

Cat@Log: Human Pet Interaction のための猫ウェアラブルセンシング

Cat@Log: Cat-Wearable sensing for supporting Human Pet Interaction

米澤 香子 味八木 崇 曜本 純一*

Summary. 人とコンピュータ、あるいは人と人のインタラクション分野の目覚ましい発展にも関わらず、ペットのためのインタラクションの研究は殆ど行われていない。著者らは Human Pet Interaction という新しい分野を提案し、猫ウェアラブルセンシングデバイスを用いたプラットフォーム、Cat@Log を構築した。このデバイスはカメラ、加速度センサ、GPS、Bluetooth を含み、ペットが快適に装着する事ができる用形状や重量の設計をされている。デバイスによって取得されたデータから猫のその日のイベントを抽出し、一部は無線通信によってリアルタイムに送信される。猫のイベントはブログや twitter に自動投稿され、猫と離れていても様子を知る事ができる。人の使うアプリケーションを猫も使う事で猫への理解が増し、コミュニケーションの円滑化に繋がる。

1 はじめに

1.1 Human Pet Interaction

ペットは古来より家族として、パートナーとして、仲間として、人の暮らしに密接に関わってきた。人にとってペットは大切な存在であり、ペットの気持ちを理解したいという飼い主はとても多い。しかし、人とペットの間には共通言語は存在しないため、ペットとのコミュニケーションを取る事は非常に困難である。情報社会の発達に伴い人と人との関係向上のためのシステムは数多く研究されてきたが、ペットと人の関係を向上する研究はほとんど行われていないのが現状である。人とペットでは言葉でのコミュニケーションができないため、相手が何を考えているのか理解することは人の場合より困難である。そのためむしろ人とペットのコミュニケーション支援こそが重要であると、著者らは考える。

Pet Interaction のためのデザインスペースを図1に示す。ペット用の電動玩具や自動給餌機など Pet-Computer Interaction を豊かにする製品はいくつも市場に出ている。RFID の付いた首輪で鍵が開く猫専用扉も存在する [2]。また、猫が外の写真を撮る Cat Cam[1] というシステムも存在する。また、ZooGraph[8] や SNIF TAG[3] で加速度センサを用いたペットのモニタリングは行っているが、ペットとの関係をより親密にするようトータルデザインされたものではない。一方、ペット同士のコミュニケーションを豊かにする、というのも一つの考え方である。ペット同士の交流が人間にも分かるようになれば、より深くペットを理解する事ができる。これを実

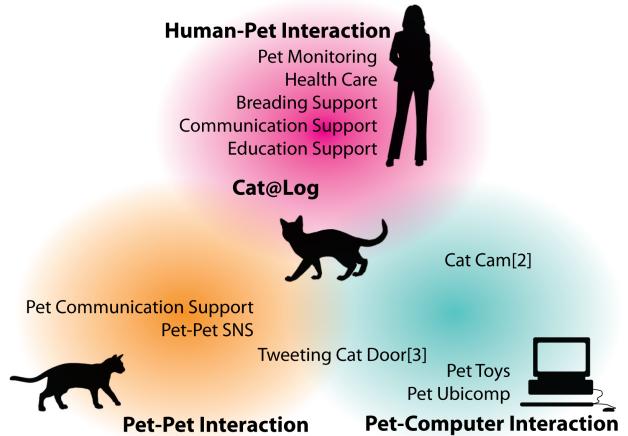


図 1. Pet Interaction のための Design Space

現しているシステムはまだ存在しない。本論文で注目するのは人とペットのコミュニケーション支援をコンピュータによって行う Human-Pet Interaction である。人が外出してペットと離れている際にも、あるいはペットが外出している際にも、ペットの行動を知る事ができる。また、その通知方法を人間が普段コミュニケーションに使っているシステムを応用する事で、よりシンパシーを感じる事ができる。具体的な手法について、次節で説明する。

1.2 Cat@Log プロジェクト

著者らは猫を研究の対象として選択したが、これは次の理由に基づく。まず、猫は最も世界で飼育されている愛玩動物である。また、Driscoll[7] によると、猫は他の家畜と違って肉、乳、毛皮など何も副産物を生成することのないにも関わらず、ペットとして広まった。猫の容貌は人の母性本能をくすぐると言われており、純粹に愛玩するための動物として飼

Copyright is held by the author(s).

