

# KikuNavi: 集合知に基づいた歩行者用リアルタイムナビゲーションシステム

長坂 瑛    岡部 誠    尾内 理紀夫\*

**概要.** 我々は携帯端末上で動作する集合知に基づいた歩行者用リアルタイムナビゲーションシステム, KikuNavi を提案する. 既存のナビゲーションシステムの多くは, 電子地図と GPS による地理空間情報に依存しているが, それだけでは解決できない問題が存在する. そこで我々は, ソーシャル・ネットワーキング・サービス (SNS) によって築かれた友人関係の集合知を利用することで, より広範囲な問題を解決できるリアルタイムな歩行者ナビゲーションを提案する. 本手法では, 道に迷ったユーザ (依頼者) は, 目的地までの行き方を知っている人 (案内者) を SNS 上で探す. 依頼を受けた案内者は携帯端末を用いて, 依頼者が進むべきルートを作成する. 依頼者の携帯端末には向かうべき方向と目印が表示されるので, それらに従って簡単に素早く目的地まで辿り着くことができる. 本論文では携帯端末上で動作するウェブアプリケーションを実装し, 実際に検証実験を行った.

## 1 はじめに

Google Maps や GPS 等の地理空間情報サービスの発達により, カーナビゲーションや携帯端末を使用して, 迅速かつ容易に目的地の場所やそこまでのルートを見つけることが可能になった. 加えて, PinQA, Yelp のようなスポット推薦システムの普及によって, 現在地周辺のレストランやお店を探すことも出来る. しかし, これらのサービスでは満足できない状況に出会う事も少なくない. そのような状況を分析してみると, 次の3つの要因が関連している.

1. 電子地図上に十分な情報が存在しない: 主に広い敷地や建物の中に入ると起こる状況である. 例えば, 初めて訪れた大学やデパートの屋内を移動する際は, 電子地図に十分な情報が存在しないためナビゲーション技術が機能せず, 道に迷った時は看板を見る, 誰かに道を尋ねる等の解決策に頼ることになる.
2. 曖昧なクエリで検索できない: 電子地図上に情報が存在しても, ユーザが情報を取得するためには, コンピュータにも分かる言葉で明確なクエリを出す必要がある. 例えば, 現在地周辺のスポット推薦システムでは「暇つぶしが出来る場所」, 「今すぐ入れる飲み屋」等の曖昧なクエリを入力しても検索できない.
3. リアルタイム性の高い情報に対応できない: 既存のナビゲーションシステムはあらかじめ登録された情報を利用するため, 最新の情報には即座に対応できない. 例えば, 電車のダイヤが事故によって乱れても, その情報をす

ぐには反映してくれない. この様な状況に直面した時, ユーザは駅のデジタルディスプレイを参照するか駅員にわざわざ聞きに行く等して情報を把握し, その上で代替の交通手段を探すため, 遅刻してしまう.

これらの問題に対処するために, 我々は KikuNavi, ソーシャル・ネットワーキング・サービス (SNS) 上における集合知に基づいた歩行者用リアルタイムナビゲーションシステムを提案する. 道に迷ったユーザがこのシステムを使えば, 迅速かつ容易に目的地までの案内者を見つけることができる. なぜなら, SNS 上には地理に詳しく, 電子地図や GPS 情報に頼ることなく他人を導くことができる人々が多く存在する. さらに, コンピュータではなく人間が回答するので, 目的地が曖昧なクエリであっても意味を解釈することができる. また, 交通手段について知っている人々ならば, 代替手段を他の人に伝えることができる.

我々はシステムを Twitter, Facebook の2つの既存 SNS の上に構築した. これによって, これらの SNS から次の3つの利点を享受することができる.

1. 急速な情報伝達: Twitter や Facebook などの SNS は, 迅速かつ簡単に友人や有名人のステータスを確認・共有することができる. この特徴を利用し, 道に迷ったユーザの依頼情報を素早く多くの人に知ってもらうことができる.
2. 感謝されることへの喜び: Twitter のお気に入り登録や Facebook のいいね! ボタンのように, 自分の行動が目に見える形となって周りに評価・認識される事は SNS を成り立たせる重要な要素の1つである. 本システムでは, 道案内終了時に, 依頼者が案内者にお礼のメッセージを送信するが, それが他のユーザに見

Copyright is held by the author(s).

