

# 触れ合いとふれあい～相互接触へ向けた接触方法による感情生成

米澤 朋子<sup>\*1</sup> 山添 大丈<sup>\*2</sup>

## Bidirectional physical contact for generating relation and emotion

Tomoko Yonezawa<sup>\*1</sup> and Hirotake Yamazoe<sup>\*2</sup>

**Abstract** – In this research, we investigate the basic framework of bidirectional physical contact of the robot in order to establish an emotional bond with the user. We aim to design appropriate interactions using bidirectional physical contact based on long-term relationships and current states through the recognition of the patterns and emotions of the user's touch on the robot, the change of the robot's internal emotion corresponding to the user's touch, the generation of the robot's touch on the user corresponding to internal emotions, and the update of the relationship between the user and the robot,

**Keywords** : Bi-directional physical touch, emotional communication, length and strength

### 1. はじめに

最近の高齢化社会や核家族に対する傾向により、日常生活において一人で行動する高齢者や子供が増えている。特に、単独外出の不安があるケースや、他人に助けを求める心理的な障壁により、社会的なひきこもり状態が発生しコミュニケーション不足に陥ることも多い。

一方、高齢者や子供を支援する支援者や介護者がいる。介護者はケアをする対象者に触れたり話しかける。主な目的は被介護者の生活を支えることであるが、コミュニケーションにより社会的刺激を与えることも重要な役割である。しかし介護者は人手不足であり、多くの被介護者はそのような丁寧なコミュニケーションをする機会がほとんどない。

ここで、我々はロボットやエージェント等の擬人化システム<sup>[1]</sup>を被介護者に寄り添う介護者のように設計することを検討してきた<sup>[2],[3],[5],[6]</sup>。これまでに、日常の視線コミュニケーションロボット<sup>[2]</sup>、遠隔対話支援ロボット<sup>[4]</sup>や、案内版ロボット<sup>[3]</sup>、およびユーザの上腕に抱きつくスキンシップロボット<sup>[5]</sup>を開発した。コミュニケーションのための様々なモダリティの中で、視線や話しかける音声の影響や兼ね合い<sup>[6]</sup>だけでなく、触覚刺激にも焦点を当てることとした。

本稿では、通知的な触覚提示だけでなく、感情的な伝達を含む双方向の接触コミュニケーションを検討する。特に、認知症介護におけるケアに着目した。Hu-

manitude<sup>[8]</sup>は、(1)被介護者の視界に入り視線を合わせ、(2)被介護者の体に触れ、(3)被介護者に声を掛け、(4)被介護者を歩かせる、という、ケアにおいて相手の人格を尊重した態度と自立的行動への支援を目的とした手法である。特に(1)から(3)は、相手を尊重した態度として被介護者を引き付け、コンセンサスを得ながら対話するために必要なプロセスと言える。Validation<sup>[7]</sup>はさらに詳細なアプローチだが、基本的には相手への共感と尊重の態度に重きが置かれており、接触を行うプロセスが重要な役割を果たしている。本研究ではこの中でも特に接触的なやりとりに焦点を当てる。

これらの温かい共感的なコミュニケーション技法は、認知症の人だけでなく、子供や身体的肉体的に外出しづらく支援が必要な人々に対しても有効であると考えられる。しかし、HumanitudeやValidationにおける身体的接触がこのようなポジティブな効果をもたらすと期待される一方で、他者の接触を好まない人もいる。特に、介護者と被介護者との間に十分な信頼関係がない場合はトラブルも発生しうる。

本稿では、ユーザとロボットとの双方向接触コミュニケーションの枠組みとして、慣れを考慮し、ステップを踏んで徐々に関係性を深めた後に、感情表現を含む長い接触を表現モダリティとして可能にするを考えた。触れ合いは人間同士のコミュニケーションにおけるもっとも親密なモダリティといえることができる<sup>[9]</sup>。パーソナルスペース<sup>[11]</sup>は個人が他者とコミュニケーションを取る際の物理的距離による対人距離感<sup>[10]</sup>に関わる概念である。対人距離が最も近い密接距離になれば、触れ合いを行うことは稀となる。つまり個人的に密接な関係において、互いを触れたりその感触を

<sup>\*1</sup>: 関西大学 総合情報学部

<sup>\*2</sup>: 立命館大学 情報理工学部

<sup>\*1</sup>: Faculty of Informatics, Kansai University

<sup>\*2</sup>: College of Information Science and Engineering, Ritsumeikan University

