な板における赤外光の内部反射を用いた方式で, 指先が板に触れた際に板の外部へ反射された光を板の下部に設置されたカメラで検出する. 安価で大型化が容易な方式として実用化されている [2, 3]. Laser Light Plane (LLP) 方式 [1] は透明な板の表面に近接するように赤外光ラインレーザーを放射する. 指先が触れた際の光の反射を板の下部に設置されたカメラにより検出することでマルチタッチを実現している.

最近は, 通常のマルチタッチシステムの操作に加えて, 手がディスプレイ面から離れた状態場合でも,

Copyright is held by the author(s).

* Yoshiki Takeoka and Takashi Miyaki , 東京大学. Jun Rekimoto, 東京大学 , ソニーコンピュータサイエンス研究所.

3 次元ジェスチャによって操作可能なマルチタッチシステムの研究が行われている．TouchLight [14] は 2 つのカメラによる画像のスレレオマッチングにより, 手や指の位置を認識することができる．BiDi Screen [8] はフォトセンサーアレイより撮影された複数の画像のマッチングにより手や指先の高さを検出している．画像マッチングによる高さ検出は, 正確なカメラのキャリブレーションが必要である．

Time of Flight (TOF) 方式を用いたデプスカメラを用いたシステム [15, 4, 7] も提案されている．デプスカメラは画像ピクセル中に RGB 値に加えて, カメラの光軸の方向の距離を測定することができるカメラである．しかし,TOF 方式による距離検出は光軸方向の解像度が低く, 指先の傾きなどの微妙な変化を検出することができない．

タッチパネルディスプレイに触れた指先の角度や姿勢を検出するために, ディスプレイに透明弾性体を用いて, その変化をカメラにより検出する手法が提案されている． ゲル中にマーカーを埋め込んだ GelForce [13] や ForceTile [9], 液晶ディスプレイの光源の偏光を利用した PhotoelasticTouch [11] が提案されている．

3 Z-touch

3.1 動作原理

図 1 は Z-touch の動作原理を示している．LLP 方式はレーザー平面が 1 層であるのに対し, Z-touch ではディスプレイ面に対して平行で照射される高さが異なる 3 つのレーザー平面を用いる． レーザー平面のうち 1 つは LLP 方式同様にディスプレイ面に近接するように照射される． それぞれのラインレーザーは高速カメラのシャッター信号と同期している．この同期により各々のレーザーが照射されているレーザー平面画像を 200fps で選択的に撮影することができる．この方式は従来の LLP 方式とほとんど同様の簡素な機器構成ながら指先の距離認識や角度認識が可能である．Z-touch の高さ検出の解像度は 3 段階である．ラインレーザーの設置の高さを任意に変えることで, 奥行き方向解像度は調節が可能であり, 検出範囲をディスプレイ面近傍などに限定すれば, 高さ方向の空間解像度をデプスカメラよりも高くすることができる．そして, 透明弾性体を用いた手法と異なり, 指先がディスプレイ面に触れていない場合においても, 指先の角度や姿勢をを検出することが可能である．

3.2 高速カメラとラインレーザーの同期

Z-touch は高速カメラのシャッター信号と各々の高さのラインレーザーモジュール出力が同期している．ラインレーザーはカメラのシャッター信号により, それぞれの異なる高さのラインレーザーが順番

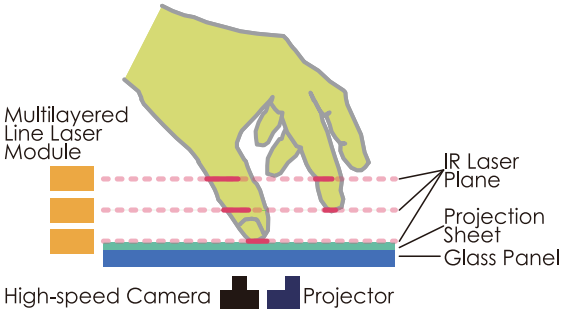


図 1. Z-touch の動作原理.

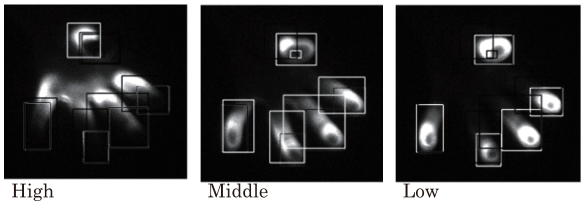


図 2. Z-touch の各々のレーザーを照射した際に撮影された画像, 画像中の矩形は検出されたブロブを示す.

に照射され, それを下部のカメラで撮影する．一番上の高さのラインレーザーが照射されたとき, カメラは一番上の高さのレーザー平面画像, “High” を撮影する．これを, 真ん中の高さにあるラインレーザー, 一番下の高さのラインレーザーのみを照射したときも繰り返し, レーザー平面画像 “Middle”, “Low” を撮影する．高速カメラはシャッターを開いた際にシャッター信号を出力するので, これとラインレーザーの切り替えを同期させることにより, 高さの異なる複数枚のレーザー平面画像を高速に撮影している (図 2)．撮影されたレーザー平面画像のマッチングにより指先の高さや姿勢を検出する (図 3)．

3.3 機器構成と実装

図 4 は Z-touch の機器構成である．Z-touch の大きさは高さ 1m. 幅と奥行きは 0.6m×0.6m である．レーザの反射を防止するために黒色フェルトのカーテンがディスプレイ面のまわりの枠に設置されている．骨組みは 40mm 幅のアングルフレームである．プロジェクターはフレーム中に設置した．ディスプレイ出力は下部に設置されたミラーによりパネル面に反射投影される．高速カメラは Pointgrey の Grasshopper をフレーム下部に設置した． このカメラは VGA 画像を 200fps で撮影する．図 5 は Z-touch のディスプレイ面である．Z-touch は環境光の変化や照明のフリッキングの影響を防ぐために赤外光ラインレーザーを用いた．またカメラには赤外光透過フィルタを用いている．ディスプレイ面は一辺 420mm の正方形のガラスで, 透明プロジェクションスクリーンが貼り付けられている．このスクリー

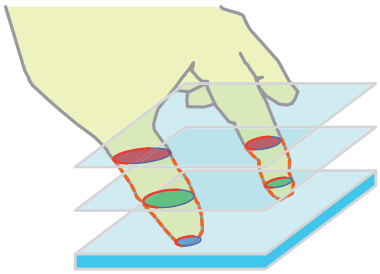


図 3. 複数のレーザー平面画像からの指先の角度検出.

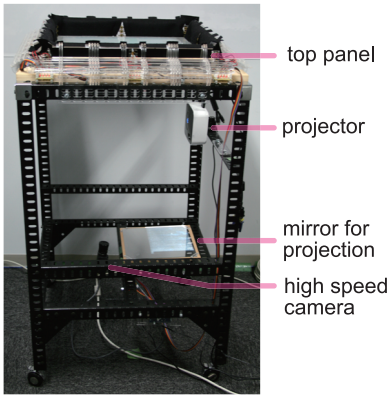


図 4. Z-touch の機器構成と実装.

ンは可視帯域の反射率が高く, 赤外帯域の光は透過しやすいという特性がある. レーザー平面間の距離は 14mm である. この距離は成人男性の中指の指先から第一関節までの長さに合わせて設定した.

ラインレーザーはディスプレイ面の周りの 8 箇所, 図 5 のオレンジ色の三角の箇所にラインレーザーモジュールを取り付けた.

3.4 指先の検出と追跡

図 2 は Z-touch の高速カメラにより撮影されたデプスマップである. Z-touch は異なるレーザー平面において撮影された画像より検出されたブロブ領域のマッチングを行うことによって, 指先の角度, 姿勢を検出する. 指先の位置と角度の検出は次の 3 つの手順により行われる.

1. レーザー平面画像の 2 値化.
2. 2 値画像におけるブロブ検出.
3. 異なる高さのレーザー平面画像のブロブ領域におけるマッチング.

ブロブ領域におけるマッチングは下記の評価関数により処理される. a, b は高さが 1 段階異なるレーザー平面画像中で検出されたブロブで, $a \in Blob_{height}$, $b \in Blob_{height+1}$ の関係にある. $s(a,b)$ は a における b の差集合である, $d(a,b)$ は a, b のユークリッド距離, T は検出のための閾値, $k > 0$ である.

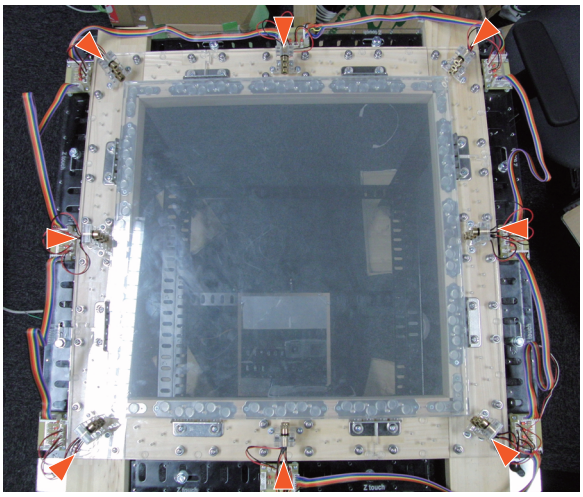


図 5. Z-touch のディスプレイパネル面.

$$match(a) = \text{argmin } c(a,b) \tag{1}$$

$$c(a,b) = \begin{cases} s(a,b) \times k + d(a,b) & d(a,b) < T \\ \infty & \text{else.} \end{cases}$$

図 6 は指先のタッチ動作, 接近動作を検出する簡易なアプリケーションである. 指先がディスプレイ面に触れていないとき, 赤と緑の円でその座標が表示される. 指先が触れたときに, 丸の色がピンク色に変わり, “Touch !” のメッセージが指先のそばに表示される赤と緑の円の中心はレーザー平面画像で検出されたブロブの中心である. 図 6 の下の図は図 2 と同じデプスマップである. 長方形はそれぞれのレーザー平面画像で検出されたブロブの矩形領域を示している. 右側の写真の状態では指先はディスプレイ面に触れていないので, ディスプレイ面に近接するレーザー平面画像ではブロブが検出されず, 青色の長方形が描画されていないが, 左側の状態では描画されている.

4 Z-touch のアプリケーション

Z-touch のインタラクションの有用性を検証するために, デプスドローイング, 地図ズームビューワ, ベジェ曲線編集を実装した. ここでは, 実装したアプリケーションの説明とインタラクションの今後の応用について述べる.

デプスドローイング: 図 7 はデプスドローイングアプリケーションの様子である. 通常のマルチタッチシステムでは, 指先が触れた箇所のピクセルのみ描画されるが, デプスドローイングでは指先がディスプレイ面に触れていない場合でも, 指先の高さに応じてピクセルが描画される. それぞれのピクセルの

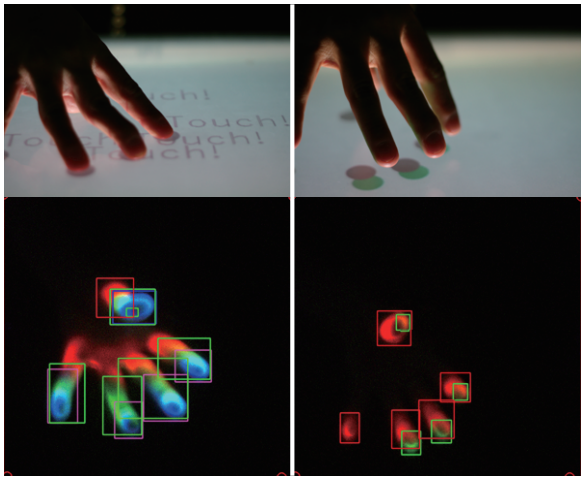


図 6. タッチ検出アプリケーションの様子.

描画色はデプスマップの値と対応している. 指先の向きを変えたり, 傾けたりすることによる描画が可能である. 指先の向きや傾きを変化させることにより, ユーザーは多様なグラデーションを簡単に描画することができる.

地図ズームビューワ: 図 8 は地図ズームビューワの様子である. 地図ズームビューワでは指を水平方向に動かしてスクロール操作を行い, 高さを変化させてズームレベルの操作をすることができる. 指をディスプレイ面に近づけるにつれて, ズーム倍率が高くなる. 提案手法では連続的な高さ変化を検出は行わず, ズーム倍率を 3 段階で変化させた. 現段階では実装を行っていないが, 指先とディスプレイ面の高さの他に, 指先の向きの変化にあわせてズーム倍率を変化させると連続的なズーミングが可能になる.

ベジェ曲線編集: 図 9 はベジェ曲線編集アプリケーションの様子である. 指先の位置と傾きによってベジェ曲線のハンドルの向きと長さを操作する. ディスプレイ面における指先方向のなす角が　指先の傾き角が　, ベジェ曲線の端点, つまり指先の位置が F であるとき. 曲線のハンドルの座標 H は次の式で示される.

$$H(x_h, y_h) = F(x_f, y_f) + \frac{l}{\tan}(\sin\ \ , \cos\ \ ), l > 0. \quad (2)$$

提案した Z-touch のベジェ曲線編集では, 両手の指先をすべて用いることで, 最大 5 本の曲線について, 端点と曲率を同時に編集することができる. これを応用させると, さらに,3DCG 物体の曲面もベジェ曲線と同様に編集することができる. 3 次元物体の変形も従来のマルチタッチのポインティングベースのインタラクションより簡単に行うことができる.

図 7. デプスドローイング.

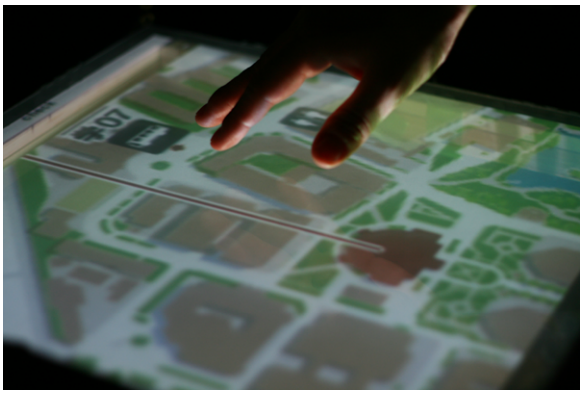


図 8. 地図ズームビューワ.

5　まとめと今後の課題

5.1　結論

本論文では複数層の赤外光ラインレーザーと高速カメラのシャッター信号を同期させることによりディスプレイ面付近の指先の 3 次元姿勢を検出することができるマルチタッチシステム Z-touch を提案した. Z-touch ではそれぞれのレーザー平面画像の画像処理によって, 指先の座標, 傾き姿勢などを検出する. Z-touch のインタラクションを検証するために 3 つのアプリケーションを作成した, 地図ズームビューワ, ベジェ曲線編集では指先の向きと傾きを利用して複数のパラメータを同時に操作することができた.

提案した指先の検出, 追跡方法には課題が残っている. Z-touch で撮影されたデプスマップは指先の高さを連続的に検出できるように見えるが, ラインレーザーの角度の調整の複雑さとラインレーザーの照射精度が低いため, 提案した指先検出手法では, レーザー平面画像を二値化して画像処理をしている. このため, 指先の高さは 3 段階に限られてしまっている. また, 指先の角度の検出などは照明環境の変化や, 手腕をラインレーザー付近に置いた際の照射状況の急激な変化により, ブロブのマッチングに失敗し, 結果として指先の追跡に失敗する可能性もある.

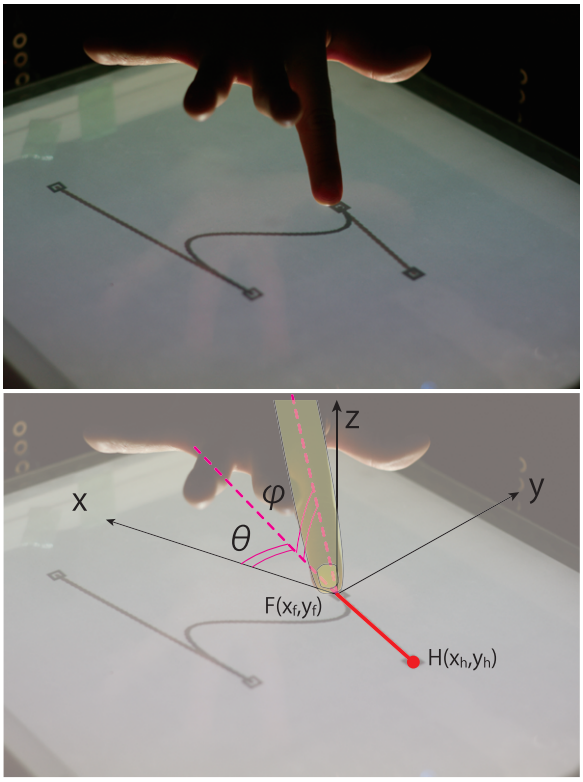


図 9. 指先の傾きを利用したベジェ曲線編集.

実装の簡易さのために提案手法を用いたが, 検出精度を向上させるために, ブロブの輝度勾配や輪郭形状を考慮したマッチングなどが考えられる. また検出速度については, パーティクルフィルタなどを用いればより高速な動作が可能になると考えられる. 今後は, 指先の傾きや向きの検出精度を向上させるとともに, これらを利用した応用アプリケーションについて検討と実装を進めていきたい. また同時にアプリケーションで指先や手のひらの向きや角度を用いたインタラクションの抽象化についても検討したい. 例えば, ユーザーの右手, 左手に合わせて指先をグルーピングし, そのグループの中で傾きの変化をイベントとして抽象化することなどが考えられる.

5.2 今後の展開

提案したベジェ曲線編集アプリケーションを応用すると, 3DCG 物体の曲面もベジェ曲線と同様に指先の傾きや向きにより編集することができる. 例えば,3DCG 物体の曲面の曲率や法線の向きを指先や手のひらの変化に合わせて操作することが考えられる (図 10) へと発展させることができる. この 3DCG 物体曲面の編集操作は, 一般的なマルチタッチのポインティングインタラクションに加え, 指先の向きや傾きなどを利用した 3 次元物体の編集機能が考えられる. これは一般的なマルチタッチシステムよりも現実世界の操作に近いので, 直感的に操作

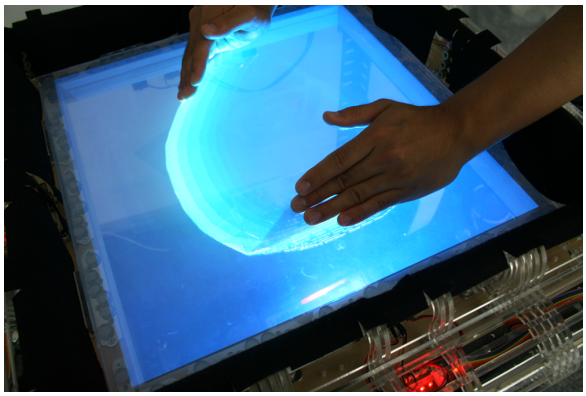


図 10. 3DCG 物体曲面操作.

できると期待できる. このアプリケーションが利用される場面としては, 教育現場における電子黒板としての利用や, 医療現場において医師が患者に手術箇所や内容を説明する際に利用することが考えられる. Z-touch の指先検出は, あらゆる物体の 3 次元座標, 姿勢の検出と併用可能である. 筆の姿勢,3 次元速度変化などを利用した書道シミュレーター, 絵画制作シミュレーターへ応用できる. また, ナイフなどのツールを利用して,3DCG 物体を切断するインターフェースも開発できる. これらのアプリリケーションは手術トレーニングシミュレーターの基盤技術になると考えられる.

謝辞

本研究は IPA2009 年度上期未踏 IT 人材発掘・育成事業 (ユース) の支援のもと行われた.

参考文献

[1] Laser Light Plane Illumination (LLP) - NUI Group Community Wiki. http://wiki.nuigroup.com/Laser_Light_Plane_Illumination_(LLP).

[2] Microsoft Surface. http://www.microsoft.com/surface/.

[3] Perspectivepixel. http://www.perceptivepixel.com/.

[4] H. Benko and A. D. Wilson. DepthTouch: Using Depth-Sensing Camera to Enable Freehand Interactions On and Above the Interactive Surface. Technical Report MSR-TR-2009-23, Microsoft Research, 2009.

[5] P. Dietz and D. Leigh. DiamondTouch: a multi-user touch technology. In *Proceedings of the 14th annual ACM symposium on User interface software and technology*, p. 226. ACM, 2001.

[6] J. Y. Han. Low-cost multi-touch sensing through frustrated total internal re ection. In *UIST '05: Proceedings of the 18th annual ACM*

symposium on User interface software and technology, pp. 115–118. ACM, 2005.

[7] O. Hilliges, S. Izadi, A. Wilson, S. Hodges, A. Garcia-Mendoza, and A. Butz. Interactions in the air: adding further depth to interactive tabletops. In *Proceedings of the 22nd annual ACM symposium on User interface software and technology*, pp. 139–148. ACM, 2009.

[8] M. Hirsch, D. Lanman, H. Holtzman, and R. Raskar. BiDi screen: a thin, depth-sensing LCD for 3D interaction using light fields. In *SIGGRAPH Asia '09: ACM SIGGRAPH Asia 2009 papers*, pp. 1–9. ACM, 2009.

[9] Y. Kakehi, K. Jo, K. Sato, K. Minamizawa, H. Nii, N. Kawakami, T. Naemura, and S. Tachi. ForceTile: tabletop tangible interface with vision-based force distribution sensing. In *ACM SIGGRAPH 2008 new tech demos*. ACM, 2008.

[10] J. Rekimoto. SmartSkin: an infrastructure for freehand manipulation on interactive surfaces. In *CHI '02: Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems*, pp. 113–120. ACM, 2002.

[11] T. Sato, H. Mamiya, T. Tokui, H. Koike, and K. Fukuchi. PhotoelasticTouch: transparent rubbery interface using a LCD and photoelasticity. In *ACM SIGGRAPH 2009 Emerging Technologies*. ACM, 2009.

[12] Y. Takeoka, T. Miyaki, and J. Rekimoto. Z-touch: a multi-touch system for detecting spatial gestures near the tabletop. In *ACM SIGGRAPH 2010 Talks*. ACM, 2010.

[13] K. Vlack, T. Mizota, N. Kawakami, K. Kamiyama, H. Kajimoto, and S. Tachi. GelForce: a vision-based traction field computer interface. In *CHI '05: CHI '05 extended abstracts on Human factors in computing systems*, pp. 1154–1155, New York, NY, USA, 2005. ACM.

[14] A. D. Wilson. TouchLight: an imaging touch screen and display for gesture-based interaction. In *ICMI '04: Proceedings of the 6th international conference on Multimodal interfaces*, pp. 69–76. ACM, 2004.

[15] A. D. Wilson. Depth-Sensing Video Cameras for 3D Tangible Tabletop Interaction. In *TABLETOP '07: IEEE International Workshop on Horizontal Interactive Human-Computer Systems*, pp. 201–204. IEEE Computer Society, 2007.

[16] 福岡功慶, 小室孝, 石川正俊. Zooming Touch Panel: 小型カメラを用いたタッチパネルの高機能化. インタラクション 2007. 日本ソフトウェア科学会, 2007.

未来ビジョン

マルチタッチシステムと Z-touch の大きく異なる点は, ディスプレイ面近傍にある指先の位置検出, および 3 次元姿勢を検出を用いた多様なインタラクションである. マルチタッチシステムは非常に多くのアプリケーションが動作しているが, マルチタッチシステムのインタラクションは基本的にディスプレイ面に触れた指先の座標の変化に限定されている. 現実世界において, 指先が物に触れたり, 握ったりするとき, 対象物体に加わる力の大きさや向きは指先の向きや傾きによって微妙に変化する. しかし, マルチタッチシステムではこれら指先の向きや傾きなどをインタラクションに利用することができない. Z-touch の 3DCG 物体の編集操作は, 指先の向きや傾きの要素をとりいれることができる. さらに, これらの要素を物理シミュレーションと組み合わせることで, 一般的なマルチタッチシステムよりも実世界に近い操作を実現できる. Z-touch は指先のほかにも, あらゆる物体の 3 次元座標, 姿勢の検出と併用可能である. 筆の姿勢,3 次元速度変化などを利用した書道シミュレーター, 絵画制作シミュレーターへ応用できる. また, ナイフなどのツールを利用して,3DCG 物体を切断するインターフェースも開発できる. これらのアプリリケーションは手術トレーニングシミュレーターの基盤技術になる.

ICT 技術を授業に取り入れる動きが活発になるにつれて, 学校現場において PC やプロジェクターの普及が進んできている. 近い将来, マルチタッチ機能を備えた電子黒板は製造コストやアプリケーションの数の問題が解決され, プロジェクターや黒板に取って代わる考えられる. Z-touch は未来の学校現場で教師と児童がインタラクティブな授業を行うために欠かせないツールとなる. Z-touch の指先検出と物理シミュレーションを組み合わせたインタラクションは直感的に分かりやすく, 児童などの初心者ユーザーは操作をすぐに覚えることができる. また, 教師などの上級者向けのインタラクションとして, 指先の傾きや向きをキーボードの入力と対応付けることにより, キーボードとマウスを組み合わせた複雑なコマンド入力もマルチタッチ上で実現することができる. このように,Z-touch には初心者も上級者も簡単にコラボレーション可能なデバイスとなる可能性が十分にある.

SpeechJammer:聴覚遅延フィードバックを利用した発話阻害の応用システム

SpeechJammer:A System Utilizing Artificial Speech Disturbance with Delayed Auditory Feedback

栗原 一貴　　塚田 浩二*

Summary.　本研究では，言葉を喋っている人に作用させて強制的に発話を阻害するシステム，「SpeechJammer」を開発する．一般に発話に対し，数百ミリ秒程度の遅延を加えて話者の聴覚に音声をフィードバックすると，話者は正常な発話が阻害されることが知られている．この現象は，肉体的苦痛を伴うことなく発話を阻害することができ，また発話をやめればただちにその認知的な影響が消失し，また話者のみに作用するためそれ以外の周囲の人たちには無害であるといった優れた特性を持っている．我々は指向性マイクと指向性スピーカーを組み合わせることで，外部の離れた場所から特定の話者の発話を阻害するシステムを試作した．これを応用し，会話のマナーとルールの制御，プレゼンテーショントレーニングなどに活用することを検討する．

1　はじめに

音声および文字を用いた他者との対話は，言語によるコミュニケーションの基本的な手段である．このうち，音声による対話は，身体のみで言語を表現でき，1 対多の情報伝達が容易であるなどの優れた特徴があるため，人類が文字を発明して以降も絶えることなく用いられて今日に至っている．

しかし対話による紛争の平和的解決が重要視されている現代社会において，音声の持つ負の特徴によってその精神が脅かされたり，また健全な社会生活に害悪を成しているケースが後を絶たない．

我々はそのような音声の負の特徴のうち，不可避，占有，重畳無効化，調整困難の 4 つを以下のように定義し，これに注目する．

- 不可避：音声が一方的に話し手から開始・継続でき，聞き手が制御できない．
- 占有：音声対話が通常，同時にただ一人だけの発話を許容する．
- 重畳無効化：いっときに二人以上の発話があった場合，全ての発話が無効化し理解困難になる．
- 調整困難：話し手が意図的に話速度などの音声プロパティを聞き手にふさわしく調整をするのにスキルを要する．

これらの特徴により，代表的に以下の 3 種類の問題が指摘される．

(1) 議論における「言った者勝ち」問題

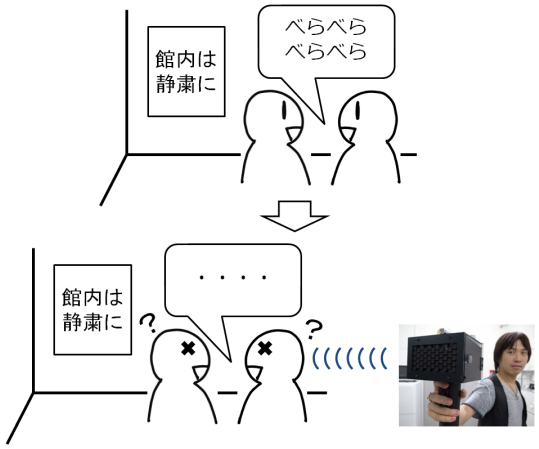


図 1. SpeechJammer システム概要

対話による紛争の解決には，公正な議論が不可欠である．音声による対話は不可避，占有，重畳無効化の特徴があるため，適切に発言権の交代ルールを規定し，それを遵守しなければならない．しかし，議論の内容よりも自身の存在を（マスコミ等を通じて）アピールすることを目的とする勢力が存在する場合などに，いたずらに自身の発言を長引かせたり，他者の発話の合間に割り込んだりといった行為が現れるようになる．また，他者の発話中に野次を飛ばすなどして，発話を無効化するなどの戦略が取られる．これは不可避，占有，および重畳無効化の濫用であり，結果的に「言った者勝ち」という風潮がまかり通っている．

(2) 会話が不適切である場における会話を止めにくい問題

公的な場の一部では過度の会話が不適切であると規定されていることがある．例えば図書館や電車内

Copyright is held by the author(s).

* Kazutaka Kurihara, 産業技術総合研究所, Koji Tsukada, お茶の水女子大学 お茶大アカデミックプロダクション/科学技術振興機構 さきがけ

での騒がしい会話はすべきではないとされている場合が多い．これは音声のもつ不可避な特徴から，聞くことの拒否が難しい以上，他者が不快に思うレベルの騒音は発生させないようにすべきだという社会的総意から生まれた規定であろう．

しかしこのような場において，既に発声している会話を止めることは難しい．なぜならば会話が不適切であることを会話者に説得し止めさせるためには，説得者も会話に参加せざるを得ない可能性が非常に高いからである．これは説得者自身も不適切行為に身を染めることであり，心理的負担が大きい．また，意を決して説得に乗り出したとしても，(1) のように公正な議論を行なう同意が得られなければ占有，重畳無効化の濫用により対話が無秩序化し，会話を止めるという目的からますます遠ざかる可能性を秘めている．

結果的に現状では積極的に会話禁止に乗り出すのではなく，ヘッドフォンを着用するなどして音声の不可避を断ち切り，会話と共存を図るなどの消極的解決手段に頼らざるを得ない様子がしばしば観察される．

(3) プレゼンテーションにスキルが必要な問題

現代社会においてプレゼンテーションは広く普及が進んでいる 1 対多のコミュニケーション手段である．ここにおいても音声は主要な情報伝達手段として用いられているが，その運用は普段行っている 1 対 1 もしくは 1 対少人数の音声コミュニケーションとは異なる．例えば通常の 1 対少人数の音声コミュニケーションでは，しばしば聞き手の理解が難しかった点をその場その場で問いただすことでインタラクティブに解消できるが，通常のプレゼンテーションではそのような機会は極めて少ない．従って話者自身が内容，および話速度などの音声プロパティについてある程度「最適なパフォーマンス」を想定，実施し，それを維持することが必要である．プレゼンテーションの初心者がこれを行なうのは困難であり（調整困難），習得には訓練が必要である．

栗原ら [2] はそのような様式の自習のためのシステムを開発したが，音声の問題を視覚で指摘するなど，指摘対象と指摘のモダリティが異なっており，強制力が弱かった．

我々は，外部からの働きかけにより話者の発話を制御する研究を行っている．その第一段階として本論文では，人間の聴覚特性の応用である聴覚遅延フィードバックという手法を用いて遠隔地から強制的に発話を阻害するシステムを構築する（図 1）．本手法は肉体的苦痛を伴うことなく発話を阻害することができ，また発話をやめればただちにその認知的な影響が消失し，また話者のみに作用するためそれ以外の周囲の人たちには無害であるという優れた性質を持っている．発話者の外部から強制的な発話の阻害が可能になることで，例示した問題の根源である音声の負の特徴が改善される可能性がある．すなわち，不可避性は緩和され，その結果適切に話者交替を行なうことで占有性を制御でき，かつ発話の重畳がなくなることで重畳無効化性も問題とならなくなる．またプレゼンテーショントレーニングシステムと組み合わせることで，調整困難性を改善できる．

本論文は，まず関連研究を列挙する．その後実装したシステムについて詳細を示す．そして今後の評価実験計画について検討する．

2 関連研究

2.1 聴覚遅延フィードバック

我々は発声時，単に発声という運動出力を行なうだけでなく，実際に耳から聞こえた発声音（聴覚フィードバック）を脳内で活用していると考えられている [9]．ここで，人工的に自己の発声音を聞かせるタイミングを遅延させると，脳内の処理系に何らかの作用が働き，以降の発声に支障をきたす．これが聴覚遅延フィードバック（DAF）による発話阻害である．DAF は吃音症（どもり）と関係が深い．健常者では DAF により人工的などもり（発話阻害）が誘発される形となるが [9]，逆に吃音症患者は DAF により吃音が矯正されることが知られており [1]，医療用の DAF 機器も市販されている [5]．

我々は DAF を活用し，話者の意思とは関係なく外部から話者の発話を阻害するデバイスを開発する．システム構成によっては通常の DAF 用システムとは異なり，マイクとスピーカーが話者から離れた場所に設置される点が特徴的である．

2.2 議論支援

本研究はデバイスによる音声コミュニケーションの制御を扱ったものである．これは広義には議論の支援研究とも考えられる．議論の支援に関する関連研究として，議論内容を記録し再利用性を研究した長尾らによる [4] や，議論記録から有意義なコミュニケーションパターンをボトムアップに構築することを目指した中田らによる [7] などが挙げられる．

またテキストチャットにおいてコミュニケーションにあるルール・制約を適用したり，議論に関する何らかの情報を可視化することで議論を活性化させたり，集団意思決定などのある共通の目的を達成することを支援する研究も盛んである [3] [6] [8] ．

本研究で開発するシステムは，音声による議論に「強制的な発話の妨害措置」という新たな強い制約を課すことが可能である．この制約を活用することにより，議論のコミュニケーションパターンに有意義な変化をもたらすことができ，これら議論に関する研究を支援・拡張することが展望される．

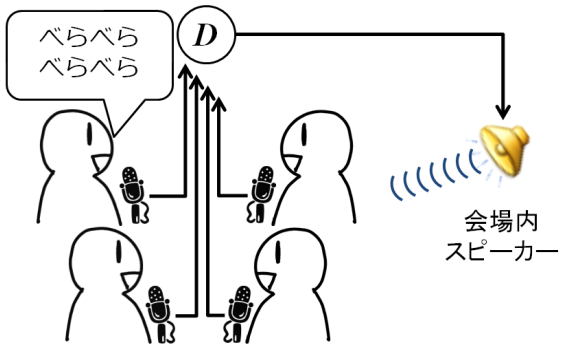


図 2. 会議室における発言権の制御

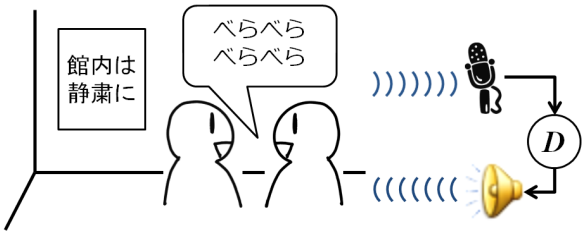


図 3. 携帯発話阻害銃

3 SpeechJammer システムの実装

3.1 設計

我々は話者の発話を阻害するシステム,「SpeechJammer」を設計する上で，その適用局面を検討する必要がある．なぜならば，発話の場にマイクとスピーカーがどのように置かれているかによって，ハードウェア設計に違いが生じ，また音波の伝達時間に違いにより，DAF のパラメータが変化するからである．我々の想定する本システムの適用局面は，

1. 会議室における発言権の制御
2. 携帯発話阻害銃
3. 発話者自身による発表練習支援

の 3 つであり，これらは 1 で挙げた 3 つの問題点にそれぞれ対応している．図 2，3，4 に，それぞれの局面におけるシステムの構成を示す．図中，実線は電気信号の伝達を，波紋は空気中の音波の伝達を表す．

表 1 は，これらをマイクとスピーカーの設置状況をもとに分類したものである．会議室における発言権の制御には，それぞれの発話者の近傍に設置されたマイクと，会場に備え付けられたスピーカーをインフラとして活用できる（図 2）．この場合，空気中の音波の伝達はスピーカー・聴衆間の一方向のみである．携帯発話阻害銃は，聴衆の手許にマイクとスピーカーを備えたデバイスを用意し，生活上で遭遇する不適切な発話対し発話阻害を行なう（図 3）．この場合，空気中の音波の伝達は話者・聴衆間の往復分である．発話者自身による発表練習支援では，

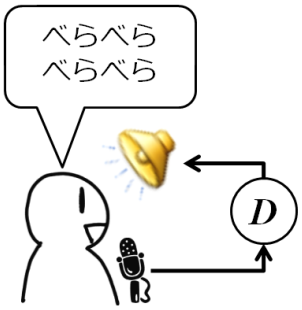


図 4. 発話者自身による発表練習支援

マイクとスピーカーを発話者近傍に設置できるヘッドセットを活用することができる．この場合，空気中の音波の伝達はほぼ無視できる（図 4）．このセッティングのもとでプレゼン先生システム [2] と組み合わせることにより，話速度が閾値を超えて早口になっているとシステムが判断したとき，発話阻害機能を発動させる．

表 1. 発話阻害の使用が想定される局面のマイク及びスピーカー設置状況による分類

	話者近傍 スピーカー	遠隔 スピーカー
話者近傍 マイク	発話者自身による 発表練習支援	会議室における 発言権の制御
遠隔 マイク	（なし）	携帯発話阻害銃

本論文では，これらのうち最も複雑な構造をもつ携帯発話阻害銃タイプの SpeechJammer のプロトタイプを開発し，検証する．このデバイスさえあれば，他の 2 つの用途（発表練習支援，会議の発言権制御）の検証にも活用することができる汎用性を持っているからである．

3.2 遅延の計算

システムを実現するためには，話者とデバイスの間の距離に応じた音声の伝達時間を考慮し音声遅延を発生させる必要がある．ここで図 5 のように話者とデバイスとの距離を x[m] とし，気温を t[℃], DAF で発話を阻害するために必要な遅延を D_{daf}[sec] とすると，空気中（1[atm]）の音の伝達速度を加味した上でシステムに生じさせる遅延 D[sec] は

$$D = D_{daf} - 2x/v \tag{1}$$

で表せる．ただし音速 v[m/sec] は

$$v = 331.5 + 0.61t \tag{2}$$

である．

上式によると，たとえば $D_{daf} = 0.2$[sec] のように話者に与える遅延を固定した場合，気温 20[℃]

において $D \geq 0$ となるのは $x \leq 34.37$[m] である．これは気温 20[°C] において本手法による最大射程が約 34[m] であることを示しており，一般的な室内環境であれば実用上十分であると言える．

この最大射程内の任意の標的に対し常に発話阻害を引き起こすためには，標的とデバイスの間の距離 x が固定され事前に知られている場合は固定値 D を計算すればよく，x が未知，もしくは変動する場合は距離センサにより逐次的に x を測定し D を求めればよい．

一方，システムを簡素化し固定の D により発話阻害を発生させる場合の考え方は以下の通りである．DAF による発話阻害が $0.1 \leq D_{daf}$ の音声遅延で発生するとすると，(1) 式より $D = 0.1$[sec] とすれば，$0 \leq x$ となり，固定の D によって任意の距離での発話阻害が可能となる．ただし，D_{daf} による発話阻害の程度の違いや D_{daf} の有効な上限値は我々の調査した範囲では明らかになっていないため，実験により与える必要がある．また実際はマイクとスピーカーの性能により x の上限（最大射程）は規定される．

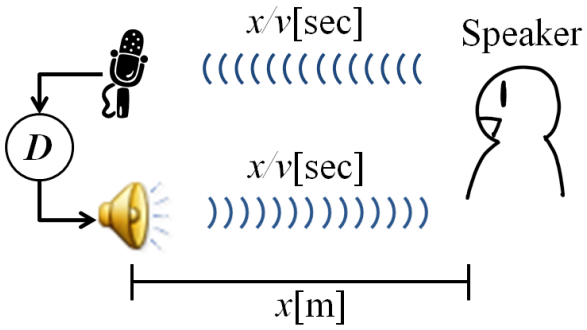


図 5. 必要な遅れ D の計算

3.3 プロトタイプ

我々は，SpeechJammer の 2 種類のプロトタイプを作成した．

プロトタイプ 1 は SpeechJammer の基礎的な機能を備えた最初のプロトタイプである (図 6)．指向性マイク（Sony ECM-Z60) と指向性スピーカー（トライステート パラメトリック・スピーカーキット）を一体化し，アクリル製のケースに取り付けた．ケースには三脚用のネジを切っており，一般的な三脚に固定して角度などを調整できる．指向性マイクの出力はホスト PC のマイク入力に，指向性スピーカーの外部入力はホスト PC のヘッドフォン出力に接続される．ホスト PC 上では，Pure Data（以下，PD）で記述された音響処理プログラムが動作しており，指向性マイクの入力に任意の遅延をかけた上で，指向性スピーカーに出力することができる．なお，AC ラインに起因するノイズを防ぐため，電源として単三電池 ×8 本を組み込んでいる．

上記プロトタイプ 1 での基礎的な動作を確認した上で，スタンドアロン型のプロトタイプ 2 を実装した．指向性マイク（Sony ECM-CZ10) と指向性スピーカー（トライステート パラメトリック・スピーカーキット）を中心に，レーザーポインタ，距離センサ，各種スイッチ，及びメイン基板を一体化して，独自に製作したアクリル製ケースに組み込んだ（図 7, 8, 9）．レーザーポインタは，SpeechJammer の大まかな照準として利用し，背面のスイッチで任意にオン／オフできる．距離センサは，ターゲットとの距離を計測し，遅延時間を調整するために利用する．

メイン基板上には，マイコン (Microchip PIC18F-452)，デジタル・ディレイ IC(Rohm BU9262AFS)，プリアンプ，メインアンプ，及び周辺回路が配置されている．

指向性マイクの入力は，プリアンプを通して，メイン基板上のデジタル・ディレイ IC に接続される．デジタル・ディレイ IC は，シリアルインタフェースを介して，遅延時間を 9.2msec〜192msec まで変更できる．遅延時間は，背面のロータリースイッチを用いて 8 段階で選択する[1]．デジタル・ディレイ IC の出力は，メインアンプを通して，指向性スピーカーに接続される．プリアンプ／メインアンプは通常はミュートされており，トリガスイッチが押された場合のみにオーディオ入力／出力が行われる仕様としている．また，入力／出力音量はケース上面／背面のつまみで個別に制御できる．マイコンは，デジタル・ディレイ IC，トリガスイッチ，ロータリースイッチ，距離センサなどを制御するために利用する．

このように，ユーザは SpeechJammer をターゲットに向け，拳銃のようにトリガスイッチを引くだけで，容易に発話阻害機能を発動することができる．

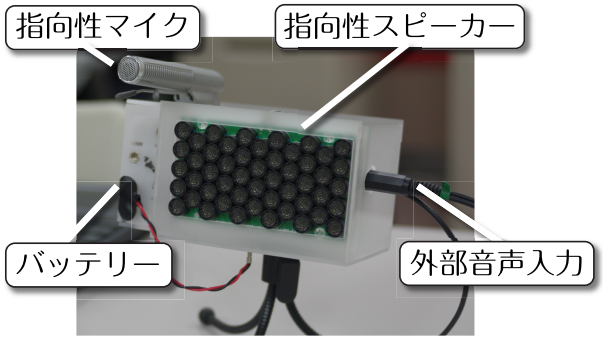


図 6. SpeechJammer プロトタイプ 1 の概要

[1] ロータリスイッチの設定次第で，距離センサを用いてターゲットとの距離を計測し，遅延時間を自動的に調整したり，任意の範囲で周期的に遅延時間を変更する仕様も準備している．

図 7. SpeechJammer プロトタイプ 2 の概要，前面

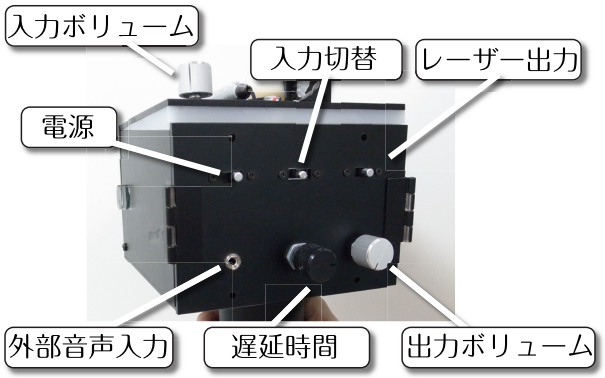


図 8. SpeechJammer プロトタイプ 2 の概要，背面

4 評価実験計画

我々は実装した SpeechJammer システムのプロトタイプ 1 により，ホスト PC 上で各種パラメータを変化させながら発話阻害効果について調べる小規模なインフォーマル実験（被験者数 5 人）を行った．この結果を踏まえて，今後フォーマルな評価実験を行なう際の計画および評価の観点を以下に示す．

4.1 遅れ時間 D と発話阻害効果の関係

文献 [9] によると，吃音症を DAF で改善する研究では，遅れ D として 0.004[sec] から 0.195[sec] までを扱った事例があり，その区間では D が大きければ大きいほど吃音が改善される傾向があった．我々が行ったインフォーマルな実験においても，1[sec] を超える D で発話阻害効果が確認された事例が得られている．これらを参考に，SpeechJammer システムを用いて遅れ D を変化させながら発話阻害効果を調べ，D はどこに最適値があるのかを見出すことが必要である．D と発話阻害効果に有意な相関が見いだせれば，単純に発話阻害を ON/OFF するだけでなく,「どの程度」阻害するかをシステムが制御できるようになり，我々の研究目標である「外部からの働きかけによる話者の発話の制御」の達成に大きく近づく．これを応用すれば，プレゼン先生システム [2] と組み合わせることで，設定した話速度で正確に発表をする支援なども実現できるかもしれない．

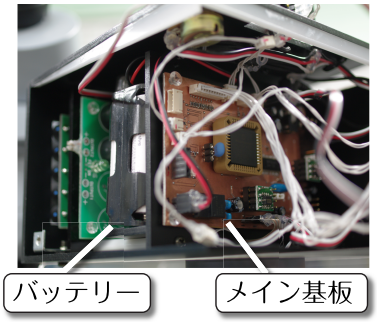


図 9. SpeechJammer プロトタイプ 2 の概要，内部

4.2 フィードバックの種類と発話阻害効果の関係

我々が行ったインフォーマルな実験では，DAF の遅れ D を固定する設定に加えて，T を 0 から開始する時刻 [sec] として $D = 0.15 + 0.05sin(2\pi T)$ のように遅れ D を正弦波関数で変動させる設定も試行した．その結果，固定の D に比べて D が変動する設定の方が発話阻害効果が大きいケースが観察された．通常の固定 D によるフィードバックに加えて，このように様々に D を変動させるフィードバックに対する発話阻害効果を調べ，最適なものを見出すことが必要である．

4.3 距離 x 及び音響系ゲインと発話阻害効果の関係

我々が行ったインフォーマルな実験では，発話阻害の効果は話者の声の音量やマイクおよびスピーカのゲインによって変化する傾向にあった．これらのパラメータは，話者が自分の声の自分の耳で聞く時の音声レベルと，DAF により聞こえる音声レベルの比に影響を与え，それが発話阻害効果に関わっているものと考えられる．話者とシステムとの距離 x や各種音響系のゲインを変化させ，どのようなパラメータが発話阻害に最適かを調べる必要がある．

4.4 発話の種類と発話阻害効果の関係

我々が行ったインフォーマルな実験において，発話の種類として「ニュース読み上げ」と「原稿のない自由会話」を扱ったところ，ニュース原稿を読み上げるタスクの方が，原稿のない自由会話タスクよりも発話阻害効果が高い傾向が見出された．また，自明なことだが「あー」などの言語的に意味の薄い単音からなる発話の場合には発話阻害効果が得られない．このような発話の種類によって発話阻害効果がどの程度影響を受けるのかを調べる必要がある．

5 まとめ

我々は音声によるコミュニケーションを円滑にするために，不可避，占有，重畳無効化，調整困難といった音声の負の特徴を緩和するシステム，SpeechJammer のプロトタイプを実装した．SpeechJammer は聴覚遅延フィードバックの仕組みを用いて，肉体的な苦痛を伴うことなく話者の発話を阻害することができる．今後は様々なパラメータを変化させ，パラメータと発話阻害効果の関係を調査し，応用方法を検討していく．

参考文献

[1] Andrew Stuart et al. Effecct of Monaural and Binaural Altered Auditory Feedback. *J. Acoust. Soc. Am.*, 101(6), June 1997.

[2] K. Kurihara, M. Goto, J. Ogata, Y. Matsusaka, and T. Igarashi. Presentation Sensei: A Presentation Training System using Speech and Image Processing. In *Proc. of ICMI'07*, pp. 358–365, 2007.

[3] G. Leshed, D. Cosley, J. T. Hancock, and G. Gay. Visualizing language use in team conversations: designing through theory, experiments, and iterations. In *CHI EA '10: Proceedings of the 28th of the international conference extended abstracts on Human factors in computing systems*, pp. 4567–4582, New York, NY, USA, 2010. ACM.

[4] Nagao, K., Kaji, K., Yamamoto, D., and Tomobe, H. Discussion Mining: Annotation-Based Knowledge Discovery from Real World Activities. In *Proc. of PCM'04 Part 1*, pp. 522–531, 2004.

[5] SmallTalk. http://www.casafuturatech.com/Catalog/smalltalk.shtml.

[6] 西田 健志, 山崎 敬一. 集団意思決定への参加感を高めるトーナメント型議論. グループウェアとネットワークサービスワークショップ 2009 論文集, 情報処理学会シンポジウムシリーズ, 2009(8):123–128, 2009.

[7] 中田 篤志, 角 康之, 西田 豊明. 非言語情報の出現パターンによる会話状況の特徴抽出. インタラクション'10 予稿集, 2010.

[8] 村田 和義, 川口 修, 倉本 到, 渋谷 雄, 辻野 嘉宏. 遅延時間を用いたチャット参加者の発言制御. ヒューマンインタフェース学会論文誌, 6(4):411–422, 2004-11-25.

[9] 庄司 壽一, 伊福部 達. 吃音軽減のための音声フィードバック装置について, http://mito.cool.ne.jp/stutstudent/ronbun.html.

未来ビジョン

我々は，本研究を通じて世界平和の実現を希求している．世界平和に最も必要なのは，人と人との対話である．対話から諸問題の解決方法が生み出され，またあらゆる相互理解が構築される．しかし現状では，対話はしばしば万人に対等ではなく,「声が大きいものが勝つ」といった先時代的な戦略が政治や外交のような世界のリーダーたちの対話においても未だに用いられていることは悲しむべきことである．

そこで，本論文で論じた SpeechJammer が拳銃と同程度に小型化・高機能化され，全ての人がこれを所持する近未来を想像するとどうだろう．発話を強制的に阻害するというのはある種の暴力であるから，これは紛れもなく一種の兵器である．しかし従来の兵器とは異なり,「だれでも使用可能（注１）で，対話の可能性を常に留保する（注２）」兵器である点は特記すべきである．対峙する侍が互いに刀に手をかけた時，または対峙するガンマンが互いにホルスターに手をかけた時，片方でもその力を行使してしまえば，その後には対話の余地のない殺戮が待っているのみである．しかし SpeechJammer は互いに引き金を引いたとしても，対話の再開に向けて頭を冷やすために十分な沈黙が我々を暖かく待ってくれる．

兵器を互いに所持することで抑止力を働かせ平和を構築する時代は過去のものである．多様化と対話の時代にあって我々人類は「一方や双方が力を行使しても平和を導ける能力」を兵器に求めていくべきなのではないだろうか．

（注１）非殺傷かつ対話の余地を残す兵器という意味で，ジャーナリズム，特にビデオカメラによる映像の放送は近代社会の偉大な発明のひとつである．最近では Youtube, Ustream やニコニコ動画/生放送といった，個人が映像発信を簡単に行える仕組みも整いつつある．しかしカメラによる個人放送のもつ抑止力のみで,「今目の前で起こっている声の暴力」を防ぐことは難しい．やはり我々は，直接的に，そしてなるべく無害な方法でこれを止めなければならない．

（注２）もちろん限界もある．講演などの一方通行会話は一方的に邪魔できてしまう．

matereal: インタラクティブなロボットアプリケーションのプロトタイピング用ツールキット

matereal: A Toolkit for Prototyping Interactive Robot Applications

加藤 淳　　坂本 大介　　五十嵐 健夫*

Summary.　ユーザの指示に従って料理や服畳みといった実世界におけるタスクを実行するインタラクティブなロボットアプリケーションが実現しつつある．また，このような高度なアプリケーションの効果的な開発には，プロトタイピングが重要である．しかし，ロボット工学の前提知識を持たないソフトウェアプログラマにとって，そのようなアプリケーションのプロトタイピングは簡単ではない．その理由として，指定した場所への移動や物体の運搬などの高レベルな動作指示を低レベルなモータ動作の組み合わせに変換して実行する必要があること，複数のタスクを複数のロボットで並列実行するときにタスクを管理する必要があること，などが挙げられる．我々は，そのような問題を解決する手段として，平面上でのロボットの移動機能を 2 次元のベクトル場を用いてタスクの一種として抽象化した API と，実行時にシステムがソースコードからアクティビティ図を動的に構築してタスク管理を実現する API を提供するツールキット “matereal” を開発した．

1　はじめに

ユーザの指示に従って料理や服畳みといった実世界におけるタスクを実行するインタラクティブなロボットアプリケーションが実現しつつある [7][8]．一方で，既存のロボット研究の多くは，実用イメージのデモンストレーションにおいてロボットの動作シナリオがハードコーディングされている．エンドユーザがインタラクティブにロボットの動作シナリオを決められるシステムに関する研究は，未だ黎明期にあると言える．

センサやアクチュエータを用いたインタラクティブシステムに関する研究分野の先達である Physical Computing では，Phidgets[4] やプロトタイピング用のツールキット [5] が開発されたことによって，電子工作の知識を持たないソフトウェアプログラマも研究に参加できるようになり，研究が推進した．インタラクティブなロボットアプリケーションの研究開発においても，ロボット工学の前提知識を持たないソフトウェアプログラマがプロトタイピングできるような開発環境が整えば，分野の発展が見込めると考えられる．例えば，Human-Computer Interaction における肥沃な研究成果をロボット向けに援用することで，より多様な Human-Robot Interaction を実現するアプリケーションが生まれる可能性がある．

しかし，ロボット工学の前提知識を持たないソフトウェアプログラマにとって，そのようなアプリケーションのプロトタイピングは容易ではない．そこで我々は，その困難を解消するべくツールキット “matereal” を開発した．本稿では，ツールキットの開発に至った動機を説明して要求仕様を明確にし，matereal の概要を紹介する．また，matereal の利用例を通して実用性を評価し，考察を加えて現状の課題を述べた後，関連研究を紹介する．

2　matereal の要求仕様

エンドユーザの指示に応えるインタラクティブなアプリケーション例として，一台のロボットで指定された複数の場所を順々に巡ったり，一台のロボットがコーヒーカップを運搬して他の一台がタイミングを合わせてお湯を注いだり，複数台のロボットで分担して掃除を行うといった例が考えられる．このようなアプリケーションでは複数のタスクを複数のロボットで並列実行することになるため，相応の困難が生じる．まず，指定した場所への移動や物体の運搬などの高レベルなタスク指示を低レベルなモータ動作の組み合わせに変換し，タスクが完了するまでの間は実行し続けなくてはならない．また，どのロボットがどのタスクをどのタイミングで実行するかというワークフローを管理する必要がある．ワークフローの管理にはマルチスレッドプログラミングにまつわる問題がついてまわるため，ともすればプログラムがデッドロックを起こして固まったり，ロボットがどのコードに従って動作しているのか分からなくなってデバッグが難しくなりかねない．

我々はこれらの困難を解消し，素早く実働するロ

Copyright is held by the author(s).

* Jun Kato and Takeo Igarashi, 東京大学 / JST ERATO 五十嵐デザインインタフェースプロジェクト, Daisuke Sakamoto, JST ERATO 五十嵐デザインインタフェースプロジェクト

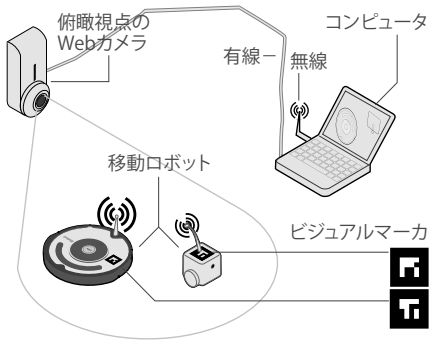


図 1. カメラと視覚マーカによる物体の 2 次元座標検出

ボットアプリケーションを開発できるプロトタイピングのための環境を構築したいと考えた．そのためには，高レベルなタスクが再利用可能なプログラム片として定義できるようになっている必要があるだろう．とくにロボットの基本的な機能であると考えられる環境内での移動に関する機能は，使いやすい組み込み API が提供されるべきである．また，マルチスレッドプログラミングを意識せず使えるワークフロー管理のための API が必要だろう．以降，これらの要求仕様に応える “matereal” の API の概要と実装を説明していく．

3 matereal

“matereal” は Java 用のライブラリとして実装されており，インタフェースや抽象クラスを用いて容易に拡張可能な構成となっている．本節ではその概要と実装について説明する．なお，仕様の詳細についてはツールキットの公式サイト[1]を参照されたい．

3.1 概要

本稿で提案するツールキット “matereal” は，図 1 のように一般的な Web カメラと視覚マーカを用いて物体の床面上の二次元絶対座標値を取得する機能が組み込まれている．この面上での移動に関しては，ツールキットが提供する高レベル API によって，ロボットのアクチュエータに継続的に低レベルコマンドを送出する処理が隠蔽される．また，どのロボットがどのタスクをどのタイミングで実行するかというワークフローを適切に管理する機構により，プログラマがマルチスレッドプログラミングを意識する必要がなくなり，容易にロボットアプリケーションをプロトタイピングできるようになる．

3.2 ロボットとタスク

本ツールキットでは，ロボットはリソースと呼ばれる機能単位の集合として扱われ，種類ごとにクラスとして定義されている．タスクも種類ごとにクラスとして定義されており，そのインスタンスはロボットのリソースを利用して実行される．タスクは，場合によってはリソースを排他利用する．例えば，アクチュエータの動作状況を読み取るだけなら排他制御は不要だが，アクチュエータへの出力をコントロールするタスクは一度に一つでなければ誤動作を招く．このような場合，読み取りに用いられるインタフェースと制御に用いられるインタフェースが，車輪の場合は Wheels と WheelsController のように別々に定義されている．排他制御を要するインタフェースは ExclusiveResource インタフェースを継承するように定められており，ツールキットが適切に排他制御の状態を管理する．これらの仕組みにより，一台のロボットに複数の競合しないタスクを安全に割り当てることができる．例えば，ソースコード 1 のように移動しながら周囲の映像を撮影するプログラムを書くことができる．

ソースコード 1. 前進しながらカメラ映像を撮る

```
1  Robot robot = new NetTansor();
2  GoForward gf = new GoForward();
3  Capture cap = new Capture();
4  if (gf.assign(robot)) gf.start();
5  if (cap.assign(robot)) {
6    cap.addImageListener(new ImageListener() {
7      // (略)
8    });
9    cap.start();
10 }
11 // 以降ロボットは gf.stop() を呼ぶまで前進,cap.
       stop() を呼ぶまでカメラ映像を撮り続ける.
```

プログラマが自作したロボットを本ツールキットで使いたい場合，まず自分のロボットを表すクラスを，ロボット全般を表す抽象実装クラスを継承して定義する．その際，ロボットが持つリソース一覧を返すメソッドを実装する必要がある．リソースは，多くの場合ロボットの内部クラスとして記述するのが適切である．ここで，リソースを予め定義されたインタフェース（例えば移動機能なら WheelsController）に実装させることによって，自作ロボットが既存のプログラムからでも利用可能になる．独自の機能を提供するリソースの場合はとくに既存のインタフェースを実装する必要はないが，一方でそれを利用するタスクのクラスも自分で定義する必要がある．タスクを表すクラスは自分の必要とするリソースの型一覧を返すメソッドを実装することが求められる．例えば，ロボットの車輪による移動機能を用いるタスクは WheelsController を含む一覧を返す．

3.3 2 次元ベクトル場を用いた移動・運搬タスク

本ツールキットは，天面に視覚マーカを貼り付けたロボットや物体を俯瞰視点で撮影することによっ

[1] http://mr.digitalmuseum.jp/

て，ロボットや物体の床面上での位置と方向を取得できる．この面上での移動に関するタスクは，ロボットが指定した位置へ移動するタスク Move と，指定した物体を指定した位置へ押し運ぶタスク Push が組み込みで用意されている．前者は指定位置に向かって落ち込むアリ地獄のような単純なベクトル場，また，後者はダイポール場を表すベクトル場を用いて実装されている [6].

プログラマは，独自のベクトル場を表すクラスを定義して移動アルゴリズムを新しく実装することもできる．ベクトル場を表すクラスは，cm 単位の実世界座標系において，任意の位置に対してロボットが進むべき方向を示す 2 次元ベクトルを返すメソッドを実装することが求められる．

3.4 アクティビティ図

一つのタスクを一台のロボットに実行させるだけであれば，これまでに述べた機能で十分に記述できる．しかし，実際に役立つロボットアプリケーションを開発する際には，しばしば複数のタスクを順番に実行したり，複数台のロボットを同時に扱う必要が生じる．本ツールキットでは，このようなシナリオを API を通じてアクティビティ図として組み上げ実行できるようにすることで，マルチスレッドプログラミングなどタスク管理のために生じる煩わしさからプログラマを解放することを目指した．

アクティビティ図は，UML（Unified Modeling Language）1.0 で定義されたワークフローを表現するための様式である．表 1 に示した現在のツールキットの実装の範囲では，アクティビティ図は概ねフローを複数並列実行できるようにしたフローチャートの拡張とみなすことができる．なお，実世界におけるアプリケーションでは，3 分以内に移動が終わらなかったら諦めるなど，経過時間に応じた処理が必要になることが多い．そこで，タスクの終了を待って状態遷移するアクティビティエッジに加え，タスクの実行開始から一定時間が経過すると状態遷移する例外処理用の有向エッジを新しくタイムアウトエッジと名付け，実装した．

なお，本ツールキットにおいてアクティビティ図はあくまでソースコードから生成するものであり，Visual Programming Language のように視覚的なプログラミング用インタフェースとして使われることはないが，現在アプリケーション内で走っているアクティビティ図を可視化するビューワが組み込みで用意されている．これによりロボットの現在の状態を把握でき，エラー発生時にソースコードのどの部分を見ればよいのか見当がつきやすくなっている．

4 サンプル・アプリケーション

本章では，これまでに説明した API を利用したアプリケーションの例をソースコードと共に紹介し，ツールキットの有用性と実用性を確認する．

4.1 Bring it here!

本例は運搬タスクを利用する．画面に机上の俯瞰映像が表示されており，視覚マーカを貼り付けた物をクリックするとロボットがその物を押して人の目の前に運んできてくれる．以下は俯瞰映像を表示するパネルに追加するマウスリスナのソースコードである．スクリーン座標 (x,y) にある物をマーカ検出結果から探し出して返すメソッド getClickedEntity(x,y) が与えられているものとする．

ソースコード 2. Bring it here!

```
1  panel.addMouseListener(new MouseAdapter() {
2    ScreenPosition goal = null;
3    public void mouseReleased(MouseEvent e) {
4      int x = e.getX(), y = e.getY();
5      if (goal == null) {
6        goal = new ScreenPosition(x, y);
7        return;
8      }
9      Entity entity = getClickedEntity(x, y);
10     if (entity != null && entity != robot) {
11       Push push = new Push(entity, goal);
12       if (push.assign(robot)) push.start();
13     }
14   }
15 });
```

表 1. アクティビティ図の構成要素一覧

構成要素	対応するクラス	用途
アクティビティ図	ActivityDiagram	
ノード	Node	全ノードの基底クラス
動作ノード	Action	ロボットによるタスクの実行を表す
分岐ノード	Decision	複数の遷移先候補から一つを選択する
フォークノード	Fork	複数の遷移先ノードを開始して自身は終了する
ジョインノード	Join	複数の遷移元ノードの終了を待って自身も終了する
アクティビティエッジ	Transition	ノード間の遷移を表す
タイムアウトエッジ	TimeoutTransition	ノード間の時間切れによる遷移を表す

まずエンドユーザが自分の目の前に相当する位置をクリックすると，変数 goal に物を運ぶ先が代入される．その後ユーザが物をクリックすると，運搬タスク Push がインスタンス化されてロボットがクリックされた物を goal まで押し運ぶ．

4.2 ロボ書道

本例はアクティビティ図を利用する．ユーザがマウスカーソルで文字列を描くと，ペンの上げ下ろしができる移動ロボットが床に敷いた模造紙の上でそれを真似て描く．複数台の同じ機能を持ったロボットがいて，書く文字を分担する．ユーザインタフェース部分のソースコードを省略するため，ユーザが描いた文字は一文字ずつ連続したパスの集合 List<Path> として保持されており，その全体のセットが Set<List<Path>> string として取得できているものとする．また，連続したパスを描くタスクを表す DrawPath クラス，ロボットの配列 robots が用意されているものとする．ペンの上げ下ろしはツールキットの組み込み機能ではないため，ペンを表すインタフェースとリソースの実装クラスおよびこれらに対応するタスクも別途用意する必要がある．

ソースコード 3. ロボ書道

```
1  ActivityDiagram ad = new ActivityDiagram();
2  Action[] inits = new Action[robots.length];
3  Action[] as = new Action[robots.length];
4  int i = 0;
5  for (List<Path> c : string) {
6    for (Path p : c) {
7      Action a = new Action(robots[i], new
           DrawPath(p));
8      if (as[i] == null) {
9        inits[i] = a;
10     } else {
11       ad.addTransition(new Transition(as[i], a));
12     }
13     as[i] = a;
14   }
15   i = (i + 1) % robots.length;
16 }
17 Fork fork = new Fork(inits);
18 ad.setInitialNode(fork);
19 ad.start();
```

文字 c を得るループのなかでロボットを選択するインデックス i がインクリメントされ，文字ごとに違うロボットが描画を行うようにアクティビティ図が構築されていく．パスを描く動作ノード a を得るループのなかでは，まず各ロボット robots[i] が最初にパスを描くタスクを inits[i] に格納し，以降は一つ前のパスを描くタスクが as[i] に格納されているので，それと a を Transition で結んでいる．全ての文字を描くタスクを繋ぎ終わったら，フォークノードによって各ロボットが最初にパスを描くタスクが並列実行されるようにしている．これにより，各ロボットが同時並行で各々の担当している文字を描くようになる．最後にフォークノードを初期ノードに指定し，アクティビティ図を実行すれば，ロボット総出で文字が描かれる．

4.3 日本の食卓

本例では，システムがユーザの指示に従って味噌汁を好みの手順で調理するほか，ご飯を炊飯器からよそい，日本茶を淹れてくれる．下表 2 に挙げたロボットと，ご飯をよそうお椀と，味噌汁を調理する IH 対応の小さなお椀兼用鍋と，日本茶パックの元々入っている湯呑みを用意する．

これらのロボットを操作して食卓を準備するソースコードは長大になるため省略するが，これまでに紹介したサンプルアプリケーション例で利用した機能を用いれば実装可能である．例えば IH 調理器や湯沸かし器，炊飯器は，マイコンと Bluetooth チップを用いて遠隔操作できるようにハックしたものを用意することにより，ソフトウェアにおいてはロボ書道で通常のロボットにペンの上げ下ろしのタスクを実装したようにタスクを介して操作できるようになる．他の独自ロボットも同様である．そして，エンドユーザが味噌汁の好みの調理方法をユーザインタフェース [8] で指示すると，順次対応するワークフローが構築され，他のロボットのタスクも同じアクティビティ図に組み込んで実行されることで目的が果たされるだろう．最終的には，例えば図 2 に示したようなアクティビティ図が構築される．

表 2. ロボット一覧

ロボット名	役割
IH 調理器	鍋の温度の管理
おたまロボット	鍋の攪拌
具材投入ロボット	具材の鍋への投入
炊飯器	よそうための蓋の開閉
ご飯よそいロボット	ご飯をよそう
湯沸かし器	湯沸かしと給湯
給仕ロボット	お椀や湯呑みの運搬

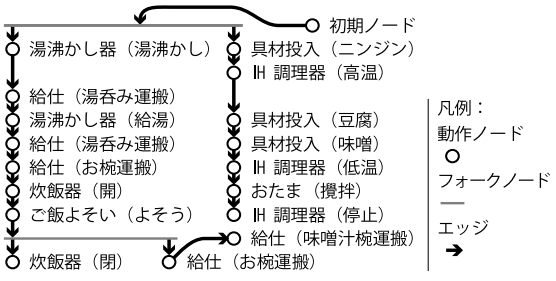


図 2. 日本の食卓を準備するアクティビティ図

5 議論

5.1 タスク管理の仕組みに関する議論

我々は，本ツールキットでタスクを管理する仕組みとしてソースコードからアクティビティ図を生成する API を提供したが，GUI でアクティビティ図を生成，編集して同等のワークフローを設計・実行できる Visual Programming Language（VPL）を開発することもできるだろう．しかし，その場合のアクティビティ図はエンドユーザの入力に応じて組み替えたりできない静的なものである．VPL はエンドユーザ向けのワークフロー設計用ユーザインタフェースとして利用でき，“matereal” を用いて開発できるアプリケーションの一つだが，本ツールキットの代替にはなり得ない．

本ツールキットが主なユーザ層として期待しているソフトウェアプログラマが慣れ親しんだプログラミング手法として，GUI で事実上標準となっているイベント駆動型モデルが挙げられる．本ツールキットは，タスクにイベントリスナを追加してタスクの完了通知を受けるなど，イベント駆動型モデルによるプログラミングをサポートしているが，それだけではツールキットの要求仕様は満たせないと考えている．なぜなら，複数のタスクを順次実行する場合などに，リスナの中でタスクのインスタンスを生成し，それに対してリスナを追加するといったリスナの入れ子構造が生じるからである．リスナの入れ子はソースコードの可読性を損ねるだけでなく，アクティビティ図のように処理の流れが自明ではないため，ロボットが今プログラムのどの部分にしたがって動作しているのか簡単には分からずデバッグが困難になるという問題点を抱えている．

5.2 将来的なデバッグ支援機能の拡充

3.4 節で紹介したように，本ツールキットにはアクティビティ図を用いたことで可能になったデバッグ支援機能が実装されている．我々は，今後この機能を拡充する必要があると考えている．まず，プロトタイピングにおいてはエンドユーザがどのようにシステムとインタラクションしているか観察することが大切とされており，ツールキットがカメラの映像とアクティビティ図上の状態遷移を同期して記録しておけば，そのようなことが容易になる．また，記録したデータをあとでシミュレータ上あるいは実機上で再現できるようにすれば，ロボットの振る舞いを細かく見直すことができるだろう．

6 関連研究

ロボットの開発を支援する環境はこれまでにも多数提案されてきた．RT-Middleware[2] などのミドルウェアは，分散ネットワーク環境において，ロボットやセンサ，それらを用いるプログラムなどのコンポーネントとコンポーネント間の通信様式を標準化することを目指している．プログラマがミドルウェア上でアプリケーションを開発するためには，利用するコンポーネントを選び，コンポーネント間通信について学ぶ必要がある．一方，本ツールキットは必要な機能をワンストップで提供するライブラリとして開発されたため，一台の PC 上でのソフトウェアプログラミングと同様にロボットアプリケーションを開発できる．

大規模なミドルウェアを除けば，Urbi[3] などほとんどのツールキットは一台のロボットの動作計画をプログラムするための機能しか用意していない．ただし，Urbi は最新版ではロボットの部品やタスクを表すクラスを提供しており，ロボットのハードウェア構成を body.arm.grip のようにツリー構造で表現できる．これは，ロボットが単にリソースの集合として表される本ツールキットより複雑だが高度である．本ツールキットも今後このような仕組みを取り入れる必要があるだろう．なお，一台のロボットに備わったセンサのみで床面上の絶対座標を取ることは難しい．したがって，Urbi を含むほとんどのツールキットは距離センサの値を取得できる機能のみ提供し，ロボットの測位に関する他の処理はプログラマに任せている．移動指示に関しても，今いる位置からの相対速度と角度を指定できるだけのことが多い．移動した距離を自分でモニタリングできるロボットの場合は相対座標への移動指示を出せることもある．例えば Tekkotsu[9] は目標地点のリストを与えて移動ロボットを導けるが，精確な絶対座標を得る機能がないためエラーが蓄積し，目標が徐々にずれていく．静的な環境であれば事前に環境の地図を与え，地図上の絶対座標系を用いることができるが，物体の運搬などで地図が変化すると問題が生じる．一方，本ツールキットでは天井カメラさえ固定しておけば環境の変化に影響を受けず，地図を事前に用意する必要もない．本ツールキットは，床面上でのロボットと物体の測位を行い，さらにベクトル場を用いて移動指示を抽象化した点に新規性があると言える．

時間軸に沿ってタスクを実行していく研究は，もともと並列コンピューティング向けになされており，初期にデータフロー言語 [1] というものが提案された．類似したものとして，システムのワークフローをモデル化するワークフロー言語がある [10]．これらの概念は，研究と並行して，オブジェクト指向の考え方と共にビジネス向けに UML の一部，すなわちアクティビティ図として再構成され，標準化された．我々の研究は，UML におけるアクティビティ図に実時間の概念を加えて実世界でのタスクのワークフローを直接表現できるように設計し，実際にロボットを用いてタスクを実行させられるように実装した初めての試みである．

7 まとめ

本稿では，ロボット工学の専門家でないソフトウェアプログラマでもインタラクティブなロボットアプリケーションをプロトタイピングできるツールキット “matereal” を提案した．これにより，既存の Physical Computing の範疇に留まらない，実世界を動き回れるロボットの特徴を生かした実世界指向アプリケーションをプロトタイピングするための環境を整えることができたと考えている．

参考文献

[1] W. Ackerman. Data ow languages. *Computer*, 15(2):15–25, 1982.

[2] N. Ando, T. Suehiro, K. Kitagaki, T. Kotoku, and W.-K. Yoon. RT-Middleware: Distributed Component Middleware for RT (Robot Technology). In *Proc. of IROS '05*, pp. 3555–3560. IEEE, 2005.

[3] J. Baillie. Urbi: Towards a universal robotic low-level programming language. In *Proc. of IROS '05*, pp. 820–825. IEEE, 2005.

[4] S. Greenberg and C. Fitchett. Phidgets: easy development of physical interfaces through physical widgets. In *Proc. of UIST '01*, pp. 209–218, New York, NY, USA, 2001. ACM.

[5] B. Hartmann, S. R. Klemmer, M. Bernstein, L. Abdulla, B. Burr, A. Robinson-Mosher, and J. Gee. Re ective physical prototyping through integrated design, test, and analysis. In *Proc. of UIST '06*, pp. 299–308, New York, NY, USA, 2006. ACM.

[6] T. Igarashi, Y. Kamiyama, and M. Inami. A Dipole Field for Object Delivery by Pushing on a Flat Surface. In *Proc. of ICRA '10*, pp. 5114–5119. IEEE, 2010.

[7] Y. Sugiura, T. Igarashi, H. Takahashi, T. A. Gowon, C. L. Fernando, M. Sugimoto, and M. Inami. Graphical instruction for a garment folding robot. In *ACM SIGGRAPH 2009 Emerging Technologies*, pp. 1–1. ACM, 2009.

[8] Y. Sugiura, D. Sakamoto, A. Withana, M. Inami, and T. Igarashi. Cooking with robots: designing a household system working in open environments. In *Proc. of CHI '10*, pp. 2427–2430. ACM, 2010.

[9] D. Touretzky and E. Tira-Thompson. Tekkotsu: A framework for AIBO cognitive robotics. In *Proc. of AAAI '05*, pp. 1741–1742, 2005.

[10] W. Van Der Aalst and A. Ter Hofstede. YAWL: yet another work ow language. *Information Systems*, 30(4):245–275, 2005.