\* Hikaru Nagasaka, 電気通信大学, Makoto Okabe, 電気通信大学/JST PRESTO, Rikio Onai, 電気通信大学

えることで案内者のモチベーションをサポートできる。

3. 連帯感：SNS の魅力の 1 つは、その気になればいつでも誰かとコミュニケーションできる、という連帯感の持続である。例えば、私たちは不慣れた地域で道に迷った時にしばしば孤独や不安を感じる。本システムでは、携帯端末を介して、道に迷ったユーザと他の誰かを繋げることでユーザに寂しい思いをさせない。

これらの SNS の特性に基づいて、我々は Twitter, Facebook と連動した携帯端末上で動作するウェブアプリケーションとしてシステムを開発した。

## 2 関連研究

携帯端末を利用した歩行者用ナビゲーションは広く確立された研究領域であり、様々な技術を用いて経路のナビゲートや、進行方向を支援する提案がされてきた [1, 2, 3]。テキスト [8] と音声は簡単にナビゲーションに組み込めるため、盛んに研究が行われている [7, 9, 10]。ただし、これらの技術はあらかじめサービスを提供する側がデータを用意する必要があるため、その範囲でしかユーザをサポートできない。また、既存のナビゲーションシステムには、集合知 [4, 5, 6] を利用したサービスも多く存在する。例えば、ユーザが電子地図に好きな情報を追加した自分だけのマップを作成し、他の人と共有・編集することで便利なマップができる [4]。ユーザが自宅に友人を案内するなどの目的で、電子地図や写真などに注釈を追加することができるサービスもある<sup>1</sup>。このサービスはテキストだけでなく音声や動画を取り付けることも可能である。しかし、これらは全てマップや注釈が事前に準備されている必要があり、我々が上で述べたような問題を解決することは出来ない。一方、本研究の目標は、ユーザがあらかじめ用意されたデータでは対応が難しい状況においても、案内者を簡単に素早く見つけることでリアルタイムに歩行者をナビゲーションできるシステムを提案することである。なお、本研究はすでに IEEE VL/HCC で採録されている<sup>2</sup>が、本論文ではユーザインタフェースの改良と更なる検証実験を行った [11]。

## 3 KikuNavi システム

我々のシステムでは依頼者と案内者の 2 種類のユーザが存在する。図 1~6 において実線の枠が依頼者画面を表し、点線の枠が案内者画面を表す。本論文では Twitter を利用した場合で説明するが、Facebook でも同様の操作で我々のシステムを使用できる。

<sup>1</sup> BreadCrumbz: <http://www.bcrumbz.com/>

<sup>2</sup> VL/HCC2012: <http://vlhcc2012.di.unisa.it/>

### 3.1 依頼者が道案内を依頼する

道案内を依頼したいユーザは KikuNavi を起動する (図 1 左)。起動画面上部には SNS ログインボタンを配置しており、それぞれのボタンを押下すればユーザの SNS アカウントでログインできる。起動画面下部には KikuNavi の依頼情報や回答情報がタイムラインに沿って表示される。ログイン後、ユーザは Kiku ボタンを押下すると、依頼画面に移動する (図 1 右)。ここでは電子地図上にユーザの現在地がアイコンで表示される。ユーザは依頼入力エリアに自由にクエリを入力することができる。Auto Post を YES にすれば、KikuNavi 利用者全員に対して依頼を Post する。友達にのみ依頼したい場合は NO を選択する。Kiku ボタンを押下すれば依頼内容の確認と友達に依頼する画面に移動する (図 2 左)。

