

## 皮膚上不随意表現とハンドジェスチャーによる ロボット腕部マルチモーダル表現

### Multimodal Expressions of the Robot's Arms According to Involuntary Expressions on the Skin And Hand Gesture

孟曉順<sup>1\*</sup> 吉田直人<sup>1</sup> 米澤朋子<sup>1,2</sup>

Xiaoshun Meng<sup>1</sup> Naoto Yohida<sup>1</sup> Tomoko Yonezawa<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> 関西大学大学院

<sup>1</sup> Kansai university graduate school

<sup>2</sup> 関西大学

<sup>2</sup> Kansai university

#### Abstract:

In this paper, we introduce a unique combination of multiple involuntary expressions like goose bumps, sweats, and shivers and voluntary expressions of hand gesture the robot's arm. Humans and other living beings express not only voluntary but also involuntary modalities, including physiologic reactions. We expected these fake-involuntary expressions of a robot to realize the life-like or human-alike presence of the robot. In this research, we propose to express both lively emotion by coexistence of instinctive feeling with conscious emotions by combining multiple nonverbal expressions on the robot's arm.

## 1 はじめに

近年、ロボットがこれまでより身近な存在として、人々と共存する社会の実現が予期され、議論が活発になりつつある。そのような社会を実現するロボットを想定すると、人間の状況理解とともに自身を適切に表現することができるコミュニケーション能力が必要である。

コミュニケーションロボットの感情や表現に関する動作や顔表情などの表現については、これまでも多く議論されてきた。一方、人間は動作やジェスチャーなどの意図的な表現以外にも、生理現象などの不随意表現によって、他者の意識的な感情と同時に本能的な感情を推測している。よって、人間が推測可能な感情表現をロボットが行うことができれば、家庭内、病院や工場などの環境において人間と円滑にコミュニケーションを行うことが期待できる [1]。

そして、人間と類似性のある感情表現を実現するために、多くの研究が行われている。人間とロボットのコミュニケーションにおける感情表現の要素として、発話、表情、動作などがある。しかしながら、人間の本能的な感情表現に身体における生理的反応(生理現象)は不可欠で

ある [2-6]、また、生き生きとした生物らしい本能的な感情表現として生理現象をロボットに付与することが重要な役割を担うと考えられる。

我々はこれまでに独立の不随意表現として取り上げてきた「鳥肌」および「発汗」の表現について、ロボットによる擬人化表現の有効性を確かめてきた [7, 8]。また、鳥肌の擬人化表現の効果に関する実験では、恐怖と寒さを伝達することが有効であることが確かめられた。そして、汗の表現に関する実験では、生理的表現として暑さを人に伝達する際の実効性が確認できた。また、我慢や焦りといった直感的な感情表現においても、発汗表現の有効性が示された。さらに、これらの表現と震えを組み合わせることによって、ロボットが恐怖の異なるニュアンスの感情を伝達することの有効性が検証できた [9]。

従って、本稿では、視覚的に確認することができるだけでなく、触覚的に確認することもできる不随意表現として、鳥肌、体の震え、汗、および、随意表現としてハンドジェスチャーであるノンバーバルな感情表現を複合的に組み合わせることによって、腕部のみであたかも本能的な感情と意識的な感情が同居するかのよう、生き生きとした生物らしい感情を表すことを目的とする。

\*連絡先：関西大学大学院総合情報学研究所  
〒569-1095 高槻市霊仙寺町 2-1-1  
E-mail: k463362@kansai-u.ac.jp

## 2 関連研究

ロボットが自身の感情を表出する方法としては、バーバル表現とノンバーバル表現 [10, 11] の 2 種類が考えられる。Fong ら [12] は人間社会において、ロボットのノンバーバル感情表現は不可欠であると述べている。そして、ロボットのノンバーバル感情表現に関する研究では、眉・目・耳・口などの動きによって感情表現を作り出す研究 [13] や、ロボットの身体移動によって、感情を表現する研究 [14] などがある。

