

ショートノート

ロボットの混合感情表出のための表情制御手法†

加納 政芳*1・後藤 みの理*2・加藤 昇平*3

中村 剛士*3・伊藤 英則*3

感性会話型ロボット Ifbot は、自らの感情と話者の感情を考慮に入れて会話するロボットである。Ifbot は、自らの感情を表現するために数十種類の表情を持ち、これらの表情を表出しながら会話する。本稿では、Ifbot の生理的な現象による表情変化(生理系)と筋肉による表情変化(筋肉系)に着目する。まず、Ifbot の表情表出機構の各部位を生理系と筋肉系に分類する。つぎに、恒等写像学習を用いて、生理・筋肉各系における表情の特徴を感情空間に抽出する。そして、得られた2つの感情空間を利用して2つの感情を混合した表情を生成する。

キーワード：感性ロボット、エンタテインメントロボット、感情空間、恒等写像学習、混合感情表出

1. はじめに

近年、家庭で人と共生するロボット(家庭用ロボット、エンタテインメントロボット)の開発が盛んであり、さまざまなロボットが開発されている¹⁻⁵⁾。家庭用ロボットは人間の生活環境に適応する必要があり、また人とコミュニケーションするためのインタフェースを備えているべきである。コミュニケーションは感情や情動・思考の伝達と考えられる。すなわち、お互いの心理的なインタラクションにより会話が成立する。ロボットと人とのコミュニケーションの間に心理的インタラクションを持たせるためには、ロボット内部に感情を取り扱うメカニズムが必要となる。我々は、感性会話型ロボット Ifbot を開発している⁶⁻¹¹⁾。Ifbot は、話し相手の感情を認識する。そして Ifbot は、それを考慮に入れて、しぐさ、表情などで自らの感情を表現しつつ、感情を込めた受け答えをする。Ifbot が感情を表出する際にもっとも重要な役割を果たすのが、表情である。我々は、これまでに、Ifbot の感情と表情とをマッ

ピングさせるために、Ifbot の表情特性から感情空間を構築し、それを用いて感情的な表情表出を実現していた^{6),7)}。この手法は、単一感情を表現する表情を作り出すことはできるが、感情の強さをうまく取り扱えなかったり、複数の感情を同時に表出できないという問題点があった。本稿では、2種類の感情を混合した表情を表出するための手法について検討する。

ここで、人の表情表出を見てみる。人は、恥ずかしいときに顔を赤らめたり、悲しいときに涙を流したりする。これらの生理的な現象による顔の変化は、筋肉による表情変化と同様に、相手の心理に影響を与え、会話に変化をもたらす。そこで本稿では、生理的な現象による表情変化(生理系)と筋肉による表情変化(筋肉系)に着目する。まず、Ifbot の表情表出機構の各部位を生理系と筋肉系に分類する。つぎに、恒等写像学習を用いて、感情を表現する表情の系ごとの特徴を感情空間に抽出する。そして、得られた感情空間を利用して2つの感情を混合した表情(混合感情表情)を生成する。

2. Ifbot

図1に Ifbot の概観を示す。Ifbot は、身長45cm 重さ7kg であり、2つの腕を有し、車輪により移動する。図2に Ifbot の表情表出機構の概要を示す。Ifbot は表情表出のために、10のモータおよび計104のLEDを持つ。モータは、首を2軸(同図 θ_{N1} , θ_{N2})、左右の目を2軸(同図 $\theta_{E1}^{(L)}$, $\theta_{E2}^{(L)}$, $\theta_{E1}^{(R)}$, $\theta_{E2}^{(R)}$)、左右のまぶたを2軸(同図 $\theta_{L1}^{(L)}$, $\theta_{L2}^{(L)}$, $\theta_{L1}^{(R)}$, $\theta_{L2}^{(R)}$)の方向へ動作させる。

LEDは頭部、口部、目部、頬部、涙部および耳部の

† A Facial Control Method for Mixed Emotional Expressions of Robots

*1 中京大学生命システム工学部
School of Life System Science and Technology, Chukyo University
Masayoshi Kanoh
*2 名古屋工業大学工学部知能情報システム学科
Department of Intelligence and Computer Science, Nagoya Institute of Technology
Minori Gotoh
*3 名古屋工業大学大学院工学研究科
Graduate School of Engineering, Nagoya Institute of Technology
Shohei Kato, Tsuyoshi Nakamura and Hidenori Itoh