未来ビジョン

我々はロボットが何であるかを知らない．自分たちで作った言葉であるにも拘らず，言葉が独り歩きし，各々が勝手なイメージを持っている．日本においては，とくに大型で人型の印象が強いようである．しかしながら，既存のロボット研究において一般的に用いられてきた大型のロボットは，ロバストに動作させるためにハードウェアおよび制御用ソフトウェアに高度な作りこみが求められ，かつ高価なため，そもそも多くのソフトウェアプログラマが満足にアプリケーション開発できるだけの環境を用意するのが困難である．また，空間知能化などのキーワードを考えたとき，大型ロボットは動作空間を用意すること自体に手間がかかる．

一方，小型のロボットであれば Arduino 等の Physical Computing 用ツールキットを利用して比較的安価に自作することが容易であり，さまざまな種類のロボットを試作できることが見込まれる．小型であれば机上など多くの場所で動作させることができるだろう．アプリケーションが確立すれば，小型ロボットなら大量生産もしやすく一層安価になることが期待できる．そもそも人間の生活環境における小型ロボットの存在は既存の家電製品との境界が曖昧であり，とくに家電製品をネットワーク越しに操作できるようになったとき境界はほぼ消失すると考えている．このように我々は，ネットワーク家電を含む小型ロボットが複数台・複数種人間の生活環境に溶け込んでいる未来ビジョンを念頭においてツールキットを開発してきたため，本文中のサンプルアプリケーションでも多くの小型ロボットや遠隔操作できるようハックした家電製品を登場させた．

我々が描く未来は，多くの人々，最初は研究者や科学・技術に強い興味のあるプログラマなどに，まずはロボットに触れてもらうところから始まると考えている．触れるということは，そのプログラムやアプリケーションを開発することであり，それによってロボットで何が出来るのか，どうしたら良くなるのかを，広く議論して行きたいということである．そこで我々は，手軽にプロトタイピングを行える共通のスタートラインとしてのツールキットが必要であると考え，“matereal” の研究開発を行ってきた．現時点では Java 用ライブラリとして提供しているが，Processing や他の言語の開発環境でも利用できるようにして，さらに幅広い層のプログラマにとって魅力的な環境構築を目指していきたい．

綿を内包した柔物体を用いた日常生活に溶け込むインタフェース

Computer Augmented Environments using Everyday Cushiony Objects

筧 豪太　杉浦 裕太　杉本 麻樹　稲見 昌彦*

Summary.

本研究では，我々の身の回りにあるぬいぐるみやクッションといった綿を内包した柔物体をインタフェースにするセンサシステムを提案する．具体的には，ぬいぐるみやクッションの中央部に開発した小型軽量モジュールを組み込むことにより，ユーザからの「叩く」「つぶす」「投げる」といったインタラクションの検出を可能とする．本システムは，インタラクションの検出方法として反射型フォトリフレクタを放射状に配置したセンサボックスを用いる．これは，ユーザからのインタラクションの非接触検出を可能とし，1) 柔物体がもつやわらかさを保持したままで，2) 手軽に好みの柔物体をインタフェースにすることが可能である．本稿ではセンサシステムの実装，および動作検出の原理を実験により明らかにする．また，本システムを利用したアプリケーションを示す．

1　はじめに

1990 年代の半ばから，コンピュータに対して直感的に働きかけるインタラクションの試みとして，実世界指向インタフェースの概念が提唱されている [11]．従来のインタフェース技術は人間とコンピュータの関わり方を改善することを行ってきたが，実世界指向インタフェースでは実世界とコンピュータをシームレスにつなぐという部分の重要性を主張している．その中でも身近にある日用品をインタフェースとして利用する研究が行われている [5][2]．これらの研究で使用される日用品は音楽 CD やテーブル上にある比較的手触りの固いものを対象にしている．

一方，我々の身の回りにはクッションやぬいぐるみ，ソファ，ベッド，枕といったやわらかいものがあふれている．本研究は，これらの綿を内包する柔物体の実世界指向インタフェースとしての可能性に注目し，柔物体をインタフェースにするためのセンサシステムを提案・開発する（図 1）．具体的には，クッションやぬいぐるみの中央部に開発した小型軽量のモジュールを組み込むことにより，ユーザからの「叩く」「つぶす」「投げる」といった動作入力を可能とする．

従来は，導電性の糸を縫い込んだり，外装にセンサを取り付けるなどしてユーザとのインタラクションを可能にしていたが，本システムでは反射型フォトリフレクタを用いた非接触計測を利用することで，本来クッションやぬいぐるみがもつやわらかさを損なわないインタフェースを実現することが可能である．本稿では，センサシステムの実装，さらに動作原理を実験により明らかにし，それを利用したいくつかのアプリケーションを示す．

図 1. 綿を内包するやわらかいインタフェース

2　やわらかいインタフェース

柔物体を利用したやわらかいインタフェースを実現することの利点として次の二点が考えられる．1) 生活空間へのインタフェースの埋め込みができる，2) やわらかさを利用した身体的なインタラクションができる．

2.1　生活空間へのインタフェースの埋め込み

我々の生活空間にはやわらかいものがあふれている．例えばテレビを観るときはソファに座り，横にはクッションが置いてある，また，寝るときには枕に頭を乗せる．このように，やわらかいものは既に生活の中に溶け込んでいる．これらをインタフェースとして利用することができれば，生活の中にイン

Copyright is held by the author(s).

* Gota Kakehi Yuta Sugiura and Maki Sugimoto and Masahiko Inami, 慶應義塾大学大学院メディアデザイン研究科

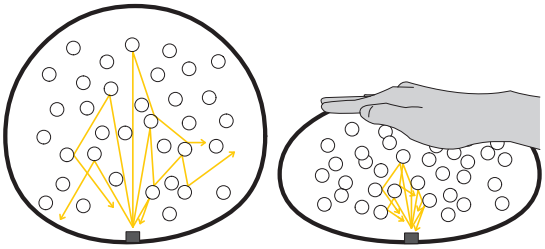


図 2. 柔物体内部の模式図．ユーザが接触していない状態（左）ユーザが接触した状態（右）

タフェースを埋め込むことが可能となる．

2.2 やわらかさを利用した身体的なインタラクション

人はそこにやわらかいものがあると，つい手に取って触ってしまうという本能的欲求があると考えれている [9]．また，それが両手でつかめる程度のサイズであれば，自然に「つぶす」「たたく」などの動作が生まれる．これらの行為を検出することができれば，これまでにない身体的な動作入力を取り込むことができる．

3 フォトリフレクタを用いた綿の密度変化の計測手法

3.1 インタラクションを検出する原理

ユーザの「たたく」「つぶす」インタラクションの検出にはフォトリフレクタを使用する．今回使用した反射型フォトリフレクタ（RPR-220）は発光素子と受光素子（フォトトランジスタ等）から構成され，受光素子に入る光量に応じて流れる電流の量が変化する性質を持つ．この特性を利用し，ユーザの接触によって変化する柔物体内部の綿の密度の計測を行う．

今回は柔物体内部にアライ社製のつぶつぶ手芸わたを用いる[1]．つぶつぶ手芸わたは粒状の綿を集めた構造をしている．ユーザが接触したときの柔物体内部の様子を模式的に表したものを図 2 に示す．図中の白丸はつぶつぶ手芸わたのひとつの粒を表し，黄色い線はフォトリフレクタから出た光の経路を表している．ユーザが接触していないときは，粒同士の隙間が大きく，粒によって反射する光が比較的少ない（図 2，左）．ユーザが接触すると粒同士の距離が近くなり隙間を通り抜ける光が減るため，反射する光が増加する（図 2，右）．

以上の理由から，綿の密度の変化を計測することで，ユーザの接触を検出することが可能と言える．

[1] http://www.sofiapack.com/hobby.html

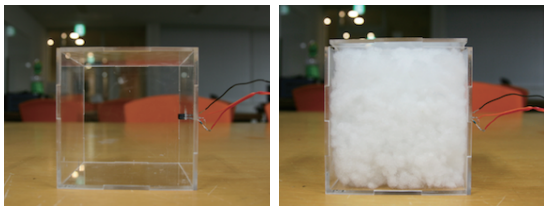


図 3. 測定に使用したアクリル製の箱．綿の無い状態（左）と綿を詰めた状態（右）

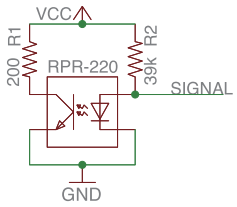


図 4. 測定に使用したフォトリフレクタの値の検出回路

3.2 綿の密度におけるフォトリフレクタの変化特性の測定

3.2.1 目的

柔物体内部のフォトリフレクタの値の変化には，表面までの距離と綿の密度それぞれの変化が影響している．表面までの距離は事前の実験により影響がないことが確かめられた．したがって，フォトリフレクタの値の変化は綿の密度の変化を表していると仮定し，綿の密度におけるフォトリフレクタの変化特性を明らかにすることを測定を行う目的とする．

3.2.2 測定装置

測定に使用する装置は，綿を入れるための一辺 10.4cm のアクリル製の箱，綿の重さを測るスケール（タニタ社製，KP-103），フォトリフレクタ（ROHM 社製，RPR-220），フォトリフレクタの値を読み取るためのマイコンボード（Arduino Duemilanove），値を記録するための PC である．アクリル製の箱にはあらかじめフォトリフレクタを取り付ける（図 3）．綿の重さを測るスケールには最大計量 120g，最小表示 0.1g のものを使用した．

3.2.3 フォトリフレクタの値の検出回路

フォトリフレクタの値の検出には図 4 に示す回路を用いる．SIGNAL 端子の電圧値をフォトリフレクタの値とする．よって，フォトリフレクタに反射する光の量が多いほどフォトリフレクタを構成するフォトトランジスタに流れる電流の量が大きくなり，結果としてフォトリフレクタの値は小さくなる．

3.2.4 測定手順

以下に実験の手順を述べる．

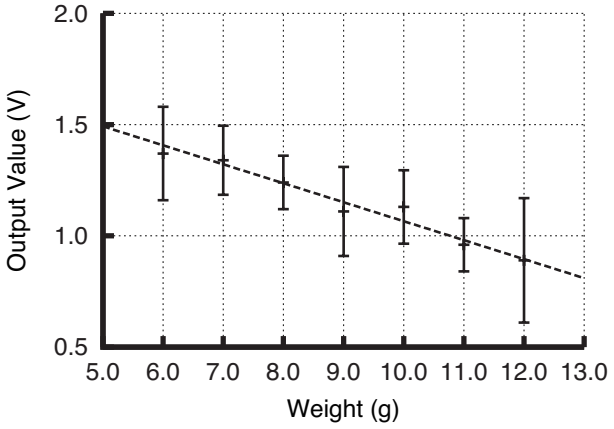


図 5. 綿の重さとフォトリフレクタの値の関係を示すグラフ

1. スケールを用いて綿を 6.0[g] 測り，アクリルの箱の中に入れ，ふたをする．
2. フォトリフレクタの値を毎秒記録し，20 回計測した時点で計測を終了する．
3. 綿の密度の偏りの影響を低減するために一度綿を箱から取り出し，もう一度箱に詰める．
4. 手順 2-3 の操作を 10 回繰り返す．
5. 綿の重さを 6.0[g] から 12.0[g] まで 1.0[g] 刻みで増加させ，手順 1-4 の操作を繰り返す．

3.2.5 測定結果

手順 2 で得られた 20 個のフォトリフレクタの値の平均値をそれぞれ求めた．同じ重さで 10 回計測したうちの平均値が最大と最小のものを外れ値と見なして除外した．残った 8 回分の平均値の平均値及び標準偏差を求め，標準偏差を誤差棒として平均値をプロットした．さらに，最小二乗法によって近似直線求め，グラフ化した．

3.2.6 考察

綿の重さの変化は綿の密度を表しており，綿の重さが大きいほど密度が高くなる．実験により得られたグラフから，綿の密度とフォトリフレクタの値の間には,「綿の密度が大きくなるとフォトリフレクタの値が小さくなる」という傾向があることがわかった．フォトリフレクタの値が小さくなるということはフォトリフレクタに反射する光量が増加したことを示している．ここで得られた知見を用いるとフォトリフレクタの値から綿の密度の推定が可能になり，したがって押しつぶされた強さも推定可能となる．また，標準偏差の値が比較的大きい理由は，箱内に綿が一様に分布せず，部分領域における綿の密度に偏りがあることが原因と考えられる．

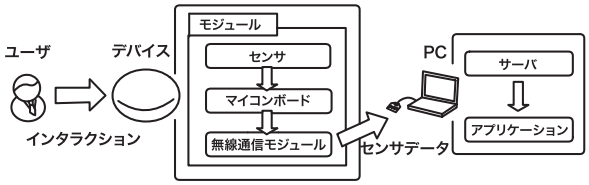


図 6. システムの概要図

4 柔物体をインタフェースにするセンサシステムの実装

提案するセンサシステムの全体像を図 6 に示す．センサシステムは開発したモジュール，外装となる柔物体，データを受け取るための PC から構成される．ユーザとのインタラクションはモジュールに搭載したセンサによって検出され，センサのデータは PC に送信される．PC 上のアプリケーションはあらかじめ起動しておいたサーバソフトウェアを介してセンサデータを使用することができる．

4.1 センサシステムを構築するモジュール

4.1.1 モジュールの設計

前章で行った綿の密度計測の結果に基づいて，モジュールの設計を行う．モジュールを設計するにあたり次の三点を目的とする．1) 柔物体のどの位置をどの程度の強さで触ったのか特定が可能である，2) 柔物体のやわらかさを損なわないインタフェースにすることができる，3) 柔物体を加工する手間をかけずモジュールを組み込むことが可能である．

一点目については，フォトリフレクタが放射状に配置されたセンサボックスを作成することで解決する．センサボックスはフォトリフレクタの値を計測する回路基板を箱形に組み立て，側面と上面にフォトリフレクタを配置した構造をもつ．このような構造にすることで，各フォトリフレクタの値の変化の様子の違いから接触の方向が推定可能だと考える．また，フォトリフレクタの値からユーザがどの程度の強さでインタフェースに接触したかも推定できる．

二点目及び三点目に関しては，センサにフォトリフレクタを使用することで解決する．フォトリフレクタの大きさは 4.9mm x 6.4mm x 6.5mm と小さいため，それを組み合わせたモジュールも小型になり，直径 20cm 程度のクッションであればモジュールを中に入れてもやわらかさが損なわれない．また，フォトリフレクタは非接触計測を行うため，柔物体の表面に対して直接センサの取り付けなどが不要となる．ゆえに，柔物体への加工は最初にモジュールを入れるための穴を開けるだけでよく，手軽にインタフェース化が可能となる．

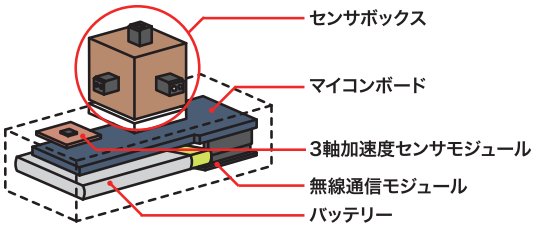


図 7. モジュールの概要

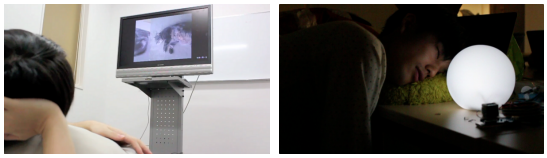


図 8. 日常生活に溶け込む本手法のアプリケーション．ソファを用いたテレビの操作（左）枕を利用した照明の制御（右）

4.1.2 モジュールの実装

開発したモジュールの概要を図 7 に示す．フォトリフレクタには ROHM 社製の RPR-220 を用いた．3 軸加速度センサには Analog Devices 社製の ADXL335 を搭載したモジュールを使用した．無線通信モジュールには Digi 社製の XBee モジュールを用い，マイコンボードには XBee モジュールを簡単に取り付けることができる Arduino Fio を使用した．バッテリーはリチウムイオンポリマー電池（3.7V, 900mAh）を使用した．無線通信モジュール，マイコンボード，バッテリーはアクリル製の箱で覆い，その上にセンサボックス及び 3 軸加速度センサモジュールを取り付けた．

4.2 柔物体とのインタラクションを検出するアルゴリズム

4.2.1 「叩く」「つぶす」インタラクションの検出

ユーザの「叩く」「つぶす」というインタラクションの検出にはフォトリフレクタの値を用いる．モジュールは各センサの入力電圧と出力電圧の比を 0 から 1023 の値にマッピングした値を PC に送信する．現在のセンサの値と前回のセンサの値の差が 50 を超えたときに，柔物体が押されたと判定し，逆に差分が-50 を下回ったときに離されたと判定する．押されてから離されるまで 2 フレーム以上要した場合には柔物体がつぶされたと判定され，そうでないときには叩かれたと判定される．

4.2.2 「投げる」インタラクションの検出

ユーザの「投げる」動作の検出には 3 軸加速度センサモジュールを使用する．X 軸，Y 軸，Z 軸の各センサの値の，前回との差分の合計が 200 を超えたときに投げられたと判定する．

5 アプリケーション

本稿では提案する手法を用いてソファを用いたスライドショーの操作と枕を利用した照明の操作を行うアプリケーションを開発した．また，その他の例としてソファとクッションを用いたテレビの操作を行うアプリケーションの実装案について述べる．

5.1 日常生活に溶け込むインタフェース

本システムを用いることで既に家庭内にある柔物体をインタフェースにすることができる．したがって，日常生活に溶け込むインタフェースが実現可能となる．日常生活に溶け込むインタフェースとしてどのような応用が可能かを述べる．

5.1.1 ソファを用いたスライドショーの制御

ソファに寝転がりながら，撮影した写真を眺めるといったシチュエーションを想定し，ソファを叩くと次の写真に切り替わるというアプリケーションを実装した（図 8，左）．具体的には，スライドショーの実行に Apple 社製の Keynote を使い，スライドショーを外部から操作できるようにするソフトウェアを作成した．モジュールから送られてきたセンサデータから，ソファが叩かれたか否かを判定し，叩かれていたら作成したソフトウェアを通じて Keynote へ次のスライドへ移動するコマンドを送信する．スライドショーに写真を載せておけば，お気に入りの写真を寝転がりながら眺めるということが実現できる．

5.1.2 枕を利用した照明の制御

就寝時のシチュエーションを想定し，枕を利用した照明の制御を行うアプリケーションを実装した．就寝時にユーザが枕に頭を乗せると照明が次第に暗くなり，起床時に枕から頭を上げると照明が点灯する（図 8，右）．今回の実装では市販されている照明のカバーを用い，電球の代わりに高輝度白色 LED を入れた．LED はマイコンボードに接続され，PC から明るさを制御することができるようにした．ソファの例と同様に枕に頭を乗せたと判定した後，マイコンボードを通じて明るさを変化させていく．このようなことが可能になれば，照明を消すために一度起き上がったり，リモコンを操作して消す手間を省くことができる．また，寝ようとして頭を乗せたのか否かの判定や，意図せず枕から頭が離れたときとの区別を行うことで，有用性を高めることができる．

5.1.3 ソファとクッションを用いたテレビ操作アプリケーションの実装案

先の二つの例以外にも日常生活に溶け込むインタフェースとして，例えばソファを利用したテレビの

操作なども考えられる．前述のスライドショー制御の例と同様に，ソファを叩くとチャンネルが変わるという操作が可能になる．具体的な実現方法としては，まず，マイコンボードなどを通じて PC から赤外線 LED の点灯/非点灯を制御できるようにしておく．次にモジュールから送られてきたセンサデータから，ソファが叩かれたことが検出できたら赤外線 LED を使い，チャンネルを変えるコマンドをテレビに送信する．このような仕組みであればテレビを制御することができる．また，ソファにはクッションが置いてあることが多い．そこで，クッションをインタフェースにすることによって，クッションを押しつぶす強さに応じて音量が変わる，といった応用も実現できる．

5.2 複数モジュールを用いた複雑な操作の実現

本稿では柔物体に組み込むモジュールはひとつと想定していた．そのため，柔物体へのインタラクションは「叩く」や「つぶす」といった単純な物に限定されており，大きなソファをインタフェースにすることや，ぬいぐるみの手足の動きを検出することは不可能である．これを解決する手段として，複数のモジュールを使うことが考えられる．例えば，ぬいぐるみなら胴体に一つ，頭部に一つ，手足にそれぞれ一つ，計六つのモジュールを入れることで，動かした部位の特定が可能になるだろう．複数モジュールを用いた操作を実現するためには，ひとつのモジュールがどの程度離れた位置のインタラクションまで検出できるのかを調査する必要がある．この範囲を解像度と呼ぶ．また，やわらかいものの大きさ，形状に基づいた最適なモジュールの配置数，配置位置などを検討する．複数モジュールを配置してもやわらかさを損なわないために，モジュールの小型化も行う必要があるだろう．

6 関連研究

柔物体をインタフェースとして利用する試みは HCI の分野で盛んに行われている．弾性体のもつやわらかさをインタフェースに利用した研究として，Weiss らは，シリコンゴムとアクリルで作られた入力インタフェースを利用したテーブルトップ上でのインタラクションを提案している [7]．佐藤らは透明弾性体と天井に配置したカメラを用いて透明弾性体のどの部位に力がかかったかを検出するシステムを開発した [6]．Grant らはフェルトに導電糸を縫い込むことで，それを可変抵抗として利用することのできる仕組みを提案し，やわらかいスイッチなどを開発した [4]．また，Baudisch は光学式マウスの中身を手触りのよい布でくるんだ構造のデバイスを提案し，ポインティングデバイスやゲームコントローラとしての有用性を示した [1]．これらの研究のようにやわらかいものをインタフェースにする例は多く存在するが，本稿で対象とするような綿を内包する柔物体をインタフェースにする例はほとんどない．

綿を内包する柔物体をインタフェースにする例として，特にぬいぐるみに注目した研究が行われている．森らは WEB カメラを用いた実世界指向インタフェースシステムを提案し，ぬいぐるみにひもづけられた楽曲を再生するアプリケーションを実装した [10]．米澤らはぬいぐるみの内側に 7 種類のセンサを取り付けることで，ユーザとのインタラクションを可能にしたセンサぬいぐるみシステムを開発し，インタラクションの頻度や強度に応じて楽曲が生成されるアプリケーションを提案している [8]．森らの研究ではぬいぐるみ側への加工が必要ないが，直接インタラクションすることはできず，米澤らの研究では直接インタラクションが可能であるがセンサを取り付けるために外装への加工が必要となってしまう．本手法を用いると手軽に使用することができ，かつ柔物体へ直接インタラクションすることが可能となる．

平松らはユーザの「握る」「投げる」「転がす」という動作入力が可能なやわらかいボール型のコントローラを開発し，ゲームコントローラとして利用するアプリケーションを実装した [3]．本稿で提案するシステムはこの研究に近いが，外装に綿を内包する柔物体を用いる点，柔物体を手軽にインタフェースにできる点で異なる．

7 まとめ

本稿ではぬいぐるみやクッションといった既に日常生活に溶け込んでいる柔物体をインタフェースとして利用することのできるセンサシステムの開発を行った．柔物体へのインタラクションとしては「叩く」「つぶす」「投げる」という動作を想定し，それらの動作を検出するためのモジュールの設計及び実装を行った．動作検出には反射型フォトリフレクタを用いた．綿の密度とフォトリフレクタの値の変化特性を測定することで，ユーザの接触の強さを検出することが可能となった．本システムを用いたときに，日常生活に溶け込むインタフェースとしてどのようなものが考えられるかを述べ，ソファを利用したスライドショーの制御や，枕を利用した照明の制御を行うアプリケーションを実装した．

今後はユーザの接触をより詳細に判定するため，柔物体を押したときと戻るときのヒステリシスの計測，複数のモジュールを使用するためのモジュールの解像度の調査を行う．また，モジュールの小型化などの改良を行っていく．インタラクションの検出は現時点ではセンサデータに基づいて，研究を通じて得られた経験から閾値を決定しているが，データの詳細な解析を行うことで閾値の決定などに信頼性を持たせる．また，ユーザスタディを行うことで本稿で提案するシステムの有用性を確認する．

謝辞

本研究の一部は，独立行政法人情報処理推進機構 (IPA)，2009 年度未踏ＩＴ人材発掘・育成事業の支援を受けて実施されたものである．開発の支援，指導をいただいている情報処理推進機構並びに安村通晃氏に深く感謝いたします．

参考文献

[1] P. Baudisch, M. Sinclair and A. Wilson. Soap: a mouse-like pointing device that works in mid-air, In *UIST 2006*, ACM, 2006.

[2] K. Y. Cheng, R. H. Liang, B. Y. Chen, R. H. Laing and S. Y. Kuo. iCon: utilizing everyday objects as additional, auxiliary and instant tabletop controllers, In *CHI '10*, ACM, pp. 1155–1164. ACM, 2010.

[3] R. Hiramatsu. PUYO-CON. In In *SIGGRAPH ASIA '09 Emerging Technologies*, pp. 81-81. ACM, 2009.

[4] lara's itp blog >> Thesis, http://laras-home.com/itpBlog/thesis/

[5] T. Masui, K. Tsukada, I. Siio. MouseField: A Simple and Versatile Input Device for Ubiquitous Computing. In *UbiComp '04*, pp. 319–328. September 2004.

[6] T. Sato, H. Mamiya, H. Koike, K. Fukuchi. PhotoelasticTouch: Transparent Rubbery Tangible Interface using an LCD and Photoelasticity. In *UIST '09*, pp.43–50. ACM, 2009.

[7] M. Weiss, J. Wagner, Y. Jansen, R. Jennings, R. Khoshabeh, J. D. Hollan and J. Borchers. SLAP Widgets: Bridging the Gap Between Virtual and Physical Controls on Tabletops. In *CHI '09*, pp. 481–490. ACM, 2009.

[8] T. Yonezawa, B. Clarkson, M. Yasumura, K. Mase, Context-aware Sensor-doll as a Music Expression Device, In *Extend. Abst. of CHI '01*, pp. 307–308. ACM, 2001.

[9] 井原成男, ウィニコットと移行対象の発達心理学, 福村出版 (2009).

[10] 森 悠紀, 五十嵐 健夫.「ぬいぐるみゅーじっく：画像認識技術による日用品の個別認識を利用した音楽操作インタフェース」, インタラクション 2006, ポスター発表, 東京, 2006.

[11] 暦本 純一. 実世界指向インタフェースの研究動向. コンピュータソフトウェア, Vol.13, No.3. pp. 196–210, 日本ソフトウェア科学会, 1996.

未来ビジョン

操作性が良い，というだけの時代はもう終わるだろう．これからは人間中心の，人間の情動に訴えかけるようなデバイスが求められているのではないだろうか．ドナルド.A. ノーマンの有名な言葉 “エモーショナル・デザイン” にあやかって，私はこのような，人間の情動に訴えかけるデバイスを “エモーショナル・デバイス” と名付けたい．私が思うエモーショナル・デバイスに必要な条件，それはたったひとつ,「**そのデバイスを触っていたいか，否か**」，である．例えば私たちはコンピュータの操作にマウスを使う．しかし，マウスが好きで，何も操作しないときもついつい触ってしまう，という人にはこれまで出会ったことがない．マウスやキーボードといった普段私たちが使うデバイスは確かに現在の形のコンピュータの操作には非常に有効な手段である．ところが，使いたくなるデバイスか，といったときには必ずしも最善の選択肢にはならない．そういった意味で，マウスはエモーショナル・デバイスではないのである．一方，本稿で提案したようなぬいぐるみやクッションというのはどうだろうか？おそらく，多くの人が操作しないときにもつい触ってしまうのではないだろうか．さらに，それがユーザの好きなぬいぐるみであれば，より触っていたくなるだろうし，友人と好きなぬいぐるみを持ち寄り，それをコントローラにして対戦ゲームを遊んだら，普通のゲームコントローラよりずっと盛り上がるのではないだろうか．私が思い描く未来の世界はこのようなエモーショナル・デバイスにあふれ，人々がコンピュータとより自然な形で関わる世界である．そのための第一歩として，我々はやわらかいものをコントローラに用いるというコンセプト，ひいては触っていたくなるデバイスという概念を世に広めるため，本稿の提案を行った．

本大学院においてデモンストレーション展示を行い，学生にぬいぐるみコントローラを触ってもらったところ，実際の操作には影響がない行動が多くの学生に見受けられた．これはまさに我々が提唱する触っていたいコントローラというところに通じるのではないだろうか．今後はユーザスタディなどを通じて触りたいという欲求に関する印象の評価を行っていく．思い描く未来が現実のものになるまで，少しずつではあるが近づいていきたい．

CoupLog：ライフログを用いたカップルのコミュニケーション支援

CoupLog : Communication support system for couples using life logs

中川 真紀　　塚田 浩二　　椎尾 一郎*

Summary.

男女間のコミュニケーションは難しい．カップルは相手のことを知りたい，自分のことを分かってほしいといつも思っているが，行為と感情のすれ違いなどからなかなか達成できない．我々はこのような「カップル」のコミュニケーションに着目し，新しいライフログの活用方法である「CoupLog」を提案する．CoupLog は従来の「自分」を対象としたライフログを拡張し,「カップル 2 人を 1 組」と考えることで，お互いにライフログを記録したり，ライフログを 2 人の生活や関係構築に役立てることができる．本研究では CoupLog のコンセプトに基づき，カップルのコミュニケーションを支援する「ふたログ」と「ルナログ」という 2 つのアプリケーションを提案し，実装した．

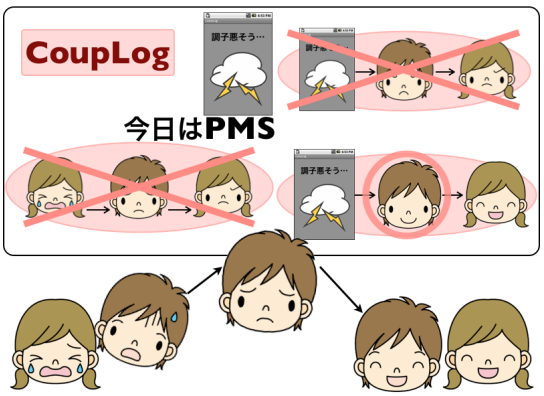


図 1. CoupLog の利用イメージ図：泣いている彼女に対してどのような対応をとれば良いのか迷った際，CoupLog を振り返ると PMS で不安定になっている彼女は，話を聞いてあげることが適していると分かり，態度を改めることができる．

1　はじめに

カップルのコミュニケーションは難しい．相手が急に不機嫌なったりして困ると言う人や，気付かないうちに相手が怒っていて，自分のどこが悪いのか分からないと言う人は多い．このように，カップルのコミュニケーションがうまくいかない原因としては，以下のような物が考えられる．

自分の行為と相手の感情のすれ違い

女性の月経前症候群

第 1 点目は，行為と感情のすれ違いである．カップルになると長時間行動をともにすることが多くなり，お互いのプライベートな情報を共有しながら関係を構築していく．しかし，プライベートな情報の中でも，リアルタイムなお互いの感情は共有することが難しく，自分の行為に対して相手がどのように感じているかを知ることはほとんどできない．そのため，相手が気付かないうちに怒っているが，自分のどの行為が悪かったのか分からずに困惑してしまうことがあると考えられる．

第 2 点目は，女性の月経前症候群（PMS）である．多くの女性は月経前になると体調を崩しやすく，精神的にも不安定になりやすい．これは PMS の典型的な症状である[1]．PMS の症状は自分でコントロールすることが難しい上，男性から理解を得にくいため，単なるわがままと思われてしまうことも多い．一方男性は，女性の機嫌が急変したり，不機嫌である理由が分からず困惑してしまう場合が多い．月経前になると機嫌が悪くなりやすい，という知識を持っていたとしても，彼女のホルモンバランスを把握することは難しい．

これらの問題を解決するためには，相手の行為とそれに対する自分の感情の記録や，女性の月経リズムなどのプライベートな記録を 2 人で手軽に共有できる環境が必要である．このことから我々は，自分のプライベートな情報の記録であるライフログに着目し，これまで自分 1 人が対象であったライフログを拡張してカップル 2 人で 1 組と捉える「CoupLog」を提案する．

Copyright is held by the author(s).

* Maki Nakagawa and Itiro Siio, お茶の水女子大学大学院人間文化創成科学研究科, Koji Tsukada, お茶の水女子大学お茶大アカデミックプロダクション／科学技術振興機構さきがけ

[1] PMS とは，排卵後/月経前の 1〜2 週間に起こる精神的・身体的不快感のことである．

2 CoupLog：カップルのためのライフログ

CoupLog とは，ライフログを用いてカップルのコミュニケーションを支援するシステムである．具体的には，カップルの 2 人を 1 組と捉え，お互いのライフログを一組として取り扱い，つまり，相手の行為とそれに対する自分の感情の記録や，女性の月経リズムなどのプライベートな記録を 2 人で管理することで，2 人のコミュニケーションを支援する．

図 1 に CoupLog の利用イメージ図を示す．

本研究では以下の 2 つのアプリケーションを提案し，実装した．

ふたログ：相互ライフログによるコミュニケーション支援アプリケーション

ルナログ：PMS に着目したカップルのコミュニケーション支援アプリケーション

ふたログは，お互いがお互いのライフログをその行為に対する自分の感情とともに記録し，それをお互いに確認することができるアプリケーションである．ルナログは，女性が自分の月経開始日と終了日を記録し，そのログから男性は女性の体調や精神状態を知ることができるアプリケーションである．この 2 つのアプリケーションを組み合わせて利用することで，カップルはお互いの行為と感情のすれ違いを防ぐだけでなく，女性の感情の変化に PMS の要素を考慮して，男性は対応することができると考えられる．

ログの記録方法としては，一般的に，特殊なデバイスやセンサーを用いて自動でライフログを記録する方法がある．自動でライフログを取得する場合のメリットとして，ユーザの手間がかからず，継続的にログの記録が可能であることがあげられる．しかしデメリットとして，自動で記録したログは正確とは言えない場合が多いことがあげられる．特に CoupLog で扱う「感情」のログは，自動で記録することが難しい．一方，CoupLog はカップルを対象にしているため，「相手との関係をうまく保ちたい」という気持ちから，手動での記録であっても高いモチベーションの維持を期待できる上，正確に感情を取得できると考えられる．そのため，本研究では手動でログを記録する方法を選択した．

以下に各アプリケーションの詳細を述べる．

3 ふたログ：相互ライフログによるカップルのコミュニケーション支援アプリケーション

1 つ目は，お互いがお互いの行動をログにとることでカップルのコミュニケーションを支援する「ふたログ」である．本アプリケーションの概要を図 2 に示す．

図 2. ふたログの概要：相手の行動とそれに対する自分の気持ちをログに記録すると，相手はそのログを確認することができる．ログを見て反省し，行動を改善したり態度を改めたりすることで，カップルのコミュニケーションが円滑に進む．

本アプリケーションのコンセプトは以下の 2 点である．

相手のログと共に自分の感情を記録する

お互いが記録したログを 2 人の関係に役立てる

第 1 点目は，相手のログと共にそれに対する自分の感情を記録することである．通常のライフログでは，記録するのは自分のライフログに限られるが，CoupLog では，2 人を 1 組と捉えることから，相手の行為とそれに対する自分の感情をひとつの物とまとめて考える．本アプリケーションは相手の行為と自分の感情のすれ違いを防ぐことが主要な目的であるため，同時にこれら両方，具体的には相手の発言，行動，態度などを記録し，それに対する自分の感情（ポジティブ〜ネガティブ）を記録する．

第 2 点目は，お互いのログを 2 人の関係に役立てることである．通常のライフログとは違い，CoupLog では 2 人を 1 組と見なすことから，ログの利用も 2 人で行う．本アプリケーションでは自分の行為に対して相手がどのような感情を抱いていたかを知ることができるため，カップルのコミュニケーションの難しさの原因であった，「自分の行為と相手の感情のすれ違い」を知ることができる．このことにより，今後の行為を改めたり，相手の感情を推し量ったりすることができると考えられる．

上記のようなコンセプトに基づいて本アプリケーションを実装するにあたって，著者の 1 人（以下女性）の恋人（以下男性）に協力を仰ぎ，事前調査を行った．以下に詳細を示す．

3.1 事前調査

本調査の目的は以下の 2 点である.

CoupLog に適したログの記録方法の調査

ログの記録/閲覧に対する印象の調査

第 1 点はログの適切な記録方法の調査である．本システムでは通常のライフログと異なり,「相手の行為」のログをそれに対する「自分の感情」とともに記録する．これまで他者の行為のログの記録方法についてはあまり議論されておらず，ある程度内容を把握することができ，かつ手間のかからない記録方法を模索する必要がある．そこで本調査ではライフログを記録する頻度やタイミング，またログの入力方法を様々に組み合わせて試行し，協力者の意見を参考にして CoupLog に適したインタフェースを模索した.

第 2 点はログを記録/閲覧することに対する印象調査である．実際に「相手の行為」と「自分の感情」を 1 組として記録することでどのような感覚が得られるのか，また，相手が記録したログを閲覧することで，どのような気持ちになるのかについて，感想を述べてもらった.

ログの記録は Google ドキュメントに行い[2]，方法は 3〜5 日に 1 度変更し，毎日好きなときに相手の記録したログを確認した．表 1 に試行した記録方法とそれに対する印象評価を示す．その結果，第 1 点

表 1. 試行した記録方法

タイミング	方法	印象評価
一日の最後	テキスト入力	×
	数値入力	△
	自由	△
リアルタイム	テキスト入力	△
	数値入力	△
	自由	○

の「入力方法やタイミング」については，男性から以下のような意見が得られた.

> 一日の最後に記録する方法は，思い出すのが面倒だし，特にテキスト入力は嫌なことを反芻するためよくない.
>
> リアルタイムの場合，毎回テキスト入力をしていると，時間がかかるので相手の目が気になった．数値入力だとこうした問題はないが，後から見て分かりにくくなることがあったので，テキスト入力も補足的に扱えるとよい.

[2] 男性は常に PC や e-mobile を持ち歩き，ありとあらゆるところで使用するようなハッカーであるため，紙を用いた記録より，PC ベースの記録を好んだ.

また，第 2 点の「ログを記録する際の感想」としては，男性から次のような意見が得られた.

> 相手のことを記録に取っているうちに，自分の考えの見直しもできる.
>
> 相手のことをよく見るようになった.
>
> テキストで長く書き込むと感情を反芻することになるので，悪いことよりは良いことを書くと良いと思った.

一方，女性が，男性の記録したログを確認した際の感想としては

> 自分では気付かないところで相手が傷ついていて，自分の態度を考え直した.
>
> 自分が料理を作ることに彼氏が感謝していたことがわかり，嬉しかった.
>
> 良い感情の記録は，直接表現されたものもあったが，後から見直しても嬉しかった.
>
> イライラしているときに相手の批判的なログを見ると，気分が悪かった.
>
> 彼氏のログの記録頻度に比べ，自分のログの確認頻度は少なかった.

このような結果から，ログの記録方法に関しては，リアルタイムで素早く入力でき，かつ短いコメントを残せる方法が適すると考えた．また，相手の生活のログとそれに対する自分の感情を記録することで，自分の考えや態度を見直したり，改めたりすることができると考えられる．一方，相手が記録した自分のログやそれに対する相手の感情を確認することで，自分でも気付いていなかった自分の悪い部分や，その場では伝わってこなかった相手の思いを知ることができ，お互いのコミュニケーションに役立てることができると考える.

また，本アプリケーションにおいては記録したログを公開するタイミングや見せ方が重要であることも分かった．感想でも述べられている通り，イライラしている際に相手の批判的なログを見てしまったりすると，逆に新たな火種になってしまう場合も考えられる．また，ログを記録する方としても,「嬉しかった」「ありがたかった」というポジティブな感情はすぐにでも伝えたいが,「イライラした」「嫌だった」等のネガティブな感情は，相手の気持ちが落ち着き，冷静になった頃に伝えたいと考えるであろう．このようなことから，ログの公開のタイミングや見せ方に工夫が必要であると考えられる.

調査の結果を参考に，アプリケーションの実装を行った．以下に詳細を示す.

3.2 アプリケーションの実装

本アプリケーションは，リアルタイムでログを記録することを考え，持ち運びが容易なスマートフォ

図 3. 相手の行動のログを記録する際に用いる画面：(1) ログに残したい相手の動きの種類を「表情」「行動」「態度」「その他」の中から選択する．(2) 自分の気持ちを星の数で表す．(3) コメントを残す．(4) 相手が記録した感情のログのうち，最新の 5 件を背景色で上から順に表示する．

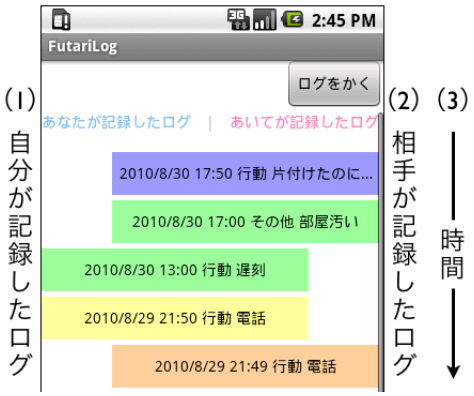


図 4. ログ確認画面：(1) 画面左側に自分が記録したログが，(2) 画面右側に相手が記録したログが表示される．(3) 2 人のログは新しい順に上から表示されている．

ン上で利用できるように Android アプリとして実装した．

3.2.1 ログの記録

図 3 に相手の行動を記録する際に用いる画面を示す．本アプリケーションにおいて記録を取る際のコンセプトは以下の 2 点である．

短時間で行うことができる．

相手が最近記録した感情を確認できる．

第 1 点目は短時間で行うことができることである．本アプリケーションでは，行動を起こした本人の前でリアルタイムで記録する．そのため，相手から見て不自然でない程度に短時間で記録を終わらせられるように工夫した．本アプリケーションでは基本的に，プルダウンメニューから相手の行動を選び，それに対する自分の気持ちを星の数で表す．また，テキスト入力でより詳しく気持ちや行動の種類を残したい場合のためにテキストエリアを設けた．

第 2 点目は相手が最近記録した感情を確認できることである．事前調査で分かったように，相手のログをわざわざ見るというのはなかなか行わない．入力する時点で最近の相手の感情を確かめることができれば，手軽に相手の気持ちをチェックすることができると考えられる．本アプリケーションでは，相手が記録した感情の最新 5 件を星の数に応じて色分けし，入力画面の背景とした[3]．これにより，入力すると同時に相手が最近，自分に対してどのような感情を持っていたかを知ることができる．

3.2.2 ログの公開と確認

本アプリケーションにおいては，ログを公開するタイミングも重要である．事前調査でも分かったように，ログを公開するタイミングによって，2 人で記録したログが 2 人のコミュニケーションに役立つことも，逆に悪影響を及ぼす可能性も考えられる．

ログの公開の時期に関しては，ログを記録した人が公開時期を決定する方法や，ネガティブなログのみ時間を置いて公開するなどの方法が考えられる．しかしこれらの方法では，ログを記録した順番と公開される順番が異なってしまう場合が考えられる．そのため，ログを確認する方としては，相手の気持ちの変化が分かりにくくなると考えられる．

そこで本アプリケーションは，感情を表す色味と記録した時間のみ記録直後から公開し，その他の情報は，0 時から 24 時までに記録した全てのログを翌朝 6 時に一度に公開するように実装した．この方法ならば，相手の気持ちの変化をすぐに把握でき，詳細については日をまたぐことで，ある程度冷静に確認できると考えられる．

図 4 にログを確認する際に用いる画面を示す．ログの確認画面は記録画面の右上の「ログをみる」ボタンを押すと現れる．ログ画面には自分と相手の記録したログが新しい順に表示されている．2 人分一度に表示することで，相手の気持ちの変化や自分と相手の気持ちの同期/非同期を感じ取ることができる．現在はログを記録し，確認することで本人の気持ちや心がけを変えることを目指しているが，今後は記録したログを解析し，相手の行動に対応した「相手の機嫌を損ねない適切な対応」を提案するなど，

[3] 良い感情を表すために温かさを感じる暖色を，不快な感情を表すために冷たさを感じる寒色を用いた．星 1 つ：淡い青，2 つ：淡い緑，3 つ：淡い黄，4 つ：淡い橙，5 つ：淡いピンク

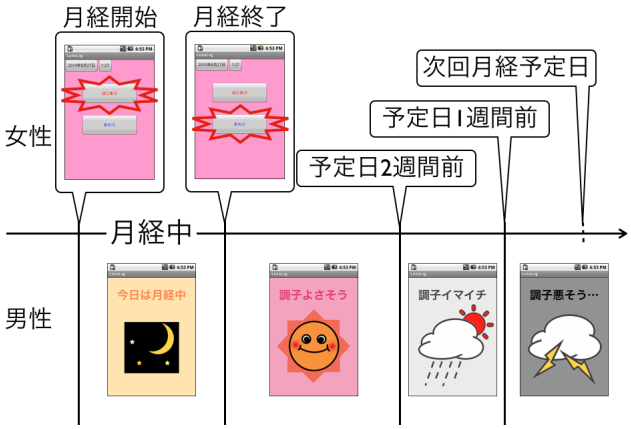


図 5. ルナログの概要

積極的にカップルの行動に働きかけるようなアプリケーションの実装も行いたいと考えている．

4 ルナログ：カップル向け月経管理アプリケーション

2 つ目は女性の月経リズムを 2 人で共有することでカップルのコミュニケーションを支援する「ルナログ」である．本アプリケーションの概要を図 5 に示す．

本アプリケーションのコンセプトは，「従来のライフログと CoupLog を組み合わせること」である．具体的には以下の 3 点で構成されている．

カップルの女性が月経リズムを記録する

相手の男性に公開する

女性 1 人のライフログを，2 人の関係に役立てる

従来のライフログと同様に，女性は自分のライフログ（月経開始日と終了日）を自分で記録する．しかし CoupLog では個人のライフログを 2 人のライフログとして扱うため，男性にもそのログを公開し，2 人の関係に活用する．

本アプリケーションを用いることで，男性は女性の体調や精神状態を予想することが簡単になり，女性の不安定な精神状態に理不尽な気持ちになることが防げたり，女性の精神や体調に負担のかかるデートの提案や話をしてしまうことを防げるとも考えられる．一方女性は，口で伝えることが恥ずかしい月経周期を男性に簡単に伝えることができ，精神状態や体調を男性に気遣ってもらいやすくなると考えられる．

4.1 アプリケーションの実装

本アプリケーションはふたログと同様の理由から，Android アプリとして開発した．

一般的に女性の月経管理は基礎体温の記録を元に行う．しかし基礎体温の計測や記録は面倒であるため，継続することが難しい．本アプリケーションでは，正確なホルモンバランスの変化の管理よりも，継続的にログを記録しやすい環境を整えることのほうが重要であると考え，月経開始日と終了日を記録してもらうことで PMS の起こりやすい時期を予測する方法を選択した．具体的には，前回の月経終了日から今回の月経開始日までの日数から，次回の月経開始日を予測する．予測した月経開始日の 2 週間前から 1 週間前までを PMS が起こる可能性のある時期，1 週間前から実際の開始日までを PMS の起こりやすい時期とした．

女性側で本アプリケーションを起動すると「はじまり」「おわり」ボタンが表示された画面があらわれる．開始した日に「はじまり」ボタンを，終了した日に「おわり」ボタンを押すだけで記録できる．日付の変更も行うことができるため，当日に記録できなかった場合にも対応することができる．

男性側でアプリケーションを起動すると女性の体調や精神状態を表す画面があらわれる．この画面には「調子よさそう」(PMS が起こりにくい時期)「調子イマイチ」(PMS が起こる可能性のある時期)「調子悪そう」(PMS が起こりやすい時期)「月経中」(月経中）の 4 種類が表示され，男性はこれを元に女性の精神状態や体調を予想することができる．

現在，本アプリケーションは月経管理の機能を単体で実装している．しかし，ふたログに組み込むことで，男性はより正確に女性の気持ちを把握できると考えられる．このことから，今後はふたログへの組み込みも考慮していきたい．

5 関連研究

ライフログ分野の代表的な研究として，SenseCam，Forget-me-not，I'm Here，Re-MoteCare などが挙げられる．SenseCam[2] は首から下げて持ち歩くだけで一定時間毎に自動で撮影を行うカメラである．Forget-me-not[3] は，ユーザが出会った人や経験した物事を手動で記録し，それらの想起を支援する．I'm Here![4] は，カメラを常に装着することでユーザが把持していた物体を認識し，物探しを支援する．Re-MoteCare[1] は，ビデオ／センサを用いて気温／湿度や患者の心拍数／呼吸のログをとり，健康状態を管理するシステムである．本研究は，カップルの 2 人を 1 組と見なすことで，お互いが記録したログをカップル間のコミュニケーションに活用することが特徴である．

遠距離恋愛中のカップルのコミュニケーションを支援するシステムは数多く提案されている．SyncDecor[5] は遠隔地にある恋人同士の家にある日用品の動きを同期させることで相手の状態や存在感を伝え，コミュニケーションを支援する．本研究では，物理的に近

くにいても伝わりにくいカップルのお互いの体調／精神状態などを，ライフログを活用して取得／提示することで，カップル間のコミュニケーションを支援する点が特徴である．

6 まとめと今後の予定

本研究では，カップルでお互いのライフログを記録しあい，共有することで，カップル間のコミュニケーションを支援するコンセプト「CoupLog」を提案した．さらに,「お互いの行動と感情のすれ違い」と「女性の PMS」の 2 つの問題を解決するアプリケーションとして「ふたログ」と「ルナログ」を実装した．今後はふたログとルナログを統合してお互いの精神状態／体調をより細やかに共有できるシステムを実装し，ユーザテストを進めていく．

謝辞

本研究の一部は，科学技術振興機構さきがけプログラムの支援を受けた．

参考文献

[1] M. Fischer, Y. Y. Lim, E. Lawrence, and L. K. Ganguli. ReMoteCare : Health Monitoring with Streaming Video. In *International Conference on Mobile Business*, pp. 280–286, 2008.

[2] J. Gemmell, L. Williams, K. Wood, R. Lueder, and G. Bell. Passive Capture and Ensuing Issyes for a Personal Lifetime Store. In *Proceedings of the 1st ACM workshop on continuous archival and retrival of personal experiences NewYork, USA*, 2004.

[3] M. Lamming and M. Flynn. ”Forget-me-not” - Intimate Computing in Support of Human Memory. In *In Proceedings of the ’94 Symposium on Next Generation Human Interface.*, 1994.

[4] T. Ueoka, T. Kawamura, Y. Kono, and M. Kidode. I’m Here! : a Wearable Object Remembrance Support System. In *In Proceedings of MobileHCI 2003*, pp. 422–427, 2003.

[5] 辻田眸, 塚田浩二, 椎尾一郎. 遠距離恋愛者間のコミュニケーションを支援する日用品 ”SyncDecor” の提案. コンピュータソフトウェア，Vol. 26, No. 1, pp. 25–37, 2009.

未来ビジョン

カップルは，ロマンチックな物だという幻想がある．今相手が何をしているか知りたい，相手の存在を感じたいと思っているカップルは多いと思われている．しかし，現実は甘くない．酔っぱらった彼女が面倒な場合もあれば，彼の技術トークが退屈な場合もある．相手の今の気持ちなど，気にならないことも多々ある．相手が自分のどんなところにどういう感情を抱いているかは分かりにくく，また，自分の気持ちを相手が理解してくれることはなかなか無い．特に女性の月経リズムなどは男性に伝えることが恥ずかしい．そのため，多くの女性は月経中で体力的に辛くても，PMS でイライラしても，男性にはそのことを伝えることができない．また男性は，女性が楽しそうにしてくれないことや，突如不機嫌になることの理由を知ることが難しく，忍耐を強いられることも多い．これでは，いくら科学技術が発達しても，人間は幸せにはなれない．

本論文で提案した CoupLog は，まさに「2 人で 1 つ」を実現することを目指したシステムである.「2 人で 1 つ」を実現することで，多くのカップルが煩わしい詮索や相手の理不尽な態度，女性の PMS によるトラブルから解放される．

人間は，親しい他者との関係性において成り立つ生き物である．科学技術の発展で仕事が楽にこなせたり，ライフログで記憶を拡張して物事を無限に覚えたりできたとしても，一番身近にいる，大好きな恋人との関係がうまくいかなくては，幸せになれない．本論文で提案した CoupLog のアプリケーションは多くの人の幸せを実現するための，第一歩であると考えている．

物語テキストから進行状況に応じて登場人物の存在状態と関係を推定する手法

Estimation Method of Character's State of Existence and Relationship According to Progress of Storytelling

縣 啓治　伊藤 雄一　高嶋 和毅　北村 喜文　岸野 文郎*

Summary. 本稿では，物語テキストの内容理解を支援するために，物語テキストの進行状況に応じた人物相関図の生成を目的とし，相関図を生成する上で必要となる登場人物の存在状態を判定する手法と，人物間の友好敵対関係を推定する手法を提案する．提案手法では，物語テキストの係り受け解析結果と，あらかじめ生成した死亡表現リストに基づいて存在状態を判定し，それらを物語の進行状況に沿って可視化する．今回は，本のような外観のソフトウェアを実装し，見開き本の左ページに物語テキスト，右ページにユーザが読み進めている時点までの登場人物の存在状態を可視化する．さらに，あらかじめ生成した友好リスト・敵対リストと，係り受け解析結果，人物の関連度に基づいて人物間の友好敵対関係を推定する．実際の作品を対象にし，提案手法における死亡判定について再現率と適合率を用いて評価した結果，それぞれ平均して，84.7% と 79.4% の正解率を得た．

1 はじめに

Kindle や iPad などの電子書籍端末が普及しつつあり，有料/無料の電子書籍を販売する体制も整いつつある．電子書籍の場合は，簡単にデータを大量に持ち運べるため，その日の気分に合わせて読む作品を決め，同時に複数の作品を読み進めるといったことも可能となり，読書スタイルが従来に比べ多様化している．このようなスタイルで通勤電車等で細切れに読書をすると，読んでいた内容が把握しづらく，特に推理小説のような複雑な人物関係をもつ物語の内容理解は困難である．そこで，物語を簡単におさらいできる機能があれば，無駄な読返し時間を減らせることや，読了をあきらめていた作品に再挑戦する気力をわかせる効果が期待できる．また，もともと読書が苦手だと感じ，読書から遠ざかっている人にとっては，何らかの方法で，内容理解を支援する必要がある．そこで，物語の最も基本かつ重要であり，物語に沿って変化する人物情報をリアルタイムに，かつ，一目で分かる形式で可視化することが，理解支援につながると考えられる．

そこで本稿では，人物の存在状態の把握と，相関図生成の第一歩として人物間の友好敵対関係の把握に着目する．物語テキストの進行状況に応じた相関図を生成する上で，人物の存在状態判定と関係判定が不可欠であると考えられるためである．

提案手法では，人物の存在状態として，登場人物の登場判定と退場判定を行う．ここで，対象を推理小説とし，退場の原因として対象の死亡状態への遷移を扱う．そして，それらを物語の読む進み具合に応じて，可視化する．さらに，相関図生成には人物の関係の推定が必要であるため，あらかじめ生成した友好リストと敵対リスト，係り受け解析結果，人物の関連度に基づいて，友好敵対関係を推定する．

Copyright is held by the author(s).

* Keiji Agata, Yuichi Itoh and Kazuki Takashima, 大阪大学 大学院情報科学研究科，Yoshifumi Kitamura, 東北大学 電気通信研究所，Fumio Kishino, 関西学院大学 理工学部

2 関連研究

テキストの内容理解支援を目的として，テキストを解析し，その内容に応じて画像や動画等のマルチメディアコンテンツを付加することにより，テキスト内容を可視化する様々な研究がなされてきた．

2.1 テキスト情報の可視化による理解支援

テキスト情報を可視化することにより内容理解を支援する研究として，テキストから 3 次元空間上にシーンを生成する研究がある．Coyne らが提案している WordsEye[1] では，ユーザが入力した任意のテキストに対して自然言語処理により，キャラクタや物に加え，それらの位置関係やポーズを抽出し，3 次元空間上にテキストで表現されたシーンを生成している．他にも，ブログ記事を対象にし，内容を表す画像の提示による支援が，佐藤らにより提案されている [2]．また，交通事故の様子をアニメーション化し，理解を手助けする研究もある [3]．物語テキストを対象に，内容理解を支援する手法も提案されている．Sumi らが提案している Interactive e-Hon[4] では，テキストから視覚情報に富んだコンテンツを生成する．主語や動詞，目的語等をテキストから抽出し，データベースから，テキストの流れに沿った動作データを取得し，提示する．また，元のテキストから，親子が会話しながら内容を説明する会話文を作成し，アニメーションと共に再生することで，

絵本を読んで聞かせているような感覚で内容を理解させることが可能となっている．また，松本らは，小説文を対象に，シーンを表現する場所や効果音に適したマルチメディアコンテンツを動的に付加することによって内容理解を促進するシステム mTeX [5] を提案している．これは，文章の係り受け解析結果と Web 上の辞書を用いることによって，シーンが進行している場所に関する語句を抽出している．さらに，抽出した場所に関する画像を Web 上から取得し，表示領域全体の背景として提示する．

以上の手法では，物語テキストを読む際に臨場感を演出することが可能であるが，物語の流れを簡単に見返すことや，複雑な人物関係を把握することはできない．

2.2 物語テキストにおける人物関係図の構築

物語テキストにおける人物関係図を構築する手法として，神代らは，長い物語を読む際の理解の手助けを目的として，物語テキストから登場人物同士の関係を推定し，人物相関図を自動で構築する手法を提案している [6]．物語テキストから各発話文について話し手と聞き手を同定し，会話内容から，目上目下関係を推定する．例えば，話し手が一人称として「わたくしめ」を使っていれば話し手が相手よりも目下の関係にあると推定する．その結果を基に，ノードとエッジによる無向グラフにより人物相関図を出力する．このシステムは，未読の物語を読むか否かの意志決定の際にも応用できると著者らは述べている．

また，馬場らは，登場人物に基づいて小説テキストをモデル化する手法を提案している [7]．重要人物や人物間の関連度の把握を容易にするため，ノードとエッジを用いて人物相関図を作成している．この相関図では，人物間の関連度が高いほど人物を近くに配置しており，重要人物の判断が可能である．また，重要人物の行動に着目することで, あらすじ生成への応用が可能になる．この相関図から，主要人物と人物間の関連の深さは把握できるが，敵対関係や友好関係等，どのような関連があるかまでは把握できない．

他にも，芳村らは登場人物間の関係を理解するために，人物相関文 (人物間の関係を表現する文) を抽出し，人物間のリンクとともに表示することで人物相関図を生成している [8]．しかし，この相関図では，人物相関文を読者が読み直さなければ，関係を把握できないため直感的な理解につながらない．

以上のように，人物相関図を生成する研究は存在するが，物語の進行に沿った可視化や存在状態の判定は実現されていない．

他にも，物語テキストではなく，実在の人物を対象にし，Web 上の情報から，人間関係や関連の強さを求めて，人間関係ネットワークを構築している研究がある [10]．現在では，人々のつながりを可視化し，人物検索を支援する SPYSEE[11] と呼ばれるサービスも存在しており，人物の情報として，その人の相関関係は重要な要素であると言える．

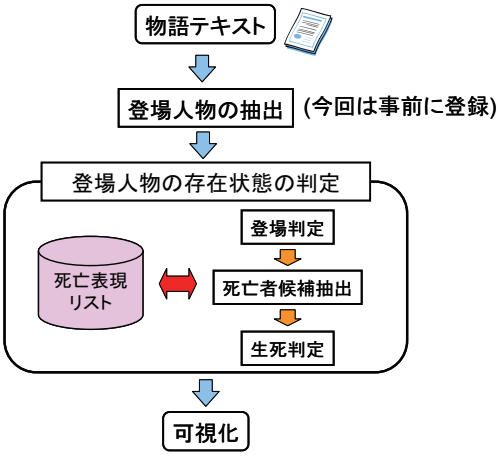


図 1. 提案手法の流れ

3 人物存在状態の判定

3.1 概要

人物相関図は物語の内容理解の支援に有効であるが，細切れ時間での読書を効果的に支援するためには，読む進み具合に応じた適切な相関図を提示する必要がある．そのため，従来研究のように，物語全体に対する相関図だけでは，内容把握の支援には不十分である．相関図において，最も基本となるのが人物の存在状態 (登場したか，退場したか) であると考えられるため，まずはこれを判定し，可視化することに着目する．特に，推理小説では人物関係が複雑で，細切れの読書では人物の状態を把握しきれなくなってしまう恐れがある．そこで，推理小説を対象とし，人物の存在状態を判定する．

提案手法の流れを図 1 に示す．まず，入力された物語テキストから登場人物を抽出する．今回は事前に手入力で人物名を登録しておく． 次に，物語テキストの係り受け解析結果とあらかじめ生成した死亡表現リストを基に各登場人物の存在状態を判定する．最後に，得られた人物の存在状態を物語の進行状況に応じて可視化する．

3.2 登場判定

登場人物は自動で抽出できるが，ニックネームに対する同一人物の判定が困難である．また，今回は人物の抽出よりも存在状態判定に着目しているため，人物を事前に登録している．事前に登録しておいた人物のうち誰が登場したのかを判定する手法について述べる．テキスト文に最初に人物名が出てきた時点から，その人物が登場したと判定する．人物名が出てくるということは，その人物がその場面において何らかの関係性があると考えられるためである．

表 1. 死亡表現リストの例

遺体	死	他界	亡くなる	息を引取る

各章で登場状態を判定し，人物名が表記されていない章では退場したとみなす．このようにして，各章の主要人物を把握できるようにしている．

3.3 退場判定

物語において，特に連続殺人等の推理小説の場合では，人物の生死状態は重要な意味をもっており，相関図における基本的な要素であると考えられる．そのため，登場判定だけでなく，生死状態の判定も必要である．提案手法では，係り受け解析の結果と死亡表現リストを基に生死状態を判定する．

3.3.1 死亡表現リスト生成

人物が死亡したかどうかを判定するために，青空文庫 [9] に収録されている作品から，登場人物が初めて死亡した際の表現と，既に死亡していると分かる表現を抽出する．さらに，必携類語実用辞典（Yahoo! 辞書）を利用し，「殺す」「死ぬ」「死体」の類語を調べ，それらを合わせて死亡表現リストとしてまとめた．死亡表現リストに含まれる語句は約 140 語あり，表 1 に示す 5 語はその例である．このように作成した死亡表現リストと係り受け解析の結果を基に，人物の生死状態を判定する．

3.3.2 死亡者候補抽出

まず，人物の生死状態を「生存」,「死亡」,「死亡候補」の三種類の状態に分類する．そのために，係り受け解析の結果を基にし，登場人物の係り先と係り元の名詞と動詞を抽出する．その際，抽出した語句が死亡表現リストの語句に含まれているかどうかを確認する．登場人物の係り先と係り元の名詞と動詞が，死亡表現リストに含まれていない場合は生存していると判定する．含まれている場合は，その語句が名詞であれば，死亡していると判定し，動詞であれば死亡者候補とする．例えば，図 2 に示すように,「A 男が歩いた」という文では,「A 男」の係り先である「歩いた」が死亡表現リストに含まれていないため，生存していると判定する.「A 男の死体」という文では,「A 男」の係り先である「死体」が名詞で，かつ死亡表現リストに含まれるため，死亡していると判定する.「A 男が自殺した」という文では,「A 男」という人物の係り先の語句である「自殺した」が動詞で，かつ死亡表現リストに含まれるので，死亡候補と判定する．

3.3.3 死亡判定

次に，死亡候補と判定された人物について，生死状態を判定する．人物に続く助詞と，人物の係り先と係り元の文節内の助動詞の意味を手がかりに，生死状態を判定する．判定例を図 3 に示す．打消し，推量の表現がない「A 男が自殺した」のような文の場合は，死亡していると判定する．また，係り先が「殺す」等の他動詞で，人物に続く助詞が「は」「が」「の」「も」のいずれかであり，かつ文節内に受身を表す「れる」がある場合と，人物に続く助詞が「を」である場合のみ，死亡していると判定する．例えば,「A 男が殺された」という文では，助詞が「が」で，かつ係り先が受身を表しているため，死亡していると判定する.「A 男を殺した」という文では，助詞が「を」であるため，死亡していると判定する.「殺された A 男」という文では，係り元が他動詞で，かつ受身を表しているため，死亡していると判定する．

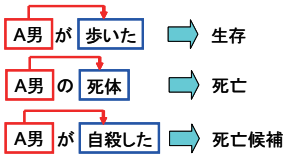


図 2. 生存，死亡例と死亡候補例

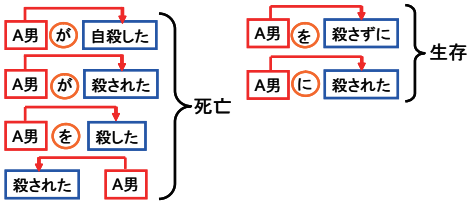


図 3. 生死判定の例

人物の係り先と係り元の文節内に，打消しを表す「ない」「ぬ」や，推量を表す「う」がある場合は，生存していると判定する．例えば,「A 男を殺さずに」という文では,「A 男」の係り先の文節が打消しを表し，かつ他動詞であるため，生存していると判定する．また,「A 男に殺された」という文では，係り先の語句が他動詞で，人物に続く助詞が「に」であり,「は」「が」「の」「も」のいずれでもないため，生存していると判定する．

以上のように，生死判定では，係り受け解析と死亡表現リスト，さらに，人物に続く助詞と，係り先と係り元の文節内の助動詞の意味を利用し，人物の生死状態を判定する．

3.4 実行結果

青空文庫 [9] に収録されている 5 つの作品を対象に，提案手法によって生死の判定を行った．対象作品は，作中で複数の人物が殺害されるものを選択した結果,「有喜世新聞の話」「電気看板の神経」「殺人鬼」「カンカン虫殺人事件」「ネオン横丁殺人事件」とし，各作品に関して再現率と適合率を求めた．ここで，正解死亡箇所の内，提案手法が取得できた割合を再現率とし，提案手法が判定した死亡箇所の内，正解している割合を適合率とした．それぞれ平均で，84.7% と 79.4% の正解率を得た．結果を表 2 に示す．

表 2. 死亡判定の割合 [%]

作品名	再現率	適合率
有喜世新聞の話	80.0 (4/5)	66.6 (4/6)
電気看板の神経	66.6 (2/3)	66.6 (2/3)
殺人鬼	76.9 (10/13)	76.9 (10/13)
カンカン虫殺人事件	100 (2/2)	100 (2/2)
ネオン横丁殺人事件	100 (1/1)	100 (1/1)

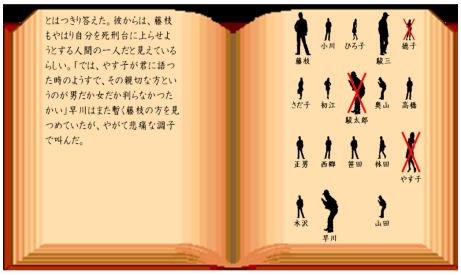


図 4. 人物の存在状態の可視化例

4 人物の存在状態の可視化

前章で判定された結果に基づき，登場人物の存在状態を可視化する手法について述べる．ここでは，見開きの本の左ページに物語テキストを表示する．さらに，読み進めている時点での人物の存在状態を逐一確認できるように，右ページには，人物のシルエット画像と人物名を常に表示させておく．シルエット画像は事前に準備し，人物の性別に応じてランダムに提示する．ただし，人物の存在状態は 1 ページ前の状態を可視化する．これは，表示ページの情報を可視化すると，ページを切り替えた際に，未読の部分の情報を知ってしまう可能性があるためである．

人物が死亡している場合は，その人物のシルエット画像にバツ印を付ける．また，物語中に既に登場しているが，現在表示しているページの章には登場していない人物のシルエット画像は，登場中の人物より小さく表示する．閲覧方法として，1 ページ進む，もしくは，戻るボタンと読返しや流し読みに利用できるスライダバーを実装している．

実行結果の例として,「殺人鬼」という作品を提案手法により解析し，得られた人物の存在状態を可視化した様子を図 4 に示す．この例から，現在表示しているページまでに，18 名の人物が登場し，そのうち 3 名が死亡していること，現在の章には 5 名の人物が登場していることが分かる．

また，同様に「電気看板の神経」という作品を提案手法により解析し，得られた人物の存在状態を可視化した例を図 5 に示す．この作品の 8 ページ目では，人物が誰も表示されていないが，テキスト文中に「岡安」という人物名が表記されているため,「岡安」が登場していると判定し，9 ページ目で,「岡安」のシルエットと名前を表示している．さらに 29 ページまで進むと,「春ちゃんが惨殺されてしまった」という文から,「春江」が死亡していると判定するため，次ページでは,「春江」が死亡していると分かるように,「春江」にバツ印をつけている．さらに読み進めていくと，次々に人物が死亡していき，物語の最後には 3 名の人物が死亡している様子が分かる．このように，人物の存在状態を読む進み具合に応じて可視化することで，各登場人物が，どの時点で登場し，死亡しているかどうかを把握できる．

5 人物間の友好敵対関係の推定

5.1 概要

前章までの人物の存在状態の可視化により，物語テキストの理解に十分寄与すると考えられるが，さらなる支援のためには，人物の関係を推定し，相関図を生成する必要がある．人物間の関係には，様々な関係が存在するが，恋愛関係や感情等の多くの関係性は，友好敵対関係の一部であると見なせるため，それらが最も基本的な関係であると考えられる．そこで，まず友好敵対関係に着目する．友好敵対関係の推定結果として，二人の人物がどのような関係にあるかを表す語句とその関係にある人物が特定される．そして，友好リスト・敵対リストのどちらに抽出語句が含まれるかを確認することで，二人が友好

図 5. 「電気看板の神経」の可視化例

表 3. 友好リストの例

親友	仲良し	幼馴染み	惚れる	気がある

表 4. 敵対リストの例

ライバル	敵視	反発	確執	争う

関係であるか，敵対関係であるかを推定する．

5.2 友好リスト・敵対リストの生成

まず，青空文庫 [9] に収録されている作品から，人物間の友好関係，もしくは，敵対関係にあると分かる表現を人手で抽出し，友好リストと敵対リストとしてまとめた．例えば,「圭さんと吉公とはまあ仲のいい方で」という表現では，二人が友好関係にあることが分かる．友好リストには,「親友」「仲良し」という語句や，敵対リストには,「ライバル」「敵視」という語句が含まれている．友好リスト，敵対リストにはそれぞれ，85 語，48 語を登録している．以降では，友好・敵対リストの語句をキーフレーズと定義する．表 3 と表 4 にキーフレーズの例を示す．

5.3 人物の特定

友好・敵対リストと係り受け関係，人物間の関連度を基に，友好敵対関係にある人物を特定し，人物間の友好敵対関係を推定する．

まず，キーフレーズの係り先と係り元の語句を確認する．それらの語句が人物であれば友好敵対関係にある人物として確定する．確定した人物が二人未満であれば，キーフレーズの手前に登場する三名とキーフレーズの後に登場する二名を，友好，もしくは，敵対関係にある候補者とする．候補者をこのように絞ったのは，友好敵対関係にある人物の登場パターンを三つの作品から人手で分析した結果，以下のようなパターン 1〜4 に分けられたためである．例文中の下線部は友好，もしくは，敵対関係にある人物を表し，二重下線部はキーフレーズの語句を表す．

1. キーフレーズ前後で最も近くに登場する人物
   (例)鈴江 は自分の惚れている 岡安 と
2. キーフレーズの後で最も近くに登場する二人
   (例)友に一切の事情を語った．セリヌンティウス は無言で首肯き，メロス をひしと抱きしめた
3. キーフレーズの手前で最も近くに登場する二人
   (例)鳥居圭三 という三十五にもなる男で…．こいつは，内々春ちゃん に気があるらしい
4. キーフレーズの手前で，最も近くに登場する人物と三番目に近い人物
   (例)岡安 も春ちゃんのことは夢のように忘れちまったらしく，鈴江 と肝胆相照らしている．

次に，候補者の中で，現段落までの関連度が最も高い組の人物を友好敵対関係にある人物として確定する．登場回数が多い人物同士は偶然共起している可能性があるため，Dice 係数を用いて人物の関連度を式 (1) により算出する．

$$\frac{2 \times (\text{人物 A と人物 B の共起段落数})}{(\text{人物 A の登場段落数})+(\text{人物 B の登場段落数})} \quad (1)$$

「電気看板の神経」という作品を対象に，友好敵対関係を推定した結果，提案手法により正しく推定できたのは，13 箇所中 8 箇所 (61.5%) であった．成功例として「圭さんと吉公とはまあ仲のいい方で」という表現があり，失敗例として「鈴江は春江を殺しただけではなく、春江の情人たる岡安を完全に手に入れ」という表現があった．

6 考察

6.1 存在状態の判定について

死亡判定において，エラーの理由としては，婉曲な表現を判定できなかったことや，係り受け解析の誤りにより，適切な係り元と係り先の語句が抽出できなかったことが考えられる．死亡したことを正しく判定できなかった箇所の例として,「またまた惨劇が演ぜられた．不幸な籤を引きあてたのはふみ子という例の年増女給だった」という表現があった．逆に，生存者を死亡していると判定してしまった箇所の例として,「木沢さん、死体を余りいじらぬように、傷を調べて下さい」という表現があった．ここでは,「木沢」という人物の係り先は「調べて」であると考えられるが，係り先を「死体」と解析していたのが原因であった．このような婉曲な表現や係り受け解析の誤りによるエラーは，パターンマッチングによる判定で精度を向上できると考えられる．

6.2 友好敵対関係の推定について

友好敵対関係の推定では，不正解のパターンは，一文に三人以上の人物が共起する場合で，関係者ではない人物間の関連度が，正しい関係者の関連度を上回ってしまっている事がエラー判定の原因となっていたため，Dice 係数以外の他の関連度算出方法を考慮することで，精度を向上できると考えられる．

6.3 存在状態の可視化について

今回の可視化では，スライダバーを動かすことで，各ページの情報を素早く読返すことができる．スライダバーの位置に応じて，リアルタイムに人物情報の可視化が行われるので，実際の利用シーンにおいて十分に有益な効果が期待できる．また，人物の存在状態という物語の柱となる部分を可視化により把握することで，今まで物語を把握できず，読書に対し億劫になっていた人に対する支援につながることや，文字ばかりのものに画像が加わることでより親しみやすくなる効果が期待できる．そこで，本手法による存在状態の可視化によって，実際に理解の支援になるかどうかを確認するための評価実験を実施する必要があると考えている．また，シルエット画

像はランダムに提示しているが，ユーザに与える人物の印象に影響すると考えられるため，人物の特徴等の抽出結果に応じた適切なシルエット画像の表示が必要であると考えている．推理小説の場合では，死亡したと思っていた人物が後で，実は生きていたという場合もあるため，一度死亡したと判定しても，生き返った情報を判定し可視化するということも必要であると考えられる．また，著者の意図的な誤誘導には，見破れるシステムを作るのではなく，ユーザの視点に合わせた可視化を実装することで，物語の楽しみを損なわずに読書できると考えている．

7 まとめ

本稿では，物語テキストにおける登場人物の存在状態を判定する手法と人物間の友好敵対関係の推定手法を提案し，人物の存在状態を物語の読む進み具合に応じて可視化した．今後は，友好敵対関係以外の人物関係も推定し，人物相関図を物語の進行に沿って，可視化することを目指す予定である．

参考文献

[1] B. Coyne et al. WordsEye: a text-to-scene conversion system. In *Proc. of Conference on Computer Graphics and Interactive Techniques*, pp. 487–496, 2001.

[2] 佐藤圭太, 西原陽子, 砂山渡. ブログ記事からのイベント文抽出によるシーンの生成. 第 21 回人工知能学会全国大会, 2007.

[3] O. Akerberg et al. CarSim:An Automatic 3D Text-to-Scene Conversion System Applied to Road Accident Reports. *Proc. of Conference on Europe Chapter of the Association for Computational Linguistics*, vol.2, pp. 191–194, 2003.

[4] K. Sumi et al. Automatic conversion from E-content into animated storytelling. In *Proc. of International Conference on Entertainment Computing*, pp. 24–35, 2005.

