いたねこ：人間に痛みを伝える遠隔猫じゃらし

安齊 クレア [*]　的場 やすし [†]　椎尾 一郎 [*†]

概要. 外出中であってもペットと触れ合いたいと考えている飼い主は多い．そこで本研究では，遠隔地から自宅の猫の様子をビデオ画面で確認しつつ，猫じゃらしを遠隔操作するシステムを開発した．本システムの大きな特徴は，猫が猫じゃらしを捕まえると操作者の手にひっかかれた感触が伝わる点である．操作者はマウスと一体化した痛み伝達デバイスを操作することで，遠隔地の猫じゃらしを操作しつつ，猫の反応に応じて痛みが伝わる．実際の猫の反応にリアルタイムで連動した痛みによるフィードバックがあることで，ペットとの臨場感あふれる遠隔コミュニケーションを実現した．

1　はじめに

今日では多くの人々がペットを飼っており，家族の一員として欠かせない存在になっている．平成26年全国犬猫飼育実態調査 [1] によると，日本全国の32.9%，つまりほぼ3人に1人は現在何らかのペットを飼育しており，過去10年まで遡ると実に48%もの人がペットを飼った経験があると回答している．中でも，犬と猫を飼ったことのある人を合わせると，ペット飼育経験者全体の76%を占めており，最も人気のあるペットとして親しまれている．

そんな中，飼い主達が心を悩ませているのがペットの留守番問題である．ペットを愛する飼い主にとって，外出中ペットと長時間触れ合えないことは大きな悩みであり,「いつでもペットと一緒にいたい」と考えている飼い主は多いであろう．また言葉の通じないペットにとっても飼い主が出かける度にいつ帰ってくるのかと心細く，不安な思いを抱えている．そのため，飼い主とペットが双方を身近に感じられるコミュニケーション装置の開発に需要があると考えた．

ペットとの遠隔交流を支援する研究はこれまで多くなされている．これらの研究では，遠隔地にいる人間がペット側に何らかのアクションを起こし，それに対するペットの反応をカメラを通して一方的に観察するものが多い．しかし映像と音声以外にペットの行動に連動するような反応がないため，コミュニケーションとして成立しているとは言い難かった．そこでリアリティのあるフィードバックを検討した結果，実際にペットと遊んだ際に感じる感覚として最も鮮烈にその存在を感じさせるものは「痛み」であると考えた．

「痛み」により現実性を増す試みは，過去にも行われている．例えば PainStation[2] ではゲームでミスをしたプレイヤーの手に刺激を与えることで，画面上のコンピューターゲームの世界に強烈な現実感をもたらしている．動物と触れ合う過程で「痛み」は付きものであることから,「痛み」を用いた手法をペットとの遠隔コミュニケーションに取り入れることで，映像内のペットに存在感を付加でき，新しい人－動物インタラクション体験を実現できるであろう．さらに，操作に真剣味が増すことで人間側も楽しめ，実際に遊んであげている時のような緊張感や没入感が得られることが期待できる．

筆者らは，数あるペットの中でも猫を研究の対象とした．理由は以下に基づく．猫は旅行や散歩の際に飼い主と一緒に外出する状況が少ないため，家で留守番をする機会が多く，飼い主と離れている時間が長くなりやすい．このため猫を対象とした遠隔ペットコミュニケーションの需要が大きいと考えた．さらに，猫には獲物を捕まえる際に爪を出す習性があるため，猫をじゃらす行為には普段から痛みを伴ったゲーム性がある．自分の素手を使って猫をじゃらして遊んだ経験のある飼い主は多いであろう（図1）．熱中するにしたがってつい飼い主に爪を立ててしまうことも多いが，それを含めて猫の魅力として愛猫家は受け入れている．このため，遠隔交流を実現する際に，痛みを利用して現実感を提供することの効果が高いと考えた．

そこで本論文では，遠隔地にいるペットの猫と臨場感あふれる交流ができる遠隔ペットコミュニケーションシステム “いたねこ” を開発した．これは遠隔地にある猫じゃらしをネットワークを通じて操作でき，猫の行動に連動してひっかかれたような痛みをユーザーに伝えることが特徴である．これにより離れた場所にいる実際の猫と，双方向から触れ合うことを可能にした．従来の実装 [1] に対して猫じゃらしの動きやセンサー部分を改良し，評価実験を行ったので報告する．

Copyright is held by the author(s).