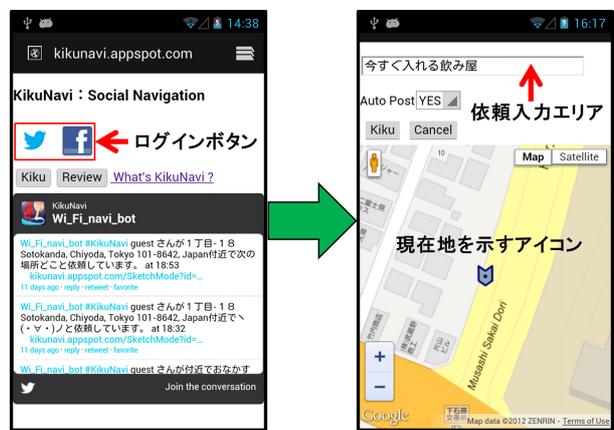


図 1. 道案内依頼時の流れ：(左)KikuNavi 起動画面から Kiku ボタンを押下し、(右)依頼画面に移動する。

### 3.2 案内者が道案内をする



図 2. タイムライン上に投稿される依頼情報の例：(左)依頼が完了すると (右)案内者に依頼情報が投稿される。

依頼者が依頼を完了すると、Twitter ユーザのタイムライン (TL) 上で依頼者の現在地、目的地、ルート作成用 URL が投稿される (図 2 右). システムは投稿された文章中に #KikuNavi を添付するので、全ての Twitter ユーザーは、ハッシュタグ“#KikuNavi”を検索することで、依頼情報を見ることができる. Twitter ユーザーが TL 上の URL をクリックすると、ルート作成画面に移動する (図 3 左). ルート作成画面では電子地図上に依頼者の現在地と依頼内容が表示される.

### 直接誘導

目的地がライブやお祭りなどのイベント会場である場合、依頼者は会場近くで困っている場合が多く、案内者自身も同じ目的地を目指している可能性が高い. このような状況下では、依頼者が案内者の移動履歴を辿る方法が早くて簡単である. これを本論文では直接誘導と呼ぶ. 案内者が図 3 左の、Direct ボタンを押すと図 3 右の画面に移動して、案内がスタートする. 案内者は目的地に向かってただ歩いて進めばよく、システムは自動的に案内者の位置を依頼者の端末に送信する. システムが自動で処理するので案内者はこれ以上の操作を行う必要はない. 依頼者は近くにいる案内者の現在地を目印に目的地まで向かうことになる.

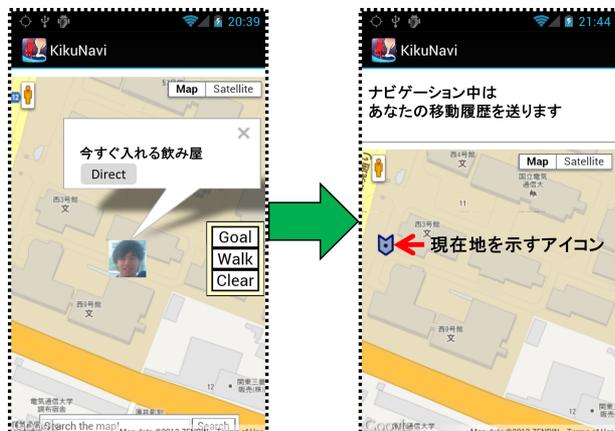


図 3. 直接誘導時の流れ: (左) ルート作成画面から Direct ボタンをクリックし、(右) 直接誘導画面に移動する.

### 間接誘導

案内者が依頼者から遠く離れている場合は、直接誘導で案内することが難しい. そこで、より普遍的な案内手法としてルートスケッチによる間接誘導をサポートする. 図 3 左の情報を見た Twitter ユーザーが依頼者の目的地まで案内可能ならば、案内者となって目的地までのルートを電子地図上にスケッチする (図 4 左). 電子地図上をタッチするとタッチしたポイントに人型のマーカーが設置され、依頼者アイコン

との間に直線が引かれる. 別のポイントをタッチすると、同様にマーカーが設置され、先ほどのマーカーとの間に直線を引く. この操作を繰り返すことで案内者は電子地図上にルートをスケッチすることができる. もし途中でスケッチをやり直したくなったら Clear ボタンを押せば画面を初期化できる. 最後に右のメニューバーから Goal ボタンを押下し、電子地図上をタッチすると、人型のマーカーではなくゴールフラッグが設置される. 同時に吹き出しも表示され、「この時間帯はガラガラだよ」などと、補足的なコメントを入力できる (図 4 右). OK ボタンを押下するとルートスケッチ完了画面に移動する (図 5 左).