* Kyoko Yonezawa, 東京大学大学院学際情報学府, Takashi Miyaki, 東京大学大学院情報学環, Jun Rekimoto, 東京大学大学院情報学環, ソニー・コンピュータサイエンス研究所

育が始まった。また、猫は犬など他のペットに比べて感情が分かりにくいと言われている。犬は群れで暮らし社会性を持つため人を主人と仰ぐことが出来る。しかし、猫は単体行動する者がほとんどであり、人に媚びたりはしない。この為、猫が何を考えているのかわからないと主張する人が多い。これらの理由から、著者らは猫を対象とした一連のシステムを開発することにした。



図 2. Cat@Log デバイスを装着した猫

Human Pet Interaction のプラットフォームとして、著者らは猫ウェアラブルデバイスと一連のソフトウェアを開発した。デバイスはマルチセンサ（カメラ、加速度センサ、GPS 等）と、データ保存ユニットを搭載している。また、リアルタイムで猫の情報を取得する為の無線通信機能も搭載している。デバイスから取得した生データをイベント抽出ソフトウェアを通し、その日の目立った活動や、今何をしているか、などを抽出する。これらのイベント情報からtwitter やブログが生成され、あたかも人間の友達のような自然なインターフェースで猫の一日の様子を知る事ができる。

2 ハードウェア

2.1 猫ウェアラブル設計

猫は喋ることが出来ないため、装着されたデバイスが負担となつてもそう主張することが出来ない。よつて、人用のウェアラブルデバイスを開発する時よりもより注意深く設計する必要がある。構想段階で著者らは図 3 で記されているような装着方法について検討した。

図 3(a) に記されているハーネス型の装着方法では、デバイスの重さが分散されるという利点が有る。

日常的にハーネスを装着して散歩に出かける犬も多い。しかし、猫はグルーミングを行うためこのような装着方法ではデバイスがストレスを与えてしまうだろう。更に、デバイスが背中側に装着される為猫目線の映像データを取得することが出来ない。

本物に忠実な映像データを取得することを考えるなら、ヘッドマウンテッド型のデバイスが最適である（図 3(b)）。また、猫の上部にデバイスを装着することで GPS 衛星からの信号を受信する際にも都合が良い。もし対象が人間ならば、多少の不自由も我慢してもらひこのようなデバイスを装着しての実験も可能だが、猫の場合我慢することが出来ないので、頭を振り回してデバイスを外そうとしてしまうことは容易に想像できるだろう。

首輪型のデバイス（図 3(c)）が最も猫にセンサを付けるのに最も適している。普段から首輪をする猫は多いし、首の下にカメラを設置することで猫目線に限りなく近いデータを取得することが出来る。また、GPSなどのアンテナを首の後ろに設置することにより電波の取得を容易にしている（図 4）。

更に理想的なのは、図 3(d) のように、首輪と一体となっている形である。これならば猫が激しい運動をした際にもセンサの値に大きな影響を及ぼすことなくデータを収集する事ができる。しかし、今回はまだ基礎実験が多いため、ハードウェアの外形を作り込むよりもアクセスの良い (c) の首輪型を採用した。

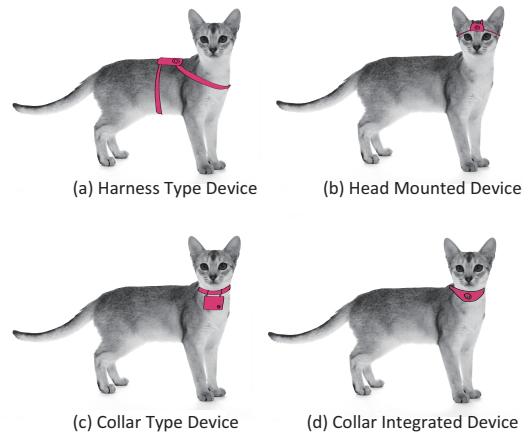


図 3. 猫ウェアラブル設計

2.2 センサ選択

動物倫理上の観点から、動物にデバイスを装着する場合、デバイスの重量は体重の 4-5% に抑えねばならないと言う [11]。猫の平均体重は種類によって様々だが、一般的に 2-7kg である。今回対象とした猫の体重は 3.6kg だが、様々な猫に対応する為、デバイスの重量を 60g 以内に制限することにした。これ

