

頭部姿勢の同期動作に基づく感情表現と意図伝達を行うペア型ロボットの開発

内田 美紗子¹ Eleuda Nunez² Modar Hassan² 廣川 暢一³ 鈴木 健嗣²

概要: コミュニケーションロボットは、孤独感の軽減に役立つ可能性がある。本研究では、単純なタッチのみのインタラクションによって悲しみを伝えることができるペア型ソーシャルロボットを紹介する。本ロボットは、離れて暮らす家族間でそれぞれが任意のタイミングで使用しながら、非言語情報で双方向に信号を伝達することができる。実証実験では、ロボットが2週間継続して使用されたことが確認され、提案されたインタラクションの有効性が示された。さらに、アンケートやインタビューから、社会的つながりを強化する可能性が示唆され、ロボットは既存のメディア（電話、電子メール、メッセージ）を補完するコミュニケーションとして機能する可能性がある。

1. はじめに

日本では高齢化と核家族化により、高齢者単身世帯は増加している。そうした高齢者は家族や地域社会とのつながりが希薄になりやすく、孤立しやすいという報告がある [1]。孤立により高齢者が感じる孤独感やうつ病やストレスなどのリスクを高め、健康へ悪影響を及ぼすため、孤独感の解消は重要な課題である。

離れて暮らす家族間での主なコミュニケーション方法として、通話・メッセージ機能を有するツールが挙げられるが、これらは言語的で明示的なコミュニケーションであり、世代や生活環境の違いによる使いづらさがある。本稿では、相手と同じ時間を共有するコミュニケーションシステムを同期式、時間を選ばずそれぞれのタイミングでやり取り可能なシステムを非同期式として定義する。これより、電話やテレビ通話などは同期式、メッセージでのやり取りは非同期式コミュニケーションにあたる。非言語情報のみのやり取りで、家族や親しい人同士でつながりを感じられるようにするため、日々の生活に溶けこみながら、存在感や日常生活の活動を遠隔で共有する研究が行われている。FamilyPlanter[2] や SyncDecor[3] は自分の存在情報やデバイスへの働きかけを光や音で伝達することで双方向コミュニケーションを支援し、相手とのつながり感覚を生み出せることを示している。しかし、これらは同期式のシステムであり、生活時間の異なる家庭では使用しにくいと考えら

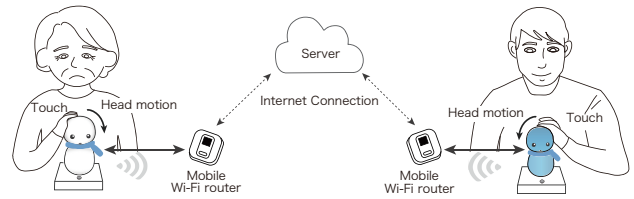


図1 システム構成の概要

れる。CalMate[4] は、負の感情をアバターを通じて伝達することで円滑なコミュニケーションを支援するものであるが、つながりや存在感については議論されておらず、感情の伝達による相手とのつながりへの影響は明らかになっていない。本研究ではコミュニケーションの情報源として、悲しみの感情に着目する。感情を共有することは、他者との距離を縮め、関係性の発展と維持に寄与する [5] が、特に悲しみの感情は、自身が何らかの原因により困っており、他者に助けを求めていることを伝えるとともに、他者からの共感や同情、援助を引き出す機能を持つ [5] と考えられており、そうした感情は主に親しい人とのみ共有される。さらに、悲しみを表現することを敬遠したり、抑制するような規範は、実際に否定的な感情を悪化させる可能性があることが報告されている [6]。これらのことを念頭に置き、悲しみを共有することを積極的に奨励し、促進するようなコミュニケーションシステムを構築することとする。本研究では、悲しみの感情を共有することは、家族とのつながりや関係性の強化に寄与し、その結果、孤独感や悲しみの軽減につながるのではないかと仮説のもと、悲しみ感情を伝達するコミュニケーションシステムを提案する。

¹ 筑波大学 理工情報生命学術院 システム情報工学研究群 エンバ
ワメント情報学プログラム

² 筑波大学 システム情報系

³ 日本電気株式会社

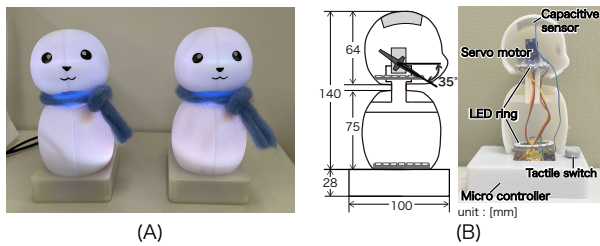


図 2 (A) 開発したロボット機器 (B) ハードウェア構成



図 3 実験でのロボット設置の様子

2. 提案手法

2.1 手法概要

本研究では、ペア型ソーシャルロボットを用いたコミュニケーションシステムを提案する [7]。図 1 に提案するコミュニケーションシステムの概要、図 2 に本研究で開発したペア型ソーシャルロボットを示す。本システムは外観と機能が同等な 2 台のロボットから構成され、それらがネットワークを介して互いに通信することで、離れた二者間でコミュニケーションができる。物理的な身体をもつロボットをメディアとして用いることで対話相手の存在感を感じやすく [8]、ロボット自身がアバターとなって同一空間内に存在することで、遠隔地の相手がそこに存在している感覚を生み出すことが期待される。

2.2 感情表現方法と状態遷移

ユーザーが直観的に理解できる様式でロボットが悲しみの表現を行う方法として、光と頭部動作を用いる。色彩心理学により色が特定の感情を想起させること、HRI の分野において、ロボットの動作を用いた感情表現が人に認知されやすい [9] ことがわかっている。そのため本研究では、これらを組み合わせることでロボットによる悲しみの表現を行うこととする。

悲しみの信号のみではインタラクションの頻度が極端に少なくなることが懸念され、実験期間内にインタラクションが行われない可能性がある。そのため、負の感情とは関係がない、特定の感情を含まない挨拶信号をインタラクションに加えた。

操作が容易なように入力はロボット頭部へのタッチ入力、または土台部のスイッチの押し込みで行う。入力により双方のロボットが動作することで、非言語情報でロボットが挨拶と悲しみ表現を行う。ロボット頭部へのタッチにより悲しみの信号が送信され、スイッチの押下により挨拶の信号が送信される。ロボットの状態変化は維持されるため、動作した瞬間を見ていなくても情報を受信したことがわかり、非同期でコミュニケーションがとれる。情報を受信していない状態では LED は白、頭は上がり、正面を向いている状態である。挨拶信号では情報受信後の状態の区別はなく、ボタンを押すとどちらのロボットも LED が緑

色に変化し、相手からの応答が返ってきた場合のみロボットが元の状態へ戻る。悲しみの信号では、一方のロボットの頭部をタッチすると、どちらも頭部姿勢の変化により悲しみを表現するが、情報の送受信の区別のため、受信側のみが青く光る。悲しみを受信した側のロボットにタッチすることにより、どちらのロボットも元の状態へと戻る。2 種類の信号を用いてインタラクションを行い、使用状況や感情伝達の有効性を調査する。

2.3 システム構成

タッチ検出には静電容量式センサ、ボタン押下にはタクトスイッチ、頭部のピッチ角の制御にはサーボモータ、色の变化には LED を用いる。ロボットの土台部分には Wi-Fi モジュールを搭載するマイクロコントローラが設置され、センサ情報に基づくタッチ検出とボタン押下、サーボモータおよび LED の制御、サーバーとの通信を担う。サーバーとは TCP/IP 通信で接続し、インターネット環境があれば、本ロボットは遠隔でどこからでもやりとりが行える。提案する状態遷移モデルでは一方のロボットの状態がわかれば、もう一方の状態も一意に決まる。状態遷移ごとに新しい状態を送ることで、送受信エラーによる状態ずれが発生しても容易に正しい状態遷移モデルに戻すことが可能である。

3. 実証実験

3.1 実験手順

開発したロボットを実際の生活環境下で使用する実験を行った。本実験の目的は、ロボットの使用感や使用状況について調査するとともに、開発したコミュニケーションシステムを用いることにより、2 者間の社会的つながりが強化されるのかどうかを調査することである。

3.2 実験方法

実験期間は 14 日間で、本ロボットは親しい間柄での使用を想定しているため、親子関係にある 2 名に参加してもらう。実験参加者には 2 種類の信号を送ることができるコミュニケーションツールであることを伝え、操作方法とインタラクション遷移を動画を用いて説明し、ロボットを任意の時刻に任意の回数使用するよう依頼する。2 週間各家

庭にロボットを設置し、コミュニケーションの記録をサーバー上で収集するとともに、実験期間後に実験参加者にロボット使用状況に関するアンケートと具体的な使用状況についてインタビューを行う。

3.3 結果

14日間で43回のやり取りが行われた。そのうち、挨拶信号が39回、悲しみの信号が4回送信され、いずれの場合においても返答が見られた。挨拶信号に対する平均応答時間は5分55秒、悲しみの信号は2分47秒であった。また、実験参加者は両者ともに家庭内の見やすい位置にロボットを設置していたため、相手から信号が届いた際にはすぐに気が付き、返答を行っていた。ロボットの色や動作が変化するため、一目見ただけで情報の受信や相手が返事をしたことに気付くことができたとの回答を得た。

信号を送ったタイミングは、挨拶信号を朝と夜に一度ずつ使用し、帰宅のタイミングで使用することが主な使用状況であった。一方、悲しみを送ったタイミングは一方の実験参加者のみであり、動作の確認や、疲れた時、自身の応援するスポーツチームの敗北をテレビで見ていた時などであった。

悲しみを送ったタイミングや意見は以下であった。

悲しいというよりも残念な気持ちや、軽い悲しい気持ちをロボットを通じて伝達しようとした。重い悲しみではなく、日常で感じた軽い悲しみを送ろうと思ってロボットを使用していた。ロボットから返事が返ってきた際には気持ちが共有されたような感覚があったとの回答を得た。悲しみを使わなかった実験参加者の意見として、14日間の期間中に悲しいと送るタイミングがなかったと回答した。悲しみが送られてきたときには挨拶との違いに気付いたものの、特に悲しみに対して共感しているのではなく、ただロボットを通じて返事を返していたことがわかった。その理由として、ロボットで送られてくる悲しみは軽いものであり、急を要する連絡はないだろうと感じたと回答した。

3.4 考察

実証実験において、応答時間に関わらずすべてのやり取りにおいて返答が見られており、非同期でのコミュニケーションが成立していたことから、提案するコミュニケーションプロトコルの有効性が明らかになった。1日に何回かロボットを通じてやり取りをすることで、自然と相手のことを想うことが増え、見守ってくれているように感じたとの意見があり、特に信号が届いた時間によって相手の行動を推し量っており、相手が今何をしているのかを考えるきっかけとなっていた。これは、本システムは特定の相手との関係性を強制することなくつながりを意識することができるシステムとして機能する可能性がある。また、悲しみを送信し、返事が返ってきた際に気持ちが共有されたよ

うな感覚があったとの意見は、気軽に相手に自身の感情を伝え、互いに気にかけている状況を共有するコミュニケーションが成立していると言える。これは遠隔にいながらも精神的なつながりを生み出し、感情を共有することの有効性を示唆していると考えられる。

4. まとめと今後の展望

提案するシステムは、負の感情にあるという状態を共有したいという意図のみを伝達する新しい手段を提供するものである。アンケートやインタビューの結果から、本システムはゆるやかなつながりを保ち、相手の存在感を感じやすくしている可能性が示唆される。負の感情伝達を行うことでの孤独感や悲しみの軽減への効果を明らかにするために、実際の生活環境下でのさらなる実験による検証が必要である。今後は、アンケートやインタビューで得られた意見を参考に、長期的かつ複数の実験参加者に協力してもらって実証実験を行い、負の感情伝達の有効性やその影響を明らかにするとともに、孤独感や社会的つながりへの影響を調査していきたい。

参考文献

- [1] 内閣府, 令和3年版高齢社会白書.
- [2] 宮島麻美, 伊藤良浩, 渡邊琢美, “社会実証実験によるつながり感通信の効果の検証と分析”, 情報処理学会シンポジウム論文集, vol. 7, pp. 271-277, 2003.
- [3] 辻田眸, 塚田浩二, 椎尾一郎, “遠距離恋愛者間のコミュニケーションを支援する日用品“SyncDecor”の提案”, コンピュータソフトウェア, vol. 26, no. 1, pp. 25-37, 2009.
- [4] Nakagawa, M., Tsukada, K., Sii, I., “Calmate: Communication support system for couples using a calm avatar,” In Proceedings of the 2012 ACM Conference on Ubiquitous Computing, pp. 604-605, 2012.
- [5] 川瀬隆千, “感情を語る理由: 人はなぜネガティブな感情を他者に語るのか,” 宮崎公立大学人文学部紀要, vol. 7, no. 1, pp. 135-149, 1999.
- [6] Singh-Manoux, A., Finkenauer, C., “Cultural variations in social sharing of emotions: An intercultural perspective,” Journal of cross-cultural psychology, **32**(6), 647-661, 2001.
- [7] Uchida, M., Nunez, E., