

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成25年3月31日現在

機関番号：32692

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2010～2012

課題番号：22500180

研究課題名（和文） 人間との接触情報を基にした感情推定ペット型ロボットの開発

研究課題名（英文） A study on Therapy Robot to estimate human emotion based on touching motion

研究代表者

大山 恭弘（OHYAMA YASUHIRO）

東京工科大学・コンピュータサイエンス学部・教授

研究者番号：00233289

研究成果の概要（和文）：本研究は、人とペット型ロボットとの接触情報に基づき人の感情推定を行うことを目的とする。開発されたペット型ロボットに装着したセンサにより、人の接触状態を多次元の時系列データとして取得でき、パーセプトロンおよび自己組織化マップの手法により、触行動および感情を推定するアルゴリズムを開発した。人の接触実験の結果より、叩く、押す、撫でる、震えているなどの接触情報の区別と、これら相互の遷移状態から人の感情を推定する手段を見出すことができた。

研究成果の概要（英文）：This research aims to estimate emotion through the motion of the human that touches a pet type robot. A touch sensor combined with several bending sensors and capacitance sensors is implemented on the robot to measure the touching motion of the hands. By using the developed emotion estimating technique using Self-Organization Map or perceptron learning algorithm, human touching motion such as hitting, pushing, caressing and trembling, is distinguished and presented on a two dimensional map.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	1,400,000	420,000	1,820,000
2011年度	900,000	270,000	1,170,000
2012年度	1,000,000	300,000	1,300,000
年度			
年度			
総計	3,300,000	990,000	4,290,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：情報学、知覚情報処理・知能ロボティクス

キーワード：感覚行動システム

1. 研究開始当初の背景

(1) 人間の感情推定の原理は、人間と外的要因とのインタラクションによって生じる観察可能な反応（表情、行動など）との因果関係を検証し、推定することである。観察する反応として、人間またはコンピュータを用いた音声画像情報計測に基づく反応情報抽出があるが、その抽出はアルゴリズムの影響を

大きく受けるという技術的問題がある。また、感情コントロールの練習をした人間は、表情や四肢の動作を意思とは別の表現にコントロールすることはよくある（異感情表現と称する）。したがって、表情や四肢の動作を単に観測するだけでは感情推定は困難であることが知られている。しかしながら、これらを定量的に考察した研究例は見当たらない。

(2) 研究代表者は、独居老人と地域コミュニティ、子供と学校内コミュニティなどの調査研究[1]を通して、今の時代、人間とコミュニティ（備考1）との良好な関係の必要性をますます痛感している。この良好な関係を維持するには、直接計測できない感情を一部でも推定できれば、良好な関係の崩壊前に何らかの対処が図られ、健全コミュニティ形成に貢献できると考えていた。

ここで、研究代表者の研究[1][2]を通して、ユーザが機器操作用インタフェース操作に没入している際に、無表情で動作は安定しているように見えても、インタフェース操作に感情の一部が操作量として現れるという知見を得ている。このアイデアを基にして、ユーザが没入できるような物理インタフェースであるペット型ロボットを通して得られる計測データ、および、環境から人間行動を計測して、これらを効果的に融合すれば、部分的にでも感情推定の可能性があると考えた。

さらに、研究[1][2]では、機器操作用のインタフェースによる物理的情報の獲得以外に、使い心地の心理測定法（アンケート法、実時間生体情報法、画像抽出法など）、さらに人間の潜在的に持っているスキルを導き出すことが可能である[3]、などの研究成果を得ている。これらを効果的に融合すれば、本研究で目指す人のペット型ロボットへの接触情報から人の感情を推定することができる考えた。

備考1：ここでのコミュニティは、同じ地域・空間に生活して利害を共にし、経済・活動・学習などにおいて深く結びついている社会を意味する。

[1] 松永、大山、他：文部科学省私立大学学術研究高度化推進事業ハイテク・リサーチ・センター整備事業「高齢者快適生活ネットワーク空間創成技術の研究開発」（H15～H19）成果報告書