[5] 松本 圭祐, 伊藤 雄一, 村上 礼繁, 北村 喜文, 岸野 文郎. テキストの内容理解促進を補助するための動的なマルチメディアコンテンツ生成に関する検討. 情報処理学会研究報告，vol.2006, no.24，pp. 121–128, 2006.

[6] 神代 大輔, 高村 大也, 奥村 学. 物語テキストにおけるキャラクタ関係図自動構築. 言語処理学会年次大会発表論文集, vol.14, pp. 380–383, 2008.

[7] 馬場 こづえ, 藤井 敦. 小説テキストを対象とした人物情報の抽出と体系化. 言語処理学会年次大会発表論文集, vol.13，pp. 574–577, 2007.

[8] 芳村 知則, 延澤 志保, 太原 育夫. 共起パターンに基づく小説内登場人物の相関図作成. 電子情報通信学会大会講演論文集, vol.2007, p. 54, 2007.

[9] 青空文庫. http://www.aozora.gr.jp/.

[10] 松尾豊, 友部博教, 橋田浩一, 中島秀之, 石塚満. Web 上の情報からの人間関係ネットワークの抽出. 人工知能学会論文誌, vol.20, pp. 46-56, 2005.

[11] あのひと検索スパイシー. http://spysee.jp/.

未来ビジョン

今回は，電子書籍の特徴を活かした理解支援の一環として，物語テキストのみを対象とし，物語の流れに沿って，登場人物の相関図を生成することで，物語の内容の理解を支援する手法について述べた．しかし，将来的には，様々な分野の人物関係の可視化にも応用できると考えられる．

例えば，ニュースを対象とし，複雑な政界の人物関係を時系列に沿って可視化したり，一人の人に注目し，時系列順にその人を中心に変化していく人物関係を可視化したりすることも可能であると考えられる．それにより，膨大な過去のニュースを確認して，自分の頭の中で整理するという手間の必要がなくなり，簡単に今までの流れを把握することができる．また，関係のみにとどまらず，評論本や専門書等の理解することが難解な内容について，論理の流れを可視化するといったことができると，より読書の支援につながると考えられる．

他にも，教育の業界にも発展可能であると考えている．例えば，国語の学習の際に，学習レベルに応じた適切な挿絵を挿入するというようなシステムが考えられる．読み進めるにつれて変化することが重要で，学習者のレベルに応じた変化や，難解な部分のみへの提示等により，教育の幅を広げられる．

また，画像や音声といったマルチメディアコンテンツを付加することにより，内容の理解支援を行うことで，読書が苦手で，今まで文字だけで読む気がおこらないといった理由や，状況を把握しづらいといった理由から読書から遠ざかっていた人達にとって，読書に親しむきっかけとなり，気軽に読書できるようになり，活字離れ等の問題も解決していけると考えられる．また，もともと読書が苦手だったという人でない場合でも，今までは自分にとって少し難易度が高く，なかなか手をつけられていなかった本を読むきっかけにもつなげられると考えられる．

このように，今までにない様々な理解支援につながる機能を提供できると考えられる．電子書籍の可能性を広げ，紙の本では実現不可能であった，電子書籍の特性を利用することで，電子書籍や読書における今までの常識を新しく塗りかえられる研究に挑戦していきたい．

60 万人の感情実況

Emotion Live by 600 thousand people

青島 さやか　　青木 惇季　　宮下 芳明*

Summary. 本稿は，感情の実況という行為とそのためのインタラクティションデザインについて考察するものである．前半では，Comic Chat で用いられていたエモーションホイールを使用した感情実況インタフェース及び感情閲覧インタフェースを試作し，2 週間にわたる予備実験を行い，感情実況の可能性について考察した．本稿後半ではさらに，心理学的理論に基づいて色マッピングされた Plutchik のモデルの導入を試みた．これにより感情情報を 1 画素の色彩として表すことが可能になり，Web アプリケーションとして実装したことにより，ビューアではスマートフォンの画面上に 60 万人以上の「今の感情」を一度に表示することができる．

1　はじめに

情報技術の発展に伴い，自己の思想・状況や気持ちをインターネットを介して自由に発信し，また共有し合うことが盛んになってきた．Twitter の例を挙げるまでもなく，自己を「実況する」行為も人々のライフスタイルの中に組み込まれつつある．筆者らはこの実況行為で言葉だけでは伝えにくい感情をより明確に表現するために，感情情報をインターネット上に発信することで新しいコミュニケーション形態が生まれるのではないかと考えた [1]．福地らも，コンピュータネットワークにいかに「情動」を残すかについて論じており，ネットワーク上に感情情報を配信することの重要性を述べている [2]．非言語的・刹那的な情報である感情を送受信し，またアーカイブしていくことは情報社会において今後必要であり，感情情報の扱いについて議論が高まるだろう．

心が存在するのは個人の中だけである [3]．それゆえに感情も個人の中にのみ存在し，それを情報として形にできるのもまた個人だけであるといえる．さらには，感情そのものを判断できるのは，基本的にはその感情を抱いた個人だけであり，感情と表情の関係について多くの研究を行っている Ekman は，「感情経験の理解は，自己のうちで最も私的で個人的な唯一独自の部分を知る上で役立つのである」と述べている [4]．つまり感情を自覚するということは，自己を理解することにつながる．本稿での感情実況とは，個人が感情を意識し自覚することによって判別した情報を発信することである．そのため，受信者は発信される感情に発話者の気持ちが込められているように感じる．感情を実況することで，発話者は今起こった出来事に対する自分の気持ちを具体的な感情として他人に知ってもらうと共に，それらの感情をアーカイブすることも可能となる．声や顔を通して発せられる感情的表出が，人と人との間をつなぎ・調節する重要な働きをしているという考え方が一般的になり，本システムのように感情情報を取り出して共有し合うインタフェースは必要なのではないかと考えた．

本稿ではまず，Comic Chat[5] で用いられていたエモーションホイールを利用して感情情報をインターネット上に発信する感情実況インタフェースと，その情報を閲覧する感情閲覧インタフェースを試作した．そして，それらを用いて 2 週間に渡る予備実験を行ない，感情を実況･閲覧することの有効性，およびそのためのインタフェースデザインについて検討した．この結果をふまえ，60 万人の感情をマッピングし閲覧するためのシステムを実装した．本システムは，予備実験の結果からエモーションホイールの妥当性について検討し，心理学的理論に基づいて感情と色彩をマッピングした Plutchik[6] のエモーションホイールを用いたシステムへと改良した．これにより，感情情報を 1 画素の色彩として表示し，60 万人という大規模な人数の「今の感情」を一覧するインタフェースを実現した．また，本システムではヒストグラム表示による分析も行うことができる．

2　予備実験

予備実験システムには，実際の操作により感情の発信を行う「感情実況インタフェース」と，発信した感情をビューア機能によって閲覧ができる「感情閲覧インタフェース」の 2 つのインタフェースが備えられている．感情実況インタフェースでは，ユーザのワンクリック操作で，リアルタイムに感情情報を Twitter に発信できる．感情閲覧インタフェースでは，自分やフォロワーが同じ時間帯に発信した感情の一覧表示機能に加え，特定の人が発信した感情

Copyright is held by the author(s).

* Sayaka Aoshima, Junki Aoki and Homei Miyashita, 明治大学大学院 理工学研究科 新領域創造専攻 ディジタルコンテンツ系

をタイムラインで閲覧できる機能も実装した．

予備実験システムで実装した感情実況インタフェースはTwitterと連動している．そのため，個人のTwitterのアカウントとパスワードを入力する欄とコメント欄が備えられている．アカウントとパスワードを入力することでユーザはTwitterへのつぶやきが可能であり，コメント欄につぶやきを入力することで通常のTwitterと同様にコメントを発信できるようになっている．これにより，ユーザはつぶやきに感情情報を付加した発信，感情情報のみによる発信の両方が行える．

インタフェースにはComic Chat[5]で使用されていたエモーションホイールインタフェースを用いた．これは“驚き”，“笑い”，“喜び”，“恥”，“眠”，“恐れ”，“悲しみ”，“怒り”の8つの感情で構成されている．感情はエモーションホイールの中心からの距離によって表現でき，中心からの距離が遠くなるにつれて感情の度合いが大きいことを示す．

感情の表示には，絵文字・漢字・エキスパートの3つのモードがあり,「ランダムスキン切り替えボタン」のクリック操作によってランダムに切り替わる．絵文字は通常のエモーションホイール表示であるが，漢字モードは絵文字の感情を漢字で表したモードである．エキスパートモードはエモーションホイールの円のみが表示されるモードであり，システムを利用し慣れたユーザが円のみから感情を実況するモードとなっている．

ランダムな切り替えにより，ユーザが3つのモードのうち最初に表示されるモードを利用してしまう可能性を低減させ，各モードに均等に触れることによって，ユーザ自身に自分の使いやすいモードを発見させることができると考えた．なお，システムを起動した際にエキスパートモードが表示されていたとしても，ボタンを何度か押下することによって，ユーザが自分の意志でその他のモードへ切り替えることが可能である．

2.1 感情閲覧インタフェース

感情閲覧インタフェースは，感情実況インタフェースでTwitterに発信した感情をTwitterアイコンによって確認できる．自分やフォロワーの感情をエモーションホイール上に一覧表示することができる感情マップ機能と，それらを特定の人に着目してタイムライン表示することができる感情ログ機能の2つの機能を用意した．

2.1.1 感情マップ

予備実験システムに実装した感情マップ機能は，エモーションホイール上にTwitterアイコンがマッピングされるようになっており，自分だけでなくフォロワーのアイコンも表示されるようになっている．このような表示によって，フォロワー同士または自分とフォロワーとのアイコンの距離から感情の差や一致を眺めることができる．一人が哀しんでいて一人が喜んでいる時はアイコン同士の距離が遠いが，似たような感情の時はアイコンがひとつの部分に集中する．同じ時間に同じ場所にいたとしても自分と他者の感情が違う現象が起こりうる．

2.1.2 感情ログ

感情ログ機能は，特定の人に特化してつぶやかれた感情情報をログとしてタイムライン上に表示する機能である．円筒形状によって，エモーションホイールにマッピングされた感情情報を時間の変化に沿って閲覧することができる．ツイートした時間をクリックすることで断面図が見えるようになっており，エモーションホイール上で詳細な感情を確認することができる．この機能により，自分の感情変化やフォロワーの感情変化を知ることができるようになることを意図した．

過去の出来事を思い出そうとした時，何があったかを記憶していてもそのときの感情はなかなか思い出せないことがある．感情は一瞬しか感じない情報であるがゆえに記憶の中に残りにくいのかもしれない．そのようなとき感情ログ機能によって感情を時間軸に沿って閲覧することで，自分や他者の感情のみを振り返ることや，自分の過去の記憶との照らし合わせによる想起を行うことができると考えた．

3 予備実験の評価と考察

感情実況によって何がもたらされるのかを検討するために，大学生，大学院生の計19名を対象として予備実験を行った．同時にランダムスキン切り替え機能についての評価も行うため，まずは被験者には2週間に渡って本システムを使用してもらい，その後アンケートを行った．アンケートでは，日常のつぶやきの中でどのくらい感情を付加させたか，というシステムの利用頻度や、感情を付加させることに対する抵抗感，感情だけをつぶやいた経験の有無，また切り替えモードについて等を評価項目としている．以下にアンケート結果の詳細について述べる．

ユーザはつぶやきの平均3〜6割程度で提案システムを使用し，感情を付加させたつぶやきを行っていた.「感情のみをつぶやいたことがありますか」という問いに対しては，全体の約33 %がYesと回答し,「文章にするのはやや困難であるが，何かを伝えたいと思った時にそうした」,「気分が落ちている時は内容までは実況したくないが，感情のみを実況した」といったコメントが得られた．これらの回答からも，感情情報はコミュニケーションの一環として有効的に利用されたことがうかがえる．

実際,「感情を実況することに抵抗を感じることはありましたか」という問いでは，Yesと回答した人は全体の11 %ほどしかいなかった（図1：左）．抵

抗感がないと言う人の中には,「感情とコメントを一緒につぶやくため抵抗は感じなかった」,「むしろ感情が一緒にあった方が面白かった」,「感情が数字で表記されるため自分の感情を間接的に感じられるところが良かった」といった意見を得ることができた.

抵抗を感じる原因としては,「本システムを知らない人にシステムについての説明ができない」と指摘されたものの，感情情報を発信することそのものに対しては抵抗を感じていないようである．これらのことから，本システムを知らない人への配慮を検討する必要性があるが，同時に感情情報のみによるコミュニケーションの可能性を見出すことができた．また事例を個別に検証したところ，そこから感情情報を付加させることによる情報の拡大が発生し，コミュニケーションが盛んになったことがわかった [1].

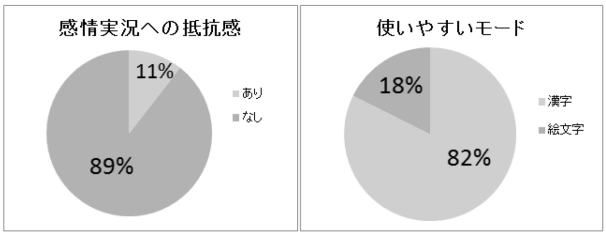


図 1. 感情実況への抵抗感の有無 (左) と使いやすいモード (右)

ランダムスキン切り替え機能についてアンケートの結果，全体の 82 %の人が最も使いやすいモードとして漢字モードを回答した (図 1: 右).「漢字は正確に感情を表現できるため，感情を自覚しやすい」,「漢字で感情を表現することに対して共感が持てる」といった意見が得られた．また，全体の 18 %の人は絵文字モードと回答し，エキスパートモードと回答した人はいなかった．絵文字モードでは,「見やすい」という意見が得られた.

4　システムの改良

予備実験の結果をふまえ，システムの改良を施した．感情実況インタフェースではエモーションホイールのデザインを再検討し，感情閲覧インタフェースでは，感情色彩ピクセル表示機能を実装することによって今までにない大規模な感情の可視化ができるようにした．また，システムを Web アプリケーションとして実装することで，感情実況･閲覧共にスマートフォン上での操作が可能となった．これにより，感情をリアルタイムに実況・閲覧できる.

4.1　Plutchik の感情モデルの導入

予備実験では，Comic Chat で用いられていたエモーションホイールを利用した結果，ユーザ自身が感情を自覚し実況する点でも，他者がシステムによって発信された感情を閲覧する点でも本システムの有効性を確認することができた．しかしながら，Comic Chat モデルはインタフェースとしての実績はあるものの，エモーションホイールに描かれた感情の選択や配置に関して心理学的な裏付けがあるのかが定かではなかった．そこで，心理学的理論に基づいた Plutchik のモデル [6]（と宗近の翻訳に基づく感情語 [7]）を採用し，感情実況インタフェースと感情閲覧インタフェースに改良を施した（図 2）.

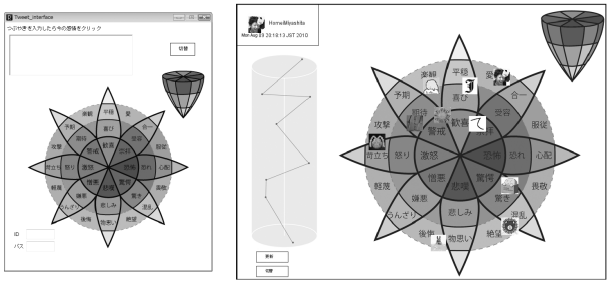


図 2. R.Plutchik のエモーションホイールを利用した感情実況インタフェース（左）と感情閲覧インタフェース（右）

Plutchik のエモーションホイールは色彩も併せてマッピングされたモデルである．感情・色彩共に心理学的理論に基づいてデザインされており，感情を言葉だけでなく色彩と併せて表現したという点で Comic Chat モデルより直感的に感情を実況することができると考えられる．また，感情閲覧インタフェースでも色彩の使用が可能となり，閲覧者は感情をより直接的に感じ取ることができるようになる．このように，感情を色彩に置き換えて閲覧することが容易になるため，Plutchik モデルは 60 万人の感情を表現することに適していると考えた．さらに，本システムはスマートフォンから感情を実況することができるため，ユーザは今まで以上にさまざまな状況での感情を実況することが可能となった.

4.2　感情色彩ピクセル表示とヒストグラム表示

今回のシステムでは閲覧時の感情表示方法を感情色彩ピクセル表示とヒストグラム表示による感情閲覧インタフェースも試作した（図 3）．これらもスマートフォンで閲覧可能となっている.

感情色彩ピクセル表示とは，Plutchik のエモーションホイールを導入することで初めて可能となった,「感情情報を 1 画素の色彩として表示するモード」である．感情を 1 画素という小さな情報に置き換えるにあたり，筆者らは感情語を色彩に変換することにした．心理学的な理論に基づき，感情語と色彩を併せてマッピングしている Plutchik モデルを用いることは，60 万人の感情を色彩に置き換えることが容易であり，本システムの精度を上げること

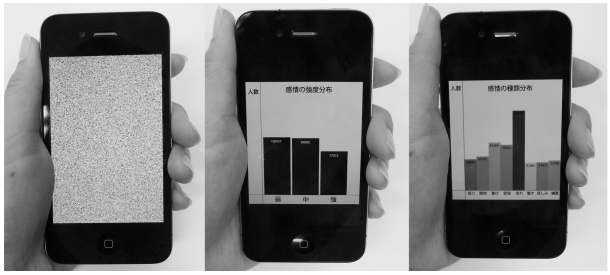


図 3. （左から）感情色彩ピクセル表示，感情色彩の彩度におけるヒストグラム表示，感情色彩の色相におけるヒストグラム表示（**2010** 年 **8** 月 **31** 日 **AM11:40**）

になる．このような閲覧方法を利用することで大規模な感情を閲覧することができる．例えば，960 × 640 ピクセルの液晶画面をもつスマートフォンを用いた場合，60 万人以上の「今の感情」を一度に表示することが可能になる．

ヒストグラム表示には，感情色彩の彩度によって分類したモードと色相によって分類したモードの 2 種類を用意した．前者は，感情の強度分布を確認することができ，彩度の強い方に偏りが多ければ感情の高ぶりの激しい人が多く存在していることを示す．後者は感情の種類の分布を確認することができるモードであり，60 万人がどのような感情でいるのかを確認できる．例えば，黄色が多ければ喜びを感じている人が多く，青が多ければ悲しんでいる人が多いとわかる．ヒストグラム表示は感情色彩ピクセル表示の感情分布をヒストグラムに置き換えたものであるため，感情色彩ピクセル表示と同様に大規模な感情の分布を確認することができる．

5 関連研究

本システムで用いたエモーションホイール以外にも様々なモデルが存在し，研究されている．例えば，Raouzaiou らは Whissel によって開発された，The Activation-Emotion Space を利用して，オンラインゲームのエージェントにより生きているような表情を合成する手法を提案した [8]．Gill らは，The Activation-Evaluation Wheel を用いて，ブログテキストから感情を評価する手法の提案を行った [9]．Ruttkay らはエモーションホイールの中心からの距離によって感情の強度変化を示すシステム Emotion Disc と 2 つの長方形でカーソルを動かし，4 次元空間で点を識別し表情を生成することができる Emotion Squares の開発を行った [10]．Emotion Disc での感情の強度変化は表情を用いて表現しているため，見る人にわかりやすいシステムとなっている．またシステムを評価した結果として，エモーションホイールを用いた感情表現の有用性がうかがえる．

古屋らはエモーションホイールこそ使用していないが，Plutchik の感情モデルで使用されていた感情を用いて，感情の抽出を行っている [11]．これは電子掲示板において感情語の抽出により，感情を視覚化するという研究であり，感情の表現として文字アニメーションを利用している．電子掲示板を対象にしている点では比較的大きな規模での研究である．

感情についての研究では，2004 年に Scherer によって感情現象の多層性が論じられている [12]．Scherer は情動について図式化を行い，無意識なプロセスと部分的に知覚している主観的情動とをずらした形で表現した．その主観的情感が「嬉しい」や「腹立たしい」といった感情語彙を通して言語化される時に，その主観的情感の実態から一定程度乖離する可能性を示した．これにより，Scherer は感情現象は決して一枚岩なものではなく本質的に多層的であり，しかもその層と層の間には重なりとともに一定のずれがあると論じている．

志村らは体験映像に対して日記を用いて感情を記録するインタフェースの開発を行った [13]．体験映像に対して感情を付与するインタフェースとして日記を採用し，映像，および日記と感情語から体験を想起できるシステムである．従来の体験想起の度合いを比較する実験により，実験システムの方が効率のよい体験想起ができることを実証している．

坂本らはネットワーク通信において，基本的な 6 つの感情（喜び，怒り，悲しみ，恐れ，嫌悪，驚き）とそれぞれの感情の度合いを組み合わせて伝達し，円滑なコミュニケーションの成立を支援することを目的としたシステムの開発を行った [14]．このシステムは個人モデルに基づく表情の分析と合成を行うことにより，より正確な感情の伝達を可能とする感情通信システムとなっている．

BBS では主にテキスト情報を利用するため，感情などの非言語情報は顔文字などで補われてきたが，藤原らは文字入力スピード・削除キーの使用頻度から，感情を取得できると主張している [15]．そして，入力状況と顔文字から感情を抽出し，書き込まれたテキストと掲示板の背景画像を変化させる感情表現 BBS の構築を行った．

宮森らは，番組実況チャットに基づく視聴者視点を利用した放送番組のインデキシングを提案した [16]．ここではチャットに書き込まれたアスキーアートや単語を基にして感情を抽出し，視聴者の反響や番組の盛り上がりの閲覧を可能にしている．

また，西田らの On-Air Forum ではチャットを用いることにより，リアルタイムでの情報共有を行っている [17]．同意・非同意ボタンやエキサイトメッセージ機能，選択肢付きメッセージ機能を備えることでチャット参加者の非言語コミュニケーションを実現している．これにより，発話者以外の人もチャットに参加していることを実感できると共に，チャット

参加者全体という大規模なレベルでのコミュニケーションを行うことができる．

絵文字を用いたコミュニケーションの研究では，Cho らによって絵文字を用いた異文化コミュニケーションの有用性が述べられている [18]．日米間における絵文字理解について考察し，両国での絵文字解釈の曖昧さを考慮した絵文字検索システムを開発した結果，絵文字は多様な解釈を持つが言語非依存であるため，異文化間コミュニケーションに利用できる可能性を秘めていると述べている．

福地らは Emojilog というマイクロブロギングツールの開発を行っている [2]．Emojilog は，肯定的・否定的・驚きの 3 つの絵文字から一つを選択するだけで自分の感情や思ったこと・感じたことを発信することができる．すべての記録は中央サーバに蓄積され，蓄積された感情情報は中央サーバから各種クライアントにより読み出され，既存のマイクロブロギングツールに転送することや，様々なサイトに組み込んで表示を行うことができるという．3 つの絵文字によって単純化されたインタフェースは本稿で提案した Plutchik のエモーションホイールと比較する必要があると考えられる．

iPhone には，”気分メータ”というアプリがある [19]．これは，身体的・精神的状態を記憶するアプリであり，保存した気分を Twitter につぶやきとして発信することができる機能も備えている．気分という点で本システムとは異なるが，Twitter と連動し，個人が意識して自分にしか判断のつかない情報をリアルタイムに発信するという点では本システムと類似している．

株式会社ディーツーコミュニケーションズと株式会社インタラクティブ・プログラム・ガイドは，ドコモの携帯電話向けアプリとして “みんなのきもち” を公開した [20]．これは，G ガイド番組表リモコンと連動するユーザ参加型のミニアプリである．ユーザは TV 番組を見ながら “笑い”，“怒り”，“泣き”，“驚き”の 4 つの感情をキャラクタによって表現することができ，またそれらをリアルタイムにたくさんのユーザと共有できる．多くのユーザと即時に繋がりを感じられるが，本システムのような大規模な感情共有はまだ行われていない．

6 考察と展望

本稿では，前半部分では予備実験を行い，エモーションホイールを用いた感情実況インタフェースのランダムスキン切り替え機能について評価･考察をした．この結果，ユーザは感情を発信することに対して抵抗感がほとんどないことがわかった．このことから，感情情報によるコミュニケーションの可能性を見出すことができる．後半部分では，Plutchik モデルのエモーションホイールを用いて感情実況･閲覧インタフェースを改良した．感情閲覧インタフェースでは，新たに感情を 1 画素の色彩で表現する感情色彩ピクセル表示とヒストグラム表示機能を追加した．特に前者の機能により，スマートフォンで 60 万人の感情を一度に閲覧することが可能となった．江渡は,「情報技術を単に効率化のためだけに使うのであれば，社会的な構造は何も変わりません」と述べている [21]．筆者らのシステムも感情の効率的な閲覧とは言えないかもしれないが，60 万人の感情を一覧するという点で社会に新たな価値を見出すことができると考えている．

Twitter では，ひとりのユーザがフォローできる人数は 2000 人に設定されているという．しかし，実際に 2000 人をフォローしたとして，ユーザはすべての情報を確認することができるだろうか．140 文字という文字制限があっても，2000 人分の文字情報となれば膨大な情報となる．これに対し，本稿における感情色彩ピクセル表示であれば，画面をスクロールすらさせずに 60 万人分の情報を閲覧できる計算となる．上下左右のスクロールやフリック操作を行えば，閲覧できる情報量はさらに数百万人分となるため，リアルタイムウェブによる「繋がり」を Twitter より数桁上の次元にまで昇華できる可能性がある．現在 Twitter では毎秒 120 万のつぶやきが飛び交っているという．これは 60 万画素の液晶ディスプレイでたかだか 2fps の動画として鑑賞できる程度の量である，ということもできよう．

参考文献

[1] 青島さやか, 青木惇季, 宮下芳明: エモーションホイールを用いた感情実況インタフェースの提案, 情報研報 2010-HCI-139, Vol.2010, No.5, pp. 1-7, 2010.

[2] 福地健太郎, 園山隆輔, 田村弘昭: Emojilog:入力しやすさと眺めやすさを高めたロギングツール, 情報研報 2010-HCI-139, Vol.2010, No.7, pp. 1-5, 2010.

[3] 海保博之, 楠見孝: 心理学総合事典, 朝倉書店, p. 304, 2006.

[4] Ekman P., Friesen W.V.(著), 工藤力, デービット松本, 下村陽一, 市村英次 (訳): 表情分析入門－表情に隠された意味をさぐる, 誠信書房, p. 7, 1987.

[5] Kurlander D., Skelly T., Salesin D.: Comic chat, in *Proceedings of SIGGRAPH 1996*, ACM Press, pp. 225-236,1996.

[6] Robert Plutchik: *The Emotions*, Univ Pr of Amer, pp. 109-112, 1991.

[7] 宗近孝吉: 山口大学工学部研究報告 Vol.53, No.1, pp. 85-90, 2002.

[8] Raouzaiou A., Karpouzis K., Kollias S.: Online Gaming and Emotion Representation, in *Proceedings of the International Workshop on Very Low Bitrate Video Coding (VLBV)*, pp. 298-305, 2003.

[9] Gill A.J., Gergle D., French R.M. Oberlander J.: Emotion Rating from Short Blog Texts, in *Pro-*

ceedings of the ACM Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI 2008), pp. 1121-1124, 2008.

[10] Ruttkay Z., Noot H., Hagen P.T.: Emotion Disc and Emotion Squares: Tools to Explore Thefacial Expression Face, in *Proceedings of Computer Graphics Forum*, Vol.22, pp. 49-53, 2003.

[11] 古屋啓介，倉本到，水口充，辻野嘉宏: 文字アニメーションを用いて感情的雰囲気を視覚化する電子掲示板ブラウザ, エンタテインメントコンピューティング 2009, pp. 17-20, 2009.

[12] Scherer K.R.: *Feelings Integrate the Central Representation of Appraisal-Driven Response Organization in Emotion*，in A.S.R. Manstead, N.H. Frijda and A.H. Fischer (eds) Feelings and Emotions: The Amsterdam Symposium，pp. 136-157, 2004.

[13] 志村将吾, 平野靖, 梶田将司, 間瀬健二: 体験記録における日記を用いた感情記録インタフェース, 情報処理学会研究報告 (ヒューマンインタフェース), HI-115, pp. 61-68, 2005.

[14] 坂本祐之, 柴田義孝, 白鳥則郎: 感情を伝達するインタフェイスをもつ通信システムの実装, 情報処理学会研究報告. Vol.1998, No.8, pp. 225-230, 1998.

[15] 藤原光照, 山根信二, 村山優子: 書き手の感情をグラフィカルに表現する BBS の構築, インタラクション 2004 論文集, pp. 239-240, 2004.

[16] 宮森恒, 中村聡史, 田中克己: 番組実況チャットを利用した放送コンテンツの自動インデキシング, 電子情報通信学会技術研究報告, pp. 43-48, 2005.

[17] 西田健志，栗原一貴，後藤真孝: On-Air Forum: リアルタイムコンテンツ視聴中のコミュニケーション支援システム, WISS 第 17 回インタラクティブシステムとソフトウェアに関するワークショップ論文集, pp.95-100, 2009.

[18] Cho H., 稲葉利江子, 石田享, 高崎俊之, 森由美子: 絵文字コミュニケーションにおけるセマンティクス, 情報処理学会研究報告. ICS [知能と複雑系], Vol. 2006 No.110, pp. 1-8, 2006.

[19] LISONAL: 気分メータ, http://itunes.apple.com/jp/app/id366627698?mt=8

[20] 株式会社ディーツーコミュニケーションズ, 株式会社インタラクティブ・プログラム・ガイド: みんなのきもち, http://www.d2c.co.jp/library/profile/news/2010/d2cnews_10.10.04.pdf

[21] 江渡浩一郎: パターン、Wiki、XP-時を越えた創造の原則, 技術評論社, p. 196, 2009.

[22] 海保博之, 楠見孝, 前掲書, p. 429

[23] 東浩紀: 一般意志 2.0, 本, 講談社, pp. 16-23, 2010.

未来ビジョン

心理学においては，感情は個人の中にのみ存在するものとされている [22] が，個人の感情や価値観，思想といった情報が集まった時,「集団の感情」と捉えられないだろうか．例えば，ワールドカップで人々は自分の応援するチームの試合に夢中になり，選手のプレーと試合の行方に一喜一憂する．サッカーという競技を通して国中が熱狂し，国単位での感情の起伏が見て取れるのではないか．筆者らは本研究で提案したインタフェースの先に，このような「集団としての感情」を定義できると考えている．

東は「一般意志 2.0」というコラムのなかで,「小さな公共をまとめあげるために，大きな公共の再興が無理ならば，せめて『大きな無意識』の，つまりは一般意志の可視化を利用すればよいのではないか」と述べている [23]．感情は個人にしか感じ取ることのできない情報でありながら，もはや個人だけのものではなくなりつつあるのかもしれない．感情は集団で共有することによって波となり，世の中に大きな無意識の感情の海を作り上げるだろう．

本稿で提案したシステムも，5 章で示した関連研究も，感情という非言語情報を別の記号で「言語化する」手法を用いたものであり，結局は「ユーザに自分の感情を意識的に記号化させるインタフェース」となっている．また本稿では，心理学的な感情モデルに基づく色情報への変換と高解像度液晶を組み合わせることで，多人数の情報をとりあえず一覧表示することに成功しているものの，当然ながらこれが東の指摘している一般意志を可視化したと言えるわけでもない．感情情報の送受信とアーカイブを行う研究領域においてこれから問題になるのは，情動に代表される「無意識的な」ユーザの活動をどのように取得し記録し交流させるか，という本質的な問いであり，それがインタフェースデザインの次元で打開できるのか，あるいは他のアプローチが有効なのかは今後大激論させる必要があるだろう．

Twitter 登録数は 2010 年 5 月の時点で 1 億 2200 万人であり，月 700 万人のペースで増え続けている．世界のインターネット人口は 2013 年までに 22 億人に達するといわれているが，せいぜい千人程度しか追うことの出来ないインタフェースでは，世界中の人々が本当に「つながった」ことにはならない．億単位の人々がお互いの考えや感情を共有するためには，現在のインターネット技術は不十分であり，中でも立ち遅れているのはインタフェースデザインの分野なのではないのかと感じている．

Snappy: 写真を用いたロボットへの物体配置の指示手法

Snappy: Snapshot-based Robot Interaction for Arranging Objects

橋本 直　　Andrei Ostanin　　稲見 昌彦　　五十嵐 健夫*

Summary. 写真は，実世界に存在する物体の状態を記述するための道具として有用である．人間は写真から瞬時に「どこに何が置かれているか」という情報を読み取ることができる．この行為は，言語情報を用いることなく視覚的な情報のみで行うことができるため，しばしば異なる言語を話す人種間でのコミュニケーションにおいて効果を発揮する．我々は，この性質が人間・ロボット間でのインタラクションに対しても有効であると考え，人間がロボットに対して物体配置の指示を行う際のフロントエンドとして写真を用いる手法「Snappy」を提案する．Snappy では，ユーザはカメラを使って対象物を撮影することにより，その物体の配置情報を登録することができる．そして，その写真をロボットに提示することによって，写真に写っているものと同じ配置でロボットに物体を並べさせることができる．本研究では，ロボットが食器の配膳を行うシステムを実験的に構築し，その中でロボットに対して配膳の指示を行う手法として提案手法を実装し，その有効性について検証を行った．

1　はじめに

人間・ロボット間のインタフェースをデザインする際，人間同士で交わされるコミュニケーションを模倣することは 1 つの有効な手段である．その代表例として，音声認識やジェスチャを用いた方法があり，これまでも数多く研究されてきた．しかし，音声認識やジェスチャによる方法には，指示に曖昧さが含まれるという問題や，指示内容から視覚的な情報を再現するのが難しいという問題がある．我々の研究における目標は，このような問題を解決することができる新しいヒューマン・ロボット・インタフェースを開拓することである．

本稿では，物体の配置というタスクに着目し，ユーザがロボットに対して物体の並べ方を指示するためのインタフェースを提案する．ここで我々が扱う問題は，「どのようにしてロボットに並べ方を教えるか」である．音声やジェスチャによる方法であれば，「物体 A と物体 B をここに移動」と発話する方法や，対象物と目的地を指やレーザポインタで指し示す方法が考えられる [1][2][3]．しかし，それを実現するためにはいくつかの問題がある．音声認識の場合，個々の物体を指定する際に複数の呼び方が存在し得るという問題がある．例えば，「お皿」と呼ぶこともあれば，「ボウル」，「食器」などと呼ぶ可能性もある．このバリエーションは無数に存在するため，すべての名前をロボットが記憶する方法は現実的ではない．

Copyright is held by the author(s).

* Sunao Hashimoto, JST ERATO 五十嵐デザインインタフェースプロジェクト, Andrei Ostanin, School of Computing, University of Utah, Masahiko Inami, 慶應義塾大学大学院メディアデザイン研究科, Takeo Igarashi, 東京大学大学院情報理工学系研究科

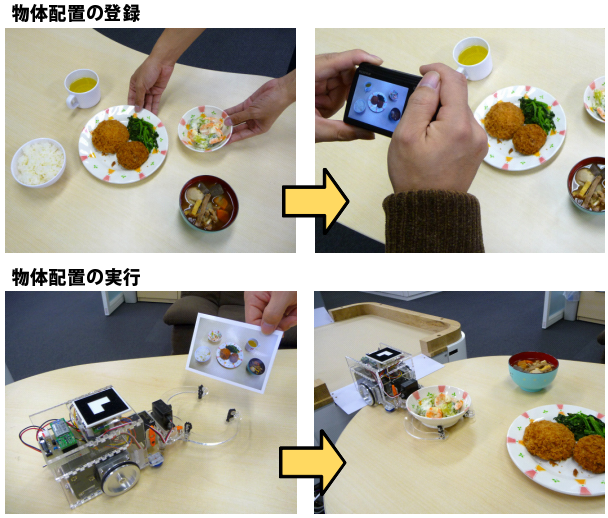


図 1. Snappy の利用イメージ

逆に，ロボットが認識可能な名前を人間が覚える方法では人間側の負担が大きくなってしまう．指によるジェスチャでは，指差し方向に複数の物体が存在した際に，どれが対象物かを特定する必要がある．また，これらの方法では，リファレンスとなる情報が残らないため，後に同じタスクを再度実行しようとしたときに，タスク内容を確認する手段がない．

そこで我々は，写真を物体配置タスクのリファレンスとして用いる手法「Snappy」を提案する．ユーザは写真を撮ることによって，ユーザが求めている結果を登録し，後に，その写真をロボットに提示することによって，ロボットに物体の並べ方を指示する．例えば，食卓に並んだカップや皿を撮影し，後日，その写真をロボットに見せれば，写真と同じ配置

でロボットが配膳を行うことができる (図 1)．写真は，実世界に存在する物体の状態を記述するための道具として有用である．人間は写真から瞬時に「どこに何が置かれているか」という情報を読み取ることができる．この行為は，言語的な情報を付加することなく視覚的な情報のみで行うことができるため，しばしば異なる言語を話す人種間でのコミュニケーションにおいて効果を発揮する．本研究のアイデアは，この性質を人間とロボットのコミュニケーションに応用するものである．

この手法にはさまざまな利点がある．第 1 に，日常的に行われる写真を撮るという行為によって，自然かつ簡単にタスクの登録ができるという点が挙げられる．第 2 に，写真が物体配置タスクに必要な情報（どこに何を置くのか）を含んでいるという点が挙げられる．そして第 3 に，写真はタスクの内容を視覚的に表現しているメディアであるため，後にタスクを呼び出す際の良いリファレンスとなるという点が挙げられる．

本研究では，ロボットが食器の配膳を行うシステムを実験的に構築し，その中でロボットへの指示を行う手法として提案手法を実装した．本稿では提案手法の概要とプロトタイプシステムについて説明し，パイロットスタディの結果について報告する．

2 Snappy

2.1 シナリオ

Snappy を用いたシナリオの例を以下に示す．初日，ユーザは夕食のために食事の準備を行っていた．料理を終えたユーザは，食事を食器に盛り付け，食卓に並べた．その後，食卓に並んだ食事をカメラで撮影し，撮った写真を印刷してレシピブックの中に挟んだ．2 週間後，ユーザは同じ食事を作っていた．前回と同じレイアウトで食器を並べたいと考えたユーザは，レシピブックから写真を取り出した．キッチンにいる小型配膳ロボットに写真を見せると，ロボットは写真と同じレイアウトで食器を食卓に並べた．ロボットが配膳を行っている間，ユーザはキッチンの片付けを行うことができた．

2.2 ユーザインタラクション

Snappy には，登録フェーズと実行フェーズの 2 つのフェーズがある．それぞれについて説明する．

(1) 登録フェーズ

初回時，ユーザは実際に自分の手で物体を並べて所望のレイアウトを作成し，それをカメラを用いて撮影する．ユーザは，配置を覚えさせたい対象をカメラのフレームに収めることによって選択する．ユーザがシャッターボタンを押すと，写真とともに，フレーム内にある物体の ID，位置，姿勢が記録される．これらの情報は，無線でサーバに送信され，管理される．

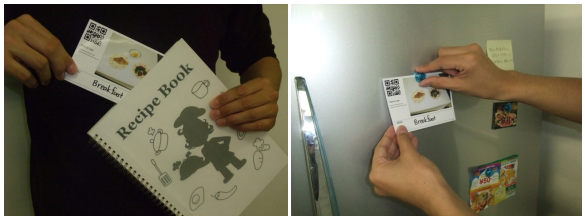


図 2. 写真をレシピブック（左）や冷蔵庫（右）に貼付する

(2) 実行フェーズ

登録フェーズで撮影した写真を使って，ロボットにタスクの実行を指示する．指示方法として，以下の 3 種類を提案する．(a) 印刷された写真を，テーブルや壁に設置された専用のリーダにかざす，(b) 印刷された写真をロボットの目に見せる，(c) 端末の GUI 上で写真を選択する．(a) と (b) では，写真の裏面に，物体配置に関する情報を記録した 2 次元コードを印刷する．装置がコードを読み取った際にタスクが実行される．(b) において，複数のロボットが存在した場合は，写真を読み取ったロボットが，ユーザからタスクの指示がきたことを他のロボットに伝え，協調して作業を行う．

印刷された写真を使う方法は，データが物理的な実体を持っているため，日常生活における利用においてさまざまな利点がある．第 1 に，複数の写真の中から素早く目的の写真を選び出すことができ，システムに「見せる」だけでタスクを実行できる点が挙げられる．この操作は，コンピュータ上のアプリケーションを起動する手間なしに行うことができる．第 2 に，写真に対してペンでメモ（例：「いつもの朝食」）を自由に記入できることが挙げられる．そして第 3 に，写真を冷蔵庫のドアやレシピブックの中など，日常生活のなかでアクセスする頻度が高い場所に貼付しておくことができるという利点がある (図 2)．

2.3 想定環境

ロボットの種類や大きさは特に限定せず，ヒューマノイドロボットや，小型の卓上ロボットなどさまざまなロボットを想定する．また，システムが，ロボットおよび運搬可能な物体の ID，位置，姿勢をトラッキングできているものとする．ユーザが写真を撮影する際に使用するカメラは，フレーム内にある物体が何であるかを認識できるものとする．これを実現する方法として，カメラ上での画像認識，またはカメラの視野範囲の情報と位置・姿勢のトラッキングによって算出する方法が挙げられる．

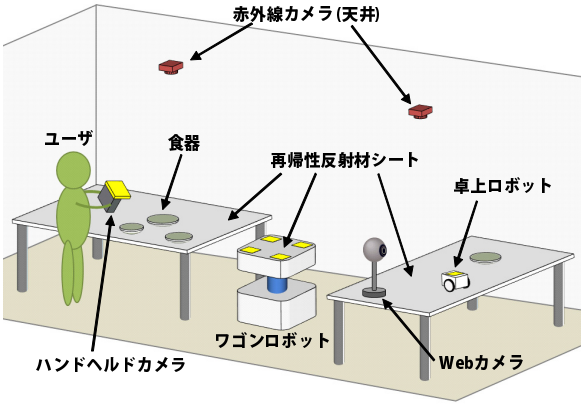


図 3. プロトタイプのシステム構成

3 プロトタイプ

提案手法を用いたプロトタイプとして，ワゴンロボットと小型の卓上ロボットを用いてキッチンからダイニングにあるテーブルまで食器を運搬し，ユーザが指示した場所に配置するシステムを構築した．システム構成を図 3 に示す．

3.1 ロボット

大きさ 130 × 100 × 70mm の小型の卓上ロボットを独自に開発した．皿やカップのような軽い物体（最大 300g）であれば押して運搬することができる．移動機構として，2 個の車輪とキャスターを備え，各車輪はステッピングモータによって駆動する．ロボットには Bluetooth による無線通信を行うマイコンを搭載しており，サーバからの遠隔操作によって制御される．物体（食器）の運搬アルゴリズムは [4] を用いた．

我々は，異なるテーブル間で卓上ロボットと物体の移動を行うために，ワゴンロボットも作成した．ワゴンロボットはリフタを備え，468〜930mm の高さで昇降させることができる．天板の大きさは 470 × 470mm で，最大積載量は 15kg である．ワゴンロボットは 4 個の車輪を持ち，全方位に移動することができる．ワゴンロボットは，サーバからの Wi-Fi 接続によって遠隔制御される．

3.2 物体のトラッキング

赤外線カメラ（NaturalPoint Optitrack FLEX: V100）を天井に 2 個設置した．ロボットとユーザが使用するカメラの位置計測にはビジュアルマーカ（ARToolKit[1]）を用いた．マーカは，下地は白色の再生反射材，パターン部分は白色の赤外線吸収素材で構成されている．このマーカは，人間の目にはただの白い板に見えるが，赤外線カメラからはクリアにパターンを認識することができる．食器の認識に

[1] http://www.hitl.washington.edu/artoolkit/

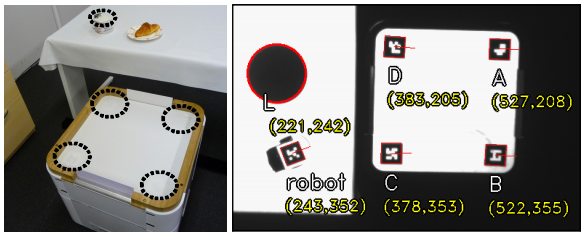


図 4. トラッキングシステムの外観（左）と検出結果（右）．点線内がマーカ．

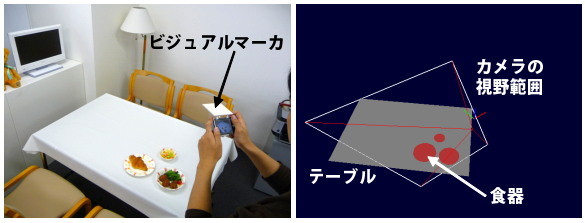


図 5. カメラフレーム内にある食器の認識

は円形ハフ変換を用いた．皿の大きさによって皿の種類を識別する．テーブルクロスに白色の再帰性反射材を用いることで，皿の検出性能を高めた．皿の上に食べ物を置いても検出には支障はなない．物体のトラッキングの履歴はサーバに記録される．トラッキングシステムを図 4 に示す．

3.3 ハンドヘルドカメラ

ユーザが食器の配置を登録するためのハンドヘルドカメラとしてディジタルカメラ（富士フイルム FinePix F100fd）を用いた．このカメラの位置と姿勢はビジュアルマーカを用いて計測される．ワイヤレス SD カード（Eye-Fi）を内蔵し，撮影された写真は Wi-Fi 通信によって即時サーバに送信される．サーバでは，写真のタイムスタンプの情報を用いて，位置計測の履歴の中から撮影時のカメラの位置姿勢を割り出し，カメラの視野範囲の情報から，カメラフレーム内にどの食器が写っていたかを推定する．カメラフレーム内にある食器の認識の様子を図 5 に示す．

3.4 サーバ

サーバは，物体の位置計測，ロボットの制御，および写真の管理を行う．ユーザが使用するハンドヘルドカメラから写真が送られてくると，カメラフレーム内にある食器を推定し，食器の絶対位置情報と写真を対応付ける．同時に，写真のシリアルナンバーを記述した 2 次元コードを生成する．サーバはこの 2 次元コードを付与した写真を印刷する．印刷された写真には，メモ欄も付与される．印刷された写真を図 6 に示す．本プロトタイプでは，写真に印刷された 2 次元コードを認識する方法として，Web カ

図 6. 印刷された写真

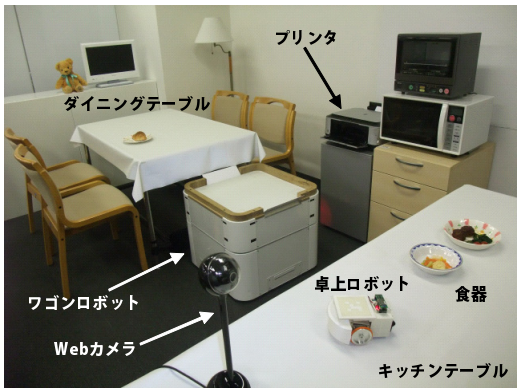


図 7. 実験環境

メラ（Logicool Qcam Orbit AF）を用いた．キッチンにいるユーザが使用するという想定で，Web カメラはキッチンにあるテーブル上に設置した．Web カメラが 2 次元コードを認識すると，その旨を知らせる音が鳴るようにした．

3.5 システムの仕様と制約

4 人がけのダイニングテーブルと，料理を載せた食器が置かれるキッチンテーブルが置かれた環境内にプロトタイプを構築した．実験環境を図 7 に示す．ダイニングテーブルの大きさは $1200 \times 800 \times 700$mm，キッチンテーブルの大きさは $700 \times 1600 \times 720$mm であり，テーブル間の距離は 1.6m である．ワゴンロボットはテーブル間を往復する．ワゴンロボットのリフタの昇降を行う位置は既知とした．配膳を行う際の食器の初期位置は，キッチンテーブルの中央付近とした．食器は，奥に置かれるものから順に運搬される．現在のプロトタイプでは，食器の数は大・中・小の 3 枚に限定している．

4 実験結果

開発したプロトタイプにおける実験結果を図 8 に示す．登録フェーズにおいて，ユーザは自分の手でダイニングテーブルに料理を載せた食器を並べ (a-1)，その後ディジタルカメラを用いて写真を撮影した (a-2)．撮影された写真は，サーバに送信され，自動的に印刷された (a-3)．実行フェーズにおいて，ユーザは調理した料理が載った 3 枚の皿をキッチンテーブルの中央に置いた (b-1)．その後，ユーザは登録フェーズで撮影した写真をキッチンテーブルに置かれている Web カメラにかざした (b-2)．写真に印刷されている 2 次元コードが認識されると，システムは食器配膳のタスクを開始した．食器配膳の流れは以下の通りである．まず，卓上ロボットが食器の 1 つをキッチンテーブルの端まで移動させる．次に，ワゴンロボットがキッチンテーブルに接近し，天板がテーブルと同じ高さになるようにリフトを上昇させる．天板上のタラップがテーブルに渡されると，卓上ロボットが食器をワゴンロボット上に運び入れる (b-3)．その後，タラップを上げ，リフトを下降させ，食器と卓上ロボットを載せた状態でダイニングテーブルに向かって移動する (b-4)．ワゴンロボットがダイニングテーブルに高さを合わせると，卓上ロボットは食器を押し出す (b-5)．卓上ロボットが目標位置に食器を運搬すると，ワゴンロボットを使って再びキッチンテーブルに戻る (b-6)．このシーケンスは各食器に対して行われる．3 枚の食器の配膳を行った結果を (b-7) に示す．3 枚の食器を指示通りの位置に運搬するのにおよそ 14 分を要した．

5 パイロットスタディ

プロトタイプのテストを 3 名のユーザに対して行った．システムの説明を行い，登録フェーズと実行フェーズの両方を体験させ，その感想を述べてもらった．

すべてのユーザは提案手法の使い方を理解し，正しく使うことができた．どのユーザも提案手法は簡単に使えると答え，食器の配膳を指示する方法として妥当だと答えた．

ユーザ全員から，印刷した写真をキッチンの食器棚やキッチンカウンターの近くで，カードホルダーに入れて収納したいという感想が得られた．ユーザの 1 人は「印刷した写真は選びやすいが，20 枚以上ある場合はディスプレイ上で選択したい」と答えた．また，ユーザ全員が撮影日時が写真にプリントされるべきだと答えた．

ユーザに対し，「もしマウスやタッチ操作で食器の並べ方を指示できるような GUI があるならば，GUI と提案手法のどちらを使いたいか？」と質問した結果，提案手法のほうがシンプルな操作で指示できることを理由に，全員が提案手法を選んだ．また，ユーザからは「実物の食器を持っているならば，実物を使って配置を指示したい」「物体の配置を教えるのにいちいちコンピュータを使うのは面倒」という意見が得られた．

提案手法の他のタスクへの応用可能性について質

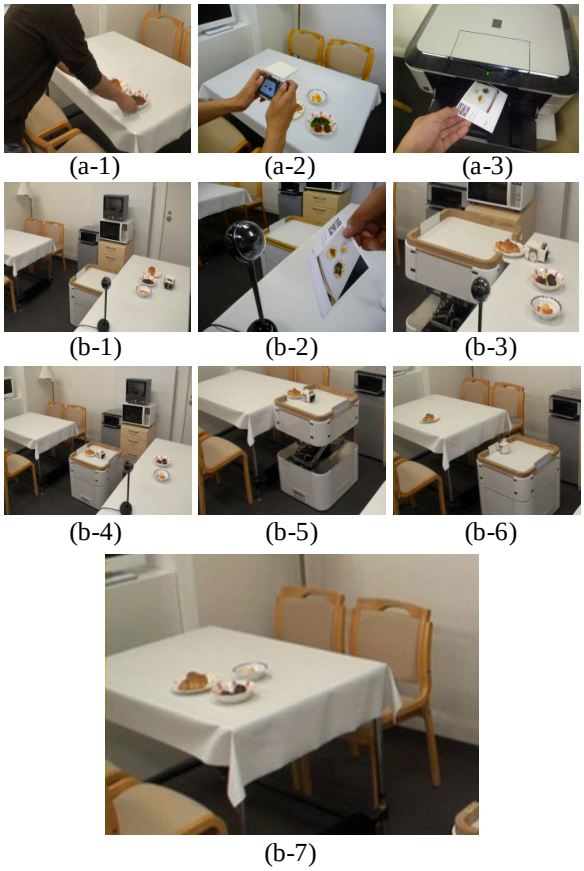


図 8. 実験結果

問した結果,「本棚，クローゼット，おもちゃ箱などの整理に使いたい」「会議室の机と椅子の並べ方を指示するのに使いたい」という意見が得られた．また，食器の配膳について,「大規模なパーティを実施する際に，同じ配置でたくさんの食器を並べるときに使いたい」という意見も得られた．

プロトタイプへの不満として，ロボットの遅さが指摘された．ユーザらは，1 人分の食器を並べるのに待てる時間は 1〜2 分だと答えた．2 人のユーザは，写真を読み取る装置として，Web カメラよりも，写真を挿入できるカードリーダのほうが良いと答えた．また，ロボットの目に写真を見せるという指示方法の可能性について尋ねた結果,「ロボットに見せるのであれば，写真を認識したとわかるように，ロボットの目が機械的に写真をトラッキングしてほしい」と答えた．

6 関連研究

ある時点の状態を記録し，後でそれを再現するための手法が提案されている．Time-Machine Computing[5] はユーザがコンピュータ上で行った操作の履歴を記録し，ユーザが指定した過去の状態を復元可能にするシステムである．Suzuki らは写真を使って，ネットワークに接続された家電を制御するインタフェースを提案した [6]．ユーザは，照明の明るさや，ビデオの再生状態などの家電の状態を，それらの写真を撮ることによって記録することができる．後に，ユーザは撮影した写真を PDA 上で選択することによって，家電の状態を再現することができる．我々の研究は，実世界の物体の配置を記録し，それを後からロボットを使って再現させるという点で異なる．

カメラを援用したインタフェースとして，代表的なものに NaviCam[7] がある．NaviCam では，実物体を撮影すると，その物体に関連する情報がオーバーレイ表示される．Hosoi らは，カメラを使ってロボットを直感的に操作するインタフェースを提案した [8]．ユーザは，ハンドヘルドデバイスに搭載されたカメラを用いてロボットを撮影し，移動させたい方向にカメラを向けることによってロボットを移動させることができる．また，綾塚らは，カメラを備えたコンピュータを用い，カメラで見ているものとの接続を確立する gaze-link メタファ [9] を提案している．我々の研究は，カメラを用いて実世界とインタラクションをするという点で，これらの研究と共通しているが，物体の物理的な状態を登録し，後からそれを再現するという点で異なる．

ペーパーメディアを用いたインタラクションはさまざまなものが提案されている [10][11][12]．Icon-Stickers[13] は，バーコードとアイコン画像が印刷された付箋紙を使って，実世界とコンピュータ内のデータを関連付けるシステムである．Sony 社のエンタテインメントロボット AIBO では，特殊なパターンが印刷されたカードをロボットに見せることによって，ロボットに特定の動作をさせることができる．Magic Cards[14] は，家庭用ロボットを操作するための紙ベースのインタフェースである．コマンドが書かれたカードを空間中に配置することによってロボットにタスクを指示することができる．これらの研究は，紙を用いたタンジブルなインタフェースが，GUI よりも，実世界におけるタスクの指示に適していることを示している．

7 まとめと今後の課題

本稿では，カメラと写真を使ってロボットに対して物体の並べ方を指示する方法を提案した．提案手法は，実世界の一部分の状態をワンボタンアクションで登録し，それを再度呼び出すことができる．このコンセプトを検証するために，ロボットが食器の配膳を行うシステムを試験的に実装した．

現在のシステムでは，登録時にユーザが意図した物体が登録できているかを確認するためのフィードバックや，実行時にロボットがタスクを遂行可能かどうかを確認するためのフィードバックがない．今後はこれらの要素について議論し，開発を進めていく．

参考文献

[1] R. A. Bolt. “Put-That-There”: Voice and Gesture at the Graphics Interface. In *Proceedings of SIGGRAPH'80*, pp. 262–270, 1980.

[2] C. C. Kemp, C. D. Anderson, H. Nguyen, A. J. Trevor, and Z. Xu. A point-and-click interface for the real world : Laser designation of objects for mobile manipulation. In *Proceedings of HRI'08*, pp. 241–248, 2008.

[3] K. Ishii, S. Zhao, M. Inami, T. Igarashi and M. Imai. Designing Laser Gesture Interface for Robot Control. In *Proceedings of INTERACT'09*, pp. 479–492, 2009.

[4] T. Igarashi, Y. Kamiyama, M. Inami. A Dipole Field for Object Delivery by Pushing on a Flat Surface. In *Proceedings of ICRA'10*, 2010.

[5] J. Rekimoto. Time-Machine Computing: A Time-Centric Approach for the Information Environment. In *Proceedings of UIST'99*, pp. 45–54, 1999.

[6] G. Suzuki, D. Maruyama, T. Koda, S. Aoki, I. Takeshi, K. Takashio and H. Tokuda. u-Photo Tools: Photo-based Application Framework for Controlling Networked Appliances and Sensors. In *Proceedings of UbiComp'04*, 2004.

[7] J. Rekimoto and K. Nagao. The World through the Computer: Computer Augmented Interaction with Real World Environments. In *Proceedings of UIST'95*, pp. 29–36, 1995.

[8] K. Hosoi and M. Sugimoto. A Mobile Interface for Robot Control from a User's Viewpoint. In *Proceedings of ROBIO'06*, pp. 908–913, 2006.

[9] 綾塚祐二, 松下伸行, 暦本純一, 実世界指向ユーザインタフェースにおける「見ているものに接続する」というメタファ, 情報処理学会論文誌, Vol. 42, No. 6, pp. 1330–1337, 2001.

[10] W. Johnson, H. Jellinek, L. Klotz, R. Rao and S. K. Card. Bridging the Paper and Electronic Worlds: The Paper User Interface. In *Proceedings of CHI'93*, pp. 507–512, 1993.

[11] P. Wellner. Interacting with paper on the DigitalDesk. Communications of the ACM 1993, 36, 7, pp. 87–96, 1993.

[12] C. Liao, F. Guimbretiere and K. Hinckley. PapierCraft: A Command System for Interactive Paper. In *Proceedings of UIST'05*, pp. 241–244, 2005.

[13] I. Siio and Y. Mima. IconStickers: Converting computer icons into real paper icons. In *Proceedings of HCI International'99*, pp. 271–275, 1999.

[14] S. Zhao, K. Nakamura, K. Ishii and T. Igarashi. Magic Cards: A Paper Tag Interface for Implicit Robot Control. In *Proceedings of CHI'09*, pp. 173–182, 2009.

未来ビジョン

カメラはワンボタンアクションで実世界の一部分をキャプチャすることができるツールである．また，写真は言葉やテキストでは伝えにくいことを表現できるツールである．我々はこれらの性質に着目し，カメラや写真を援用して，言葉やジェスチャでは表現しにくい複雑なタスクの指示をロボットに対して行えるようなインタフェースを実現する方法を模索している．

本稿では，静的な物体配置を指示する手法としてSnappyを提案した．今回実装した１人分の食器の配膳はあくまで一例であり，将来的には，１人分の食器の配置を記録した写真をベースに，同じ配置作業を多人数分実行するような「実世界コピー＆ペースト」を実現することを目標としている．また，本稿ではモノを移動させるためのロボットが存在する状況を想定していたが，我々はモノとロボットが融合し，モノ自身が提示された写真と同じ配置になるべく移動する，というデザインも視野に入れている．例えば，会議室の机や椅子を講演会用の配置に並べ替えたいというときに，ユーザが前回の講演会のときの写真をリーダに読ませると，アクチュエータが内蔵された机や椅子が自ら移動し，ユーザが会議室を利用する時間には整列が完了する．

我々は，連続した複数の写真を用いれば，シーケンシャルなタスクの指示も行えるだろうと考えている．例えばインスタントコーヒーを作るというタスクは，カップにコーヒーの粉を入れる，カップをポットの下に置く，ポットのお湯を注ぐ，などのいくつかのシーンによって表現することができる．実際にコーヒーを作りながら，ステップごとにカメラで撮影し，その写真群をタスクの手順書として保存しておけば，後日，ロボットに教えた通りの手順でコーヒーを作らせることができると考える．

将来的に，画像中の物体認識技術はより高精度かつ汎用的なものになると予想するが，コンピュータが写真からシーン理解を行うのは困難であると考える．タスクの実行に必要な情報の選択は人間が行う必要がある．また，物体の移動や破棄などのアクションについては写真という静的メディアでは表現しにくい．そこで，写真だけでは伝えきれない部分や，コンピュータが理解することができない部分についてはユーザが適宜アノテーションを付加することによって解決することを検討している．

MusiCube: 特徴量空間における対話型進化計算を用いた楽曲提示インタフェース

MusiCube: A Music Selection Interface featuring Interactive Evolutionary Computing in Feature Spaces

斉藤 優理　　伊藤 貴之*

Summary.　近年のマルチメディア技術の発達に伴い，個人の音楽プレイヤーやパソコンに大量の楽曲を保存できるようになった．これにより，ユーザは，手軽に大量の楽曲を聴くことができるようになった一方で，ユーザの聴きたい楽曲を探すことが困難になりがちである．現在，音楽推薦に関するさまざまなサービスや研究が行われている．例えば，タイトルやアーティスト情報などのメタデータや楽譜情報，音響情報，またこれらを組み合わせた情報を利用した推薦システムが挙げられる．しかし，ユーザが目的に応じて楽曲を選曲する場合，これらの情報ではなく，楽曲の特徴に基づいた選曲が有効であり，選曲にユーザの嗜好を反映させるほうが有効な場合があると考えられる．

そこで，我々は，タイトルやアーティスト名などのメタデータに依存せず，楽曲の雰囲気に基づいた楽曲提示インタフェース「MusiCube」を提案する．MusiCube とは，楽曲を立方体内部に散りばめ，サイコロを転がすようにして，さまざまな角度からユーザの嗜好の傾向を眺めることができるインタフェースである．ユーザの嗜好を考慮した楽曲提示の仕組みとして，人間の評価に基づいて嗜好を学習し，提示へ反映する対話型進化計算を用いる．

1　はじめに

音楽配信サービスやポータブル音楽プレイヤーの普及，内蔵記憶装置の記憶容量の増大に伴い，個人の保有する楽曲数が膨大化している．現在，曲名やアーティスト名などのメタデータに基づいた楽曲検索が主流である．しかし，ユーザが目的に応じて楽曲を選曲する場合，例えば，カフェやドライブの BGM の選曲のように，時間，場所，雰囲気などに合った楽曲を複数選曲する場合，楽曲の特徴や印象などの情報に基づいた選曲が有効であり，かつ選曲にユーザの嗜好を反映させる必要があると考えられる．

本報告では，楽曲の雰囲気に基づいた楽曲提示インタフェース「MusiCube」(music + cube) を提案する．

2　MusiCube の機能

図 1 に楽曲提示インタフェース「MusiCube」の GUI 画面を示す．

2.1　楽曲アイコン表示機能

ユーザは，任意の 2 つの楽曲特徴量を変数として xy 軸に割り当てる．システムは，ユーザによって設定された xy 座標上に各楽曲をアイコンでプロットする．ユーザは，xy 軸に割り当てる変数を変化させることで，さまざまな角度から楽曲群の分布の特徴を見ることができる．

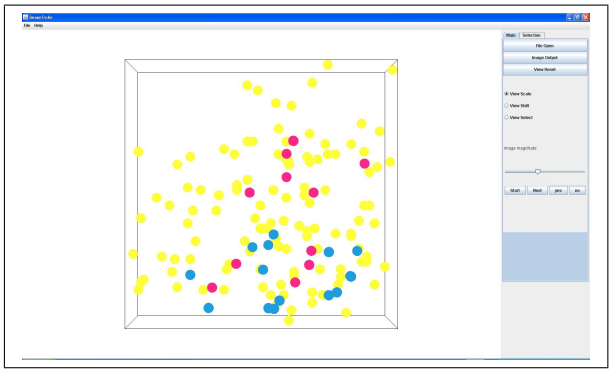


図 1. MusiCube のインタフェース

2.2　楽曲提示機能

ユーザは，システムが出力として提示する各楽曲に対して，目的に合っているか否かについての主観的評価結果を 2 値で入力する．システムは，ユーザが「目的に合っている」と評価した楽曲に対して，楽曲特徴量に基づき，対話型進化計算を行い，次の出力として，よりユーザの目的に合ったと推定される楽曲を提示する．これらの操作を繰り返すことで，システムは，ユーザの目的に合った楽曲を効率よく提示できるようになると考えられる．評価が集まったら，対話型進化計算を一時停止し，楽曲特徴量パ

Copyright is held by the author(s).

* Yuri Saito and Takayuki Itoh, お茶の水女子大学大学院人間文化創成科学研究科 理学専攻

ラメータを任意に 2 つ選び，評価済みの楽曲間の相関性を見ることで，素早く，目的に合った新しい楽曲にたどりつけることが予測される．

2.3 再生機能

各楽曲に対する評価をもとに，自動的に再生リストを作成する．

3 MusiCube の実装

MusiCube を実現するためには，各楽曲の特徴量を抽出し，各インターフェース機能を実装する必要がある．

3.1 楽曲特徴量の抽出

我々は，MIRtoolbox [1] を用いて，楽曲から 10 個の特徴量を検出している（表 1 参照）．本手法では，これらの特徴量を同等に扱うため，特徴量 f を正規化した f' を用いる．ここで，f'=(f-f_{min})/(f_{max}-f_{min}) であり，f_{max} と f_{min} は特徴量の最大値と最小値である．

表 1. 楽曲特徴．

特徴量	説明
RMS energy	音量
Low energy	弱音の割合
Tempo	テンポ
Zero crossing	波形が 0 の値を取る回数
Roll off	85%を占める低音域の値
Brightness	1500Hz 以上の割合
Roughness	不協和音の多さを示す値
Spectral irregularity	音質の変化の大きさ
Inharmonicity	根音に従っていない音の量
Mode	major と minor の音量の差

3.2 対話型進化計算を用いた楽曲提示

正規化した特徴量空間において，対話型進化計算の一つである対話型遺伝的アルゴリズム (interactive Genetic Algorithm: iGA) [2] を用いて，ユーザの嗜好を考慮した楽曲提示を行う．図 2 に本手法における iGA の処理の流れを示す．

初期個体生成と提示

あらかじめ定められた数の初期個体を生成する．設計変数は，ランダムに設定する．

評価と選択

楽曲に対する評価は，ユーザの心理的な負担を考慮し，2 値（目的に合っているか否か）で行う．選択では，ユーザが「目的に合っている」と評価した個体を親個体とする．ただし，遺伝的操作を行う際、

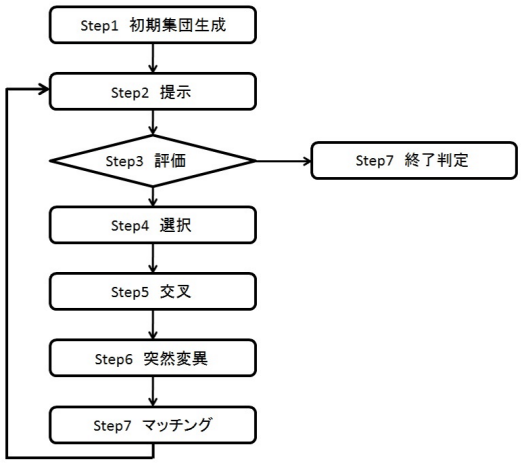


図 2. MusiCube における iGA の処理の流れ

特徴量の変数が多くなると，学習問題は難しくなる傾向があるため，主成分分析によって，次元を削減している．

交叉

親 2 個体間の範囲からランダムに子 2 個体を生成する．

突然変異

突然変異率を 0.1 とし，変数値をランダムに変化させる．

マッチング

ユークリッド距離 d が最小である楽曲を次世代に残す個体とする． 式 (1) 参照.

$$d = \sqrt{\sum_{i=0}^{n} (f_i - p_i)^2} \tag{1}$$

f : 遺伝的操作で得られた特徴量の値
p : 楽曲データの特徴量の値

4 まとめと今後の課題

本報告では，楽曲の雰囲気に基づいた楽曲提示インタフェース「MusiCube」を提案した．

今後の課題として，推薦精度の向上，GUI の改良などを行い，ユーザの満足度の高いインタフェースを実現していきたい．

参考文献

[1] MIRtoolbox. https://www.jyu.fi/hum/laitokset/musiikki/en/research/coe/materials/mirtoolbox.

[2] 高木英行, 畝見達夫, 寺野隆雄. 遺伝的アルゴリズム 4, pp. 325–361, 2000.

ImageCube: 多次元データ可視化手法としての画像ブラウザ

ImageCube: An Image Browser Featuring a Multi-dimensional Data Visualization Technique

鄭雲珠　　五味愛　　伊藤貴之*

Summary. With the rapid development of imaging technologies over recent years, advanced visualization techniques for thousands of pictures are progressing. At the same time, now we can obtain various sets of images via Internet. For example, we can obtain the images of recipes which have a variety of nutritional value, the images of cars which have a variety of performance values, and the images of medical which have a variety of diagnosis value, based on our specific requests. We propose "ImageCube", a new visualization technique which can visually capture the relevance and importance of the information of images. As an Image browser, ImageCube works in this way. Firstly users choose two features from the many feature options, and ImageCube assigns them to X- and Y-axes to deploy the images. Once the users choose the features again, ImageCube redeploys the images by rotation function of XY- and XZ-planes. Now we are developing a function to recommend interesting combination of the features which bring higher values of entropy or Kendall's rank correlation.When the value of entropy is high, the image group totally spreads. On the contrary, when the value of Kendall's rank correlation is high, the image group will spread along a declining line. We can fascinatingly observe the images, by selecting the recommended features.

1　はじめに

画像技術の急速な発達に伴い近年、我々が保有するデジタル画像は急増している。このような大量の画像をユーザが対話的に扱うために、近年、画像群を一覧表示する可視化手法の研究が進んでいる。一方で、デジタル画像には多種多様な情報が付加されていることが多い。我々はウェブから例えば、各栄養価を有するレシピの画像群や、各性能値を有する自動車の画像群などを入手できる。また科学技術分野では画像データベースを用いた研究が進んでいる。例えば、医療画像群は健康診断値とともにデータベース化される機会が多い。このような多様な数値情報を持つ画像群を、ユーザの意図に基づいてわかりやすく表現するには、多次元可視化手法を搭載した画像ブラウザが有用であると考える。

本報告では、画像群が有する多次元データの関連性や重要性を視覚的に捉えやすくすることを主眼においた画像ブラウザ ImageCube を提案する。

2　ImageCube の処理手順

2.1　入力画像群の定義

ImageCube では、多次元データを有する画像群を入力画像群として想定する。現時点での我々の実装では、多次元データの変数名、各画像の変数値、および各画像の URL またはパスを記載したデータファイルを入力情報とする。ImageCube では、このような入力ファイルから変数選択用のパネルを自動生成する。図 1 は、ウェブ上の自動車カタログサイトから車に関する性能値やユーザ評価値を読み込んで生成したデータを入力して、自動生成したパネルの例である。

図 1. 選択パネル

2.2　閲覧と変数選択

ImageCube では、画像群が有する多種多様な変数の中から、図 1 に示すパネルを用いてユーザが選んだ 2 変数を座標軸に割り当てて、画像を配置する。そして、ユーザが別の変数を指定するたびに、ImageCube は画像群を自動的に再配置する。このとき、新しく選んだ属性を暫定的に Z 軸に割り当

Copyright is held by the author(s).

* Yunzhu Zheng,Ai Gomi and Takayuki Itoh, お茶の水女子大学大学院　人間文化創成科　理学専攻　情報科学コース

て、続いて XZ 平面が XY 平面に重なるような 90 度の回転表示を行うことで、なめらかに配置を切り替える。

図 2,3 では，各栄養価を有するレシピの画像群を例にして、ユーザが重視したい変数値を X 軸と Y 軸に割り当てて、画像群を見比べた結果である。図 2 は、配置結果のエントロピーが高くなるような 2 変数を選んだ例である。このような場合には、画像群は画面上で拡散するので、多くの画像が画面上で重ならずに表示される。図 3 は、ケンドール順位相関係数が大きい 2 変数を選んだ例である。このような場合には、画像群はほぼ”直線状”に並んで配置されるので、2 変数の相関性を読み取りやすくなる。

それを踏まえて、ケンドール順位相関係数に基づくメニューの色分け機能を開発した。2 変数の組み合わせに基いて、データの傾向や全体像をより見やすい形で可視化するために、自動的に変数間の相関性を検出する。変数間の相関性の算出には、その変数の特徴に合わせてケンドールの順位相関係数、エントロピーなどを用い、それぞれ X 軸、Y 軸、色へ割り当てる優先度が高い属性の選択を支援する GUI となっている。本論文では、この変数間相関性の算出結果をもとに変数選択を行う。しかしながら、この算出結果を用いても、ある程度多数の変数の組み合わせを選択することは不慣れなユーザにとって難しい。そこで本論文の提案手法では、相関性に基いた優先順付き変数選択パネルを開発し、より効率よく有用な可視化結果を得ることが可能になっている。

2.3 重なり回避処理

非常に多くの画像を ImageCube で表示すると、画面上での重なりが生じやすくなる。我々は ImageCube において 2 種類の重なり回避処理を試みている。

1 種類目は、画像ブラウザ PhotoSurfing[1] でも導入されている画像間距離調整手法である。ImageCube では Delaunay 三角メッシュ生成法を用いる。この生成法は、画面上に配置された画像の中心点を連結して三角形要素の集合を生成する方法であり、三角形要素の最小角度が最大になるようにメッシュを生成する。その結果として、画面上で隣接する 2 画像はメッシュ辺で連結され、その画面上の距離はメッシュ辺の長さとして表れる。ここで長さが一定以下であるメッシュ辺の両端の画像に対して、お互いに引き離すように画像画像間の距離を調整し、画像の重なりを回避する。

2 種類目は、画像ブラウザ CAT[2] でも導入されている「代表画像」という考え方である。ImageCube では、重なっている画像群の X 軸と Y 軸の性能値が近似しているために、画面上で重なって配置される画像の中から 1 枚を選び（これを代表画像と呼ぶ）、それだけを表示する。代表画像をクリックすると、代表画像に重なった画像を別のウィンドウに表示する。

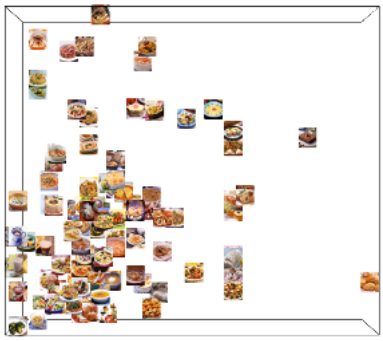


図 2. エントロピー高

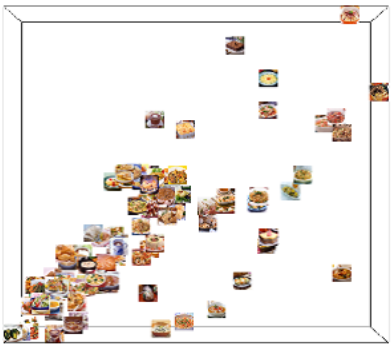


図 3. 相関性高

3 まとめと今後の課題

本報告では、多次元データ可視化手法を搭載した画像ブラウザ ImageCube を提案した。

今後の課題として、特定の条件を満たす画像群だけを絞り込み表示する機能、および 3 個以上の変数に基づく可視化機能を開発したい。また、可視化以外の技術と ImageCube を組み合わせて、情報科学の多種多様な問題を視覚分析的に解決する適用事例を実現したい。

参考文献

[1] H. Horibe and T. Itoh. PhotoSurfing: A 3D Image Browser Assisting Association-Based Photograph Browsing. In *NICOGRAPH International*, 2009.

[2] 五味，宮崎，伊藤，Li. CAT:大量画像の一覧可視化と詳細度制御のための GUI. 画像電子学会誌,Vol.38,No.4, pp. 1108–1115, 2008.

PLUM: 地図配置型の写真ブラウザの一手法

PLUM: A Photograph Browser with a Layout-Upon-Maps Algorithm

白鳥 佳奈　　伊藤 貴之　　中村 聡史*

Summary. 本報告では，撮影場所や撮影日時に基づいて写真群を地図上に配置し，撮影者の移動経路と共に表示することで，大量の画像群の閲覧だけでなく，撮影者の行動を観察できる写真ブラウザの一手法 PLUM を提案する．PLUM は，画像群を撮影場所や撮影日時に基づいてクラスタリングし，個々のクラスタの代表画像を地図上に配置する．ユーザは代表画像を選択することで，そのクラスタに属する画像群を閲覧できる．PLUM では，移動経路と代表画像，および代表画像同士が重ならないように地図上に代表画像群を配置することで，画像および移動経路の一覧性を損なわない表示を実現する．

1 はじめに

近年のデジタルカメラの急速な発達に伴い，個人が所有するデジタル画像は膨大な量となっている．一方で，そういった大量の画像を整理することはユーザにとって大きな負担であり，画像が計算機内に煩雑なまま保存されることも多い．故に，これらの大量の画像を効率良く，自動で分類・可視化する技術は非常に有用であり，近年活発に研究されている．

ユーザが計算機上にある画像を閲覧する際の目的の一つとして，撮影された写真をもとに，特定の日付における撮影者の行動を知りたい，という場合が考えられる．ただし，その際単に各々に付与された緯度・経度情報に沿って地図上に写真を配置すると，画像同士の重複や，画像と地図情報の重複等，注目箇所に多くの重複が発生してしまい，撮影者の移動経路は読み取りづらいものとなってしまう．

これらを踏まえて我々は，地図配置型の写真ブラウザの一手法 PLUM(Photo Layout Upon Maps) を提案する．本手法では，まず画像群を撮影場所や撮影日時によってクラスタリングする．そして各クラスタの代表画像を，その写真の撮影場所に基づき地図上に配置し，撮影者の移動経路と併せて表示する．また，ユーザが代表画像を選択すると，同クラスタに含まれる個々のサムネイル画像を一覧表示する．これにより，具体的な写真の撮影場所の把握と共に撮影者の行動の直感的な把握が可能となり，撮影者の行動パターンの観察にも役立つものと考える．

2 関連研究

個人写真を一覧する商用の画像管理システムとして，Picasa[1](Google) や iPhoto[2](Apple) 等が有名である．これらのシステムでは，撮影場所・撮影日時・人物等のメタ情報から画像を整理し，閲覧する機能をサポートしている．しかし，地図上に画像を一覧表示した際，画像同士が地図上で重なってしまう等，一覧性や操作性の面で十分とは言い難い．

PLUM に近い画像ブラウザの例として MIAOW[3] があげられる．MIAOW は撮影場所・撮影日時に基づいて，大量の写真をイベントに自動分類し，イベントごとに写真を一覧表示する．そして，経度を X 軸，緯度を Y 軸，日時を Z 軸とする 3 次元座標系に各イベントの代表写真を配置し，ズーム操作にともなって各イベントに属する各写真を表示する．それと同時に，イベントごとに被写体の共起性を算出して被写体のグループを作成し，各グループの被写体の顔画像を表示する．これらを連携的に操作することで，大量写真の直感的な探索を可能としている．

3 提案手法

PLUM で用いる各々の写真は，撮影場所 (緯度および経度) と撮影日時をメタ情報として保有していることを前提とする．また，表示する写真群に対応する地図画像を用意する．

3.1 クラスタリング

PLUM は，まず大量の画像に対して，以下の 2 条件の論理和に基づきクラスタリングを行う．

- (i-1) 番目の写真から i 番目の写真へ時間 α 以上の間隔があいていれば，新しいクラスタを生成し，i 番目の写真以降を新しいクラスタに属させる (ただし i は $0 < i \leq$ 総写真数 を満たすものとする)
- 緯度・経度を 2 軸とする（メルカトル図法の）空間において，現在生成中のクラスタ中心から，i 番目の写真が距離 β 以上離れていれば，i 番目の写真以降を新しいクラスタに属させる

Copyright is held by the author(s).

* Kana Shiratori and Takayuki Itoh, お茶の水女子大学 大学院 人間文化創成科学研究科 理学専攻, Satoshi Nakamura, 京都大学大学院 情報学研究科

今回はそれぞれの閾値を α =1，β =0.3 としたが，今後はこの α と β の最適値を，データセットに基づき自動的に計算する手法を実現予定である．

3.2 撮影者の想定される移動経路の描画

次に，各クラスタを構成する画像の緯度・経度の平均値を算出して地図上にプロットし（この点を理想位置と定義する），それらを撮影日時に基づき撮影順になるよう直線で結ぶ（図 1 赤線）．これを撮影者の移動経路とする．

3.3 代表画像の地図上への配置

PLUM は，各クラスタの代表画像を，移動経路との重複を回避しながら，また代表画像同士の重複も回避しながら，各々の理想位置付近に表示する．さらに，理想位置と代表画像の中心点を直線で結ぶことで，重複回避処理により理想位置から離れてしまった代表画像の本来の位置情報を明示する．この重複回避処理の詳細については 3.3 節で述べる．

また PLUM は，ユーザの拡大縮小や平行移動等の操作に応じて，代表画像の最適な位置をその都度再計算する．この時，単に各々の理想位置を基準とし，その付近へ配置させようとすると，微小な操作にも関わらず代表画像の位置が急激に変化する場合があり，ユーザの混乱を招きやすくする恐れがある．そのため，基準点を理想位置と拡大縮小操作をする直前の配置位置との中点とし，その基準点に近くなるよう操作後の配置位置を算出する．

3.4 画像や経路の重複回避処理

画像同士の重なりを回避するため，本手法では以下の 4 ステップを踏む (図 1)．

1. 画面を格子状に分割し，その上に移動経路を重ねる
2. 移動経路が通過する長方形領域を，画像配置先の候補から除外する
3. 基準点（今は理想位置）に可能な限り近い位置で，空いている一定面積（図 1 では 2 × 2）の長方形領域を探し，見つかればその領域に画像を描画する
4. 理想位置と画像の中心点を直線で結ぶ

4 実行結果

PLUM を用いた表示結果の一例を図 2 に示す．

今回使用した写真セットは，あるユーザがライフログとして日々撮影している写真（約 16 万枚）から，ある 1 日分（110 枚）を抜き出し，Sony GPS-CS3 で記録した位置情報を JPEG の EXIF 領域に埋め込んだものである．

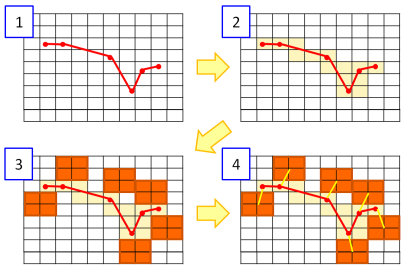


図 1. 移動経路の描画と代表画像の配値

我々の実装では，ブラウザの左側に背景として地図画像を表示し，その上に移動経路と代表画像を表示する．ここで，図 2 は左側の地図表示において黄色で囲まれた代表画像を選択した際の表示結果である．オレンジ色のクラスタ内に含まれる個々の画像が，ブラウザの右側に配置されたタブ内に一覧表示されている．

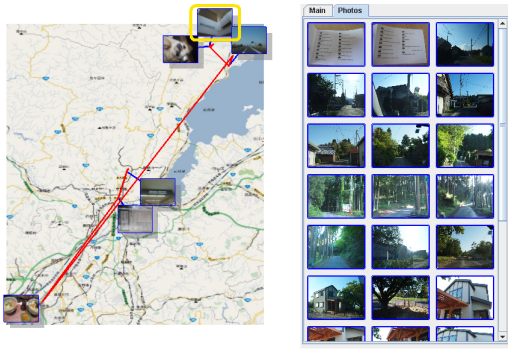


図 2. 可視化結果例

5 まとめと今後の課題

本報告では，画像を撮影場所や撮影日時を考慮して地図上に配置し，さらに画像から想定される撮影者の移動経路を可視化することで，大量写真の閲覧とともに，撮影者の行動を観察できる写真ブラウザの一手法 PLUM を提案した．

今後の課題としては，代表画像の選出方法や，より効果的な経路表示について検討を進め，ユーザにとってより直感的なブラウザとなるよう改良を進めたい．また，1ヶ月や 1 年といった長期間にわたって撮影された数万枚規模の写真群での適用を試みたい．

参考文献

[1] Google Picasa. http://www.picasa.com/.

[2] Apple iPhoto. http://www.apple.com/iphoto/.

[3] 五味, 伊藤. 「何時、何処で、誰と」3 つのメタ情報を用いた大量個人画像の一覧可視化手法, 情報処理学会グラフィクスと CAD 研究報告, CG-138-2, 2010.

キーワードの共通性を配置結果に反映した大量画像の一覧可視化手法

Visualization of large image collections arranged by commonality of keywords

安田 理紗　　五味 愛　　伊藤 貴之 *

Summary. Recently, image browsing techniques has been an active research topic. There are several requirements for image browsers, such as all-in-one image browsing and similarity-based layout. However, it is generally difficult to satisfy all of such requirements. This paper proposes a visualization technique for browsing of large image collections arranged by commonality of keywords, supposing that similar images have common keywords. As a preprocessing, the technique applies hierarchical clustering to the images based on their keywords and pixel values. Then, it places these clusters by a hybrid space-filling and force-directed layout algorithm. Placing images which have common keyword close, we expect that we can avoid oversight of images, and pick out demanded images easily in a short time.

1　はじめに

近年のデジタルデータの増加に伴い，画像ブラウザに関する研究が活発に発表されている．画像ブラウザに求められる要件は，目的に応じて多岐に渡る．本研究では，画像群の全貌が一目で把握できる，類似した画像が近くに配置される，この 2 要件を同時に満たす画像ブラウザを開発したいと考えた．類似した画像は共通のキーワードを有すると考え，予めキーワードが与えられた画像群を想定した画像ブラウザ CAT[1] に着目した．CAT の特徴として，全体の表示では各クラスタを代表画像で表し，ズームイン操作により局所的に各画像を表示する，という詳細度制御機能が挙げられる．しかし，キーワードの共通性をクラスタの画面配置の考慮に入れていないため，共通したキーワードを有する画像が離れて配置され，局所表示時に画像を見落としてしまう恐れがある．そこで，本報告では，CAT の改良手法として，共通したキーワードを有する画像が近くに配置されるような画面配置手法を提案する．画像の見落としを防ぐことで，興味の対象となる画像群を短時間で容易に見つけることができると期待される．

2　関連研究

2.1　CAT

CAT とは，大量画像のクラスタリング手法，およびその一覧表示と詳細度制御を持ち合わせた可視化手法である．まず，大量画像に対してキーワード，画素情報に基づく 2 段階のクラスタリングを適用し，階層型データを構築し，各クラスタから代表画像を選出する．続いて，この階層型データに，階層型データ可視化手法「平安京ビュー」[2] の配置アルゴリズムを適用することで，画像群を一覧可視化する．このアルゴリズムによって，以下の 2 条件

- [**配置条件 1**] 画像，クラスタどうしの遮蔽回避
- [**配置条件 2**] 画像群の配置占有面積の低減

を満たす画面配置を実現する．

2.2　FRUTIS Net

FRUITS Net [3] とは，1 個以上のアイテムが各ノードに付加されたネットワークを対象とした可視化手法である．FRUITS Net ではノードをアイテム毎に色分けし，ノード間の連結をエッジで表す．そして，力学モデル [4] と空間充填モデル [3] を併用した配置アルゴリズムによりノード配置を決定することで，複数のアイテム情報を有するネットワークの全体像を一画面上で表すことが可能となる．FRUITS Net では上述の [配置条件 1][配置条件 2] に加えて，

- [**配置条件 3**] 共通アイテムを持つノード群を近くに配置
- [**配置条件 4**] エッジ長の総計，交差数の低減

も同時に満たす画面配置を実現する．

3　提案内容

3.1　階層型データの構築

本手法では，CAT と同様の手法を用いて，大量画像に対し，キーワード，画素情報と 2 段階のクラスタリングを行い，階層型データを構築し，代表画像を選出する．キーワードによるクラスタリングで生成したクラスタを高階層クラスタ，画素情報によるクラスタリングで生成したクラスタを低階層クラスタと呼ぶ．

Copyright is held by the author(s).

* Risa Yasuda, Ai Gomi and Takayuki Itoh, お茶の水女子大学大学院 人間文化創成科学研究科 理学専攻

3.2 階層型データの画面配置

本手法では，高階層クラスタに対し，FRUITS Net の配置アルゴリズムを適用し，各クラスタを画面配置する．まず，共通したキーワードを持つクラスタ間にエッジを生成し，エッジの本数に比例した重みを付与する．与えた重みをもとに，エッジにバネの力学モデルを仮想し，エッジの交差を低減させ，かつエッジの総和が短くなるように，エッジを適正化する．この処理を各クラスタに対して反復することで，安定なクラスタ配置を得ることができる．この手法により [配置条件 3] を満たし，共通したキーワードを持つクラスタを近くに配置することが実現される．

しかし，この配置結果は [配置条件 1][配置条件 2] を満たしているとは限らないので，その修正のために空間充填モデルを適用する．まず，力学モデルの結果を座標値としてテンプレートに記述する．テンプレートの座標値を理想位置とし，できるだけ近い位置に，クラスタどうしの遮蔽を回避し，かつ配置占有面積の増加を抑えながら画面配置結果を再算出する．以上により，2 章で論じた [配置条件 1]〜[配置条件 3] を同時に満たす画面配置結果を実現する．

4 実行結果

我々は，2360 枚の画像を対象に可視化を試みた．各画像は 1〜3 語のキーワードを有する．キーワード総数は 49，階層型データの構築により生じた高階層クラスタ数は 61，低階層クラスタ数は 151 であった．

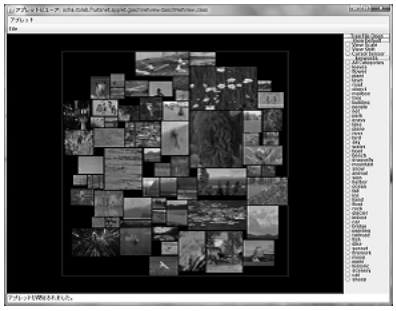


図 1. 可視化結果

可視化結果を図 1 に示す．画像 1 枚が高階層クラスタ 1 個に該当し，画像群の全貌を一目で把握できる．スケール操作により局所的に各画像を表示する．また，図 1 右側のボタンでキーワードを選択すると選択されたキーワードを持つ画像を含むクラスタ枠がハイライトされる．

4.1 配置の検証

図 2 は，一部をズームインした結果である．白い枠で囲まれたクラスタは左上から順に，

”mountain, river”, ”grass, tree”, ”grass, river”, ”mountain, tree”, ”mountain”, ”river”

というキーワードを有する画像群からなるクラスタである．

図 2. ”mountain”, ”river”, ”tree”関連のクラスタ

キーワード”mountain”を有するクラスタが近くに配置されていることがわかる．一方，キーワード”tree”や”river”に着目してみると，これらもまた近くに配置されている．このように，2 つ以上のキーワードに着目しても互いに近くに配置されているといえる．以上の結果から，前述の配置の問題点が改善されたのではないかといえる．

5 まとめ

本報告では，キーワードの共通性を配置結果に反映した大量画像の一覧可視化手法について提案した．

今後の課題として，別の写真群での検証を行うとともに，キーワード以外の画像のメタデータを活用した画像の配置に取り組みたい．

謝辞

画像群を提供していただいたペンシルバニア州立大学 Jia Li 准教授に，感謝の意を表する．

参考文献

[1] 五味愛, 宮崎麗子, 伊藤貴之, J. Li, CAT: 大量画像の一覧可視化と詳細度制御のための GUI. 画像電子学会誌, Vol.38, No.4, pp.1108-1115, 2008.

[2] 伊藤貴之, 山口裕美, 小山田耕二. 長方形の入れ子構造による階層型データ可視化手法の計算時間および画面専有面積の改善. 可視化情報学会論文集, Vol.26, No.6, pp.51-61, 2006.

[3] T. Itoh, C. Muelder, K.-L. Ma, J. Sese. A Hybrid Space-Filling and Force-Directed Layout Method for Visualizing Multiple-Category Graphs. IEEE Pacific Visualization Symposium, pp.121-128, 2009.

[4] 土井淳, 伊藤貴之. 力学モデルを用いた階層型グラフデータ画面配置手法の改良手法とウェブサイト視覚化への応用. 芸術科学会論文誌, Vol.3, No.4, pp.250-263, 2004.

ブログアーカイブに対する係り受け解析を用いた3次元話題探索システム

3D Visualization System for Exploring Topic Transition Based on Dependency Analysis for a Japanese Blog Archive

伊藤 正彦　　吉永 直樹　　豊田 正史　　喜連川 優 *

Summary. This paper proposes a 3D system for visualizing time sequential changes in topics of Blog contents that are archived and analyzed by dependency analysis for Japanese. We use TimeSlices to visualize the results of analysis that consists of set of targets and actions, and are summarized for each month. It enables us to explore changes in users' activity, interest, and thoughts for specified keywords.

1　はじめに

ブログ等のCGMの普及にともない，ユーザは簡単に自身の興味，行動，意見をウェブ上に反映することが可能になってきている．これら，時間・社会状況とともに変化するユーザの生の声は，マーケティング等の社会分析の観点から重要なデータとなってきている．これに伴い，特定のキーワードに対する評判情報，関連キーワードの時系列分布をブログから取得可能にする kizasi.jp [1] 等のCGM分析サービスが近年注目されるようになってきている．

提案するシステムでは，対象に関する行動の記述（例: 新型インフルエンザに感染する）の時系列推移を，月単位の粒度で分析した結果を検索し可視化を行う．可視化環境として，TimeSlice [1] を用いることで，対象と行動の関係をツリー表示し，それらの時間推移を3次元空間を用いて可視化することが可能になる．また，ノードの選択，展開といった操作を行うことで，誰が，どこで，何を，などの行動の詳細を探索可能にした．さらに，各ブログは簡易的に男女の性別を判定しており，ブログに記述された行動に関する男女比の推移が可視化可能になる．これらにより，ブログに記述された対象に対する行動，興味および感想の時系列推移を可視化・探索する話題探索システムを実現した．

2　ブログアーカイブに対する係り受け解析

著者等の研究室では，過去5年間，3億5000万エントリに及ぶ日本語ブログアーカイブの構築を進めてきている．さらに，蓄積された全ブログデータに対して日本語係り受け解析を行った[2]．提案システムでは，係り受け解析結果のうち，名詞が動詞に係っているもののみを1つのイベント（対象＋行動）として抽出し，その係り受けの意味的関係（行為の動作主や，対象など）を名詞に付く格助詞{を，と，に，が，で}で分類しデータベース化した．現在，約160万種類の名詞に対する約11万種類の動詞の記述をイベントとして利用可能である．データベースに対する検索キーワードとしては，名詞もしくは動詞を用いる．検索結果は，名詞＋格助詞＋動詞の3つ組みの集合で表される．動詞の代わりに形容詞を検索対象および検索キーワードに用いることも可能である．

3　ブログ上の話題探索システム

検索結果は，入力キーワードを中心としたツリー表現で TimeSlices [1] 上に可視化される（図1）．イベントは各月ごとに集約されており，出現頻度上位n個（nは任意）のみを表示可能である．また，出現頻度に応じてノードサイズを変更している．

各検索結果は年月情報を持っており，TimeSlice上には指定した年月の結果のみが表示される．ユーザは TimeSlice を時間軸に沿って移動させることにより，出現頻度上位n個のイベントおよびそれぞれの頻度の時間変化をアニメーション表示させることが出来る．また，TimeSlice を追加することにより，時期による人々の動向の違いを比較出来る（図1(a)）．

3.1　探索インタフェース

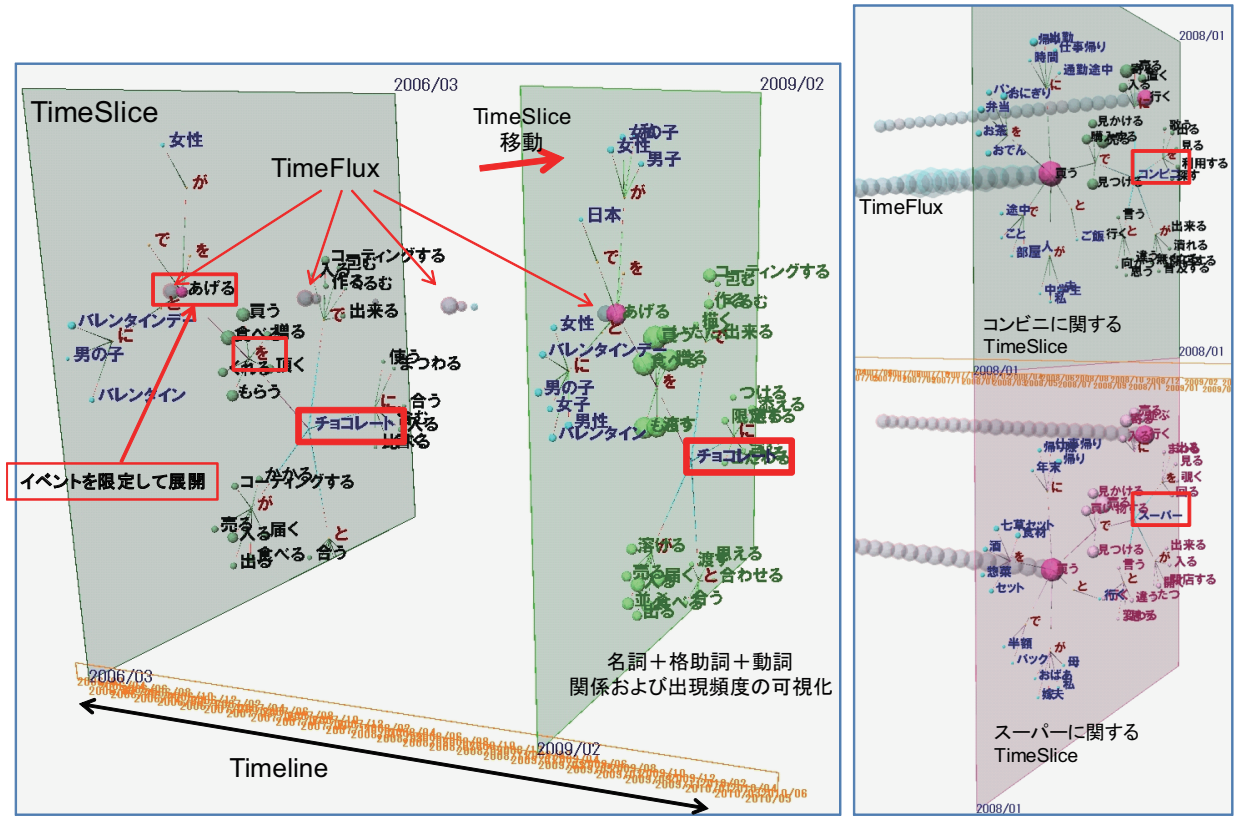
可視化結果から新たな検索要求を作成し，次々と情報探索を行うインタフェースを提供する．図1の例では，ノードを選択することで，イベントを限定し，それに対する付帯情報を検索し展開表示している．同様に，中心を動詞（形容詞），他の名詞，もしくは他の3つ組みに移動するなどの操作を可能にする．

Copyright is held by the author(s).

* Masahiko ITOH, Naoki YOSHINAGA, Masashi TOYODA, and Masaru KITSUREGAWA, 東京大学生産技術研究所

[1] http://kizasi.jp/

[2] http://www.tkl.iis.u-tokyo.ac.jp/~ynaga/jdepp/



(a)「チョコレートを あげる」に関する傾向の変化　　(b)「コンビニ」と「スーパー」の比較

図 1. TimeSlices によるブログ上の話題変化の可視化・探索システム

3.2 時系列頻度変化の可視化

選択したノードに関して月ごとの頻度を球の列として可視化することで，どの時期にそのイベントが話題になったか，他のイベントとの傾向の違い，等が直感的に理解可能になる．この球の列を TimeFluxes と呼ぶ．色違いの 2 種の TimeFluxes を用いることにより男女ごとの変化を同時に可視化し比較することが可能になる

3.3 複数キーワード比較

複数のキーワードに対する検索結果を上下の TimeSlices に分けて表示する Split view（図 1(b)）を用いることで，複数キーワードに対する比較を行うことが可能になる．中心となる名詞，同じ格助詞，および同じラベルのついた動詞（形容詞）は同じ位置に配置される．1 つの TimeSlice に集約表示する Aggregate view [1] も利用可能である．

4 可視化例

図 1(a) は,「チョコレート を あげる」ことに関する傾向の変化を可視化した例である．始めに「チョコレート」を入力し可視化した．結果から「あげる」を選択し TimeFlux を表示すると，毎年バレンタインデーの時期にのみ集中してイベントが発生していることが分かる．また，男女比が「女性＞男性」から，ほぼ「女性＝男性」へと変化してきていることも分かる．次に，そのイベントに関して展開し詳細を見ると，2009 年には「男子が」「女子に」「チョコレートをあげる」例が出現していることが確認出来る．図 1(b) の例では,「コンビニ」と「スーパー」に行くユーザの男女の違い，購入物の傾向の違い，季節ごとの傾向の違い等を可視化している．

5 まとめと今後の課題

本稿では，人々の対象に対する行動，興味および意見の時系列変化をブログから抽出および可視化し，探索するためのシステムを提案した．今後の課題としては，より大量のキーワード（例：全議員名）に対するブログ上の意見を比較，あるいはグループごとに集約して見せる可視化手法を検討したい．

参考文献

[1] M. Itoh, M. Toyoda, and M. Kitsuregawa. An Interactive Framework for Visualizing Time-series of Web Graphs in a 3D Environment. In *Proceedings of the 14th International Conference on Information Visualization (IV2010)*, pp. 54–60, IEEE, 2010.

バスケットボールの戦術デザインの支援を目的とした戦術自動図示化システム

Automatically tactic-diagrammatizing system To support the design of the tactic of basketball

澁谷 智志　　木村 健一*

Summary.　本研究では，バスケットボールの戦術のデザインを対象に，机上から実演までのシミュレーションをシームレスに実施することを目的として，戦術の動的シミュレーションと自動図示化を支援するシステムを開発した．デザイン活動において，初めから自分の表現したいことが明確化していることはまれであり，表現したいことをシミュレーションし，それを省察するという絶え間ないループの中で，明確化していく必要がある．戦術のデザインのように，他者の身体表現が伴う事象のデザインにおいては，机上のシミュレーションの後，実演でのシミュレーションが必要となり，実演者に実施指導をする必要がある．戦術のデザインには，主に作戦盤と呼ばれる道具を用いて手での操作でシミュレーションを行なっていたが，計算機を活用することで，机上のデザインの段階で，動的なシミュレーションを行なうことが可能であると考える．さらに，実演シミュレーションの際には，戦術を図として記号化し，紙媒体に印刷して提示することで，戦術上の目標を把握しやすくし，これを媒体に，実演者と設計者の素早い意思疎通が可能になると考える．本研究で開発した Web アプリケーションでは，Web 上で動的なイメージでの戦術を作成・編集でき，そのデータを自動的に記号化した図に変換し，A4 サイズで印刷できる pdf データとして出力することができる．

1　はじめに

デザイン活動において初めから自分の表現したいことが明確化していることはまれであり，デザイン過程の中で自らが表現したいことを明確にしていかなければならない．そういった，自己の表現を明確にしていく過程には，外部情報や途中創作物を意識的に観察し，気付いた事に対して自分なりの意味を見出して，それを表現する（シミュレーション）という行為を通して創作物を変化させるという一連の流れを継続して行なうことが必要である [1].

表現したいことをシミュレーションし，それを省察するという絶え間ないループの中で，シミュレーションする媒体は完成形態に近づけていく必要がある．例えば，プロダクトのデザインであれば，始めは手描きのスケッチでシミュレーションするが，表現したいことがある程度明確化してくると，モックアップでのシミュレーションへと移行し，より現実に近い状態に則した問題点を把握する．アンサンブルでの楽器演奏や群舞など，他者の身体表現が伴う事象のデザインにおいては，机上のシミュレーションの後，実演でのシミュレーションが必要となり，実演者に実施指導をする必要が出てくる．

本研究では，バスケットボールの戦術のデザインを対象に，机上から実演までのシミュレーションをシームレスに実施することを目的として，戦術の動的シミュレーションと自動図示化を支援するシステムを開発した．

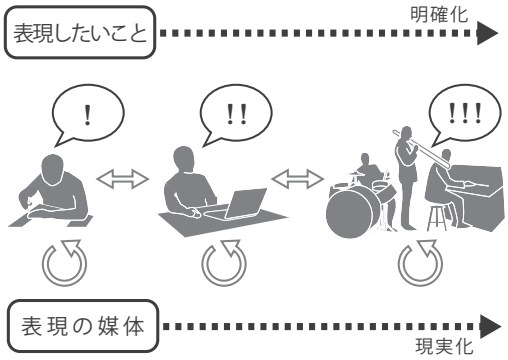


図 1. デザイン過程における表現したいことと表現媒体

2　戦術のデザイン

バスケットボールにおいて，効率的な試合展開で相手チームに勝つには，戦術によるプレーが不可欠である．戦術のデザインには，チームの身体的・技術的特徴を踏まえた上で，1) 防御ラインを破る（ノーマーク），2) 人数的優位をつくる（オーバーナンバー），3) 空間的優位をつくる（オープンスペース）という課題を達成できるように思慮していく必要がある [2]．デザインする際には，主に作戦盤と呼ばれるホワイトボードとマグネットを用いた道具が使用される．作戦盤では，コートの俯瞰図が描かれたホワイトボードの上で，選手に見立てたマグネットを手で動かすことによって，戦術のシミュレーショ

Copyright is held by the author(s).

* Satoshi Shibuya, 東京電機大学 理工学部, Ken-ichi Kimura, はこだて未来大学

ンを行なう．しかし，作戦盤では手での操作のため，一連の動きを流れで検討するには難しく，その検討には実演の段階から行なう必要があった．

本研究では，計算機を活用することで，机上のデザインの段階で，動的シミュレーションを行なうことを支援する．さらに，計算機上でシミュレートされた戦術を，実演で実施することを想定し，戦術データを実演状況に則した媒体に変換し，実演者（選手）にわかりやすく提示するまでの活動を支援する．具体的には，戦術を記号化した図を，紙媒体に印刷して，実演実施に活用するのを支援する．戦術を図で表すのは，練習の記録の際に一般的に行なわれており，また，教則本でも同様の提示がなされている．それらの図は，コートを俯瞰的に記した図の上に，選手の動きを矢印などで記載していくものであり，空間的な位置関係を意識しやすく，戦略上の目標をつかみやすくなっている．また，時系列上の全体の流れを一望で把握できるようなるため，全体構造と細部の把握を適宜に行いやすい．そのため，これを媒体に，実演者と設計者の戦術上の素早い意思疎通が可能になると考えられる．

3　システム概要

本システムは，戦術の動的シミュレーションと自動図示化を支援する Web アプリケーションである．Web 上で動的なイメージでの戦術を作成・編集でき，そのデータを自動的に記号化した図に変換し，A4 サイズで印刷できる pdf データとして出力することができる．本システムは，基本のインターフェースを，Macromedia Flex を用いて作成し，pdf に出力する処理は，フリーの pdf 作成 php ライブラリの FPDF[4] を用いて作成した．

3.1　戦術の作成・編集

本システムの戦術作成・編集機能では，作戦盤をメタファにしたインターフェースになっており，選手の動きを入力していくことで，動的イメージでの戦術を作成・編集することができる．選手の動きの入力では，カーソルの動きをそのまま選手の動きとして入力できるようになっており，音楽のトラック編集のように，選手の動きの上に，他の選手の動きを重ね合わせて入力することで，全体を構成していく方法を用いている．これにより，従来のモーションアニメーション制作ソフトウェアで一般的に用いられているキーフレーム法とは違い，簡単なマウス操作で直感的が可能になるだけでなく，細かな動きのスピードの変化や，曲線的な動きも，入力できるようになっている．

3.2　戦術の自動図示化

作成した戦術の動的イメージは，自動的に図として変換され，A 4で印刷できる pdf データとして出力する．図としての表記の仕方は，戦術の教則本 [3] に準拠した形をとっており，選手は番号を振った円で表され，選手やボールの動きの軌跡は矢印で表される．矢印は，通常の選手の動きの軌跡は実線で，ドリブルしながらの選手の動きの軌跡は波線で，ボールのパス・シュートの軌跡は点線で表される．図は，戦術の時系列上の局面によって，いくつかのコマに分けて表記されるが，このコマの分け方は，戦術の編集機能の段階で，ユーザが自由に設定することもできる．デフォルトでは，ボールを保持する選手が変わった場合に，新たなコマが追加されるようになっている．

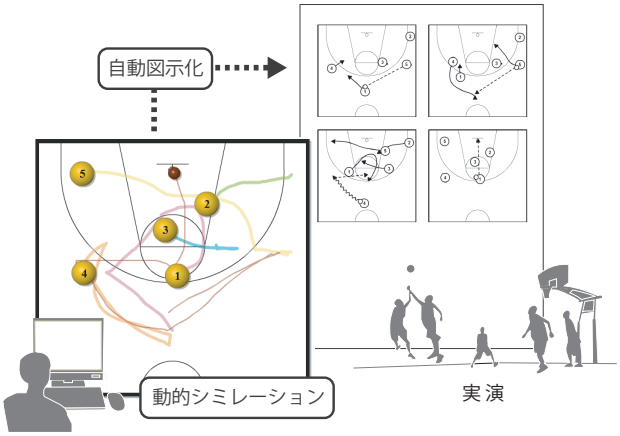


図 2. システムの概念

4　まとめ

本稿では，バスケットボールの戦術のデザインを支援する目的として，戦術の動的シミュレーションと自動図示化を支援するシステムについて示した．

本システムでは，机上のデザインの段階で，動的なシミュレーションが可能にするだけでなく，作成した戦術を記号化した図にし，紙媒体に印刷して練習現場で活用するまでの活動を支援し，机上から実演までのシミュレーションをシームレスに行なうことを目指している．

参考文献

[1] 諏訪 正樹. 「こと」の創造：行為・知覚・自己構築・メタ記述のカップリング. 認知科学 11(1), pp. 23–36. 2004.

[2] ヤーン ケルン (著) など. スポーツの戦術入門. 大修館書店, 1998.

[3] FPDF. http://www.fpdf.org/.

[4] 梅崎 英毅 (著, 監修). 試合に勝つためのバスケット フォーメーション BOOK. 日東書院本社, 2009.

EdgeSonic：視覚障がい者のための画像特徴の可聴化

EdgeSonic: Sonification of Image Features for the Visually Impaired

吉田 翼　木谷 クリス 真実　ベロンジー サージ　シュレイ ケビン*

Summary　本論文では視覚障がい者のための物体形状の可聴化手法として，画像中のエッジとエッジまでの距離の可聴化を提案する．視覚障がい者は外界の物体形状を理解するために触覚を用いる．しかし，印刷された模様や風景など触覚によって認識できない物体も存在する．そこで本研究では，視覚情報を可聴化することで聴覚による物体形状の認識を目指す．提案手法では，画像情報を表示したタッチパネルに指で触れた位置に応じて，画像から抽出したエッジに対する 2 種類の可聴化を行う．エッジ形状を知らせるモードでは，矩形領域内のエッジを，音高と時間的変化にマッピングする．もう一つのモードでは，エッジまでの最短距離を，パルス波の間隔で表現する．本提案手法をタッチパネル式のモバイル端末上に実装し，視覚障がい者による実験を行った結果，エッジの勾配による音の変化によってエッジの形状が容易に認識できることが確認できた．また，距離に応じて変化する音によってエッジの捜索が容易になることも確認できた．

1　はじめに

視覚障がい者は実世界を認識するために，視覚の代替として触覚を用いている．しかし，平面に印刷された模様や風景など，触覚によって認識することが出来ない物体も多く存在する．本研究では触覚で認識できない視覚情報を可聴化することにより，実世界の認識を目指す．提案手法では，画像情報を表示したタッチパネルに指で触れた位置に応じて，エッジ勾配とエッジへの距離情報を可聴化する．

2　関連研究

可聴化の研究は一般的に健常者の視点で行われているが，本論文では視覚障がい者のための可聴化の観点から関連研究を示す．従来手法では概念的な音（言葉）による可聴化が行われている．自動化された物体認識と言葉によるフィードバックを行うシステム LookTel[1] では，認識したい物体の画像をデータベースに保存しておくことで，物体の名称を読み上げることができる．しかし，各物体の識別器の学習と音声ラベルの準備を予め行う必要がある．また VoiceOver(Apple 社) や JAWS(Freedom Scientific 社) では text-to-speech(TTS) システムを利用し，コンピュータ上の文字を音声化する．しかし言語による可聴化には，非言語的な情報を音声化して提示する事が難しいという問題がある．

画像特徴そのものを提示する Ivan ら [2] の研究では色情報を 2 つの基本色に分割し，音色のパラメータ（エンベロープ，波形，周波数）に当てはめて可聴化を行う．また，vOICe[3] は画像全体の輝度情報をサイン波の組み合わせで可聴化する．具体的には画像の輝度値を音の振幅，垂直軸を音高とし，画像全体を水平軸の左から右に 1 列ずつ走査する音を流し続ける．しかし vOICe はグローバルな表現に限定されているため，画像の詳細な情報提示ができない．これに対して，本研究では指で指定した局所領域の可聴化を行う．局所領域を扱う研究としてタッチパネル上の地図情報を可聴化する Timbremap[4] が挙げられる．Timbremap では道を表す線に対する指の接触位置に応じた音を鳴らし，道の発見を補助する．具体的には線の上，左右を示す 3 種類の音の割合によって道の位置を知ることができる．しかし，線上での音は一定であり，線がどの方向に伸びているか理解する事は難しい．一方本研究では局所領域におけるエッジの傾きを可聴化することで，エッジの伸びる方向を知る事ができる．

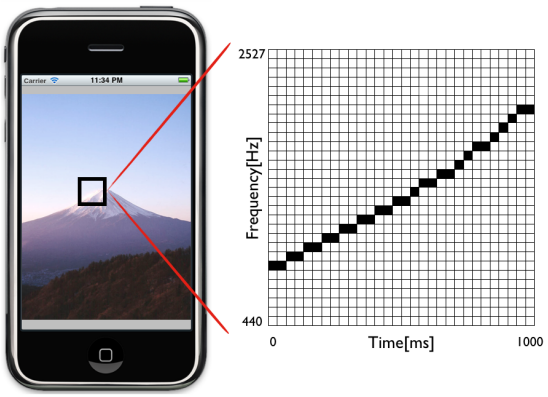


図 1. エッジから音へのマッピング

Copyright is held by the author(s).

* Tsubasa Yoshida and Kris Kitani, University of Electro-Communications; Serge Belongie, University of California at San Diego; Kevin Schlei, University of Wisconsin

(a) (b) (c)

図 2. (a) 元画像,(b) エッジ画像,(c) 距離画像

3 アプローチ

本研究では局所領域の可聴化を行う．視覚障がい者は点字や点図から情報を得る際，指先を利用して詳細情報を得る．同様本研究では指先が触れている画像領域に対して，直感的な局所領域の情報提示を目指す．具体的には撮影物体を認識するためにエッジ勾配を可聴化し，近傍のエッジへの最短距離も音に対応付ける．

3.1 エッジと距離画像の抽出

人は外界から視覚情報を得る際，物体の仮想的な輪郭線を取得し，物体の形状を認識するための重要な情報源としている [5] [6]．そこで本研究では画像からエッジを抽出し，その輪郭線を音で表現する．輪郭線の取得には，画像ノイズにロバストなキャニのエッジ検出 [7] を用いた．また，輪郭線の発見を補助するために，各ピクセルの近傍エッジまでの最短距離を計算した．距離画像の作成には Felzenszwalb の手法 [8] を用いた（図 2）．

3.2 局所特徴の可聴化

指の接触点がエッジ上か否かによる 2 種類のモードで可聴化を行った．エッジ形状を知らせるモードでは，接触点を中心とした矩形領域を水平軸に沿って左から右に走査する音を生成した．この可聴化によって，矩形内でのエッジの形状を表現できる．

もうひとつのモードでは，指の接触点におけるエッジまでの最短距離に応じたパルス波を鳴らす．パルス波の波数は距離を示し，エッジに近づくほどパルスの間隔が短くなる．この可聴化によって，指からエッジまでの距離を表現する．

4 実装

本研究では初歩的な取り組みとして，タッチパネル式のモバイル端末上（iPhone）で画像の可聴化システムを実装した．音色にはサイン波形を用い，エッジの局所的な可聴化には，周波数 440[Hz] から 2527[Hz] の音源を準備した（30 段階，ステップサイズは 1.06 の累乗）．矩形サイズは人差し指で一度に触れることが出来る 30 × 30 ピクセルとした．また, エッジは非常に細く指で補足することが難しいため，エッジの近傍を触れたときには，接触点を最も近いエッジ上の点に近似させた．近似半径は 10 ピクセルとした．

5 考察とまとめ

視覚障がい者による予備実験により，音の変化によるエッジの勾配の認識が容易であることが確認できた．また，学習によって音の変化に従って指をエッジ上に動かすことができることも確認できた．さらに，エッジまでの最短距離の可聴化により，輪郭線の発見を補助することが確認できた．エッジ情報に限らず，距離画像は他の情報（例えばボタンへの距離）を捜索する際にも役立つと考える．一方，エッジを辿る際，指の絶対位置が不明になるという問題があった．そのため，現在指の絶対位置を確認できる可聴化モードの開発に取り組んでいる．エッジを辿りつつ，全体の中での位置を可聴化することにより，輪郭線の認識がより高速に行えると考える．

本論文では視覚障がい者向けの画像情報の可聴化手法として，エッジとエッジまでの距離の可聴化を提案した．モバイル端末上で実験を行った結果，可聴化によってエッジの形状が容易に認識できることが確認できた．今後はより多くの視覚障がい者の方に本システムを使ってもらい改良を進めるため，今回開発したアプリケーションは Apple 社の App Store にて無料配布する予定である．

参考文献

[1] J. Sudol, O. Dialameh, C. Blanchard and T. Dorcey. LookTel: A Comprehensive Platform for Computer-Aided Visual Assistance. In *Proceedings of the Workshop on Computer Vision Applications for the Visually Impaired*, 2008.

[2] K. Ivan and O. Radek. Hybrid Approach to Sonification of Color Images, In *Proceedings of the International Conference on Convergence and Hybrid Information Technology*, 2008.

[3] P.B.L. Meijer. An Experimental System for Auditory Image Representations. In *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*, 1993.

[4] J. Su. Enabling the Visually-Impaired to Use Maps on Touch-Enabled Devices. In *Proceedings of the MOBILECHI*, 2010.

[5] R. L. Gregory. Cognitive Contou. In *Nature, vol 238, pp.51-52*, 1972.

[6] I. Rock and R. Anson. Illusory Contours as the Solution to a Problem. In *Perception, vol.8, pp.665-681*, 1979.

[7] J. Canny. A Computational Approach to Edge Detection. In *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence.*, 1986.

[8] P.F. Felzenszwalb and D.P. Huttenlocher. Distance Transforms of Sampled Functions. In *Cornell Computing and Information Science Technical Report*, 2004.

高速指先トラッキングによる三次元入力／操作システム

3D Input/Operation System based on High Speed Finger Tracking

松谷 淳史　新倉 雄大　廣部 祐樹　渡辺 義浩　小室 孝　石川 正俊

Summary.　本研究では, 携帯機器での使用を想定した指先による三次元入力／操作システムを実装した. 単眼のカメラを用いて指先の三次元位置を認識しシステムへの入力とすることで, カーソルの移動や三次元空間への線の描画, キーの選択といった操作に対応付けている.

提案手法では, 利用開始時において使用者ごとの指先画像をテンプレートとして登録することで個人差を吸収し, 高速カメラを用いたトラッキングによって誤認識を防ぐことで指先の位置を高精度に認識している. これにより, 携帯機器のように手元で操作する装置において, 指先の細かい動きを検出できる. また, 使用者の正しい利用を促すため, 適切なテンプレート登録を誘導する画面と操作空間を意識させる警告画面をデザインした.

1　はじめに

近年, 三次元ディスプレイやヘッドマウントディスプレイといった出力機器の充実や三次元グラフィックス技術の発達により, 人間に提示できる立体感の質が向上している. それに伴い, 使用者が三次元空間において何らかのタスクを行うというシステムの需要が見込まれ, 三次元空間における位置, 姿勢といった情報を入力できるようなユーザーインターフェースが求められている.

ここで, 携帯機器のように手元で操作を行う装置では, 人体の細かい動きと機器の操作を対応させることになり, 手や指先といった人体部位の位置を高精度に認識する手法が必要になると考えられる. この要求を満たすために様々な手法による入力システムが開発されているが, 多くは特定の使用環境, または外部機器を要求しており, 何らかの身体動作を直接の入力とするようなシステムが達成できた場合, ユーザビリティの向上につながる.

そこで我々は, 単眼の高速カメラにより指先をトラッキングすることで指先位置を推定する手法を提案する. 使用者ごとの指先画像をテンプレートとして登録し個人差を吸収するとともに, 通常のフレームレートより速いカメラを用いて安定したトラッキングを可能とすることで, より高い精度でトラッキング部位の位置が認識できる.

そしてこの提案手法を, 携帯機器を想定した機器への三次元での入力, 操作ができるシステムに実装した.

Copyright is held by the author(s).

Atsushi Matsutani, Takehiro Niikura, Yuki Hirobe, Yoshihiro Watanabe, Takashi Komuro and Masatoshi Ishikawa, 東京大学大学院 情報理工学系研究科

2　三次元入力／操作システム

本システムでは, カメラにより認識した指先の三次元位置をシステムへの入力として, カーソルの移動やキーを選択する動作といった機器の操作へ対応付けている.

また, アプリケーション例の一つとして,3D Painter がある. Draw モードでは三次元空間内において指の軌跡に対応した線を直接, 描画できる. View モードでは, 指の上下左右の移動により空間の視点を回転できる.

本システム使用時の外観を図 1 に示す.

図 1. 本システムの外観

本システムは 4.2 インチ USB 接続サブモニタ (Century 社製 LCD-4300U) の下部に焦点距離 1.9mm の広角レンズを取り付けた小型の IEEE1394 カメラ (Point Grey Reseach 社製 Firefly MV) を設置し, 赤外線 LED4 個, 赤外線フィルタ,PC(Intel Core2 Quad Q9650) で構成される.

カメラの取得画像サイズは 752 × 180pixels, 取得レートは 145fps であり, 一般的なカメラの取得レートより速いものになっている.

3 テンプレートマッチングによるトラッキング

携帯機器のように小型ディスプレイの手前で三次元入力を行う場合, 指先位置の高精度な認識が必要となるが, 精度の低下を招く一般的な問題が二つある.

一つめの問題は, 指先には大きさ, 形状などに各使用者の個人差が存在することである. そこで提案手法では, 利用開始時において使用者自身の指先画像をテンプレートとして登録し, 指先に関する個人差を吸収した上で, より精密なマッチングを行っている. また, 指先画像の大きさの相対的な変化を奥行き方向の位置に対応させている.

二つめの問題は, 位置検出の際に対象部位を誤認識し, 別の候補を解としてしまうことである. これに対し提案手法では, 前フレームでの認識結果を利用して指先部位のトラッキングを行うことで, 正確な位置合わせを行っている.

ここで, 本システムのようにカメラとトラッキング部位の距離が近い場合, 通常のカメラではフレーム間におけるトラッキング部位の移動量は大きいものになり, トラッキングが外れやすくなる. そこで, 本システムでは高速カメラを使用し, 指先の動きに対して十分なフレームレートで画像を取得することにより安定したトラッキングを可能にしている.

さらに, トラッキングが外れないように, 使用者に正しい利用を促すための誘導を行っている. 以下に誘導を行うための画面デザインを示す.

3.1 指先シルエットの提示

安定したトラッキングを行うためには, 輪郭が枠内に全て収まるような大きさ, 姿勢の指画像をテンプレートとすることが望ましい. そこでテンプレート登録において, 図 2 のように指先のシルエットに指先画像を合わせる指示を出すことで, 使用者が適切なテンプレート画像を自然に登録できるよう誘導している.

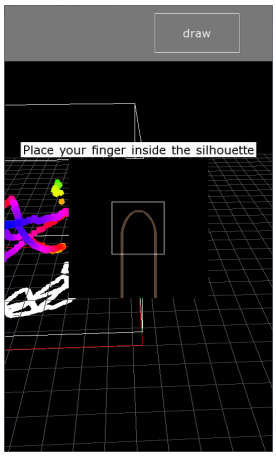


図 2. テンプレート登録時の画面

3.2 操作空間の提示

指先が取得画像内に映っている範囲では, カメラの高速性と前フレームでの認識結果の利用によって安定したトラッキングが可能である.

しかし使用者にはカメラの画角が把握できず, 取得画像に映らない位置に指先を動かしてしまう場合も想定できる. また, 指先がカメラに近すぎる場合, テンプレートとした指の領域のうち取得画像に映らない部分が生じる. これらの場合にはトラッキングが解除されるので, 機器に対して上下左右と奥行き方向に, 指先を動かせる操作空間を設けている.

そして使用者が操作空間を意識できるよう, カーソルが操作空間外に近づいたとき, 図 3 のようにカーソルを黄色に点灯させ警告している.

4 まとめ

本稿では, 指先の三次元位置を入力としたシステムを構成し, 携帯機器での使用を想定した三次元入力／操作システムを実装した.

高精度な指先位置の認識のために, 使用者ごとの指先画像をテンプレートとして登録し, 高速カメラによるトラッキングを用いた. さらに, トラッキングが解除されないように, 使用者に正しい利用を促す, 自然な誘導画面を提示した.

参考文献

[1] Takehiro Niikura et al. In-air Typing Interface for Mobile Devices with Vibration Feedback. In *Proceedings of ACM SIGGRAPH 2010 Emerging Technologies*, 2010.

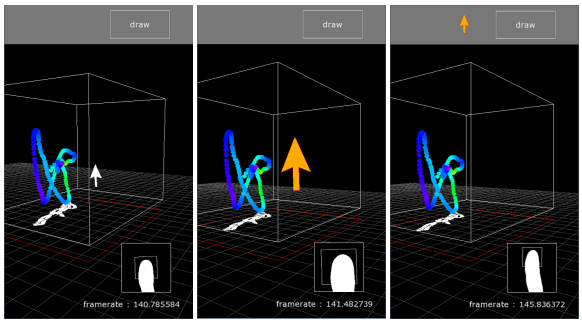


図 3. 操作時のカーソル:(左) 通常時 (中) 指先がカメラに近い時の警告 (右) 指先が操作空間外に近い時の警告

FeliCa の利用履歴を用いた認証システム

User Authentication System using Usage History of FeliCa Card

松村 智彰　清野 祥之　国友 一生　小池 英樹*

Summary.　近年非接触型 IC カードの技術方式である FeliCa を利用したサービスが普及し、その ID を利用した認証が多く利用されている。しかし、ID のみを利用した認証では FeliCa 自体が盗難された場合になりすましの危険性がある。我々は、FeliCa に記録されている利用履歴を用いた個人認証について提案する。FeliCa の中でも特に利用されることが多い Suica 系のサービスには駅の入出場や物販の利用履歴が保存されている。本研究では FeliCa の利用履歴から特徴的なユーザの行動を抽出し、それを利用した認証を実現した。

1　はじめに

近年日本では、FeliCa を利用したサービスが広く普及している。FeliCa とはソニー株式会社が開発した非接触 IC カードの技術方式であり、これを用いることでユーザは様々なサービスを「かざす」だけで利用できる。また、入退室管理システムなどの個人認証システムでも FeliCa が利用され始めている。しかし、FeliCa を用いた個人認証システムでは FeliCa の ID のみを利用した認証が用いられることが多く、FeliCa 自体が盗難された場合になりすましの危険性がある。

なりすましの対策としては、パスワードを利用した個人認証が考えられる。しかし、パスワードの利用には「パスワードを忘れる」、「パスワードが本人の属性情報（生年月日、電話番号など）に関連していて類推される」、「パスワードが更新されない」といった問題がある。

そこで我々はなりすましの対策として FeliCa に記録されている各種のログを認証に利用することを提案する。日常的に利用されている FeliCa からは、駅の利用や物販の履歴などが取得できる場合が多い。そのデータからユーザ本人にしかわからない情報を抽出し、認証に利用することで、なりすましの対策としてパスワードを利用しない個人認証の実現が可能になると考えられる。これは、ユーザの移動や購入というユーザの行動とそれに関する記憶を用いた認証方式である。同様にユーザの行動を元にした個人認証に関連する研究としては、ユーザの位置情報の変化を利用した認証システム「Path-Pass」[2] や、ユーザの生活の履歴を利用した「電子メール履歴認証システム」[1] などがある。

Copyright is held by the author(s).

* Tomoaki Matsumura and Yoshiyuki Seino and Kazuki Kunitomo and Hideki Koike 電気通信大学大学院 情報システム学研究科 情報メディアシステム学専攻

2　認証システム

我々は提案した認証手法を実現するために、タッチされた FeliCa カードの利用履歴を読み取り認証問題を生成するシステムを開発した。このシステムの個人認証の流れを以下に示す。

1. ユーザはクライアントマシンに FeliCa をタッチ。
2. クライアントマシンは読み取った履歴データを解析しサーバへ転送。
3. サーバは履歴データを保存。
4. クライアントマシンは認証に必要な情報をサーバから取得。
5. クライアントマシンは画面上に認証問題を生成・表示。

開発したシステムの構成を図 1 に示す。FeliCa から取得するデータについては 3 章に、認証手法については 4 章に示す。

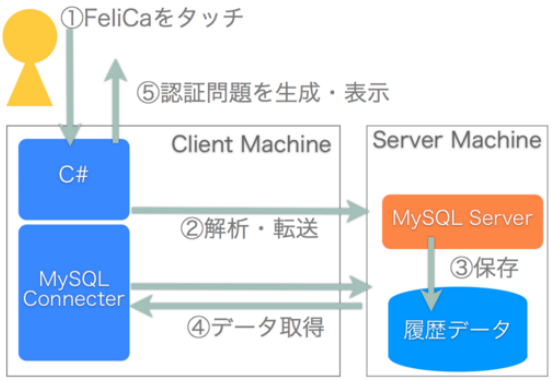


図 1. システム構成

3　利用するデータ

本研究では FeliCa の中でも利用者が多い Suica などの交通系カードの利用履歴を用いる。交通系カー

ドにはSuica、モバイルSuica、PASMO、ICOCA、PiTaPa、TOICAなどがある。これらのシステム・製品名は各社の商標または登録商標てある。交通系カードから取得できるデータとしては、属性情報、利用履歴、改札入出場履歴がある。今回の認証では以下の2種類の履歴情報を利用する。

利用履歴
物販や電車移動の利用履歴が最大20件記録されている。電車利用の場合は、入場駅・出場駅と利用した日付・残高などが記録されている。

改札入出場履歴
電車移動の際の駅の改札の利用に関する履歴が最大3件記録されている。利用履歴と比べ、駅を利用した場合の詳細な時刻が含まれている。

4 認証手法

本研究で提案する認証手法では、3章に示した履歴の中から、ライフログとして扱いやすい利用履歴と駅改札入出場履歴を利用する。それらを利用した認証として、3種類の認証方法を提案する。

4.1 最後に入場した駅認証

改札入出場履歴3件には最後の移動で利用した駅の入出場の情報が含まれている。最も単純な認証として、その駅名を回答する方法を提案する。最後に出場した駅を回答する場合、認証を実際に行う地点に近い駅が正解となってしまう可能性が高い。そのため、最後に入場した駅を正解データとする問題を生成する。不正解の選択肢としてのダミーデータには日本全国の駅一覧からランダムに取得したものと、ユーザ毎の駅の利用頻度から取得したものを組み合わせて利用している。また、ヒントとしてユーザには利用日時を提示する。正解とダミーをランダムに並べ、その中からユーザが正しいと思う駅を選択することで認証を行う。

4.2 利用頻度が低い駅認証

利用履歴には移動の際に利用した駅のデータが含まれている。普段から利用している（利用頻度が高い）駅は他者から類推される可能性が高い。逆に利用頻度が低ければ、他者から類推される可能性は低くなると考え、利用頻度が低い駅名を回答する認証手法を提案する。

FeliCaに保存されている履歴の件数には制限があり、一回に取得できる利用履歴だけでは十分な精度の利用頻度が生成できない。これを防ぐためには、過去の利用履歴を保存し、その上で利用頻度を生成する必要がある。そこで、FeliCaを認証する際に利用履歴をユーザ毎に保存し、一定の期間内の利用履歴に対して利用頻度を生成する。利用頻度が低く利用時刻からの時間経過が小さい駅を正解とする。ヒントとしてユーザには利用日を提示している。また、ダミーデータにはユーザ毎の駅の利用頻度から利用頻度の高い駅を複数取得し利用する。正解とダミーをランダムに並べ、その中からユーザが正しいと思う駅を選択することで認証を行う。

4.3 利用した時刻認証

改札入出場履歴3件には、改札を利用した詳細な時刻が記録されている。また、利用履歴20件には物販利用などで詳細な時刻が記録されている場合がある。改札入出場履歴と利用履歴に含まれる時間情報の中で、比較的新しい利用時刻をユーザが回答するという認証手法を提案する。

最新の利用時刻を正解データとする場合は、ユーザの最新の利用の種類を考慮する必要がある。電車移動の場合は、改札入出場履歴に必ず時刻が記録されている。一方、物販の場合は、利用履歴の中に詳細な時刻が記録されている場合がある。また、利用がそれ以外の場合（チャージなど）は、必ずしも詳細な時刻が記録されているとは限らない。それらの利用履歴を比較し、その中から最新の利用時刻を抽出し認証に利用する。ユーザの利用の詳細（例：西調布駅を出た）を表示し、ユーザがその利用時刻を入力することで認証を行う。

5 まとめ

本論文では、FeliCaの利用履歴を用いた認証手法について提案し開発を行った。今回は交通系カードのみを対象に開発を行ったが、電子マネー系カードの履歴の利用も有効だと考えられる。また、今回はFeliCaから得られるデータのみを利用しているが、それ以外のライフログを組み合わせた認証も考えられる。特に様々なWebサービスから得られるライフログと実生活から得られるライフログの組み合わせが有効だと考えられる。例えば、Twitterなどのマイクロブログサービスや、検索履歴、写真、メール、日記などの利用が考えられる。これらの手法を取り入れつつ、より多くの実験と認証の改良を行い、効果的な個人認証の実現を目指す。

参考文献

[1] 西垣 正勝, 小池 誠. ユーザの生活履歴を用いた認証方式—電子メール履歴認証システム. 情報処理学会論文誌, 47(3):945–956, Mar 2006.

[2] 石原雄貴, 小池英樹. Path-Pass:位置情報を 用いた認証システム. *Computer Security Symposium 2006 (CSS2006)*, pp. 537–542, 2006.

くちびるによるゲームインタフェース

Game Interface by the Lip

竹山 峻平　　佐藤 俊樹　　野嶋 琢也*

Summary.　母音発声時の口唇形状は古くからインタフェースとして着目されており，その認識・応用手法について研究がなされてきた．しかしその多くは福祉を念頭においた発話認識や機器操作のためのインタフェースであり，エンタテインメントへの利用は少ない．人間は幼児期より，唇を発話のみならず食事や感情表現など様々な場面で動かしており，その形状の自由度は極めて高いと考えられる．そこで本研究では，任意の口唇形状を，エンタテインメントのためのインタフェースとして利用することを目指す．本発表ではまず口唇の開閉をインタフェースとして作成したエンタテインメントシステムについて報告する．

1　はじめに

人の口唇形状，なかでも母音発生時の口唇形状をインタフェースとして活用する研究は古くから行われてきた [1][2]．母音発生時のおよそ 5 種類の口唇形状は，特段の訓練を要することなく再現が可能であり，操作に手足を用いる必要がないという特徴から，特に四肢に障がいを抱える人に対する支援装置のインタフェースとして注目されている．しかし人間の口唇形状はおよそ 5 種類の母音発声時の形状以外にも，たとえば口を尖らせる，唇を薄く変形させるいわゆるアヒル口など，多くのバリエーションが存在する．これらの口唇形状は食事や感情表現など日常的に活用されるものであり，多くの人間は訓練なしに利用できると考えられる．また，口唇形状は多くの場合日常生活における様々なシチュエーションと密接に関連しているという特徴がある．例えば口の開閉はものを食べるという動作，尖らせた唇は，不満の表明，あるいはコミカルな形での接吻の要求，といった関連づけが可能であると考えられる．そこで本研究では，口唇形状の高い自由度を利用した入力インタフェース，および特定の口唇形状に関連するシチュエーションを活用することによる，エンタテインメントシステムの開発を目指す [3]．

本発表ではまず口の開閉動作と食事行為を関連させた，”パクつくライフ ”というエンタテインメントシステムを試作したので，それについて紹介する．

2　試作システム

2.1　口唇形状を利用したゲーム：「パクつくライフ」

今回我々は，食事の際の口唇動作，すなわち開ける・閉じるの二つの動作に注目したゲーム“ パクつくライフ ”を制作した（図 1）．本ゲームは，金魚が餌を食べる行動をモチーフとしたものである．図 1 画面上にはプレーヤの位置を示す口の映像と，色分けされた餌が表示されている．プレーヤは金魚の立場になり，連続的に投下される餌を食べるゲームとなっている．プレーヤは口唇位置を移動させることで，画面上に表示された口の画像の位置を制御する．そして口の画像を餌に重ねた状態で口を開閉させることで，画面内に表示された餌を「食べる」ことが可能となる．本ゲームでは，所定の制限時間内に「食べる」ことのできた餌の数や種類に応じた得点が得られるようになっており，取得できた点数を競うゲームとなっている．

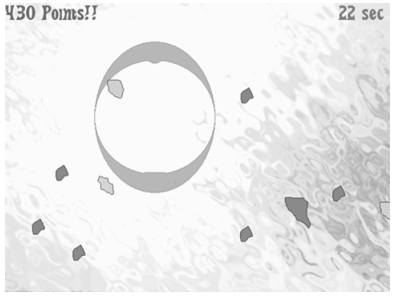


図 1. ゲーム画面

2.2　システム概要

本システムはカメラ (プリンストンテクノロジー社 (株)，PWC-130IS，130 万画素)，PC(IBM 社，ThinkPad T500)，ディスプレイ ((株) アドテック社，AD-AA19Z，19inch) から構成されている．本システムでは，ユーザの約 60cm 前方に設置されたカメラでユーザの顔周辺の画像を撮影し，その画像に対して口唇形状・位置判定処理を行っている．その結果得られた利用者の口唇形状および位置情報をゲームへの入力として利用している．次節では口唇形状・位置判定の手法について詳細を述べる．

Copyright is held by the author(s).

* Shumpei Takeyama, Toshiki Sato and Takuya Nojima, 電気通信大学大学院情報システム学研究科

図 2. 口唇検出対象領域

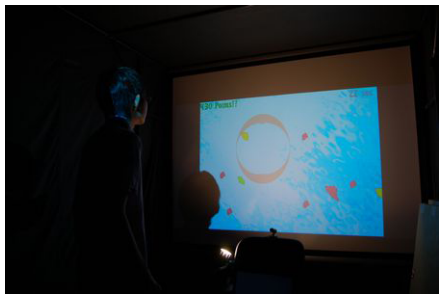


図 3. 大画面での試遊風景

2.3 口唇形状・位置判定

本システムでは口唇検出手法として，テンプレートマッチングを用いている．ただし，テンプレートマッチングのみでは誤検出の可能性が高いことから，顔画像認識を併用して，テンプレートマッチングを適用する領域を，顔の下半分に制限している．なお，今回構築したシステムではゲーム画面が表示されるディスプレイのサイズも小さく，着座での利用を前提としている．そのため，カメラに対して顔の位置はあまり移動しないという仮定をおき，顔画像認識によるマッチング領域の制限はゲーム開始時の 1 度のみ実行することとした．マッチング領域の設定後，所定の口唇検出対象領域（図 2）において，開口／閉口画像それぞれによるテンプレートマッチングを行う．これにより，それぞれのテンプレート画像とカメラ画像との最大類似度，および最大類似度をとる画像領域の座標が得られる．そして開口画像を利用した場合の類似度，および閉口画像を利用した場合の類似度とを比較することにより，開口状態か閉口状態かの判定を行っている．そして採用された状態の画像位置を，唇の位置として利用している．ただし，1 フレームのみの判定では語検出の可能性が高いことから，直近の数フレームを比較し，同判定が連続していた場合のみ判定を確定することでその検出精度を高めている．

3 考察

本システムでは，口の位置ならびに開閉動作がそのままゲームの操作入力となっており，直感的で理解しやすいゲームを実現することができた．一方，今回構築したシステムでは，ユーザは着座することが前提となっている．腰の部分が固定されているためか，特に画面周辺の餌を食べに行く際には，顔の向きを変えて食べに行く傾向が見られた．今回構築したシステムではテンプレートマッチングを利用していることから，顔の向きが変化した場合には認識精度が悪化するという問題が発生する．そのため今後は，唇の認識に色情報を利用するといった認識手法の改善，あるいは人間の身体運動能力を考慮して，ターゲットとなるえさの発生場所を制御するといったコンテンツ上の改善が必要であると考えられる．

また，今回は小型の卓上ディスプレイ利用しており，かつユーザが着座していることを前提としてシステムの構築を行っている．そのため，ユーザの動き大きく制限されるという問題があることがわかった．しかし本研究では唇をゲームの入力インタフェースに利用していることから，画面を大型化することで自然な形で身体運動を誘発し，ゲームのエンタテインメント性を向上することが可能になると考えられる．そこで試験的に 100 インチのプロジェクタにゲーム画面を投影し，実際に試遊してみた（図 3）ところ，自然な形で全身運動が誘発される傾向が確認された．将来的には画面の大型化，および唇認識精度の向上により，多人数向けのアクティブなエンタテインメントシステムとして構成可能であると考えられる．

4 おわりに

本論文では，口唇の開閉動作ならびにその位置に着目したエンタテインメントの提案を行った．具体的には口唇の開閉動作ならびに位置の認識が可能なシステムを構築し，画面上に投下された餌を自らの口の動作をつかって食べるゲーム，“ パクつくライフ ”を試作した．今後は認識精度・速度の向上を目指すとともに，より柔軟な形状認識やダイナミックな動きが可能なシステムの構築を目指す．

参考文献

[1] 加藤 友哉, 斎藤 剛史, 小西 亮介. リアルタイム口部形状認識を利用した意思伝達システム. 電子情報通信学会技術研究報告. TL, 思考と言語, 107(433), pp.99-104, 2008.

[2] M.J. Lyons, C. Chan, and N. Tetsutani. Mouthtype: Text Entry by Hand and Mouth. In *Proc. Conference on Human Factors in Computing Systems*, pp.1383-1386, 2004.

[3] 竹山 峻平, 佐藤 俊樹, 野嶋 琢也. くちびるエンタテインメント. 情報処理学会研究報告. EC, エンタテインメントコンピューティング, 2010.

直感的で正確な自由視点映像撮影インタフェースの開発

A 3D Free-Viewpoint Video Capturing Interface

渡邊 哲哉　　北原 格　　亀田 能成　　大田 友一*

Summary.

本稿では，快適な自由視点映像の撮影を目的とした，仮想カメラの操作インタフェースを提案する．提案インタフェースでは，３次元位置センサを用いて，人間の身体動作による直感的かつ正確な仮想カメラの位置・姿勢の入力が可能である．直感的な操作を行うために，撮影対象と仮想カメラの相対的な位置関係の把握を容易にするフィールドを上空から俯瞰した“ フィールド俯瞰映像 ”を提示する．さらに，正確な操作を実現するために，フィールド俯瞰映像に選手やボールの位置，チームの情報などのシーンのコンテキスト情報を四角形や円形のオブジェクトアイコンで提示する．これらのオブジェクトによりユーザは仮想空間の状況を容易に把握することが可能となる．また，オブジェクトアイコンの上に３次元位置センサのマーカをかざすという簡単な操作で注目対象を追跡することが可能となる．

1　はじめに

コンピュータの処理能力や映像機器の高性能化に伴い，視聴者が自由に視点を操作することができる自由視点映像に関する研究が盛んに行われている [1][2]．特に，サッカースタジアムのような大規模空間を対象としたシーンでは，ピッチ上からの選手視点や，上空から試合を俯瞰したような映像を生成・提示することができる特徴を活用することにより，次世代の映像メディアとして期待されている [3][4]．

これまで，任意視点からの映像を生成する技術に注目が集まる一方で，自由視点映像鑑賞時における仮想カメラの制御方法についてはあまり議論がされていない．自由視点映像では，視聴者が自身が好みの視点からの映像を再現できる．これはすなわち，視聴者自身が視聴者であると同時に撮影者であるということを示している．そのため，自由視点映像を撮影する際には，視聴を妨げることなく直感的に仮想カメラを操作できる必要がある．また，サッカーのように状況が絶えず変化するような撮影対象においては，正確な操作が必要になる．

本稿で提案するインタフェースでは,“ 仮想カメラの位置 ”と“ ユーザが注目したい位置 ”の３次元位置を両手を用いて独立して入力することにより，直感的かつ正確な仮想カメラの操作を実現する．以下ではそれぞれを仮想カメラの視点位置，注視点位置と呼ぶことにする．また，操作空間の下から被写体となるサッカーシーンを上空から俯瞰した“ フィールド俯瞰映像 ”を提示することにより，視聴者がシーンの状況や仮想カメラの位置・姿勢を簡単に把握することが可能である．

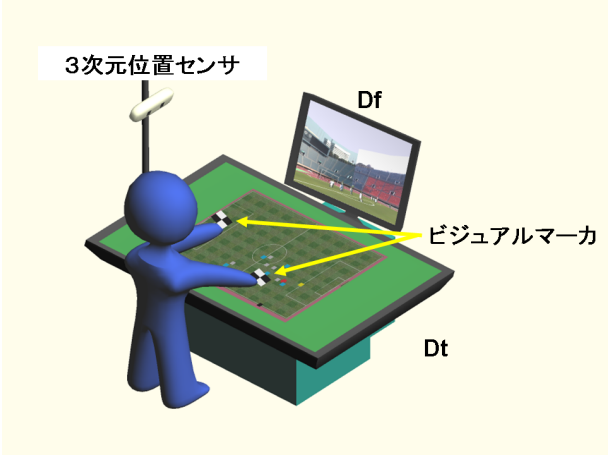


図 1. 自由視点映像撮影インタフェース

2　提案する自由視点映像撮影方式

提案インタフェースの構成を図 1 に示す．提案インタフェースは２つのディスプレイとビジュアルマーカを用いた３次元位置センサで構成されている．ユーザに対面しているディスプレイ D_f には仮想カメラで撮影した図２のような自由視点映像が提示され，机上に置かれたディスプレイ D_t には図３のように撮影シーンの概観が把握できるような，フィールド面を上空から俯瞰した映像が提示される (以後フィールド俯瞰映像と呼ぶ)．ユーザはこのフィールド俯瞰映像と自身の両手に持った３次元位置センサのマーカ (３次元マーカ) との相対的な位置関係を手掛かりに，仮想カメラの視点位置や注視点位置を操作する．

Copyright is held by the author(s).

* Tetsuya Watanabe, Itaru Kitahara, Yoshinari Kameda and Yuichi Ohta 筑波大学大学院システム情報工学研究科 知能機能システム専攻 画像情報研究室

図 2. 撮影した自由視点映像の例

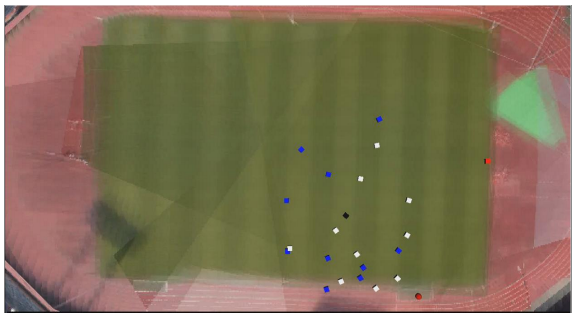


図 3. フィールド俯瞰映像

ユーザは仮想カメラの視点と注視点の３次元位置を独立に指定する．これらを同時に計測し，視点位置マーカの３次元位置から“ 仮想カメラの位置 ”，視点位置マーカと注視点位置マーカを結ぶベクトルから“ 仮想カメラの姿勢 ”を決定する．人間の器用な手を有効に活用することにより，サッカーのように注視点位置が複雑に移動するようなシーンにおいても円滑な撮影が可能となる．

上述した手法により，仮想カメラと被写体であるフィールド面との幾何学的な関係の把握は可能になるが，仮想世界で起こっているイベントに関する情報がなければ，ユーザはどこに仮想カメラを向ければ好みの映像を得ることができるかがわかりにくい．そこでフィールド俯瞰映像に撮影シーンのコンテキスト情報を伝える機能を付与する．フィールド俯瞰映像に選手の位置やボールの位置情報を図３のように四角形や円形の色分けされたオブジェクトで提示することにより，ユーザがシーンの情報を簡単に理解できるようにする．また，これらのコンテキスト情報を提示することによって，ユーザは注目したいオブジェクトの上に注視点を操作するマーカをスライドさせるという簡単な操作によって注目対象を捉えることが可能となる．図４は実際に実装したインタフェースの全体図である．

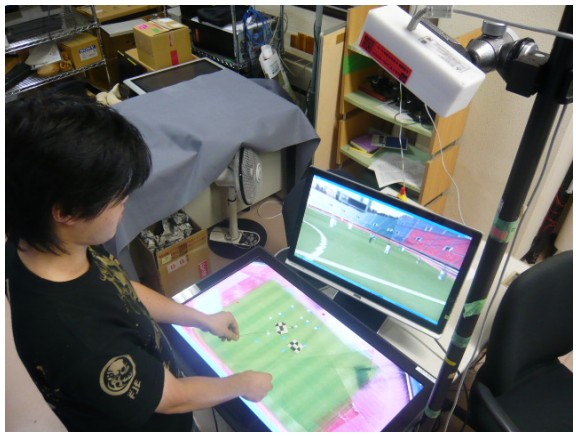


図 4. インタフェースの全体図

3 まとめ

快適な自由視点映像撮影の実現を目的とした，自由視点映像撮影用の仮想カメラの制御インタフェースの開発を行った．特に，人間の身体動作を用いて直感的かつ正確に仮想カメラの位置･姿勢を入力する方式に注目した．また，上空から俯瞰したフィールド俯瞰映像にシーンのコンテキスト情報を付与することにより，仮想空間上の状況把握を容易にすると共に，直感的に仮想カメラを操作できるようにした．

実装したインタフェースを用いたアンケート調査をしたところ，ほとんどの被験者から既存の手法であるマウスインタフェースよりも直感的に操作することが可能であるというコメントを得られた．

参考文献

[1] T.Kanade,P.Rander,P.J.Narayanan,”Virtualized Reality: Constructing Virtual Worlds from Real Scenes”,IEEE Multimedia 1997,Vol.4,No1,pp.34-47

[2] T.Koyama, I.Kitahara and Y.Ohta,“ Live Mixed-Reality 3D Video in Soccer Stadium, ” ISMAR2003, pp.167-178.