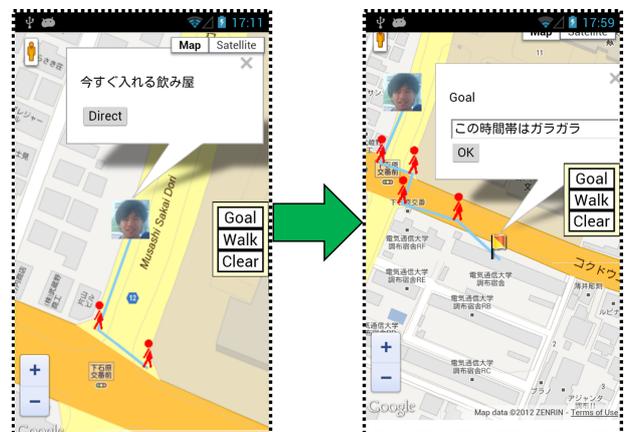


図 4. 間接誘導時の流れ: (左) スケッチ開始時の画面と、(右) スケッチ終了時の画面.

### 3.3 誘導に従って目的地まで移動する

案内者がルート作成を完了すると、依頼者のタイムライン上に回答者名、ナビゲーション用 URL の POST が流れてくる (図 5 右).



図 5. タイムライン上に投稿される回答情報の例: (左) 案内者がルート作成を完了すると、(右) 依頼者に回答が投稿される.

依頼者が URL をクリックするとナビゲーション画面に移動し、案内者が回答してくれた目的地までのルートと距離、方角が表示される(図 6)。案内者が直接誘導で道案内している場合(図 6 左)、目的地が案内者自身になるため、依頼者のナビゲーション画面の情報は案内者の移動に合わせて変化する。案内者の最も最新の位置情報をゴールフラッグで表示し、移動履歴を丸型のアイコンで表示することで、移動履歴取得時にエラーが起きても依頼者はすぐわかる。依頼者が目的地付近に到達するか、Next ボタンを押すことで、システムが案内者の最新の移動履歴に更新する。図 6 において、上部が目的地までの方角と距離の算出部分、下部が案内者の作成したルートと依頼者の現在地を電子地図上に表示する部分になる。現在地の取得は依頼時と同じで一定間隔で更新し、電子地図に反映させている。目的地までの距離は現在地の座標と目的地の座標の 2 点による近似式で計算している。距離の算出にはヒュベニの公式を使用した。

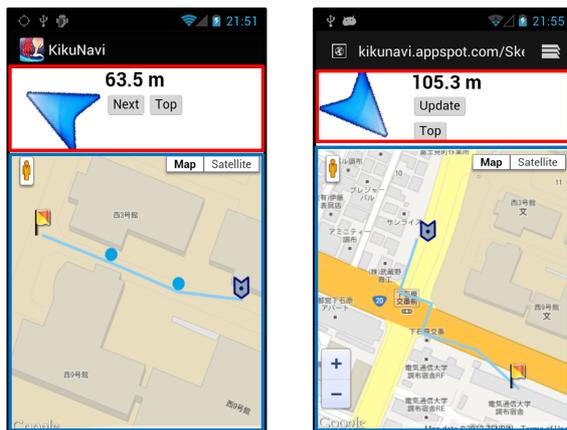


図 6. ナビゲーション画面：(左) 案内者が直接誘導の場合と、(右) 間接誘導の場合。

#### 4 ユーザスタディ

提案システムを用いたナビゲーションによって、実際に道に迷った人を案内できるかどうかを確認するため、直接誘導と間接誘導それぞれで検証実験を行った。

##### 直接誘導

直接誘導は電気通信大学の学園祭期間中に実施した。依頼者は学園祭に訪問していた人々からランダムに協力を依頼し、許可してくれた一般ユーザ 9 人である。依頼者は大学内の知識が全くないが、案内者は電気通信大学の学生で学園祭中のキャンパスマップを全て熟知している。出発地点は全て正門からとし、依頼者は行きたい場所を自由に入力した。依頼が完了すると、近くにいる案内者が直接誘導を開始