[2] 横田、橋本、しゃ、大山：身体動作インタフェースを利用した電動車椅子の操作、電気学会論文誌C、vol. 129、No. 10、pp. 1874-1880、2009

[3] H. Kobayashi, Y. Ohyama, et. al., A Study on Compensator to Educe Potential Human Skill, Inter. Conf. on Modelling, Identification and Control (MIC2006), IASTED, 2006

2. 研究の目的

本研究では、既に製作しているペット型ロボットをベースにして、このロボット表面に配置されているマトリクス型圧力センサを改良することで、ユーザの接触情報を多面的な情報として記録するシステムを構築し、この

下で、感情推定法の確立を図る。

まず、接触情報を圧力、方向、幅、時間変化などの多次元情報として扱う。この接触情報から、優しく撫でる、叩く、という分類の方法は研究代表者らの先行研究で知見を得ている。一方、推定する感情は多数候補があり、いわゆる、多対多のマッピング関係が生じる。しかも、その対応付けには重み付けがされるのが自然と考える。このような、重み付けを含んだ感情推定マッピング法の確立を目指す。

ここで、本研究で目指す推定法は、後の応用も考えて、なるべく接触情報だけで感情推定を行いたい、それだけでは困難な場合には行動情報を補完して推定に利用するという立場をとる。この下で、次の二つの場合の考察も検討する。まず、第1の場合は接触情報が同じで対立する感情候補が複数の場合である。接触情報のみでは推定した複数の感情が良悪に関して対立する場合（注意：対立しない場合でも複数の候補は選定される）がある。この場合、行動情報、また必要ならば問診を通して、その接触情報と感情との対応付けを見出す。この結果、接触情報のみで対応付け不可が明らかになれば、そのこと自体は貴重な知見となる。次に、第2の場合は異感情反応の場合である。第1の場合とは逆に、行動情報のみで感情推定ができない場合を洗い出し、接触情報から感情推定が行えるケースを明らかにする。このケースを見出すことができれば、接触情報に基づくアプローチは新たな有用性があることを証明することになる。

3. 研究の方法

(1) 各種心理学の研究を参考にしながら、ペット型ロボットへの触行動の入出力情報である多次元かつ時系列な接触情報と感情表現のそれぞれを物理パラメータとして実現する。その後、これらの入出力情報のマッピング法を検討する。

(2) 接触情報以外のできるだけ多種大量の人間の感情情報に対するアプローチも検討しながら、ペット型ロボットに接触しているユーザ状態を分析する。この結果を踏まえて、合理的な感情の種類を選定して、感情推定システムの構築を図る。最後に、臨床実験を通して感情変化の特徴を捉えるため、長い時系列的な観測を通じた定点における実験を予定している。これと同時に、マッピング状況の直感的理解を得るため、その表示方法を工夫したシステムを開発する。