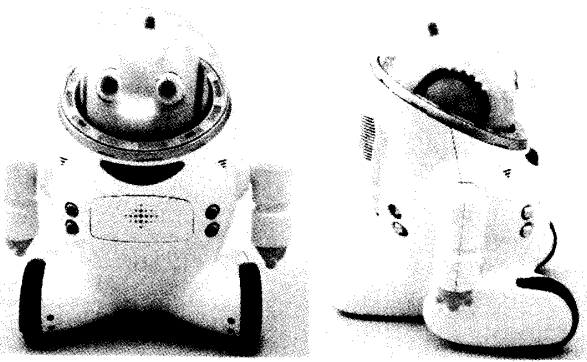


図1 Ifbotの概観

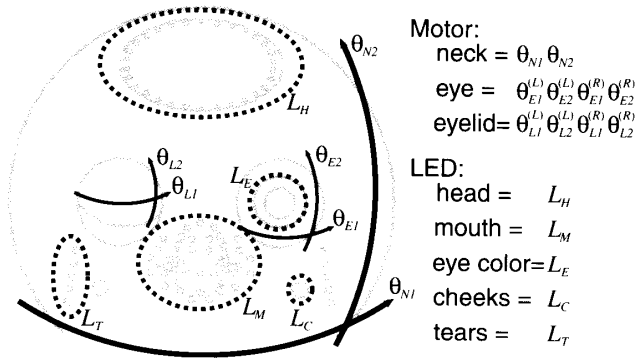


図2 Ifbotの表情表出機構

各部位に配置される。各部位のLEDが、いくつかのパターンで発色することで感情を表現する。LEDは各部位において、頭部3色(橙 $L_{H,O}$, 緑 $L_{H,G}$, 赤 $L_{H,R}$), 口部1色(橙 L_M), 目部3色(緑 $L_{E,G}$, 赤 $L_{E,R}$, 青 L_T), 頬部1色(赤 L_C), 涙部1色(青 L_T), 耳部1色(橙)を発色する^{*}。また、頭部ではLEDの点灯消灯の他に、LEDの発色パターンとして回転パターン $L_{H,R}$ を有する。口部は、人の口の形状を抽象化した形状を表現する。図3にその例を示す。これらの機構により、Ifbotは表情豊かなコミュニケーションを行うことができる。

3. 表情表出機構の系分類

Ifbotは、顔の各部位に配置されたモータやLEDによって表情豊かな演出をする。ここで、モータは、人間の筋肉に相当し、目や首などを動かす。LEDは、人間の悲しいと涙を流す、照れると頬を赤めるといった生理的な現象を表現する。ただし、口部のLEDは口の形状を表現するため、人の筋肉に相当する。そこで本稿では、Ifbotの表情を作り出す機構を筋肉系と生理系とに分けるために、以下の分類を考える。

定義3.1 Ifbotの表情表出における筋肉系 S_M をモ-

^{*} 本稿での混合感情表出では耳部を使用しないので、記号表記しない。

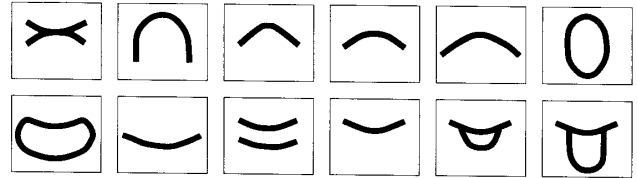


図3 口形状の例

タおよび口部のLEDとする。

$$S_M = (\theta_{N1}, \theta_{N2}, \theta_{E1}^{(L)}, \theta_{E1}^{(R)}, \theta_{E2}^{(L)}, \theta_{E2}^{(R)}, \theta_{L1}^{(L)}, \theta_{L1}^{(R)}, \theta_{L2}^{(L)}, \theta_{L2}^{(R)}, L_M) \quad (1)$$