[*] お茶の水女子大学院 理学専攻 情報科学コース
[†] お茶の水女子大学 理学部 情報科学科

[1] http://www.petfood.or.jp/data/chart2014/
[2] http://www.painstation.de/

図 1. 素手を使って猫をじゃらす様子.

2 関連研究

情報技術を用いて人とペットの関係を向上させる研究が盛んに行われている．Ladha ら [3] は，犬の首輪にセンサーを取り付け，17 の特徴的な行動を解析・判断することに成功した．これらの行動のいくつかは感情に直結しているため，犬の心の健康管理に役立つとしている．Robinson ら [5] は，犬に最適化したインタフェースを提案し，評価を行った．糖尿病患者の容態が急変した際に犬がスイッチを起動し，遠隔地に伝えるアラートドッグとしての利用に応用できるとしている．これらは共通言語を持たない人とペットの間に入り，ペットが何を考えているのか，その意思を図ろうとするものである．一方，ペットの飼い主にとって，留守中のペットの様子は最も気になる事項のひとつであるため，留守番するペットを監視するネットワークカメラ製品が多数販売されている．その中でも Petcube[3] は，カメラで様子を確認しながらレーザーポインタを遠隔操作してペットと遊ぶことができる製品である．専用アプリを使って他のユーザーが公開しているペットを見ることもできる．また，人とペットの遠隔コミュニケーションに関する研究も多く行われている．Cat@Log[7] は，猫の 1 日の行動を知ることができるシステムである．猫の首輪にデバイスを装着して行動分析をするとともに，その日のイベントがリアルタイムに SNS に送信される．これにより猫への理解を増すことができる．Golbeck ら [2] は Skype を利用し，ユーザーが操作することができる映像と音声を使い，遠隔地から犬と遊ぶシステムを開発した．ペットとビデオチャットで交流する際，ペットの気をひく音を取り入れることは，ペットの意識を画面にひきつけるのに役立つとしている．リモートしかじゃらし [4] は，誘引餌とカメラを遠隔操作することで野生の鹿と擬似的接触できるシステムである．このように，遠隔地にいる動物やペットと交流したり，遊ぶシステムは多く存在するものの，その多くで動物・ペット側から人間側へ伝達される情報は映像だけであった．遠隔地からペットと触れ合う状況において，ペットの反応を触覚で伝達する研究に，Poultry.Internet[6] がある．これは飼い主が遠隔地からペットの鶏と触れ合うシステムであり，人側で遠隔地の鶏に同期して移動する模型と，鶏側で鶏が着用するジャケットを使用する．ユーザーが模型に触れると，ジャケットを通して触れられた感覚が鶏に伝達される．一方ユーザーは，鶏の足に取り付けたセンサーに連動して刺激が与えられる靴を履くことで，鶏の歩行のリズムを感じることができる．Poultry.Internet のように，遠隔地のペットと触れ合う感触を伝える研究はいくつか行われていたものの，触れ合う際の痛みを伝達する研究は，筆者らが知る範囲では，行われていなかった．このほか，仮想上の生き物の気配を伝える研究として虫 How?[8] がある．これは小さなブラシを多数のモータによって回転させることで仮想の蟻が這う感覚を腕に与えるものである．しかし，動物にひっかかれる痛みを再現するシステムはなかった．

[3] https://petcube.com/

3 いたねこ

“いたねこ” システムは，猫のいる自宅に設置する猫側端末と，学校や職場などユーザーの外出先に設置する人側端末の 2 種類から構成される．これらのデバイスをコンピューターに接続し，ネットワークを介して IP 接続（ソケット通信）を行うことで双方向からの遠隔操作を実現した（図 2）．ユーザーはマウスと一体化した痛み伝達デバイスを前後左右に動かすことで，遠隔地から自宅の猫じゃらしデバイスを操作することができる．猫が猫じゃらしデバイスに対して押さえる，叩くなどの反応を見せると，痛み伝達デバイスに信号が送られ，ユーザーの手に痛みが伝わる．詳しいシステム内容について次節で説明する．