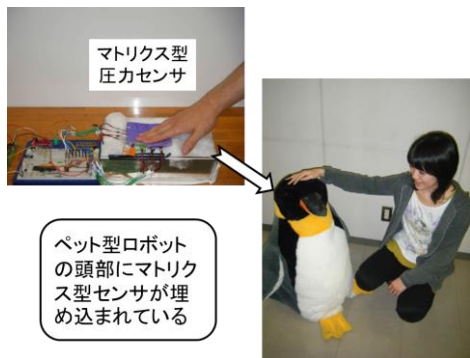


図1 ペット型ロボット

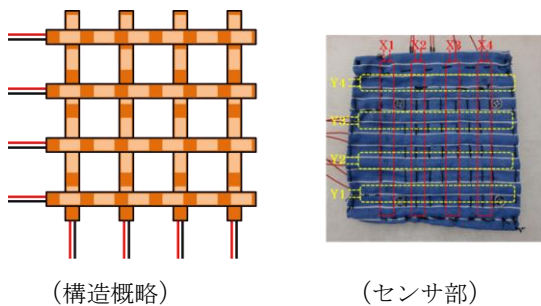


図2 マトリクス型圧力センサ

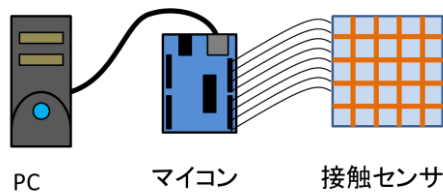


図3 計測・解析システム

4. 研究成果

(1) 環境設定

本研究では、図1に示すようなペット型ロボットに対する触行動から人の感情を推定することとし、そのセンサとしては図2および図3のような曲げセンサを利用したマトリクス型圧力センサを頭部に設置し、そのデータをPCにより収集し解析した。

(2) 複数センサによるアプローチ

開発したシステムを用いて、人の「撫でる」、「叩く」等の接触情報を収集した実験において、パーセプトロンを用いた解析を行ったが、柔らかな接触などでは十分な情報が得られないことが判明した。そこで、さらにマトリクス状に静電容量タッチセンサを組み合わせ(図2に静電容量センサのセンサ部を重ねる)、両センサのデータを複合するとともに、ニューラルネットワークを利用した接触行動を判別するシステムを再構築した(図3)。これまでのセンサでは、基本的な触行動の「押す」、「叩く」、「撫でる」の判別において

撫でる行動は弱い力で行われることが多いため判別できなかったが、静電容量センサの信号を組み合わせることにより判別率を高めることができた。この結果は、冗長性のあるセンサを組み合わせることが有効であることを示唆する一方で、大量の類似データを自動的に処理・判別するアルゴリズムが必要なことも示唆していた。

(3) 感情データ分類法の検討

ペット型ロボットへの触行動の入出力情報としては、人の接触データと人の感情表現という多次元かつ時系列なデータを物理パラメータとして表現しなければならない。このアプローチとして、写真画像を見た人の感情パラメータ推定を検討した。

写真画像を見た人の感情を連続データとして Valiance (快-不快: V)、Arousal (覚醒-眠気: A)、Dominance (支配-被支配: D) の3種類で表わす研究が行われていた[4]。本研究では、この感情データの分類および推定を、自己組織化マップ(SOM)を利用して分類した後ニューラルネットワークの学習により行う方法を検討し、有効性のある方法であることを確認した。まず、感情ベクトル分布はVADを基軸とした3次元空間でみると、雲のように凹凸のある多面体内に分布しているという特徴を持つことに着目し、データを前処理してグループ化を行うアルゴリズムについて検討した(図4)。この結果、SOM手法により、感情のVAD値がグルーピングできることを明らかにした。次に、ニューラルネットワークを利用したアルゴリズムを開発し、画像の数値化データからVAD値を推定できることがわかった(図5)。

この結果は、SOM手法が大量の類似データを分類する手法として利用価値の大きいことを示唆している。また、このSOM手法と人の感情の数値データ化手法が本研究のペット型ロボットへの触行動による感情推定にも利用できることを示している。

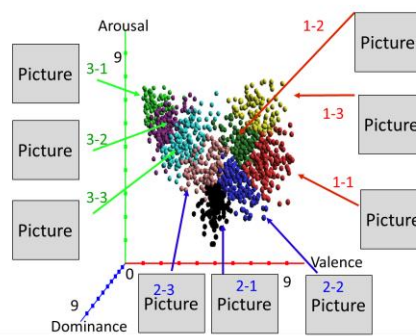


図4 SOMによる感情データ分類

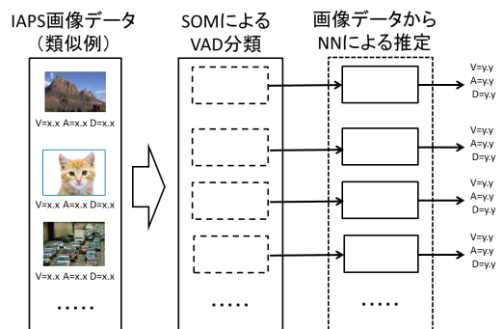


図5 感情データ分類と推定法

[4] Lang P.J., Bradley M.M. & Cuthbert B.N., "International Affective Picture System (IAPS) Technical Manual and Affective Ratings", NIMH Center for the Study of Emotion and Attention, 2008.

(4) 人の触行動の感情推定

これまでの研究成果より、自己組織化マップとは多次元データを低次元(1、2、3次元)へマッピングする手法であり、入力データの類似性が高いデータは近くに配置される特徴を持つことがわかった。この特徴を利用すると、面接触センサの各センサから得られた時系列データを入力データとして用いてSOMによる分類を行うと、同じような触行動は近くに配置され、大きく異なる触行動は離れて配置され、触行動が分類・推定できることになる。(2)で開発したシステムに対して判別する触行動を、「叩く」、「撫でる」、「押す」、「震える(震えている)」の4行動とし、これらの触行動を2次元平面内へマッピングした。本来SOMによって生成されたマップには軸に意味はない。仮に、SOMで分類される結果の軸をValanceとArousalに規定してデータを分類できると、感情を推定するマッピングテーブルが作成できる可能性がある。そこで、その位置を変更せずに他のデータを加えることでマッピングテーブルを作成する手法を開発した(図6、図7、図8)。

さらに、この感情マッピングの検証として、対象の4動作を被験者に40回ずつ行ってもらい、35回を学習データとし、5回をテストデータとして、その動作をオフラインで解析した。SOMの入力データは100次元とし、各サンプル時間の中で最も大きく反応したセンサの値と最も大きく変化したセンサの値を50サンプル分並べることで作成した。入力データの開始は静電容量センサがある閾値を超えた時刻とした。実験結果を図9に示す。この図より領域を4つの象限に分けて分類することができ、重なりはあるものの各領域に学習データが分類されることがわかった。



図6 収集された触行動のセンサデータ

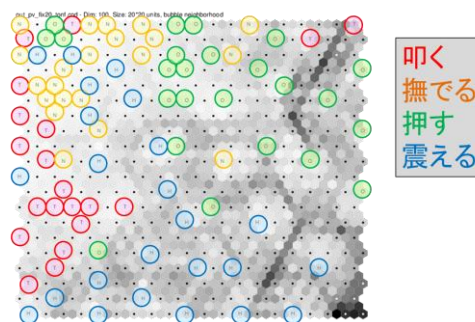


図7 初期値設定なしのSOMマップ
(2次元マップ上への触行動の表現はランダム)

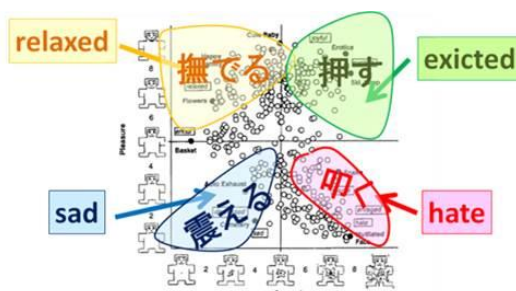


図8 感情データのSOMマップ
(2次元マップ上への触行動の表現が人の感情と相関があるように配置されている)

本研究の結果は、ペット型ロボットに対する人の触行動を、複数種類のセンサから得られたデータをSOM手法を用いることにより判別できること、およびその曖昧性をもつ行動感情を2次元マップ上に表現できることを示している。この成果は、今後の人と共存するペット型ロボットの開発に利用できるものである。