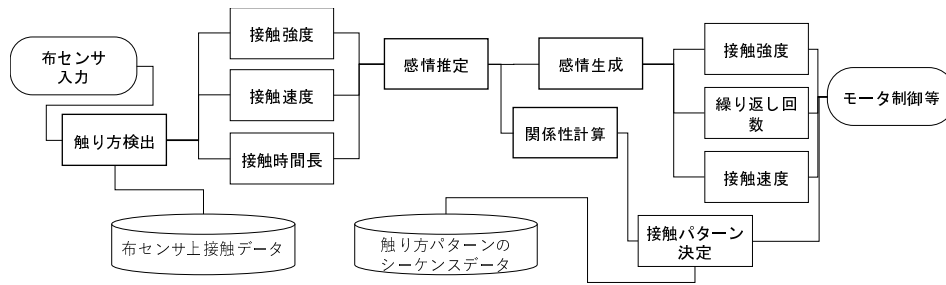


図1 内部処理フロー  
Fig.1 Internal process flow.

確かめたりといった接触のやり取りが行われる。本稿では、関係性と位置関係をキーとして、双方向接触により人とロボットが互いに徐々に豊かな表現を行うようになっていくための枠組みを述べる。

Giannopulu による Enrobotment<sup>[16]</sup> は自閉症の子供の対話的対象の理解に向けたロボットを用いた教育手法と言える。しかしこの際に対話相手とみなされるための複数のフェーズがあるため、そのフェーズに応じてロボットは対話的な態度を変えていくことも考えられる。我々はロボットとの engagement の観点から、その関係性に応じて触覚的なやり取りを変化させ徐々に深いコミュニケーションを行うことを提案した<sup>[17]</sup>。本稿では、相互的な接触<sup>[15]</sup>においてもこの段階的なやりとりを含ませ、コミュニケーションのレベルが深くなるほど感情的な表現を多様に行うロボットの接触表現を検討する。

## 2. 提案システム

### 2.1 システム概要

本システムは、ぬいぐるみロボットがユーザとの双方向的な接触コミュニケーションを行うことの実現を目指すものである。そのため、a) ユーザからの接触を認識し、b) ロボット自身の内部状態に基づく能動的接触行動の表現を決定した後、c) ロボットからの能動的な接触を実現する。これにより、ユーザの触り方に応じて、二者の関係性に基づき様々な感情や内部状態を表す「ロボットからの触り方」の制御を実現する。

認識されたユーザの接触パターンに応じて内部状態を変化させるための内部処理フロー全体を図1に示す。まず接触認識のため、ロボット表面の触り方検出を圧力マップを測定するセンサにより行う。その際、触り方に応じた圧力マップのデータを参照する。触り方のパターンを分類した後、接触時間や接触強度などを求めることで、感情的な傾向を推定する。その後、ロボットとユーザの関係性に応じて接触パターンを決定すると同時に、ユーザの感情に近い感情に変換し接触強度やパターンの繰り返し回数および接触速度を決

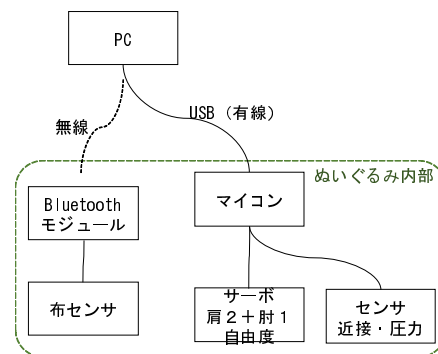


図2 ハードウェア構成  
Fig.2 Hardware structure.

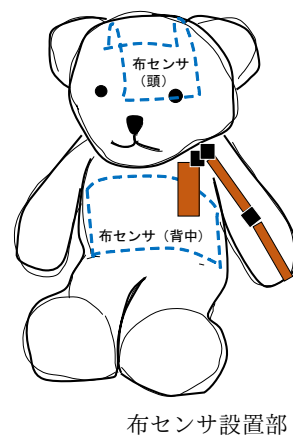
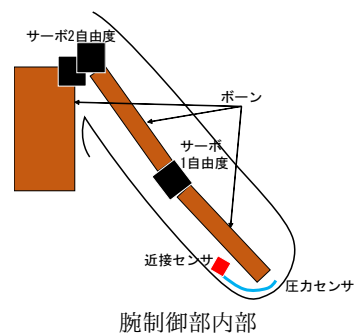


図3 ぬいぐるみ内部構成  
Fig.3 Internal setting of stuffed-toy robot.