[3] N.Kasuya, I,Kitahara, Y.Kameda and Y.Ohta, “ Automatic Player’s View Generation of Real Soccer Scenes based-on Trajectory Tracking ” 3DTV Conference 2009, pp. 4, 2009

[4] 稲本奈穂，斉藤英雄,“ 多視点スポーツ映像からの自由視点映像合成と提示 ”, 電子情報通信学会論文誌 D-II，Vol.J88-D-II，No.8，pp.1693-1701,2005

Ceiling Bots:ロボットを用いた天井上のオブジェクト移動システム

Ceiling Bots , Moving Object System Using Robot on Ceiling

小林大将　　佐藤俊樹　　小池英樹*

Summary. 本研究では天井を利用したインタフェース「Ceiling Bots」の提案を行う．テーブル，壁，床を対象としたインタフェースはあるが，天井を用いたインタフェースの研究はあまり行われていない．また天井に設置されたオブジェクトは静的なもので，動的に動くということはない．Ceiling Bots は，天井の静的なオブジェクトを動的なものにすることを可能にする．今回，Ceiling Bots の実現として，プロトタイプシステムを構築及び，プロトタイプシステムを用いた照明システムの実装を行ったので報告する．

1　はじめに

これまでの研究において，テーブルを拡張したテーブルトップシステム [1] や，壁を拡張したシステム [2] など，多くのシステムが提案されて来ている．一方でテーブル，壁や床を対象とした研究がされてきているなか，天井を対象としたインタフェースの研究は少ない．天井を利用したインタフェースの研究においても，天井そのものに情報を提示するシステムや，天井から情報をユーザに提示するといったシステム [3] が多い．天井は壁や床と同様に，室内空間を構成するサーフェイスの一部である．しかし壁や床と違い，日常生活にて手が届かない位置にあるため，その用途は照明や空調，監視カメラなどを設置するスペースに限られている．一方で，天井は床や壁と違い，日常生活上において大型の家具が設置されることは少なく，使用できる面が広い，人の動線を気にしなくても良いというメリットがある．そのため，ロボット技術や画像処理技術などにより拡張することで，天井は壁や床，テーブルなどと同様に我々の生活を助ける，より便利なインタラクティブサーフェイスになり得ると考える．

天井の最大の特徴としては，ユーザの手が届かず，天井のオブジェクトは静的なものに限られるという点が挙げられる．天井に設置してある静的なオブジェクトを天井から切り離すことで，動的なものに変え，自由に動かすことが可能となれば，より自由度の高い部屋の模様替えや，一台の監視カメラで広い範囲を監視する，などの事が可能になる．

そこで本研究ではこれらを実現点するシステム「Ceiling Bots」を提案する．

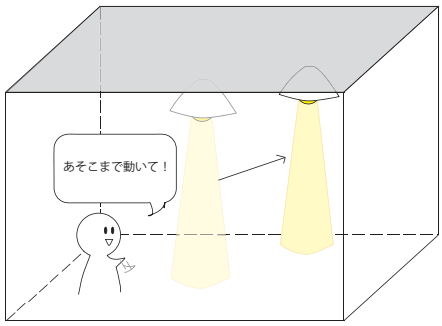


図 1. Ceiling Bots のコンセプト：ユーザの指示によって，指定された位置へオブジェクト（照明）が移動する．

2　Ceiling Bots

Ceiling Bots のコンセプト (図 1) は，天井に配置された”静的”なオブジェクトの”動的”なオブジェクト化である．このコンセプトを実現するためには，２つの技術的課題が挙げられる．一つは，天井に設置してあるオブジェクトには，床と違い，接地しているサーフェイスとは反対の向きに重力がかかる．オブジェクトは，この重力に逆らいつつ，自由に動く必要がある．また壁や床とは違い，天井は手が届かない位置にあるサーフェイスである．それゆえ二つめの課題として，手が届かない場所に対する非接触なインタラクション手法が必要となる．

一つめの課題に対しては，図 2 のように天井裏にロボットを設置し，磁石の磁力を用いてオブジェクトを固定する．二つめの課題に対しては，カメラベースのジェスチャ認識を用いて，非接触入力を実現する．今回は一つめの課題に対して，まず解決するべくロボットの実装を主として実装を行った．

2.1　実装

今回作成した，プロトタイプシステムの外観を図 3 に示す．本システムは，小型ロボット，PC，カメ

Copyright is held by the author(s).

* Daisuke Kobayashi, Toshiki Satou and Hideki Koike 電気通信大学大学院 情報システム学研究科 情報メディアシステム学専攻

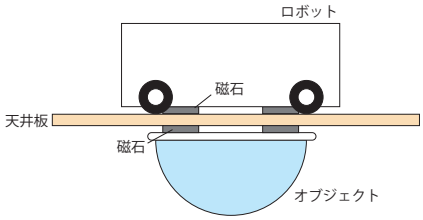


図 2. 動的なオブジェクトの実現

図 3. プロトタイプシステムの外観

ラ，電池駆動の小型の照明器具から構成される．小型ロボット・照明器具には，Arduino と Xbee が搭載されており，PC と無線通信を行い動作を行う．また小型ロボットと照明器具にはネオジム磁石が取り付けられており，この磁石の磁力によって照明器具は，小型ロボットに追従して天井を移動することができる．照明器具には AR マーカが取り付けられており，室内に設置したカメラにて照明器具及び小型ロボットの位置を検出する．照明器具は磁石を用いて取り付けるというシンプルな構造であるため，照明器具に限らず，小型のプロジェクタやカメラなども取り付けることを可能とした．

3 アプリケーション案

本章では，実装するアプリケーションについて取り上げる．Ceiling Bots のアプリケーションとして，照明コントローラを実装した．照明を点灯させるだけでなく，手を用いたジェスチャ入力にて，天井に設置された照明を移動させたり，点灯させることが可能とした．

将来的に Ceiling Bots を用いることで，オーバーヘッドカメラを用いたシステムに生じることが多い，オクルージョン問題について解決することができると考えられる．本システムを用いることで，オクルージョンの発生しない位置にカメラが自動的に移動することが可能になり，カメラを動的に動かすことで，複数台のカメラを設置しなければ解決できなかった問題が，一台のカメラのみで解決することできる．またオブジェクトとしてプロジェクタを設置することで，任意の位置をスクリーンとして情報を映しだすことが可能になる．

4 まとめと今後の展望

本稿では，天井に注目し，照明などの静的なオブジェクトを操作するためのシステムとして,「Ceiling Bots」を提案した．天井裏に小型ロボットを配置し，ロボットを異動させることで天井に設置した照明を移動させることを可能にし，そのアプリケーションとして，簡単な照明コントローラを提案した．

現状の問題点としては，天井に取り付けるオブジェクトの重量，配線，天井裏に設置しているロボットの制御である．オブジェクトの重量問題は，天井板を介してロボットとオブジェクトが磁力によって固定されているため，取り付けられるオブジェクトは軽いものと限られている．この問題を解決するためには， 磁石をより大きなものにする，取り付けるオブジェクトの軽量化が考えられる．また天井に設置してあるカメラやプロジェクタをオブジェクトとする場合，配線がどうしてもネックとなる．しかし，近年無線式のカメラが市場に出回りつつあるように，将来的に，すべての電子機器の配線は無線化が可能になると我々は考えている．ロボット制御については，天井裏のロボットは，天井下のカメラから直接的に位置を知ることはできない．しかし，オブジェクトに対して一台のロボットを割り当てることで，ロボットの位置と向きは，オブジェクトの位置と向きを用いることで，ロボットのナビゲーションが可能になると考えている．

今後としては，オブジェクト本体もロボット化によるオブジェクトの高機能化行ったり，天井だけでなく壁や床について適応させることを考えている．また，今回はロボットの実装を主として行ったため，引き続き，第二の技術的課題であるジェスチャ認識を用いた非接触インタラクションの実装を試みる．

参考文献

[1] 間宮暖子, 佐藤俊樹, 福地健太郎, 小池英樹, 指の開閉動作を用いた多人数向けテーブルトップエンタテイメントシステムの実装, 第 15 回インタラクティブシステムとソフトウェアに関するワークショップ (WISS2007) 論文集,pp.53-58,2007.

[2] B.Yoo, *et al.* , 3D User Interface Combining Gaze and Hand Gestures for Large-Scale Display, CHI2010:Work-in-progress,pp.3709-3714,2010.

[3] 石井陽子, 落合慶広, 東野豪, 情報を降らせるインタフェース,2005 年電子情報通信学会総合大会,pp-276, 2005.

GummiPIANO-マルチタッチオーディオインタフェース-

GummiPIANO-multi-Touch audio interface-

吉田 愛美　　吉田　翼　　佐藤 俊樹　　小池 英樹*

Summary.　鍵盤楽器のインタフェースにはいくつかの問題点が考えられる．アルペジオのような離散的に音を変化させる機能と比べ，連続的な音の変化に対応する機能が少ない．さらに，パラメータの制御が複雑であり，操作が難しい．そこで本研究では，これらの問題を解決するためのインタフェースとしてGummiPIANO を提案する．

1　はじめに

本論文では，直感的に操作できるタッチベースのインタフェース GummiPIANO を紹介する．

鍵盤楽器のインタフェースにはいくつかの問題点が考えられる．既存の鍵盤楽器には，離散的に音を変化させる機能に比べて，連続的な音の変化に対応する機能が少ない．GummiPIANO は，ディスプレイ上に表示した鍵盤によって，従来の鍵盤よりも鍵盤境界がなめらかであるため，連続的な音の変化に特化させることができる．

さらに，既存の鍵盤楽器は，パラメータの制御が複雑であり，操作が難しい．しかし，より豊かな音楽表現を行うにはパラメータ数が増える．GummiPIANO は，２次元方向だけでなく，奥行き方向への押し込むといったインタラクションにより，１本の指で複数のパラメータ操作をすることができる．また，マルチタッチ操作により，より多数のパラメータを同時に操作することができる．本研究では，既存の鍵盤楽器の問題を解決するためのインタフェースを提案する．

2　関連研究

テーブルトップシステムにおけるオーディオインタフェースの研究は，Sergi らの reacTable[1]，Patten らの Audiopad[2] が挙げられる．reacTable は，オブジェクトを置く，移動させる，回転させるといったタンジブルインタラクションに加えて、テーブル面で指をすべらせるといったタッチインタラクションも可能である．Audiopad は，オブジェクトを置く，動かす，くっつける，離すといったタンジブルインタラクションを用いている．これらの関連研究は，タンジブルオブジェクトを用いることで，機械的な選択が解決されたと考えられる．しかし，パラメータの制御が複雑になり，操作は難しいままである．

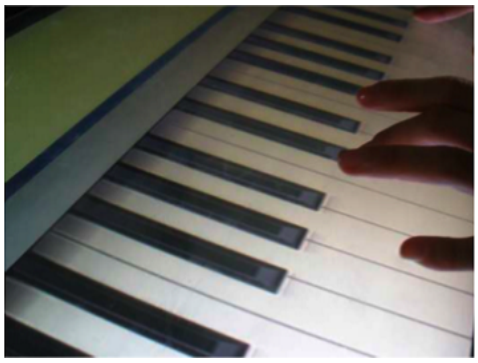


図 1. GummiPIANO の外観

3　システム構成

3.1　ハードウェア構成

GummiPIANO は，透明弾性体を用いたテーブルトップシステムである．テーブルトップの表面や弾性オブジェクトへの接触判定には佐藤らの PhotoelasticTouch [3] を用いている．

3.2　ソフトウェア構成

認識処理には佐藤らの PhotoelasticTouch の認識手法を用い，音響処理には ChucK を開発言語として用いた．PhotoelasticTouch の認識処理によって，接触箇所の２次元位置，圧力，圧力の方向を取得する．それらのデータを同じ PC 内で動作している ChucK に，OSC(Open Sound Controller) という通信プロトコルを用いて送信している．

4　アプリケーション

GummiPIANO は，ディスプレイに鍵盤の表示をしている（図１）．また，GummiPIANO の UI デザインを図２に示す．

Copyright is held by the author(s).

* Ami Yoshida, Tsubasa Yoshida, Toshiki Sato and Hideki Koike 電気通信大学大学院 情報システム学研究科 情報メディアシステム学専攻

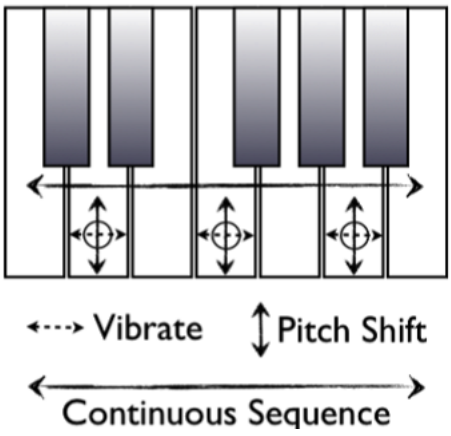


図 2. GummiPIANO の UI デザイン

4.1 音の変化

鍵盤の演奏方法として，アルペジオといった離散的な出力があげられる．この GummiPIANO は，テーブル表面を用いて鍵盤を表示しており，従来の鍵盤よりも鍵盤境界がなめらかであるため，離散的な音の変化だけではなく，連続的な音の変化に特化している．

連続的な音程の変化において，上下 1 オクターブ変化させることができる．1 番高い音から一番低い音までを連続的に弾くことで，サイレン音のような表現が可能である．また，トリルも，連続的な音程の変化によって表現が可能である．しかし，テンポによってはかなり早い動作が求められるため，制限されることが多い．そのため，鍵盤と鍵盤の境界を弾くことで，簡単に表現することが可能である．

4.2 パラメータ操作

位置と圧力，圧力の方向をそれぞれピッチ，音量，ピッチシフトとビブラートに割り当てている．2次元方向だけでなく，奥行き方向への押し込むといったインタラクションにより，1 本の指で複数の音響エフェクトパラメータを操作することができる．そして，マルチタッチ操作により，より多数のパラメータを同時に操作することが可能である．

弾性体が押された場所によってピッチが変化する．ピッチは，弾性体を指で押したときの指周辺の二次元位置を調べることで，位置変化を検出している．位置データは，従来のピアノと同様にピッチに割り当てている．位置をピッチに割り当てることは，自然である．

また，弾性体を押し込むことにより，音量を変化させることができる．音量は，弾性体を押し込んだときの，指周辺の面積変化を調べることで，圧力変化を検出している．圧力データ，つまり押し込む力の強さを音量に割り当てることにより，ボタンで操作するより直感的な操作ができる．

それから，弾性体上で指を前後に動かすと，ピッチシフト機能として操作できる．また，弾性体上で指を左右に動かすとビブラート機能として操作できる．これらの機能は，弾性体を指で前後左右に動かしたときの，圧力の方向を検出している．従来のビブラート機能やピッチシフト機能は，ホイールやボタン，つまみなどでかかり具合を調整をしている．ビブラートは，ピッチを保ちながら，音の高さを揺らす機能であるため，この現象と視覚的な指の左右動作を対応させることは可能である．また，ピッチシフトは，原音からオクターブの上げ下げするという機能であるため，この現象と視覚的な指の前後動作は対応している．

5 考察

鍵盤を弾く際，演奏中は両手とも鍵盤に向かうか，または，右手が鍵盤，左手がホイールやつまみを調整するという操作に制限される．上下 1 オクターブ変化させるためには，片手で音程を，もう一方の手でピッチベンダを操作しなければならない．しかし，GummiPIANO では，この操作を片手だけで表現することが可能になった．また，既存のビブラート機能では，弾いている鍵盤すべての音にビブラートがかかってしまう．しかし，GummiPIANO では，一音一音にビブラートをかけること，また，両手でビブラートをかけながら演奏することが可能になった．したがって，右手が鍵盤，左手がホイールやつまみを操作するという制限をとりはらうことができた．そのため，より豊かな音楽表現を行うことが可能になると考えられる．

6 まとめ

鍵盤楽器のインタフェースにはいくつかの問題点が考えられる．本研究では，その問題を解決するためのインタフェースとして GummiPIANO を提案した．今後の課題として，機械的な音色の選択を，タンジブルオブジェクトを用いたインタフェースの実装や，ユーザ評価を行う予定である．

参考文献

[1] S. Jorda, G. Geiger, M. Alonso, and M. Kaltenbrunner. The reacTable:*Exploring the Synergy between Live Music Performance and Tabletop Tangible Interfaces*, TEI'07

[2] P. James, R. Ben and I. Hiroshi. Interaction Techniques for Musical Performance with Tabletop Tangible Interfaces. :*Proceedings of the 2006 ACM SIGCHI international conference on Advances in computer entertainment technology*, ACE '06

[3] 佐藤俊樹, 間宮暖子, 小池英樹, 福地健太郎. LCD と透明弾性体の光弾性を用いたユーザインタフェース. ISS ’10

聴衆参加型プレゼンテーションにおける発表構造獲得手法

A Method of Structurization of Presentation Using Communication of Audience

梶 克彦　　平田 圭二　　河口 信夫*

Summary.　本稿では，計算機が人間に命令を出す Human-based Computation の手法を用いて，発表内容の構造化に必要な情報を聴衆から効果的に収集する手法を提案する．前提として発表内容の構造は自動解析等の事前処理によりある程度の構造化されているが，一部構造の不明確な箇所が存在しているものとし，聴衆が発表を閲覧しながらチャットを行うことができる環境を対象とする．提案手法は，BOT が発表者または聴衆を装って，構造化に役立つ返信を聴衆がしてくれそうな発言を自動生成し (またはあらかじめ登録しておき)，適切なタイミングでチャットに流し，聴衆からの構造化に関する情報を引き出すという手法である．

1　はじめに

コンテンツの構造化は，そのコンテンツを用いた様々なタスク (要約，検索など) を実現するための大きな手助けとなる．文書，音楽など様々な種類のコンテンツの意味構造を汎用的なツリー形式やグルーピング形式で表現する研究が行われており [3, 6]，それに基づき文書要約，楽曲のモーフィング，異種類コンテンツ連携など多様なタスクが実現されている [5, 3]．プレゼンテーションに関しても，図 1 に示すようなツリー形式，グルーピング形式で構造化することができれば，スライドを要約して発表時間を短縮したり，聴衆の知識レベルに合わせて発表内容を再編集するなど，様々な応用につながるだろう．

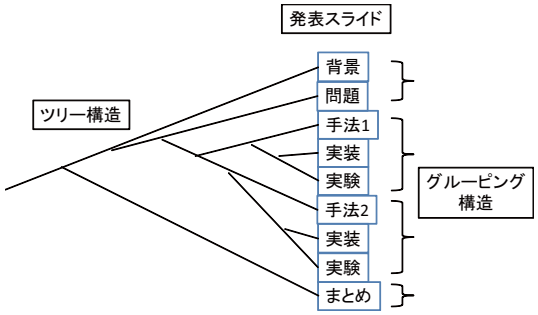


図 1. 発表スライドの構造化の例

これまでに発表構造の自動解析手法が提案されているが，精度が不十分であったり，そもそも計算機にとって意味内容を認識することが非常に困難であるという問題がある [8]．意味に基づく構造情報を取得する手法として，人手によるアノテーション手法が提案されているが，作業コストの問題がある [4]．

本研究では，自動解析等の事前処理によりある程度の構造化が行われているが，一部発表構造の不明確な箇所が存在する状況を前提とする．また，聴衆が発表を閲覧しながらチャットを行うことができる環境を対象とし，人間同士の自然なコミュニケーションの中から発表構造情報を効果的に獲得する手法を提案し，提案手法を実現するための課題を挙げる．

2　聴衆とのコミュニケーションを利用した発表構造獲得手法の提案

近年の学会では，チャットシステムやニコニコ動画，twitter などを併用した聴衆参加型の発表形態が盛んに採用されるようになってきている．これらの仕組みによって，聴衆が積極的に発表内容にコメントを書き込むことができるようになるため，議論が活性化される．そこで，これらのプレゼンテーションへの聴衆参加の仕組みを利用すれば，発表スライドの重要度や構造を分析できるようになるのではないかと期待される．しかし，聴衆の自由なチャットを対象にした場合，発表内容を構造化するのに十分な情報を収集するのは困難であると予想される．

2.1　Human-based Computation の適用

構造化に関する情報を効果的に収集するために，Human-based Computation(HBC) の手法を採用する．HBC とは，計算機が人間に命令を出し，人間からのフィードバックをコンテンツ解析に用いる手法であり，従来の人間が計算機に命令を出すというインタラクションの関係を転換させた点が特徴である [7]．例としては，画像に表示されているオブジェクトを入力しあう対戦ゲームの Google Image Labeler [2] や，プログラム内で人間の知能が必要な部分を Web 上のユーザに作業委託する Amazon Mechanical Turk[1] などが挙げられる．

Copyright is held by the author(s).

* Katsuhiko Kaji and Nobuo Kawaguchi 名古屋大学大学院 工学研究科, Keiji Hirata, NTT コミュニケーション科学基礎研究所

HBC を用いた聴衆からの発表構造情報の獲得手法のイメージ図を図 2 に示す．構造の不明確な箇所の情報を獲得するために，BOT (AI ユーザ) が発表者または聴衆を装い，構造化支援に関する発言 (以下構造発言と呼ぶ) を聴衆に紛れてチャットに流し，聴衆の返信から構造情報を抽出する．

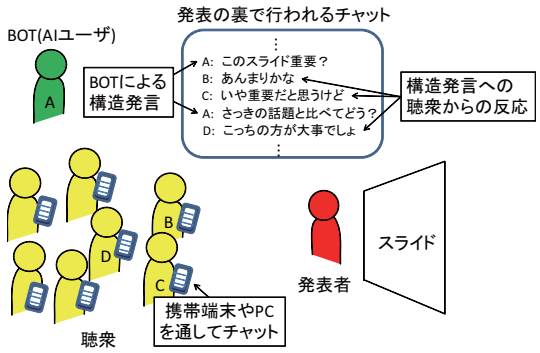


図 2. 提案手法のイメージ図

HBC では，ユーザが計算機とコミュニケーションしていることを隠ぺいすることが有効になる場合がある．たとえば Google Image Labeler はネットワーク上に対戦可能なユーザが存在しない場合には計算機が対戦相手となるが，この際計算機は人間として振るまうことで，ユーザはあたかも人間と対戦しているかのような感覚を得ることができる，ゲームに参加するモチベーションが維持される．提案手法についても，チャットによる聴衆間のコミュニケーションを妨げないようにするため，BOT の発言が BOT による発言であることを隠ぺいしたり，不自然でない発言を行うようにすることが必要であろう．

2.2 本研究の課題

提案手法を実現するためには，以下の 3 点の研究課題を解決する必要がある．

1 点目は構造発言の生成である．プレゼンテーションについてグルーピング構造を獲得するためには，大きく話題が転換する区切りの箇所を検出する必要がある．そこで，そのような箇所では「話題変わった？」のような区切りを検出するための関する発言を行うまた，ツリー構造を獲得するためには，スライド間の重要な箇所または重要でない箇所を検出したり，複数のスライドのうちどちらが重要であるかを比較する必要があることから,「ここそんなに重要かな？」「さっきのスライドよりもこっちの方が重要？」といった重要度をに関する情報を期待できる発言が有効であろう．

2 点目は発言タイミングについてである．生成された発言を適切なタイミングでチャットに流さなければ，適切な返信を期待することができない．そのため，現在行われている発表がどこまで進んでいるのかを自動的に認識する必要がある．また，構造発言の内容や発言タイミングについては，人間がチャットしているかのような自然さが求められるため，チャットの文脈を踏まえて発言内容とタイミングを適切に決定する必要がある．

3 つ目は聴衆からの反応の解析である．自由なチャット内容の意味内容を解析するのは非常に困難であるが，本提案手法では返信パタンをある程度絞り込めるため比較的容易に発言内容を解析できると考えられる．しかし，必ずしも構造発言への返信があるとは限らず，またあいまいな発言や複数ユーザの意見が異なる場合も想定される．これらを踏まえて，チャットの返信内容から最終的な構造情報に変換する必要がある．

3 おわりに

提案手法の主な目的は発表構造の獲得であるが，BOT が適度に構造発言を行うことで，コミュニケーションのきっかけとなったり，発表内容への理解を深めるなどの効果が期待できる．

今後は提案手法の実現可能性を検証するための実験を実施し，2.2 節で述べたような構造情報をうまくユーザから引き出すための発言内容やタイミング，構造化発言に対する聴衆からの返信内容の解析手法などについて検討を行っていく予定である．

参考文献

[1] Amazon.com. Amazon Mechanical Turk. *http://www.mturk.com/mturk/*.

[2] Google. Google Image Labeler. *http://images.google.com/imagelabeler/*.

[3] Hamanaka, M., Hirata, K., Tojo S. Melody Morphing Method based on GTTM. In *Proceedings of the International Computer Music conference (ICMC)*, pp. 155–158, 2008.

[4] Ishitoya, K., Ohira, S, Nagao, K. TimeMachineBoard: A Casual Meeting System Capable of Reusing Previous Discussions. In *Proceedings of The Fifth International Conference on Collaboration Technologies*, 2009.

[5] Nagao, K., Shirai, Y., Kevin, S. Semantic Annotation and Transcoding: Making Web Content More Accessible. *IEEE Multimedia*, 8(2):69–81, 2001.

[6] Rui, Y., Huang, T.S., and Mehrotra, S. Constructing Table-of-Content for Videos. *Multimedia Systems*, 7(5):359–368, 1999.

[7] Wikipedia. Human-based computation. *http://en.wikipedia.org/wiki/Human-based_computation*.

[8] 山田博文, 金子喜俊, 松田和彦, 桂田浩一, 新田恒雄. 講義再現システムにおけるスライドへの重要度自動付与手法とその評価. *IEICE Technical Report, Education technology*, 101(41):25–32, 2001.

スマートフォンを用いた触覚UGCに関する研究

A System for User Generated Tactile Content Using a Smart Phone

橋本 悠希　雨宮 智浩　米村 朋子　飯塚 博幸　安藤 英由樹　前田 太郎*

Summary. We propose a new method for user generated tactile content using an iPhone. The purpose of our research is to provide an opportunity to have experiences with tactile contents at low cost and to familiarize people with tactile contents. In our method, we use an iPhone to record and present tactile feelings without any special tactile displays. We also propose to implement a hosting system of tactile contents that users can upload recorded tactile feelings freely through existing video hosting service.

1　はじめに

近年，触覚研究の発展に伴い数多くの触覚提示装置が提案されてきた．また，触覚ディスプレイを用いたコンテンツに関する研究も姿を見せ始め [1][2]，今後の触覚を主としたコンテンツの普及が大いに期待される．

ここで，触覚コンテンツ普及のための必要条件をハードウェアとコンテンツに分けて考えてみる．ハードウェアに関しては，一般的に軽く，小さく，低コストであることが望ましい．しかしながら現在市販されている触覚ディスプレイは大きく，重く，高価であり，触覚提示のためだけに新たなハードウェアを普及させるのは困難だと考えられる．コンテンツに関しては，一般的に高品質，多種類，多量であることが望ましい．これに対して触覚コンテンツは，品質は高まっているものの，開発者が制作した少種，少量のコンテンツを体験することに留まるという現状があり，コンテンツに広がりが見えない．

以上の問題に対して我々は，「既に普及しているハードウェアを用いて」「触覚コンテンツをユーザ同士が自由に制作，共有する」ことでユーザの負担を大幅に低減しつつ触覚コンテンツの効率的な普及に繋がる環境を構築することを提案する．

このアイディアを実現するため，現在，急速に普及が進んでいるスマートフォンに着目した．スマートフォンは高い処理性能，複数の内蔵センサ，振動子を備えた携帯情報端末であり，アプリケーションやコンテンツを配信する仕組みが既に構築されている．また，既に動画共有など様々な user generated content(UGC) がスマートフォン内で取り扱われており，同様の基盤技術を利用した触覚コンテンツの共有という観点からも利点は多い．なにより，触覚はパーソナルな体験であるため，個人を対象としているスマートフォンと相性が良い．以上から本研究では，効率的に触覚コンテンツを普及させるための手法として，スマートフォン，その中でも同一規格の筐体として広く普及している iPhone 3G/3GS（以下 iPhone）を用いた触覚コンテンツ共有システムの構築を目指す．本システムの特徴は，ユーザがコンテンツの制作，投稿，受信，体験という全ての流れを特殊な追加装置なしで実現可能な点である．

本稿では提案するシステムについて説明し，iPhone に関する触覚提示能力の検証結果について述べる．

2　提案システム

触覚コンテンツ普及に向けた本提案システムの基本方針は，触覚の品質にこだわらない（ある程度納得できれば良い）代わりに，手軽さを追求し，ユーザ参加の敷居を大幅に下げることである．この点を念頭に置き，iPhone の簡素なバイブレータでも表現可能と思われる触覚コンテンツとして，物体を指でなぞる際の凹凸覚を扱うこととした．凹凸覚の記録・再生に関する研究は我々が既に提案・実装しており [3]，知見やノウハウが存在している．本提案ではこの知見を利用し，手軽で自由度の高い凹凸覚の記録・再生コンテンツを提供することを試みる．ここで，ユーザの体験の流れを以下にまとめる．

装着：ユーザが iPhone を指に装着する．
制作：ユーザが iPhone を装着した指で物体をなぞり，加速度，音，動画を記録する．
投稿：加速度，音，動画の情報を触覚コンテンツとして共有サイトにアップロードする．
受信：投稿されている触覚コンテンツを共有サイトからダウンロードする．
体験：ユーザが iPhone を装着した指で，動画に合わせてなぞり動作を行う．この際，振動によって記録した物体の凹凸情報が再生される．

Copyright is held by the author(s).

* Yuki HASHIMOTO, Tomoko YONEMURA,Hiroyuki IIZUKA, Hideyuki ANDO and Taro MAEDA, 大阪大学大学院 情報科学研究科/独立行政法人科学技術振興機構 CREST, Tomohiro AMEMIYA, NTT コミュニケーション科学基礎研究所

図 1. iPhone を指に装着した状態

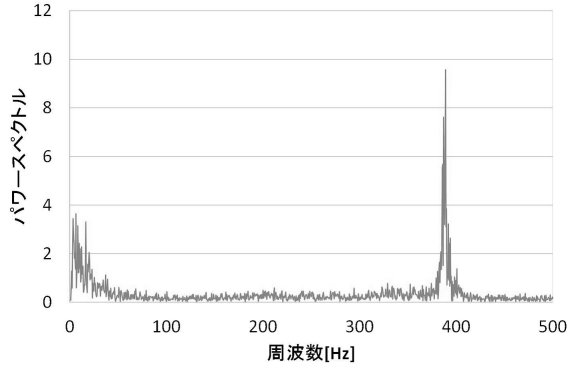


図 2. 測定波形の FFT 結果

手軽さを追求する場合，まず軽減すべきは装着にかかる手間である．装着の際に複雑な下準備や特殊な物品が必要であれば，試験的体験さえ阻害する要因となりえる．この点に関して我々は，事前に用意するものを両面テープと iPhone のみとし，指の爪部分に iPhone を貼り付けるのみという非常に簡素な装着方法を採用した (図 1)．

コンテンツの制作では，物体を指でなぞる際の加速度，音，動画の 3 点を記録することとした．ただし，加速度，音の記録と動画の記録は別に記録する．これは，iPhone のカメラと対象物間の接近可能距離が約 6cm と遠く，画角が狭いことに起因する．別々に記録する際，手軽さを損なわずに各データの同期をとるため，メトロノーム等で一定のリズムを聞かせ，それに合わせてなぞるようにした．リズムは変更可能であり，複雑なリズムも用いることができるようにすることで自由度を確保した．

投稿，受信では，多くの人々が手軽に扱えるよう，動画の共有サービスである YouTube を用いることとした．その際，加速度情報のみ別サーバを用いて保存し，YouTube 動画のアドレスから加速度情報を取得する方式を考えており，現在テスト中である．

体験では，ユーザが iPhone を装着した状態で動画の動きにユーザが合わせることで運動条件を揃え，同じ凹凸覚を知覚可能とした．この方式の場合，指の動きが多少複雑でも (ジグザグになぞる等)，ユーザは動画からオプティカルフローを把握し指を動かすことができ，高い自由度のなぞり体験が実現できると考えられる．

3 iPhone の振動特性

本提案では iPhone による振動刺激で凹凸覚を提示する．そのため，iPhone に内蔵されている振動モータの振動特性を知り，適切な制御を行う必要がある．よって，振動モータの特性を測定した．測定では，図 1 のように iPhone を指に装着した状態で指を固定し，レーザー変位計によって振動時の変位を計測した．

計測した波形の FFT 結果 (図 2) より，共振周波数が約 400Hz であることが分かった．よって，iPhone の振動モータは主にパチニ小体を刺激し，細かな質感判別に重要だと言われているマイスナー小体を刺激することが難しいため，表面の細かなテクスチャまでは表現できないことが分かった．今後，制御によって周波数帯域を広げられないか検討する．

4 まとめ

本稿では，iPhone を用いた触覚 UGC を実現するシステムを提案し，その実現方法と体験の流れを説明した．また，iPhone の振動特性を測定し，共振周波数を求めた．これにより，iPhone では細かな質感提示は難しいことが分かった．

今後は，iPhone による触覚表現の向上を図るアプローチを模索すると共に，iPhone 単体で提示可能な凹凸覚について実際にコンテンツを制作，比較することで明らかにしていく．また，ネットワークを用いた触覚コンテンツの共有実験を行い，ユーザ数やコンテンツの広がりに必要な要素を特定していく所存である．

謝辞

本研究は，独立行政法人科学技術支援機構 (JST) の戦略的基礎研究推進事業 (CREST)「先進的統合センシング技術」の補助を受け遂行された．

参考文献

[1] Y.Hirobe, T.Yoshida, S.Kuroki, K. Minamizawa, K.Sato and S.Tachi: Colorful Touch Palette, ACM SIGGRAPH2010 Emerging Technologies, 2010.

[2] 土屋，昆陽，岡本，田所：Vib-Touch: 指先による仮想能動触を利用した触力覚インタラクション，インタラクション 2010, 2010.

[3] 湯村, 前田, 安藤：爪上触覚伝送における振動の周波数帯域と再現可能テクスチャの関係，第 14 回 日本バーチャルリアリティ学会大会，2009.

コマを拡張した新しい遊具の開発

Entertainment System using Augmented Top

的場 やすし　　佐藤 俊樹　　小池 英樹*

Summary. コマ（独楽）は，回転させることで自立して倒れない，非常に単純であるが不思議な魅力のある遊具である．3000 年以上前から現在に至るまで世界中で親しまれているが，これまでコマの構造，遊び方に大きな変化は無かった．本研究ではコマ回しという伝統的な遊戯と現代の拡張現実感技術を結びつけることにより，新しい娯楽性を持つ次世代遊具の開発を行う．

1　はじめに

回転中のコマは，回転速度が低下するまでジャイロ効果によって安定して直立しているが，その安定性ゆえに動きが少なく見た目の変化に乏しい．拡張現実感技術であるコンピュータビジョンやインタラクティブサーフェイス技術を用いることで，コマ回しという遊戯に新しい娯楽性を与えることができる．例えば，高速で回転するコマの近傍にキャラクターアニメーションと燃え上がる炎を投影することができる，また，コマ同士をぶつけあう競技の演出として，コマの回転数を攻撃力と見立ててその数値をデジタル表示させたり，コマ同士の衝突と同時に激しい火花が飛び散り，爆発音が鳴り響く等も考えられる．本研究ではこのような演出の可能性を示すための基本的な映像エフェクトの開発と実証を行った．

2　設計方針

本研究では，画像処理技術を用いてコマをリアルタイムに追跡し，コマの動きに合わせてエフェクトを表示する試みを行った．これらのシステムを実現するためには，コマの位置を検出する必要がある点に加え，エンタテインメント性を高めるために重要な要素であるコマの回転速度を計測する必要がある．これらを実現するためにコマ自体に計測装置を組み込む手法もあるが，本研究ではより簡単な手法として偏光を用いたコマの位置及び回転速度の計測システムを開発した．

また，コマやその近傍に対してエフェクトを表示させるためには，プロジェクタを利用して地面に直接映像を投影することもできるが，本研究では設置がより簡単かつ高精細で，偏光光源も兼ねる映像表示装置である液晶ディスプレイ (LCD) を用いることにした．

Copyright is held by the author(s).

* Yasushi Matoba, Toshiki Sato and Hideki Koike 電気通信大学大学院 情報システム学研究科 情報メディアシステム学専攻

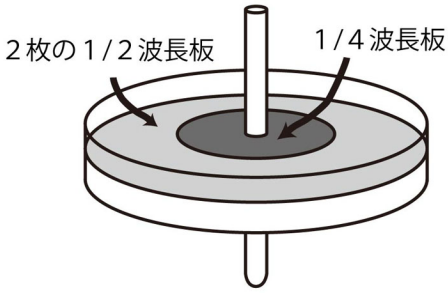


図 1. 作成したコマ

3　プロトタイプシステムの実装

本研究では，LCD と透明なコマを用いてコマにエフェクトを付加するプロトタイプシステムの実装を行った．

3.1　システム構成

コマ本体は直径 60 mm厚さ 3 mmの無色透明なアクリル円板 2 枚を張り合わせ，中心に直径 5 mm の軸を通す構造とした．張り合わせるアクリル板の間には，偏光面を変化させる 2 種類の位相差フィルム（外周部に，2 枚の 1/2 波長板を 45 度ずらして貼り合わせた物，内周部に 1 枚の 1/4 波長板）を内蔵した（図 1）．このコマを水平に設置した 24 インチ LCD 上のステージ（アクリル板製）で回転させる．ステージの上方にはレンズ前に偏光板を装着した高速度カメラ（Imperx 社製 IPX-VGA210：600fps）を設置し，ステージ上のコマを撮影する（図 2）．

3.2　コマの位置及び回転速度の検出

本研究では，偏光及び位相差フィルムの性質を用いたリアルタイムの画像処理により，コマの位置及び回転速度の検出をリアルタイムに行っている．

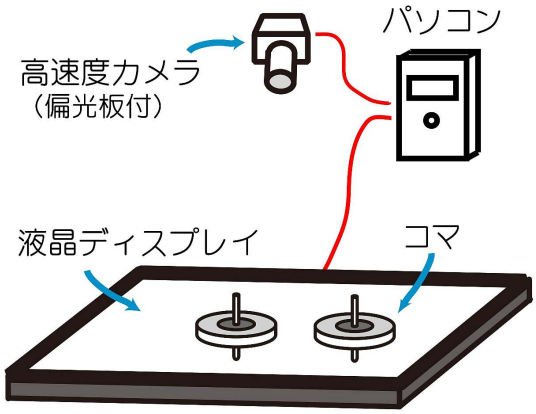


図 2. システム構成

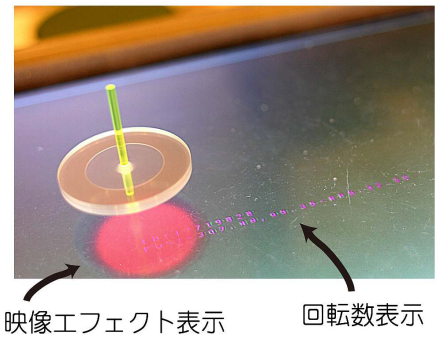


図 3. コマの下の LCD に表示されたエフェクト

まずコマの位置の検出であるが，LCD は内部に偏光板が存在する構造のため，表示される光は直線偏光となっている．そのため，カメラのレンズ前に装着した偏光板を，LCD の偏光の振動面と直交する角度に設置すると，偏光は全て遮断されカメラからは LCD が黒く映る．しかし，コマ外周部に内蔵した，光軸を 45 度ずらして張り合わせた 2 枚の 1/2 波長板を透過した偏光は，コマの角度にかかわらず透過する LCD の偏光の振動方向が 90 度ずれるため，この部分を透過した LCD の偏光はカメラ前の偏光板で遮断されず，常に透過することができる [1]．これにより，コマの外周部は常に明るく見え，背景差分による簡単な画像処理によりリアルタイムに位置を検出することが可能である．

次に，回転速度の検出は，コマ内周部に内蔵した 1/4 波長板を通る偏光の明暗の変化を検出することで行う．1/4 波長板の光軸に対して直線偏光が 45，135，225，315 度の角度で入射すると，透過光は円偏光となりカメラ側の偏光板を透過する．一方で，0，90，180，270 度の角度で入射すると，透過光は直線偏光のままであるため，カメラ側の偏光板で遮断される．これらの明と暗の間は滑らかに輝度が変化するため，コマが一回転するとカメラからは内周部が 4 回明滅して観測される．この明滅回数を 500fps 以上の高速度カメラで観測することで，コマの回転数を検出することが可能である．これらのコマの位置及び回転数の検出処理は，一度に複数のコマに対して同時に行うことが可能である．

4 アプリケーション

コマの動きに合わせて映像を表示するアプリケーションを試作した．このアプリケーションは，コマの位置，回転数に応じて，コマのすぐ下の LCD 上にリアルタイムにコマの位置や回転数を表す視覚エフェクトを表示することができる (図 3)．これにより，プレーヤーは自分が回転させたコマの回転数（すなわちコマの強さ，攻撃力）を把握することができ，他のプレーヤーと競い合うことができる．また，コマ同士が衝突した際に，赤い火花のエフェクトが発生するようになっている．

5 考察と展望

本研究では，複数のコマに対して，それぞれの回転数や位置をリアルタイムで計測し，状態に応じた映像エフェクトをコマの近傍に表示するシステムを開発し，伝統的なコマ遊びを拡張する試みを行った．今回行ったのはコマの追跡と映像の表示のみであるが，今後は次のようなことを考えている．まず，従来のコマは，一度地面の上で回転させてしまうと，その位置を自由に動かすことは困難であった．そこで，これを自由に制御できる機構の開発を目指して研究を進めている．次に，コマの回転速度は手を離れた瞬間から低下し，やがて停止するが，この回転数をユーザが自由に制御できるような機構の開発も行う予定である．今後はこれらのシステムを統合し，コマを使った全く新しいエンタテインメントの創造を行うことを目指している．

なお今回の実装において，ディスプレイ及び偏光光源として LCD を使用しているが，今後は LCD 以外のディスプレイの可能性の検討や，赤外線を用いることで計測のロバスト性の向上を図っていきたい．コマ内部に赤外線 LED と偏光板を組み込む手法や，コマ表面に再帰性反射材と偏光板を貼り付け，カメラ近傍から投射する赤外線を反射させる手法なども検討する予定である．

参考文献

[1] H. Koike, W. Nishikawa, and K. Fukuchi. Transparent 2-D markers on an LCD tabletop system. In *Proceedings of the 27th international conference on Human factors in computing systems*, pp. 163–172, 2009.

ビーズロボット

Beads Robots

辰田 恵美　　塚田 浩二　　椎尾 一郎*

Summary.　ビーズを用いたアクセサリーや小物製作は幅広く普及した趣味である．本研究では，ビーズ手芸の新しい可能性として，ビーズアクチュエータ（駆動装置）を試作し，それを用いたビーズロボットを提案する．ビーズアクチュエータは，動力として形状記憶合金を用いる．ビーズの形状を利用することで，形状記憶合金の動きを制約し，設計通りの動きを実現させる．本論文では，４方向に曲げられるひも状のビーズアクチュエータを試作し，ネコ型のビーズロボットのしっぽ部分に組み込んだ．

1　はじめに

ビーズでアクセサリーや小物を作ることは，幅広い世代で親しまれており，ネックレス，ブレスレットなどのビーズアクセサリを身につけたり，置物などのビーズ小物を机に飾って楽しむことは多い．

そこで，ビーズ手芸の新しい可能性として本研究ではビーズ小物に多様な動きをつけて楽しめるビーズロボットを提案する．我々は基本的なアクチュエータパーツの試作を行い，ビーズロボットのプロトタイプを作成する．

図１にビーズロボットのコンセプトを示す．

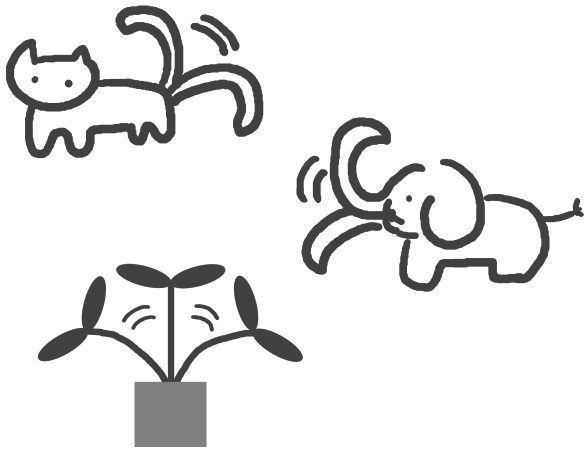


図 1. ビーズロボットのコンセプト．ビーズ小物の一部を自然な動作で駆動させることが出来る．

2　アクチュエータ

本研究では，基本となるアクチュエータとして，トキ・コーポレーション[1]のバイオメタルを利用した．バイオメタルを直接様々なビーズに通すことで，ビーズの物理的形状に応じた動き方を作ることができると考えた．

バイオメタルとは，形状記憶合金を加工して作られたワイヤーで，電流を流すと収縮する細い繊維状のアクチュエータである．通常は，柔らかくナイロンの糸のようにしなやかだが，電流を流すとピアノ線のように強靭になり，強い力で収縮する．バイオメタルにはBMF（バイオメタルファイバー）とBMX（バイオメタルヘリックス）の２種類がある．BMFは細線状で，力はあるが変位は全長の５%程度と少ない．BMXはコイル状で，力はないが変位は全長の１００%～２００%程度と大きい．

本研究では，多様な動きを実現するために，変位が大きいBMXを採用した．

次にビーズロボットの基本となるパーツ「ビーズアクチュエータ」を試作した．

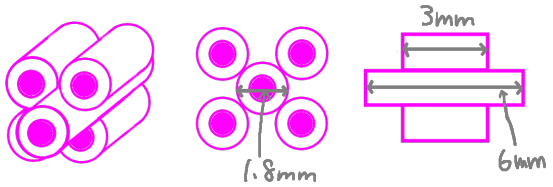


図 2.　５つ穴ビーズ（左図），断面図（中央），横面図（右図）

Copyright is held by the author(s).

* Emi Tatsuta, お茶の水女子大学 大学院 人間文化創成科学研究科 , Koji Tsukada, お茶の水女子大学 お茶大アカデミックプロダクション／科学技術振興機構 さきがけ, Itiro Siio, お茶の水女子大学 大学院 人間文化創成科学研究科

[1] トキ・コーポレーション株式会社: http://www2.toki.co.jp/biometal/index.php

2.1 ビーズアクチュエータ

ビーズアクチュエータは，４本の短い竹ビーズと，１本の長い竹ビーズの組み合わせ（以下, 五つ穴ビーズ）を１単位として構成される（図 2）．１本の長い竹ビーズの周囲に４本の短い竹ビーズを固定する．

次に，５つ穴ビーズを横に連ね，中央のビーズに導線を，周囲の短い竹ビーズにバイオメタルを通す（図 3）．ここでは見やすいように導線とバイオメタルに色を付けて示している．中央の紫が導線，上下（オレンジ，緑）がバイオメタルとなっている．

なお，長い竹ビーズを 6 mm，短い竹ビーズを 4 mmとしてシステムを設計したが，短い市販ビーズは 3 mmしか存在しなかったため，露出したバイオメタルを保護するために丸小ビーズを入れている（図 4）．

ここで一方のバイオメタルに電流を流すとバイオメタルが収縮し図 5 のように曲げることができる．ビーズアクチュエータは，４本のバイオメタルを使うことで，４方向の曲げ伸ばしを制御する．

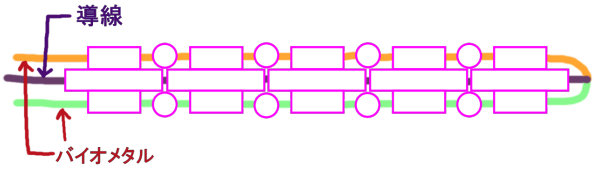


図 3. ビーズアクチュエータのデバイス構成

図 4. ビーズアクチュエータのプロトタイプ

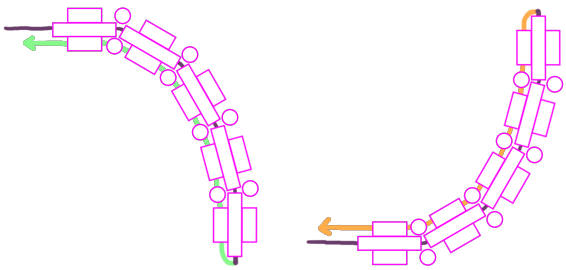


図 5. 緑の方に電流を流した場合（左図），オレンジの方に電流を流した場合（右図）

3 ビーズロボット

ビーズアクチュエータの応用として，ビーズアクチュエータをしっぽに組み込んだ動くネコ型のビーズロボットを作成した．ビーズアクチュエータは４方向に曲げることができ，さまざまなネコのしっぽの動きを表現することができる．また，図 6 のように制御部（FIO Arduino，XBee，充電池）を胴体内に納めることにより，ビーズの小物の外観を損ねないようにした．

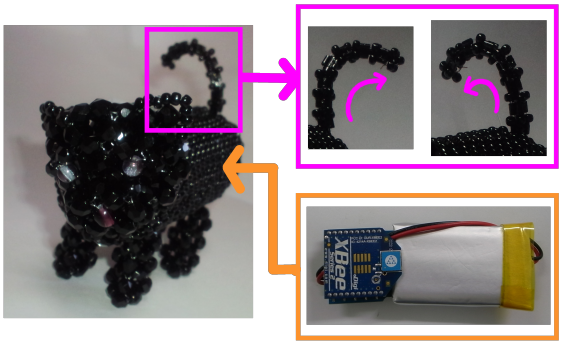


図 6. ビーズロボットのプロトタイプ

4 関連研究

手芸作品にアクチュエータを用いた研究に，ぬいぐるみロボット [1] がある．また，形状記憶合金をアクチュエータに使った研究には，曲げられる布で環境制御やコミュニケーションを行う研究 [2] や，ペーパーロボット [3] がある．また，テクノ手芸部[2]では，電子工作と手芸を組み合わせた，新しいクラフトを提案している．

本研究では，ビーズの物理的形状を利用して，アクチュエータの動作を制約する点が特徴である．

参考文献

[1] 椎名美奈，石川達也，長谷川晶一：ぬいぐるみの柔軟性を持ったロボティック・ユーザ・インタフェース (RUI) の構築，日本バーチャルリアリティ学会第 13 回大会論文集 (2008 年 9 月)

[2] Coelho, M. and Maes, P.Shutters: A Permeable Surface for Environmental Control and Communication, in the 3rd Tangible and Embedded Interaction Conference (TEI'09). (Cambridae. UK. 2009)

[3] Greg Saul, Cheng Xu , Mark D Gross: Interactive Paper Devices: End-user Design and Fabrication, TEI2010 pp.205-212, (2010)

[2] テクノ手芸部: http://www.techno-shugei.com/

腕輪型デバイスを用いたテーブルトップエンタテインメントシステム

A Tabletop Entertainment System using bracelet type devices

高田 圭佑　石田 紀之　梶原 直喜　野本 佳希　佐藤 俊樹*

Summary.　現在主流のテーブルトップシステムは、デバイスなどの装着の必要が無く、手軽に利用できる点が強調されている。しかし、エンタテインメント性のあるテーブルトップシステムとしては、デバイスを装着することでより楽しいシステムにすることができると考えられる。本プロジェクトでは、腕輪型のデバイスを装着することでユーザ認証の機能が付いたテーブル型ゲームを提案する。

1　はじめに

現在，インタラクティブな入出力実現する手段としてテーブルトップシステムが注目を集めており，そのテーブルトップシステム [2] を用いたアプリケーションとしてゲーム等のエンタテインメントへの応用がなされている．テーブルトップシステムでは，道具等を使わずに使用できる利便性が推されることが多いが，エンタテインメントとしてのテーブルトップシステムでは，装着型のデバイスを着けることで，入力のために行う画面へのタッチやジェスチャにエンタテインメント性を持たせ，ユーザが感じる楽しさをより増加させることができると考えられる．

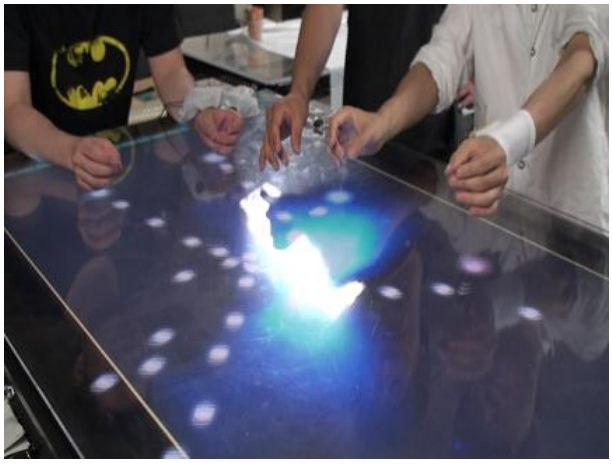


図 1. テーブルトップエンタテインメントシステムの例

2　腕輪型デバイス

そこで，本プロジェクトでは，装着することでエンタテインメント性が向上し，より楽しくなるテーブルトップシステムのデバイスを作る．

2.1　課題

デバイスは，装着する以上，ユーザの行動の邪魔にならないように小型であり，かつ装着することでエンタテインメント性を持たせるためにある程度の大きさが必要である．また，エンタテインメント性を向上させる方法として，デバイスが振動したり，発光する等の方法があるが，複数のユーザが使用した場合に，どのユーザのデバイスにフィードバックを返せばいいのか，という点が問題になるため,「ユーザ識別」の機能が必要になる．

3　プロトタイプの実装

前節の課題を考慮し，腕時計の様に手首に装着できる腕輪型のデバイスを試作した．腕輪型の他には，指輪型や手袋型デバイスを用いる手法も考えられるが，指輪型ではバッテリーの関係上小さすぎ，手袋型では装着が手軽に行えないため，今回は腕輪型とした．そして本研究では，LCD とオーバーヘッドカメラを用いてテーブル上の手の動きを検出可能なエンタテインメントシステム「PAC-PAC[1]」に本システムを組み込みテストを行った．3-1．システムの構成本システムは大きく分けて，腕輪型デバイス，及び腕輪との無線通信機能を組み込んだ画像処理プログラムから構成される．　腕に装着して用いる腕輪型デバイスは，LED（型番：OSIR5113A, 波長：940nm）と XBee 送受信機（Digi Internatinal 社製 XBee XB24）と制御ユニット（Arduino マイコン）から成る.（図．2 参照）

「PAC-PAC」の画像処理プログラムに組み込まれた制御サーバは，各腕輪型デバイスの持つ ID に対する LED 点灯要求を無線通信でブロードキャスト送信する．点灯要求を送信した後，所定時間（本システムでは 200ms）応答を待つ．腕輪型デバイスは，LED 点灯要求を検出すると，要求された ID と自身の ID を比べ，ID が一致すると，赤外線 LED を発光させる．制御サーバは所定時間以内に，監視し

Copyright is held by the author(s).

* Keisuke TAKATA, Noriyuki ISHIDA, Naoki KAJIWARA, Yoshiki NOMOTO, Toshiki SATO, 電気通信大学大学院　情報システム学研究科

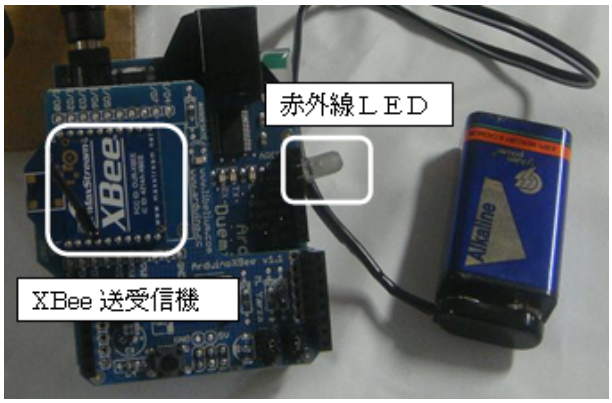


図 2. 腕輪型デバイスの構成

ている腕領域内での LED の点灯を確認すると，当該腕領域 ID と腕輪の ID をマッピングする．このとき，画像処理プログラムにおいて 2 種類の閾値を用いた背景差分により，手領域と赤外線発光の検出の２つを分けて行うことができる．手領域の映像と赤外線発光の輝度差を区別可能な 2 種類の背景差分閾値を用いることで，特別な赤外線カメラなどを設けることなく，１台のハイスピードカメラで，両方の検出を行うことが可能になっている．(図．3 参照)

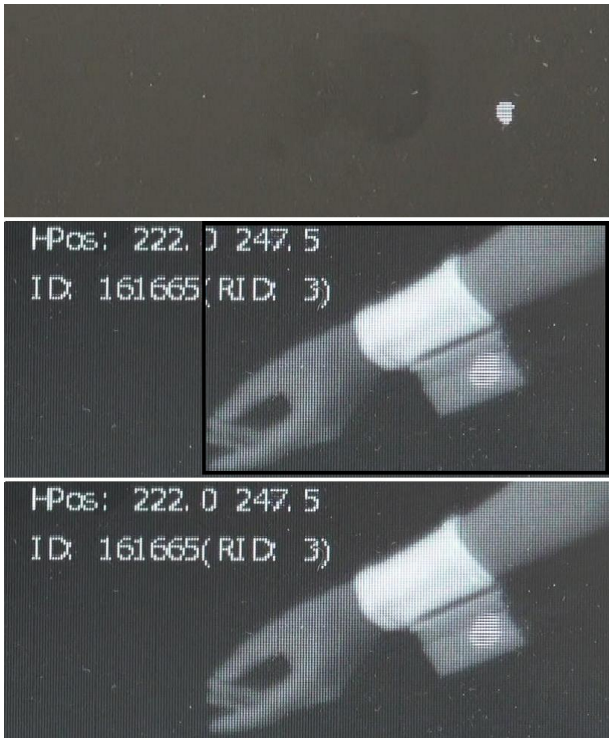


図 3. 赤外線発光の抽出（上段）、黒枠部の腕領域の抽出（中段）、腕輪型デバイスを装着した腕の抽出（下段）

4 アプリケーションの例

アプリケーションの例として，モータを搭載し回転させることによって振動を腕に伝えるフォースフィードバック，多数の種類の色の LED を様々なタイミングや時間で発光させ，視覚的に楽しさを増加させる，電気刺激を発生させるなど，ゲーム内でダメージを受けた場合やパワーアップをした場合などに，ゲーム内での反映だけでなく，腕輪を介してユーザにフィードバックすることで，より参加している雰囲気を味わうことができ，臨場感を増加させることもできると考えられる．

5 futurework

今回提案した腕輪型デバイスを用いることで，従来の「PAC-PAC」では不可能だった，腕ごとの識別が可能となった．また，腕輪の識別する手法として，所望の腕輪に対して赤外線 LED の点灯命令を送信する手法を用いたので，例えば腕輪ごとに LED 点滅間隔を変えるなどの他の手法で識別する方法に比べ，シンプルなアルゴリズムで実装が可能となり，かつ高精度な識別が可能となった．

なお，今回のプロジェクトは腕の識別を行う手法を提案するものであったが，腕輪型デバイスと腕の識別機能を用いることで，たとえば複数ユーザ間におけるチーム分けや，前節にあげたアプリケーション例の実装を考えている．今後は今回のプロジェクトで培った知識を用いて，これらの構成などについて検討していきたい．

また，今回は腕輪型デバイスのプロトタイプシステムの制作のために Arduino マイコンを用いたが，サイズが大型化してしまった．今後はより小型の構成が可能な PIC や，より小型の Aruduino nano 等を使用することでの，装置全体の小型化についても検討していきたい．卓上ディスプレイのようなの小型のディスプレイとウェブカメラのような小型カメラを組み合わせて使うことで，装置全体の小型化と低コストでのシステム供給は実現できると考えている．そして，腕輪型以外のデバイス形態の改造，腕だけでなく，その他の身体部位への装着も考慮すると，現在のシステムよりもさらに楽しいテーブルトップシステムにすることが可能であると考えられる．

参考文献

[1] PAC-PAC, http://pac-pac.org/

[2] 間宮暖子, 佐藤俊樹, 福地健太郎, 小池英樹：”指の開閉動作を用いた多人数向けテーブルトップエンタテインメントシステムの実装”, WISS 2007 論文集, JSSST, pp.53-58 (2007)

衝撃デバイスの考案とその拡張

A Novel Haptic Device for Impact Force and Extension

今岡 翼　　岡部 誠　　尾内 理紀夫*

Summary.　近年，通信環境の高速, 大容量化により，skype 等をはじめとする文字，音声，動画を用いた遠距離コミュニケーションシステムの利用が一般化している. それらのシステムの多様化に伴い，文字や動画では伝達しきれない情報を伝達する様々なシステムが提案されている．その中でも触覚を利用したデバイスの研究が近年は盛んである. 本研究では，衝突したときに発生する力の表現方法として内部物体の移動による衝突や, ソレノイドコイルを利用した衝撃デバイスの考案を行う. また，光のインタラクションとの組合せも検討した.

1　はじめに

近年，通信環境の高速, 大容量化により，skype 等をはじめとする文字，音声，動画を用いた遠距離コミュニケーションシステムの利用が一般化している. それらのシステムの多様化に伴い，文字や動画では伝達しきれない情報を伝達する様々なシステムが提案されている．その中でも触覚を利用したデバイスの研究が近年は盛んである.

触覚デバイスは, これまでにも振動を用いたもの [1]，偏加速度運動を用いたもの [2]，等がすでに発表されている. しかしこれらは，力としては弱いものや，制御が困難であり，「衝撃」と言うほどの強力な触覚を生成するものではない.

そこで，本研究では，衝突したときに発生する力に着目し，インタラクションがより豊かになるようなデバイスを提案する. 方針として，衝撃の表現方法では内部物体の移動による衝突や, ソレノイドコイルを利用したデバイスの考案を行う. また，光等のインタラクションとの組合せも検討し，その後評価システムを作成, 実験を行うものとする.

2　衝撃デバイス概要

本章では，衝撃デバイスとしてモーター移動とソレノイドを利用した 2 つの試作デバイスについて述べる.

衝撃デバイス１の概要　衝撃を生み出すには, 物体同士の衝突が最も簡潔である. そのため, 本デバイスでは, 図 1 にあるように箱の中にモーター駆動する物体を入れ, それを移動させることにより両脇の壁に衝突させ, 衝撃を得る. 制御は PC で可能であり, 移動速度，方向を自由に制御できるものとなっている.

図 1. モーター駆動型：図の黒い物体が左右に移動し，壁にぶつかることにより衝撃を得る.

衝撃デバイス２の概要　衝撃の生成方法の別案として, ソレノイドコイルを利用した衝撃デバイスの試作である. 図のようにソレノイドコイルの中に鉄芯とスプリングを挿入したデバイスであり, コイル内にある可動鉄心が, 電流を加えることで直進運動をするものである. 鉄芯の運動できる範囲が狭い（ストロークが短い）が, 小型で高速応答が可能である.(図 2)

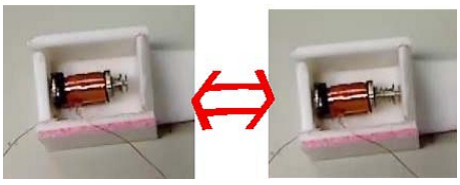


図 2. ソレノイド型：コイル内の鉄芯が移動し，鉄心が壁にぶつかることにより衝撃を得る.

本章の考察　衝撃デバイス 1 は, 衝撃力が強く, 内部のモーター駆動物体が移動時に発生するバイブのような振動も有効活用できると考えられる. しかし, やや大型であり, 小型化も検討課題の一つである. 衝撃デバイス 2 は, 小型で非常に制御がしやすいが, その反面，衝撃も弱くなってしまう. だがどちらもデ

Copyright is held by the author(s).

* Tsubasa Imaoka, 電気通信大学, Makoto Okabe 電気通信大学/JST PRESTO ,Rikio Onai, 電気通信大学

バイスとしては有効活用が見込まれるので，今後は，それに見合った使い方を検討する．

3　光のインタラクションとの融合

本章では, 衝撃デバイスと光のインタラクションの組み合わせたデバイスの試作について述べる．現在では, 色による衝撃の強弱の再現と流動的点灯による補助装置について試作した．

色による光の強弱の再現　衝撃デバイス１の端にLEDを設置し, 衝撃が発生した瞬間にLEDを点灯するデバイスを試作した．これにより，同じ衝撃力でも赤LEDが点灯すると強く, 青LEDが点灯すると弱く感じるという感覚的な強弱をつけられることが可能となった．(図 3)

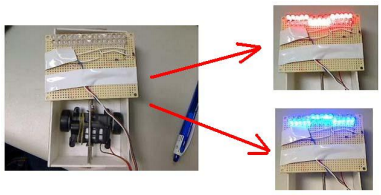


図 3．色による強弱表示．右上赤点灯，右下青点灯

流動的点灯　衝撃デバイスの上部にLEDを設置し, モーター駆動の物体の動きをLEDで表すようにした.LEDの位置と駆動物体の位置は同期，非同期どちらも可能である．(図 4)

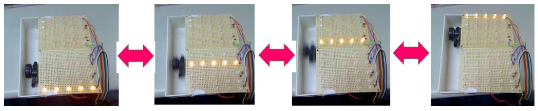


図 4．流動的点灯．

本章の考察　色による強弱は, 多少は力の変化を感じるというのは見いだせたが, 今後検証する必要がある．一方, 流動的点灯の方は, ただ流れるような動作だけではなく, ユーザーが予測しないタイミングで衝撃を伝えたり，点灯位置を制御することにより, ある空間位置で常に点灯させることができ, 疑似的な壁を再現することが可能となった．

4　提案デバイスの導入例

本章では作成デバイスの導入例について述べる．現在は, まだ行っていないが, 予定として,「枠枠スルー [3]」に組み込み, 作成デバイスの有効性を評価する予定である．

枠枠スルーの紹介　枠枠スルーとは, 身体によるインタラクションが可能なビデオチャットシステムのことである．現行のビデオチャットサービスではユーザの行動が個々のウインドウ内に制限されている物が殆どである．しかし本システムでは，ユーザ間を隔てるウインドウの壁を突き抜けて相手ユーザの画面に進入し相手に触れられる機能と，加速度センサを使用してユーザ同士がモノをキャッチボールのように投げ合える機能を実現する．これらの機能をビデオチャットに付加する事で，既存の遠隔コミュニケーションシステムには無いような一体感や同室感が得られ，使用者がワクワクするようなコミュニケーションシステムの実現が可能となっている．

組み込みシステムの考案　現在の枠枠スルーでは図のように侵入したときや衝突したときは, 視覚的に理解可能であるが, 触感としては，振動しか得ることができない．そこで相手領域に侵入した感触や, ぶつかった感触を衝撃力と光の組み合わせにより再現することでより一体感を得ることができると予測できる．(図 5)

図 5．組み込み可能表現．

5　今後の課題

これまでは衝撃デバイスの試作と光のインタラクションを用いた拡張を行った．今後は，デバイスの定性的，定量的な評価方法を考案し実験を行う予定である．

参考文献

[1] 松岡 和宏, 鶴田 将之, 石井 裕剛, 下田 宏, 吉川 榮和．頭部への振動刺激を用いた方向情報提示手法に関する実験研究．ヒューマンインタフェースシンポジウム, Vol. 1, No. 1312, pp. 139-144, 2006.

[2] 雨宮 智浩, 前田 太郎, 安藤 英由樹．牽引力錯覚を要素技術とした場所の制約を受けない力覚インタラクションの検討．日本バーチャルリアリティ学会論文誌, Vol. 12, No. 3, pp. 409-412, 2007.

[3] 池谷　友秀, 尾内　理紀夫．枠枠スルー：身体によるインタラクションが可能なビデオチャットシステム．電気通信大学修士論文情報工学専攻, pp.5-51,2008.

Desktop Soundscape: タスクに応じた音環境をデスクトップ上に構築して仕事の効率を高める試み

Desktop Soundscape: a soundscape reflecting tasks in a desktop environment to improve efficiency at work

福地 健太郎*

Summary.

何故我々はコンピュータで仕事をしているときに、ついつい Twitter や趣味の Web サイト巡りなどの誘惑にたやすく負けてしまうのだろうか。

生活や仕事の場において、部屋や机の上の照明や背景音などの作業環境を目的に応じて整えることは、作業効率や居心地の良さを向上させるために有効な手段である。しかし、コンピュータ画面内のデスクトップ環境では目的別に様々なアプリケーションウィンドウが開いているが、それらの個別の環境整備については関心が薄い。本研究では、デスクトップの中にも建物の中同様に複数の作業環境が並置されていることに着目し、それぞれについて目的に応じた環境を構築することで作業の効率の向上を図ることを目指している。今回は音環境に着目し、デスクトップ上のウィンドウ毎に異なる背景音を付加することで、効率的な作業を促す音場を形成する “Desktop Soundscape” を製作した。画面上のウィンドウにフォーカスが当たると、ウィンドウまたはウィンドウ内で実行されているタスクにあらかじめ割り当てられた背景音がループ再生される。これにより、タスクの切り替えに応じて作業環境を切り替えることができる。その効果として、タスクの切り替えをユーザに意識させ、集中や弛緩を促すことを狙う。

1 背景

今日のコンピュータ上のデスクトップ環境では、我々は複数のアプリケーションを並行して動作させ、タスクを切り替えながら作業をしている。マルチタスクはデスクトップ PC ではウィンドウシステムが普及した頃から一般化しているが、スマートフォンやパッド型コンピュータのようにアプリケーションが画面を独占する形態の端末であってもサポートするものが多い。しかしコンピュータ自体は依然として「1 台」という感覚で捉えられており、その環境整備も 1 台単位でなされている。

一方で、家庭やオフィスなどでの生活空間や作業場では、そこで行われるタスクに応じた環境が構築されている。例えば家庭の中では居間・寝室・書斎それぞれで、壁紙や照明の選択によって雰囲気の違いを出したり、あるいはそこでの生活・作業を通して自然に環境が変化していくことで、おのずと空間毎に異なる環境が現われる。仕事場においても、デスクワーク中心の空間と作業場、休憩室とでは、見た目や背景音、匂いにいたるまで異なるものである。そして、そうした異なる環境を往き来すると、自然にその空間の目的に沿った行動がその環境により誘発される。静かな作業空間に居れば静かに作業に集中でき、逆にそこで大声でおしゃべりをすることは敬遠されるので、おしゃべりを楽しみたければ休憩室へと移動することが求められる。休憩室では椅子を置かないことで長居を防ぐといった、環境からの移動を促すような構築の仕方もある。

このように、環境は目的に応じて構築される。しかし同一のコンピュータの中で複数のタスクを切り替えて使用していても、そのデスクトップ環境はほとんど変化しない。視覚的な情報についてはアプリケーションウィンドウがその違いを演出することが可能だが、ルート画面・ウィンドウ枠・タスクバーなど常に表示されている部品については変化がない。視覚以外の情報についても同様である。

2 研究内容

我々は、デスクトップ環境内ではこうしたタスク毎の作業環境の差異の無さが、タスクへの集中を阻害しているのではないかという仮説を持っている。そこで、本研究ではタスク毎にそれに応じた異なる環境を与え、タスクを切り替える度に環境を切り替えることで、自然とそのタスクへの集中を促し、あるいはタスクの切り替えを抑制または促す効果を持たせることを狙ったシステムを開発している。今回は音環境に着目し、タスク毎に異なる背景音を与えることで、各タスクの環境の違いを演出することを目的とした、“Desktop Soundscape” を提案する。

図 3 に一例を示す。画面左には本来の仕事であ

Copyright is held by the author(s).

* Kentaro Fukuchi, 明治大学

図 1. デスクトップのアプリケーション毎に音環境を割り当てる

る、プログラミング用エディタのウィンドウが開いている。画面右は Web ブラウザのウィンドウで、仕事とは関係のないコンテンツが表示されている。ここで、エディタ画面が選択されている（フォーカスが当たっている）間は無音とし、Web ブラウザにフォーカスされている間は雑踏音や喧騒音からなる背景音を再生するように設定する。これにより、プログラミング時と Web ブラウジング時で異なる音環境が構築され、タスクの切り替えが起きたことを明瞭にするとともに、Web ブラウジングを忌避したくなるような圧力を利用者に与えることができる。

Desktop Soundscape では各ウィンドウに与えられるアプリケーション名やウィンドウ名からタスクを割り出し、各タスクに対してあらかじめ設定された背景音を再生する。また、Web ブラウザでよく見られるように同一ウィンドウ内でタブ切り替えなどによりタスクに変化があるものについては、ウィンドウ名の変化を見てタスクを判断している。例えば Web ブラウザの場合、見ているページのタイトルがウィンドウ名になるため、そこからタスクを判断する。

タスクの判断は、Web ブラウザのように仕事にも使えば暇潰しにも使うようなアプリケーションが対象の場合に、対象が広くなるため難しくなる。現状では、既知の仕事に不向きなサイト（例: Twitter, mixi）を割り当てるなどの運用を試しているが、筆者の経験では数カ所登録しておくだけもで十分に有効に働いた。ただし仕事時間が終わった後でも喧騒音が鳴ってしまうため、うとましく思うこともあった。

3 関連研究など

タスク毎に異なる作業環境をデスクトップ上に構築するものとして、Xerox の Rooms[1] がある。タスク毎に異なる仮想デスクトップを用意し、関連するアプリケーションをそれぞれに配置するものであり、また背景画面をそれぞれで変えることで、異なる雰囲気を提供することを狙っているが、それ以外で環境に差異を与えるものではない。

Visual Haptics[2] はマウスポインタの動きや形状を、ポインタ直下の状況に応じた変化をつけることで、利用者にその環境に入り込んで直に触れているかのような錯覚を与えることを狙ったものである。本研究は背景音をフィードバックとして用いることで、フォーカスしているウィンドウ毎に異なる環境にいるかのような錯覚を与えることを狙っており、共通する性質が多い。

仕事中の特定サイトの閲覧を阻害するためにアクセスを直接ブロックする手法が広く知られているが、そうした手法はアクセスを完全に遮断する。我々の手法ではあくまでも環境に変化を与えるものであり、阻害以外の様々な誘導ができる可能性がある。また、利用者は必要であればそれを押し切って使用することもできる。

仕事用のコンピュータと遊び用のコンピュータとを分けて用いることで、本研究と同様の目的を達成しようという試みもある。各環境の物理的な場所もそれぞれで隔てることができるため、コンピュータの中の環境のみならず外の環境とあわせて変化をつけることができる。一方で、コストは用意する環境の数だけ増えていく。

参考文献

[1] D. A. Henderson, Jr. and S. Card. Rooms: the use of multiple virtual workspaces to reduce space contention in a window-based graphical user interface. *ACM Trans. Graph.*, 5(3):211–243, 1986.

[2] K. Watanabe and M. Yasumura. VisualHaptics: generating haptic sensation using only visual cues. In *ACE '08: Proceedings of the 2008 International Conference on Advances in Computer Entertainment Technology*, pp. 405–405, New York, NY, USA, 2008. ACM.

PatchworkVision:視覚的コンテキストを用いた検索結果の提示

PatchworkVision:Presentation of The Search Result by Visual Context

井桁 正人　　丸山 一貴　　寺田 実*

Summary. Web から調べ物をする場合，検索エンジンを利用することは最早一般的な手段と言える．検索エンジンによる結果からページを開こうとした際，その中身を確認できるためスニペットは有効である．しかし，実際の見栄えとは異なるという問題が存在する．

本研究ではこのような問題を支援するため，コンテンツの中でユーザが注目するであろう箇所としてキーワード周辺の断片的なスクリーンショットを提示し，そこまでのスクロールを支援する．これにより，従来のスニペットでは得られなかった「見出し語で大きなフォントになっている」,「文章中の一単語」,「表の一部」というような視覚的コンテキストを得ることが可能となる．このような視覚的コンテキストをユーザに提示することで，目標までのナビゲーションを支援するシステムの実装と評価を行った．

1　はじめに

現在，Web から調べ物をする際に Google 等の検索エンジンを利用することは一般的な手段である．ユーザはキーワードを入力し，検索結果ページで所望の情報がありそうなページを選ぶことになる．結果ページには各結果のタイトル，URL，スニペット (図 1) 等が記載されている．特にスニペットは唯一の内部情報であり，そのページを閲覧すべきか否か判断するのに非常に有効である．高久ら [1] によると，結果ページ上に記載されている情報の中で，スニペットが最も注視されているという報告もある．

しかし，スニペットは実際の表示とは異なり，HTML や CSS で加工される前のプレーンなテキストとなっている．だが，検索を行う上でこの様な見栄えの欠如は問題となる．例えば，何かの解説記事を探している際に，そのキーワードが見出し語になっているかは重要である．またリンクのアンカー内にあれば，それは欲しい情報とは異なる可能性が高い．本研究ではページの中でのキーワードの視覚的特徴を**視覚的コンテキスト**とし，これをユーザが把握することを助けるシステムの実装と評価を行った．

2　提案システム:PatchworkVision

本研究では，前節で述べた問題点を解決し，情報を得るまでのナビゲーションを支援する．そのため，

- コンテンツ内にあるキーワード周辺の部分的なスクリーンショット (以下，VP:Visual Patch とする) として検索結果を提示
- VP の列挙により，検索結果の一覧性を向上
- 「VP の表示箇所までのスクロール」を支援

というインタフェースを提案する (図 2)．

これによりユーザは視覚的コンテキストを把握することが可能になり，本来ページを開いてスクロールしながら，ユーザが注目したであろう箇所だけを飛ばし読みすることが可能となる．また，スニペットから判断してページを開いてみたら実際は欲しい情報が無かったという問題や，スニペットの場所を探し直す手間を省く，キーワード前後の行の文章なども閲覧することが可能となる．実装については図 3 の様になっている．

3　評価

本学の学生 9 名に本システムで検索タスクを行い，アンケートに答えてもらった．結果,「ページの中身を視覚的に見れたのはよい」,「欲しい情報が具体的な場合に便利」,「知ってるページだと探しやすい」,「処理時間が長い」という意見を得た．

4　結論と今後の課題

本研究では検索結果ページ上のスニペットに着眼し，それがページ内の実際の表示と異なる問題につ

図 1. Google の検索結果ページ (SERP)

Copyright is held by the author(s).

* Masato Igeta and Minoru Terada, 電気通信大学 大学院電気通信学研究科 情報通信工学専攻, Kazutaka Maruyama, 東京大学 情報基盤センター

図 2. PatchworkVision:ノート PC の寸法を調べる場合，仕様表の一部が表示されて所望の情報か分かる．

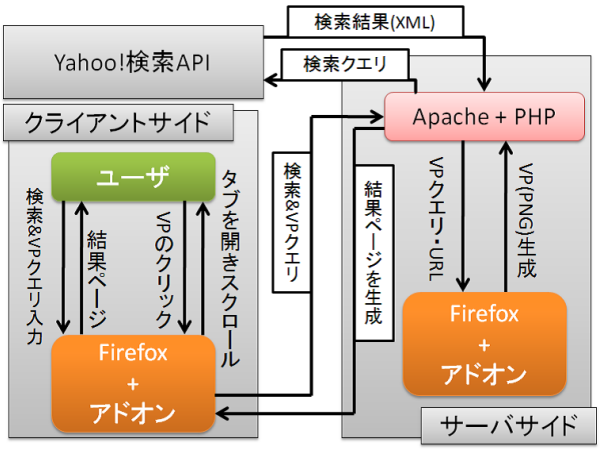


図 3. システムの実装

いて述べた．その問題点に対して VP のよる検索結果を提示することで，ユーザに視覚的コンテキストの把握を支援した．結果，再訪問のための検索や，所望の情報がより具体的であった場合にはこれが有効であることを示した．

今後の課題として，視覚的コンテキストについての調査を深める，どのページか特定が困難なためのVP の信頼性低下をページ単位の表示で解消，検索エンジン化によるシステムの効率化があげられる．

謝辞

学内アイディアコンテストで資金援助を頂いた電気通信大学産学官連携センターに感謝いたします．

参考文献

[1] 高久 雅生, 江草 由佳, 寺井 仁, 齋藤 ひとみ, 三輪 眞木子, 神門 典子. サーチエンジン検索結果ページにおける視線情報の分析. 情報知識学会誌,Vol.19,No.2,pp.224-235.2009.

[2] Jaime Teevan, Edward Cutrell, Danyel Fisher, Steven M. Drucker, Gonzalo Ramos, Paul Andre, and Chang Hu. Visual Snippets: Summarizing Web Pages for Search and Revisitation. Proceedings of ACM CHI 2009,pp.2023–2032.2009.

[3] A. Woodruff, A. Faulring, R. Rosenholtz, J. Morrison, and P. Pirolli. Using thumbnails to search the Web. Proceedings of ACM CHI 2001, pp.198-205.2001.

[4] Bongwon Suh, Allison Woodruff, Ruth Rosenholtz, and Alyssa Glass. Popout prism: Adding perceptual principles to overview+detail document interfaces. Proceedings of ACM CHI 2002,pp.251-258.2002.

[5] Shenwei Liu and Keishi Tajima. WildThumb: A Web Browser Supporting Efficient Task Management on Wide Displays. Proceedings of ACM IUI 2010, pp.159-168.2010.

[6] 井桁 正人, 寺田 実, 丸山 一貴. ScoutView: Web ページにおけるナビゲーション支援インタフェース. 情報処理学会 第 134 回ヒューマンコンピュータインタラクション研究会,No.8.2009.

Lyricon: 複数アイコンによるビジュアルな音楽選択インタフェース

Lyricon: Visual Music Selection Interface with Multiple Icons

町田 和嘉子　　伊藤 貴之*

Summary. 本報告では，歌謡曲を複数アイコンで表現し，それを音楽プレイヤーのプレイリスト等に表示することで，ビジュアルから直感的に聴きたい音楽を選択させるユーザインタフェース”Lyricon”を提案する．歌詞がヒット要因となった歌謡曲が多数存在することから，著者らは歌詞に着目してアイコン自動選択機能を実装している．具体的には，あらかじめ登録されたキーワードを歌詞から抽出し，それに対応するアイコン候補内から楽曲特徴に基づいて，候補画像の一つをアイコンに選ぶ．以上の処理を A メロ，サビなどのブロックごとに適用し，複数のアイコンで 1 曲の歌謡曲を表現する．このアイコン選択結果を見ることでユーザは，大量の曲の中から気分にあった曲の選択を視覚的に実現できると考えられる．前回の発表と比べ，処理過程におけるユーザテストを充実させ，より信頼性の高い結果を得ることが出来た．あわせて著者らは今回，Lyricon の結果を用いたプレイリストを，Windows PC の他に Android 携帯でも実装した．なお，著者らの現時点での Lyricon の実装では，日本語の歌詞を持つ歌謡曲のみを対象としている．

1 Lyricon によるアイコン自動選択

1.1 準備処理 (1): カテゴリ・キーワードの選定

Lyricon ではまず“ カテゴリ ”を用意する．著者らはカテゴリを歌詞のメインテーマになり得る単語と定義する．また Lyricon では，各々のカテゴリに対して，関連する複数のキーワードを持たせるとともに，そのカテゴリを表す複数のアイコンを持たせる．著者らは Lyricon においてカテゴリとキーワード，アイコンを以下のように定式化する．

- カテゴリを $C = \{c_1,\cdots,c_{N_c}\}$ と定義する．N_c はカテゴリの総数である．
- c_i に属するキーワードを $K_i = \{k_{i1},\cdots,k_{iN_{ki}}\}$ と定義する．N_{ki} は c_i に属するキーワードの総数である．
- c_i に属するアイコンを $X_i = \{x_{i1},\cdots,x_{iN_{xi}}\}$ と定義する．N_{xi} は c_i に属するアイコンの総数である．
- アイコン x_{ij} を表す形容詞を $A_{ij} = \{a_{ij1},\cdots,a_{ijN_{aij}}\}$ と定義する．N_{aij} は x_{ij} に割り当てられた形容詞の総数である．

前回の発表 [1] ではカテゴリ選択を著者らの主観で行っていたが，今回著者らは 86 人の学生を対象として，歌詞のテーマに関するアンケートを採取した．その結果をもとに,「恋」「夏」「クリスマス」などの 26 単語をカテゴリとして採用した．さらに著者らは，無作為選択した歌謡曲 50 曲の歌詞を，形態素解析ソフトウェア茶筅 [2] を用いて単語に分割し，日本語シソーラス辞書から抽出したカテゴリの類義語と照合し，共通する 248 単語を各カテゴリに属するキーワードとして採用した．

1.2 準備段階 (2): 音楽特徴量の選定

まず著者らは，試験的に無作為抽出した 26 曲のサンプル曲について，数値解析ソフトウェア MATLAB の上に実装された楽曲特徴分析パッケージ MIRtoolbox[3] を用いて 10 種類の特徴量を抽出し，各々に対して 2 つの相反する意味を持つ形容詞対を定めた．

続いて著者らは，10 種類の特徴量の妥当性を検証した．前回は著者らの主観で特徴量の妥当性を検証したが，今回は，6 人の学生被験者に先ほどの 26 曲のサンプル曲を聴いてもらい，各曲が 10 種類の形容詞対のそれぞれどちらに該当するかを，被験者らの感性によって選択させた．それと同時に，i 番目の特徴量 f_i の境界値を F_i とし，f_i 値が F_i より大きいか否かでサンプル曲を 2 分した．ここで，f_i に関する 2 つの形容詞 A,B のうち被験者が A,B を選択する確率をそれぞれ p_A,p_B とし，サンプル曲を 2 分する前のエントロピーを $E_b(p_A,p_B)$, 2 分した後の各々のクラスタにおけるエントロピーを $E_{a1}(p_A,p_B)$, $E_{a2}(p_A,p_B)$ とする．ここで著者らは，以下の数式

$$E = E_b(p_A,p_B) - (E_{a1}(p_A,p_B) + E_{a2}(p_A,p_B))$$

で定義される情報利得 E を最大とする F_i 値を求めた．そして，この処理を 10 種類の特徴量の各々について適用し，情報利得の最大値が高い特徴量 3 種類を採用した．その特徴量と，割り当てた形容詞を表 1 に示す．

Copyright is held by the author(s).

* Wakako Machida and Takayuki Itoh, お茶の水女子大学 人間文化創成科学研究科 理学専攻 情報科学コース

表 1. 採用した特徴と形容詞

特徴	形容詞
テンポ (tempo)	遅い ・速い
高音域の割合 (brightness)	単純な・輝かしい
不調和音の多さ (roughness)	素朴な・複雑な

1.3 楽曲入力時の処理 (1): アイコン候補の選定・列挙

著者らは各カテゴリに対し，前節で選定した形容詞に対応する 6 種類のアイコンを選定した．アイコンは，12 人の学生被験者に「アイコン画像から受けるイメージ」を回答させ，著者らの意図するイメージと合致した結果を得たものを採用した．そして各アイコンには，前節で選定した形容詞をタグとして付与する．

アイコンを曲のブロックごとに選択するに先立ち，Lyricon は最初に歌詞をブロックごとに分割する．著者らは歌詞のブロック分割に LyricMaster[4] を用いている．続いてブロックごとに分割した歌詞に茶筌 [2] を用いて形態素解析を適用し，単語の最小単位に分割する．ここで，ある 1 つのブロックに含まれていた単語を $W = \{w_1, \cdots, w_N\}$ とする．もし単語 w_k がキーワード k_{ij} と一致したら，Lyricon はこのブロックをカテゴリ c_i と関連付ける．この場合，Lyricon はアイコン群 X_i に含まれる複数のアイコンを表示用アイコンの候補とする．

1.4 楽曲入力時の処理 (2): アイコンの最終決定

Lyricon は続いて，1.2 節で選定した 3 つの特徴量を算出し，以下の手順でその曲への相応しさの順位を決定する．まず，ここで扱う数値を以下のように定式化する．

- 1.2 節で求めた境界値を F_i とする．
  $(i = \{tempo, brightness, roughness\})$
- 1.2 節で求めたサンプル曲の各特徴量の最大値と最小値の差を D_i とする．
- 算出した音楽特徴量を M_i とする．

以上の数値から Lyricon では，特徴の突出度 $R_i = \frac{|M_i - F_i|}{D_i}$ を求める．そして，R_i の値を最大にする M_i に対応する形容詞と同じ形容詞が設定されているアイコンを各ブロックにおける最終選択結果とする．

2 ユーザインタフェース

著者らは，Lyricon によって自動選択されたアイコンを一覧表示するプレイリストを，Windows PC に加えて新たに，Android 携帯上でも実装している．現時点での著者らの実装では，アイコン画像には，横 32 ×縦 26 ピクセルのものを用いている．なお，両実装とも曲の再生・停止のみならず，曲の頭出しや途中再生も可能である．

まず Windows PC での実装画面を図 1 に示す．この実装画面では，縦方向に楽曲群が，横方向に 1 曲のアイコン群が並んでいる．

続いて，Android 携帯エミュレータでのユーザインタフェースの表示例を図 2 に示す．この実装では，縦方向のスクロールバーによって多数の曲を眺め，横方向のスクロールバーで曲全体を通したアイコン群を眺めることができる．また，タイトルボタンを押すことにより，図 2(右) に示すように，その曲全体を表現するアイコンを表示する．

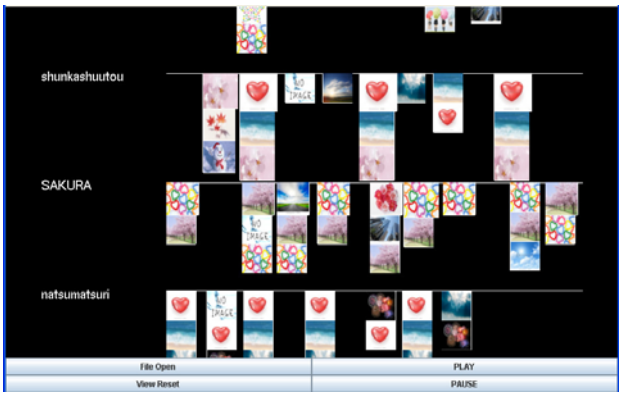


図 1. Windows PC での実装画面

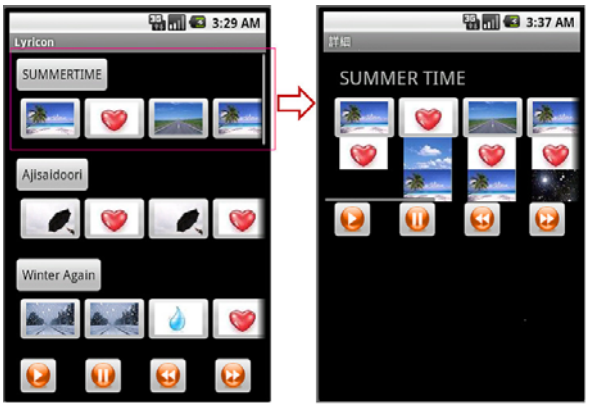


図 2. Android 携帯エミュレータでの実装画面

参考文献

[1] 町田和嘉子， 伊藤貴之: Lyricon -複数アイコンの自動選択による楽曲構成の可視化- WISS2009，2009.

[2] 茶筌, http://chasen.naist.jp/hiki/ChaSen/

[3] MIRtoolbox, https://www.jyu.fi/hum/laitokset/musiikki/en/research/coe/materials/mirtoolbox

[4] Lyric Master, http://www.kenichimaehashi.com/lyricsmaster/

Hakalau Media：ユーザ参加型アーカイブを創発するWebアプリケーションプラットフォーム

Hakalau Media：A Web application platform which promotes user generated archive

橋田 朋子　　赤塚 大典

Summary.　近年 Web 上でユーザが発信するコンテンツの重要性が高まっている．特に，複数のユーザが特定の対象に関して共通の記憶メディアとして構築するようなコンテンツのことを，本稿ではユーザ参加型アーカイブ（UGA：User Generated Archive）と呼ぶ．UGA に新たな楽しさを付与しユーザがコンテンツを生成するモチベーションを促すことを目的として，UGA を生成・閲覧するためのプラットフォームであると同時に，それ自体が新たな視聴覚情報を自動生成的に出力し，UGA を演出するような機構まで含んだ仕組み“ Hakalau Media ”を提案する．

1　はじめに

Web 上で誰でも気軽に情報を発信・共有できる環境が整い，ユーザが発信するコンテンツ（User Generated Contents，以下 UGC）の重要性が高まっている．それと共に得られた UGC を別の形に変換・演出することで新たな楽しさを付与し，コンテンツを生成するモチベーションを促すような Web アプリケーションへの需要も広がっている．ここで筆者らは UGC を，Twitter，SNS，Blog に見られる各ユーザが自由な対象に対し自律的に発信するタイプと，Wiki に代表される複数のユーザが特定の対象に関して共通の記憶メディアとして構築するタイプに大別して考える．本稿では，特に後者のような形をユーザ参加型アーカイブ（User Generated Archive，以下 UGA）と呼ぶ．UGC から別の視覚情報を生成し，新たな楽しみを付与する先駆的なプロジェクトとして，「まる。てん. てん・=ほし★」[1] や「UNIQLO LUCKY LINE」[2] が挙げられるが，これらはいずれもユーザから自律的に発信されるコンテンツを対象とした Web アプリケーションである．

そこで本研究では，より多くの人の興味・関心を喚起し，コンテンツの生成・閲覧を促す UGA の実現を目指し，UGA を生成・閲覧するためのプラットフォームであると同時に，それ自体が新たな視聴覚情報を自動生成的に出力し UGA を演出するような機構まで含んだ仕組み,“ Hakalau Media ”を提案する．この仕組みを Firefox の最新技術である WebGL と Audio data API を用いた Web アプリケーションとして実装する．

Copyright is held by the author(s).

Tomoko Hashida，東京大学インテリジェント・モデリング・ラボラトリ,Daisuke Akatsuka，慶應義塾大学大学院政策・メディア研究科

2　Hakalau Media

2.1　概要

Hakalau Media は，Wiki をベースとして，より直感的にコンテンツを入力できる入力部と，Wiki に挙げられたコンテンツを直接的・間接的な視聴覚情報に変換・演出し，アーカイブの時系列的な変化を動的に観察可能とする閲覧部から構成される．ここで，Hakalau とはハワイ語で見えない「エネルギー・気」を感じたり，伝えたい「エネルギー・気」をまわりに漂わせる，というような意味を持ち，この音からは日本語の「計らう」も連想される．Wiki をベースにし，集まったコンテンツを演出して見せるメディアという意味で，このように命名した．

2.2　システム構成

図 1 に Hakalau Media の概要を示す．Wiki をベースにした入力部，ユーザから生成されるコンテンツの収集と管理を行うコンテンツサーバ，収集されたデータを保持するデータベース，コンテンツの直接的･間接的視聴覚化を行う閲覧部から構成される．

ユーザはまず，入力部ページでアーカイブの対象に関係するイベントのタイトル・日付・内容といったテキスト情報や画像を，マークアップ構造を意識せずに入力できる．タイトルの入力が開始されると，そのアスキーコードとキーの入力タイミングに応じて聴覚情報（旋律）が生成される．また入力されたコンテンツは日付順にこの入力部ページでもみられる．

次に，ユーザが閲覧部ページを開くと，その時点での全てのコンテンツをリアルタイムに反映した，動的な視聴覚情報を閲覧できる．アーカイブ期間内の日付が次々と進んでいくようなアニメーションと共に，アーカイブ対象に関する量的なデータの推移を示す視聴覚情報が背景映像・背景音楽として生成される（間接的な視聴覚化）．コンテンツがある日に

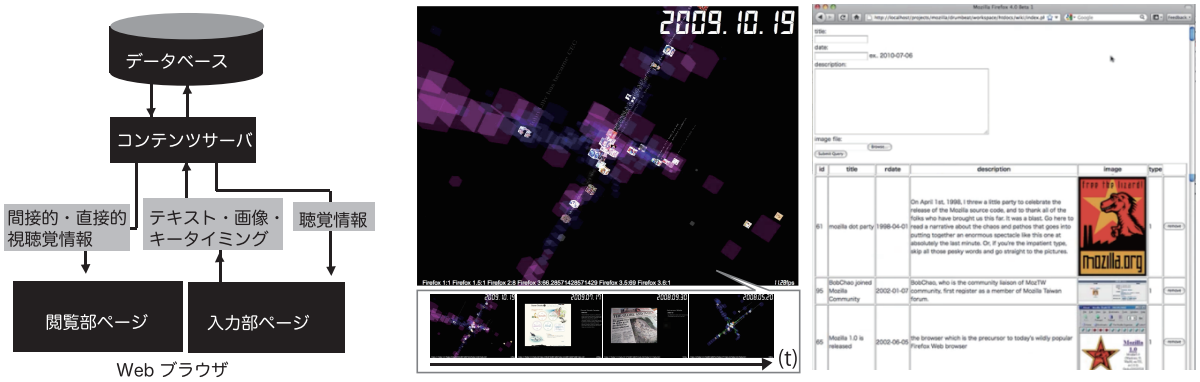


図 1. 左：システムの概要．右：Web ブラウザ上の閲覧部ページと入力部ページ例

は，画像やテキストといったユーザがあげたコンテンツにフォーカスした視覚情報と，入力部で生成された旋律が重ねて生成される（直接的な視聴覚化）．

間接的な視聴覚化により，ユーザはアーカイブの全体像をあたかも一続きの動画のように概観することができる．さらにデータの種類や量の増減によって，描画される要素，色数，波形の振幅値などが大きく異なるため，変化を直感的に観察することができる．一方で，直接的な視聴覚化により，自分が生成したコンテンツが演出される楽しさや，コンテンツが増えるほど，複数の視聴覚情報が重ねて生成され盛り上がる様子を体感することができる．

今回，このような Web アプリケーションを実現するために，Firefox の最新の技術である WebGL と Audio Data API を実験的に用いた．WebGl はプラグインを追加すること無しにウェブブラウザ上に 3D コンテンツを表示するための仕様である．Audio Data API はプラグインなしに音響データを再生・停止すること，音響データを取得して解析すること，音響データを生成することなどを可能にする仕様である．これらを用いることにより，Web ブラウザ上でネイティブ動作し，高速動作が可能な視聴覚効果の生成・演出を実現することができる．

3 プロトタイプ作製：「Mozilla Timeline」

3.1 概要

Mozilla Japan，Mozilla Foundation の協力を得て，「Mozilla Timeline」を題材とする Hakalau Media のプロトタイプを実装し，2010 年 7 月に開催された Mozilla Summit 2010 にて運用・展示を行った．2004 年から 2010 年の Mozilla Summit 当日までの Mozilla の活動に関係する自由なコンテンツを，本システムを通して生成してもらった．これらのコンテンツを基に閲覧部では直接的な視聴覚化を行った．一方で，間接的な視聴覚化のためのデータとしては，Mozilla の Web ブラウザ Firefox のバージョンごとのアクティブユーザ数を用いることにした．つまり，「Mozilla Timeline」に関わっているユーザ数という量的なデータを，間接的な視聴覚化では表すことにした．このデータに関しては事前に取得した．3 時間の展示で，46 個のコンテンツがユーザによって入力された．今回の仕様では，全て鑑賞すると 6 分程度必要だったにもかかわらず，一度閲覧部ページを前にすると，最後まで鑑賞して帰る人が多数見られた．さらに，様々なコンテンツを入力してどのように閲覧部ページに反映されるのかを注意深く観察する人，閲覧部ページで自分が生成したコンテンツが現れると歓声をあげる人など，このシステムを様々に楽しむ姿が見受けられた．あらかじめ用意された動画ではなく，ユーザの入力したコンテンツによってリアルタイムに動的な視聴覚情報が生成されるという仕組みに驚く人が多かった．

4 まとめと今後の課題

今後の課題として，多くのユーザからの要望であるウェブ公開を目指す．システムの拡張としては，今回はユーザが入力できるデータとしてテキストと画像に限定しているが，音声情報などにもその範囲を広げ，音声情報の解析に基づく閲覧部ページ上での視覚効果生成など，入力部で扱える情報の拡張と閲覧部の効果の充実を考えている．

謝辞

本研究を進めるにあたり，多大なるご助言・ご協力を頂いた瀧田佐登子代表理事はじめ Mozilla Japan，Mozilla Foundation の皆様に感謝申し上げます．

参考文献

[1] http://marutenten.jp/

[2] http://www.fashionsnap.com/news/2010-05-24/uniqlo-lucky-line/

建前のあとに

Real Intention that Comes After Polite Fiction

吉永 珠里　　宮下 芳明*

Summary.　空白文字は目に見えないテキスト表現である．本稿では，他人に知られたくない本音を空白文字で表現し，記述者本人のみが閲覧できるシステムを開発した．本音を記したテキストはローカルのファイルに保存され，その相対パスを全角・半角 Space の羅列に暗号化したものがクリップボードに送られる．ユーザはこれを SNS や Twitter 等のウェブサービスで「建前のあとに」貼りつけることができる．ブラウザの拡張機能によってこれを復号化し，記述者本人のみが本音を閲覧できる．HTML の書き換えを行っているため，画像や動画といったマルチメディアコンテンツを埋めこむことも可能である．

1　はじめに

プログラミング言語 Whitespace[1] のソースプログラムは，目に見えない．この言語は空白文字の Space・Tab・改行で構成されており，見ただけではプログラムが書かれていることすらわからないのである．Whitespace はその扱いにくさと，プログラムが長文になる欠点から実用的でないとされている．しかし筆者らは,「目に見えないテキスト表現」というアイデアについてはプログラミング以外で応用可能ではないかと考えた．

例えば，友人の目に触れるブログで薦められた映画の感想を，建前として「面白い」と書くしかないような場合，非公開用に別の記事で「つまらない」と本音だけを書いても，何がつまらなかったかわからない．つまり，本音と建前は一緒に書いてあることで本来の意味を持つと言える．ならば「面白い」と書いておきながら，その下の空白が自分が見た時にだけ本音に変化すれば，心置きなく本音を残せるのではないか．

そこで本稿では，他人に知られたくない本音を記述したファイルのパスを空白に変換して公開し，記述者本人のみが閲覧できるシステムを提案する．これにより本音の存在を他者に知らせずに，自分だけが閲覧可能な形でありながら，建前と同時に記述することができるようになる．

2　関連研究

mixi に代表される SNS サイトには，人と人とのつながりを支援するために日記やブログ機能を持つものが多い．ブログはコミュニケーション的役割を持ち，既存の人間関係を意識して構築されることが多いと山本ら [2] は述べている．したがって，人間関係を意識した結果，建前のために本音が排除されてしまうことはブログを書く際に直面しやすい問題と言える．

永田らは手軽に情報の公開範囲を操作できるツール Enzin[3] を開発した．公開範囲の操作により，個人的なメモ，メール，メーリングリストなど様々な形態としての機能を実現している．しかし，メッセージの一部だけに公開制限をかけることを想定していないので，その場合は変更を加えたメッセージを新規に作成する必要がある．また操作対象はメッセージのみで，動画や画像を扱うことができない．

増井は「界面潮流」[4] で，秘密の情報をパソコンで扱う際の問題として，ファイルの置き場所を忘れてしまうことを挙げている．提案システムでは，ファイルの作成から利用までの全てを自動で行うため，本音を記述したファイルそのものをユーザが意識する必要はなくなっている．

3　システム

本稿では他者に見せたくない記述を「本音」，誰にでも見える記述を「建前」と呼ぶ．記述者は本音と建前を一緒に書いて Web 上で公開できる．本音は他者に全角・半角 Space のみの空白として表示され，ブラウザへの拡張機能の導入により記述者には本音が見える（図 1）．

我々は上記を実現する本音を保存・暗号化するシステムと，復号化するシステムを構築した．図 1 に mixi の日記機能における動作例を示す．

3.1　本音の保存と暗号化

本音を保存・暗号化するシステムは，本音をローカルにテキストファイルとして保存し，そのファイルの相対パスを全角・半角 Space の羅列に変換したものをクリップボードへ送る． Space のみで構成されたテキストファイル名はそのまま Web 上で公開される．通常では，記述者を含めたすべての閲覧者

Copyright is held by the author(s).

* Juri Yoshinaga and Homei Miyashita, 明治大学 理工学部 情報科学科

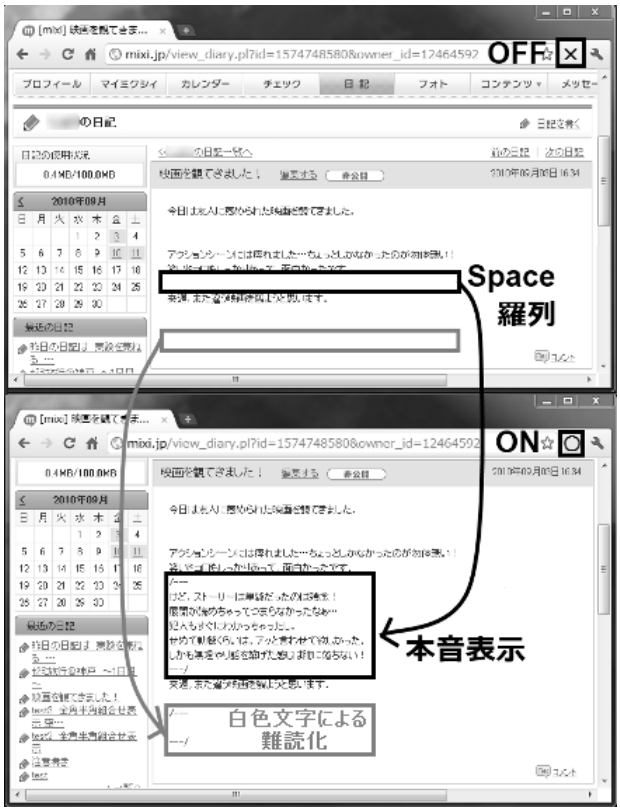


図 1. mixi の閲覧：記述者以外（上），記述者（下）

図 2. Twitter の閲覧：記述者以外（左），記述者（右）

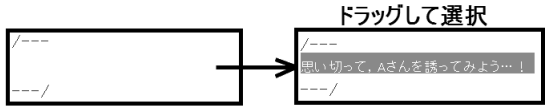


図 3. 白色文字による難読化

にファイル名が空白で表示され，たとえそれを第三者が復号化できたとしてもローカルファイルの相対パスしかわからないため，外部からは本音を表示することは原理的に不可能である．

3.2 復号化とブラウザ表示

本音を復号化するシステムは，ローカルから本音が保存されたテキストファイルを読み出して，暗号と置き換える．これはブラウザ Google Chrome の拡張機能として実装した．読み出されたテキストは，HTML ファイルの変換部分を書き換えることで記述者へ表示される．

3.3 発展的な使用法

本システムの復号部にあたる拡張機能は，HTML ファイルの書き換えを行っている．そのため，本音に HTML ソースを記述し，リンクや動画，画像を貼り付けることが可能である．これにより，テキスト情報としての本音にとどまらず，他人に見せたくない画像や動画をも埋め込んで表示することができる．図 2 は Twitter における動作例であり，上から順に動画，文字の装飾と画像を表示している．このように，本システムを用いれば，HTML タグの使用が禁止されているウェブサイトでも自由な表現が可能である．

また，図 3 は「自分の PC を他人が使う場合でも本音が見えないようにする」使い方である．本音を記す時に，を使用して白色の文字として表現しているため，Chrome 拡張を ON にした上でさらにその領域を選択して文字色を反転させないと読むことができなくなっている．

4 終わりに

本稿では，ローカルに保存した他人に知られたくない本音を記述者のみが閲覧できるシステムを提案した．これにより本音の存在を他者に知らせずに，建前と一緒に記述できるようになる．

今後は本システムの評価実験を行う予定である．mixi の日記や Twitter のツイートをはじめとした，情報を発信する際における有用性や操作性を検証する．また本システムの閲覧は Google Chrome の拡張機能として実装したので，本音の入力システムを同梱した状態で公開し，多くのユーザからの意見を集めることを検討している．

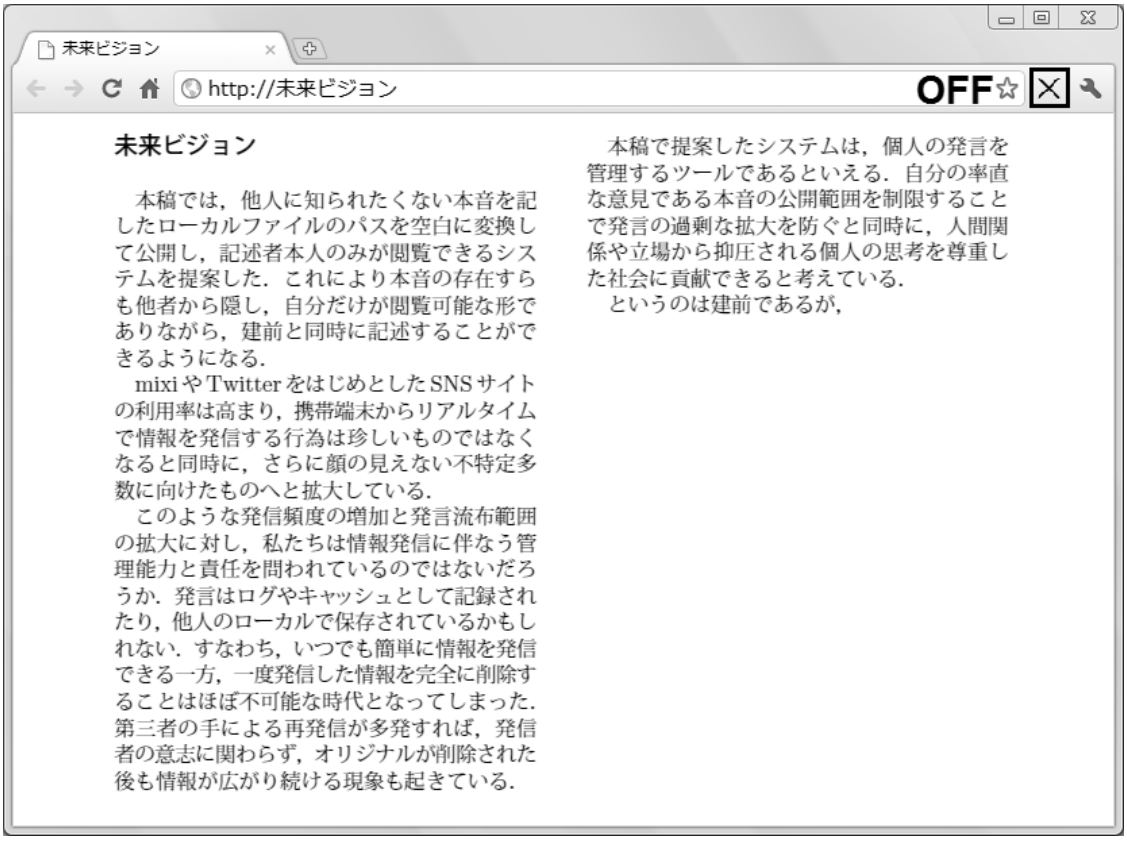
参考文献

[1] Whitespace. http://compsoc.dur.ac.uk/whitespace/.

[2] 諏訪 博彦, 山本 仁志, 山本 浩一. ブログ空間上のコミュニケーションスタイル. 経営情報学会 2007 年春季全国研究発表大会予稿集, pp. 112–115. 経営情報学会, 2007.

[3] 永田 周一, 安村 通晃. Enzin:情報の公開範囲を手軽に変更できるコミュニケーションツール. 情報処理学会論文誌, pp. 1134–1143. 情報処理学会, 2007.

[4] 増井俊之の「界面潮流」. http://wiredvision.jp/blog/masui/.



名所カム：撮影スポットを探し出すカメラ

GuideCam: A Digital Camera with Picture Spots Finder

渡辺千穂　後藤孝行　塚田浩二　椎尾一郎

Summary.　本研究では，旅先の写真撮影を支援するシステム “名所カム” を提案する．名所カムは，写真共有サイトの情報を利用して名所を抽出し，旅先の名所をユーザに提示し，撮影スポットまでナビゲーションするデジタルカメラである．本システムを旅行先で使用すると，他の人が撮影した写真を参考に撮影スポットや名所を知ることができる．現地で実際にどのぐらいの写真がどのように撮影されているのかを知ることで，ガイドブックにはない情報が得られ，ユーザの旅行経験を豊かにしてくれる．また，本システムは振動でユーザに名所の有無を随時伝えるので，名所を見逃しにくくなる．また写真撮影から Web へのアップロードまで全てを旅先で簡単に行える．本論文では，名所カムをスマートフォン（iPhone）上のアプリケーションとして実装した．

1　はじめに

旅先の様々な名所を訪れることは，旅行の楽しみの一つであり，多くの旅行者は自分が訪れた場所を形として残すために写真撮影を行う．しかし初めて訪れる名所は，どこから写真を撮れば綺麗に写るのか分からなかったり，道に迷ってたどり着けなかったりすることがある．また，常にカメラを意識するあまり十分に観光を楽しめないという場面がある．そこで本研究では，旅先の名所をさりげなく提示し，撮影スポットまでナビゲーションすることで，旅先の写真撮影を支援するシステム “名所カム” を提案する．

2　名所カム

観光地などには写真撮影に適した場所を示す看板が立てられていることがある．たとえば，米国と日本のディズニーテーマパークでは，それぞれ Kodak と富士フィルムが，撮影スポット（名所）を定めて看板を立てている．これにより旅行者は，観光地の重要なスポットの写真を見落とし無く撮影することができ，スムーズに観光を楽しめる．このように，初めてその場所を訪れた一般旅行者がロケーションハンティングを行うことは難しいため，写真撮影のお薦めスポットを知らせるサービスの需要が大きいことがわかる．そこで本研究では，前述の名所看板を電子化することを考えた．電子化により物理的に看板を設置せずにあらゆる場所で利用可能になるとともに，名所情報を利用者でスムーズに共有することが可能になる．

本システム名所カムの概要を図 1 に示す．本システムは写真共有サイト Flickr の情報を利用し，iPhone で稼働する．Flickr には，撮影緯度経度が記録された写真が多数公開されている．これらの情報を元に，ユーザの現在地付近の名所を探し出し，ユーザに提示する．通知方法は，iPhone のバイブモータを採用した．振動による情報提示は，視覚メディアに比べて日常生活のタスクとの平行性が高く，聴覚メディアと比べて周囲の環境に影響されにくいため，旅先での本来の目的である自由な観光を阻害しにくいと考えた．

なお本システムでは，Flickr 上に過去の一定期間に継続して写真撮影が行われている箇所を名所として定義した．一般的に言われる名所とは必ずしも一致しないが，一方で，ガイドブックには載っていない隠れた名所を発見できる可能性もある．

また，旅先から撮影した写真を自動アップロードする機能により，自動的に旅行記ブログなどを更新できる．写真を撮った時にコメントやスコアを付けることにより，ユーザの視点に立ったお薦め度を記録することもできる．現在のシステムでは写真に付けられたコメントやスコアは考慮していないが，将来はこれらを活かしてよりユーザの好みに合った名所を提示する機能を提供する予定である．

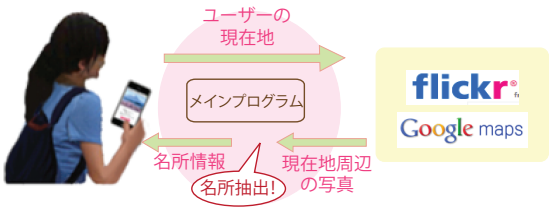


図 1. 本システムの概要

Copyright is held by the author(s).

Chiho Watanabe and Itiro Siio, お茶の水女子大学大学院人間文化創成科学研究科, Takayuki Goto, 総合研究大学院大学, Koji Tsukada, お茶の水女子大学 お茶大アカデミックプロダクション／科学技術振興機構 さきがけ

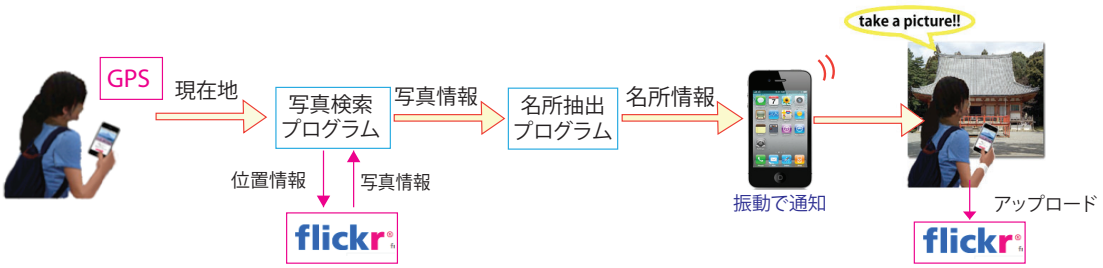


図 2. 本システムの構成図

3 実装

本システムの構成図を図 2 に示す．プロトタイプは iPhone 上に実装した．iPhone の GPS 機能を使い，ユーザの現在位置を取得している．名所情報は，ユーザの現在位置周辺の，Flickr 上に登録された geotag（緯度／経度情報）付き写真を検索することで作成する．具体的には，現在位置を中心にした 1 辺 4km の正方形領域を，1 辺 400m の正方形からなる 100 の小領域に分け，小領域の中で，過去 2 年以内に継続して写真が 20 枚以上撮られている箇所を名所として定義している．各変数は，Flickr に登録された東京都内の geotag 付き写真枚数を考慮して設定した．そこで，名所候補が見つかった場合，iPhone のバイブモーターを駆動して，ユーザに名所の存在を通知する．そこでユーザが iPhone を取り出すと，名所として抽出された場所で過去に撮影された写真が表示される (図 3)．

ユーザは，写真をタップすることで同一名所内の写真を写真の横にある Next，Prev ボタンで名所を切り替えることが出来る．名所候補地の総数は写真の右側に提示され，各名所の位置は画面下部の GoogleMap 上に示される．

ここで，ユーザの現在地は青い丸，現在選択されている名所は赤いピン，その他の名所候補は紫ピンで示される．ユーザはこの地図とピンの配置から，周辺の名所状況を手軽に知ることが出来る．

なお，画面一番上の Update Automatically ボタンは，こうした名所抽出の作業を一定期間おきに自動で繰り返すモードのオン／オフを切り替える．

目的地に到着したユーザが写真撮影を行うには，以下のようにする．図 3 中の snap ボタンを押すとカメラの撮影モードになり，スムーズに写真撮影を行うことができる．ユーザは気に入るまで写真の取り直しができ，気に入った写真を Flickr にアップロードできる．その際に，緯度経度情報は自動的に付加される，さらに必要に応じてタイトル，コメント，評価などのタグを追加する．Flickr にユーザが撮影した写真をアップロードすることで将来的に名所撮影スポット情報の拡充につながり，ユーザにより多様な情報を提示することが可能になる．最後に，名所カムの利用例を図 4 に示す．

図 3. 本システムの画面

図 4. 名所カムの利用例（Finland Ylivieska にて）駅舎，クリスマスツリーなどが名所候補として表示された．

4 関連研究

新しい写真撮影を行うシステムとして，SenseCam や WillCam などが存在する．SenseCam は首からぶら下げておくと，一定間隔で自動撮影が行われるライフログ用のカメラである [1]． WillCam は写真撮影時の撮影者の興味を視覚化し写真に付加することで，写真をリッチにすることができる [2].

写真共有サイトの情報を利用している研究として，その後が届くフォトツール photocatena が挙げられる [4]．photocatena では，自分が写真撮影を行った場所で，その後誰かが写真撮影を行うとその写真がユーザのもとに送られてくるシステムである．名所カムでは，写真共有サイトに多数アップロードされている緯度経度付きの写真情報を利用して，ユーザの近くにどのような写真があるのかをリアルタイムで検索することができる．また，SONY の GPS-CS3K は旅行から帰ってきた後に，旅の写真を Web 上の緯度経度と同期するシステムである [3]．

本研究では，旅行者に負担が少ない範囲で，名所情報を通知することができ，観光を楽しみながら写真を撮ることを目的としている．

5 まとめ

旅先で名所をさりげなく提示し，観光地でのロケーションハンティングをスムーズに行うことで，旅先の写真撮影を支援するシステムを iPhone に実装した．本システムにより，Flickr などの写真共有サイトでの撮影スポットの情報を旅行中に簡単に知り，撮影を行うことが出来る．また写真撮影から Web への自動アップロードまで全てを簡単に行うことができ，ユーザは旅行を楽しむことに集中できる．実際に多くの旅行者が本システムを利用し，Flickr にアップロードすることにより名所撮影スポット情報の拡充ができると考えている．今後は写真撮影時にユーザのコメントや評価を付加し，ユーザの好みに合わせた名所を提示していくと共に，旅先の実際の時間／季節に合わせて適切な推奨を行えるようにする．また，他のユーザとの情報を共有し，ユーザ間の関わりを築いていけるようなシステムの実現を目指したい．

参考文献

[1] Sellen, A., Fogg, A., Hodges, S. and Wood, K. Do life-logging technologies support memory for the past? An experimental study using Sense- Cam. Proceedings of ACM CHI '07，pp.81-90

[2] 渡邊恵太，塚田浩二：WillCam:撮影者の興味を視覚化するデジタルカメラ，情報処理学会インタラクション 2008 論文集，pp.192-193

[3] sony GPS-CS3K：http://www.sony.jp/gps/ products/ GPS-CS3K/，2009

[4] 竹下さえ，赤塚大典，筧康明：その後が届くフォトツール photocatena の提案，インタラクション 2010（デモ発表）

未来ビジョン

旅行の本来の楽しみとは知らない言葉や習慣，文化を持つ人々に出会うことである．さらには，そのような自分の旅の軌跡を残しておくことも旅行の楽しみの一つといえる．このような理由から多くの人は，旅行中に写真を撮る．しかし，知らない場所ではどこから写真を撮ればいいのか分からず，頭を悩ますことが著者自身よくある．「カメラが “ここから撮ればいいよ，たくさんの人がここから撮影してるよ” と教えて欲しい」という著者自身の思いが，本研究を始めたきっかけだ．本研究は，楽しいことをするための “ほんの少しの面倒くさいこと” の面倒くさい部分をカメラ（日用品）に任せてしまおうというモチベーションで行ってきた．“楽しいこと” と “面倒なこと” はセットで存在する．例えばご飯を食べる楽しみと，後片付けである食器洗いをするという面倒なことがあり，主婦は，この後洗わなければいけない大量のお皿のことを考えてしまう．この，“ほんの少しの面倒なこと” がなくなるだけで，人はより快適で楽しく生活できる．そのような未来を目指している．

また本研究では，Flickr 上の geotag 付き写真に知的処理を加えることで，多数の写真が撮影されている場所を「名所」として提示する．

本機能は現在は iPhone 上で実装されているが，本来は日用品としてのデジタルカメラが備えているべき機能の一つであると考えている．その結果，今までは写真を撮るためのツールでしかなかったカメラが，Web 上のデータを元にユーザに有益な情報を提示する機能を備えることになる．さらに今後は，デジタルカメラのようなコンピュータ組み込み日用品が，まさに人々が知識を必要とする場面で，タイムリーに Web から知識を抽出し，教えてくれるような時代になると考えている．我々の提案手法はシンプルではあるが，こうした来るべき未来の礎となると信じている．

今後は，カメラ以外の多様な日用品も含めて，シンプルな知的処理とユーザ・インタフェース技法を組み合わせて，ユーザに有益な情報をタイミング良く提示する日用品の実現を目指す．

作業の継続と振る舞いの矯正の両立を目的とした通知手法

A notification method on PC desktop to balance between the continuation of work and the modification of posture

菊川 真理子　　金井 秀明*

Summary.　我々の生活の中には，状況の変化に対応しなければならない場面が多々存在する．その中でも，集中して作業をしている間は状況に対応している間も作業の手を止めたくない．本研究ではそのような状況の一つとして自室でのPC作業時における姿勢悪化状況を挙げる．机上作業において，作業効率は作業者の集中力によって大きく変化する．作業中に画面の詳細を見ようとしたり，単なる癖で顔が作業画面に近づくという場面が見られるが，このような行為を無自覚のまま長年続けると視力の低下・骨格の歪みを誘発する．本研究では，PCデスクトップ上のユーザの作業の継続を妨害せずに，姿勢を矯正するシステムの開発を目指す．本論文では，そのための情報通知手法を検討する．PC上では様々な操作が並行して行えるため，各操作に適した通知手法を考慮し，どのような通知手法ならば作業を継続したまま姿勢の矯正が可能なのかを考察・検討する．検討の際，比較対象として姿勢の悪化によって姿勢悪化の原因を排除する処理と作業を中断させる処理を用意し，どの手法が最も姿勢維持時間と作業量を多くできるかを計測する．

1　はじめに

ユーザにある状況の変化を通知するシステムは，ユーザが行っている作業を一時的に中断させ，ユーザの意識を通知システムへ向けさせることで成り立っている．一方，我々の生活では作業が中断されることで作業能率が低下することがある．本研究ではそのようなシーンの一つとしてPC上での作業を取り上げる．

本研究ではPC上での作業中に通知するべき情報として姿勢の悪化を取り上げる．正しくない姿勢でPCを操作した場合，本人の自覚が無いままじょじょに視力や均整のとれた身体が失われていく [1]．自らの姿勢に対して本人が自覚を持つことは難しく，周囲の人間の注意によって一時的に姿勢は改善される．単純なアラームやLEDの点滅によってユーザに姿勢の悪化を通知するシステムがある [2]．人は集中対象との関係の薄い変化を気づきにくい傾向 [3] にあるため，そのような作業と関連性のない通知方法では，ユーザがその通知に気づかない恐れがある．作業中のユーザに対して作業対象に干渉をして強制的に注意を向けさせるシステムがある [4]．姿勢の変化は無意識のうちに幾度も発生するため，作業への干渉が頻発化し，作業に対するモチベーションを低下させ，結果として作業効率の低下につながる [5]．また，アラームを出すのでなく，姿勢悪化の要因を取り除くシステムがある [6]．姿勢悪化の要因は複合的なものであるため，1つの要因を取り除くだけでなく，ユーザ自身に現在の姿勢状況を認識させることが重要である．ユーザが集中を向けている作業に関係した通知手法が適していると考え，ユーザが行っている作業や操作に応じて姿勢の通知手法を変更する．例えば，タイピングによるドキュメント編集ではタイピング操作に姿勢情報を埋め込み，またポインティングデバイスによる作図では，ポインティングデバイス操作に姿勢情報を埋め込む．

ユーザの反応に着目した通知手法の研究として，危機の発生源に危機を伝えて自粛させる研究 [7] やユーザ自身に姿勢提示の意味を考える余地を与える研究 [8] がある．本研究では，作業中断の防止という観点から通知手法を確立する．

2　提案システム

本研究では作業の継続と振る舞いの矯正の両立を目的とした通知手法を検討する．PC作業時における姿勢の悪化情報を提示する手法を検討し，作業集中時における適した情報提示手法として提案する．

提案するシステムは図1の流れで動作する．流れは大きく (1) ユーザの姿勢が変化する，(2) 姿勢を検出する，(3) 姿勢の変化を通知するという3つの部分に分かれる．(1) では，ユーザが姿勢を変化させることでシステムのトリガーとなる．本研究では視力，背筋の観点からPC画面とユーザの顔が近づいている場合を姿勢が悪化している，遠く保たれている場合を姿勢が良い状態であると判断する．(2) では，ユーザの姿勢変化をシステムが検知する部分である．本研究ではPCに付属しているカメラから姿勢を検知する．(3) では，ユーザに対し姿勢の変化を通知する．図中では提案する通知手法の一例と

Copyright is held by the author(s).

* Mariko Kikugawa, 北陸先端科学技術大学院大学 知識科学研究科, Hideaki Kanai, 北陸先端科学技術大学院大学 知識科学教育センター

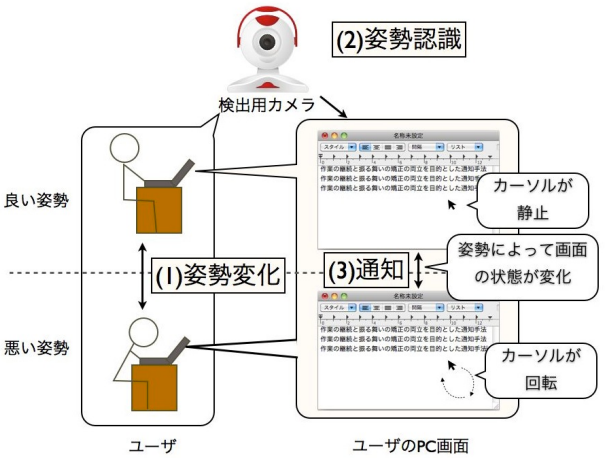


図 1. 提案システムの流れ

してテキスト編集時にカーソルが自動的に回転移動している．通知手法についての具体的な説明は後の段落で述べる．

集中している人間に対し確実に通知を伝えるために，本システムでは 2 つの通知方法を用意する．どちらの通知手法がより認識しやすく，更に煩わしく無いかを次章の評価実験で検討する．一つはユーザが PC に対して行う操作･入力をシステムが制御する手法である．作業によって主に使用されるユーザインタフェースは異なる．あまり使用されないユーザインタフェースをシステムが制御することで，作業の継続を可能とする．ユーザが入力していない操作が行われることで生じる違和感を通知として利用する．もう一つはユーザが PC から受け取る出力に変化を与える手法である．出力の際，マウスカーソルの速度や画面の明るさなど様々なパラメータによってユーザが受け取る出力結果は調整される．そのような出力を制御するパラメータをシステムによって制御する．ユーザの作業に干渉しないことで作業の継続を可能とする．出力結果から生じる違和感を通知として利用する．また，本システムではユーザの作業を大きく (1) タイピング作業，(2) ポインティングデバイスを用いる作業，(3) 聴覚を主に用いる作業，(4) 閲覧の 4 つに分ける．

各通知手法と作業に対し，システムは表 1 のようにして姿勢悪化の状況をユーザに通知する．タイピング作業における編集内容の操作ではカーソルの使用頻度は低いため，カーソルの座標に対して常に操作を加えることでユーザの作業に干渉せずに目を引くことが可能となる．もう一方の手法では，タイピング結果が反映されるまでの時間を調整することで作業に干渉せずに違和感を与えることが可能となる．他の作業に対しても同様の基準で通知手法を決定した．

表 1. 各作業時における各姿勢提示手法の対応表

	入力の制御	出力の制御
作業 1	カーソルが円を描く	キー入力の反応速度を調整する
作業 2	shift キーが入力される	カーソルスピードを変更する
作業 3	音量が小さくなる	イコライザを調整する
作業 4	全範囲を選択する	コントラストを変更する

3 評価手法

どの通知手法が作業を継続と姿勢の改善を両立可能かを 2 つの視点から評価する．1 つはどの手法が本研究の目的を果たすかという視点から，前章で述べた各手法を用いて並行作業を行う．提案手法以外に村上らが提案した手法 [4] や Harrison らが提案した手法 [6] との比較を行う．もう 1 つはユーザにとって煩わしくないタイミングの検討という視点から，作業量の計測結果に準拠した姿勢提示と常時姿勢提示のどちらが適しているかという検討を行う．作業量が多い時にのみ姿勢提示を行うことで，ユーザが適度に休憩をし，姿勢の完全固定による害を抑制可能になるという結果が期待できる．

4 まとめ

本研究では作業の継続と振る舞いの矯正の両立を目的とした通知手法を検討した．PC を用いた作業時における姿勢悪化状況の通知手法を検討し，得られた知見から作業集中時における適した通知手法を考察する．PC 上の作業においては並行作業が可能であることを考慮し，ユーザが行っている作業に影響を与える通知手法を提案した．各作業に直接的な妨害を感じない程度の違和感を与える．姿勢悪化の原因を機械的に排除する処理と作業を妨害する処理との比較を行い，作業の継続と姿勢の矯正が両立されているかをを評価する．

参考文献

[1] 高橋 ひとみ,「箸の持ち方」「鉛筆の持ち方」と「姿勢」と「視力」の関連, 桃山学院大学総合研究所紀要,30(2),pp.1-11,2003.

[2] サンコー株式会社, サンコーレアモノショップ【VISOMATE USB 姿勢矯正アラーム】,http:www.thanko.jpproductusbbodycare visomate.html#introduction,2010.

[3] Tom Sta ord,Matt Webb, 夏目 大,MIND HACKS, オライリー・ジャパン,p159-161,2005.

[4] 村上 遥, 藤原 康宏, 村山 優子, 危険アウェアネスのための不快なインタフェースの実装, 情報処理学会

インタラクション 2009,2009.

[5] 寺野 真明, 杉浦 敏浩, 川瀬 貴晴, 橋本 哲, 中村 政治, 近藤 靖史, 室内環境の改善によるプロダクティビティ向上に関する調査研究 (第 2 報),pp.653-656,2003.

[6] Harrison, Chris and Dey, Anind K. Lean and Zoom: Proximity-Aware User Interface and Content Magnification,*CHI 2008 Proceedings*,pp.507-510,2008.

[7] Mike Schneider,Sara Kiesler,CallingWhile Driving:E ects of Providing Remote Traffic Context,*CHI 2005*,pp.561-569,2005.

[8] 宗官 祥史, 稲川 暢浩, 品川 徳秀, 江木 啓訓, 藤波 香織, 危険情報の提示による化学実験の安全技術向上支援原理の基礎検討, 情報処理学会インタラクション 2010,2010.

未来ビジョン

我々の生活中には，数多くの「意識の集中が必要な作業」が存在する．例えば，聴講などは意識の維持によって理解度に大きく差が出る．片付けなども，始めたころの意思を保たなければ途中で投げ出してしまいたくなる．このような作業が多く存在する中，これまでの作業中に行われるアウェアネスシステムではいかに警告へと目を向けることをメインとしてきた．しかし，先ほど述べたような作業中では作業中に無理矢理意識を引き戻すということはユーザの目的を妨害してしまうことになる．ユーザが作業に没頭していられる事を考慮したアウェアネスが必要とされていると思い，本研究では作業を中断せずに警告を認識・処理できる手法を提案する．

本研究で得られた結果を抽象化することで他の作業を対象としたシステムでも作業を中断させずにユーザにとって悪影響となる振る舞いを正すような情報提示が可能になる．そうなることで，本研究で見いだした手法がユーザにとって作業没頭時の助けになると考えている．

また，本研究ではシステムをユーザがどのように受け止めるかという点に着目している．現在，ユーザを補助する目的で作られたにもかかわらず結果としてユーザの妨害をしてしまうといったシステムが存在する．そのようなシステムが存在する理由としては，ものつくりの観点としてシステムがどのような機能をもつかということばかりに注目が集まり，ユーザがシステムをどのように使うかということにあまり注目が集まっていなかったからだと考えられる．

本研究はユーザがシステムの通知に対しどのような反応を返すかを最大の課題としている．本研究を進めた過程が「ユーザにとって受け止めやすいシステム」を作るためには何が必要であるかという一つの事例になれば幸いである．

予感テーブル：著名人との出会い支援システム

ForeTable for Notables: An Intermediary System between Notables and People

元良 龍太郎　　藤沢 和哉　　安村 通晃

Summary.　成長のきっかけを得るために、活躍する著名人との出会い求める人が多い。現在、トークショーの告知など著名人と出会うための情報は Web 上の各所に散らばっており、私たちはニュースサイトや口コミ、著名人本人の Web ページなどを巡回して必要な情報を探さなくてはならない。Web ページを毎日丁寧に見ることは非常に面倒で、つい見落としてしまうことも多く問題である。本研究では、成長を望む人々が、著名人と出会う機会をより多く生み出すことを目的として、Web 上に散らばる著名人の登場情報を抽出・収集し、卓上にてユーザーに新着を通知するシステム、予感テーブルを設計・実装した。

1　はじめに

私たちは、日々成長のきっかけを探している。なかでも活躍する著名人との出会いは、知識やノウハウだけでなく、多くの刺激に溢れているため絶好の機会といえる。現在 Web 上には、トークイベントの告知など、著名人と出会うための情報が溢れている。しかし、それらに焦点をあてた Web サービスは存在しない。そのため、私たちはニュースサイトや口コミ、著名人本人の Web ページを巡回して必要な情報を探さなくてはならず、非常に面倒かつ、見落としてしまうことも多く問題である。また、本来常に新着情報を確認することが望ましいが、目当ての人物について毎日検索をしたり、情報サイトを毎日丁寧にチェックすることは困難である。

そのため、著名人の登場情報を収集した Web サービスの作成と、日常生活内に Web へ誘導する入り口を設けることが課題である。本研究では、成長を望む人々が、著名人と出会う機会をより多く生み出すことを目的として、予感テーブルを設計・実装した。

2　予感テーブル

予感テーブルは、Web 上に散らばる著名人の登場情報を抽出・収集し、卓上にてユーザーに新着を通知するシステムである。本システムはユーザーが継続的に使用をすることで効果があるため、ストレスなく毎日欠かさず情報収集をできるシステムであることを設計方針とした。以下、システムの Web 部分と机部分の機能について説明する。

Copyright is held by the author(s).

Ryutaro Motora and Kazuya Fujisawa, 慶應義塾大学大学院 政策・メディア研究科, Michiaki Yasumura, 慶應義塾大学環境情報学部

2.1　システムの Web 部分

本研究では、著名人と出会える機会として、トークイベントに着目をした。Web 上から 3ヶ月先までのトークショー・講演会情報を自動で収集し、日付順に一覧表示する Web サービスを作成した（図 1）。トークイベントのタイトル/日程/出演者の基本情報に加え、ユーザーの判断指標となるよう、出演者の専門分野、注目度を加えて表示した。なお情報は 24 時間に一回更新をする。

図 1. Web サービスのスクリーンショット。トークイベント情報を一覧で見ることができる。

2.2　システムのテーブル部分

机部分は、ユーザーを日常生活から Web ページへと誘導することが目的である（図 2）。著名人が身近にやってくることを感覚的に通知するため、本研究では、質量の大きい物体が移動をすると地響きで付近のものが振動する、というメタファーを用いた。卓上に用意されたコースター部分に、コップを置くと、コップが振動し水面が揺れる。新着のトークイベントの注目度によって揺れの様子が、出演者の専門分野によってコースターの色が変化する仕組

みとなっている。ユーザーは、朝食や夕食の際に卓上にて著名人が迫る様子を感じ、通学・通勤、就業時に細かい情報を Web ページでチェックするといった場面を想定した。

図 2. 予感テーブルの外観、コースター部分にコップを置いて使用する。

3 予感テーブルの実装

本章では、予感テーブルのソフトウェアとハードウェアの実装について述べる。

3.1 ソフトウェア

著名人のトークイベント情報を取得するため，マイクロブロクサービスの Twitter[1] を利用した。Twitter が提供する Search API に「トークショー」「講演」というキーワードが含まれるツイートを取得した後、日付ごとにツイートをまとめた [3]。

次に、リツイートや，同じ内容を指すツイートをグループ化する必要があるため、ツイート同士の類似度判定にベクトル空間モデルを適用した。各ツイートに対して形態素解析を行い、全名詞数を特徴ベクトルの要素数，各名詞の出現回数をその要素の重みとすることで特徴ベクトルを作成した後、ベクトル化されたツイート同士のコサイン値を類似度とし、階層的クラスタリングの最短距離法により併合を行った。類似度が閾値未満になるまで併合を繰り返し、クラスタリングが終了した時点での各クラスタを一つのイベント情報として扱った。この時、各クラスタ中のツイート数を注目度として定義した。

最後に、各イベント情報から人物とその人物のカテゴリ、イベント名を抽出した。各ツイートに対して形態素解析を行い、名詞の組み合わせが人姓と人名の場合のみ人物として抽出した。人物検索エンジン”あの人検索 SPYSEE[2]”より当該人物のタグ情報を抽出し、予めシステムが決定したルールによりタグからカテゴリを振り分た。イベント名はツイート中に含まれている URL にアクセスを行い，HTML ソースの Title タグの中身をイベント名として抽出した。

予感テーブルには注目度とカテゴリの情報が反映され，実際の Web サービスではイベント名、日付、人物、カテゴリ、注目度を表示する。

3.2 ハードウェア

ハードウェアの構造を図 3 に示した。予感テーブルのハードウェアには、市販の木製テーブル (100mm x 70mm x 70mm) を使用した。天板上に上げ底をして、内部に機構を組み込むスペースを確保した。拡張した机の内部に、DC ソレノイド（12V）を用いた振動機構および、3M 社製ポケットプロジェクタ（MPro120）を用いた色の投影機構を実装した。コップのが乗っているか否かの検出および、DC ソレノイド、色の投影の制御には Arduino を用いた。

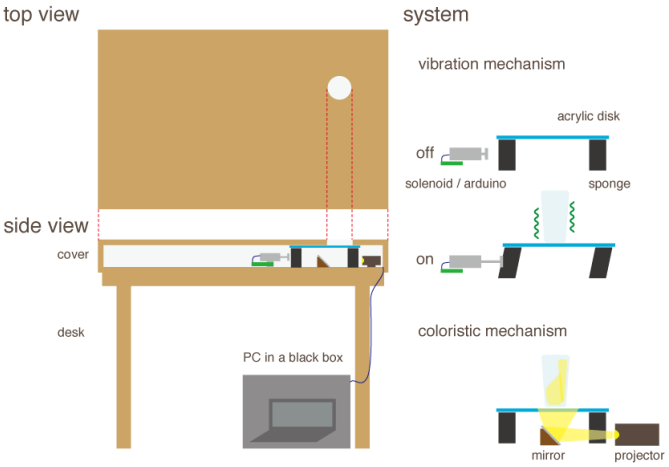


図 3. ハードウェアの構造

4 おわりに

本研究では、著名人と出会い成長する機会を増やすことを目的として、著名人のトークショーを収集した Web サービスおよび、新着情報を卓上のコップの振動にて通知するシステム、予感テーブルを設計・実装した。現在、著名人と出会う機会を得るためには、ニュースサイトや口コミ、著名人本人の Web ページを巡回して必要な情報を探さなくてはならず面倒である。また、毎日継続的に Web をチェックすることも面倒でつい大切な情報を見逃してしまう。予感テーブルは、著名人の登場情報を Web 上から収集し一覧表示した上で、その Web サービスへの入り口を日常生活内に設けたため、ユーザーがより快適に大物との出会うきっかけを得ることができる。今後は、ユーザーの嗜好にあった出会いを提供できるようパーソナライズ化を目指していきたい。

参考文献

[1] Twitter. http://twitter.com/.

[2] あの人検索 SPYSEE. http://spysee.jp/.

[3] 金澤 健介, AdamJatowt, 小山 聡, 田中 克己, Web からの明示的・暗示的な将来情報の抽出 (O), DEIM Forum 2010 A9-1

未来ビジョン

現在、Web 上には様々な有益情報が溢れている。今後、それらは種類、量ともに爆発的に増え、広く遍在することが予想される。その際、毎日確認するべき Web ページは増え、リンクをたどったり、キーワードを変えて検索をしたりと、丁寧に情報収集することは今以上に困難となる。そのため、未来の情報社会では、遍在した情報を目的に沿って自動で収集すること、それを日常生活内でさりげなく通知し、取捨選択の補助、見落としの防止、Web をチェックしないことへの不安感の軽減をすることが求められると考える。

本研究ではそうしたコンセプトを、「著名人との出会い」を例に提案した。「著名人の登場情報」は成長のきっかけを求める人々にとって、ひとつたりとも逃したくない情報である。しかし、現在でもすでに、これらの情報はニュースサイトや著名人本人の Web ページなど各所に偏在しており、マイクロブログなどが情報の偏在化を加速させている。当然、一つ一つを丁寧に探し出すことは困難である。

予感テーブルの Web 部分はこうして偏在する情報を収集し、必要情報だけ抽出しユーザーに見やすい形で表示したものである。テーブル部分は、ユーザーが快適に情報へアクセスするための日常生活内に用意された入り口である。

未来の情報社会にはこうした仕組みが必要であると考える。

時間感覚の錯覚を用いた意思決定支援システムの提案

A Proposal of A Division Support System using Illusion of Time Sense

堀内 公平*

Summary. 本研究は時間をプログラマブルにすることを目的とする．人間は歳を取ると時間の流れを速く感じる，というジャネの法則から分かるように，人間の時間感覚とは絶対的ではない．人間の時間感覚は五感に対する刺激などの環境条件によって錯覚させられる．時間感覚が相対的である以上，人間の一日は 24 時間である必然性は無く，感覚的に 1 日を 48 時間として過ごすことも可能なはずである．また人間の生産性のボトルネックは，その処理能力だけではなく，集中力の欠如や怠慢による意思決定プロセスの効率低下が大きな割合を占める．人間は，締め切りを意識すると意思決定プロセスを改善し，作業効率を向上させるという性質を持ち，一般的にこの効果を〆切前効果と呼ぶ．本研究では，時間感覚を錯覚させることによって人間の〆切前効果を意図的に誘発させ，作業効率を向上させるシステム HizumiTokei を提案する．ユーザは，意思決定をベースとする作業を本質的により短い時間で終わらせ，余った時間を別の作業に充てることができる．本研究の大局的な目的は，時間の無駄をなくした濃密な 1 日を演出し，感覚的に 1 日を 24 時間以上にすることである．短中期的な目標は，人間の時間感覚の錯覚をコントロールすること，〆切前効果を意図的に誘発し単位時間当たりの作業効率をアップさせること，時間感覚の錯覚によって余分に生じた時間を別の楽しい作業に割り当てることである．

1 はじめに

1.1 背景

1 日，1 ヶ月，1 年などの期間を表す意味での時間について，時間は絶対的な時間と相対的な時間に分けられる．絶対的な時間とは万国共通で等しい長さの時間のことであり，国際単位系では「1 秒はセシウム 133 原子 (133Cs) の基底状態にある二つの超微細準位間の遷移に対応する放射の 9,192,631,770（約 100 億）周期にかかる時間」と定義されている [1]．一方で，相対的とは環境などによって時間幅の感じ方が変わる時間のことである．ここでいう相対的時間とは物理学の相対性理論のような物体の速度によって時間幅が変わるという法則のことではなく，人間が感覚的に感じる時間の長さを指す．

人間には時間の流れを知覚する時間感覚が元来備わっている．しかし，人間の時間感覚とは絶対的な感覚ではなく，環境から容易に影響を受け錯覚させられる不安定な感覚である．有名な例では，ピエール・ジャネによるジャネーの法則がある [2]．ジャネーの法則とは，人間は歳を取ると時間の流れを早く感じるというものである．また，一川ら [3] は，五感の刺激が多いほど人間は時間の流れを速く感じると述べており，特に視覚刺激と聴覚刺激のそれぞれが人間の時間感覚にどのような影響を与えるかを実験によって評価している．一川らは，実験においては，視覚刺激を受けた殆どの人間は時間の流れを速く感じた．聴覚刺激については，被験者によって結果はまちまちであり，一貫した結果は得られなかった．

また，人間には，締め切りを意識することにより，より高いパフォーマンスを発揮できるという普遍的な性質がある．この効果を一般的に〆切前効果と呼ぶ．〆切前効果の前提として，人間の作業のボトルネックの一つが意思決定プロセスにあるということが言える．意思決定プロセスとは，ある決断をする上で迷ったり悩んだりする行動のことである．〆切前効果の原理とは，〆切を意識することにより集中力が増し，意思決定プロセスが通常時よりも迅速に行われることによる作業効率の向上である．

1.2 目的

本稿では，時間感覚を錯覚させることによって〆切前効果を意図的に誘発させ人間の一日を感覚的に 24 時間以上に伸長し，作業効率を向上させるシステムを提案し，そのいくつかの機能を実装したプロトタイプについて説明する．

本研究の大局的な目的は，世界の絶対的時間概念を破壊し，人間の 1 日を相対的に 24 時間以上にすることである．短中期的な目標は，人間の時間感覚を錯覚でコントロールすること，時間を伸縮し〆切前効果を意図的に誘発させ人間の意思決定をサポートし結果として単位時間当たりの作業効率をアップさせること，そして時間感覚の錯覚によって余分に生じた時間を別の楽しい作業に割り当てられるように管理することである．

Copyright is held by the author(s).

* HORIUCHI Kohei, 電気通信大学 総合情報学専攻

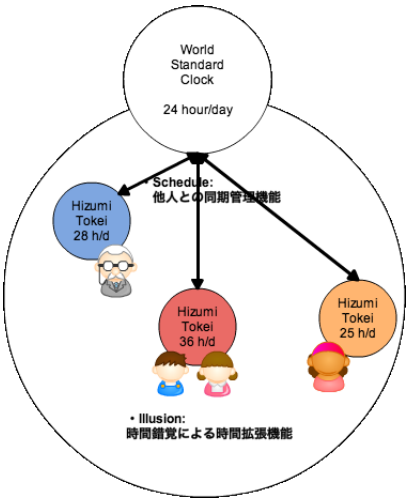


図 1. HizumiTokei の概要図

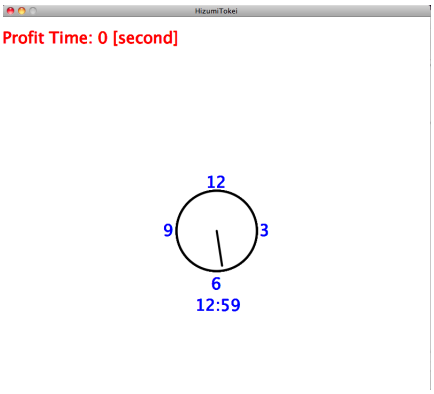


図 2. HizumiTokei の実行画面図

2 HizumiTokei の提案

2.1 概要

本研究では，時間感覚を錯覚させることで位置決定プロセスを含む作業を実質的に高速化し，人間の一日を感覚的に 24 時間以上に伸長することによって，作業効率を向上させるシステムである HizumiTokei を提案する．HizumiTokei は”Time is programmable”のコンセプトを実現するシステムであり，人間の時間感覚の錯覚を用いて時間を伸縮したり巻き戻したり管理したりする．HizumiTokei の基本機能は，複数種類の感覚刺激により時間感覚の錯覚を生じさせる Illusion，プールされた拡張時間を管理する Scheduling，時間を仮想的に巻き戻す Reverse の 3 つである．(図 1) は HizumiTokei の概要図を表している．各ユーザはそれぞれの主観的な時間の中で生活し，HizumiTokei が必要に応じて絶対的時間を介した時間の変換を行って，他人とのスケジューリングの整合を保つ．以下より各機能について説明を加える．

2.2 機能

2.2.1 Illusion

Illusion は複数種類の感覚刺激により時間感覚の錯覚を生じさせ，ユーザの意思決定プロセスを促進し，感覚的に時間を伸長する．Illusion を発動させるタイミングはユーザが何らかの意思決定ベースの作業をしているときであり，何らかのセンサ情報によりそのタイミングを検知すると，時間の流れが早くなるように錯覚させ，それに沿った相対的な時刻をユーザに提示し，ユーザの意思決定プロセスが絶対時間上でより高速に決定できるように支援する．その際，相対的時間速度は変更可能である．

2.2.2 Scheduling

Illusion によって拡張されて生じた余分な時間（以下 Pool Time と記述する）を管理する．また，外部スケジューリングサービスと連携し，絶対時間で生活している人々との間で齟齬が発生しないように専用のプロトコルを通しての調整やアラートを行う．

2.2.3 Reverse

拡張された時間としての Pool Time の使い道としては 2 通りが考えられる．一つはその時間を一日の拡張として考え別の作業に割り当てることであり，もう一つは今やっている作業が制限時間内に終わらなかった場合に Pool されている範囲内で時間を還元し，概念的に時間を巻き戻すことである．Reverse は後者を実現する機能である．

3 プロトタイプ実装

HizumiTokei のプロトタイプは Processing によって開発した．Illusion の機能は，視覚刺激と聴覚刺激によって時間感覚の錯覚を生じさせるシステムとして実装した．視覚刺激としてはモノクロの連続フラッシュ，聴覚刺激としてはユーザに焦燥感を抱かせるアップテンポのサウンドの再生である．意思決定プロセスの判定については，今回はセンサによる自動検出は行わずに，ユーザによる直接のブール入力によって賄った．図 2 は HizumiTokei の実行画面を示している．通常時は秒針のみのアナログ時計とデジタル時間の両方を提示し，Illusion の実行中はアナログ時計を無作為に速いテンポで動かしつつデジタル時計で仮想的な時間の流れを表示する．バックグラウンドで Pool Time の積算値を計算し，Illusion 終了時にユーザがどれだけの時間を浮かせられたか分かるようにする．

4 おわりに

本稿では，時間感覚を錯覚させることで位置決定プロセスを含む作業を実質的に高速化し，人間の一日を感覚的に 24 時間以上に伸長することによって，作業効率を向上させるシステムである HizumiTokei を提案を行い，機能を限定したプロトタイプの実装を行った．今後の予定として，まず評価については HizumiTokei によって人がどの程度の時間錯覚を起こすかの定量的な評価や，時間感覚錯覚による意思決定プロセスの向上効果の実証実験による定量評価などを行う．具体的に限られた時間内で何かを選択するなどの意思決定がベースとなる作業を被験者に行ってもらい，その単位時間での作業量と正当性について，HizumiTokei を使ったときと使わなかったときで比較し評価する．また実装については，Scheduling アルゴリズムの設計と実装，感覚刺激インタフェースの改善や新しい提示方法の模索，新しい意思決定プロセスの自動判別に取り組む．

参考文献

[1] 計量標準総合センター. http://www.nmij.jp/library/units/si/.

[2] ピエール・ジャネ. 記憶の進化と時間概念. 1928.

[3] 一川誠. 動画像と音楽の再生速度が視聴覚刺激の時間知覚におよぼす効果

未来ビジョン

とあるオフィスの一室．デスクの上には不思議な時計がある．時計の頭頂部には波紋で乱れた湖面の三日月像のような字で”歪時計”と描かれている．歪時計は，誰かを急き立てるかのようにテラテラと発光し，軽やかなダンサーを彷彿させるようなテンポの速い曲を流していた．H はちらりと時計を見やった．歪時計は，今が 20 時過ぎであることを主張していた．H は作業する手を止め座ったままその場で大きく伸びをした．…するとそれが何かの合図であったかように，歪時計は全然普通の時計であるかのように居直った．今や歪時計が普通の時計と違う点は，その国の標準時刻が未だ 16 時であることを全く無視していることと，一日の終わりが 28 時だと主張していることだけだ．H は自分が 8 時間以上作業に打ち込んでいた事実を確認し，8 時間分の作業疲れを噛み締めながら机上の時計を腕にはめ，外の喫茶室へ向かった．

H は喫茶室で RedBull を啜りながら仕事後の予定について思考を巡らす．今日はしっかりと集中して仕事したお陰で一日の終わりが 4 時間も伸びた．この時間を使ってさらに仕事を進める同僚も中にはいるが，俺の場合はこの 4 時間は自分への褒美だ．人生にリフレッシュも必要だろう．寝る前にでも映画を見たり本を読んだりする時間にでも充てよう．

H はふと父親の昔話を思い出した．昔は作業の効率性を向上する為の手段として，みんな躍起になって情報処理能力の改善を図っていた．しかし情報処理速度が 10 倍，100 倍，1000 倍となっても，人間の生産性は 2 倍にさえならなかった．それは生産性のボトルネックが処理速度よりも寧ろ意思決定プロセスにあったからだ．人間とは不思議な生き物でどんなに考えても正答率の上がらない問いに対して無駄に時間を掛けて悩む傾向がある．どうやら人間の意思決定に必要なものは情報よりも時間そのものらしい．そこで彼らが生産性向上の為に選択した方法は，人間の時間感覚そのものを相対性を持ってコントロールし，意思決定プロセスを絶対的に高速化するという手法だった．結果，毎日を何かを選択しながら暮らしている人々は錯覚的で効率的な時間の使い方と一日を 24 時間以上にする権利を手に入れた．

H は映画も 2 倍速で見てはどうかと思ったがすぐに考え直した．やはり楽しい時間はのんびりとした時間の流れの中で過ごすに限る．残りの仕事を片付けんとまた足早な時間へと戻って行った．

リアプロジェクト方式の柔らかいテーブルトップ

Reflected PhotoelasticTouch: Photoelastic Touch Sensing Technique for Rear Projection Table

久慈 拓也　　佐藤 俊樹　　徳井 太郎　　小池 英樹

Summary.　本論文では，リアプロジェクション式テーブルでの偏光と透明弾性体の光弾性を用いた新しいタッチスクリーン技術を提案する．我々は，これまで LCD とオーバーヘッドカメラを用いた光弾性によるタッチスクリーン技術を開発し，透明弾性体を用いたより立体的で柔軟なタッチスクリーンの実現を試みてきた．しかし，これまでのシステムではカメラをテーブル上部に設置するためオクルージョンの問題が発生したり，可視光による光弾性の観測を行っていたため，テーブルに表示する映像の影響を受ける問題があった．一方で，近年テーブル下部にカメラやプロジェクタを設置するリアプロジェクション式のテーブルトップシステムに注目が集まっており，テーブル下部からの接触検出技術が盛んに研究されている．

そこで本研究では，リアプロジェクション方式のテーブルトップシステムにおいてテーブル下部からの偏光を用いた光弾性による接触の検出を可能にする技術の開発を行った．これにより，従来の課題であったオクルージョンの問題や，映像の輝度の影響を受ける問題が解決され，システムのロバスト性を高めることができると同時に，他の様々な接触検出技術との組合せが期待できる．また，リアプロジェクション方式テーブルにおける柔軟な弾性体に対する接触の検出を可能にし，より柔軟で立体的な接触面の実現を可能にする．

1　はじめに

既存のタッチスクリーン技術にはまだ様々な課題が残されている．例えば，既存のタッチスクリーンは硬く，ユーザが指で触れた際にも硬い接触感しか得ることはできない．また，表面形状も平面的なものに限られているため，平面的なコンテンツしか実現できない点が挙げられる．[1] [2]

これらの問題を解決するために，我々は透明弾性体と光弾性を用いた接触検出技術 PhotoleasticTouch [3] の開発を行ってきた．このシステムは，透明弾性体に対する接触を LCD の偏光と光弾性を用いることで検出することができ，弾性体の性質を活かした柔らかで立体的な接触面を持つタッチスクリーンを実現することができた．しかし，これまでのシステムではカメラをテーブル上部に設置するためオクルージョンの問題が発生したり，可視光による光弾性の観測を行っていたため，テーブルに表示する映像の影響を受ける問題があった．

そこで本研究では，テーブル下部にカメラや光源を設置するリアプロジェクション式のテーブルトップシステムにおいて，赤外線光源を用いた光弾性による接触の検出を可能にする手法を提案する．

Copyright is held by the author(s).

久慈 拓也, 佐藤 俊樹, 徳井 太郎, 小池 英樹, 電気通信大学大学院　情報システム学研究科　情報メディアシステム学専攻

2　原理

リアプロジェクション方式のテーブルにおいては，テーブルの下部にカメラ及び偏光光源を設置するため，弾性体を通った偏光を観測するためには偏光を一度テーブル面で反射させ，テーブル下部のカメラに返す必要がある．これを行うためには，偏光を崩さず反射することができ，かつ弾性体の変形に対しても柔軟なミラーが必要である．さらに，テーブル下部から映像の投影も行うためには，テーブル下部からの光の一部をテーブル上部に透過させる必要もある．そこで本研究では，弾性体に対してアルミニウム粉末を塗付することで弾性体上部をミラー化する手法を用いた．偏光は拡散反射では崩れてしまうが，アルミミラーによる反射では偏光の性質を保ちつつ反射させることが可能である．またミラーは柔軟であるため，弾性体が変形した場合でもミラーが崩れることはない．さらに，アルミニウム粉末の量を調節することで，一部を反射，さらに一部を透過させるハーフミラーを作り出すことが可能である．

本システムの接触検出原理を図 1 に示す．テーブル下部にある赤外線光源が発した光は，直前に設置された偏光板で偏光し透明弾性体に入射する．透明弾性体を通った偏光は透明弾性体の表面に設けたミラーにより反射され，再び弾性体を通りカメラ側の偏光板に到達する．

このとき，弾性体中を通過する偏光が弾性体の変形した領域を通った場合，その偏光は弾性体の光弾性により楕円偏光に変化する．一方で，変形の無い領域を通った場合，その偏光は同じ円偏光のままで

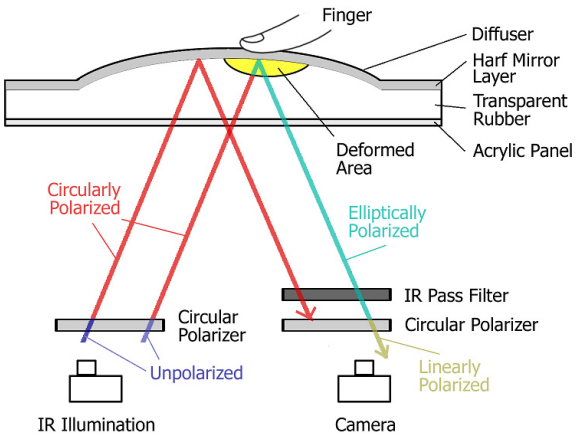


図 1. 原理図

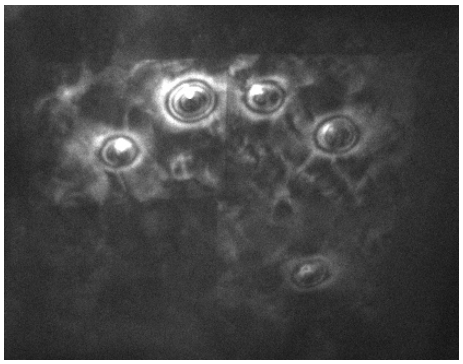


図 2. 光弾性の観測

ある．これらの光がカメラ側の偏光板に到達すると，光弾性により楕円偏光化した光はカメラ側の偏光板を通過することができるが，光弾性が起こらず，円偏光のままの場合は偏光板に遮断される．これにより，テーブル下部のカメラには弾性体の変形した部分のみ輝度が高く撮影される．またこのとき，光弾性による等色線と呼ばれる縞模様が図 2 のように観測できる．等色線の発生位置，大きさ，偏りにより接触位置と押下圧，及びその方向の検出を容易に行うことが可能である．今回の手法では，指の下に位置する弾性体の変形の様子も捕らえることが可能になった．

3 ハードウェア構成

本研究では，実際に提案手法により接触が検出可能なテーブルトップシステムのプロトタイプシステムを製作した．

テーブル下部にはカメラ，赤外線光源，及び映像投影用のプロジェクタを設置した．カメラは高速に赤外線の光弾性を認識するために Point Grey Research 社製 DragonflyExpress(VGA, 200fps) のグレイスケールモデルを用い，レンズには赤外線を偏光し，直線偏光から円偏光にするために赤外線偏光板 (美舘イメージング LIR-40, 5cm x 5cm) と 1/4 波長板 (美舘イメージング MCR140U) からなる赤外線円偏光板を装着した．また今回，テーブル面に対して均等に赤外線を照射するために DLP プロジェクタ PLUS V-1080(輝度 800 ルーメン) を用い，映像表示用のプロジェクタは EPSON EMP-1715(輝度 2700 ルーメン) を用いた．

また，テーブル下部からの赤外線を反射，透過するためのハーフミラー層を設けた．今回の実装では，ハーフミラー層を形成するために，弾性体表面にアルミニウム粉末を薄く塗付した．アルミニウム粉末は偏光を正反射させることができ，また弾性体に塗付した場合にも弾性体の柔軟性を損なうことはない．さらに，テーブル下部からのプロジェクタ光をテーブル上部に対して拡散させることができるため，ディフューザとしての役割も兼ねている．

4 まとめ

本論文では，リアプロジェクション方式のテーブルトップシステムにおいて，光弾性を用いた接触を検出する手法の提案を行った．提案手法はテーブル下部に設けた赤外線光源からの光弾性による接触の検出を可能とし，リアプロジェクション式テーブルトップシステム上で様々な触覚フィードバックがあり立体的な形状が容易に実現可能なタッチスクリーンを実現した．この手法では，テーブル下部からの光弾性の観測を行うことで，これまでユーザの指の下に隠れていた弾性体の光弾性の認識が可能となり，より感度の高い接触及び圧力方向の検出が可能になった．

今後は様々な素材によるテストや等色線の解析による接触圧の実測及び検出精度の評価，さらにはアプリケーションの開発を行っていく予定である．

参考文献

[1] Jefferson Y. Han. Low-cost multi-touch sensing through frustrated total internal reflection. In *UIST '05: Proceedings of the 18th annual ACM symposium on User interface software and technology*, pages 115–118, New York, NY, USA, 2005. ACM.

[2] Microsoft. Microsoft. Surface http://www.microsoft.com/surface/.

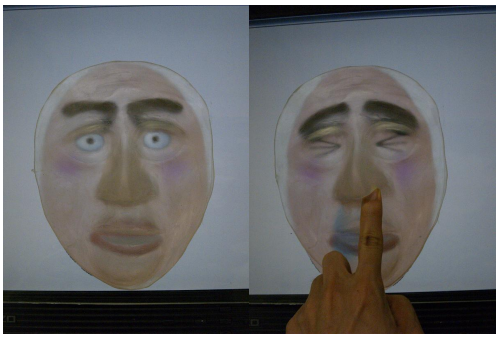
[3] Toshiki Sato, Haruko Mamiya, Hideki Koike, and Kentaro Fukuchi. Photoelastictouch: transparent rubbery tangible interface using an lcd and photoelasticity. In *UIST '09: Proceedings of the 22nd annual ACM symposium on User interface software and technology*, pages 43–50, New York, NY, USA, 2009. ACM.

未来ビジョン

ディスプレイによる情報の表示性能は、将来的には映像に加えて形状までも提示可能になると考えている。このようなディスプレイにおいて表示系と入力系が一致していること、つまり操作したい箇所を直接触れて操作することに対する需要が高まると容易に予測できる。また、ディスプレイがユーザに触れるといった双方向のインタラクションも十分に可能であると考えられる。本稿で紹介した透明弾性体を用いた接触検知技術はこのような立体的な形状を持つディスプレイに対するインタラクション技術の基礎になる。

現在のディスプレイ技術は、２次元の映像を提示するディスプレイの解像度が人間の目の分解能を超えるまで高精細に発達した。合わせて、コンピュータによって生成された映像も現実のものと区別がつかないほど高度になっている。そして、次世代のディスプレイとして空間中に映像の表示を行う立体ディスプレイの開発が盛んに行われ、一部では商用化も始まっている。さらに、ピクセルではなく体積をもったボクセルを構成要素とするディスプレイの提案や、ディスプレイ面形状の動的な変化を行うものなど、立体形状の提示につながる研究も注目され始めている。

本研究の位置付けは、将来の形状提示可能なディスプレイに向けて、立体形状をもつディスプレイに対するインタラクション技術を確立し、その有用性を示すことである。今後は立体形状をもつディスプレイ上で動作する実用的なアプリケーションとディスプレイ機構の開発を進めていく。



Bar-code Based Community: ソフト/ハードの区別なく同じツールのユーザ同士をつなげる仕組み

Bar-code Based Community: A System that connects the people using same tools including software and hardware

清水 和晃　　宮下 芳明*

Summary. 同じツールを利用するユーザについての情報や，それらのユーザが感じたことを共有できる基盤は少ない．本稿では，基本的に販売時にしか利用されていないバーコードを，同じツールを持つ者同士をつなげる手段として利用するシステムを提案する．ハードウェアの場合はバーコードを ID に，ソフトウェアの場合は実行ファイル名からバーコード/ID を生成し，対応するチャット空間を用意できる．バーコードによる認識によって，ユーザはソフトウェア/ハードウェアの区別なく，あらゆるツールのもとに集うことができる．そして，同じツールのユーザ同士が疑問に思ったこと等を書き込むことで，問題解決や共感につながるコミュニティ形成を促す．

1　はじめに

電化製品や生活用品など，私たちは様々な「ツール」を活用して生活している．現在では，家電などのようなハードウェアだけでなく，携帯やパソコン上で動くソフトウェアも数多く利用されるようになっている．しかしながら，ツールの使用時にユーザは，ソフトウェア/ハードウェアに関係なく戸惑いや疑問，またはツールに対する新たな発見など，様々なことを考える．これらの知見がユーザに共通して感じられたものである時には，改良や新製品の提案などにも活用できると考えられる．しかしながら，通常ツールの利用は個人作業であることが多く，他のユーザがどのようにツールを活用し，何を感じているかなどを共有する機会は少ない．

mixi[1] などの SNS では，同じツールを利用している人たちによるコミュニティが存在し，同じツールを利用している人たちによって, 便利なショートカットなどツールに関する情報交換が盛んに行われている．つまり，人々は自分と同じツールを持っている人たちとのつながりや，ツールに対する情報交換を欲しているといえる．

そこで筆者らは，同じツールを持つ者同士のシームレスなコミュニケーション環境の開発をすることによって，人々の生活をより豊かにし，人との交流の場を広く提供できるのではないかと考えた．本稿では，ソフトウェア/ハードウェアに関わらず同じツールを持つ者同士をつなげるメディアを開発した．その手法として，複製されたハードウェアには，販売のためにバーコードが付与されているため，これを利用することにした．ソフトウェアについては，実行ファイル名からバーコードを自動生成し，それを利用して同じツールを利用するユーザ同士がつながるチャット空間を用意した．

2　システムデザイン

商品と人をつなげる研究として，白井らの Smart To Field[2] がある．このシステムを利用することで，モノにアドレスを割り当て，そのモノに関係する人とメッセージのやりとりができる．また，はてなモノリス [3] という，バーコードをスキャンすることで手軽に投稿，コレクションができるサービスが存在する．Bicter らは，展示物の QR コードを元にアノテーションを付与するシステムを開発している [4]．しかしこれらは，ユーザ同士のコミュニケーションの手段としてモノが利用されておりモノのためにつながる研究ではないため，本稿の目的とはかなり異なる．本稿で提案するシステムでは，例えばソフトウェアのツールの場合はそのウィンドウ右端に付着し，スクリーンキャプチャやペンツールによる書き込みで互いにサポートし合える仕組みを備えるなど，そのツールのユーザ同士が相互に支えあう枠組みを提供するものである．

三浦らによる社交的ヘルプ [5] では，アプリケーションのオンラインヘルプにチャットと掲示板を連携させることでユーザ同士が協調し問題解決を行う環境を提供している．しかしながら，オンラインヘルプ機能が付いているアプリケーションが対象となっており，ハードウェアに対するシームレスな情報提供も支援されていない．

また Q&A サイトでは，掲示板を用いてユーザ同

Copyright is held by the author(s).

* Kazuaki Shimizu and Homei Miyashita, 明治大学大学院 理工学研究科 新領域創造専攻 ディジタルコンテンツ系

士の問題解決が支援されている．しかし，掲示板による情報のやり取りは質問の回答までに時間がかかり，欲しい時にすぐに情報を得ることは難しい．他にも，回答するために Q&A サイトを利用している人は少ないため，回答の情報が少ないなどの問題がある．しかし例えば，Photoshop の起動時に，自動で Photoshop のチャットが開き，すぐに他のユーザからの質問を見たり発言できるシステムならば，より多くの人が利用するはずである．つまり，Photoshop などのツールと情報を求める人，情報を与える人をいかにシームレスにつなぐことが非常に重要である．

3 システム概要

図 1 に，実装したチャット空間の概要を示す．ハードウェアの場合は，カメラで読み取ったバーコードを ID にし，ソフトウェアの場合は，実行ファイル名からバーコード/ID を生成する．そして，その ID のページがネットワーク上に存在する場合はそこにアクセスし，存在しない場合は，ページを自動で生成する．1 つのツールに対して発言できる空間が 1ヶ所だと，複数の話題が混在し，話題が発展しにくい．そこで，話題ごとのチャット空間を用意する．これにより，話題の整理を行い，より細かいやり取りが可能になる．ソフトウェアの場合，その右端に本システムウィンドウが吸着する．また，詳しい説明を提供するために，他のウェブサイトや掲示板などの情報へつなぐことができるリンク機能を備えている．

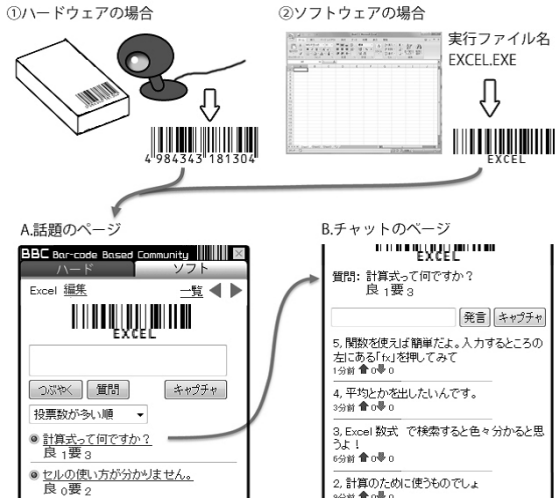


図 1. システム概要

3.1 話題の並び替え

図 1 の A. 話題のページでは，各話題に対して閲覧者が役に立つ度合いと必要とされている度合いを投票できるようになっている．そして，投票数に応じて並び替えを行うことで，多くのユーザが求めている情報を簡単に見つけることができる．また，すぐに情報を得ることができるよう，発言がされてから 30 分間はホット状態として，図 2 のように上側に表示される．30 分以上経過した話題でも，それに対して新たに情報が欲しいユーザがいた場合は再びホットにすることができ，より多くの情報を要求することができる．

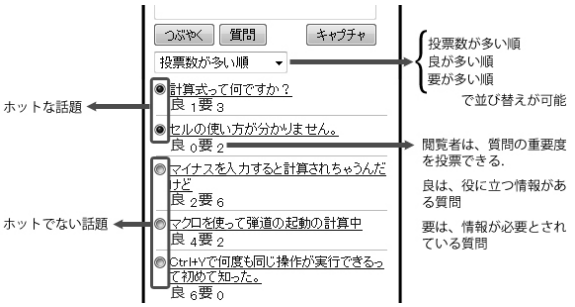


図 2. 話題の並び替え

3.2 発言の重要度投票

チャットを用いた会話により，気軽に意見交換ができる反面，あまり重要でない発言の頻度も高くなることも予想される．しかし，チャットは前後の発言との関係性が重要になってくるため，話題のように並び替えて表示することは望ましくない．そこでチャットのページでは，図 3 のように閲覧者が発言に対して重要度を投票し，重要な発言ほど目立たせることで，沢山の発言から必要な情報を素早く得ることができるようにした．

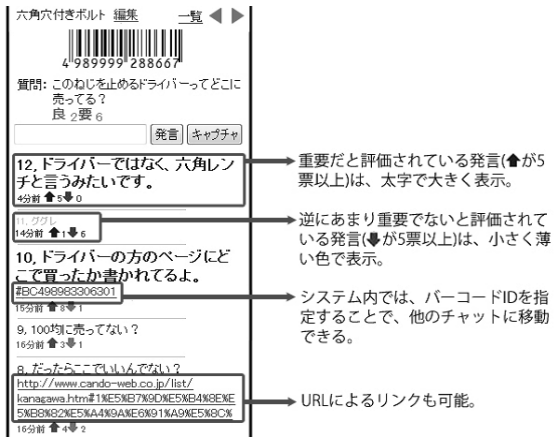


図 3. チャット例

3.3 キャプチャ機能

伝えたい状態を言葉で表現することが難しい場合を考慮し，ソフトウェアについてはスクリーンショット，ハードウェアについてはウェブカメラからのキャプチャ機能を搭載した．さらに，ペンツールで画像に書き込みをすることができ，他のユーザに対してどの部分のことを伝えたいのか，どのように使ったらいいのかなどを容易に示すことが可能になる．

4 期待される効果

本システムは，同じツールを持っている人たちと，チャットを用いて同じ時間につながることができ，それまで行われてきたチャットの内容も見ることができる．そのため，自分がもっとも望む人や情報につながることができる．そして他のユーザの発言があった場合，すぐに反応を返すことができるため，自分の発言が相手に伝わっているという強い実感を持つことができる．また必要な情報が不足していても，その場で聞いて補うことができるなど，柔軟な情報の収集，提供ができる．

さらに，話題の並び替えや発言の強弱により必要な情報を簡単に見つけることができるので，チャットのやり取りを行った人同士だけでなく，後からそのやり取りを見たユーザも情報が活用でき，改善することができる．これにより，情報のリアルタイム性と長期利用の両方のメリットを持つため，有効かつ素早い情報のやり取りができる．

5 まとめ

本稿では，バーコードを利用し,「同じツール」を持つ者同士のコミュニケーション環境を提供するシステムの開発を行った．本システムによって，ユーザ同士が協力や共感をしながらツールを利用することができ，1 人でツールを利用する時に比べて作業の負担や退屈さが軽減できると考えている．

今後は，実際にシステムを利用してもらい，評価実験を行う．そして，期待される効果が得られるかどうかの検証や，システムの改善を行っていく．

参考文献

[1] mixi. http://mixi.jp/.

[2] 白井良成, 平田圭二, 高田敏弘,Smart To Field:履歴情報に基づくモノを介したコミュニケーションの実現, 第 17 回インタラクティブシステムとソフトウェアに関するワークショップ (WISS2009),pp.111-112,2009.

[3] はてなモノリス. http://mono.hatena.ne.jp/.

[4] S.Bisker,H.Ouilhet,S.Pomeroy,A.Chang, F.Casalegno,fashion trade shows: creating conversations through mobile tagging,CHI 2008 Proceedings Works In Progress,2008.

[5] 三浦元喜, 田中二郎, 社交的ヘルプ:社会的インタラクション機構を備えた協調型オンラインヘルプシステム, 第 7 回インタラクティブシステムとソフトウェアに関するワークショップ (WISS1999),pp.181-186,1999.

未来ビジョン

1. エミュレーションソフトウェアとハードウェアの同一視

例えば音楽制作の現場では，往年のアナログシンセサイザーや高級マイクをエミュレーションしたソフトウェアが用いられている．これは，元となるハードウェアに関するノウハウをそのまま生かした操作が可能なので，そういったものは同一視する拡張が行えればより有意義な情報交換が起こると考えている．

2. 他のユーザとの情報交換がより自然になる

最近では，他のユーザの意見を参考にして商品を購入する人が増えてきている．今後他のユーザの意見の価値はさらに増していくであろう．このことから，本システムの利用が広まることで，商品の購入時だけでなく，利用時にも他のユーザの意見を基準として生活することが自然なこととなってゆくと考える．

3. ツールの質が向上する

商品に対する意見が収集できることは，ユーザだけではなく，それを作るメーカーにとっても非常に有益なことである．何か不具合が起きたときには，不具合の内容もさることながら，その前後の使用環境なども大事な情報である．

コールセンターへの問い合わせではそういった情報が欠落しがちだが，チャットではその部分を気軽に書け，キャプチャなどを通して視覚的な情報のやり取りが可能である．そして，ユーザがツールに対して改善してほしい点や望んでいる物がよく分かるようになる．そのため，企業だけで問題に対処するころに比べてより効率のよい開発ができ，リスクの低下やよりよいツールの提供が可能になる．

4. 将来の技術に対する意識が高まる

ユーザ同士でツールの問題点や必要な機能を話し合う場が提供されることで，現在あるツールにとどまらず，こういったものがあればいいのではないかという，全く新しいツールについての考えが強まることも期待できる．ユーザによって議論がされていくことで，今まで限られた人で行われてきた技術開発にユーザが強く関わることが可能になり，新しい技術の発達を促進する効果も期待できる．

Book's Marking：場所をきっかけに本と出会うためのシステム

Book's Marking : The system for finding the books from the information of place

吉原 建* 安村 通晃†

Summary. 電子書籍の普及により場所を選ばずに書籍を購入し閲覧することが可能になったにも関わらず、人と本の出会い方に大きな変化は見られない。自分の嗜好に合った本を探す方法として、主に書店で直接概要を確認する方法や web 上でのレビューを参考にする方法が挙げられる。しかしこうして得られる情報は限られており、読みたい本を選択するための要素としては十分なものではない。

そこで本研究では場所をきっかけに書籍を選択できるシステムとして Book's Marking を提案し、設計・実装した。このシステムではユーザーがお気に入りの書籍の情報を共有の地図上の任意の場所に配置することができる。この場所とは、置かれた書籍に対して何かしらの関係を持つ場所であり、例として話の舞台となった場所、著者の縁の地、その本を読むのに適した場所等が挙げられる。他のユーザーは自分が過去に旅行で訪れて感激した場所や出身地、また近所のお気に入りの散歩道等を地図上で閲覧することで、そこに配置された書籍の情報を取得できる。つまりテキストや写真といった情報のみでなく、自分が感じた景色や空気感、匂い等のリアルな情報をきっかけに本を探し出すことが可能となる。

1 はじめに

近年電子書籍が流行の兆しを見せている。どこでも簡単に本を購入でき、何冊でも持ち歩くことができるため、今後場所を選ばないフレキシブルな読書スタイルが確立すると考えられる。ところが本を読むスタイルは変わっても、本との出会い方に大きな変化は見られない。直接書店に赴き表紙や概要分を参考にする方法、そしてインターネット上のレビューや評価点を確認する方法である。これらの方法では、いずれもテキストや写真などの限られた判断材料の中で本を選択しなければならないため、実際に購入した本が自分の嗜好に合わない可能性が高い。

そこで本研究では書籍情報と位置情報を繋げることで場所をきっかけに本と出会うことができるシステム、Book's Marking を提案し、設計・実装した。旅行で訪れた際に感激した景観や近所のお気に入りの散歩道など思い入れのある場所を誰もが持っている。Book's Marking はこのような場所が様々な形で関係をもつ本の検索を支援するシステムである。

2 Book's Marking

2.1 システムの設計

Book's Marking は PC で使用する web アプリケーションとモバイル端末用のアプリケーションの２つから成り立っている。（図１）まず web アプリケーションでは主に地図を用いた書籍情報の配置及び閲覧を行う。ユーザーは web 上で共有された地図の任意の場所に書籍の情報を配置することができる。書籍と場所の関係は情報を配置するユーザーの主観に委ねるため、その関連性をコメントとして記述してもらう。書籍の情報は地図上に本のマークのアイコンで表示され、別のユーザーが自分の気になる場所に配置されたアイコンを選択することで、書籍の詳細情報や場所との関連性を確認することができる。次にモバイル端末用のアプリケーションでは、位置情報を利用し屋外での書籍情報の取得を行う。ユーザーは自分の気に入った場所で Book's Marking を起動し、その場所に登録された書籍の情報とコメントを閲覧できる。

2.2 システムの実装

システムは Google App Engine 上での web アプリケーションとして構築。書籍情報は Amazon Product Advertising API 、地図情報は Google Maps API より取得している。配置された書籍情報は緯度経度から変換された GeoHash コードと共にデータベースに保存し、必要に応じて地図上やモバイル端末上で出力を行う。モバイル端末は ipad を使用しており、専用の WebView を使って web アプリケーションにアクセスしている。

2.3 システムの使用例

地図に書籍のデータを配置するにはまず web アプリケーション上で「本をマーキングする」のページに移動し、登録したい書籍をキーワードから検索する。表示された候補の中から希望のものを選択し、最終登録ページに移動。ここで配置する場所を地図上で指定し、ユーザー名、コメントそして本のジャ

Copyright is held by the author(s).

* Takeru Yoshihara, 慶應義塾大学政策・メディア研究科
† Michiaki Yasumura, 慶應義塾大学環境情報学部

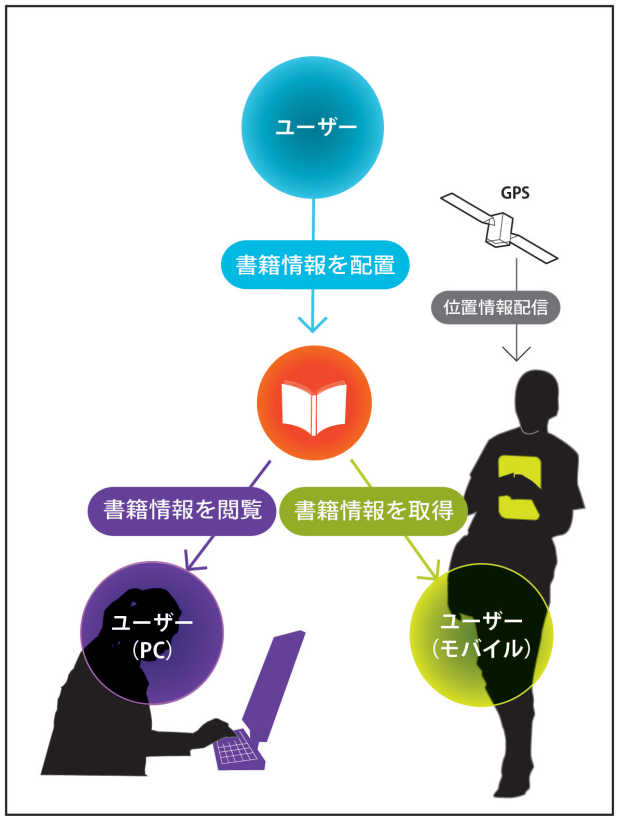


図 1. システムの構成図

ンルを記入して最終登録を行う。登録完了後は書籍データがアイコンとして地図上に表示されるため、その場所に興味を持った別のユーザーがアイコンを選択すると書籍の情報を閲覧できる。(図２) モバイル端末を使用する場合は、実際に本が登録された場所でアプリケーションを起動することでその位置情報から割り出された書籍情報が表示される。　例えば、あるユーザーが「坊ちゃん」という本を四国の道後温泉に配置し、理由としてコメント欄に「物語の舞台となった場所です。」という内容を記述する。後に道後温泉を訪れてその趣深さに感動した別のユーザーが Book's Marking を使用してみると、まさに今自分が気に入った場所を舞台とした「坊ちゃん」を発見できるという流れである。

また Book's Marking は書籍のタイトルや著者名、ジャンルからの絞り込み検索の機能を備えている。例えば元々「坊ちゃん」が好きなユーザーはこのタイトル名で書籍を絞り込むことで、「坊ちゃん」に関連する場所の一覧を取得することができる。気に入った本の関連スポットに旅行に出かける読者は多く、こうしたユーザーにとっては実用的な機能である。

図 2. Book's Marking の画面例

3　今後の課題と考察

現在 Book's Marking を実験的に web 上で公開している。登録されている書籍の種類はほとんどが小説で、舞台となった場所や著者の出身地等に配置されており、これは制作の意図通りである。また地域によっては配置される本の種類に特徴が現れ始めている。例えば新宿ではホームレスやマフィアの抗争といった暗い内容の書籍が多く、ベッドタウンではペットや雑貨に関連する家庭的な内容の書籍が目立つ。ところが現在のシステムでは書籍のアイコンは 1 種類に統一されており、上記のような傾向はわかりにくい。そのため書籍の種類や発行年度等を元にした表示方法の工夫を今後の主な課題とする。

4　おわりに

実際に Book's Marking を使用してもらったユーザーからは、場所をきっかけにした本の検索を楽しんでいる様子が見られ、開発当初の目的を達成する手応えを感じることができた。また地域ごとに見られる書籍データの特徴は、観光業や地域活性などのあらゆる分野に利用できる可能性が考えられるため、今後はただの書籍検索機能に留まらないシステムの展開も進めてゆきたい。

5　参考文献

1) 本棚.org
http://hondana.org/
2) ブッククロッシング
http://www.bookcrossing.jp/

未来ビジョン

書籍データの利用

Book's Marking の制作当初は、あくまでユーザーの嗜好に合った書籍を効率的に検索できるシステムを構築することが主な目的であった。ところが web 上での公開により実際に書籍のデータが集まると、その場所ごとに興味深い特徴が現れてきたため、データそのものに大きな可能性を感じ始めた。例えば新宿周辺ではマフィアの抗争やホームレス、風俗といった現代社会の問題に関わる暗い内容の本が多く、逆に自由が丘周辺では雑貨やペット、飲食などの家庭的な内容の本が多く見られる。このことから地域そのものが各々物語性を有していることがわかる。また書籍の発行年度による特徴も見られるため、書籍の表示方法に時間軸を加えれば、その地域が持つ物語の移り変わりを本を通して確認できるようになるだろう。今後はこれらの情報を分析し、観光業や地域活性、また社会学や歴史学の分野で応用できる可能性を探ってゆきたい。

電子書籍への対応

現状の Book's Marking は主にブラウザ上での使用を想定しているが、今後は電子書籍に対応したアプリケーションへの展開を考えている。電子書籍の普及により本の購入や閲覧は場所を選ばずにどこでも行えるようになった。Book's Marking を GPS が内蔵された電子書籍端末で利用すれば、訪れた先で自分の気に入った場所に関係のある本をその場で閲覧することができるため、読書に対する様々な楽しみ方を見いだすことができるはずである。

Balloon Chat: 発言されないコメントも浮かばれるチャット

Balloon Chat: A chat system that comments not to be commented come back to life

山中 祥太　　宮下 芳明*

Summary.　アイデアを集める目的のチャットでさえ，多くのコメントが発言すらされないまま消されている．発言者はコメントを記述した後に，その内容が現在の議論の流れに対して適切なタイミングか，適切な話題か，そして適切な品質かを自己評価し，不適切だと判断したものは発言せずに削除しているのである．本稿ではこうした発言も集められるチャットシステムのデザインを考察した．提案システムでは，発言のタイミングや話題を後から移動可能であり，発言されることなく消されてしまった 5 文字以上のテキストは，匿名の発言として共有のリサイクル箱に集められる．ここに埋もれている発言を取り出し，話題として取り上げることも可能である．

1　はじめに

学会や大学研究室のゼミでは，アイデアを出し合ったり意見を集めたりするためにチャットを設けることがある．また，発想支援グループウェアにはチャット機能が実装されているものも多い．こうした目的の場合，チャット参加者が各自の意見を全て発言してくれることが望ましいが，実際はそうなっていない．チャット参加者の打鍵文字数をキーロガーで取得した合計と，チャットログに残っている総文字数とを比較すると，前者が桁違いに多いことが分かる．すなわち，チャットに書き込まれている発言は，チャット参加者が思いついたコメントのごく一部だけなのである．

実は発言者はコメントを記述した後に，その内容が現在の議論の流れに対して適切なタイミングか，適切な話題か，そして適切な品質かを自己評価し，不適切だと判断したものは発言せずに削除している．しかしながら，そうやって発言者の判断で消されてしまう意見も，発言されることにより有意義な議論に発展する可能性があるし，そもそもチャットを設けた理由はまさにそうした発言を収集するためであったはずである．

そこで本稿では，発言者の自己評価によって，不適切なタイミング，不適切な話題，不適切な品質だと判断されたコメントも集まるようなチャットシステムのデザインを考察した．提案システムでは，発言されたコメントをドラッグして適切な発言タイミングに移動させることができる．話題から外れた発言を，他の話題のチャットにドラッグして移動できる．さらに，一度はコメント欄に記述されたものの，発言されることなく消されてしまった 5 文字以上のテキストを，共有のリサイクル箱に匿名の発言として集めるようにした．ここに埋もれている発言を取り出し，話題として取り上げることができる．

Copyright is held by the author(s).

* Shota Yamanaka and Homei Miyashita, 明治大学理工学部情報科学科

2　ねらい

チャット参加者から多くの意見を集められるようにすることが本研究のねらいである．ここではチャットで発言をやめてしまう理由として以下の 3 つを考え，それぞれの解決を図った．

1 つ目は，適切なタイミングで発言する必要があるためである．例えば自分が発言する直前に他者の発言によって話題が変わったときのように，発言するタイミングを逃した場合が該当する．しかし，どのような発言であっても議論の活性化に役立つ可能性があるのだから，タイミングの良し悪しを理由に削除してしまうのは望ましくない．この問題は，発言されたコメントを適切な発言タイミングに移動できるようにすることで解決した．

2 つ目は，話題に沿った適切な発言をする必要があるためである．本筋の議論や雑談など，複数の会話が同時に行われているとき，自分のコメントはどの流れで発言するべきなのかを発言の度に見極めなければならない．これが発言者への負担となって発言をやめてしまう原因になると考えた．これを解決するために，発言したチャットからコメントを抜き出して，いつでも別のチャットに移動できるようにした．これにより,「発言が本筋と関係あるか分からない場合もとりあえず発言しておく」という意識に変化することが期待される．

3 つ目は，適切な品質の発言をする必要があるためである．一旦はコメントを記述したものの，改めて読み返すと発言するほどの価値がないと考えて削除してしまう場合が該当する．しかし，コメントを書いた当人には些細な意見でも，他人にとっては有益になる可能性がある．そのため，発言前に削除されたコメントも利用できるようにすべきだと考えた．

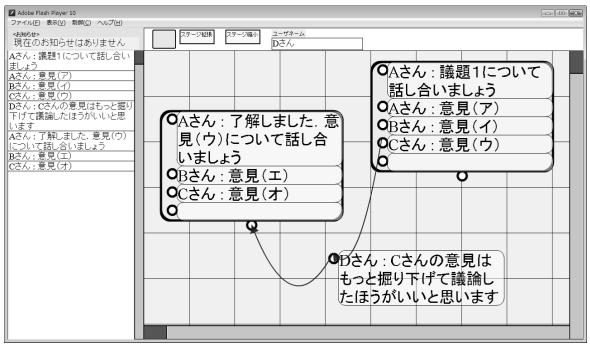


図 1. Balloon Chat の使用例

そこで，5 文字以上の文章を全削除すると匿名の発言として共有のリサイクル箱に送り，必要ならばそこから拾った発言をチャットで利用できるようにした．

3 システム概要

本システムでは，バルーンと呼ばれる移動可能な枠内にあるコメント欄に発言を書き込む．発言されると，そのコメント欄の下に新しいコメント欄が生成される．このように次々と発言を書き込んでいくことによりチャットを行う．バルーンはユーザが任意に生成でき，1 つのバルーンで 1 つの話題を扱う．つまり，新しく話し合いたい議題があれば，自由にバルーンを設けてチャットを開始できる．また，全ての発言が時系列順に並ぶ領域を画面左端に設け，発言を探索する際の便宜を図った．さらに，バルーンや発言を 2 つ選択すると矢印で結ばれる参照機能を設けた．これによって，1 つのバルーンや発言から別の話題が派生していることを示したり，ある発言への補足発言をしたりすることができる．

以上が本システムの基本的な機能であり，使用例を図 1 に示す．以下では，第 2 章の「ねらい」で述べたことを実現するための機能について述べる．

3.1 発言の時間・話題移動

ユーザは全ての発言を自由に移動でき，移動された発言は一定時間色付きで表示される．バルーンの下方にあった発言を上方の発言の間に割り込ませたり，元のバルーンから離脱させて別のバルーンに入れたりすることができる．図 2 の例では，上側のバルーンには元々発言 1 から 4 が並んでいるが，その間に別バルーンの発言 5 を移動させている．

本来発言したかった位置へ発言済みのコメントを移動させれば，発言したかった時点で書き込んだ場合と同じ結果が得られる．また，話の流れに合わないコメントは，発言後に適切な話題のバルーンや新しく設置したバルーンに移動させればよいので，現在の話題に対して適切かどうかを発言前に考慮する負担が軽減される．

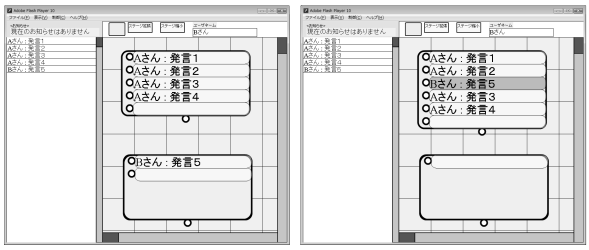


図 2. 発言を移動させる前（左）と後（右）の状態

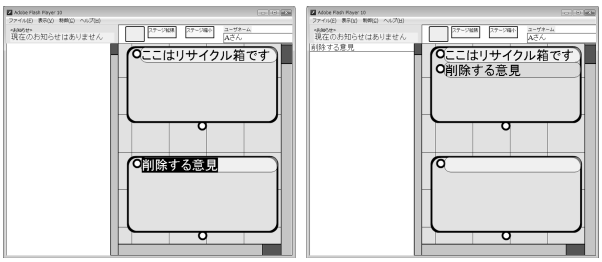


図 3. コメントを削除する前（左）と後（右）の状態

バルーンがない場所へ発言をドロップすることで，どのバルーンにも属さない発言にすることも可能である．バルーン内を整理するために発言を一旦退避させたり，図 1 のように 2 つの話題がどのように関連しているかを記述してリンクさせたりすることができる．長時間無所属かつ矢印によるリンクもない発言は，不必要で放置されたと見なされてリサイクル箱に送られる．

3.2 消されたテキストのリサイクル

発言をやめようとして文章を全削除した場合には，その文章が匿名で発言されてリサイクル箱に入れられる．具体的には，コメント欄の文章を全選択した上でデリートした場合と，バックスペースキーを押して文章を全削除したときにこの処理が行われる．ただし，削除したのが数文字程度だと再利用が困難なため，全削除した文字列が 5 文字以上だった場合に限る．発言前に文章を全選択して削除した例を図 3 に示す．

リサイクル箱用のバルーンは画面右端に設置してあり，他人が発言せずに消してしまった意見も全て閲覧可能である．もしリサイクル箱の中に利用価値を見いだせる発言があれば，それを取り出して議論に使うことができる．

4 関連研究

王らの開発した Cosplay Chat[1] は，ユーザが任意のハンドルネームや他者の名前を使えるようにすることで，参加者たちが社会的制約に縛られずに発言できるようにしている．別人の名を借りれば通常では言えないことも言えるようになるなど，チャッ

トシステムのデザインによって意見を出しやすくしている点で本研究と類似した方向性を持っていると言える．

チャット機能を搭載している発想支援グループウェアとして，宗森らの開発した郡元 [2] がある．これは発想支援技法である KJ 法 [3] を複数人がコンピュータ上で行うことを支援するシステムである．郡元を利用する際には，音声や画像のやり取りを可能にするよりも，テキストチャット機能のみを利用可能にする方が良い結果が出たという実験結果 [4] から，グループでの発想支援にチャットが有効利用されている例といえる．

参考文献

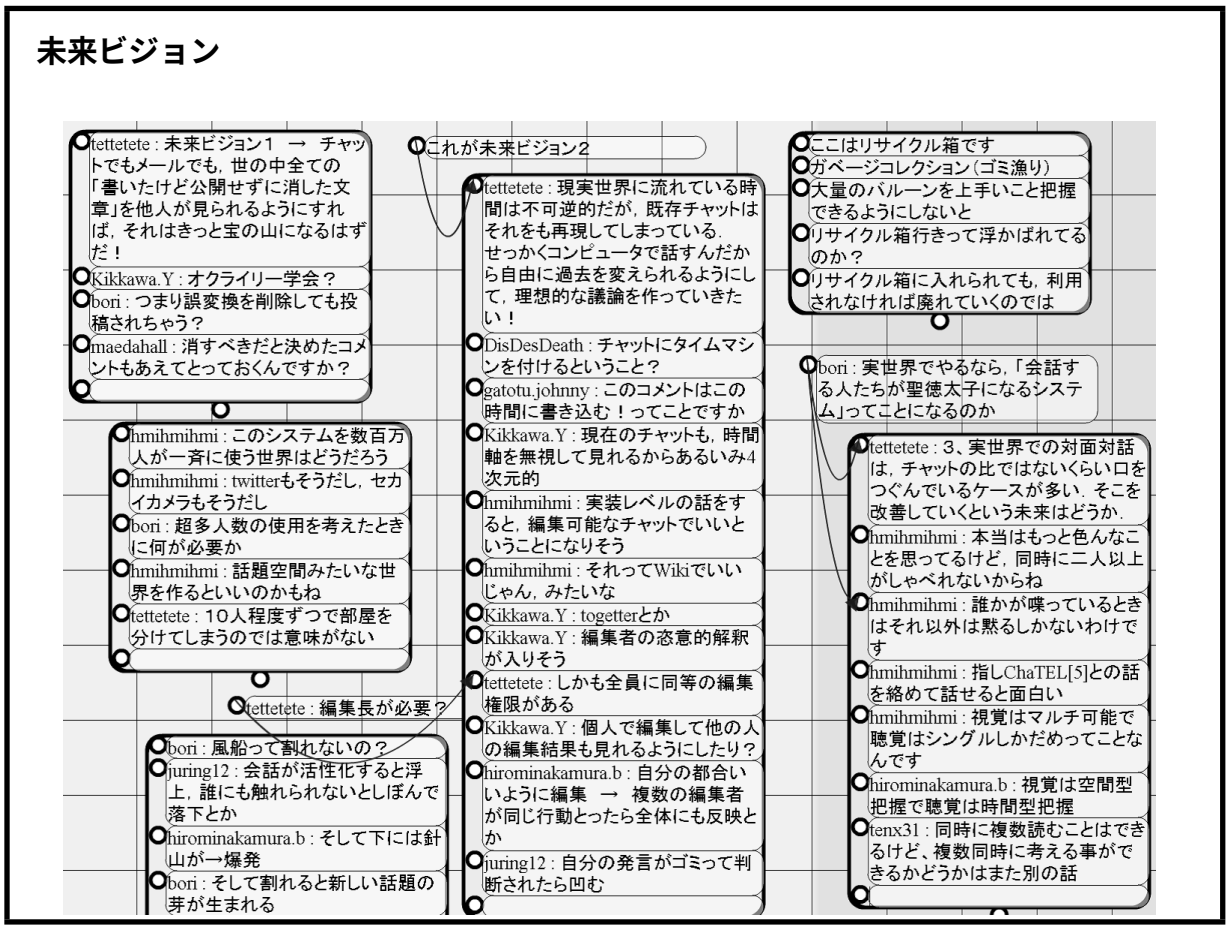
[1] 王 慧, 西本 一志. Cosplay Chat: 多様な視点からの意見を引き出すチャットシステムの試み. 情報処理学会研究報告. HCI, ヒューマンコンピュータインタラクション研究会報告, Vol. 2009, No. 28, pp. 145-152, 2009.

[2] 宗森 純, 堀切 一郎, 長澤 庸二. 発想支援システム郡元の KJ 法実験への適用と評価. 情報処理学会論文誌, Vol. 35, No. 1, pp. 143-153. 1998.

[3] 川喜田 二郎. 発想法—創造性開発のために, 中央公論社, 1967.

[4] 倉本 到, 宗森 純, 首藤 勝. チャットに注目した発想支援グループウェアのコミュニケーションに関する検討. 情報処理学会研究報告, マルチメディア通信と分散処理, Vol. 98, No. 8, pp. 67-72, 1998.

[5] 小倉 加奈代, 西本 一志. 指し ChaTEL: 対面でのマルチスレッド対話を可能とするコミュニケーションツールの開発. 情報処理学会シンポジウム論文集, マルチメディア通信と分散処理, Vol. 2005, No. 4, pp. 195-196, 2005.



運動視差を再現した鏡の中の仮想世界と現実世界の融合提示

A Mirror to Merge Real and Virtual Worlds with Motion Parallax

佐藤 秀昭　　北原 格　　大田 友一*

Summary.　ユーザが, 自身の姿を様々な角度から観察しつつ，身体動作を用いて複合現実空間と 3 次元的なインタラクションが可能な提示方式”MR-Mirror”を開発した．MR-Mirror を 3 次元インタフェースとして用いるためには，ユーザが，MR-Mirror を用いて，3 次元情報をどの程度把握可能か明らかにする必要がある．MR-Mirror と従来のディスプレイとの大きな違いとして運動視差再現の有無が挙げられる．そこで，本稿では，MR-Mirror における運動視差による奥行知覚について検討する．運動視差を再現しない提示手法と運動視差を再現する MR-Mirror を用いて奥行知覚の評価実験を行ったところ，運動視差を再現した方が，奥行知覚が容易であるという意見が得られたが，一方で，客観的評価値は，運動視差を再現しない手法の方が良いという興味深い結果となった．データを参考に，MR-Mirror において，運動視差以外にも奥行知覚に影響する要素について考察し，改善すべき点を示した．

1　はじめに

複合現実感 (Mixed Reality:MR) とは，現実世界の見え方にコンピュータグラフィックス (Computer Graphics:CG) で生成した仮想世界の見え方をシームレスに重畳し提示する技術である．近年，医療・福祉，作業支援，エンターテインメントなど様々な分野において，MR を用いてユーザの知覚情報を増強するアプリケーションの研究が盛んに行われている [1]．我々は，その中でも，リハビリやスポーツのフォーム改善等に MR を利用することを考え，自身の姿を様々な角度から観察しつつ，身体動作を用いて MR 空間と 3 次元的なインタラクションが可能なシステムの開発を目指している．システムに必要な要素は，大きく分けて 3 つの項目が考えられる．”ユーザが仮想世界を直感的に操作可能であること”，”運動に制限がないこと”，”ユーザと仮想世界と現実世界の位置関係が容易に理解可能なこと”である．これらを実現するため，我々は，鏡像を介して現実世界と仮想世界を融合提示する MR-Mirror[2] を開発した．

図 1 に MR-Mirror の概要を示す．ビデオカメラにより取得した映像を用いて，3 次元空間中のユーザの視点位置を推定し，それを元に鏡の視覚特性を再現した仮想鏡像を大型ディスプレイ上に描画する．ハーフミラーの反射によって得られた実鏡像と仮想鏡像を重畳して提示し，鏡の世界で MR 空間を構築する．直感的な操作に重要なユーザ像は自然現象である鏡面反射により生成されるため，計算コストが一切かからず，リアルタイム処理での提示が容易に

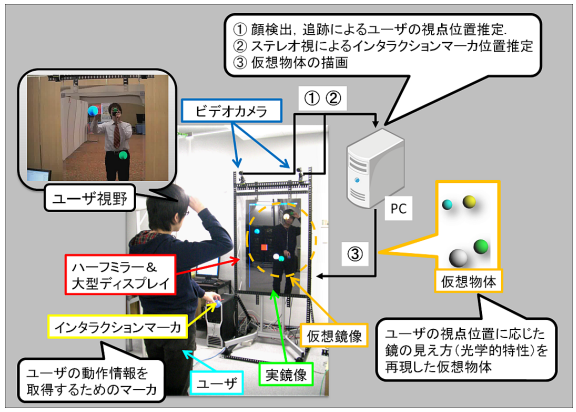


図 1. 実装した MR-Mirror の概要

なるという特長を有する．ユーザは，鏡を通して 3 次元空間中での実物体と仮想物体の位置関係を観察可能なため，HMD 等の提示装置を身に付ける必要がない．また，我々が日常慣れ親しんだ鏡の光学系を用いているため，鏡に写り込んだ物体の 3 次元空間中での位置関係を容易に把握することができる．

MR-Mirror を 3 次元インタフェースとして用いるためには，ユーザが，MR-Mirror を用いて，3 次元情報をどの程度把握可能かを明らかにする必要がある．MR-Mirror と従来のヴァーチャル鏡像提示技術 [3] との大きな違いとして運動視差再現の有無が挙げられる．そこで，本稿では，MR-Mirror における運動視差による奥行知覚について検討する．

2　評価実験に用いる提示手法

運動視差再現の有無により，ユーザの奥行知覚がどのように変化するのかを評価するために，図 2 に示す 3 つの手法を実装する．Video Mirror とは，注目

Copyright is held by the author(s).

* Hideaki Satoh, Itaru Kitahara and Yuichi Ohta 筑波大学 大学院システム情報工学研究科 知能機能システム専攻 画像情報研究室

物体の奥行だけを，現実世界の鏡に写り込む大きさと等しくしたものである．Advanced Video Mirror とは，Video Mirror の映像を，ユーザの視点位置に応じて，上下左右にシフトすることにより疑似的に運動視差を再現するものである．MR-Mirror とは，すべての奥行とユーザの視点位置に対しての運動視差を完全に再現するものである．

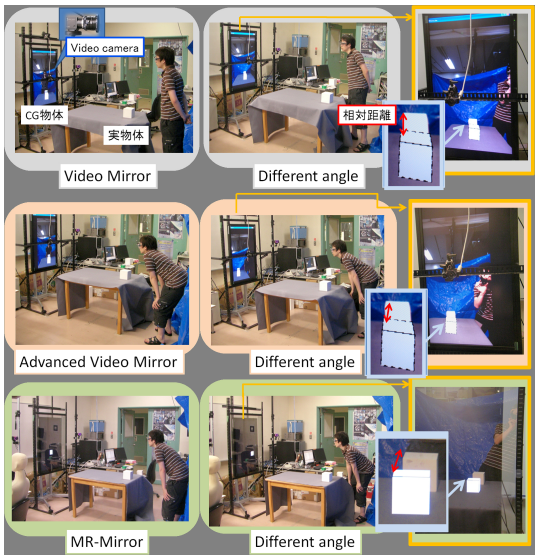


図 2. 実装した提示手法

3 評価実験

運動視差再現の有無によるユーザの奥行知覚への影響を検証するための評価実験を行った．実験方法としては，図 2 のように，それぞれの提示手法に関して，被験者に，視点を自由に動かしながら大型ディスプレイを観察させ，CG 物体と実物体の相対距離を目測させる実験を行った．CG 物体と実物体の相対距離は 200mm，400mm，600mm の 3 パターンをランダムに提示し，その全てについて目測させた．運動視差による奥行知覚の個人差があると考えられため，被験者に，実際の鏡を用いて，鏡の前に設置された 2 つの実物体である立方体の相対距離を目測させ，実験結果を，その値により正規化した値を評価値として用いた．

被験者は，画像処理に精通している 22 歳から 26 歳の男性 10 名である．被験者には．実験に用いた立方体の大きさは教えなかった．また，周りの環境を見ることや観察する時間の制限，動作範囲の制限などは特に与えなかった．

3.1 実験結果と考察

実験結果を，表 1 に示す．平均が 1.0 に近く，分散が小さいほど良い結果である．MR-Mirror の方が，他の手法よりも，標準偏差が大きいことがわかる．一方で，表 2 に示した評価実験に対する感想によると，運動視差を再現した方が，奥行知覚が容易であるという意見が多数得られるという興味深い結果が得られた．MR-Mirror において，運動視差以外にも，奥行知覚に影響する要素があると考え，検討を行った．表 2 より，CG が浮いて見える問題が指摘されている．これは，現実世界と仮想世界の画質の違いによるものと考えられるため [4]，CG の画質向上などにより改善を図る必要がある．また，両眼で観察すると CG 物体がディスプレイ上にあるように見えないという意見が得られた．これは，実世界は鏡の反射によって得られる両眼視差が可能な映像であるのに対し，仮想世界では不可能であるためだと考えられる．そのため，両眼立体視による立体視の追加等により改善が見込まれる．

表 1. 評価実験結果の平均・分散・標準偏差

Video Mirror	200mm	400mm	600mm
平均	0.976	1.064	1.070
分散	0.070	0.080	0.050
標準偏差	0.264	0.284	0.223

Advanced Video Mirror	200mm	400mm	600mm
平均	0.970	1.044	1.081
分散	0.113	0.060	0.057
標準偏差	0.337	0.244	0.238

MR-Mirror	200mm	400mm	600mm
平均	1.004	1.194	1.074
分散	0.181	0.157	0.069
標準偏差	0.425	0.396	0.263

表 2. 評価実験に関する感想

MR-Mirror	
CG物体が机に置いてあるように見えない	4票
両眼でみるとCG物体が画面上にあるように見えない	1票
CG物体と実物体の質感が違いすぎる	1票

Advanced Video Mirror	
視点移動に応じて物体が動かないため，違和感を感じ，距離感がわかりにくい	4票
机の端などCG物体が途切れてしまう場合，見にくい	1票

参考文献

[1] Y. Ohta, and H. Tamura, Mixed Reality-Merging Real and Virtual Worlds, Ohmsha,Ltd.1999

[2] Hideaki Sato, Itaru Kitahara, Yuichi Ohta MR-Mirror:A Complex of Real and Virtual Mirrors In *HCI International 2009,* pp. 482 -492. July 2009.

[3] Morikawa, O. and Maesako, T. HyperMirror: Toward pleasant-to-use video mediated communication system. *CSCW'98*, pp.149-158 1998

[4] R. T. Azuma. A survey of augmented reality, *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*,6(4):355-385, Aug. 1997.

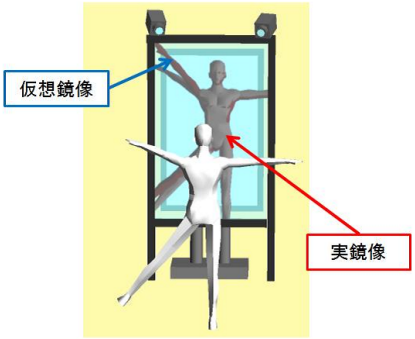
未来ビジョン

急速な人口の高齢化に伴い，疾患による身体運動機能の低下，例えば脳卒中などによる半身不随などの障害のリハビリテーション（以下，リハビリ）のニーズが高まっている．

リハビリの効果を高めるために重要なのは，障害者が医師や療法士が指示するリハビリ運動を正しく理解することと継続的なリハビリ作業の実施である．しかし，医師や療法士の指示は，限られた時間で口頭により伝えられることが多いため，障害者が指示を正しく理解することが困難である．また，リハビリ作業の大部分は単調作業の繰り返しであり集中力の維持が難しいこと，日々の機能回復はわずかであるため障害者自身がリハビリの効果を実感しにくく，継続意欲の維持が難しい．

本研究が完成した場合，右図のように，仮想鏡像として生成したリハビリの見本となる教示動作と障害者の身体動作を MR ミラーを用いて重畳して提示することができる．教示動作との差異を明確に理解でき，効率のよいリハビリが可能となる．また，MR ミラーに設置してあるカメラを用いて，障害者のリハビリ運動を使用履歴として保存しておけば，過去と現在の自分の動きとの差分を提示することが可能である．それにより運動機能の回復具合を直感的に観察できるため，障害者に達成感を感じさせ，リハビリのモチベーションを高めることができる．履歴保存機能を活用したデータ収集・分析により，理学療法研究へのフィードバックや，効果的なリハビリ方法の創出などの可能性も期待できる．

また，本システムは，日常的に使い慣れている鏡を設置するのみで気軽に利用でき，部屋の内装などの景観を損ねることなく設置可能である．そのため，洋服の着せ替え，デジタルサイネージ，遠隔地のユーザからダンスを教えてもらうなどの e-learning の分野など，様々な分野に応用可能な新しい MR 提示方式としての利用が期待される．



EmotionTuner -演奏におけるコミュニケーションを支援する楽器システム-

EmotionTuner -Musical Instrument system for communication in musical performances-

土谷幹　　河瀬裕志　　柳英克*

Summary. EmotionTuner は，演奏におけるコミュニケーションを支援する楽器システムである．EmotionTuner は２人のユーザーで使用するシステムで，対になった光のラインをお互いに操作し，それぞれを接触させることでサウンドを生成させることができる．その為，２人のユーザーの気分によってリズムとメロディーが生み出される．EmotionTuner は，身体的なインタフェースになっており，デバイスの両端から出ているポールを押したり引いたりする操作で，簡単にフィードバックエリアの光のラインの伸縮を制御することができる．フィードバックエリアの双方向から伸びた光のラインが接触する位置によって音程と音色が変化し，光が接触するタイミングでその都度発音する．これまで身体的なインタフェースの電子楽器は数多く研究されてきたが，音楽を通して他人とコミュニケーションすることを目的とした電子楽器は少なかった．本論文では，EmotionTuner のインタラクションとそのシステム概要，今後の可能性について述べる．

1　はじめに

音楽におけるコミュニケーションのひとつとして, 複数人で行う楽器演奏のセッションがある．セッションにおいて, パートナーと一体感ある演奏を実現するには, 演奏スピードやコード進行を合わせるなど, 他者の演奏状況を的確に把握し相互依存することが重要である．しかし, 演奏状況を的確に把握するには, コード進行（和音）とメロディーの関係を理解するための音楽的な知識が必要である．また, 時間軸に沿って変化する演奏状況に対しては, 聴覚によってリアルタイムに対応をしなければならなかった．そのため, 演奏技術や演奏経験のない初心者には, 演奏における他者との一体感を実感することが困難であった．また近年, MIDI というインタフェースと電子的な音源の登場で, 楽器の音色は従来からある楽器の形態に依存する必要はなくなり, 初心者でも簡単に演奏できるインタフェースの新たな電子楽器が増えてきた．しかし, 多くの電子楽器はインタフェースの形状に新規性があるだけで, 音楽を通して他人とコミュニケーションをとることを目的としたものは少ない．本研究では，演奏におけるコミュニケーションを支援する楽器システム「EmotionTuner」を提案する．

2　関連研究

Tooka[1] は，２人のユーザーで使用する演奏装置である．これは管楽器をメタファとしたチューブ形状のインタフェースになっており，デバイスの両端には，ユーザーが息を吹き込む機構と，指で音を制御できるボタンが備え付けられている．また２人でチューブの中央部分を歪曲させると音を歪ませることができる．Tooka は，２人で高度な曲を演奏することを目的としたシステムで，ボタンを押したり，チューブを曲げたりするなど複雑な操作が伴うため，情報機器の扱いに不慣れな子供やお年寄りなどの初心者には難しい．それに比べ，EmotionTuner は，２人のユーザーによって生成されるサウンド自体を楽しむシステムである．また操作はポールを動かすだけでよく，初心者にも簡単である．さらに視覚的フィードバックを用いることで，ユーザーがより複数のコミュニケーションモードを使い，豊かな演奏体験ができる．

図 1. EmotionTuner

3　提案するシステム

EmotionTuner は，演奏におけるコミュニケーションを支援する楽器システムである．これは２人のユーザーが協力して音を奏でることができるシステ

Copyright is held by the author(s).

* Miki Tsuchiya,Yuushi Kawase, Hidekatsu Yanagi, 公立はこだて未来大学大学院

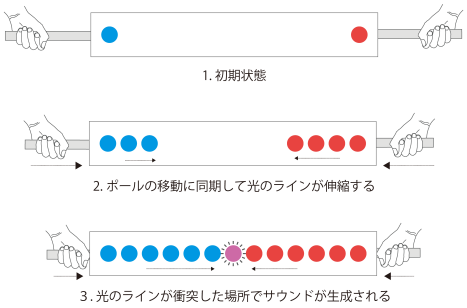


図 2. EmotionTuner のインタラクション

ムである．図 2 に示すように，２人のユーザーがデバイスの両端から出ているポール型のインタフェースを押したり引いたりすることで, その行為に同期して光のラインを前後に伸縮させ, フィードバックエリアの中央でそれを衝突させる度にサウンドを鳴らすことができる．また，衝突させる位置で音色が変化する．光のフィードバックは，ユーザーが演奏を行う過程で起こす気持ちの変化を表現している．パートナーの光のラインを避けるようにすると「拒否」の感情，相手の光のラインを追随するように動かすと「同調」の感情を伝達できる. このような一次元の感情を表現する為に，押したり引いたりできるポール型のインタフェースになっている．現在，光のラインは赤色と青色の２種類があり，１人のユーザーが赤色を，もう１人のユーザーが青色を制御する事ができる. またサウンドは LED の数と同じ 13 段階の音色を出力する事できる．

3.1 システム構成

図 3 に示すように， EmotionTuner は, 距離センサー 2 個, フルカラー LED13 個, PIC マイコン, スピーカー, XBee 無線モジュール, Bluetooth 受信機から構成されている．筐体は縦 900mm，横 160mm，高さ 120mm の箱形の木材でできており, 上部には 3mm 乳白色のアクリル板が蓋として取り付けられている. また，操作部分には 400mm のステンレスポールが使われており，デバイスの内壁から 300mm までスライドできる仕組みになっている. このステンレスポールの先からのデバイスの内壁までの距離を距離センサーで検出し，その検出値に応じて 13 個の LED を個別に点灯させている．反対側の操作部分の構造も同様である. 片方のステンレスポールではフルカラー LED の赤色の光を制御し，もう片方のステンレスポールでは青色の光を制御することできる. またデバイスは XBee 無線モジュールにより距離センサーでの検出値を PC にも送信している．PC 内ではその検出値に応じて音源を生成し，電波により，それをデバイスに内蔵されている Bluetooth 受信機へ送信し，内蔵されたスピーカーから出力させている．

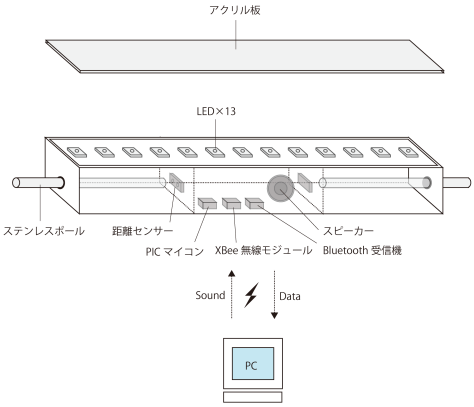


図 3. EmotionTuner システム図

4 今後の可能性

EmotionTuner を使用する人々は, 情報機器の扱いに不慣れな子供や高齢者の方を想定している．とくに家庭内などでの遊びのシーンで使用することを考えている．また，EmotionTuner は, 視覚的, 聴覚的にも癒しの効果があるため, 病院のリハビリテーションの中で利用することも考えている．現在，無線通信により非対面での演奏を可能にした EmotionTuner 2.0 を開発している．EmotionTuner 2.0 では，よりインタラクティブな操作感を実現するために, 触覚や力覚によるフィードバックを実装した．今後もよりインタラクティブ性を高める為の新たなアプリケーションの実装やその検証を行っていき，EmotionTuner 2.0 の非対面でのコミュニケーションにおける有効性を検証していく．

参考文献

[1] Sidney Fels, Linda Kaastra, Sachiyo Takahashi, Graeme McCaig: Evolving Tooka - from Experiment to Instrument, NIME04-1,(2004)

[2] Eric Kabisch, Amanda Wiliams, Paul Dourish: Symbolic Objects in a Networked Gestural Sound Interface, CHI2005, (2005).

[3] 馬場哲晃，牛尼剛聡，富松潔: Freqtric Drums 他人と触れ合う電子楽器, 情報処理学会論 Vol48 No3, pp.1240-1250, (2007)

[4] 鈴木健嗣, 橋本周司: FeelLight 非言語情報通信のための双方向入出力デバイス, 情報処理学会, (2004).

[5] 市江雅芳：”音楽でウェルネスを手に入れる-リハビリ専門医の体験的音楽健康法”, 音楽之友社, (2007).

[6] Cati Vaucelle, Leonardo Bonanni, Hiroshi Ishii: Design of Haptic Interfaces for Therapy, CHI2009, (2009).

未来ビジョン

本稿では, EmotionTuner を電子楽器として提案している. しかし, EmotionTuner は, 未来の新しいコミュニケーションメディアとしての発展が期待できる. その理由は, EmotionTuner は昨今登場している電子楽器のように, インタフェースの形状やその演奏方法に新規性があるだけではなく, 演奏を通して他人とコミュニケーションすることが可能であるからである. また, EmotionTuner の身体的なインタフェースは, 子供や高齢者など, これまで情報機器の扱いに不慣れだった人たちにも受け入れられる可能性を秘めている. そのため, 子供同士が演奏を通してコミュニケーションを深める玩具としての発展や遠隔地に住む祖父母と孫の為のコミュニケーションメディアとしての発展が考えられる. また近年, 医療の世界では音楽療法が取り入れられつつある [5]. 特に, 身体感覚の回復や精神的な癒しが必要な自閉症患者や高齢者の間では, 楽器演奏によるリハビリテーションが行われるようになった. 言語によるコミュニケーションが困難な幼児の多くは, 自ら打楽器を叩くことが頻繁にある. 音楽に対して能動的な関わり方をする割合が多く占めることから, 人間には生まれつき音楽を奏で, 感情を表現したいという欲求が備わっていることがわかっている. しかし, 当然従来の楽器は演奏技術がなければ扱えず, 患者にはストレスの感じるものであった. 今後は, 患者とセラピストの間で EmotionTuner を使用させたい. EmotionTuner により, 患者とセラピストが演奏を通してコミュニケーションできるだけでなく, 患者は簡単な操作で様々な音色を表現できるほか, 視覚的にも感情を表現することができる. また, EmotionTuner は, 視覚的にも聴覚的にも癒しの効果があるため, これまでリハビリテーションで使われていた楽器に比べ, 大きな優位性がある. さらに将来的には, 家庭の壁や街の地面, 公共施設など世界各地に点在し, 不特定多数の人とのコミュニケーションを可能にするメディアとして応用を考えている. これにより, 人と人だけでなく, 家庭と家庭, もしくは街と街をつなぐコミュニケーションメディアとして発展させていく. 光と音によるインタラクションは, 屋内のインテリアや街のイルミネーションとしての効果もある. 様々な生活シーンでこの EmotionTuner が利用され, 感性豊かな表現ができる情報社会が来ることを強く願っている.

SyncFeel-身体感覚を用いた親密なコミュニケーション支援システム-

SyncFeel-supporting system for interactive communication with bodily senses-

河瀬 裕志　　土谷幹　　柳 英克*

Summary. SyncFeel は近距離，または遠距離のコミュニケーションにおける感情のやり取りを実現する新しいインタラクティブシステムである．ユーザはインタフェースの上で重心移動するという単純な動作で，LED によるフィードバックエリアの色を操作することができ，身体の動きに対応して表現される非言語情報を可視化する．インタフェースにはユーザ自身の傾きによって色が変わるフィードバックエリアと，他ユーザのインタフェースの傾きによって色が変わるフィードバックエリアの二層があり，フィードバックエリアの二層の色を同期させるかさせないかの操作によって，メッセージの交換を行うことができる．また，SyncFeel はインタフェースの傾き方向と角度を制御するため，現在の日常生活において経験することがなくなった不安定な体性感覚を体験し養うことが期待できる．本研究では従来のボタンやスライドとは違った，身体の動きに合わせた情報の操作，利用，インタラクションを実現した．本論文では，開発した SyncFeel のシステム概要とそのインタラクションについて述べ，評価実験の結果と考察，今後の課題，応用，可能性について述べる．

1　はじめに

従来の情報機器のインタフェースとして一般的であるボタンやスライダーは単純な操作で高度な情報機器の操作を実現してきた．しかしこれらのインタフェースは，ボタンを押すや動く等といった単純な動作であり，どのタスク，操作段階でも同じフィードバックで，操作とタスクに自然なつながりがない．タスクを実感できるフィードバックがないため，操作感やタスクの責任感が希薄になる．実世界において人は，本来あらゆる感覚を用いて道具を使用する．アナログツールはタスクによって使い分けられ，また，使った時に触覚や力覚といったあらゆる感覚の確かなフィードバックが存在する．従来の情報機器のインタフェースはこのような感覚が少ない．情報機器の操作をより自然で直感的にするには，複数の感覚，モダリティを使用でき，フィードバックのあるインタフェースが求められる．石井らはもともと体感的な感覚がない情報そのものに，人が原始的に持っている身体感覚を付加することで，情報により確かな存在感をもたせる Tangible Bits[1] というコンセプトを提案している．情報機器の操作やタスクに身体感覚や身体的なフィードバックを付加することでより直感的で自然なインタラクションを実現することができる．本研究では，視覚だけでなく，身体的な情報をインタラクティブにユーザにフィードバックするインタフェースを開発・評価し，コミュニケーションや情報の操作にとっての身体性の有用性を検証することを目的としている．

図 1. SyncFeel

2　関連研究

木塚らのホタル通信 [2] は呼吸情報を利用したコミュニケーションツールである．ホタル通信は不随意である呼吸情報が，会話などのコミュニケーションの際に同期する傾向を利用して，同期したことをユーザに光として伝え，ユーザは相手との親密さを体験することができる．ホタル通信は同期したときのみ光のインタラクションが発生するため，量的でリアルタイムな同期具合がわからない．本研究では身体の動きから生じる色のフィードバックの同期と非同期がリアルタイムにわかるため，ユーザは気持ちや感情の同期具合をよりインタラクティブに得ることができる．

Suzuki らの FeelLight[3] はボタンを押すと色が変化するという 1 ビットのコミュニケーションを実現するツールである．1 ビットという数値的には少ない情報のやりとりのみで，意図や感情といった非言語

Copyright is held by the author(s).