また，実際の猫の様子を見ながらリアルタイムでコミュニケーションを図るため，ビデオチャットシステム Skype を併用した．筆者の一人は現在猫を飼っており，日々の経験から猫は確実に飼い主の顔を判別していると感じている．実際に，声のみのビデオチャットと顔も映るビデオチャットで飼い猫の反応を比べた結果，顔ありの場合の方が画面を注視する時間が長く，興味を示していた．そこでビデオチャットは双方向のものとし，猫からもユーザーの顔を見ながら遊ぶことができる方式にした．

3.1 猫側端末

Arduino UNO [4]，小型サーボモータ 2 台 [5]，マイクロスイッチ [6] を用いて猫じゃらしデバイスを実装

[4] ARDUINOUNO, R3 SMD EDITION
[5] Power HD, HD-2400A
[6] OMRON, Z-15GNJ55-B

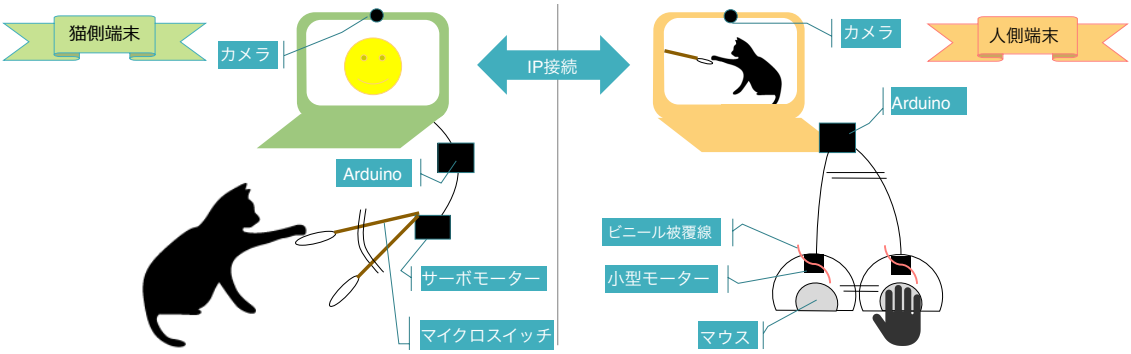


図 2. “いたねこ” システムの概要図.

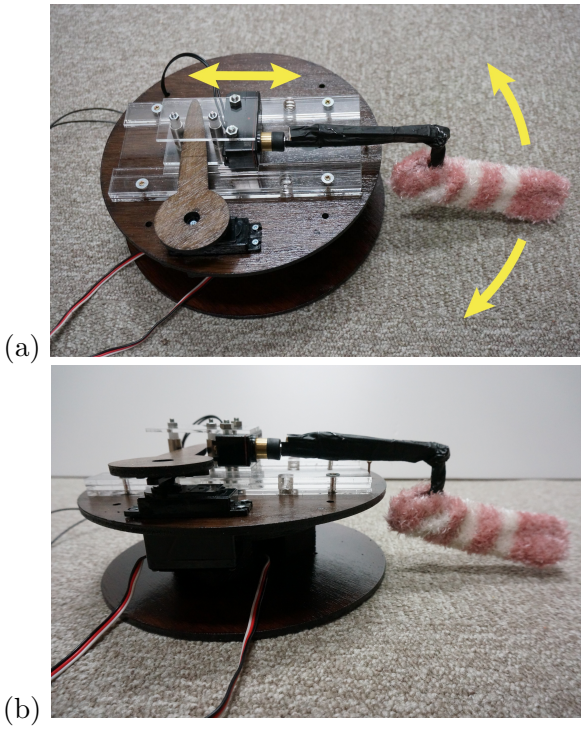


図 3. 猫じゃらしデバイス. (a) 上部. (b) 側面.

した (図 3). 猫じゃらしデバイスはコンピューター[7]に接続し，猫側プログラムを起動して猫のいる自宅に設置する．使用したマイクロスイッチには棒が付いており，この棒が 360° いずれかの方向に倒れることで ON になる．一般に市販されている猫じゃらしは人間が持つ持ち手の棒部分と，猫がじゃれて遊ぶ先端の穂先部分とから構成されている．そこで，マイクロスイッチに付いている棒を持ち手部分に見立て，マイクロスイッチの先端に穂先部分を取り付けた．猫が穂先にじゃれると動きがマイクロスイッチに伝わり検出される．実際に猫が猫じゃらしで遊んでいる様子を観察したところ，上から押さえるだけでなく，横から叩いたり抱え込むような動作を見せることが多くあった．そこであらゆる方向からの衝撃も検知できるよう，今回のマイクロスイッチを採用した．

実際に猫と遊ぶ際は猫じゃらしデバイスの上にポリエチレン製のシートを被せて使用する．猫をじゃらす行為とは，猫が行う狩猟の動きを擬似的に再現するものである．猫は逃げ隠れする獲物を追いかけて捕まえるため，猫じゃらしに対してもそのような動きを期待している．そこで，穂先付きスイッチが乗ったテーブルを，左右方向に 180° 回転させることで，穂先が逃げる動きを提示する．一方，前後方向制御用サーボモータを 70° 回転させると，カム機構が動きスイッチと穂先が 9cm 前後に動く．この時，穂先がポリエチレンシートの下から出入りすることで，穂先が隠れる動きを提示する．

獲物の動きを再現し興味を引くには，穂先部分を地面を這うような位置で動かす必要がある．しかし穂先を左右に動かす機構として，サーボモータがターンテーブル下部に入るため，スイッチの位置に高さが出てしまう．そこでスイッチから L 字型の棒を伸ばし，穂先部分を地面近くの低い位置に下ろせるようにした．猫のおもちゃには持ち手のついていない，猫が自分で遊ぶタイプのものも多く存在する．これらを L 字型の棒の先端に付け替えることで猫の好みに応じてカスタマイズすることができ，飽きずに遊んでもらえるようにした．

3.2 人側端末

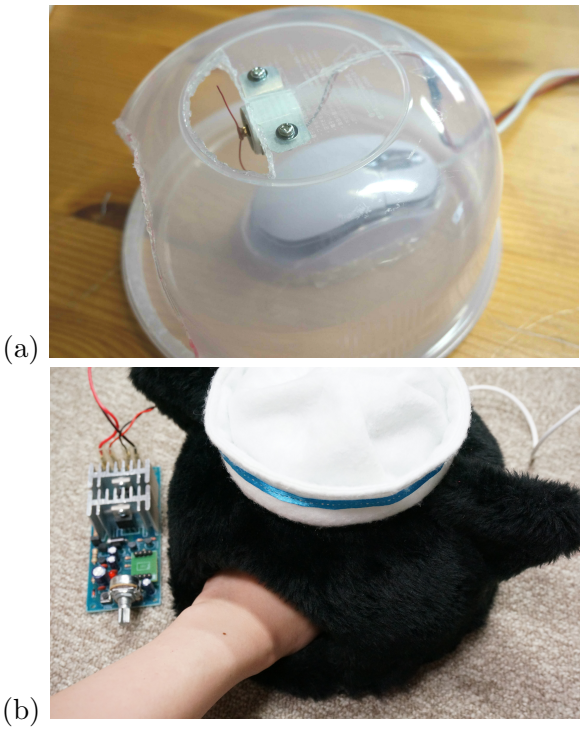
人間ユーザーは学校や職場などの外出先で，図 4 に示す痛み伝達デバイスをコンピューター[8]に接続し，人側プログラムを起動する．痛み伝達デバイスは，Arduino UNO[9]，光学式マウス，小型モータ[10]，トランジスタによるモータ駆動ドライバを用いて実装した．図 4 に示すように，マウスを覆う

[7] MacBook. OS は Mac OS X 10.9.4.

[8] MacBook. OS は Mac OS X 10.10.1.

[9] ARDUINOUNO, R2

[10] ミネベア, PPN13KB10C



(a)

(b)

図 4. 痛み伝達デバイス．(a) 内部．(b) 実際に使用している様子．

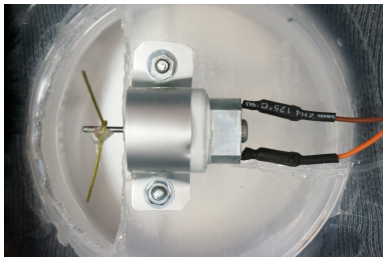


図 5. 痛み発生モータ．

ドーム型の筐体の天井部内側に，痛み発生モータを設置している．猫にひっかかれた感覚を再現するため，モータの先に長さ 4cm 程度のビニール被覆のステンレス線を取り付け，これを回転させることで痛み提示を実現した（図 5）．ユーザーはドーム内のマウスに手を置き操作をする．このとき，回転するワイヤがちょうど手の甲に当たり，痛みを発生する．痛みの調整に関してはこの後の動作実験で説明する．

3.3 使用手順と動作

実際の使用手順を次に示す．まずユーザーは猫側プログラム（サーバープログラムとして動作）を起動し，さらに Skype に猫のアカウントで接続した後に外出する．次に，外出先から人側プログラム（クライアントプログラムとして動作）を起動する．人側プログラムはソケット通信によって猫側プログラムとの接続を行う．同時に人のアカウントから猫アカウントに Skype 接続する [11]．

接続後，人が痛み伝達デバイスに内蔵されたマウスを前後左右に動かすことで，遠隔地から自宅の猫じゃらしデバイスを操作することができる．このとき，マウスによって移動するポインタの xy 座標と，猫じゃらしデバイスの 2 個のサーボモータの角度が対応している．すなわち，左右方向制御用サーボモータの角度 0° が画面左端，180° が画面右端に対応し，前後方向制御用サーボモータの角度 0° が画面下端，70° が画面上端に対応する．猫じゃらしデバイスの後方に Skype 用カメラを設置し，送られてくる映像を見ながら人が操作すると，マウスを左右前後に動かすことで，遠隔地の猫じゃらし穂先も左右前後に移動し，直感的な操作が可能になる．ここで猫がじゃれて猫じゃらしデバイスの穂先部分を叩くとスイッチが入り，人側プログラムに通知される．すると人側の痛み伝達デバイスのモータが動作し，ワイヤが回転して人の手の甲にひっかかれた痛みを再現する．プログラムの流れを以下に示す．言語には Java を使用し開発を行った．

猫側プログラム

- 人側から接続があるまで待機.
- 人側よりマウスの座標情報を受け取り，Arduino 経由で猫じゃらしを動かす.
- Arduino からマイクロスイッチで検出した猫の攻撃情報を受け取り，人側に送信する.

人側プログラム

- 人が起動すると，猫側に接続.
- マウスの座標情報を猫側へ送信する.
- 猫側から猫の攻撃情報を受け取り，Arduino 経由で痛み発生モータを動かす.

4 動作実験

ここで開発した，痛み発生モータおよび猫じゃらしデバイスのそれぞれについて，人および猫に対する効果を確認し，調整と評価を行った．また，遠隔地からの操作を想定し，人側端末と猫側端末を別の部屋に設置し，人と猫が実際にインタラクションする環境を設定し，システム全体の動作と効果を確認した．

4.1 痛み発生モータ

痛み発生モータにはいくつかの種類のモータを使い試作したが，パワーが強すぎると与える痛みが激

[11] 自動接続アカウントに設定しておけば猫が Skype 操作しなくても接続できる

図 6. 実際に “いたねこ” システムで遊んでいる様子.

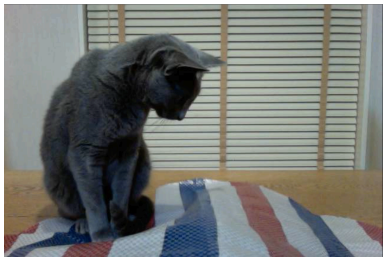


図 7. 猫じゃらしデバイスを注視している様子.

しく危険であった．そのため小型のモータを選択し，適切と思われる刺激が得られるよう PWM（パルス幅変調）制御により電力を調整した．その結果，後述する 1mm 塩化ビニール被覆ステンレスワイヤとの組み合わせでは，筆者らの場合，毎秒 60 回転程度が適切であった．しかし，痛み発生モータが与える痛みの強さには個人差が大きいと考えられるため，ユーザー自身が PWM 制御モジュールのダイアルを回すことでモータ回転数を調整し，最適な痛みに調節できるよう設計した．

またモータの先に付けるワイヤについても，手縫い糸，タコ糸，テグス，各種太さの金属線について検討した．柔らかすぎるとモータの軸に絡まりやすく、硬すぎると手に当たった際に回転が止まりやすいという問題があった．結果，ビニール被覆の金属線が安定してひっかかれた痛みを再現できることがわかった．太さが細い方が鋭い痛みを再現できるため，0.6mm のビニール被覆の銅線を使用したところ，手に当たり曲がるとその形を維持してしまい，金属疲労がたまって折れてしまうことがあった．そこでよりビニールに厚みがあり，柔らかでよくしなる 1mm の塩化ビニール被覆ステンレスワイヤを採用した．筆者らが試したところ，猫にひっかかれた感触を充分に再現していることを確認した．

4.2 猫じゃらしデバイスの評価

野良猫 C-1・C-2・C-3 と筆者の一人が飼っている猫 D-1 の計 4 匹を対象に，本システムで本物の猫じゃらしと同じように猫をじゃらすことができるのか調べる実験を行った．4 匹とも成猫で，C-1・C-2・C-3 は本学の大学キャンパス内で暮らす雑種（Campus cat），D-1 は家猫（Domestic cat）のロシアンブルーである．C-1 は野良猫のボス的な存在で，いつも人通りの多い場所で日向ぼっこをして寝ており，人間に撫でられても嫌がらずよく人に慣れている．C-2 と C-3 は警戒心が強く人が近づくだけで逃げてしまうこともあり，人の多く行き交う時間帯にはめったに姿を見せない．D-1 は初めて見るものには少し神経質になる面があり，思慮深く繊細な性格である．野良猫 3 匹の縄張りで餌場になっている野外広場と，D-1 が普段過ごしているリビングにそれぞれ猫側端末を設置し，猫じゃらしデバイスを動かして 1m ほど離れた場所から様子を観察した．時間はいずれも猫が活発に活動する時間帯である夕方に行った．

結果，C-1 と D-1 の計 2 匹で本システムで遊ぶ様子が確認できた．C-1 は最初の数分は見慣れない装置に警戒していたようだが積極的に近寄って来て，猫じゃらしを動かすと終始夢中になって遊んでいた．寝転がりながらじゃれるなど普段からは考えられない俊敏な動きを見せ，とても気に入っているようだった（図 6）．D-1 は主にじっと観察していて，C-1 ほどすぐには手を出さなかったが，たまに猫じゃらしデバイスを恐る恐る叩いていた．普段より猫じゃらしをビニール袋の下から見え隠れさせる遊びを好んでいたのもあり，シートからカシャカシャと音が出る様子に興味を持っていたようだった．遊ばなかった C-2 と C-3 はとても警戒心が強く，普通のおもちゃにも興味を示さないことから，普段猫じゃらしで遊ぶ猫であれば，本物の猫じゃらしと同じようにじゃらすことができるとわかった．

4.3 システム全体の評価

飼い猫 D-1 を対象に，実際に遠隔地から操作して本システムの動作実験を行った．飼い主が外出した状況を再現するため，リビングに猫側端末を設置し，操作者は隣の部屋から人側端末の操作を行った．D-1 は画面に映る飼い主の顔に興味を示し寄ってきた後，動く猫じゃらしデバイスと画面を交互に見つめながら数分間猫側端末の前に座り込み，じゃれていた（図 7）．遠隔操作者としては猫の攻撃に連動して痛みが伝わるため，操作が慎重になり，実際に猫を目の前にして遊んでいるかのような臨場感を味わえた．また猫じゃらしが見え隠れするよう操作することで猫とのかけひきができるようになり，普段

の遊び方に近い動きを再現できると感じた．

以上の実験を行う中で，猫じゃらしをポリエチレン製シートの下で左右に動かした際にシートを巻き込みながら移動することでひっかかり，スイッチが誤作動してしまうことがあった．そこで，猫側端末全体を覆えて下部の隙間から猫じゃらしを見え隠れさせることができる木製ドームを製作した（図 8）．同じおもちゃで長く遊んでもらうためには，使用していない間猫の目の届かない場所にしまっておくことが有効である．ドームによって猫じゃらし部分を完全に隠すことができるため，猫の飽き防止にも役立つ．

図 8．猫側端末を覆うカバーの改良．

5　まとめと今後の予定

本論文では，最も身近なペットのひとつである猫を対象に，痛みが伝達される遠隔コミュニケーションシステム “いたねこ” を提案し実装を行った．ネットワークを介して猫じゃらしデバイスを遠隔操作し猫と遊ぶと同時に，猫の攻撃に連動してユーザーの手の甲にひっかかれたような痛みが伝達される．これにより，今までにない臨場感あふれる人と猫の遠隔地交流の実現を目指した．前後左右へ猫じゃらしデバイスを操作できることで逃げる・隠れるなど猫とのかけひきができ，対面での遊び方に近い操作ができる．実際に猫と遊んだ結果，痛みのフィードバックによって臨場感が増し，より現実感のある交流ができた．それだけでなく，人がより真剣に操作することで，人間と猫の勝負というゲーム的な側面をより強調できることもわかった．また，複数の猫への実験を行ったことで，警戒心がよほど強くない個体であれば飼い猫だけでなく野良猫にも有用であることがわかった．今後は，人側端末の操作者による評価実験を行って，痛み提示デバイスによる臨場感の変化の有無やその有用性について検証したい．

画像通信手段として現在は Skype のアプリケーションを使用しているが，猫に見せる映像は重要であり，猫のために特別に設計すべきであると筆者らは考えている．そのために今後，猫側のビデオチャットに人の顔を実物大で表示する機能の実装を検討している．これは，画面内に映し出される飼い主の顔が極端に実物と違う大きさであった場合，猫は認識できないのではないか，という仮説に基づくもので，有用性に関する検証を行っていきたい．

また，今回は最も鮮烈に猫の存在を感じさせる感覚として「痛み」を再現したが，優しくじゃれている場合には「肉球で押さえられる感覚」などの再現も効果的だと考えられる．猫じゃらしデバイスへのじゃれ方の違いによって，様々な感覚の再現を視野に入れて研究を進めたい．

参考文献

[1] 安齊 クレア, 的場 やすし, 椎尾 一郎. いたねこ：痛みを伝達する遠隔猫じゃらしインタフェース. エンターテイメントコンピューティングシンポジウム 2015 論文集, Sept. 2015.

[2] J. Golbeck and C. Neustaedter. Pet Video Chat: Monitoring and Interacting with Dogs over Distance. In *CHI '12 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems*, CHI EA '12, pp. 211–220, New York, NY, USA, 2012. ACM.

[3] C. Ladha, N. Hammerla, E. Hughes, P. Olivier, and T. Ploetz. Dog's Life: Wearable Activity Recognition for Dogs. In *Proceedings of the 2013 ACM International Joint Conference on Pervasive and Ubiquitous Computing*, UbiComp '13, pp. 415–418, New York, NY, USA, 2013. ACM.

[4] 村松 佳奈, 小林 博樹, 奥野 淳也, 藤原 章雄, 中村 和彦, 斎藤 馨. リモートしかじゃらし：携帯情報端末を通した森林仮想体験環境の構築. 情報処理学会シンポジウムシリーズ, インタラクション 2015 論文集, pp. 216–218, Mar. 2015.

[5] C. L. Robinson, C. Mancini, J. van der Linden, C. Guest, and R. Harris. Canine-centered Interface Design: Supporting the Work of Diabetes Alert Dogs. In *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, CHI '14, pp. 3757–3766, New York, NY, USA, 2014. ACM.

[6] K. S. Teh, S. P. Lee, and A. D. Cheok. Poultry.Internet: A Remote Human-pet Interaction System. In *CHI '06 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems*, CHI EA '06, pp. 251–254, New York, NY, USA, 2006. ACM.

[7] K. Yonezawa, T. Miyaki, and J. Rekimoto. Cat@Log: Sensing Device Attachable to Pet Cats for Supporting Human-pet Interaction. In *Proceedings of the International Conference on Advances in Computer Enterntainment Technology*, ACE '09, pp. 149–156, New York, NY, USA, 2009. ACM.

[8] 佐藤 未知, 松尾 佳菜子, 佐藤 淑美, 佐藤 圭二, 岡野 裕, 福嶋 政期, 梶本 裕之. 虫 HOW? - 気持ち悪さを提示する触覚ディスプレイ. 第 4 回横幹連合コンファレンス, 2011.