定することで、モータ駆動を決定する。

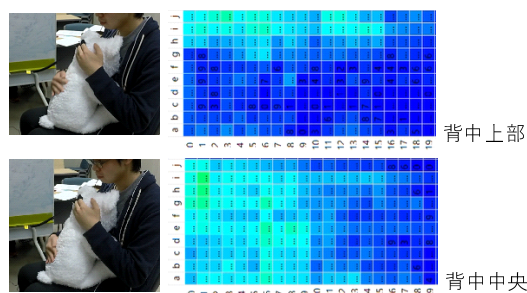


図4 布センサによる接触データ

Fig. 4 Touch pattern data captured by cloth sensor.

## 2.2 ハードウェア構成

まず、基本的なハードウェア構成を図2に示す。本システムは、PC (Windows8.1 64bit, core i7-3667U 2.0GHz, 8GB), サーボモータ3個, 制御用マイコン, 感圧布センサ2枚 (Bluetooth) から成る。

頭から臀部までの体長43cmのクマのぬいぐるみを用い、ロボットの外格とした。図3上に示すように、ぬいぐるみの腕内部にボーンを入れ、肩2自由度、肘1自由度のサーボモータを配置した。また、腕先には、接触対象の接近を検知する赤外近接センサと、接触対象に触れた後の力のかかり具合を検出する圧力センサを設置する。これは、外界を鑑みたモータ駆動を実現するための簡易なセンサ設置とした。

さらに、ぬいぐるみに対する接触を検知するため、図3下に示すように頭部と背中に圧力マップを取得するためのセンサとして、株式会社榎屋の感圧布センサ<sup>[12]</sup>を設置した。背中側には横20×縦10cmのセンサ、頭部には横5cm×縦15cmのセンサをそれぞれ設置した。布センサは1cm<sup>3</sup>毎の圧力値を得るため、センサ上のマップ解像度は2.54ppi (0.1ppm) となる。

布センサの圧力マップデータはBluetoothモジュールを通じて無線でPCに送られ、その接触情報に応じたロボットの能動的接触行動のためマイコンを介してサーボモータを制御する。

## 2.3 スキンシップ認識

図4に、背中を撫でるユーザの手の位置に応じて布センサの圧力マップが変化の様子を示す。

これまでに予備的に行った感情刺激画像IAPS<sup>1</sup><sup>[13]</sup>を提示した時の触れ方の違いから考えられる、感情と接触の時間長や強さに関する傾向を、図5に示す。快の感情の時には興奮度が高い時素早く繰り返す接触の傾向が見られた。そのため、図5であらかじめデザインした接触時間長や強度に加え、パターン速度をユーザの興奮度として扱う。

上記のように予備検討で有効と考えられた接触強度・

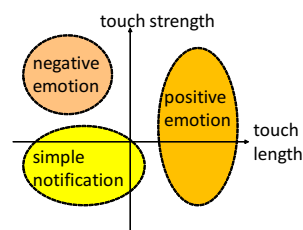


図5 強度と時間長

Fig. 5 Strength and length of the touch.

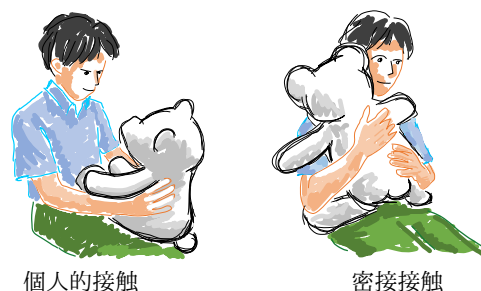


図6 接触コミュニケーションの想定ステップ

Fig. 6 Supposed steps of touch communication with the robot.

接触速度・接触時間長といった特徴量を抽出するため、以下のような処理を行う。

今回用いた布センサで得られる圧力マップは図4に示すように、2次元のデータである。ある時刻の圧力マップを画像とみなすことができるため、まず背景差分により、ぬいぐるみへの接触領域の抽出を行う。その後、接触領域の重心やオプティカルフローを抽出し、それらの処理結果から、接触強度・接触速度・接触時間長を計算する。

次に、得られた特徴量に基づき感情推定を行う。感情刺激画像IAPSには、各画像にValence値・Arousal値が付与されており、この値を教師データとし、上述の特徴量に基づき感情を推定する感情推定モデルを構築する。モデル構築には様々な手法が考えられるが、今回の実装では、Support vector regression(SVR)により学習を行う。今後、時系列的な変化も考慮したモデルについても検討していく予定である。

## 2.4 スキンシップ表現内部状態モデル

双方向接触インタラクションの前提として、まず長期的な関係性や短期的な感情をEmotional Circumplex<sup>[14]</sup>の2軸 (pleasure, arousal) について持たせることとした。

本来は多様なコミュニケーションの種類やレベルが存在するが、ある程度長期的な関係性をコミュニケーションのレベルによりシンプルに分類し、それぞれに応じた触り方のパターンを例として挙げたものを表1に示す。距離感を測りかねる探り合いの関係 (level

表 1 段階的な接触コミュニケーションによる関係構築  
Table 1 Stepwise communication for establishing better relationship.

	コミュニケーションのレベル	接触タイプ	例
level 0	興味を持つ	なし	—
level 1	相互作用性の確認と安全性確認	シンプルで短時間の接触	トントンとする, 突っつく
level 2	内部状態表現	比較的長期の接触	撫でる, 短期のハグ
level 3	長期的信頼の構築	連続的な接触状態	長時間のハグ, 手を握ったままにする

0) においては互いに触れる段階まで至らないが、関心を持つことによって安全な相手であるか確認するように短く接触する。安全や不快感がないことが分かれば撫でるなどより長い時間の接触となり、最終的には手を繋いだままにする、持ち歩く、といった継続的な接触になると考えた。くまのぬいぐるみロボットを用いているため、大人の人間と人間が触れ合う状況でのコミュニケーションのレベルの設定ではなく、あくまでユーザとロボットの関係性を検討するものである。

本稿では保持する体勢による関係性をシンプルに分類し考慮することとし、膝の上に置いた状態（図 6 左）と抱きしめた状態（図 6 右）をロボットからの能動的接触シーンの文脈として設定し、その文脈を関係性に当てはめることで、膝の上に置いた状態は level 1、抱きしめた状態を level2 として、それぞれトントンするといった報知表現、および撫でるなどの愛着表現を割り当てることとした。この際、ユーザからの接触として保持に関わる接触部分はスキンシップ表現としての接触ではないものとみなす。

## 2.5 ロボットの能動的なスキンシップ制御

現在の実装では、図 6 に示すような 2 つのシーンを想定している。ぬいぐるみロボットを膝の上に置いた状態（図 6 左）においては、ユーザの腕の近くにロボットの手・腕が存在するため、ロボットはユーザの腕を撫でるようなスキンシップ表現を行う。ユーザがぬいぐるみロボットを抱きしめている状態（図 6 右）においては、ロボットの手・腕（図 6 右ではロボットの右腕）はユーザの肩付近に存在するため、ロボットはユーザの肩を撫でるようなスキンシップ表現を行う。

ロボットからのスキンシップ表現の生成にあたっては、2.3 節で述べたユーザからのスキンシップ表現の特徴に応じて、ロボットからのスキンシップ表現を変化させる。例えば、ユーザからの接触強度が強ければ、ロボットも強く接触する、接触速度が速ければ、ロボットの接触動作も速くする、接触時間長が長ければ、ロボットからの接触も長くする、といったように、ユーザのスキンシップ表現に近い形で、ロボットからもスキンシップ表現を行う。

また、ロボットからのスキンシップ表現の動作生成においては、図 6 の 2 シーンを想定した基本スキンシップ動作を事前に作成しておき、その動作を上記の

ユーザからのスキンシップ表現の特徴量に応じて適切に変化させる。さらに、ロボットの腕がユーザに衝突してしまい、結果としてユーザを強く叩いてしまうといった、ロボットからの意図しないスキンシップ表現を防ぐため、ロボットの手部分に搭載された近接センサ・圧力センサを用いて、ロボットの腕の動作を適切に制御・調整する。

## 3. おわりに

本研究では、ぬいぐるみロボットとユーザが「触りあう」インタラクションを通じて心を通わせるための基礎的な枠組みを検討した。ユーザの触れ方の認識、ユーザの触れ方に応じたロボット内部感情生成、内部感情により起こるロボットのユーザに対する触り方の生成、ユーザ-ロボット間の関係性更新、をデザインし、長期的関係性に基づく適切な触れ合いインタラクションの構築へ向けたシステムを提案した。

課題として、触り方や強度における個人差は大きく、認識時の個人化は今後検討する必要がある。また、ユーザの持ち方や姿勢、距離などに応じた様々な状況を想定しなければ、ロボットからの能動的な触り方の制御に問題が生じることも考えられるため、ユーザとの体の位置関係を把握する手法が必要である。さらに、様々なスキンシップのパターンを取得し学習しながらそれぞれに感情をこめられるようなフレキシビリティのための枠組みが求められる。

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

## 参考文献

- [1] B.R. Duffy. Anthropomorphism and the social robot. Robotics and autonomous systems, 42(3), pp. 177-190. 2003.
- [2] T. Yonezawa, H. Yamazoe, A. Utsumi, S. Abe. Gaze-communicative Behavior of Stuffed-toy Robot with Joint Attention and Eye Contact based on Ambient Gaze-tracking. ACM ICM2007, pp. 140-145, 2007.
- [3] T. Yonezawa, H. Yamazoe, A. Utsumi, and S. Abe. GazeRoboard: Gaze-communicative guide system in daily life on stuffed-toy robot with interactive display board. IEEE/RSJ IROS 2008, pp. 1204-1209, 2008.
- [4] T. Yonezawa, Y. Koyama, H. Yamazoe, S. Abe, and K. Mase. Improving video communication for elderly or disabled by coordination of robot's

active listening behaviors and media controls. IEEE/RSJ IROS 2010, pp. 1476–1481, 2010.

- [5] T. Yonezawa and H. Yamazoe. Wearable partner agent with anthropomorphic physical contact with awareness of user's clothing and posture. In Proceedings of the 2013 International Symposium on Wearable Computers, pp. 77–80, 2013.
- [6] T. Yonezawa, H. Yamazoe, A. Utsumi, and S. Abe. Evaluating crossmodal awareness of daily-partner robot to user's behaviors with gaze and utterance detection. ACM International Workshop on Context-Awareness for Self-Managing Systems, pp. 1–8, 2009.
- [7] N. Feil. Validation therapy. *Geriatr. Nurs.* 13(3), pp. 129–133, 1992.
- [8] Y. Gineste and J. Pellissier. *Humanitude: Comprendre la vieillesse, prendre soin des Hommes vieux (think old age, caregiving for old men)*, Armand Colin, 2007. (in French)
- [9] マジヨリー・F. ヴァーガス 著, 石丸正 翻訳. 非言語 (ノンバーバル) コミュニケーション, 新潮社, 255 ページ, 1987.
- [10] E.T. Hall, “The Hidden Dimension,” Anchor Books Editions, 1966.
- [11] G. W. Evans, and R. B. Howard. Personal space. *Psychological bulletin*, 80(4), 334, 1973.
- [12] 島上祐樹, 堀場隆広, 田中利幸, 池上大輔, 榎堀優, 間瀬健二, 川部勤, 水野寛隆, 鈴木陽久. センサ織物の生体計測分野への応用. あいち産業科学技術総合センター研究報告 2: pp.94–97, 2014.
- [13] Lang, P. J., Bradley, M. M., and Cuthbert, B. N. (1999). International affective picture system (IAPS): Technical manual and affective ratings. Gainesville, FL: The Center for Research in Psychophysiology, University of Florida, 2.
- [14] J. Russell. A circumplex model of affect. *Journal of Personality and Social Psychology*. 39: 1161–1178. 1980.
- [15] T. Yonezawa and H. Yamazoe. Haptic Interaction Design for Physical Contact Between a Wearable Robot and the User. *HCI* pp. 477–490, 2017.
- [16] I. Giannopulu. Enrobotment: toy robots in the developing brain. In: Nakatsu, R., Rauterberg, M., Ciancarini, P. (eds.) *Handbook of Digital Games and Entertainment Technologies*, pp. 1011–1039. Springer, Singapore. doi:10.1007/978-981-4560-50-4\_59, 2017.
- [17] T. Yonezawa. Stepwise Experience Design of Tactile Interaction in Children's Enrobotment. In: *HAI Workshop of Enrobotment*, 2 pages. 2016.