定義3.2 Ifbotの表情表出における生理系 S_P を、涙、頬、目、頭各部のLEDとする。

$$S_P = (L_T, L_C, L_{E,G}, L_{E,R}, L_{E,B}, L_{H,O}, L_{H,G}, L_{H,R}, L_{H,Rt}) \quad (2)$$

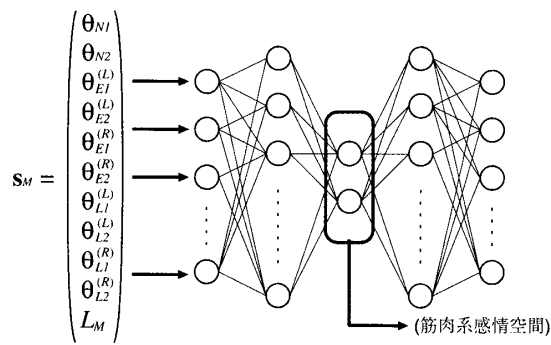
本稿では、これら2つの系から表情の特徴を独立に抽出する。表情特徴を抽出する際に感情を考慮することで、表情特徴を感情空間にマッピングする。そして、感情空間を用いて2つの混合感情表情を生成することを試みる。

4. 感情空間の構築

本稿では、Ifbotの表情特徴と感情空間とをマッピングするために恒等写像学習¹²⁾を使用する。恒等写像学習は、これまでも表情の分析や合成に用いられている^{13,14)}。

恒等写像学習のネットワークは、5層で構成される。第3層のユニット数は、入出力ユニット数より少ない構造を持つ。学習は入力データを教師信号として与えることにより行われる。学習によって、第3層には入力データの特徴づける情報が抽出される。第3層に抽出される特徴空間を感情空間として利用する。特徴空間と感情との対応付けは、アンケートによって主観的に行う。感情空間の構築は、以下の条件で行った。

表情特徴を感情空間へマッピングするために、筋肉系用の恒等写像ネットワーク図4(a)と生理系用の恒等写像ネットワーク同図(b)を考える。2つの系それぞれにネットワークを準備することで、特徴抽出が独立で行われる。筋肉系の学習ネットワークのユニット数を11, 33, 2, 33, 11, 生理系のユニット数を4, 12, 2, 12, 4とし、2次元平面上に表情特徴を抽出する。学習の入力データおよび教師データには、怒り、驚き、悲しみ、喜びの4つの表情データを使用した。これらの感情の分類は、Ifbotの表情からどのような感情を表出している印象を受けるかをアンケートにより調べた結果に基づいている。このアンケートは50人に対して



(a) 筋肉系ネットワーク

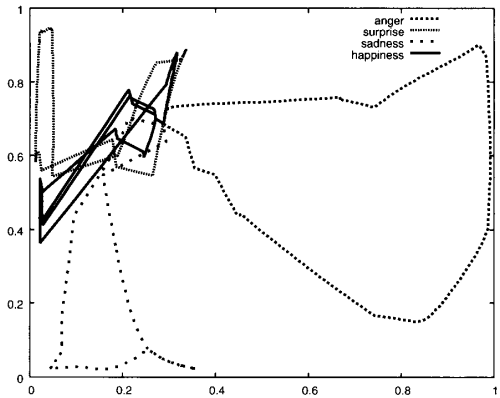
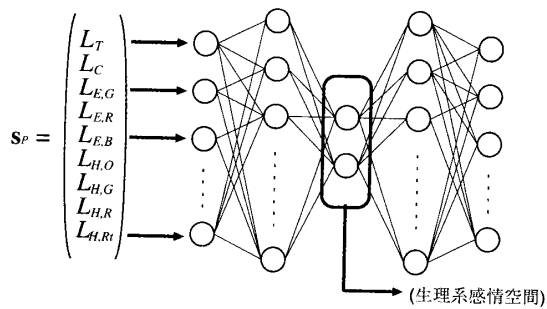


図6 筋肉系の2次元感情空間



(b) 生理系ネットワーク

図4 感情空間構築のための恒等写像学習ネットワーク

行われた。学習に使用した表情データを図5に示す。

図6に筋肉系, 図7に生理系の感情空間を示す。両図中に, 入力データが描く軌跡を示す。それぞれの感情の軌跡が感情空間内で分類されていることがわかる。本稿では, この軌跡(感情軌跡)を利用して混合感情表情を生成する。

5. 混合感情表情の生成

混合表情生成の手続きを図8に示す。まず, 感情空間を生成したネットワークの第3層に感情空間内の座標点を入力し, 第5層からIfbotの表情制御値を取り出す。そして, 得られた制御値を用いてifbotの表情を生

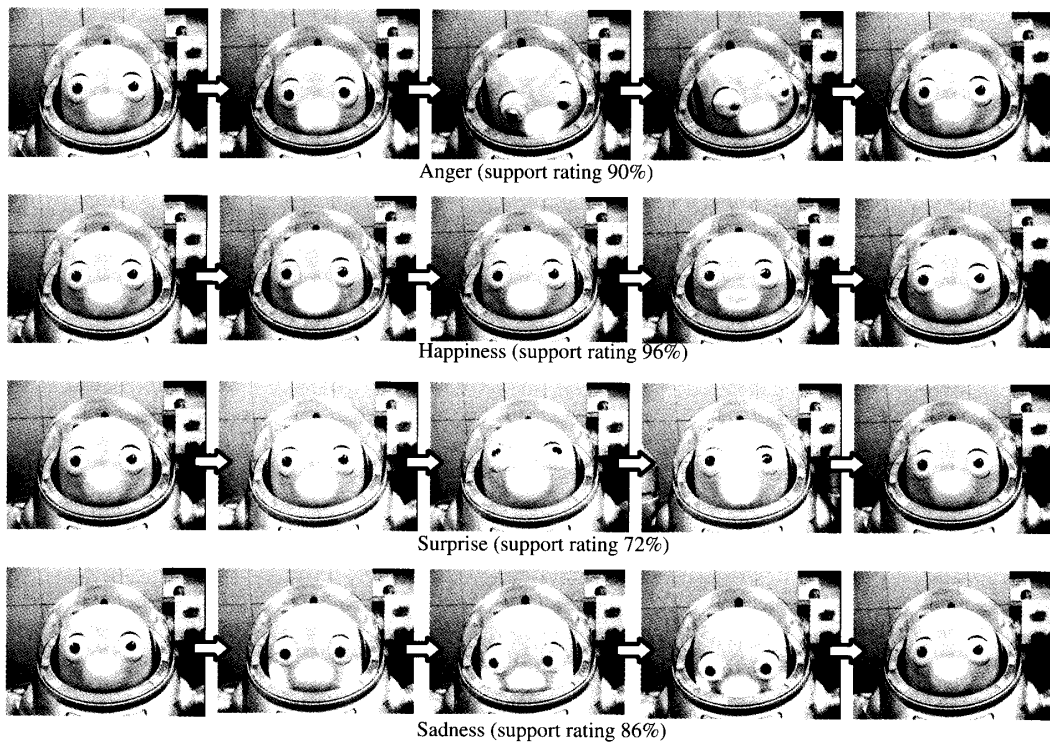


図5 表情データ

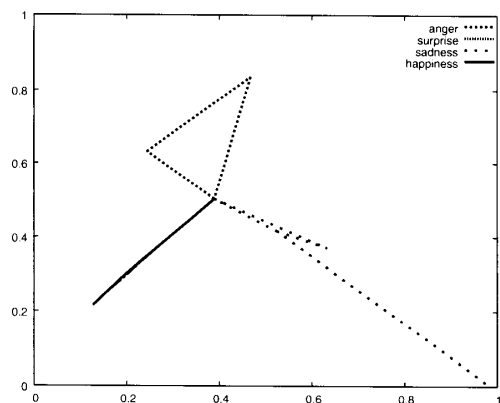


図7 生理系の2次元感情空間

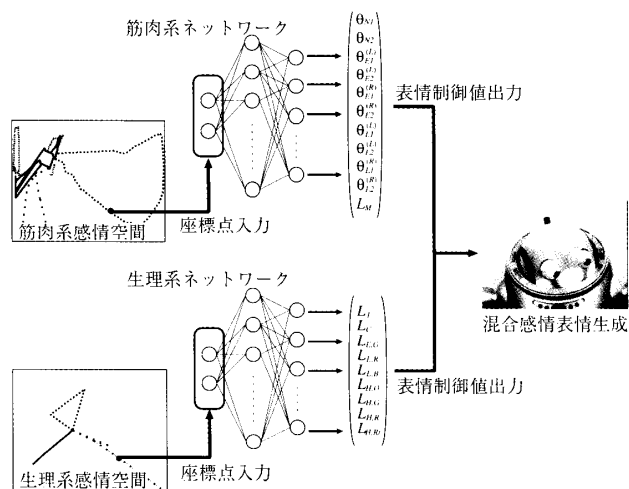


図8 混合表情生成の流れ

成する。

6. 実験

本実験では、怒りと悲しみの混合感情表情を生成する。この2つの感情の軌跡から得られた混合感情表情を図9および図10に示す。図9は、筋肉系で怒り、生理系で悲しみの混合感情表情である。目や口で怒りを表しているが、生理的には涙を流して悲しんでいる表情が見てとれる。図10は、筋肉系で悲しみ、生理系で怒りの混合感情表情である。肩の内側が引き上がる、口角が下がるという悲しみの表情の特徴を表現しているが、興奮状態を表す赤が、頭部、目部のLEDで使用されており、これらによって混合表情を表出している。

7. おわりに

本稿では、生理的な現象による表情変化（生理系）と筋肉による表情変化（筋肉系）に着目した表情生成手法を提案した。本手法は、感情空間を利用して2つの感情を混合した表情を生成するものである。人間の表情表出においては、目と口とが別々の感情を表すこともある。この合成についても、今後検討する。

謝辞 Ifbotは株式会社ビジネスデザイン研究所の製品企画・総合プロデュースのもと、特に、形状デザイン、表情制御メカニズムはブラザー工業株式会社、および、表情制御ソフトはブラザー工業株式会社、ロボス株式会社、名古屋工業大学が共同開発した。関連各位に感謝する。



図9 筋肉系：怒り，生理系：悲しみの表情



図10 筋肉系：悲しみ，生理系：怒りの表情

参考文献

- 1) 村瀬有一, 安川裕介, 境克司, 植木美和: 研究用小型ヒューマノイドの設計, 第19回ロボット学会学術講演会予稿集, pp. 789-790 (2001).
- 2) 黒木, 石田, 長阪, 山口: 高度統合運動制御機能を有する小型二足歩行エンターテイメントロボット SDR-4X, 日本ロボット学会創立20周年学術講演会, p. 1C34 (2002).
- 3) 黒木, 三上, 長阪, 加藤, 宮本, 森平, 永野, 山口: 高度モーションエンターテインメント機能を有する小型二足歩行ロボット SDR-4XII, 第21回日本ロボット学会学術講演会, p. 1A21 (2003).
- 4) Fujita, M., Kitano, H. and Doi, T.: Robot Entertainment, *In A. Druin and J. Hendler, eds.*, pp. 37-70 (2000).
- 5) 神田真司, 村瀬有一, 藤岡和夫: インターネット対応型ロボット: MARON-1, *Fujitsu*, Vol. 54, No. 4, PP. 285-292 (2003).
- 6) Kanoh, M., Kato, S. and Itoh, H.: Analyzing Emotional Space in Sensitivity Communication Robot "Ifbot", *The 8th Pacific Rim International Conference on Artificial Intelligence*, pp. 991-992 (2004).
- 7) Kanoh, M., Kato, S. and Itoh, H.: Facial Expressions Using Emotional Space in Sensitivity Communication Robot "Ifbot", *IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems* (2004). (to appear).
- 8) Business Design Laboratory Co. Ltd.: *Communication Robot Ifbot*. <http://www.ifbot.net>.
- 9) Ohshiro, S., Kato, S., Watabe, K., Yamakita, T., Kimura, K. and Itoh, H.: A Vision-based Talker Distinction System of Human-Robot Communication, *International Symposium on Micromechatronics and Human Science*, pp. 73-76 (2003).
- 10) Tamura, K., Kato, S., Yamakita, T., Kimura, K. and Itoh, H.: A System of Dialogical Mental Health Care with Sensibility Technology Communication Robot, *International Symposium on Micromechatronics and Human Science*, pp. 67-71 (2003).
- 11) Kato, S., Ohshiro, S., Itoh, H. and Kimura, K.: Development of a Communication Robot Ifbot, *The 2004 IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA)*, pp. 697-702 (2004).
- 12) Bishop, C. M.: *Neural Networks for Pattern Recognition*, Oxford University Press (1995).
- 13) 上木伸夫, 森島繁生, 山田寛, 原島博: 多層ニューラルネットによって構成された感情空間に基づく表情の分析・合成システムの構築, 電子情報通信学会論文誌, Vol. J77-DII, No. 3, pp. 573-582 (1994).
- 14) 坂口竜己, 山田寛, 森島繁生: 顔画像を基にした3次元感情モデルの構築とその評価, 電子情報通信学会論文誌, Vol. J80-A, No. 8, pp. 1279-1284 (1997).

(2004年9月1日 受付)

(2004年10月27日 採録)

[問合せ先]

〒470-0393 愛知県豊田市貝津町床立101

中京大学 生命システム工学部

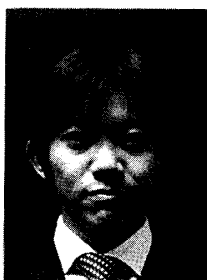
加納政芳

TEL: 0565-46-6910

FAX: 0565-46-1299

Email: mkanoh@life.chukyo-u.ac.jp

著者紹介



かのう まさよし
加納 政芳 [非会員]

2004年名古屋工業大学大学院工学研究科博士後期課程修了。同年中京大学生命システム工学部講師。博士(工学)。知能・感性ロボティクス, 探索問題等に興味を持つ。電子情報通信学会, 情報処理学会, 人工知能学会, 日本ロボット学会, 日本感性工学会各会員。



ごとう り
後藤 みのり [非会員]

2005年名古屋工業大学工学部知能情報システム学科卒業。同年同大学院工学研究科博士前期課程進学。感性情報処理, 感性ロボティクス等に興味を持つ。



かとう しょうへい
加藤 昇平 [非会員]

1998年名古屋工業大学大学院工学研究科博士後期課程修了。同年豊田工業高等専門学校助手, 1999年同講師。2002年名古屋工業大学講師, 2003年同大学院情報工学専攻助教授。博士(工学)。知識推論・探索処理, 並列探索問題, 画像処理, 知能・感性ロボティクス等に興味を持つ。電子情報通信学会, 情報処理学会, 人工知能学会, 日本ロボット学会各会員。



なかむら つよし
中村 剛士 [正会員]

1993年名古屋工業大学工学部電気情報工学科卒業。1998年同大学院博士後期課程終了。同年名古屋工業大学知能情報システム学科助手。2003年同大学院工学研究科情報工学専攻助教授。博士(工学)。画像表現, 感性情報処理, ソフトコンピューティング等に興味を持つ。電子情報通信学会, 情報処理学会, 芸術科学会, IEEE 各会員。



いとう ひでのり
伊藤 英則 [非会員]

1974年名古屋大学大学院工学研究科博士課程電気電子専攻満了, 工学博士号取得, 1974年日本電信電話公社横須賀研究所勤務, 1985年(財)新世代コンピュータ技術開発機構出向, 1989年名古屋工業大学大学院教授, 情報工学専攻, 数理言語理論, 計算機ネットワーク通信, OS, 人工知能などの研究開発に従事, 電子情報通信学会, 情報処理学会, 人工知能学会, 日本ロボット学会, 形の科学会, 日本感性工学会各会員.

A Facial Control Method for Mixed Emotional Expressions of Robots

by

Masayoshi Kanoh, Minori Gotoh, Shohei Kato, Tsuyoshi Nakamura and Hidenori Ito

Abstract :

The "Ifbot" robot communicates with people by considering its own "emotions" and theirs. Ifbot has many facial expressions to communicate enjoyment. In this paper, we focus attention on Ifbot's physiological system and muscular system, which make facial expressions by using physiological and muscular processes respectively. We first classify facial-expression mechanisms as physiological and muscular systems. We then attempted to extract characteristics of Ifbot's facial expressions by mapping these to both emotional spaces. We apply a five-layer perceptron to the extraction. We also propose a method of facial expressions of mixed emotion using the emotional spaces.

Keywords : sensibility robot, entertainment robot, emotional space, auto-associative neural network, expressions of mixed emotion.

Contact Address : Masayoshi Kanoh

*School of Life System Science and Technology, Chukyo University
101 Tokodachi, Kaizu-cho, Toyota 470-0393, Japan
TEL : 0565-46-6910
FAX : 0565-46-1299
Email : mkanoh@life.chukyo-u.ac.jp*