

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

安齊 クレア^{1,a)} 的場 やすし^{2,b)} 椎尾 一郎^{1,2,c)}

概要：

ペットの飼い主にとって、外出中のペットの様子は最も気がかりな要因のひとつである。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进行操作することで、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。

ITANEKO : Network-controlled cat-toy to transmit clawed pain

CLAIRE ANZAI^{1,a)} YASUSHI MATOBA^{2,b)} ITIRO SHO^{1,2,c)}

Abstract: Behavior of pets when they are left alone at home is one of the most anxious factors for pet owners who are going out. In this study, we have developed a system named "ITANEKO" that allows a cat owner remotely control a cat-toy by a mouse, while communicating with the cat via video phone (Skype). Besides controlling the cat-toy, our system also transmits the clawed pain to the human when the cat catches the cat-toy. Rotating metal-wires connected to a miniature motor generate pain when they hit to the back of the user's hand that is operating the mouse to control the remote cat-toy. Our system provides realistic remote communication with a cat by pain feedback that is triggered by the reaction of the actual cat.

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、多くの飼い主が心を悩ませているのがペット

の留守番問題である。この調査で犬と猫の飼い主を対象にペット飼育による自分自身への効用を聞いた結果、全体で 2 位、年代別の 30 代では 1 位になった回答が「孤独感を感じなくなった」であることから、一人暮らしでペットを飼っている人は一定数いることが伺える。一方、希望する飼育サービスとして最も多く挙げられているのが「旅行中や外出中の世話代行サービス」である。このことから、飼い主の留守中にペットだけが残される機会が多いこと、また、外出中のペットの様子を気にかけている飼い主が多いことがうかがわれる。

犬や猫に代表されるペットとの遠隔コミュニケーションを支援する研究は、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フィードバックがないため、リアリティに欠ける。筆者らは、実際にペットと遊んだ際に

¹ お茶の水女子大学院人間文化創成科学研究科理学専攻情報科学コース

² Ochanomizu University, Bunkyo-ku, Tokyo 112-8610, Japan

お茶の水女子大学理学部情報科学科

Ochanomizu University, Bunkyo-ku, Tokyo 112-8610, Japan

a) clair@is.ocha.ac.jp

b) y.matoba2011@gmail.com

c) siio@acm.org

*1 <http://www.petfood.or.jp/data/chart2014/>

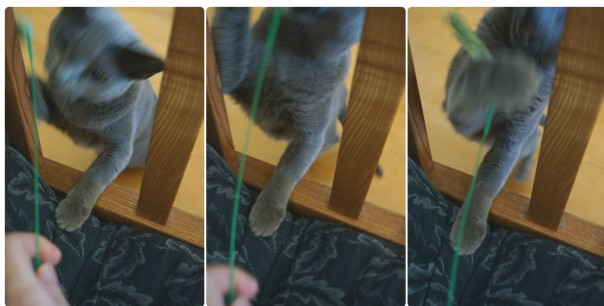


図1 猫じゃらしを使って猫と遊ぶ様子。

Fig. 1 Playing with a cat using a cat-toy.

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。「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るであろう。さらに、操作に真剣味が増すことで、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。前述の調査によると、猫（野良猫や地域猫を含めず）は日本での飼育頭数が第2位であり、かつその飼育数は増えているため、最もポピュラーなペットのひとつである。また旅行や散歩の際に飼い主と一緒に外出する状況が、猫は犬より少ないため、猫は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。そのため飼い主は家に置いてきた猫の様子を常に心配しており、ストレスを感じることもあり、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。すなわち、猫に捕まらないように猫じゃらしを引っ込めて空振りさせれば人間の勝ち、捕まえられれば猫の勝ち、という設定のゲームとして、猫じゃらしを楽しんでいる飼い主が多いと思われる（図1）。このため、遠隔猫じゃらしを実現する際に、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ユーザーに引っ掻かれた様な痛みを伝えることが特徴である。離れた場所にいる実際の猫と、ゲーム感覚でふれあうことを可能にした。

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 [1] 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 [2] 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が可能。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[3] 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 [4] 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 [5] 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な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る状況において、ペットの反応をタンジブルに伝達する研究に、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。

^{*2} <http://www.painstation.de/>

^{*3} <https://petcube.com/>

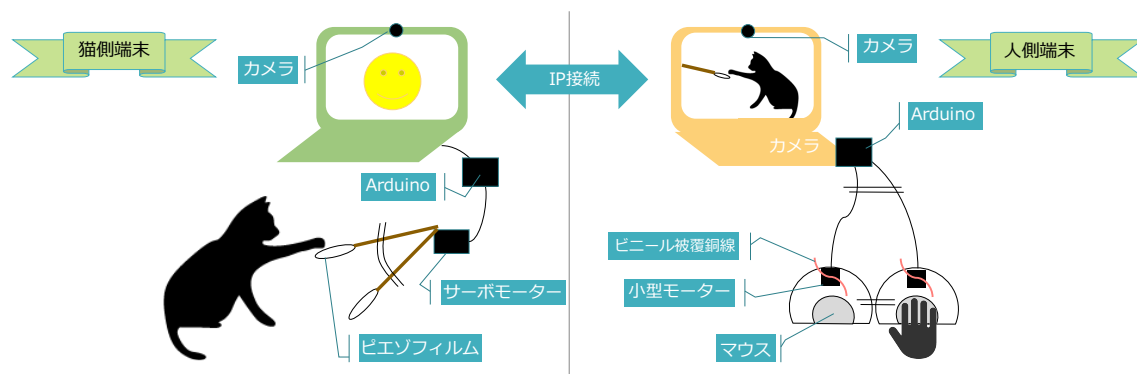


図 2 “いたねこ” システムの概要図.
Fig. 2 Overview of "ITANEKO" system.

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反応して押さえたりくわえると、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 ^{*5}，ピエゾフィルム ^{*6}，市販の猫じゃらしを用いて猫じゃらしデバイスを実装した（図 3）。一般に市販されている猫じゃらしは猫がじゃれて遊ぶ先端の穂先部分と、人間が持つ持ち手の棒部分から構成される。そこで穂先部分の内部にピエゾフィルムを組み込み、棒部分をサーボモータに固定した。猫じゃらしデバイスをコンピュータ ^{*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した。ピエゾフィルム

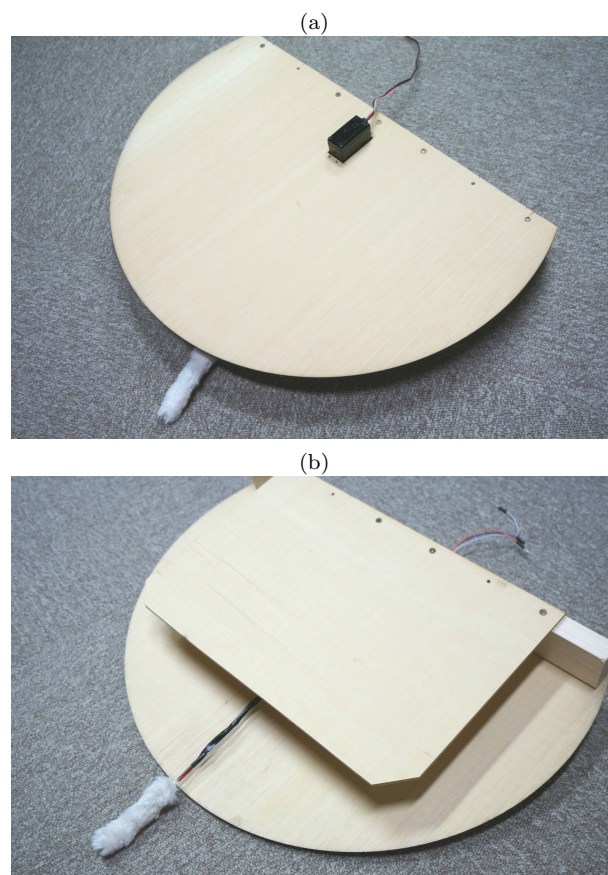


図 3 猫じゃらしデバイス. (a) 表. (b) 裏.
Fig. 3 Cat-toy device overview. (a) Upper and (b) bottom view.

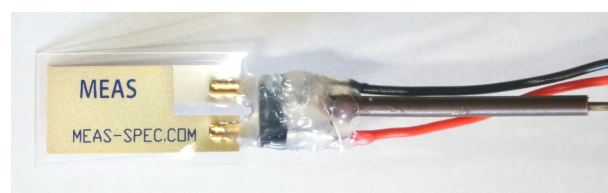


図 4 ピエゾフィルム（圧電フィルム）.
Fig. 4 Piezo film (bend sensor).

^{*4} ARDUINOUNO, R3 SMD EDITION
^{*5} Power HD, HD-2400A
^{*6} Measurement Specialties, LDT0-028K
^{*7} MacBook. OS は Mac OS X 10.9.4.

は Arduino の AD 変換器に直結した。AD 変換器 (10 bit) は Arduino チップ内蔵のものであり、0 から 5V の入力電圧を 0 から 1023 の数値に変換する。 piezofilm は曲げてひずみが生じた際に電圧を発生するため、猫がじゃれて曲げることを検出するセンサーとして利用する。また、薄いフィルム状のセンサを水平に取り付けたため、サーボモータによる猫じゃらしの水平方向への動きはほとんど感知せず、猫の攻撃による上下方向への衝撃を効率よく検出する。(図 4)

3.2 人側端末

ユーザーは学校や職場などの外出先で、次に説明する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 5 に示すように、マウスを覆うドーム型の筐体を作成し、ドーム天井部内側に痛み発生モータを設置した。今回は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銅線などを取り付け、これを回転させることで痛み提示を実現した (図 6)。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、痛みを発生させる。

3.3 猫じゃらしと痛みの伝達

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。人が痛み伝達デバイスに内蔵されたマウスを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なめらかに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 x 座標と猫じゃらしデバイスの角度が対応しており、画面左端がサーボモータ角度 0°、右端が 180° に対応する。猫がじゃれて猫じゃらしデバイスを捕まえたりくわえようと、内蔵された piezofilm がこの衝撃を感知し、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、人の手の甲にひっかかれた痛みが再現される。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。

*8 MacBook. OS は Mac OS X 10.10.1.

*9 ARDUINOUNO, R2

*10 ミネベア, PPN13KB10C

*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

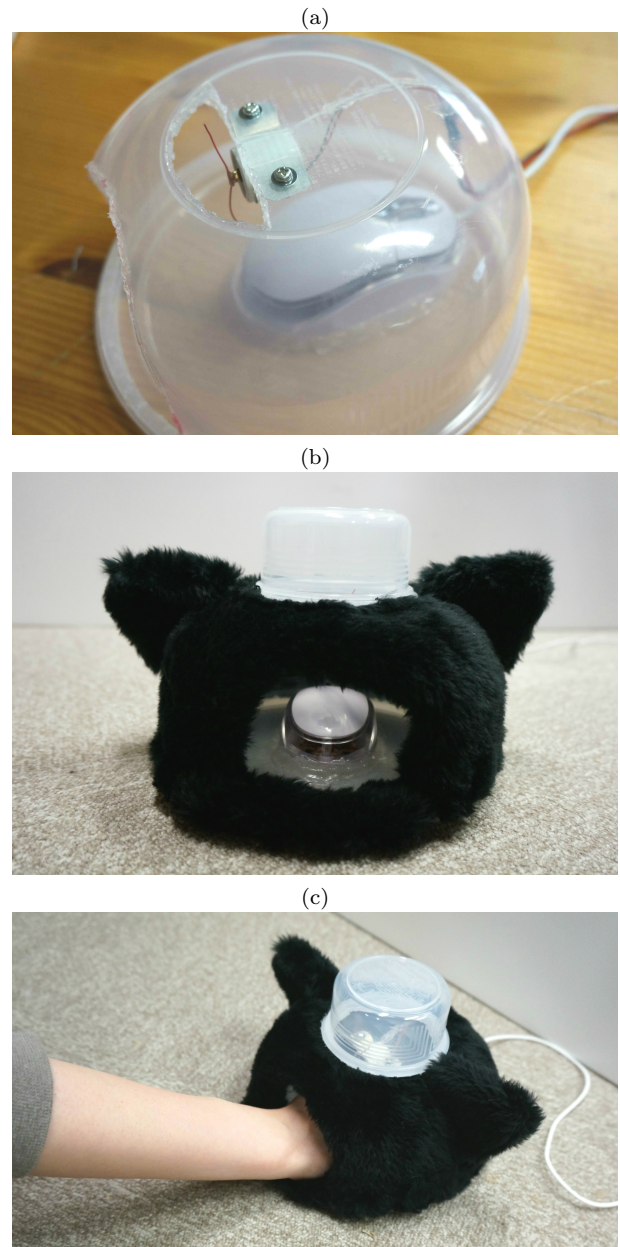


図 5 痛み伝達デバイス. (a) 内部. (b) 概観. (c) 実際に使用している様子.

Fig. 5 Pain transmission device. (a) Inner part (b) outside and (c) usage.

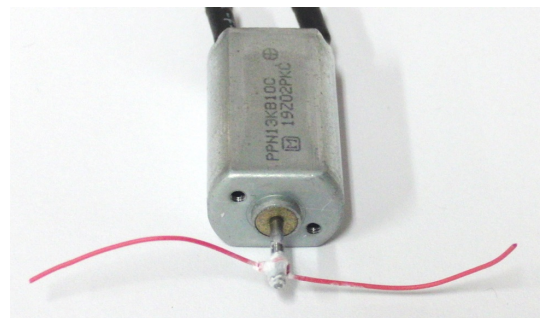


図 6 痛み発生モータ.