し、依頼者の依頼内容に沿うような目的地へ向かった。案内者はまめに Twitter の投稿を監視しているため依頼が無視されることはなかった。実験結果を表 1 と図 7 で示す。依頼番号 A~I は表と図で対応しており、図内の目的地を示している。

表 1. 直接誘導：依頼内容と実際に辿り着いた場所

依頼番号	依頼内容	ゴール
A	学長室	学長室
B	体育会テニス部	硬式庭球部の出店
C	チョコバナナ	投資研究会の出店
D	とり天	フットサル愛好会の出店
E	カクテル飲みたい	剣道部の出店
F	わたがし食べたい	ワンダーフォーゲル部の出店
G	生協前	生協
H	なにか食べたい	出店のたこ焼き屋
I	子供の楽しめる所	ゲームブース

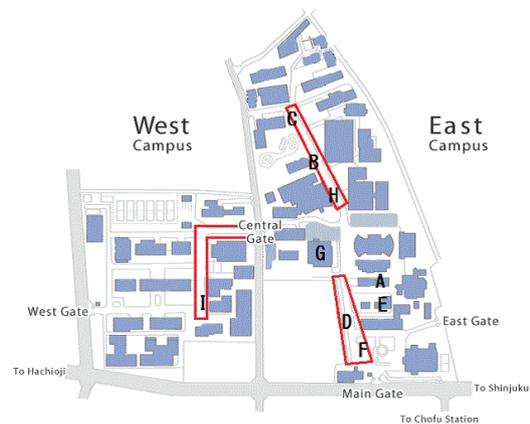


図 7. 電気通信大学のマップ：枠で囲まれたスペースに出店が並んでいる。

実験では全ての依頼者が迷うことなく依頼内容に対して満足の行く目的地まで辿り着くことができた。例えば、H の場合には「なにか食べたい」という非常に曖昧な依頼内容であったが、案内者は電気通信大学の学園祭で評判の良い出店のたこ焼き屋まで案内したところ、依頼者は非常に満足していた。I の場合は、まさに KikuNavi がリアルタイムな状況に対処できることを実証できた。依頼が午後 3 時 00 分に行われ、案内者は最初にビンゴ大会に案内しようと思った。しかし、案内者はビンゴ大会がすでに午後 2 時 30 分に始まっていたことに気づき、ゲームブースが一日中遊べることを思い出した。案内者は目的地を変更し、ゲームブースに依頼者と子どもを案内した。このように既存のナビゲーションシステムでは扱えない「子供の楽しめる場所」のような曖昧なクエリを処理できたり、リアルタイムなスケジュール変化に即座に対応できる点が KikuNavi の強みである。

また、被験者全員に対して実験後に新規性、信頼

性、有用性、操作性の4項目を5点満点で評価するアンケートを行った(図8)。図8が示すように、新規性、信頼性、有用性のスコアは、被験者のほとんどが高得点をつけた。被験者は、自分のプライバシーが保護されているならば近くの人について行くのもついて来られるのも大丈夫だと答えてくれた。ただし、操作性についてはスコアが特に低くはなかったにもかかわらず、被験者は、もっとシステムのユーザビリティを改善してほしいと答えた。例えば、KikuNaviは矢印と一緒にGoogle Mapsを表示しているが、被験者にとっては一度に与えられる情報が多いと答えた。今後はユーザが情報の取捨選択をするか、または単一の回転マップに両方を組み合わせることができるよう改善する。

