

呼吸の不随意運動や顔色変化による内部状態表現システムの試作

藤井 良祐^{1*} 森山 空耶¹ 万 キン¹ 米澤 朋子¹

¹ 関西大学

¹ Kansai University

Abstract: 本稿では、顔色変化や呼吸の不随意表現を用いてロボットの内部状態をユーザに伝えるために試作した人形型ロボットを報告する。ユーザが予め設定されたロボットのパーソナルスペース内に侵入することによってストレス値が変化し、ユーザとの距離とストレス値に応じて顔色変化と呼吸の不随意運動を行うような内部表現システムを用いることで、感情的身体反応を示すコミュニケーションを実現できると考えた。

1 はじめに

近年、高齢化により労働者数が減少し、労働力不足を補い生産性を高めるためにロボットを運用する動きがある [1]。特に、医療や介護の分野においてはロボットが人間と協力して仕事やサービスを提供する場面が増えている傾向があり [2]、外科手術や日常生活などの手助けを行う場面では人間を補助するような役割が求められている。このような役割に必要な機能の一つがコミュニケーション機能といえる。人間とロボットのコミュニケーションに関し、仕草や表情などのノンバーバル情報の影響を分析する研究や、表現モダリティを組み合わせることでより複雑で繊細な意図を表現しようとする試みがあり [3, 4, 5, 6, 7]、本研究では生理現象によるノンバーバルコミュニケーションに注目した [8]。対話スキルを用いたコミュニケーションと比較して生物としての一定の普遍性を持つ現象として生理表現を取り上げることで、言語や文化を問わずに直感的なコミュニケーションを行うことができると考えた。

ここで、コミュニケーションロボットの社会普及や運用を考えると、ノンバーバルコミュニケーション表現は、ときに相手に正確に意図が伝わらず、誤解が生じる可能性も考えられる。例えばロボット自身に不具合が生じた時など人間への要求が発生することが予想されるが、その場合には迅速かつ正確に意図を伝える必要がある。

そこで、ロボット自身に内部感情だけでなく、衰弱などのロボットのコンディションを設定し、不随意表現を用いることで生じた不具合を擬人化し、ユーザに不具合の詳細を伝達することで、迅速な対応を促すことができると考えた。また、コミュニケーションの中で人間の不随意表現を表出することでロボットに対す

る共感性と親密度をより高めることが出来るようになると思った。本研究では、顔色変化や呼吸の不随意表現を用いてロボットの内部状態をユーザに伝えるために試作した内部状態表現システム及び人形型ロボットを紹介する。

2 関連研究

2.1 不随意表現

物体への視線行動、凝視、接近といった随意的な行動と不随意的な生理現象としての心拍表現の組み合わせによるエージェントの内部表現モデルにより、エージェントの行動と心拍表現のいずれでも欲求の強さが表現できることが示されている [9]。また、呼吸や発話時の息遣い表現を行うロボットの位置関係に応じた親密感の印象変化について、初対面の状態で生きてると感じられる存在が近くにいることは、親密度に負の印象を与えることが示された [10]。これらの研究ではロボットがユーザのそばにいることが基本的な前提であるが、本研究は離れたところからも理解できる生理表現に着目する。

2.2 パーソナルスペース

パーソナルスペースとは非言語コミュニケーションの一つである。対話相手との物理的な距離変化により、何らかの情緒的反応を引き起こすような身体をとりまく領域 [11] であり、この領域に他者が侵入しようすると強い情動反応を引き起こされる。そのため、人間は社会生活を円滑に営むために、適切な対人距離を保つ必要が考えられる。ロボットを用いたパーソナルスペースに関する研究では、ユーザがロボットに対して親近感を抱いている場合、接近する際にポジティブな

*連絡先：関西大学総合情報学研究科知識情報学専攻
〒569-1095 大阪府 高槻市 霊仙寺町 2-1-1
E-mail: k543861@kansai-u.ac.jp

印象を抱く可能性が示唆されており [12], ロボットとの親近感がパーソナルスペースに好影響を与えることがわかっている。

しかし, ロボットの内部状態の表現がユーザのパーソナルスペースに与える影響については明らかになっていない。そのため, 本研究ではパーソナルスペースと内部状態の表現の組み合わせによって生じる変化について検討することを目指し, ロボット自身がユーザとの距離を理解するための機構を導入する。

2.3 顔色表現

顔を通じて年齢, 性別, 感情といった様々な情報を特定, 伝達することによって円滑な社会生活を送ることが出来る。特に顔色は感情状態と結び付けられることがあり, 人間を含む霊長類は感情の内部状態や社会的シグナル等を表現するためにスペクトル変化を識別することを最適にして色知覚を設計されているという仮説がある [13]。ロボットを用いた顔色の研究では遠隔コミュニケーションにおける対話的雰囲気 of 把握と生成を遠隔発話者の頭部の動きだけでなく, 顔色から対話的な雰囲気を生成することができる可能性が示唆されている [14]。この研究ではユーザの対話, 雰囲気によって顔色の変化を行っているが本研究では人間の肌色に近いロボットの顔色変化による非言語コミュニケーションを行う事に着目している。



図 1: 人形型ロボット



図 2: システム構成

3 提案システム

3.1 システム概要

本研究では, 感情的身体反応を示すコミュニケーションの実現を狙う為, 人形型ロボットを作成した。感情的身体反応を示すにあたって, ロボットの外観は人間に近い造形の方がユーザに共感性を与えられると考え, 市販のスクィーズ人形「アグリーベイビーズ」を採用した (図 1)。

内部状態表現システムは, ユーザ距離計測部, 内部パラメータ計算部, 身体反応表現部に分けられる。システムの構成を図 2, 内部処理の流れを図 3 に示す。なお本稿では, 呼吸を可視化するために呼吸時の肩の動きを呼吸の不随意表現として採用している。

3.2 ユーザ距離計測部

ユーザ距離計測部では超音波センサー (HC-SR04) を用いてロボットからユーザの距離を計測する。測定した値は内部パラメータ計算部で処理される。

3.3 内部パラメータ計算部

内部パラメータ計算部では身体反応表現部で表出する感情状態の計算を行う。

内部パラメータ計算部についてはロボットのパーソナルスペースの範囲を表現したパーソナルスペース値, 感情状態に影響を与えるストレス値, 身体反応表現部へ表出する感情状態からなる。パーソナルスペース値は 1~4 まで予め設定しており, パーソナルスペース値と物理的距離の対応を表 1 に示す。ユーザがパーソナルスペース値の領域に入ると 1 秒ごとにストレス値が 1 ずつ上昇していき, 逆にパーソナルスペースから出ると 1 ずつ減少していく。また, 1 秒間で 100cm 以上移動するとストレス値が 2 上昇し, 10cm 以内の移動なら 0.5 上昇する。数式にすると $\frac{dS}{dt} = (I(t) - 1) + \frac{D(t)}{50}$ となる。ただし, $I(t)$ はユーザがパーソナルスペース内にいれば 1, そうでなければ 0 となる。これにより, ストレスの蓄積と減衰を模す。

感情状態はユーザ間の距離とストレス値によって変化する。それぞれの感情状態の発現条件を表 2 に示す。

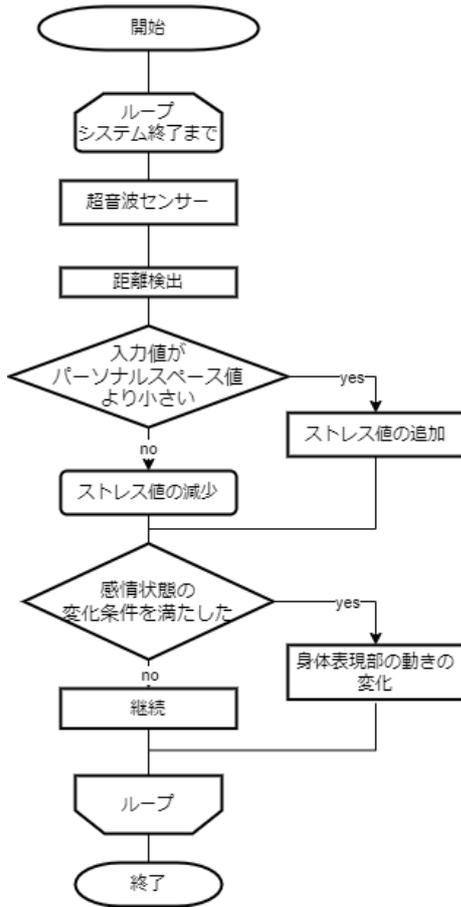


図 3: フローチャート

3.4 身体表現部

身体表現部では、内部パラメータ計算部からの出力を元に感情的身体反応の表現を行い、呼吸表現部、顔色表現部で構成される。呼吸時の肩の動きはサーボモーター (FEETECH FS5115M) で人形の両脇部分を上に引き上げる事によって表現する。感情状態ごとに決められた角度まで回転し、再び最初の位置に戻るまでを1回の呼吸としている。なおストレス値が初めて1以上になった場合には驚く様子を再現するために2秒間肩の動きが停止する。また、不安や怒りの時に回転する角度が大きくなるのは興奮時に肩の動きが大きくなる作用を再現したためである。泣き状態にはしゃっくりのような不規則に痙攣した動きを行う。

顔色表現部については顔色の変化を表現する。顔色変化はカラーLEDで再現する。カラーLEDの配置はロボットの両頬部分、ロボットの後頭部の3つである。本実装では効果の出やすいシンプルな顔色表現とするため、カラーLEDの発光色はRGB形式におけるR値のみを変化させる。一秒ごとにR値を5ずつ上昇していき最終的には図4のように紅潮する。感情状態に応

表 1: パーソナルスペース値による許容距離

パーソナルスペース値	距離
1	45cm 以内 (親密距離)
2	120cm 以内 (個人距離)
3	360cm 以内 (社会距離)
4	400cm 以内 (公衆距離)

表 2: ストレス値による感情状態の変化

感情状態	ストレス値
通常	0
不安	1~39
怒り	40 以上 (ユーザ間の距離 > 40cm)
泣き	40 以上 (ユーザ間の距離 < 40cm)

じた身体表現部の動きを表3に示す。



図 4: 紅潮時の様子

4 今後の展望

本研究では、ロボットの内部状態を身体の呼吸時の肩の動きと顔色の変化により生理的状态を示すことで、ユーザに内部状態の伝達を含むコミュニケーションを実現し、コミュニケーション実感を深めロボットに対する親密度を向上することを狙いとした。本稿では、呼吸表現機構、顔色表現機構をロボットに実装したシステムを紹介した。搭載した人形型ロボットに不随意表現によってパーソナルスペースを伝えられるようになることで、ユーザに身の回りの危険の伝達やロボットの欲求を感覚的に伝えられるようになる効果が得られるようになると思われる。その為、本研究では人形型ロボットによる顔色変化による内部情動の伝達だけで

表 3: 感情状態による身体表現部の変化

感情状態	呼吸数	呼吸部の動き	顔色の変化
通常	12~20 回/分	10°	変化なし
不安	20 回/分	30°	変化なし
怒り	20 回/分	30°	紅潮
泣き	20~24 回/分	30°	紅潮

なくユーザの印象の変化についても検証していく必要がある。よって、図5のように人形型ロボットの正面の一定の範囲内をユーザが数分間自由に移動し、ロボットのストレス変化に応じた表現を評価してもらう予定である。

今後の展開として、感情的身体反応だけでなく体調の不調、及び衰弱などといったコンディションの表現といった機能的拡張も検討している。つまり、ロボット自身の不具合や物理的不調を表すことで、

ロボットが社会に普及した後の人間への要求として迅速な対応を求める姿勢を自然に表出できることが予想される。

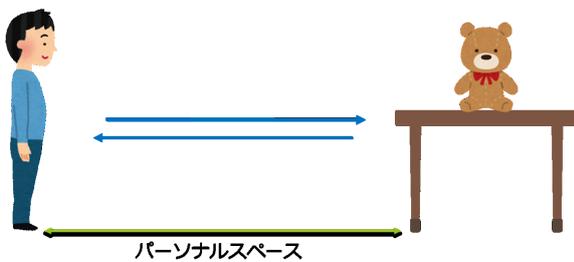


図 5: 実験のイメージ図

5 おわりに

本稿では顔色変化や呼吸の不随意表現を用いてロボットの内部状態をユーザに伝える人形型ロボットを提案した。ユーザがロボットのパーソナルスペース内に侵入することにより変化するストレス値に応じ顔色変化と呼吸の不随意運動を変化させることで、感情的身体反応を示すコミュニケーションを実現できると考えられる。今後は検証を通してロボットに対するユーザ評価や本稿では取り上げなかった不具合の擬人化を目的としたコンディションの表現など機能面の拡張を検討する。

謝辞

本研究は、一部科研費 23K11202, 23K11278, 21K11968, 22K19792, および、2022 年度関西大学若手研究者育成経費の研究課題「エージェントを用いた共感的音楽

体験共有の価値創造に関する研究」の助成を受け実施しその成果を公表するものである。

参考文献

- [1] 厚生労働省委託事業: 介護ロボット等による生産性向上の取組に関する効果測定事業事業概要, (<https://www.mhlw.go.jp/content/12300000/000934002.pdf>, 最終閲覧 2024/02/15 最終閲覧)
- [2] 厚生労働省: 介護ロボットの開発支援について, (<https://www.mhlw.go.jp/file/06-Seisakujouhou-12300000-Roukenkyoku/2.3.pdf>, 2024/02/15 最終閲覧)
- [3] 渡邊伸行, 河崎翔太: 顔面表情認知におけるしぐさの影響, 日本認知心理学会発表論文集 日本認知心理学会第 17 回大会, 日本認知心理学会, pp. 138,(2019)
- [4] 鈴木敦命: 顔表情画像による感情喚起— 顔表情 (対人) 認知研究からの視点—, 日本感情心理学会, Vol. 29, No 2-3, pp. 58-63,(2022)
- [5] Yohanan, Steve and MacLean, Karon E: Design and assessment of the haptic creature's affect display, *Proceedings of the 6th international conference on Human-robot interaction*, pp. 473-480,(2011)
- [6] Yonezawa, Tomoko and Meng, Xiaoshun and Yoshida, Naoto and Nakatani, Yukari: Involuntary expression of embodied robot adopting goose bumps, *Proceedings of the 2014 ACM/IEEE international conference on Human-robot interaction*, pp. 322-323,(2014)
- [7] Yoshida, Naoto and Yonezawa, Tomoko: Investigating breathing expression of a stuffed-toy robot based on body-emotion model, *Proceedings of the Fourth International Conference on Human Agent Interaction*, pp. 139-144, (2016)
- [8] 孟曉順, 吉田直人, 万キン, 米澤朋子: ロボットの恐怖を伝える複数の不随意的皮膚上生理表現における量的影響の検討, 日本知能情報ファジィ学会, Vol. 33, No 4, pp. 742-756,(2021)
- [9] Yoshida, Naoto Kaede, Ueno Mase, Keizi and Tomoko, Yonezawa: Arousal and Valence in Robot's Emotional Expression of Breathing and Heartbeat, *Human-Agent Interaction Symposium, G-6*,(2020)

- [10] Nakatani, Yukari Yoshida, Naoto and Tomoko, Yonezawa: Breathing Expression for Intimate Impression Corresponding to the Positional Relationship, *Human-Agent Interaction Symposium*, P-14, (2014)
- [11] 野瀬出, 雨森雅哉, 中尾彩子: パーソナルスペースへの侵入に対する心理・生理的反応-接近者の印象による影響, 文京学院大学人間学部研究紀要, Vol. 7, No 1, pp. 263-273, (2005)
- [12] 山本俊介, 吉川雄一郎, 住岡英信, 石黒浩, 浅田稔: 自らの接近行動がパーソナルスペースの認知におよぼす効果 (ヒューマン・エージェント・インタラクション), ロボティクス・メカトロニクス講演会講演概要集 2008, 2P2-I04, (2008)
- [13] Changizi, Mark A and Zhang, Qiong and Shimojo, Shinsuke: Bare skin, blood and the evolution of primate colour vision *Biology letters*, Vol. 2, No 2, pp. 217-221, (2006)
- [14] Sejima, Yoshihiro and Yang, Liheng and Inagaki, Saki and Morita, Daiki: Speech-Driven Avatar Robot System with Changing Complexion for the Visualization of an Interactive Atmosphere, *Journal of Robotics and Mechatronics*, Vol. 35, No 5, pp. 1331-1339, (2023)