Fig. 6 Pain generation motor.



図 7 実際に「いたねこ」システムで遊んでいる様子（猫じゃらしデバイスの上にプラスチック製のシートを付けて使用）。

Fig. 7 A cat playing with "ITANEKO" system. (A plastic sheet is added to augment attraction for cats.



図 8 サーボモータと猫じゃらしデバイスの結合部分の改良。

Fig. 8 Improvement of the binding portion of the servo motor and cat-toy device.

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 から圧電フィルムで検出した猫のアタック情報を受け取り，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

痛み発生モータとシステム全体について動作実験を行った。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 0.6mm ビニール被覆銅線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，ユーザ自身が PWM 制御モジュールのダイヤ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，各種太さの銅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，また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，安定して引っ掻かれた痛みを再現できたのは 0.6mm のビニール被覆の銅線^{*12}であった。筆者らが試したところ，猫に引っ掻かれた感触を十分に再現していることを確認した。

筆者の一人が飼っている猫を対象に，本システムの動作実験を行った。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。猫も当初は見慣れない装置に警戒していたようだが，動かすと夢中でじゃれて遊んでいた。この猫は，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。そこで，猫じゃらしデバイスの上にアルミ蒸着プラスチック製シートを取り付けたところ，カシャカシャと音が出る感触に熱中している様子だった（図 7）。現在の実装では，猫のアタック検出のために穂先部分に圧電フィルムセンサを組み込んでいる。この位置をサーボモータとの結合部分に変更することで，いつも使っているなじみの猫じゃらしをセットして遊べるようにできると考えている。また，猫じゃらし穂先が常時露出していると，逃げ場がないため猫にすぐ捕まってしまうこともわかった。そこで，動作範囲の端に覆いを付けて，猫じゃらし穂先が隠れるスペースを作り，人にとっての安全地帯を設定した。すると，見え隠れする動きが加わったことで猫の本能を刺激したのか，猫がより飽きることなく遊んでくれるようになった。今後は，猫じゃらし棒の長さ方向に動く機構を実装して，穂先を上部板の下に引き込めるようにし，人のマウス前後操作により猫じゃらしが猫の視界から消失する機能を加えたい。また，遊んでいるうちに猫が夢中になりすぎ，サーボモータから猫じゃらしデバイスが外れてしまったことがあった。そこでサーボモータと猫じゃらしデバイスの結合部分にシリコンチューブを挟むことでクッションとし，衝撃を吸収するよう工夫した（図 8）。

*12 耐熱電子ワイヤ極細，協和電線産業株式会社製

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引っ掻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。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。今後は、複数の被験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。また、今回は猫1匹に対する実験を行ったが、様々な猫に対しての実験も行いたい。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、個人に飼育されている猫だけにとどまらず、猫カフェなどでの利用も視野に入れて研究を進めたい。

参考文献

- [1] Ladha, C., Hammerla, N., Hughes, E., Olivier, P. and Ploetz, T.: Dog's Life: Wearable Activity Recognition for Dogs, *Proceedings of the 2013 ACM International Joint Conference on Pervasive and Ubiquitous Computing, UbiComp '13*, New York, NY, USA, ACM, pp. 415–418 (online), DOI: 10.1145/2493432.2493519 (2013).
- [2] Robinson, C. L., Mancini, C., van der Linden, J., Guest, C. and Harris, R.: Canine-centered Interface Design: Supporting the Work of Diabetes Alert Dogs, *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems, CHI '14*, New York, NY, USA, ACM, pp. 3757–3766 (online), DOI: 10.1145/2556288.2557396 (2014).
- [3] Yonezawa, K., Miyaki, T. and Rekimoto, J.: Cat@Log: Sensing Device Attachable to Pet Cats for Supporting Human-pet Interaction, *Proceedings of the International Conference on Advances in Computer Entertainment Technology, ACE '09*, New York, NY, USA, ACM, pp. 149–156 (online), DOI: 10.1145/1690388.1690414 (2009).
- [4] Golbeck, J. and Neustaedter, C.: Pet Video Chat: Monitoring and Interacting with Dogs over Distance, *CHI '12 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems, CHI EA '12*, New York, NY, USA, ACM, pp. 211–220 (online), DOI: 10.1145/2212776.2212799 (2012).
- [5] 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 (2015).
- [6] Teh, K. S., Lee, S. P. and Cheok, A. D.: Poultry.Internet: A Remote Human-pet Interaction System, *CHI '06 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems, CHI EA '06*, New York, NY, USA, ACM, pp. 251–254 (online), DOI: 10.1145/1125451.1125505 (2006).