Cat@Log: Cat-Wearable sensing for supporting Human Pet Interaction

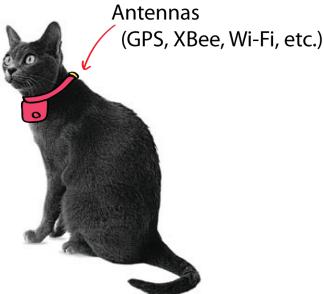


図 4. 首輪型デバイスの後部のアンテナ

は、2kg の猫の 3%にあたり、猫にあまりストレスを与える難いと考えられる。

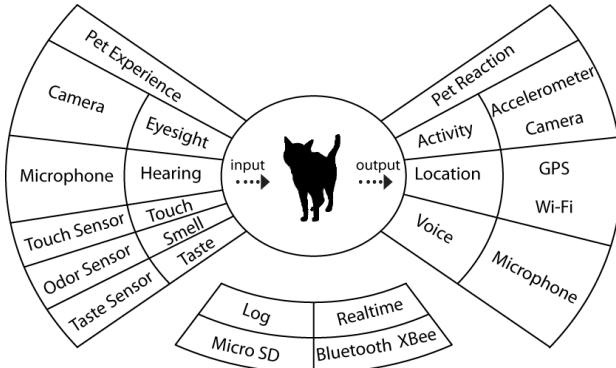


図 5. ペットの入出力. (左側に環境情報 (input) が、右側に行動 (output) が記されている。)

この厳しい重量制限を達成する為には、デバイスに搭載するセンサを注意深く選ばねばならない。収集するデータの種類は図 5 に示すように、猫が収集する環境情報と、猫の行動のログとに分けることが出来る。猫が収集する環境情報の中で最も依存度が高いのが視覚である。猫の目と同じ情報を収集する為にはカメラが欠かせない。また、聴覚も猫にとって重要である。過去の研究でマイクを搭載したデバイスも作成したが、人間と猫の可聴領域は異なる為、猫の聴覚の代替となっているかは疑問である。重量制限等を考慮して今回は搭載を見合わせることにする。

猫の示すアウトプットを記録するには、加速度センサが有用である。加速度情報を解析することで、猫の行動を知ることが出来る。また、位置情報を取得することも重要である。Wi-Fi を用いた位置情報取得といった選択肢もあるが、GPS の方が軽く小さいため、GPS モジュールを搭載することにした。

リアルタイムで猫の情報を知る為には、無線通信が必須である。今回は 100m 離れたところでの通信も可能である Class 1 の Bluetooth モジュールを用いることにした。Bluetooth は近年広く普及しており、Bluetooth モジュール付きの PC が多いという

利点もある。他にも候補として XBee モジュールが挙ったが、消費電力が大きいことと、受信側の PC にも XBee モジュールを挿す必要があるため見送った。同時に、取得したデータを micro SD card に保存する。図 6 が今回作成したデバイスである。

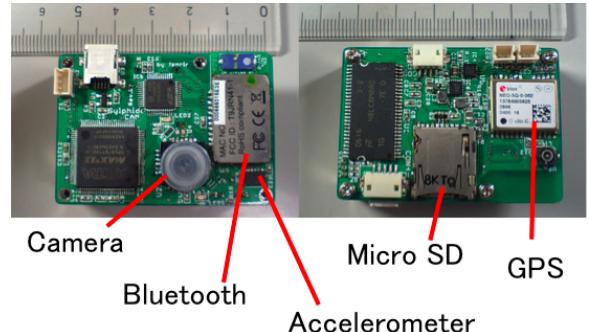


図 6. Cat@Log デバイス

3 イベント抽出ソフトウェア

3.1 猫の視覚情報からの抽出: 振れ補正と猫顔検出

図 7 にデバイスで取得した動画が示す。過去の実験で、猫が動く事による振れが非常に大きく画像が見づらくなるという問題があった。ネコ科の動物は、頭を上下させず（視線を振らさず）移動する事ができると言われている。より猫視点に近い動画を得るために、振れ補正を適用している。今回は、手振れの域を超えた激しい振動も補正することができる高橋 [10] のアルゴリズムを利用した（図 8）。