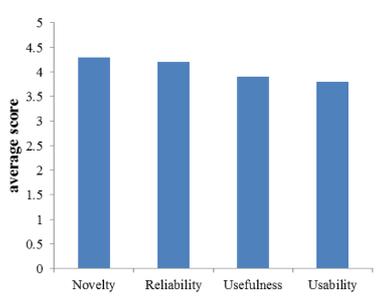


図8. 直接誘導：アンケート結果

### 間接誘導

間接誘導は電気通信大学のオープンキャンパス期間中に実施した。被験者は依頼者補助として学内に散らばった3名と、案内者として西9号館740号室に待機している2名である。依頼者補助は学外から来た一般ユーザを捕まえてクエリを投げてもらうが、捕まえることが難しい場合は、自分でクエリを投げても良いこととした。ただし、案内者にはそれを知らせておらず、案内者は全て面識の無い他人からのクエリとして真摯な対応が迫られる、という状況をデザインした。この状態で3時間を掛けてユーザスタディを行った。出発地点は電気通信大学キャンパス内のどこかであり、目的地は依頼者が自由に設定する。依頼者はシステムを通して案内者に依頼し、案内者はシステムでルートを作成する。依頼者は案内者の作成したルートに従って目的地まで移動した。直接誘導の場合と同様に、案内者はまめにTwitterの投稿を監視しているため依頼が無視されることはなかった。実験結果を表2と図9で示す。依頼番号A~Kは表と図で対応しており、図内の目的地を示している。

実験では依頼者全員が依頼通りの目的地まで辿り着くことができた。GとKのように依頼内容が異なっても同じ目的地に辿り着くことができた。また、間接誘導では案内者が回答時に一言コメントを入力

表2. 間接誘導：依頼内容と実際に辿り着いた場所

依頼番号	依頼内容	ゴール
A	でんつうの秘境	サークル棟 (東35号館)
B	先進理工学科	西2号館3階,4階
C	助けてー	お悩み相談センター (西11号館)
D	土木建築に興味がある	東5号館
E	光ファイバーに興味がある	西11号館3階306
F	暗号関係が知りたい	大田研 (東3号館720)
G	バーチャルリアリティ の研究室	橋本研 (西9号館6階601)
H	喉がかわいた	学生会館
I	おすすめの研究室を 教えてください	尾内研 (西9号館740)
J	レーザー見たい	西2号館4階402
K	派手な研究のあるところ	橋本研 (西9号館6階608)



図9. 間接誘導の実験結果

できるので、依頼内容とコメントでユーザ間のコミュニケーションが取れたことも確認できた。時刻や回答コメントを含めたより詳細な実験データはWebで公開している<sup>3</sup>。さらに、直接誘導と同様に被験者全員に対して実験後にアンケートを行った(図10)。図10が示すように、この実験では操作性の点数が低く、被験者全員が依頼してからの返事が遅いという感想を述べた。案内者が依頼者のアイコンを選択するだけの直接誘導と違い、間接誘導では案内者が見つかっても案内者が依頼者を案内するルートを作成するため、返事に時間がかかる。今回の実験では依頼して回答が返って来るまでの時間は平均2分でありリアルタイムとしては使いにくい。さらに、既存のナビシステムはユーザが自分で操作し、画面内にアクションが起こるのに対して提案システムは依頼完了後、返事が来るまで止まった画面を見続けなければならないため、苦痛を感じる。よって、ユーザの待ち時間への対応は今後の課題として挙げられる。

<sup>3</sup> <http://goo.gl/maps/MWRD>

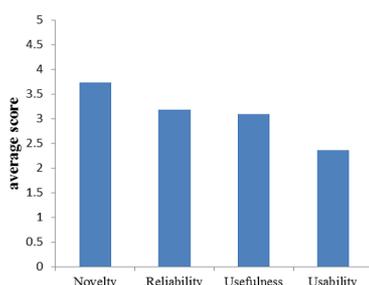


図 10. 間接誘導：アンケート結果

## 5 まとめと今後の課題

本論文では、SNS を用いて集合知をベースにした歩行者用リアルタイムナビゲーションシステム、KikuNavi を提案した。既存のナビゲーションシステムと KikuNavi の大きく異なる点は、利用するユーザが一人で孤立するのではなく互いに情報を共有し、助け合うことができる点である。友人に道を聞くという本手法はユーザにとって簡単で安心なナビゲーションシステムだと考えられる。実際に、本論文では KikuNavi によって大学のキャンパス周辺に初めて来た訪問者を正しく案内できることが実証でき、実験データからユーザにとって大学キャンパス周辺のより有益となる地理情報を得ることができた。

