

機関番号：33908

研究種目：若手研究（A）

研究期間：2008～2010

課題番号：20680014

研究課題名（和文） 感性ロボットの表出知を探る

研究課題名（英文） Exploring Expression Intelligence of Kansei Robots

研究代表者

加納 政芳 (KANOH MASAYOSHI)

中京大学・情報理工学部・准教授

研究者番号：90387621

研究成果の概要（和文）：コミュニケーションでは、表出知がどのように伝達され、どのように受け取られるかが重要となる。ロボットの表出知を柔軟に制御することで、人とロボットとのコミュニケーションに心理的なインタラクションを創発でき、信頼関係を築けると考える。そこで本研究では、表出知の媒体として顔（表情）を利用し、表情による表出知の効果について究明した。

研究成果の概要（英文）：In communication, it is important how “expression intelligence” is conveyed and received. To control the expression intelligence of robots, psychological interaction in communication between a robot and a human being emerges, and then they can establish a reliable relationship. In this research, I investigated the effectiveness of expression intelligence via facial expressions.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	8,100,000	2,430,000	10,530,000
2009年度	6,000,000	1,800,000	7,800,000
2010年度	2,100,000	630,000	2,730,000
年度			
年度			
総計	16,200,000	4,860,000	21,060,000

研究分野：感性ロボティクス，知能ロボティクス，ヒューマンロボットインタラクション

科研費の分科・細目：情報学・感性情報学・ソフトコンピューティング

キーワード：表出知，感性ロボット，ヒューマンロボットインタラクション，ifbot，Babyloid，自己充足，アージ理論

## 1. 研究開始当初の背景

本研究では、表出知（expression intelligence）を、知能の内面を表出することと定義する。コミュニケーションでは、表出知がどのように伝達され、どのように受け取られるかが重要となる。ロボットの表出知を柔軟に制御することで、人とロボットとのコミュニケーションに心理的なインタラクションを創発でき、信頼関係を築けると考える。そこで本研究では、表出知の媒体として顔（表情）を利用し、表情による表出知の効

果について究明する。さらに、ここで得られた知見をさまざまな分野へ応用し、その有効性を確認する。

顔が作り出し表現する情報は、以下の3つに大別される[1]。

- (1) 人格を表すもの
- (2) 心理状態を表すもの
- (3) 生理状態を表すもの

これまでに、研究代表者は、恒等写像学習ネットワークを利用した感性ロボットの感情的な表情生成の研究を進めてきた。これは、

上記の分類でいえば、主に(2)に当てはまる。しかし今後、感性ロボットの表出知研究を進める上では、(1)および(3)の情報が重要になると考える。

(1)の情報である「性格」は、その人が生まれつきもっている感情や意志などの傾向のことであり、性格の一致や不一致が二者間の関係に大きく影響する。つまり、ロボットと人との間に一種の信頼関係を築くためには、ロボットの性格を作り出し、人とのインタラクションに導入することが重要と考える。

また、(3)の情報である「生理的欲求」は、生物が自らを維持する(生存する)ために必要とする欲求であり、眠い(睡眠欲)、腹が減った(食欲)などがある。これらの情報を表出することは、インタラクション上、あまり重要でないと直感的に感じられるが、これらをロボットが表出することで、人に対して「世話をしている/共生している」という感覚を与えられると考える。たとえば、お腹が空いたようなので充電してあげる、部屋が暑いようなのでエアコンの温度を下げてあげるといった、人がロボットの世話を焼くという主従関係を築くことが、人の存在意義を高め、ロボットが長期的に利用される可能性へとつながる。

#### 参考文献

[1] 原, 小林: 顔という知能, 共立出版, 2004.

#### 2. 研究の目的

本研究では、表出知の媒体として顔(表情)を利用し、表情による表出知の効果について究明する。さらに、ここで得られた知見をさまざまな分野へ応用し、その有効性を確認する。

#### 3. 研究の方法

(a) シンプルリカレントニューラルネットワーク(SRN)を用いた性格表現システムの提案

本モデルを用いることで、1)基本的な表情を作るだけでそれに類似した表情を自動的に生成できる、2)ロボットの持つ違和感や不自然さを軽減できる。1)によって、表情の作り込みの手間をある程度省くことができ、2)によって、人に対して親和性を高められる。

(b) アージ理論に基づく自己充足システムの提案

自らの維持は、直感的には、このように自的に行われると思われがちだが、実世界に目を向けると「他者的」に行われる場合も数多く見受けられる。そのうちの一つに赤ん坊の自己充足の方法が



図1 : ifbot

挙げられる。人の赤ん坊は、母親という絶対的な依存者を有しており、母親を介して自己充足性を満たしている。すなわち、赤ん坊は、心理・生理状態の不安定さや身体状態の不調を、顔表情や身体動作で表現することで、母親にその状態を察知して「もらい」、自らの状態を改善している。そこで、この考えに基づき、アージ理論の概念を発展させたアージ・システムを応用した自己充足モデルを提案した。さらに、多項ロジックモデルを用いた行動学習による自己充足モデルを提案し、ユーザ入力に対して柔軟かつ適切な行動出力を行うことを可能にした。また、Russellの感情円環モデルを用いて、ユーザ側の感情表現を積極的に考慮する機能を提案した。

(c) 赤ちゃん人形ロボットBabyloidの開発  
自己充足システムを導入するためのロボットとして赤ちゃん人形型のロボットBabyloidを開発した。

(d) Mechadroid Type C3ロボットの表情の生成

受付ロボットMechadroid Type C3の顔パーツの配置を評価した。

#### 4. 研究成果

まず、(a)で提案したモデルを導入したifbot(図1)と人とのインタラクションを評価した。その結果、提案モデルによる表情表出は、従来の表情表出に比べ、より良い印象をユーザに与えることが示された。提案モデルを用いることで以下のことを確認した(図2)。

(1) 表情の人工感、機械的な感じが軽減できる

(2) 面白く複雑な表情表現ができる

つぎに、(b)で提案した自己充足システムを実装したソフトウェアロボットを利用した際の「共生感」や「充足感」、「存在感」への影響を調査した。その結果、ロボットの身体負荷量を判別できる表情を生成することが重要であり、ユーザのアプローチに対してロボットが適応的な表現を行うと、ユーザは

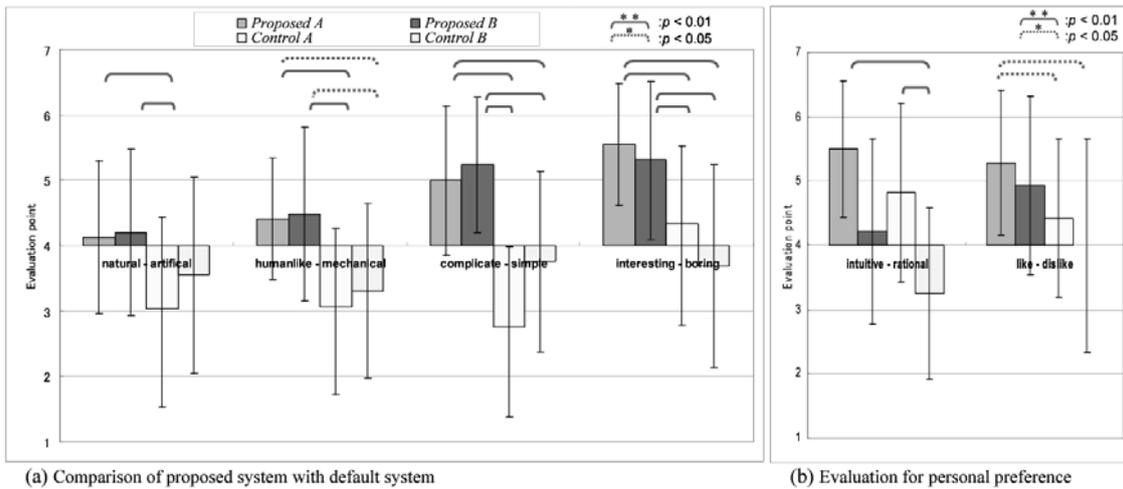


図 2 : 提案手法 (Proposed A/B) と従来法 (Control A/B) の比較

「松井裕紀, 加納政芳, 加藤昇平, 伊藤英則: Simple Recurrent Network を用いた感性ロボットのインタラクティブ表情表出, 日本ロボット学会誌, vol. 28, no. 3, pp. 120-128, 2010」より

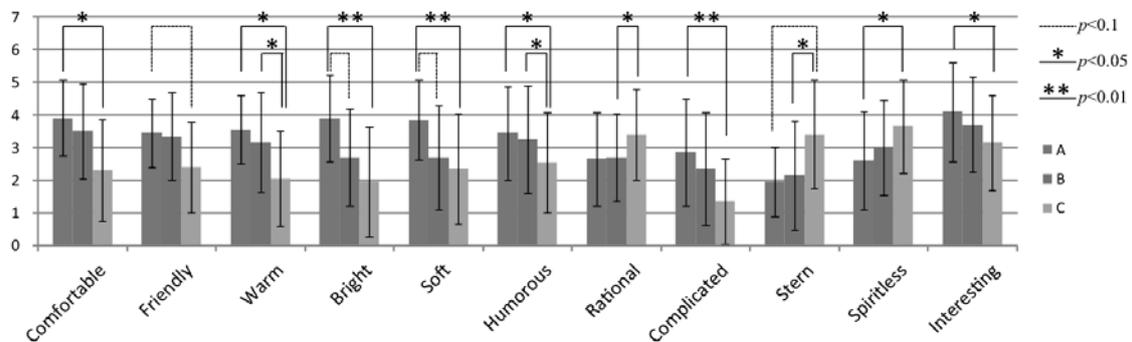


図 3 : アージュシステムを用いた自己充足システムの評価。A は 19 種類, B は 7 種類をそれぞれ表出するシステムであり, C は表情を表出しないシステムである。

「T. Ando and M. Kanoh: Psychological Effects of a Self-sufficiency Model Based on Urge System, Journal of Advanced Computational Intelligence and Intelligent Informatics, vol. 14, no. 7, pp. 877-884, 2010.」より

全体的に快方向への心理的作用を得ることが示唆された (図 3)。

(c) で開発した Babyloid (図 4) の表情を評価したところ, ある程度の表情表現が可能であるが, 怒りや驚きなどの表出が難しいことがわかった。また, 2009 年に開かれた 3 つのイベントを通じてフィールド実験を行ったところ, 人の感性に頼るインタラクションロボットの有用性および, ロボットの耐久性が確認できた。上記の基礎的実験の後, 2010 年に Babyloid を用いて, 高齢者福祉施設にて 2 週間の短期実験を行った結果, 以下の効果が示唆された。

- (1) 実施期間前後において有意傾向 ( $p=0.0796$ ) が認められたことから, Babyloid との関わり合いによって, 抑うつ度を軽減できる可能性が示唆された。
- (2) 介入期間を前半 (1~7 日目) と後半 (8~14 日目) の 2 つの期間に分けて, フ

ェイススケール値の変容について評価したところ, フェイススケール値が減少する傾向にあった (有意差は認められなかった)。

- (3) 介入期間の前半・後半においてロボットの使用時間に大きな変化は見られず, ロボットを飽きなかったといえる。また, 対象者 5 人のうちの 4 人が, 1 日 1 時間以上ロボットと接していた。特に今回の実験では, ロボットの使用を強制したわけではないため, 対象者が自分の意志で「積極的にロボットと関わろうとした」行動が生起されることが示唆されたと考える。これは, 結果的に高齢者の社会性や精神性の改善につながるものと思われる。

(d) の評価実験の結果, Type C3 の表情として, 「ベビーシマ的なかわいい顔」「おしとやかな顔」「ニコニコした笑顔」が適していることが示された。



図4 : Babyloid

## 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 11 件)

- ① 加納政芳, 清水太郎: なにもできないロボット Babyloid の開発, 日本ロボット学会誌, vol.29, no.3, pp.76-83, 2011. 【査読有】
- ② M. Kanoh, Y. Oida, Y. Nomura, A. Araki, Y. Konagaya, K. Ihara, T. Shimizu and K. Kimura: Examination of Practicability of Robot Assisted Activity Program using Communication Robot for Elderly People, Journal of Robotics and Mechatronics, vol.23, no.1, pp.3-12, 2011. 【査読有】
- ③ T. Ando and M. Kanoh: Psychological Effects of a Self-sufficiency Model Based on Urge System, Journal of Advanced Computational Intelligence and Intelligent Informatics, vol.14, no.7, pp.877-884, 2010. 【査読有】
- ④ T. Ando, A. Araki, M. Kanoh, Y. Tomoto, and T. Nakamura: Relationship between Mechatroid Type C3 and Human Beings Based on Physiognomic Features, Journal of Advanced Computational Intelligence and Intelligent Informatics, vol.14, no.7, pp.869-876, 2010. 【査読有】
- ⑤ Y. Matsui, M. Kanoh, S. Kato, T. Nakamura and H. Itoh: A Model for Generating Facial Expressions using Virtual Emotion based on Simple Recurrent Network, Journal of Advanced Computational Intelligence and Intelligent Informatics, vol.14, no.5, pp.453-463, 2010. 【査読有】
- ⑥ 松井裕紀, 加納政芳, 加藤昇平, 伊藤英則: Simple Recurrent Network を用いた感性ロボットのインタラクティブ表

情表出, 日本ロボット学会誌, vol.28, no.3, pp.120-128, 2010. 【査読有】

- ⑦ 柴田寛, 加納政芳, 加藤昇平, 伊藤英則: 感性ロボット ifbot の感情空間を用いた感情遷移に伴う表情変化の主観的影響, 知能と情報, vol.21, no.5, pp.630-639, 2009 (日本知能情報フレンジイ学会論文賞受賞論文). 【査読有】
- ⑧ 種田行男, 加納政芳, 山根基, 笠井達也, 鈴木敏博, 加賀善子: 運動習慣の形成を支援するための家庭用体操ロボットの有用性の検討, 日本健康教育学会誌, vol.17, no.3, pp.184-193, 2009. 【査読有】
- ⑨ J. Cho, S. Kato, M. Kanoh and H. Itoh: Bayesian Method for Detecting Emotion from Voice for Kansei Robots, Kansei Engineering International, vol.8, no.1, pp.15-22, 2009. 【査読有】
- ⑩ 後藤みの理, 加納政芳, 加藤昇平, 中村剛士, 伊藤英則: ニューラルネットワークを用いた感性ロボットと人の表情対応付け, 感性工学研究論文集, vol.7, no.4, pp.693-700, 2008. 【査読有】
- ⑪ Y. Matsui, M. Kanoh, S. Kato and H. Itoh: Generating Interactive Facial Expression of Communication Robots Using Simple Recurrent Network, Lecture Notes in Artificial Intelligence, vol.5351, pp.1016-1021, 2008. 【査読有】

[学会発表] (計 33 件)

- ① 加納政芳: 世話されるロボットとの共『による』きが創出, TUT オープンチャレンジプロジェクト 2010 (招待講演), 豊橋市こども未来館, 豊橋, 3月21日, 2011.
- ② 古田義貴, 加納政芳, 清水太郎, 清水優, 中村剛士: Babyloid によるドールセラピー効果検証にむけた基礎的実験, 第30回東海フレンジイ研究会, pp.31-34, 日間賀島公民館, 知多, 2月11, 12日, 2011.
- ③ 安藤照朗, 加納政芳, 中村剛士: 人と同調する他者充足的エージェントの心的効果, 第30回東海フレンジイ研究会, pp.41-49, 日間賀島公民館, 知多, 2月11, 12日, 2011.
- ④ T. Ando and M. Kanoh: A Self-sufficiency Model Using Urge System, IEEE World Congress on Computational Intelligence, pp.429-434, Centre de Convencions Internacional de Barcelona, Barcelona, Spain, July 18-23, 2010.

- ⑤ Y. Oida, M. Kanoh and M. Yamane: Does a Gymnastic Robot Improve Adherence to Exercise at Home?, International Congress on Physical Activity and Public Health, p.413, Metro Toronto Convention Centre, Toronto, Canada, May 5-8, 2010.
- ⑥ 林祐太, 加納政芳, 中村剛士: 感性ロボット ifbot の目と口の動作タイミングによる自然さの演出, 第8回情報学ワークショップ, in CD-ROM, 名古屋工業大学, 名古屋, 12月10, 11日, 2010.
- ⑦ 加納政芳: Babyloid による高齢者見守りサービスの検討, 第28回日本ロボット学会学術講演会, in CD-ROM, 名古屋工業大学, 名古屋, 9月22-24日, 2010.
- ⑧ 加納政芳: ロボット研究の今後の方向性 - ロボットサービス基盤における研究課題 - (パネル討論), 第28回日本ロボット学会学術講演会, 名古屋工業大学, 名古屋, 9月22-24日, 2010.
- ⑨ 飯星貴文, 安藤照朗, 加納政芳, 中村剛士: アージ・システムに基づく自己充足モデルのための行動学習, 第26回フエジシステムシンポジウム, pp. 240-245, 広島大学, 広島, 9月13-15日, 2010.
- ⑩ 加納政芳: Babyloid による見守りシステムについての検討, 第29回東海フエジ研究会, in CD-ROM, ホテル三河海陽閣, 蒲郡, 8月8, 9日, 2010.
- ⑪ 飯星貴文, 安藤照朗, 加納政芳, 中村剛士: アージ・システムに基づく自己充足モデルの多項ロジックモデルによる行動学習, 第29回東海フエジ研究会, in CD-ROM, ホテル三河海陽閣, 蒲郡, 8月8, 9日, 2010.
- ⑫ 加納政芳, 種田行男: 身体メディアとしてのロボットの可能性について, 第24回人工知能学会全国大会, in CD-ROM, 長崎ブリックホール, 長崎, 6月9-11日, 2010.
- ⑬ 荒木敦志, 加納政芳: Mechadroid と人の相貌特徴の関係性について, 第28回東海フエジ研究会, pp. 101-106, 日間賀島公民館, 知多, 2月13, 14日, 2010.
- ⑭ Y. Matsui, M. Kanoh, S. Kato, T. Nakamura and H. Itoh: Evaluating A Model for Generating Interactive Facial Expressions using Simple Recurrent Network, 2009 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics, pp.1701-1706, San Antonio, USA, 11-14 October, 2009.
- ⑮ Y. Oida, M. Kanoh, M. Yamane and T. Suzuki: Impact of A Home Gymnastic Robot in Improving Adherence to Exercise, 2009 Annual Conference of International Society of Behavioral Nutrition and Physical Activity, p.369, Lisbon, Portugal, June 17-20, 2009.
- ⑯ 加納政芳, 安藤照朗, 清水太郎: 赤ちゃん人形ロボット Babyloid の身体性と人の感性によるインタラクシオンデザイン, ヒューマンエージェントインタラクシオンシンポジウム, in USB Memory, 東京, 12月4, 5日, 2009 (**HAI シンポジウム 2009 Outstanding Research Award 優秀賞受賞論文**) .
- ⑰ 種田行男, 加納政芳, 小長谷陽子: 会話型ロボットを用いた高齢者の認知機能維持改善のための学習支援プログラムの開発, 第68回日本公衆衛生学会総会, p.475, 東京, 10月21-23日, 2009.
- ⑱ 加納政芳, 清水太郎: 人に介助されるロボット Babyloid の開発, 第19回インテリジェント・システム・シンポジウム, in CD-ROM, 福島, 9月17, 18日, 2009.
- ⑲ 安藤照朗, 加納政芳: アージ理論を適用した自己充足モデル, 第19回インテリジェント・システム・シンポジウム, in CD-ROM, 福島, 9月17, 18日, 2009.
- ⑳ 荒木敦志, 種田行男, 稲垣匡士, 加納政芳: 感性ロボットを用いた会話による高齢者の認知機能維持改善のための学習支援プログラムの開発, 第19回インテリジェント・システム・シンポジウム, in CD-ROM, 福島, 9月17, 18日, 2009.
- ㉑ 加納政芳, 清水太郎: なんにもできないロボット Babyloid の開発の試み, 第27回日本ロボット学会学術講演会, in CD-ROM, 神奈川, 9月15-17日, 2009.
- ㉒ 安藤照朗, 加納政芳: アージ理論を応用したロボットの自己充足モデル, 平成21年度電気関係学会東海支部連合大会, in CD-ROM, 愛知, 9月10, 11日, 2009.
- ㉓ 加納政芳, 清水太郎: 人に介助されるロボット Babyloid のデザイン, 平成21年度電気関係学会東海支部連合大会, in CD-ROM, 愛知, 9月10, 11日, 2009 (**連合大会奨励賞 受賞論文**) .
- ㉔ 安藤照朗, 加納政芳: アージ理論を応用した自己充足モデル, 第2回感性ロボティクスシンポジウム, pp.12-15, 東京, 5月9日, 2009.
- ㉕ 加納政芳, 清水太郎: なんにもできないロボット Babyloid の開発, 第2回感性ロボティクスシンポジウム, pp.16-18, 東京, 5月9日, 2009 (**第2回感性ロボティクスシンポジウム ベストプレゼン**

- テーション賞受賞論文) .
- ②6 加納政芳: 感性ロボットの価値想像と創造, 第11回感性工学会大会 企画セッション「感性ロボティクスの未来」(パネルディスカッション), 芝浦工業大学, 9月8日, 2009.
  - ②7 加納政芳: 老年期における「介護する側」から「介護される側」への役割移行に伴うストレス軽減のためのロボットの試作, みえメディカル研究会(電子システム研究会), 三重大学, 7月27日, 2009.
  - ②8 安藤照朗, 加納政芳: アージ・システムを応用した人工感情エージェントモデリング, 第26回東海ファジィ研究会, pp.171-177, 愛知, 2月21, 22日, 2009.
  - ②9 荒木敦志, 加納政芳: ifbotの顔表情におけるLEDの効果的利用について, 第26回東海ファジィ研究会, pp.161-166, 愛知, 2月21, 22日, 2009.
  - ③0 鈴木敏博, 加納政芳, 井口弘和: ヒューマノイドロボットの動作における人間らしさの指標についての一考察, 第26回東海ファジィ研究会, pp.31-34, 愛知, 2月21, 22日, 2009.
  - ③1 A. Araki, M. Kanoh: Effective Use of LEDs on Face of Communication Robot “Ifbot”, International Conference on Soft Computing and Intelligent Systems and International Symposium on advanced Intelligent Systems, in CD-ROM, Nagoya, Japan, September 17-21, 2008.
  - ③2 稲垣匡士, 種田行男, 加納政芳, 小長谷陽子, 井原一成, 山根基: 高齢者を対象とした会話ロボットによる Robot Assisted Activity プログラムの開発, 第67回日本公衆衛生学会総会抄録集, p.525, 福岡, 11月5-7日, 2008.
  - ③3 松井裕紀, 加納政芳, 加藤昇平, 伊藤英則: SRNを用いた感性ロボットのインタラクティブ表情生成, 第24回ファジィシステムシンポジウム, pp.561-566, 大阪, 9月3-5日, 2008.

[図書] (計2件)

- ① Y. Oida, M. Kanoh, M. Inagaki, Y. Konagaya and K. Kimura: Development of a Robot-Assisted Activity Program for Elderly People Incorporating Reading Aloud and Arithmetic Calculation, Asian Perspectives and Evidence on Health Promotion and Education, (eds) T. Muto, E. W. Nam and T. Nakahara, pp.67-77, Springer, 2010.
- ② M. Kanoh, T. Nakamura, S. Kato and H. Itoh: Affective Facial Expressions

Using Auto-associative Neural Network in Kansei Robot “Ifbot”, Kansei Engineering and Soft Computing: Theory and Practice, (eds) Y. Dai, B. Chakraborty and M. Shi, pp.215-236, IGI Global, 2010.

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

加納 政芳 (KANOH MASAYOSHI)  
中京大学・情報理工学部・准教授  
研究者番号: 90387621