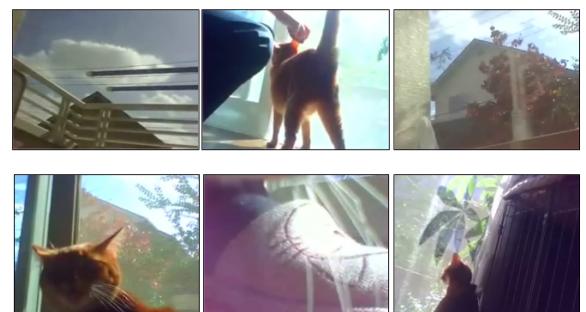


図 7. Cat@Log デバイスで取得した動画

一方、猫顔検出システムを利用して取得動画を解析すれば、自動的に他の猫と遭遇している場面を抽出することができる。本システムは OpenCV でサポートされている Haar-like 特徴を用いた高速物体検知アルゴリズムを利用しているが、既存の顔検出データベースでは猫の顔を検出する事ができない（図 9(左)）、そこで、今回猫顔検出用のデータベースを新



図 8. 手振れ補正を適応した様子

たに作成し、本システムに適用した。図9(右)に示すのが、映像データから猫の顔のみを検出している様子である。本システムはテンプレートマッチングではなく、複数の弱検出器の多数決から猫か否かの判定を下している。そのため、データベースに含まれている猫だけでなく、初めて出会う猫でも猫だと検出する事ができる。



図 9. 一般的な人顔検出（左）と、猫顔検出（右）

3.2 猫の運動データからの抽出: Activity Recognition

加速度センサによる日々の記録から、猫の行動を推定する。加速度情報による人の行動解析はその有用性が示されて来たが[6, 5]、人と猫は行動のスピードや細かさが大きく違い、それをそのまま猫に適用する事はできない。計算の窓やシフト量等を猫に最適化し、行動解析を行った。寝る、立つ、歩く、走る、ブラシしてもらう、食べる、階段上る、階段下りる、飛び上がる、飛び下がる、搔く、の11の動作を認識する事ができる。

3軸加速度センサから得られたx軸、y軸、z軸のデータに関して時間軸方向に移動する時間窓を適用し、各加速度の平均、分散、相関、フーリエ変換によるDC成分、AC成分を計算しこれを運動動作特徴ベクトルとした。窓のサイズは64サンプル分で、サンプリング周波数が50Hzであるため1.28秒に相当する。これを20%ずつオーバーラップしながら運動動作特徴ベクトルを生成した。既存の人間行動分類では窓サイズが6.7秒、オーバーラップが50%と大きな値だが、猫は人間より俊敏に動くために窓サイズを小さくする必要があった。

上記の課程で生成された運動動作特徴ベクトルは、C4.5 決定木によって11の動作に分類される。

C4.5とは、情報エントロピーの概念を用いて教師データのセットから決定木を生成するアルゴリズムであり、その精度の良さは Aminian[4] や Bao[5] らによつて示されている。C4.5 決定木は Weka Machine Learning Algorithms Toolkit[9] によって生成した。