今後の展望として海外旅行への対応がある。言葉の慣れない海外で依頼者がクエリ入力時にスペルミスをして、現地の人々がその意図を理解してくれるので、ガイドブックにも載っていないような秘密のルートで案内してもらうことが期待できる。

本論文の実験では案内者が必ずいて、まめに依頼が来てないか確認している。よって、現実世界で実際に利用しなければ見えてこない問題や課題があるだろう。そこで、KikuNavi はすでに Web で一般公開しており、誰でも使えるようになっている<sup>4</sup>。今後は、一般ユーザからのフィードバックを貰いながら、より洗練されたユーザインタフェースの設計とシステムのユーザビリティを高めていく。まずは今回の間接誘導の実験で一番の問題であった回答待ち時間の改善を行う。待つ時間は数分程度なので質問応答システムを組み込んで依頼者のより正確な要求を分析したり、依頼内容に適した動画を再生することを考えている。同時に、履歴機能の作成も行う予定である。KikuNavi の利用履歴を集めることで、人々にとってどういった時にどのような場所で迷いやすいかというデータを得ることができる。そのデータを利用することでユーザにより有益な機能を提供できるようになる。また、Twitter のお気に入り登録機能や Facebook のいいね！ボタンと同様の視覚的または定量的に感謝の意を表現するための機能を実

<sup>4</sup> <http://kikunavi.appspot.com/index>

装することによって、人に感謝する・感謝されたいという心理的な側面をサポートしたい。

## 謝辞

本研究の一部は、独立行政法人情報処理推進機構 (IPA) 2011 年度 未踏 IT 人材発掘・育成事業 によるものです。ここに記して謝意を表すものとします。

## 参考文献

- [1] L. Chittaro and S. Burigat, "Augmenting audio messages with visual directions in mobile guides: an evaluation of three approaches," In Proc. of ACM Mobile HCI, 2005, 107-114.
- [2] T. H. Kolbe, "Augmented videos and panoramas for pedestrian navigation," In Proc. of the 2nd Symposium on Location Based Services and TeleCartography 2004 on 28-29, January in Vienna. TU Wien, 2004.
- [3] B. Walther-Franks and R. Malaka, "Evaluation of an augmented photograph-based pedestrian navigation system," In Proc. of Smart Graphics, 2008, 94-105.
- [4] B. Walther-Franks, D. Wenig, R. Malaka, and B. Gruter, "An evaluation of authoring interfaces for image-based navigation," In Proc. of ACM Mobile HCI, 2009, 58.
- [5] D. Dearman, T. Sohn, K. N. Truong, "Opportunities exist: continuous discovery of places to perform activities," In Proc. of ACM CHI, 2011, 2429-2438.
- [6] A. K. Beeharee and A. Steed, "A natural wayfinding - exploiting photos in pedestrian navigation systems," In Proc. of ACM Mobile HCI, 2006, 81-88.
- [7] J. Kjeldskov, C. Graham, S. Pedell, F. Vetere, S. Howard, S. Balbo, and J. Davies, "Evaluating the usability of a mobile guide: The influence of location, participants and resources," Behaviour & Information Technology, 24(1), 2005, 51-65.
- [8] K. Church, J. Neumann, M. Cherubini, and N. Oliver, "The 'map trap'?: an evaluation of map versus text-based interfaces for location-based mobile search services," In Proc. of ACM WWW, 2010, 261-270.
- [9] J. Baus, K. Cheverst, and C. Kray, "A survey of map-based mobile guides," In Map-based mobile services - Theories, Methods, and Implementations, 2005, 197-216.
- [10] K. Cheverst, N. Davies, K. Mitchell, and A. Friday, "Experiences of developing and deploying a context-aware tourist guide: The GUIDE project," In Proc. of ACM MobiCom, 2000, 20-31.
- [11] H. Nagasaka, M. Okabe, and R. Onai, "KikuNavi: Real-time Pedestrian Navigation based on Social Networking Service and Collective Intelligence", In Proc. of IEEE VL/HCC, 2012, 193-196.