一方、人間同士のコミュニケーションにおけるノンバーバルの感情表現には生理現象も含まれる。また、人間は相手とコミュニケーションするとき、相手の表情、態度、話しかた、声、身だしなみ、匂い、触覚 (握手やハグする場合や手のひらの温度など) などの情報を総合的に判断して相手の感情を感じる [15]。更に、不随意で意図せずに生じる制御困難な生理現象によって、親子の愛情や記憶の喚起を促し、深い共感と一体感を創り出し、強く互いの感情を刺激されることが明らかになっている [16]。また、人間同士の身体接触は、相手との「心的距離」を埋めるきっかけになるものと考えられる [17]。

そこで、我々は、コミュニケーションロボットと人間のより円滑な交流を実現するために、親近感を感じやすく状況を直感的に理解できる感情表現をデザインする必要がある [18] と考える。これらを実現するために、本研究はまず、ロボットの人間らしいの身体 [19] として、本能的感情と意識的な感情が表現できる腕部をデザインした。

本能的感情については、Saga ら [20] のロボットの優しいタッチの感覚、Nelson ら [21] や Kravets ら [22] の発汗ができるロボットの 3 つの研究に基づいて、我々は皮膚上における生理現象として鳥肌、汗、震えに注目した。また、意識的な感情としてロボットの手におけるハンドジェスチャーに注目した [23]。これによって、腕部のみであたかも本能的感情と意識的な感情が同居するかのよう、生き生きとした生物らしい感情を表すことによって、ロボットと人がより自然なコミュニケーションを実現することが可能となると考える。

## 3 システム

### 3.1 システム概要

本研究は生き生きとした生物らしい感情表現を実現するために、ロボットに擬人化を付与することが必要であると考える。なぜならば、対象が擬人化されていれば、要素が簡素であったり、過剰に装飾されていたりしても、ユーザは人間的な要素を自ら積極的に読み取るうとすることが、いくつかの研究により示されている [24, 25]。また、リアルな人間でなく、人間をある程度抽象化して

表現した方が、完全に人間を模したものより情報提示をより良く行うことも、Yee らによって示されている [26]。

そこで、本研究は人間が視覚的・触覚的 [27] に、推測可能なロボットの感情表現として、鳥肌、汗、震えなどの不随意表現とハンドジェスチャーによる随意的な表現を組み合わせた機構を実装した。

### 3.2 システムの全体構成

本システムではロボットが生き生きとした生物らしい感情を表すために、鳥肌、体の震え、汗を組み合わせた不随意表現を再現する前腕部、および、随意表現としてハンドジェスチャーを行う手を組み合わせることで、ロボットの腕部を実装したシステムを図 1 に示す。

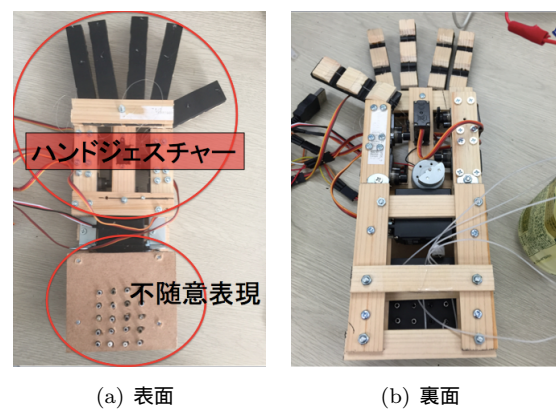


図 1: システムの全体の構造

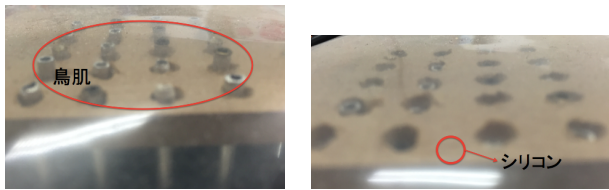
### 3.3 不随意的な表現システム

#### 3.3.1 鳥肌表出システム

システムを図 2 に示す。4 × 5 列中空の直径 3MM と長さ 30MM の発汗システムのチューブを通した鉄管 (図 4) を両端のみ支持されたゴムの上立てる。前腕の表面はシリコンで覆い、人肌の触感を模倣した [28]。鳥肌を表出する際のシステムの動作の様子を図 9(a) に、内部動作の簡易な構造を図 3 に示す。初期状態として、図 5 に示したゴムを支持している鳥肌上下板 (図 5) に結びつけられた糸をモータが引っ張ることによって、鳥肌上下板を支持されたパネが縮める。鳥肌を表出する際は、モータが糸を緩めることによって、パネが伸びる。

#### 3.3.2 発汗表出システム

発汗システムを図 6 に、汗を表現するための簡易な構造を図 7 に示す。水の入ったペットボトルの外からポンプによって空気量をコントロールする。汗の表現を行



(a) 鳥肌を表現している (b) 鳥肌を表現していない

図 2: 鳥肌システム

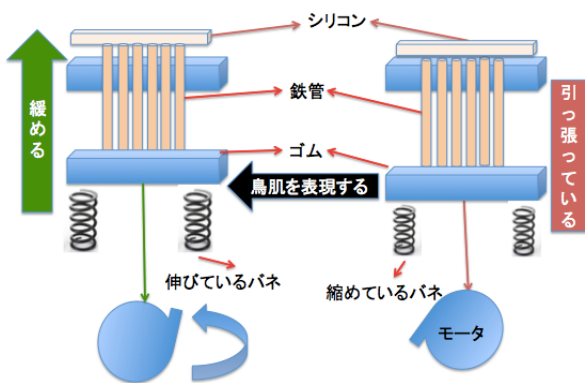


図 3: 鳥肌システムの簡易な構造

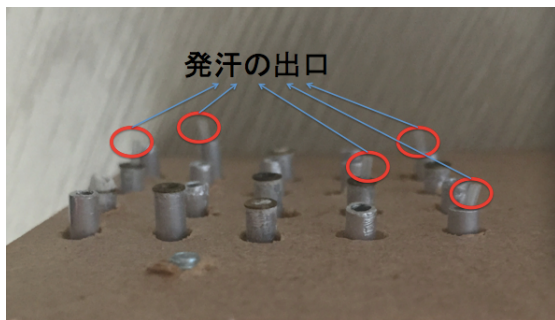


図 4: 発汗の出口

う際は、空気ポンプを動作させペットボトルに空気を入れる。これにより、ペットボトル内の水圧を上昇させ、外へとつないだチューブに水を押し出す。チューブの先から水を少しずつ染み出させることが可能である。

### 3.3.3 震え表出システム

システムを図 8 に示す。手の中心に振動モータを設置した。振動モータが動作することによってロボットの身体の震えを表現した。震えの表現は 1 回あたり 150[ms] とした、体の震えとして知覚されるよう、大型の振動モータ (RF300, 回転速度 2830r/min, 22g) を用いた。

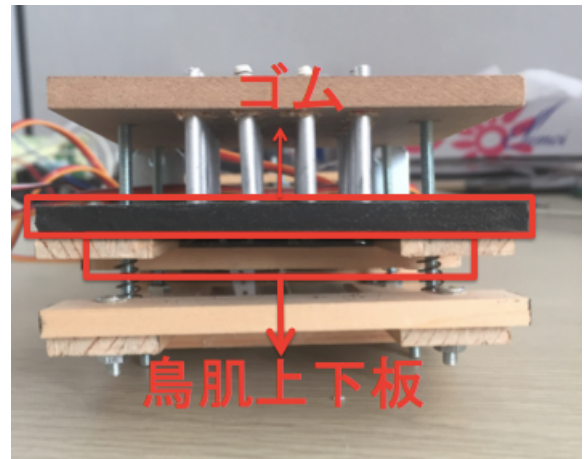


図 5: 鳥肌システムのコントロールヒノキ

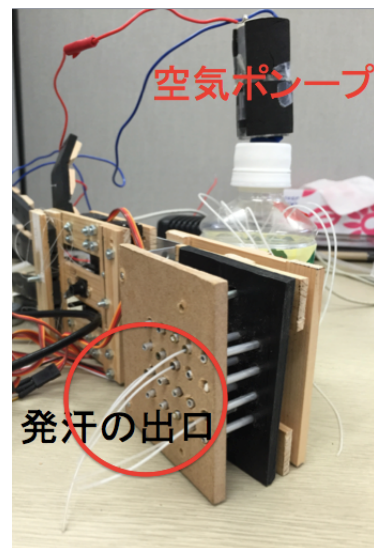


図 6: 発汗表出システム

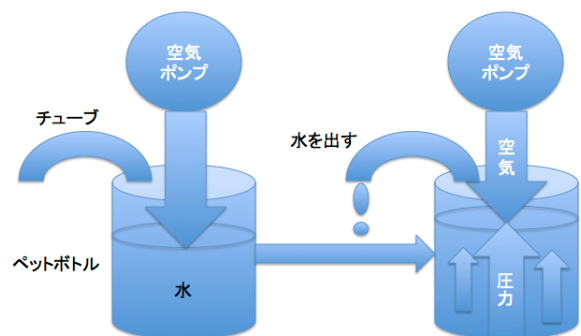


図 7: 発汗表出システムの簡易な構造

## 3.4 随意的な表現システム

### 3.4.1 ハンドジェスチャー表出システム

システムを図 9 に示す。ロボットの指は厚さ 5MM の天然黒ゴムを利用した。人間の手の形を再現するため



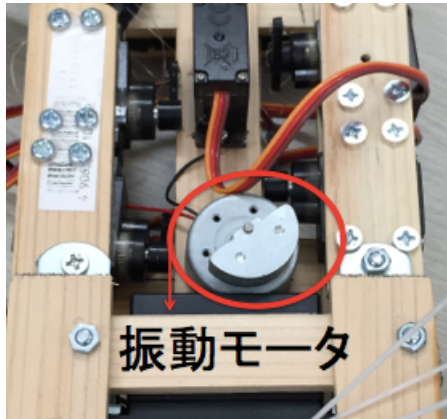
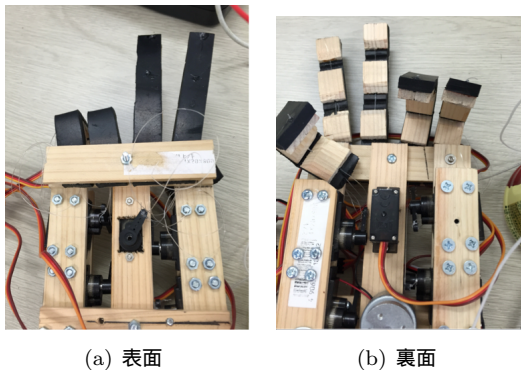


図 8: 震え表出システム

に、幅 20MM と長さ 60MM としたの親指、幅 14MM と長さ 75MM の人差し指、幅 15MM と長さ 85MM の中指、幅 15MM と長さ 80MM の薬指と幅 14MM と長さ 70MM の小指を組み合わせることによって実装した。

また、人間の指の関節を再現するために、それぞれの関節部分に高さ 1MM 底辺 3MM の三角形の溝を成形する。また、それぞれの指の幅と関節の長さに合わせて、節骨の部分に厚さ 4MM のヒノキの板を取り付けた。指先に結びつけられた糸をモータが引っ張り、ロボットの指を曲げる。



(a) 表面

(b) 裏面

図 9: ハンドジェスチャー

### 3.5 システムの動作例

不随意表現と随意表現の組み合わせ表現制御に関する動作例について述べる。例えば、てのひらを広げリズムカルに動かすによる意識的な表現と、汗や震えなどの不快な不随意表現がない状態を組み合わせることで、喜びを表す。また、いらつきを表すため、貧乏ゆすりのような指先を机上にタッピングする意識的な表現と不随意的な表現として発汗を示す。そして、恐怖の表現とし

て、手を緩く握り締めた意識的な表現と同時に、震え・発汗・鳥肌を組み合わせた不随意表現を示す。

このような組み合わせにより、ハンドジェスチャーによる意識的な表現と皮膚上不随意表現を表現することで、腕部のみとしても、本能的感情と意識的な感情が同居するかのような、生き生きとした生物らしい感情が表現可能だと考えられる。また、今後様々な組み合わせの効果や表現のバリエーションを検討していくべきだと考えている。

## 4 おわりに

本研究は、ロボット腕部におけるマルチモーダル表現として、不随意表現である生理現象、および、随意表現であるジェスチャーによる、ノンバーバルな感情表現を複合的に組み合わせることで、腕部のみであたかも本能的感情と意識的な感情が同居するかのような、生き生きとした生物らしい感情を表すことを目指すものである。

本稿では、人間をある程度抽象化した鳥肌、体の震え、汗を組み合わせた不随意表現を再現する前腕部、および、随意表現としてハンドジェスチャーを行う手を組み合わせることで、ロボットの腕部を実装したシステムを提案した。

このシステムにより、ロボットの腕部のみで、人間が視覚的・触覚的に推測可能な本能的感情と意識的な感情を表すことによって、ロボットと人がより自然なコミュニケーションを実現することが可能となると考える。

今後、ロボットのハンドジェスチャーによる意識的な感情の伝達が可能か検証を行うとともに、腕部における不随意表現との組み合わせることによって、ユーザがロボットの意識的な感情と同時に本能的な感情を推測できるかについて検証を行い、ロボットの心の感情をノンバーバル表現によって、相手に伝えることで、相手に心的作用をもたらすことを目指す。

## 謝辞

本研究は科研費 15H01698,24300047 および 25700021 の助成の一部を受け実施したものである。

## 参考文献

- [1] 伊豆井 尊宗., ベンチャー ジェンチャン., ミルビーユ イザベル.: ヒューマノイドロボットの歩行動作による感情表現, 情報処理学会 インタラクション, (2015)
- [2] 大平 英樹.: 感情心理学, 有斐閣, (2010)

- [3] ルック チオンピ.: 基盤としての情動, 学樹書院, (2005)
- [4] ルック チオンピ.: 感情論理, 学樹書院, (1996)
- [5] M. マルティネ.: 情動の理論, 白石書店, (1991)
- [6] 西田 弘次.: 西田式「心トレ」, 東洋経済新報社, (2009)
- [7] Tomoko Yonezawa., Xiaoshun Meng., Naoto Yoshida., Yukari Nakatani.: Involuntary Expression of Embodied Robot Adopting Goose Bumps, *Human-robot interaction*, (2014)
- [8] 孟 曉順., 中谷 友香梨., 吉田 侑矢., 吉田 直人., 米澤 朋子.: 発汗による無意識的表現を用いたコミュニケーションロボットの提案電子情報通信学会, (2014)
- [9] Xiaoshun Meng., Naoto Yoshida., Tomoko Yonezawa.: Evaluations of Involuntary Cross-modal Expressions on the Skin of a Communication Robot, *The 12th International Conference on Ubiquitous Robots and Ambient Intelligence*, (2015)
- [10] A. G. Brooks., R. C. Arkin.: Behavioral overlays for non-verbal communication expression on a humanoid robot, *Autonomous Robots*, vol. 22, no. 1, pp. 55-74 (2007)
- [11] C. Itoh., S. Kato., H. Itoh.: A characterization of sensitivity communication robots based on mood transition, *Lecture Notes in Artificial Intelligence (PRICAI2008: Trend in Artificial Intelligence)*, vol. 5351, pp. 959-964 (2008)
- [12] T. Fong, I. Nourbakhsh, and K. Dautenhahn.: A survey of socially interactive robots, *Robotics and Autonomous Systems*, vol. 42, no. 3-4, pp. 143-166 (2003)
- [13] Brian Scassellati., Cynthia Breazeal.: A context-dependent attention system for a social robot, *Proceedings of the Sixteenth International Joint Conference on Artificial Intelligence (IJCAI99)*, pp. 1146-1151 (1999)
- [14] Megumi Masuda., Shohei Kato.: Motion Rendering System for Emotion Expression of Human Form Robots Based on Laban Movement Analysis, *19th IEEE International Symposium on Robot and Human Interactive Communication*, (2010)
- [15] Albert Mehrabian.: *Silent Messages: Implicit Communication of Emotions and Attitudes*, Wadsworth Pub Co, (1980)
- [16] 小野地 健.: クシャミと人類文化, 非文字資料研究の可能性-若手研究者成果論文集, (2008)
- [17] 小野地 健.: 身体接触の臨床心理学的効果と青年期の愛着スタイルとの関連, 岩手大学大学院人文社会科学部研究紀要 (18), pp. 1-18 (2008)
- [18] 武田 育子., 美馬 義亮.: 単純な非言語的表現を用いた, 演劇用ロボットの開発, 情報処理学会 インタラクション, (2012)
- [19] 岡田 美智男., 三嶋 博之., 佐々木 正人.: 身体性とコンピュータ, 共立出版, (2000)
- [20] 嵯峨 智., 黒木 忍., Susumu Tachi.: 反射像を用いた毛状触覚センサ(触覚と力覚), ロボティクス・メカトロニクス講演会講演概要集, (2007)
- [21] Nelson Gabe., Saunders Aaron., Neville Neil., Swilling Ben., Bondaryk Joe., Billings Devin., Lee Chris., Playter Robert., Raibert Marc.: PETMAN: A Humanoid Robot for Testing Chemical Protective Clothing, *日本ロボット学会誌 30(4)*, pp. 372-377, (2012)
- [22] Dan Kravets.: The Loathsome Stench Of Robot Sweat, (2011)
- [23] Miwa, H., Dept. of Mech. Eng., Waseda Univ., Tokyo, Japan., Itoh, K., Matsumoto, M., Zecca, M., Takanobu, H., Rocella, S., Carrozza, M.C., Dario, P., Takanishi, A.: Effective Emotional Expressions with Emotion Expression Humanoid Robot WE-4RII, *2004 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems*, (2004)
- [24] Daniel C. Denette.: *The Intentional Stance*, The MIT Press, (1989)
- [25] Carl F. DiSalvo., Francine Gemperle., Jodi Forlizzi., Sara Kiesler.: All robots are not created equal: the design and perception of humanoid robot heads, *Proceedings of the 4th conference on Designing interactive systems*, pp. 321-326, (2002)
- [26] Nick Yee., Jeremy N. Bailenson., Kathryn Rickertsen.: A meta-analysis of the impact of the inclusion and realism of human-like faces on user

experiences in interfaces, *Proceedings of Computer Human Interaction*, pp. 1-10, (2007)

- [27] 山崎 啓支.: 実務入門 NLP の基本がわかる本 (実務入門), 日本能率協会マネジメントセンター, (2007)
- [28] Y. Tadesse., D. Moore, N. Thayer., S. Priya.: Silicone based artificial skin for humanoid facial expressions, *Proc. SPIE 2009*, vol.7287, 728709, (2009)