一方、多数の被験者がペット型ロボットに触れた時の人間の主観的感情を数値化し、感情パラメータとこのマップとを対応づけることは、今後の課題として残った。

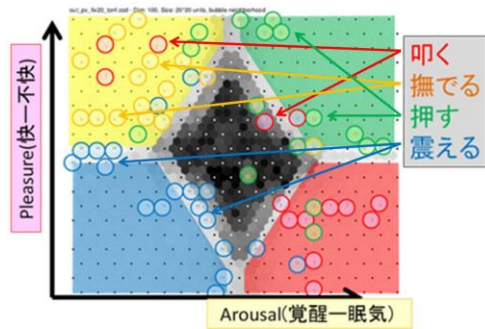


図9 感情マッピングの検証結果

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計4件)

- ① Wasantha Samarathunga, Makino Koji, Hashimoto Hiroshi, Ohyama Yasuhiro, "An Emotion Estimation Modeling Approach using Graphical Parameters of Affective Pictures", International Conference on Modeling, Identification and Control, 査読有, Feb, 2013, Innsbruck, Austria, pp.220-227
- ② Wasantha Samarathunga, Makino Koji, Hashimoto Hiroshi, Ohyama Yasuhiro, "Evaluating Input Graphical Parameters for the training phase of designing an intelligent emotional vector deducing engine, extended version", International Journal of Computer Applications in Engineering Sciences (ISSN 2231-4946) 査読有, volume 2, issue 3, 2012, pp. 221-227.
- ③ Wasantha Samarathunga, Makino Koji, Hashimoto Hiroshi, Ohyama Yasuhiro, "Graphical Parameter Evaluation for Affective Image Classification using Dimensional Affective Groups of International Affective Picture System", International Journal of Computer Applications in Engineering Sciences (IJCAES) (ISSN 2231-4946) 査読有 volume 2, issue 3, 2012, pp. 228-233
- ④ Wasantha Samarathunga, Makino Koji, Hashimoto Hiroshi, Ohyama Yasuhiro, "Evaluating Input Graphical Parameters for the training phase of designing an intelligent emotional vector deducing engine", Proceedings of Annual Conference of SICE, 査読有, 2012 Akita, Japan. pp.2197-2202

[学会発表] (計6件)

- ① 牧野浩二、田所亘、岩崎美菜、余錦華、大山恭弘、橋本洋志、SOMによるセラピーロボットに対する人の触行動の判別方法に関する研究、電気学会次世代産業技術と高品質支援技術の研究会、2013. 3. 1、東京都、IIS-13-004
- ② 牧野浩二、田所亘、岩崎美菜、余錦華、大山 恭弘、複数センサを用いたセラピーロボットに対する人の触行動の判別方法、第13回システムインテグレーション部門講演会、2012. 12. 19、福岡県、pp. 1884-1885
- ③ 牧野 浩二、余 錦華、大山 恭弘、パーセプトロンを用いたセラピーロボットに対する人の触行動の判別方法に関する研究 振動を利用した環境認識に関する研究、第12回システムインテグレーション部門講演会、2011. 12. 23、京都府、pp. 876-877
- ④ サマラトユンガワサンタ、牧野浩二、橋本洋志、大山恭弘、国際感情写真システムの画像パラメータから感情ベクトルを推理するための知的エンジンの構築、第12回システムインテグレーション部門講演会、2011. 12. 13、京都府、pp. 849-852
- ⑤ 牧野浩二、岩崎桂太郎、伊藤哲也、竹内裕紀、余錦華、大山恭弘、異なる簡易センサの組み合わせによる人の接触動作の判別、平成23年電気学会産業応用部門大会、2011. 9. 8、沖縄県、II-pp. 251-254
- ⑥ 牧野浩二、今仁順也、青木聡一郎、余錦華、大山恭弘、振動を利用した環境認識に関する研究、第11回システムインテグレーション部門講演会、2010. 12. 23、仙台市、pp. 659-660

6. 研究組織

(1) 研究代表者

大山 恭弘 (OHYAMA YASUHIRO)
東京工科大学・コンピュータサイエンス学部・教授
研究者番号：00233289

(3) 連携研究者

牧野 浩二 (MAKINO KOUJI)
東京工科大学・コンピュータサイエンス学部・助教
研究者番号：60560159