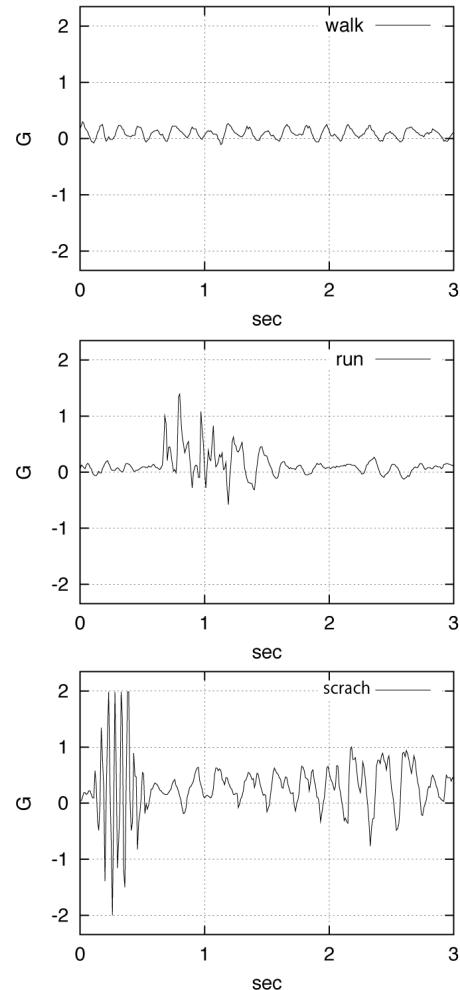


図 10. 歩く、走る、搔く、の3種類の加速度データ

3.3 猫の位置情報からの抽出: 繩張りと現在地の取得

GPSを利用して猫の位置情報のログを取り、繩張りを推測する。また、現在地をBluetooth通信によりリアルタイムに取得する。猫の繩張りを知っている飼い主は殆ど居らず、猫をより深く知る為には欠かせない。

4 インターフェース

4.1 twitter 自動投稿モジュール

twitterとは、ここのユーザーが今何をしているか、「つぶやき」を投稿し合うことでつながるコミ

ユニークーション・サービスである。猫が一ユーザーとしてtwitterに参加している(図11)。首輪型デバイスで収集された加速度データはBluetoothモジュールによりリアルタイムでPCに送信され、行動認識で11の行動に分類される。この情報をtwitterでつぶやくことで猫と離れていても猫が何をしているか知る事ができる。

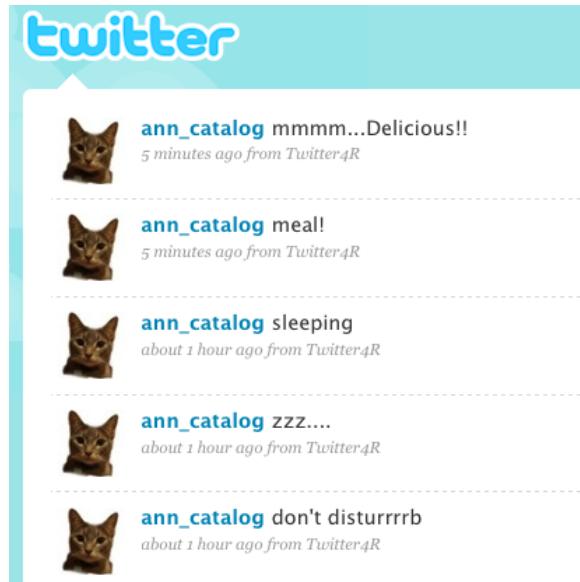


図 11. Twitter でつぶやく猫

4.2 Blog Module

猫が生活の様子をブログに自動で投稿する(図12)。猫の行動解析から今日何をしたか、という記事を自動生成する。ビジュアライゼーションも工夫をし、猫の拙い日本語を表現する為に特殊なフォントを用い、あたかも猫自身が執筆しているようなアウトプットとした。

また、2つのブログパートも実装した。図13は、猫の位置情報からなわばりの推定と現在位置の取得を行っている。図14は、猫の運動量の推移である。猫の過去のデータとの相対的な運動量(単位時間)を表示している。

5 考察

ブログは様々な人が閲覧可能なので、プライバシーの問題が発生する。特に位置情報はクリティカルで、飼い主の家が特定できてしまうという問題があった。そこで、その解決策として実装されたのが、静的な地図を生成する手法である。本なわばりマップはGoogle Map APIを利用しているが、プライバシーのため静的な地図を生成する。静的とは、普通のGoogle Mapのように地名入りの地図に切り替えたりズームや移動の出来ない一枚絵の地図のことを言