* Yushi Kawase, Miki Tsuchiya, 公立はこだて未来大学大学院 システム情報科学研究科, Hidekatsu Yanagi, 公立はこだて未来大学

のコミュニケーションを可能としている．遠隔地において色情報を利用して非言語のコミュニケーションを実現するところは本研究と類似しており，本研究ではさらに身体から抽出された非言語情報でリアルタイムな色の変化を利用したコミュニケーションを実現する．

3 システム

近距離，または遠距離のコミュニケーションにおける感情のやり取りを豊かに実現する新しいインタラクティブシステム SyncFeel を提案する．ユーザはインタフェースの上に乗り，重心移動するという単純な動作でインタフェースが傾き，傾きに対応してフルカラー LED による色のフィードバックを操作することができる．フィードバックエリアにはユーザ自身のインタフェースの傾きによって色が変わるフィードバックエリアと他ユーザのインタフェースの傾きによって色が変わるフィードバックエリアがあり，フィードバックエリアの色の同期，非同期によって意図や感情，気持ちといったメッセージの交換ができる．

4 インタラクション

4.1 重心移動と色のフィードバック

SyncFeel はユーザが重心移動するとインタフェースの傾きが変わり，傾きの方向に応じてフィードバックの色が変わる．インタフェースは実際に傾くので，ユーザは平衡感覚を駆使しながらインタフェースを使用することで，平衡感覚を養うことができる．身体のバランス感覚の変化とフィードバックの色がリアルタイムに対応して変化することで豊かなインタラクションを得ることができる．SyncFeel の重心移動は，普段の日常生活の中ではあまり使用しない感覚であり，始めは難しいと感じるが，使用しているうちに平衡感覚が養われ，自然な感覚で操作することができる．フィードバックの色は，赤色，緑色，青色の 3 色を基準にしているため，光の 3 原色で考えることができ，赤の方向に動かせばより赤みが増すなど，直感的に色を変化させることができる．

4.2 コミュニケーション

SyncFeel は色の選び方と色の変化で感情や意図，気持ちといった非言語情報を表現し，コミュニケーションを支援する．ユーザが重心移動してインタフェースのフィードバックエリアの色を操作するとそれが他ユーザのインタフェースのフィードバックエリアに反映され，逆に他ユーザが重心移動してフィードバックエリアの色を変えるとユーザのインタフェースのフィードバックエリアに反映される．近距離でも，ネットワークを介した遠距離でもリアルタイムに，リニアに通信することでインタラクティブなコミュニケーションが可能である．色が持っている意味を利用して，赤なら怒っているや，青なら落ち着いているなど感情を伝えることができる．SyncFeel はリアルタイムに，かつ連続的に色が変化し，2 つのフィードバックエリアの色合いから同期状態が量的にわかるため，色の変化に意図を込めることができる．ユーザが他ユーザと同じ色に合わせようとしたり，逆に他ユーザの色を避けるように出したりすることで，同意・不同意などのメッセージを交換することができる．SyncFeel は色の選び方や色の変化に明確なルールを設定していない．ユーザが使う場面や状況，もしくはユーザ同士でルールを決めてコミュニケーションを行うことができる．SyncFeel は色の選び方と色の変化に多様な表現力があるため，ユニークなコミュニケーションを実現する．

4.3 インスタレーション

SyncFeel は視覚的に効果的なインタラクションを持っている．筐体側面は鏡面に磨き上げており，フィードバックエリアの光が宙に浮いて見える効果がある．フィードバックエリア全面が光るため光のイルミネーションとして効果的である．SyncFeel を使っているユーザだけでなく，観ている人も視覚的に楽しむことができる．SyncFeel を数台用意し，一つのフロアに並べてセッションを行うと視覚的に効果的な演出を行うことができる．

5 展示と評価実験

5.1 展示・評価方法

SyncFeel を展示しインスタレーション・評価実験を行った．実施日は 2010 年 7 月 7 日から 2010 年 7 月 9 日，実施時間は午前 11 時から午後 6 時，場所は公立はこだて未来大学 3F ミュージアム，実施方法は展示によってユーザに一定時間体験してもらい，その後質問紙に回答してもらった．2 台の通信している SyncFeel を展示し，コミュニケーションを行うことができるようにした．回答者は 18 歳から 24 歳の男性 20 名，女性 30 名の合計 50 名であった．

5.2 結果と考察

操作しやすさに関して，操作しやすいと答えたのは 42 %，やや難しいと答えたのは 48 %であった．難しいと答えた人は，SyncFeel に乗ってバランスを取ることを難しく感じていたが,「楽しい」という意見が多かった．好きな色に変えられたかという質問に対しては，50 %が変えられたと回答し，32 %が変えられなかったと回答した．半数の被験者が，体験中に色の変化について理解していた．一体感を得られたかという質問に対して，68 %が得られたと回答し，22 %が得られなかったと回答した．意見として，一緒の色に合わせようとしたという意見が多く，

SyncFeelを使用することがコミュニケーションを誘発していた．感情や意図を込めた使用方法をした体験者は少なかったが，これは実験での体験時間が短かったことが要因の一つとして考えられる．色が同期しているときと，非同期のときの感情について質問したところ，非同期のときについての意見にはばらつきが出たが，同期した時は「うれしい」や「一体感」といったポジティブな意見が高い点数で現れた．フィードバックの色が同期したときに，ユーザのポジティブな感情を引き起こしたと考えられる．

6 議論と今後の展望

評価実験から,「楽しい」や「きれい」という意見が多く，ユーザは視覚的にも，身体感覚的にも効果的なインタラクションを得ていた．コミュニケーションにおいては，色を合わせようという使い方をしたユーザが多くコミュニケーションの支援をすることができた．しかし色が合った時にわかりづらいという問題点が明らかとなった．色が合った時に，視覚的なフラッシュやエフェクトによるインタラクション，または，振動や音による，視覚以外の感覚を利用したインタラクションがあるとわかりやすくなると考えている．

SyncFeelを利用した主に2種類のアプリケーションの開発を予定している．1つはエクササイズアプリケーションで，画面上のエージェントがユーザに同期させる色を提示し，時には動きを指示することで，身体を動かし運動を支援する．もう1つはコミュニケーションのためアプリケーションで、2人のユーザの色の同期具合を測定し，相性などを判定する．

SyncFeelはエンタテインメント性，身体性，コミュニケーションにおいて効果的であり、今後はアプリケーションの開発や評価実験により有用性を検証していく．

参考文献

[1] H,Ishii. and B,Ullmer, "Tangible Bits: Towards Seamless Interfaces between People, Bits and Atoms," Proceedings of CHI '97, March 22-27, 1997.

[2] 木塚あゆみ，柳英克，美馬義亮，ホタル通信: 呼吸情報を用いたコミュニケーションツール，Wiss 2007論文集，pp. 171-172，2007.

[3] K,Suzuki. and S,Hashimoto, FeelLight: A Communication Device for Distant Nonverbal Exchange, Proc.of ACM SIGMM workshop on Effective Telepresence, 2004.

未来ビジョン

ユーザはSyncFeelでの色の操作を難しい，特殊であると感じるかもしれない．しかし，簡単なことがすばらしいとは限らない．ボタンやスライダーを使用しても色の操作はできるかもしれない．SyncFeelの操作性，身体性が，単に色の操作を簡単にし，それでコミュニケーションをするということではないということに留意してほしい．本論文で取り上げている，現在の情報機器のインタフェースの問題は，単に情報機器の操作だけにとどまらない．特に情報化が進んだ現代社会では，人は身体的な感覚を失いがちであり，それを人はストレスに感じていると著者らは考えている．本研究で提案しているSyncFeelについてユーザが「楽しい」,「きれい」と感じるのは，ユーザがSyncFeelの持っている重心移動といった単純な動きではあるが，身体を駆使する動きを求めているからである．これは，スポーツやダンスなど身体を動かすレクリエーションと同じ効果である．人の身体は，人が人工物を作り出し，生活空間を整え，道をまっすぐに，道具を便利にする前から，数万年という時間ほとんど変化がない．原始的に，木に上り，草原を駆けまわっていた時の身体と変わりはないのである．その身体が，人工物で囲まれた現代のような生活の中では，身体の力を活かしきれず，ストレスになっている．自然界においては身体全体の複数のモダリティを使用するのは当たり前であり，本研究ではそのような現代社会でなかなか使われない感覚を積極的にインタフェースへと取り入れることで，人の身体性の回帰を狙っている．より自然であることとはどういうことか，人はそもそもどうしたいのかということが本研究の本質の主眼となっている．コミュニケーションにおいても，言葉といった言語以外の情報，非言語情報は重要な役割を担っている．表情やジェスチャー，ボディタッチ，人のあらゆる感覚がその場にあって初めて豊かなコミュニケーションが実現する．情報化・電子化しあらゆるものが仮想化されがちな現代社会だからこそ，そのような人の確かな感覚を重点的にとらえる必要があると考えている．

本研究ではコンセプトや提案・開発にとどまらず，インスタレーションを行って広く本提案を提示している．ユーザが体験し身体感覚を体感することで，本来持っている身体の存在感の重要さを理解する手助けとなるように研究を進めている．

切り取って燃やして返品する能動的読書

Cut, Burn and Return for Active Reading

太田 佳敬　　中村 裕美　　宮下 芳明*

Summary.　我々が読書等を通して能動的に情報を理解をする際，重要な情報に対して何らかの操作をすることが主流である．これに対し本稿では，不要な部分を削除しながら能動的に読書を行える電子書籍インタフェースを提案する．この行為によって情報の洗練ができるだけでなく，情報に対する要不要を利用者に意識させることが出来る．さらにどの部分が削除されたという情報を著作者にフィードバックする機能も搭載した．これにより情報の発信プロセスに対しても要不要を意識させ，より利用者のニーズにそった情報を提供させることを促せる．

1　はじめに

電子文書や Web において能動的に情報を理解をする際，大事なところにマーカをつけたり切り取ることや，思いついたことを書き込んだりなど，重要な情報に対して何らかの操作をすることが主流である．これに対し本稿では，不要な部分を削除しながら能動的に読書を行える電子書籍インタフェースを提案する．この行為によって情報の洗練化が行えるようになるだけでなく，自らにとって必要な情報は何か，また処分すべき不要な情報は何かを利用者に意識させることが出来る．

またこのシステムによって削除された部分は，利用者が明示的に不要と判断した部分である．この情報を著作者も活用する事で，利用者にとって必要な情報は何か，不要な情報は何かを意識させることが出来る．そこで提案システムでは，どの部分が削除されたという情報を著作者にフィードバックする機能も搭載した．

2　関連研究

文書，音楽，動画や Web ページなどに対する能動的理解の支援を行うシステムは幾つか提案されている．Schilit らが提案する Active Reading[1] では，利用者が自由に文章メディアに対する視覚的変更を加え，文章の理解を深めることができるようにしている．ここで可能な能動的理解の方法は，文章に対して何らかの情報を付加していく行為である．高嶋らが提案する Active Watching[2] では，利用者による映像の一部抜き出し，必要な部分を何度も見返すことや，不要な部分を早送りするなど，能動的な動画閲覧が可能である．高嶋らが提案する Active Watching[2] では，利用者による映像の一部抜き出し，必要な部分を何度も見返すことや，不要な部分を早送りするなど，能動的な動画閲覧が可能である．後藤らによる能動的音楽鑑賞インタフェース [3] は，音楽鑑賞行為において興味のない部分を簡単に飛ばす，楽器の音色を変更する，音楽コレクションをブラウジングするなど，能動的に音楽音響信号の理解を深める事を可能にした．Lichan らが提案する SparTag.us[4] では，Web ページに対して低コストでアノテーションやタグ付けを行うことを可能にし，さらに自動的にアノテーションとタグをノートブックへと集めることを可能にした．これにより利用者は重要だと思う部分を取り出し，後から再びその情報を探す際に効率的に探すことができるようにしている．Steimle らが提案する Digital Paper Bookmarks[5] では，紙の文書に対して特定の意味を持ったブックマーク紙を貼ることにより，紙の文書に対してタグ付けや構造化を可能にし，さらにそれらの情報を他の利用者と共有することを可能にした．

Web ページから重要な情報を取り出し，それらに対して様々な操作を行うことで効率的に理解できるようにするシステムは幾つか提案されている．杉浦らが提案する Internet Scrapbook[6] では，Web ページから必要な部分を抽出してスクラップした部分の更新を自動的に確認し，ページが更新された際にシステムが最新状態に内容を置き換える．馬らが提案する Integrated Search[7] では，スクラップした Web ページ，履歴，ブックマークを横断的に検索可能である．また久保田らが提案する知球 [8] では，仮想空間に構築した球体の上にカード化したコンテンツ断片を配置し，奥行きや左右，カードの大きさといった空間的手がかりを生かして配置を行い，ユーザの外化記憶が構築可能として利用可能にしている．

情報を事前に削除することで，効率的に必要な情報を取り出す支援を行うシステムも幾つか提案されている．Open Jane[9] では，2 ちゃんねるのスレッ

Copyright is held by the author(s).

* Yoshiaki Ota and Hiromi Nakamura and Homei Miyashita, 明治大学

図 1. システム図

ドの閲覧環境を提供すると共に，各書き込みに対して事前に指定した NG ワードや NGID などに一致する場合に，その書き込みを「あぼーん」に変換し元の書き込みを表示しない機能を備えている．これによりユーザは自分が不要と思える内容や，特定の人物の書き込みを，実際の書き込みを見ること無く削除出来きる．また中村らが提案する Editable Web Browser[10] では，検索エンジンの検索結果に対してユーザが削除や強調により，リランキングを可能にした．これらはユーザからの削除操作や付加操作を，フィルタリングのキーワードとして自動で使用し，ユーザにとって不要な情報をあらかじめ削除し，重要な情報に集中しやすくしている．

本稿で提案するのは「不要な部分を消しながら読んでいく」能動的な行為を促すインタフェース，及び著作者に対しても要不要を意識させるシステムである．

3 システム

提案システムは電子文書の閲覧インタフェースを提供する．利用者はその上で自由に電子文書を読み進める事ができる．また利用者は不要だと思った箇所を切り取り削除したり，目次から対象の箇所をまとめて削除できる．さら削除した箇所のデータを著作者に送信できる（図 1）．

利用者は電子文書を閲覧中に，任意のタイミングでページの一部を切り取ることができる．切り取った断片は図 1 の上部のように，元の電子文書とは完全に独立した存在として動かすことができる．利用者は断片を画面上で自由に動かすことができ，そのまま画面上に置いて他のページに移ることができる．また文書の切り取られた部分は白紙になり，再びそのページを開いた場合も，白紙のままで表示される．

本システムでは切り取った断片を削除すると共に，その情報を著作者に提供することが可能である．切り取った断片に図 1 の中央部のように火をつけることで，切り取られ削除されたページや範囲に関する情報が著作者に送信される．断片の燃え具合は送信状況を表現しており，送信が終了すると燃え尽きる．

また，切り取り操作及び削除操作は不可逆なものではなく，復元を行うことで文書を元の状態に戻すことができる．この機能はその文書を再度別の目的で用いたい時や，再び完全な状態で通読したい時，どうしても消した部分が必要になった時に利用できる．

4 考察

提案システムを用いることで，たとえばオムニバス的に書かれた文書情報から，必要な章のみ残して他を削除する行為や，目次から自分の求めている情報と関係の無い章をまとめて削除するといった用途が期待される．このように情報が不要と解った時点で削除することにより，本当に必要な情報に割く時間を増やすことができる．さらに自らにとって必要な情報とは何か，不要な情報とは何かを利用者に意識させ，情報に対しての意識も変えることが出来ると考えられる．

著作者に対するフィードバックについては，本文中の何処が不要と受け止められたかという，詳細な情報を得ることができると期待される．この情報は，視聴率や読者アンケートのような情報収集では得られにくい．これにより著作者に対しても情報の要不要を意識させ，より利用者のニーズにあった情報を提供できるように促すこともできると考えている．

実世界の文書情報では，本の一部を削除する行為は不可逆的であるため，利用者にとっては敷居が高い行為である．一方デジタル化された情報は，このような提案を容易に行うことができる．なぜならデジタル化された情報では情報の Undo,Redo は自由にできるため，いつでも完全に元に戻せることができるからである．

今後は本インタフェースを公開し様々な意見を集めると共に，著作者情報の登録や原稿のアップロード機能などを含めた，総合的なシステムに反映させていきたいと考えている．

参考文献

[1] B.N. Schilit, G.Golovchinsky, M. N. Price: Supporting active reading with free form digital ink annotations, In *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, pp.249-256, 1998.

[2] Takashima.A, Yamamoto.Y, Nakakoji.K: A Model and a Tool for Active Watching: Knowledge Construction through Interacting with Video, Proceedings of INTERACTION: Systems, *Practice and Theory*, pp.331-358, 2004.

[3] 後藤真孝: ”音楽音響信号理解に基づく能動的音楽鑑賞インタフェース ”, 情処研報音情科 2007-MUS-70-9, pp.59-66, 2007.

[4] Lichan Hong, H. Chi, Raluca Budiu, Peter Pirolli, Les Nelson: SparTag.us: a low cost tagging system for foraging of web content, In AVI ’08: Proceedings of the working conference on Advanced visual interfaces, pp. 65-72, 2008.

[5] Steimle Jürgen, Brdiczka Oliver, Mühlhäuser Max: Digital paper bookmarks: collaborative structuring, indexing and tagging of paper documents, CHI ’08: CHI ’08 extended abstracts on Human factors in computing systems, pp. 2895–2900, 2008.

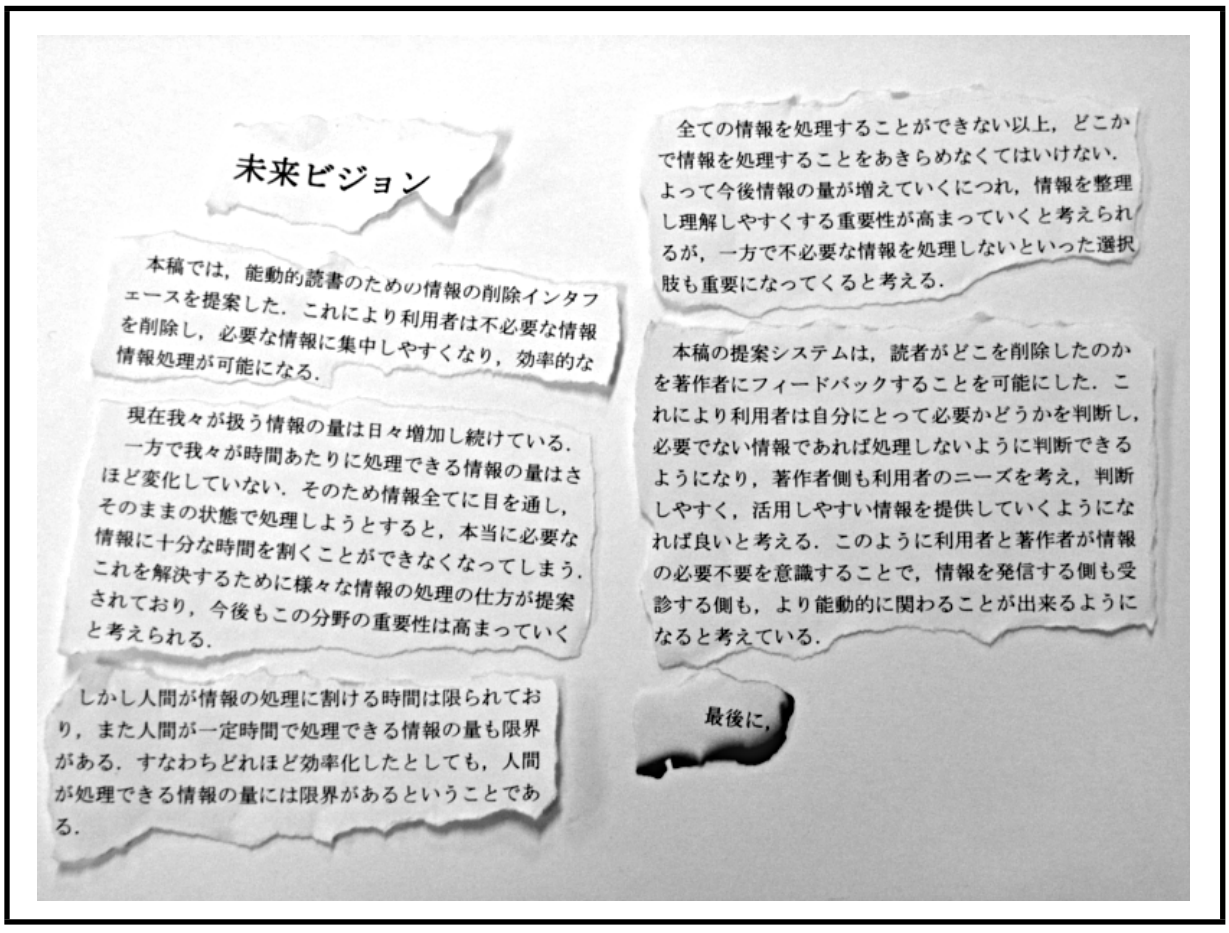
[6] Sugiura, A. and Koseki, Y. Internet Scrapbook: Automating Web Browsing Tasks by Demonstration. Proceedings of *ACM Symposium on User Interface Software and Technology*, pp. 9-18 1998.

[7] 馬芙榕, 五味渕大賀, 室田真男, ”Web ブラウザの ScrapBook・履歴・ブックマークを横断的に検索可能なツールの開発と評価 ”, 電子情報通信学会技術研究報告. ET, 教育工学, pp. 93-98, 2007.

[8] 久保田秀和, 角康之, 西田豊明: ”「知球」: 持続的に発展可能な時空間記憶の構築 ”, 情報処理学会研究報告. HI, ヒューマンインタフェース研究会報告, pp. 1-8, 2004.

[9] ”Open Jane ホームページ ”, URL: http://sourceforge.jp/projects/jane/, (2010 年 10 月 20 日に参照)

[10] 中村聡史, 山本岳洋, 田中 克己: ”Editable Web Browser : 編集操作の伝播によるウェブ閲覧支援 ”, 情報処理学会研究報告. HCI, ヒューマンコンピュータインタラクション研究会報告, pp. 59-66, 2007.



飲食物 ＋ 電気味覚

Food and Drink, Plus Electric Taste

中村 裕美　　宮下 芳明*

Summary. 本稿では，舌に電気刺激が与えられることで感知できる電気味覚を活用し，飲食物の味を変化させることを目的として，飲食物を介在させた電気味覚提示装置について述べる．その中で，飲料を介在した電気味覚提示としてストローを用いた手法，食料を介在した電気味覚提示として食物に直接電極を挿入する手法を提案する．

1 はじめに

舌は，電気刺激が与えられると味覚を感じることができる．これは電気味覚と呼ばれ，味覚検査 [1] などで用いられている．本稿では，この電気味覚を飲食物を介在させて舌に提示することで，食べ物の味を変化させる装置を提案する．

我々は，飲食物の摂取に対し楽しみを求めることもある．これらは，満腹感によるもの，食事中の交流によるものなど様々だが，味覚から得られる味の楽しみも重要である．そのため，これまでも味覚器官の特性分析や，おいしさを追求する研究がなされてきた [2].

おいしさの追求や味の豊かさを得るために，我々は調味料や添加物を活用する．調味料や添加物は，栄養価に結びつくものは少ないが，摂取する飲食物の味を変化させることで，飲食の楽しみを助けている．塩や砂糖以外にも，胡椒やターメリックなど，刺激の強いものも好まれている．飲料においても，新しい味体験をもたらす商品が常に開発されている．

情報科学の分野でも，味覚に対するアプローチがなされてきた．その目的にはおいしさの追求だけでなく，情報伝達手段としての応用も含まれている．この分野の研究では，味や食感を自由に変化させる他，実際の飲食物では味わうことのできない味・食感の提示も積極的に行われている (3 章参照).

我々は，味の変化に電気味覚を用いた手法を提案する．電気味覚は前述したように舌に電気刺激が与えられた際に感知される酸味・苦味・金属味のような味覚である．Sulzer によって 1752 年に発見されたもので [3]，Volta が電池を発見するきっかけにもなった [4]．電気味覚を感じる理由は，電気泳動性強制結合説が有力である．その仕組みは，電気刺激により舌面上のイオンが電気誘導的に味細胞のほうに移動し，直ちに強制的に味覚受容サイトにはめこまれ，その味細胞特有の興奮を惹起するものとされている [5]．これまで電気味覚は味覚検査装置をはじめ，情報出力手法として用いられてきたが，電極を直接舌に当てることで提示する手法が主であった．本稿では，これを飲食物に介在させて提示することで，味を変化させる装置として活用する．

Copyright is held by the author(s).

* Hiromi Nakamura and Homei Miyashita, 明治大学大学院 理工学研究科 新領域創造専攻 ディジタルコンテンツ系

2 システム

2.1 飲料を介在した電気味覚提示

本稿では，まず飲料を用いた電気味覚提示として，ストローを活用した電気味覚を提案する．電気味覚を提示するためには，電極または導電体が舌と接触していることが条件となる．その為，飲食物を介在して電気刺激を与える場合，電気が流れている状態で口に運ばなければならない．飲料の場合，口腔内に保有したまま電圧の調整を行うのは困難である．そのため本システムでは，ストローを用いて飲料と口腔をつなぐ回路を形成し，飲むことによって回路が閉じる仕組みを用いた．

本システムは，2 つの容器に分割された飲料からなる飲料部と，2 本のストローからなる通電を行うストロー部で構成される．電解質を含んだ飲料は，2 つの器（以下容器 A，B とする）に注ぐ．そして容器 A に陰極を挿入したストローを，容器 B に陽極を挿入したストローを入れる (図 1).

この状態では，電圧を加えても電極は導電体とは接触していないため，回路のループは形成されず，電流は流れない (図 2 左)．容器 A と B に入れたストローを口内に含み，両方から飲料を飲むと，ストローと口腔内で図 2 右の様な回路のループが出来る．このとき，舌にも電気刺激を与えることができ，電気味覚を提示する事が可能である．

本装置に使う飲料は，電解質を含むスポーツドリンクなどが好ましいが，出力電圧を高くすれば，水でも電気味覚を感知させることができる．

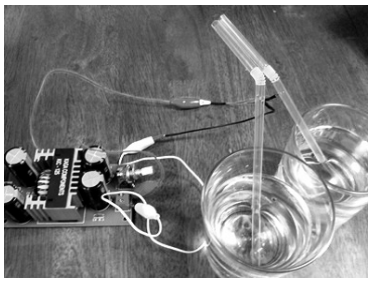


図 1. 装置外観

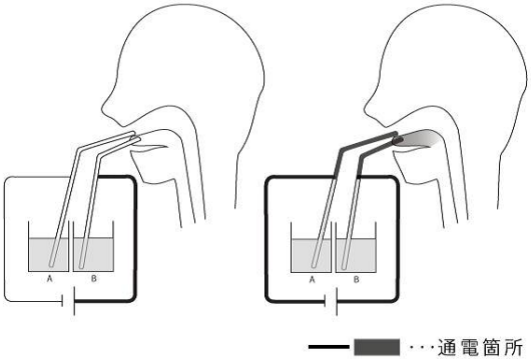


図 2. 飲料および口内での電気の流れ　左:通常時　右:吸飲時

2.2　食料を介在した電気味覚提示

水分を保有する野菜やゲル状の食物においても，それらに電極を刺し電圧を加えた状態で口内に含むことで，電気味覚を感じることが出来る．食物を導電体とする場合，陰極と陽極それぞれを一つの食物に差し込み，口に含んで電気出力を与える (図 3)．

電極間の導電体に金属などを用いた場合，回路を切断せずにそのまま舌を接触させても電気味覚は伝わらない．しかしながら，食物の場合は回路を切断せずに舌を触れさせても電気味覚を感知することが出来る．食物の抵抗値に対し舌の抵抗値が低く，電流が舌と食物とを並列して流れるからだと考えられる．食物の場合，飲料とは異なり比較的長い時間口内に保有しておくことができるので，出力のバリエーションを楽しむことも可能だと考えられる．

3　関連研究

電気味覚出力を用いた装置としては，電気味覚検査に用いられる装置 [1] や，出力装置などが上げられる．Wicab 社の BrainPort[6] では，カメラからの画像を電気パルスに変換し出力する装置を提案しており，電気味覚の強度で画像を解釈し視覚化するとされている．また類似装置においては，手術支援への活用に向けて評価実験を行った例もある [7]．

そのほかにも，口および唇などにフィードバック

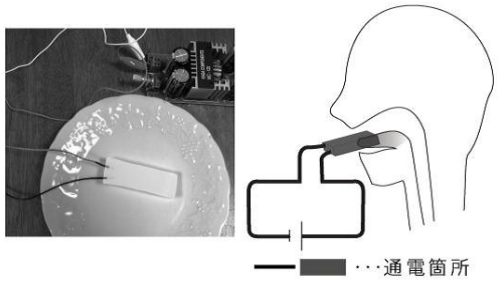


図 3. 左:装置外観　右:食料および口内での電気の流れ

を提示するものとして，橋本らによる SUI(吸飲感覚提示装置) がある [8]．これは吸飲の際に知覚される感覚を装置により記録し，振動と音を用いて再び提示することができる機構を持っている．

味覚の研究は，味覚器官の特性分析や味を与える物質の改良に関する夥多な研究が行われているものの，味覚の直接的に味覚変化を起こすものは少ない．その理由として味覚が化学的物質の受容によることが挙げられる．そのため，味覚の提示は視覚や嗅覚を持ちいて擬似的に行う手法が多い．鳴海らによる Meta Cookie[9] は，拡張現実感技術を用いて様々なクッキーの画像を重畳すると共に，画像に合った香りを提示することで擬似的な味の変化をもたらしている．また，山岡らの Tag Candy[10] は，振動と音を用いてキャンディーの味を炭酸が加わったような味に変化させる装置を提案している．

4　展望

本稿では，電気味覚による味覚変化を食物に活用した装置を提案した．この研究のこれからの展望としては，出力する電圧の変化や調整による風味のバリエーションの追求である．初期調査として行った実験の中で，食料を介在させた電気味覚提示においては出力電圧の変化を感知できることがすでに立証されている．これらを活用し，味覚へのエフェクトとして，当装置を発展させていくことを考えている．

また，舌を用いた情報装置は現状障害者に対しての代替的装置が主であり，入力手法と出力手法は別々に研究が進んでいる．そのため，入出力双方を備えた装置“ Tongue-gible Interface ”として提案していくことを考えている．

参考文献

[1] リオン株式会社 電気味覚計 TR-06 http://www.rion.co.jp/asp/product/me/ProB.asp?pos=B16

[2] 小俣 靖.“美味しさ”と味覚の科学, 日本工業新聞社, 1986.

[3] Z.Bujas. Handbook of Sensory Physiology IV,

Chemical Senses 2(Beidler,L.M.ed.), Springer-Verlag, pp.180-199, 1971.

[4] 佐藤 昌彦，小川 尚．味覚の科学，p183, 朝倉書店，1997.

[5] 大山 正，今井 省吾，和気 典二. 感覚・知覚心理学ハンドブック，pp.1519-1522, 誠信書房，1994.

[6] A.Arnoldussen, C.Nemke, R.Hogle and K.Skinner. BrainPort plasticity, balance and vision applications, Proceedings of the 9th International Conference on Low Vision, 2008.

[7] J.Vazquez-Buenos Aires, Y.Payan and J.Demongeot. Electro-stimulation of the tongue as a passive surgical guiding system, ICAR 03 Coimbra.IEEE Proceedings, pp.638-643, 2003

[8] Y.Hashimoto, M.Kojima, T.Mitani, S.Miyajima, N.Nagaya, J.Ohtaki, A.Yamamoto and M.Inami. Straw-like User Interface, SIGGRAPH2005 emerging technologies, 2005.

[9] 鳴海 拓志，谷川 智洋，廣瀬 通孝．Meta Cookie: 拡張現実感によって味が変化するクッキー，インタラクション 2010 論文集, pp.85-86, 2010.

[10] 山岡 潤一, 木村 孝基, 川鍋 徹, 大嶋 泰介, 中垣 拳, 速水 友里（チーム・キメラ). Tag Candy, 国際学生対抗バーチャルリアリティコンテスト (IVRC) , 日本科学未来館, 2010.8.24-25.

[11] L.S.Vygotsky．人間行動の発達過程, pp.129-130, 明治図書出版, 1987.

[12] 小口 忠彦. 人間の発達過程, pp.33-34, 明治図書出版, 1983.

[13] X.Huo and M.Ghovanloo．Using unconstrained tongue motion as an alternative control mechanism for wheeled mobility，IEEE Trans. Biomed. Eng. 56, no.6, pp1719-1726, 2009.

[14] C.Salem and S.Zhai. An isometric tongue pointing device. Proceedings of CHI'97, pp.538-539, 1997.

[15] Tongue Touch Keypad

http://www.newabilities. com/

[16] H.Tsujita, K.Tsukada and I.Siio. SyncDecor: Communication Appliances for Couples Separated by Distance, UBICOMM 2008, The Second International Conference on Mobile Ubiquitous Computing, Systems, Services and Technologies, IEEE, pp.279-286, 2008.

[17] H.Y.Nam and C.DiSalvo. Tongue music: the sound of a kiss, Proceedings of CHI'10, pp.4805-4808, 2010.

[18] 高橋 宣裕，國安 裕生, 佐藤 未知, 福本 政期, 古川 正紘, 橋本 悠希, 梶本 裕之. 口腔における双方向コミュニケーションデバイスの開発，エンタテインメントコンピューティング 2010 論文集, 2010.

□未 来 ビ ジ ョ ン

乳幼児には，身の周りの物を何でも口に入れる傾向が強く見られる．空間的知覚の発達が「口」→「触覚」→「視覚」の順に段階を経て行われるからである [11]. 生後数ヶ月の間，口は他より発達した器官であり，外界との接触は主に口を通してなされる．その中で与えられたものを「取り入れる」態度を確立し，安心感や快楽の基礎を構築するだけでなく，空間的知覚の形成に影響を与える．このため，口に入れる行為は最も根源的な実世界知覚であるとも言われている [12].

味覚への出力の研究は大別して味の提示に特化したもの，電気味覚を活用し情報伝達に用いるものがある．我々は，それらを融合させた味と形状を同時に伝達できるディスプレイの提案や，電気味覚を活用したタッチパネル型入出力ディスプレイの提案を考えている．舌でのタッチパネル操作性は確認済みであり，既存の入力手法 [13][14][15] では扱われていないため，入出力装置の提案に生かしたい．

ところで，情報科学分野では，人のつながりを保つための支援や遠隔地に居住する恋愛関係にある人同士のコミュニケーション [16] などが数多く提案されている．これらは間接的な手段での情報提示が主だが，直接的な行動の共有が適する場合もある．舌は，親密な関係において情報伝達や共有の対象となりえる．実際に Tongue Music[17] では，メディアアート的な作品ではあるが接吻における舌の動きを音楽に変換する試みを行っている．また高橋らも，口腔への触覚刺激提示による遠隔触覚コミュニケーションデバイス [18] を開発し，接吻の遠隔提示を試みている．

本稿でも述べたように，我々は舌や口を用いたインタラクションについて Tongue-gible Interface という概念を提唱し，幅広く提案していくことを考えている．本稿で提示している 2 つの装置は，その一例にすぎない．

俳句に適合する画像を合成するシステムの試作

A prototype system for generating composite image suitable for Haiku

湊 匡平　　岡部 誠　　尾内 理紀夫*

Summary. 俳句は短い詩でありながら，我々の心の中に大きな場景を思い描かせる．我々は，俳句の描く場景を計算機を用いて画像合成して表現することができれば，新たなエンターテインメントを生み出すことができると考え，その様なシステムを提案，試作した．本システムは，入力された俳句をもとに，自動で合成画像の候補を出力する．更にユーザは，簡単な修正，選択操作を行うことで最終的な合成画像をデザインすることができる．全自動で出力された結果の修正をサポートするため，本システムは簡単な画像編集のためのユーザインタフェースも備えている．ユーザテストによって，システムのロード及び画像検索時間を含めて，5〜15 分程度の時間で，画像処理の初心者でも，俳句の場景を画像合成できることを確認した．

1　はじめに

俳句は，江戸時代に栄えた俳諧を起源に持ち，現在に至るまで親しまれている日本語の定型詩である．俳句は，五・七・五の韻律と季語によって短い詩でありながら，我々の心に大きな場景を思い描かせる．俳句の表現する場景を計算機を利用して表現することができれば，新たなエンターテインメントを生み出すことができると考えられる．

近年，Web 上に存在する大量の画像を用いて，画像を合成する研究が盛んに行われている．例えば，James ら [1] はコンテキストマッチングやブレンディング処理といった技術と Web 上の大量の画像を用いて，欠損のある画像をそれらしいパーツを集め補完する研究を行っている．また，Tao ら [2] は画像のセグメンテーションやポアソンブレンディングの技術を用いて，ユーザの書いた手書きの絵とそれに付与されたタグをもとに適合する画像をデータベースから検索・合成する研究を行っている．しかし，俳句や詩をもとに，その場景を計算機で合成しようとした研究はなかった．

2　システム概要

試作したシステムの概要について述べる（図 1）．

まず，ユーザは任意の俳句を入力する（図 1(a)）．入力した俳句を MeCab[1] を用いて形態素解析し，解析した単語の中から名詞句を抽出する．その名詞句から，合成画像の前景と背景を表現する 2 枚の画像を得るために 2 つの特徴語（図 1 の場合は,「花吹雪」と「列車」）を選出する（図 1(b)）．1 つは，日外アソシエーツ[2] の「DCS-季語季題よみかた辞書」を利用し，季語データベースを構築して，季語を選ぶ．もう一つは Yahoo! Japan[3] が提供する検索 WebAPI を利用して，名詞句それぞれが Web 上でマッチした文書数を調べ，それがより少ない名詞句を特徴的と判断して，特徴語とする．次に，画像の収集を行う．抽出された特徴語を検索キーとして，flickr[4] の API を利用し Web 上から画像を 50 枚ずつ収集する（図 1(c)）．

この後，合成に使用する画像を選出するが，今回は収集した画像からユーザが手動で選ぶこととした（図 1(d)）．そして，選出した画像に対して，特徴語に関する部分のみを切抜く．図 1 では,「花吹雪」の画像が前景となり，桜の木の部分だけが切り取られている．最後に，切抜いた画像をもとに画像を合成する（図 1(e)）．ここでは，前景位置の調整や色変換を行う．

3　画像の切抜きと合成

3.1　画像からの主題抽出と切抜き

画像中から対応する検索語句に関する領域を特定する手法について述べる．検索語句に関する領域は，他の領域よりも視覚注意を引きやすいと考えられるため，本稿では，Itti らに提案された Saliency Map(顕著性マップ)[3] を用いる．Saliency Map を適用した例を，図 2 の (a) 原画像，(b)Saliency Map に示す．

Saliency Map をもとに，画像の主題となる部分を切抜く方法について述べる．画像の切抜きには，画像切抜きシステムの「切絵」[4] を用いる．本稿では，Saliency Map をもとにユーザのスケッチに相当

Copyright is held by the author(s).

* Kyouhei Minato, 電気通信大学大学院 電気通信学研究科 情報工学専攻, Makoto Okabe and Rikio Onai, 電気通信大学 情報理工学部 総合情報学科

[1] MeCab, http://mecab.sourceforge.net/

[2] 日外アソシエーツ，http://www.nichigai.co.jp/

[3] Yahoo! Japan, http://www.yahoo.co.jp/

[4] flickr，http://www.flickr.com/

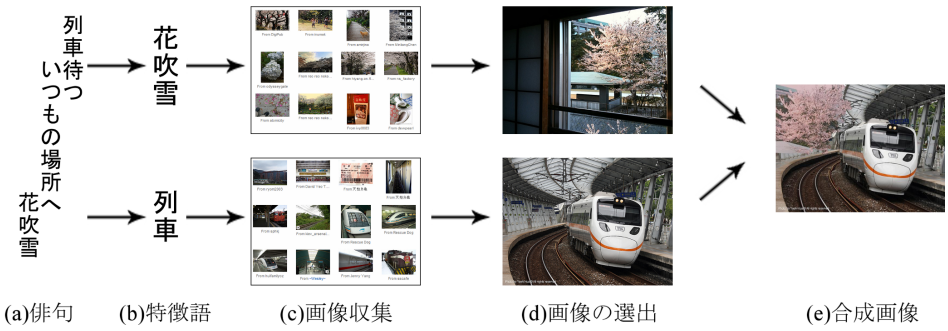


図 1. システムの流れ．(a) 入力俳句，(b) 選出された特徴語，(c) 収集した画像，(d) 選出した画像，(e) 合成画像

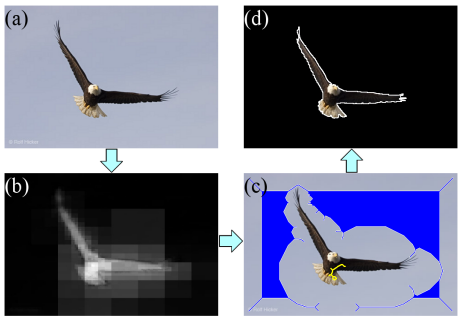


図 2. (a) 原画像，(b)Saliency Map，(c) 初期前景「黄」と初期背景「青」を設定した画像，(d) 切抜き結果

するような初期領域を自動生成する．図 2 の (c) は Saliency Map をもとに初期前景を黄色，初期背景を青色で表したものである．閾値を設定し，Saliency Map の各ピクセルの顕著度 $s(0 \leq s \leq 255)$ が高いものを初期前景，低いものを初期背景とする．本稿では，$s \geq 180$ のピクセルを初期前景，$s \leq 30$ のピクセルを初期背景に設定している．(d) は「切絵」での切抜き結果である．

3.2 合成画像の色変換

選ばれた前景画像と背景画像は全く違う場面であることが多い．そこで，前景画像の色合いを背景画像に合わせることによって，より違和感のない合成画像を生成する．ここでは，Reinhard らの提案した手法 [5] を用いる．これは，与えられた 2 枚の画像の色の平均値及び標準偏差を，$l\alpha\beta$ 色空間上で合わせるように色合いを変換する手法である．

4 ユーザスタディ

9 人の大学生・大学院生を対象にユーザスタディを行った．1 人につき 3 つの俳句を入力してもらい，合成画像を作成するまでの時間を計測し，合成画像の品質に関するアンケートを取った．まず，延べ 27 つの俳句に対し，合成画像を作成するまでの時間を計測した結果，平均時間は 10 分 01 秒であった．実際には，このうちシステムの処理時間に 4 分程度掛かっているので，ユーザの作業時間は平均 6 分程度である．このことから，初心者であってもそれほど長くない時間で合成画像を作成できることが分かった．合成画像の作成に時間が掛かる場合の原因として，Saliency Map がうまく働かない場合が挙げられる．この場合には，ほぼ手作業で画像の切抜きをしなければならず，かなりの時間のロスとなった．論文末にユーザが満足したと答えた合成画像をいくつか載せた．

5 今後の課題

今後の課題として，画像収集及び解析処理の高速化が挙げられる．これに関しては，マルチスレッドや分散による並列処理によって高速化が可能である．その他の課題として，画像の自動切り抜き精度の向上，画像合成のオブジェクト貼り付け位置の推定，合成する画像同士のスケールの推定が挙げられる．

参考文献

[1] J. Hays and A. A. Efros. Scene Completion Using Millions of Photographs. *ACM Trans. Graph.*, 26(3):4, 2007.

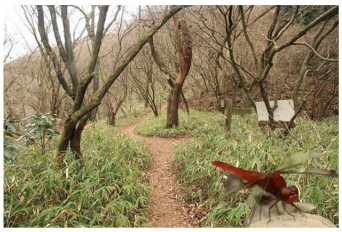
[2] T. Chen, M.-M. Cheng, P. Tan, A. Shamir, and S.-M. Hu. Sketch2Photo: internet image montage. *ACM Trans. Graph.*, 28(5):1–10, 2009.

[3] L. Itti, C. Koch, and E. Niebur. A model of Saliency-based Visual Attention for Rapid Scene Analysis. *IEEE Trans. Pattern Attention for Rapid Scene Analysis*, 20(11):1254–1259, 1998.

[4] 清野達也, 林貴弘, 尾内理紀夫, 三條正裕, 森正弥. 改良領域拡張法による高速画像切り抜き手法の提案と評価. 情報処理学会論文誌, 50(12):3233–3249, 2009.

[5] E. Reinhard, M. Adhikhmin, B. Gooch, and P. Shirley. Color transfer between images. *Computer Graphics and Applications, IEEE*, 21(5):34–41, 2001.

①うつくしや　障子の穴の　天の川



②赤とんぼ　筑波に雲も　なかりけり

③鶯の　鳴くをまねれば　猫も鳴く

④閑かさや　岩にしみ入る　蝉の声

⑤菜の花や　月は東に　日は西に

⑥青蛙　おのれもペンキ　ぬりたてか

図 3. テストユーザによる画像合成結果

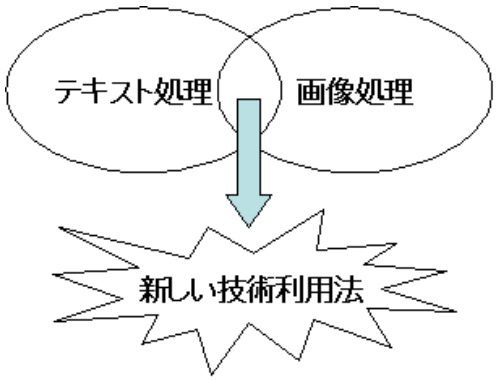
未来ビジョン

本研究は現在，ユーザが補正をできる形にして，最終的な俳句に適合する画像を半自動で生成している．しかし，最終目標は，ユーザが俳句を入力すると，全自動で俳句に適合する画像を生成することである．このためには，前景の切抜き，前景位置の推定，前景と背景の相対的なスケール推定を精度良く行う必要がある．これらを実現するためには高度な技術が必要であるが，それだけ研究の意義があると考えている．

また，本研究は俳句を解析するためのテキスト処理と，合成画像を生成するための画像処理といった，全く違う分野の技術が必要になってくる．テキスト処理ならば，形態素解析に限らず，俳句の単語には表れていない意味を読み取るためのセマンティック技術が必要であるし，画像処理も先に述べたような技術が必要となる．これらの全く違う分野の技術を横断的に用いることにより，今までにない新しい技術の利用方法が生まれるのではないかと考えている．

また，俳句は日本に留まらず，Haiku という名前で海外でも知られており，自然言語の分野でも研究がなされている．そこで，係り受け解析や意味解析などのテキスト処理の英語への応用を考えれば，日本だけでなく，海外でも通用する研究になると考えている．

以上のように，本研究はさまざまな技術を利用しなければ実現が難しく，しかも異なる分野の技術を活用しなければならず，現段階での完全な実現は難しい．しかし，だからこそ研究の意義が多数存在し，複数の問題を同時に横断的に考え，解決する研究になるのではないかと考えている．



eXLoop: 楽しさの再帰による体験の強化システムの提案

eXLoop: A system to recursively augmented experience of entertainments

秋山 博紀　　渡邊 恵太　　稲見 昌彦　　五十嵐 健夫*

Summary. 近年，任天堂の Wii のような身体性の伴うビデオゲームが注目を集め，ビデオゲームの楽しさがコンテンツの作品性やゲーム性だけでなく，ユーザー同士のコミュニケーションを楽しむ場所を提供するものへと変化しつつある．我々は Wii のような身体性を伴うゲームの面白さについて，ゲームを楽しむ人の様子を見ることがひとつの面白さになると仮説した．そこで本研究ではビデオゲームを親しい関係の複数人で楽しむプレイヤーの様子を映像で記録し，楽しんでいる姿をゲームプレイ中に提示することで，ビデオゲームの楽しさを再帰的に強化するプラットフォーム eXLoop を提案する．eXLoop は既存のビデオゲームに対して，画像処理を用いて適切な映像提示のタイミングを検出し，映像の録画開始や再生を自在に制御できる．本研究では，任天堂の Wii Sports を元に，得点する瞬間を得点直後に再生するインスタントリプレイ機能，ゲーム終了時に盛り上がり情報から自動的に名場面を検出し再生する総集編機能を実装した．そして，eXLoop を利用したビデオゲームを数名が利用した際の観察結果から考察し知見をまとめ本システムについて議論する．

1　はじめに

近年，任天堂 Wii など，加速度センサーや画像処理技術を利用した身体性の伴うビデオゲームが注目を集めている．このようなゲームの映像 CM は従来の作品性やゲーム性を主張するものと異なり，プレイする人々の様子を積極的にアピールしている[1]．また，従来より動画共有サイトではプレイの様子を録画した映像がアップロードされてきたが，Wii のような身体性の伴うビデオゲームでは，テレビ画面のキャプチャ映像ではなく，ゲームで遊ぶ人々の様子自体がアップロードされることが多くなった．このような点から，身体性の伴うビデオゲームにおいては，ゲームの内容だけでなくユーザーの遊ぶ様子もコンテンツであるとメーカーやユーザーが認識していることが考えられる．

そこで本研究では，身体性の伴うビデオゲームにおいて，複数人のプレイヤーが自分達の遊ぶ様子を映像を通して再体験できるようにすることで，ビデオゲームを遊ぶという経験そのものを強化できると仮定した．その仮定を元にユーザーが楽しかった時を気軽に再体験するための映像のリプレイ機能を，容易に既存のビデオゲーム環境に統合するための環境 eXLoop(Experience Loop) を提案し，実装・運用を行った．

Copyright is held by the author(s).

* Hiroki Akiyama, Keita Watanabe, Inami Masahiko and Takeo Igarashi JST ERATO 五十嵐デザインインタフェースプロジェクト

[1] http://wii.com/jp/articles/wii-sports/

2　eXLoop

2.1　概要

eXLoop はビデオゲームを遊ぶ複数人のプレイヤーの様子を記録し，その様子をゲーム中に提示することで，ビデオゲームの楽しさを再帰的に強化するためのプラットフォームである．eXLoop は次の 2 つの観点から楽しさの強化をねらう．

1. 一緒に遊んだプレイヤー同士が自分達の遊ぶ様子を見て楽しむ
2. プレイヤーのプレイスタイルやプレイ中のコミュニケーションを再度見て楽しむ

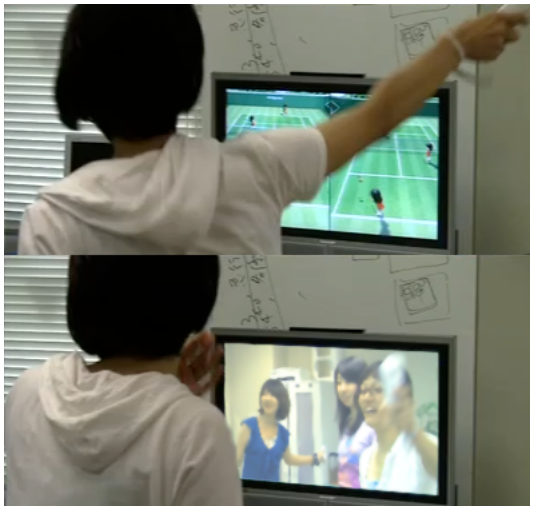


図 1. eXLoop で遊ぶ様子　ビデオゲームを遊んで (上)　その場で動画を見て楽しむ (下)

上記のねらいのために，以下の 3 点を実装した．

2.1.1 インスタントリプレイ

インスタントリプレイは，ゲーム中区切りとなる場面で，直近のプレイの様子を映像で再体験できるようにする機能である．複数人で遊ぶ様子を，プレイヤー同士で再体験させることで，直近のプレイの盛り上がった様子やプレイ中の会話をコンテンツとして消費できるようにする．

2.1.2 総集編

総集編は，ゲーム終了後に最も盛り上がったシーンを集めた自動編集済みの動画をユーザーに提示する機能である．この機能によって，ゲーム終了後に盛り上がっていたゲームの様子を再確認させ，プレイヤーにゲーム全体の統括としてのコミュニケーションを促すことをねらう．

2.1.3 特別な操作が不要

本研究は既存のビデオゲームに新たな要素を付加するものだが，既に完成されているビデオゲームに特殊な操作を加えると操作が煩雑になり，楽しさを削ぐ可能性がある．eXLoop は起動時を除きユーザーの操作を必要としない．これは，既存のゲームに対して機能を付け加えてもユーザーが違和感なくそのまま遊べるようにするためのものである．

3 実装

3.1 設計指針

eXLoop は既存のビデオゲームの楽しさを拡張することが目的のため，今回の試作では 市販されている Nintendo Wii Sports 内の「テニス」を元に設計と実装を行った．Wii Sprots を選んだ理由は，(1) ユーザーの動作が大袈裟になりやすい点，(2)2010 年 1 月 29 日の時点で 6069 万本を売り上げて世界で最も普及しているビデオゲームである点[2]，(3) 画面の大きな変化がなく状況が検出しやすい点による．

既存のビデオゲームにインスタントリプレイ機能や総集編機能を実装するに当たり，(1) ゲーム状況の検知，(2) 画面への映像合成手法，(3) センサーデータの取得方法，が主な課題となった．

3.2 ゲーム状況の検出

本システムではユーザーがゲーム内で置かれている状況を検出するために，コンピュータに入力された映像を OpenCV2.1 で解析している．具体的には，入力されたゲーム画像と，事前に設定した状況画像を SSD(Sum of Squared Difference) を用いて相違度を検出し，状況ごとに設定された閾値より低い場合に状況に合致したものとして処理を行っている．

[2] http://www.nintendo.co.jp/ir/pdf/2010/100129.pdf

3.3 映像合成

映像キャプチャボードを搭載したコンピュータを用いて Wii 本体の出力映像を解析した．Wii の映像をコンピュータ経由で提示したところ，デジタル処理のため遅延が発生した．このような遅延は身体性を伴うゲームでは，操作感の悪化と楽しさの欠落を招いた．

この問題の解決のためにアナログ映像を取り込むミキサーを MIDI 制御し，遅延のない映像合成を実現した．

3.4 総集編映像の自動生成

eXLoop はユーザーが盛り上がった様子を再体験することで楽しさを強化する．そのために後から盛り上がった箇所を検出して提示する必要がある．予備調査として 20 代の男女 8 名を対象に Wii Sports を遊んでもらった結果，盛り上がる時は歓声を上げて大きく Wii リモコンを振り回す様子が観察できた．このことから本システムでは，音声の入力レベルと Wii リモコンの加速度を取得して解析する．

音声の入力レベルと加速度のデータは，時刻とセットで保存される．総集編を生成する際に，区切りごとの動画中で，移動平均の値が最も大きい時間を盛り上がった瞬間として再生開始する．音声は 3 秒ごと，加速度は 0.2 秒ごとの移動平均で計算した．

なお，加速度のセンシングには改造した Wii リモコンを用いた．既存の Wii リモコンと Wii 本体は Bluetooth で通信しているため，傍受することはできないため，Wii リモコンの内部に加速度センサ，PIC，Bluetooth 通信モジュールを内蔵し，加速度をセンシングできるようにした (図 2).

図 2. 加速度センサと Bluetooth モジュールを埋め込んだ Wii リモコン．内部 (左) と外装 (右)

4 議論

実際に eXLoop によって拡張した WiiSports を 2 人 1 組で 2 グループが体験した．ほとんどのユーザは盛り上がった様子をコンテンツとして体験でき，プレイ中の様子を見て，笑ったりコメントをする様子が確認できた．また，総集編の基準を知ったユーザは，映像に登場する回数を増やすために得点時や悔しい時に意識的にデバイスを振り回す様子が確認できた．このような姿はそのまま楽しさの強化につながるため，結果として eXLoop の目的である「楽しさの強化」は達成できたと考えられる．

しかし，あまり親しくないユーザ同士の場合，楽しめない空気で遊んでしまい，その様子も再体験するため悪い空気が更に強化される様子が見られた．eXLoop は家族や友人など，親しい間柄のユーザ同士で使われるのには適しているが，初対面同士が遊ぶ場合には逆効果となる可能性がある．

5 関連研究

スライドショー再生中の会話を記録して次回のナレーションにする PhotoLoop[1] がある．ユーザーの活動を自然に映像撮影して応用する点で本研究と近く，構造の一部を応用している．ただし，eXLoop はその場で楽しむというねらいが異なる．

カメラに付けた画面で被写体に画像を提示することで，注目を集めたり驚きを与え，その様子を撮影する EyeCatcher[2] がある．笑顔のきっかけをシステム自らが提示して記録する点は近い．また，ボールにカメラを埋め込みキャッチボールの様子を写真撮影する TosPom[3] は，ユーザの自然な表情を撮影できる点で近い．また遊園地のアトラクションで，最も盛り上がる位置（急な下り坂など）で写真を自動撮影するライドフォトシステム [4] がある．

6 おわりに

本研究では楽しさを再体験し強化するシステム eXLoop について提案および実装と運用を行った．研究を通して，遊ぶ様子をその場で再確認することが楽しさの強化につながることが確認できた．

今回の実装ではその場にいるユーザー同士の楽しさを強化した．今後は遠隔地でも楽しい経験を共有できるよう，既存の動画共有サイトやマイクロブログを利用した楽しさ共有についても研究を進めたい．

参考文献

[1] 渡邊 恵太, 塚田 浩二, 安村 通晃. PhotoLoop : 写真閲覧時の自然な語らいを活かしたスライドショーの拡張． ヒューマンインタフェース学会論文誌, 11(1):69–76, 2009-02-25.

[2] 塚田 浩二, 沖 真帆. EyeCatcher: 多様な表情を撮るカメラ．日本ソフトウェア科学会論文誌 (コンピュータソフトウェア), 27(1):89–100, 2010.

[3] TosPom: a ball-shaped camera that takes pictures while playing catch. http://www.ok.kmd.keio.ac.jp/tospom/.

[4] 富士フイルムライドフォトシステム. http://fujifilm.jp/business/photo/amusement/.

未来ビジョン

体験記録の日常的キャプチャと利用による充実感覚の制御・体験強化環境を目指して

近い将来，ほとんどの手持ちのカメラはなくなりモノに埋め込まれると考える．モノに埋め込まれたカメラは，人がモノとインタラクションする際に発生するコミュニケーションをキャプチャし，人々の体験記録やコンテンツとして蓄積されたり，その場の体験を強化する目的で利用されていく．

重要なことは「楽しかったことはもう 1 度楽しめる」という構造である．たとえば，楽しかった旅行の写真を見ることは楽しい．そのときが楽しければ楽しいほど，またその写真やビデオを見ることは楽しい．一般的にその場の体験と思い出（記憶）は比較的離れた時間や文脈で語られることが多かった．しかしカメラの小型化やデジタル化によって，撮影しその場で撮影されたものを見るということが容易にできるようになった．デジカメで面白い様子を撮影し，それをすぐみんなで見てまた笑うといったようなことは日常的なことである．このようなことが，カメラセンサの小型化や低価格化によってどこでも簡単にできる環境が整いつつある．これは従来の銀塩のカメラでは得られないその場での体験が強化された瞬間である．我々は，このような**体験の記録と再生を短期間に循環させることで日常的なあらゆる体験を強化したり弱めたりすることができる**のではないかと考えている．

主にユーザがカメラで何かを撮影することは，自然発生的なイベントが原因である．しかし，一部の状況ではイベントの発生が特定できる場面がある．たとえば，本研究における WiiSport のテニスではユーザ得点したときや勝利したときに喜んだり悲しんだりすることが予測できる．居酒屋におけるビール瓶は，酔ったユーザの姿を予測できる．カラオケのマイクは，その加速度からカラオケの盛り上がりも予測できるかもしれない．それをシステムが積極にキャプチャしユーザにフィードバックすることが，体験強化環境の実現につながる．たとえば，eXLoop のインスタントリプレイは，今のアクションをリプレイすることで，よりそのアクションが印象的なものになったりするだろう．さらにその回数や映像や音声記録の切り取り方によって印象の度合いを調整することも可能と考えている．

実際カメラセンサの小型化しているためモノ自体にカメラをあらゆるモノに埋め込むことは容易なことである．したがって，カメラを向けずとも日常生活でモノと関わるだけで，楽しさがこれまで以上に継続するような世界が実現できるだろう．逆に，悲しさや怒りを短く感じさせるような応用も可能かもしれない．

今後は，モノによって生まれる人々のコミュニケーションや感覚を，どう表出させてそれをどうキャプチャし，日常的に利用するが大きな研究フィールドになるだろう．

DrawerFinder:収納箱用物探し支援システム

DrawerFinder:Finding items in boxes using automatically captured pictures and visual markers

小松崎 瑞穂　　塚田 浩二　　椎尾 一郎*

Summary. 本研究では，複数の収納箱に物が収納されている状態を前提に，2 次元コードと写真を利用した物探し支援システム「DrawerFinder」を提案する．我々は，2 種類の箱の形状（引出し型収納箱／蓋型収納箱）に対応した物探し支援システムを開発した．ユーザが，2 次元コードを付けた収納箱の前で，物の出し入れをする様子を棚上側に設置したカメラで記録する．システムは，自動的に写真内の 2 次元コードを認識し，箱番号，箱の位置と写真を関連づけて保存する．ユーザは，PC や携帯電話上の Web ブラウザで，手軽にこれらの箱写真を閲覧できる．また，箱写真だけでなく，物の出し入れをする際の周辺状況も提示し，効率的に物探しを支援する手法を提案する．

1 はじめに

人が物探しに費やす時間は長く，物探しを効率化するためのさまざまな研究が行われている．たとえば，特定の物に RFID を取り付け，位置を確認できるようにしたり [4]，ユーザが常にカメラを装着して身の回りを録画したり [2]，特定の物にセンサ／スピーカなどを装着し，人間の接近に反応して音を変化させたり [3] する方式が提案されている．しかし，これらの方式は，さまざまな物に RFID タグを取り付けたり，常時カメラを装着する必要があるため，セットアップや運用に手間がかかり，一般ユーザが日常的に利用するのは困難であった．そこで，我々は，本研究の前身として，一般的な収納箱を用いた収納方式に着目し，日常生活で手軽に利用できる物探し支援システム「BoxFinder[1]」を開発した．これは，ユーザが手持ち／据え置きのデジタルカメラで，2 次元コードを付けた収納箱の中身を撮影することで，システムが自動的に写真内の 2 次元コードを認識し，箱番号と写真を関連づけて保存するシステムである．しかし，箱の中身の撮影をユーザが意識的に行う必要があったり，周辺状況を把握しにくいという問題点があった．そこで，我々は，これらの問題点を解決し，全自動で箱の中身を撮影することができ．利用者など周辺状況も利用した，収納箱用物探し支援システム「DrawerFinder」を提案する

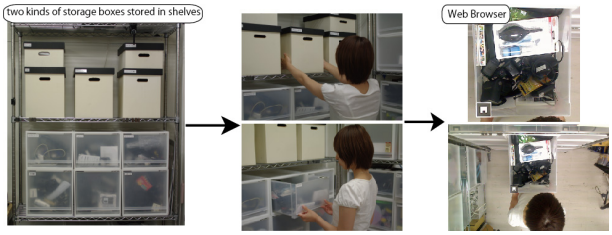


図 1. DrawerFinder のコンセプト:収納箱の中身と周辺状況を自動的に撮影し，PC や携帯電話上の Web ブラウザでこれらの箱写真を閲覧する

2 DrawerFinder

我々は，2 種類の箱の形状（引出し型収納箱／蓋型収納箱）に対応した物探し支援システムを開発した．

まず，ユーザが，2 次元コードを付けた収納箱の前で，物の出し入れをする様子を棚上側に設置したカメラで自動的に記録する．システムは，写真内の 2 次元コードの ID/位置などから，箱の識別番号（以下，箱番号）を取得し，写真と関連づけて保存する．ユーザは，PC や携帯電話上の Web ブラウザで，これらの写真を手軽に閲覧できる．箱の中身の写真だけでなく，物の出し入れをする際の周辺状況も提示することで，効率的に物探しを支援する手法を提案する．まず，システムの概要について説明する．

2.1 物探し支援システムの概要

我々はまず，ARToolKit[1]の 2 次元コードを，箱の内側上部に取り付けた (図 2)．ARToolKit は，拡張現実システムの開発を容易にするライブラリである．ARToolKit では，任意に 2 次元コードをデザ

Copyright is held by the author(s).

* Mizuho Komatsuzaki and Itiro Siio，お茶の水女子大学 大学院 人間文化創成科学研究科 理学専攻, Koji Tsukada, お茶の水女子大学 お茶大アカデミックプロダクション／科学技術振興機構 さきがけ

[1] http://www.hitl.washington.edu/artoolkit

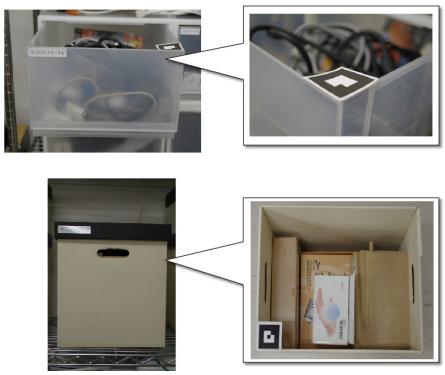


図 2. 収納箱と 2 次元コード：箱の内側上部に 2 次元コードを付けた（上側：引出し型，下側：蓋型）．

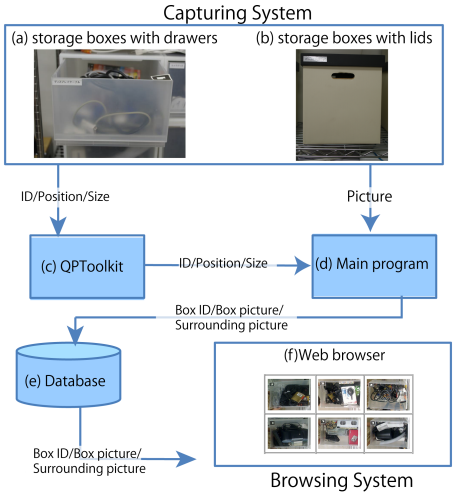


図 3. システムの概略図

インできるが，本システムでは，認識率を重視して，3 × 3 のドット絵のデザインを採用した．作成したマーカーのサイズは，45mm × 45mm，引出し型収納箱のサイズは，315mm × 400mm，蓋型収納箱のサイズは，240mm × 180mm である．マーカーは，収納物の出し入れの邪魔にならないサイズになるよう工夫した．本システムは主に，(1) 据え置きのカメラで箱の中身と物の出し入れの様子を撮影する部分と，(2)Web ブラウザ上で箱の写真と周辺状況を閲覧する部分から構成される（図 3）．

次に，それぞれのシステムの詳細について述べる．

2.2 棚上側に設置したカメラでの写真の撮影

本システムは，ユーザが，2 次元コードを付けた収納箱の前で，物の出し入れをする様子を棚上側に設置したカメラで記録する．

我々は，収納箱の物を出し入れする様子を，固定カメラで自動的に撮影するシステムを構築した (図

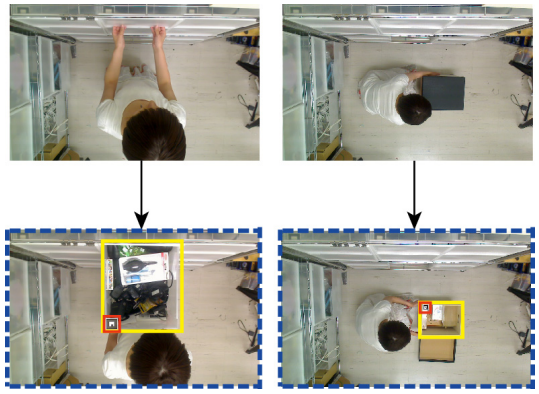


図 4. 固定カメラでの撮影：物の出し入れする際に，自動的に箱の中身と利用者の様子を撮影できる

3 a, b)．本システムでは，棚上側に設置された Web カメラ（LogiCool Qcam pro for Notebooks)2 台，及びそれらを制御する小型パソコンを中心に構成される．今回利用した棚のサイズは，横 120cm ×高さ 180cm ×奥行き 45cm で，3 段構成である．各段に設置可能な収納箱の数は 6 個である．ユーザの使い勝手に配慮し，下二段には，引出し型の箱を，上一段には，蓋型の箱を配置した．2 台の Web カメラは，(1) 収納箱の開閉状態の認識，(2) 及び実際の写真撮影，を同時に行うために利用する．(1) のカメラは，2 次元コードを常時監視しており，登録済みの 2 次元コードが一定時間[2]静止している状態を認識すると，(2) の カメラを制御して，写真撮影を行う．2 次元コードの認識や位置の特定には，2 次元コードの位置計測ツールである QPToolkit[3]を利用した．メインプログラムでは，2 次元コードを QPToolkit（図 3 c）を用いて解析し，箱番号と 2 次元コードの位置を取得する．さらに，2 次元コードの位置／サイズから，箱の中身の領域を計算し，撮影画像から箱写真を切り出して保存する（図 3 d）．箱写真と全体写真は，箱 ID や撮影時刻と一緒に，サーバー上のデータベースに保存される（図 3 e）．

このように，ユーザが物探しをする様子を，自動的に記録することで，ユーザにほとんど負担をかけることなく箱の中身を撮影することができる．

2.3 Web ブラウザでの閲覧

撮影された箱の中身の写真は，PC や携帯電話上の Web ブラウザを用いて閲覧できる (図 3 f, 図 5)．写真の表示方法としては，写真の見やすさを保ちつつ，複数の写真を効率よく閲覧できる方式が望ましい．そこで，本システムでは，箱の置かれた棚の位置に写真を表示する．また，画面下部に設置した，スクロールバーを操作することで，表示する写真の

[2] 現在のシステムでは 3 秒
[3] http://kougaku-navi.net/QPToolkit/

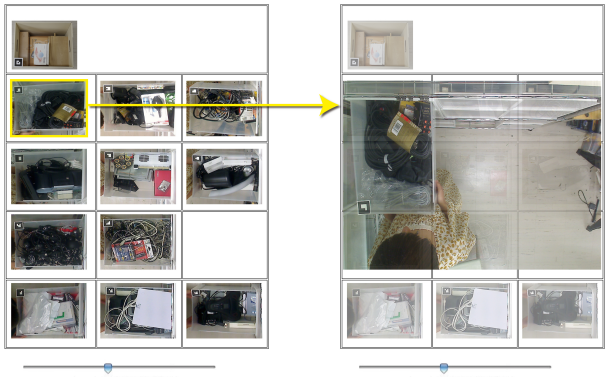


図 5. PC や携帯電話上の Web ブラウザでの閲覧：箱の置かれた位置に写真が表示．任意の写真の上でカーソルをホバーさせると，物の出し入れの際の周辺状況が半透明に重なり表示される．

撮影時間を変化させることができるようにした．

ユーザは，探している物の入った写真を見つけたら，その写真の上にカーソルを移動させることで，物の出し入れの際の周辺状況を，箱の中身の写真の上に半透明に重ねて表示する (図 5 右)．箱写真だけでなく，物の出し入れをする際の周辺状況も，ユーザに提示し，効率的に物探しを支援する．

謝辞

本研究の一部は，科学技術振興機構さきがけプログラムの支援を受けた．橋本直氏には，QPToolkit／2 次元コードのデザインなどで助言を頂いた．

参考文献

[1] M. Komatsuzaki, K. Tsukada, and I. Siio. BoxFinder: Finding items in boxes using images and visual markers. pp. 45–48. Adjunct Proceedings of Pervasive 2010 (Demo), 2010.

[2] 上岡隆弘, 河村竜幸, 河野恭之, 木戸出正継. ”I’m Here!”:物探しを効率化するウェアラブルシステム. 第 6 巻, pp. 19–30. インタフェース学会論文誌, 2004.

[3] 新西誠人, 伊賀総一郎, 樋口文人, 安村通晃. ”Hide and Seek”:アクティブに応答する ID タグの提案. pp. 119–124. インタラクティブシステムとソフトウェア VII（日本ソフトウェア科学会 WISS ’99）, 1999.

[4] 田中豊久, 金井秀明, 國藤進. スポットライトを用いた屋内での捜し物発見支援システム．第 48 巻, pp. 3962–3976. 情報処理学会論文誌, 2007.

未来ビジョン

身近な家庭生活などの実世界では，情報環境以上に多様なコンテンツ（以下，実世界コンテンツ）に溢れているが，それらを Web コンテンツと同じように活用することは難しい．

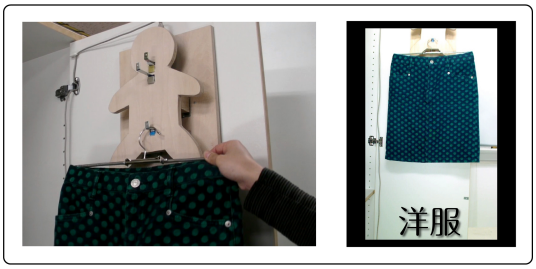
そこで，我々は，収納箱に限らず，洋服／郵便など家庭生活における様々な実世界コンテンツを手軽に取得／活用するための衣食住ライフログシステムの構築を目指している．

たとえば,「タグタンス」は，タンスの扉内面にフックセンサやカメラを搭載し，フックに洋服を掛けるだけで，洋服を撮影し，種類／重量などのタグを付加して保存できるシステムである.「郵便着いったー」は，一般的な家庭の郵便受けにカメラとセンサを内蔵することで，郵便物の写真を撮影／大まかな内容を判定して，Web 上にアップロードする．

今後は，これらのシステムで取得した実世界コンテンツの形式を共通化すると共に，冷蔵庫，料理，食事，洗濯物など家庭生活のニーズを踏まえて多様な衣食住ライフログシステムを構築する．

そして最終的には，一般家庭のユーザ自身が，家庭生活における多様な実世界コンテンツを，自らの手で手軽にデジタル化し，多様な Web コンテンツと組み合わせて，家庭生活のさまざまな場面で活用できる，真の意味で実世界と情報環境が融合したユビキタスなサービスを実現したいと考えている．

タグタンス



郵便着いったー

著者索引

Tabare Gowon 7

Manfred Lau 17, 47

Andrei Ostanin, ...113

Greg Saul 17

鄭 雲珠 121

青木 貴司 35
青木 惇季 107
青島 さやか 107
縣 啓治 101
秋山 博紀 208
雨宮 智浩 147
安藤 英由樹 147
飯塚 博幸 147
五十嵐 健夫 1, 7, 17, 47, 53, 65, 83, 113, 208
五十嵐 悠紀 59
井桁 正人 159
石川 正俊 133
石田 紀之 153
伊藤 貴之 119, 121, 123, 125, 161
伊藤 正彦 127
伊藤 雄一 101
稲見 昌彦 1, 7, 89, 113, 208
今岡 翼 155
宇佐美 敦志 29
梅谷 信行 65
大河原 昭 47
太田 佳敬 199
大田 友一 139, 190
岡部 誠 155, 205
尾内 理紀夫 205

筧 豪太 89
梶 克彦 145
梶原 直喜 153
加藤 淳 83
金井 秀明 169
亀田 能成 139
川上 あゆみ 13
河口 信夫 145
河瀬 裕志 193, 196
神原 啓介 13
菊川 真理子 169
岸野 文郎 101
木谷 クリス 真実 131
北原 格 139, 190
北村 喜文 101

喜連川 優 127
木村 健一 129
久慈 拓也 178
国友 一生 135
栗原 一貴 77
シュレイ・ケビン 131
小池 英樹 135, 141, 143, 149, 178
後藤 孝行 166
小林 大将 141
小松崎 瑞穂 211
五味 愛 121, 125
小室 孝 133

ベロンジー・サージ 131
斉藤 優理 119
坂本 大介 7, 83
佐藤 秀昭 190
佐藤 俊樹 137, 141, 143, 149, 153, 178
椎尾 一郎 13, 35, 95, 151, 166, 211
澁谷 智志 129
清水 和晃 181
白鳥 佳奈 123
杉浦 裕太 7, 89
杉本 麻樹 89
清野 祥之 135

高田 圭佑 153
高橋 大樹 7
高嶋 和毅 101
高山 健志 65
竹岡 義樹 71
竹山 峻平 137
辰田 恵美 151
塚田 浩二 13, 77, 95, 151, 166, 211
土谷 幹 193, 196
寺田 実 159
徳井 太郎 178
豊田 正史 127

中川 真紀 95
中村 聡史 41, 123
中村 裕美 199, 202
中森 玲奈 35
新倉 雄大 133
野嶋 琢也 137
野本 佳希 153

橋本 直 113
橋本 悠希 147
浜中 雅俊 29
平田 圭二 145

廣部 祐樹 133
福井 幸男 53
福地 健太郎 157
藤沢 和哉 172
藤本 雄太 23
堀内 公平 175

前田 太郎 147
町田 和嘉子 161
松田 聖大 1
松谷 淳史 133
松村 智彰 135
的場 やすし 149
丸山 一貴 159
三谷 純 17, 47, 53, 65
湊 匡平 205
味八木 崇 71
宮下 芳明 23, 107, 163, 181, 187, 199, 202
元良 龍太郎 172

安田 理紗 125
安村 通晃 172, 184
柳 英克 193, 196
山中 祥太 187
吉田 愛美 143
吉田 翼 131, 143
古田 陽介 53
吉谷 幹人 29
吉永 珠里 163
吉永 直樹 127
吉原 建 184
米村 朋子 147

暦本 純一 71

渡辺 義浩 133
渡辺 千穂 166
渡邊 恵太 1, 208
渡邊 哲哉 139

日本ソフトウェア科学会　研究会資料シリーズ　ISSN 1341-870X No. 67
2010年12月1日発行

第18回 インタラクティブシステムとソフトウェアに関するワークショップ (WISS 2010)　論文集