図 13. 猫なわばりマップ/現在位置表示

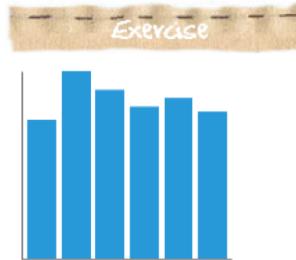


図 14. 猫運動量推移

う。静的な航空写真の地図にすることでその猫を直接的に知っている人(飼い主や特に親しい近所の人)には猫のなわばりがわかるが、赤の他人には猫のいる場所のおおよその雰囲気(公園か住宅街か、など)しか伝わらないため、非常に有効である。

今後は、さまざまな猫の病気と初期症状を調べ、病気の早期発見に繋がるような行動解析も行う。より猫にメリットがあるようなシステムを目指す。更に将来的には、Pet-Pet Interactionというさらに上位の概念での設計も考えている。具体的には、無線通信を使ったデバイス同士、つまり猫同士の通信である。Nintendo DSのすれ違い通信のような機能を設ける事で猫同士の交流、猫の飼い主同士の新しい交流も実現したい。

6 おわりに

本論文ではHuman Pet Interactionという新しい分野の提案を行い、猫へのウェアラブルデバイス適用手法について議論した。また、人の行動解析の窓幅などを猫に最適化し、猫でもログを取り事ができるようになった。更に猫顔認識データベースの作成や、ブログにおけるビジュアライゼーションの工夫も行い、プラットフォームの構築を行った。

本システムを使用することで、猫が人間と同じイ



図 12. blog に投稿される猫の日記

ンターフェースを利用ることができ、猫への理解がより深まったとの意見が多数出た。猫のtwitterやブログを見た飼い主が、猫が発信した情報に対してフィードバックを行えば猫の幸せにもつながる。例えば、その日の運動量を見て家で遊ぶ量を調整したり、外で食べてきた食事量を見て家のごはんの量を調整すれば猫の肥満防止にもなる。更にブログ読者の近所の人、及び世界中の人がその猫に対する理解を深め、愛情が深まると期待できる。

謝辞

本研究はIPA2008年度下期末踏IT人材発掘・育成事業の支援のもと行われた。また、ハードウェア作成に多大な助言をして下さった成岡優氏に感謝の意を申し上げる。

参考文献

- [1] Cat Cam. <http://www.mr-lee-catcam.de/>.
- [2] Gus and Penny's Tweeting Cat Door. <http://TweetingCatDoor.com/>.
- [3] SNIF TAG. <http://www.sniftag.com/>.
- [4] K. A. Physical activity monitoring based on accelerometry: validation and comparison with video observation. *Medical and Biological Engineering and Computing*, 37:304–308, 1999.
- [5] L. Bao and S. S. Intille. Activity Recognition from User-Annotated Acceleration Data. *Pervasive 2004*, Vol. 3001/2004:1–17, April 2004.
- [6] B. P. Clarkson. *Life Patterns: structure from wearable sensors*. PhD thesis, Massachusetts Institute of Technology, 2002.
- [7] C. A. Driscoll, J. Clutton-Brock, A. C. Kitchener, and S. J. O'Brien. The Evolution of House Cats. *Scientific American*, 2009.
- [8] N. Namatame, M. Iwai, S. Aoki, S. Yamazaki, and H. Tokuda. ZooGraph: An Animal Context Extracting System using Simple and Single Sensor. In *Workshop of 5th International Conference of Pervasive 2007*, 2007.
- [9] I. Witten and E. Frank. *Data Mining: Practical Machine Learning Tools and Techniques with Java Implementations*. Morgan Kaufmann, 1999.
- [10] 高橋賢治, 藤澤誠, 三浦憲二郎. GPU を用いたビデオ映像のリアルタイム安定化. Visual Computing グラフィクスと CAD 合同シンポジウム 2008, 2008.
- [11] 高崎俊之, 板生清. PHS を用いた野生動物の位置探索. Proc. of 情報処理学会研究報告(モバイルコンピューティングとワイヤレス通信), pp. 43–48, 2000.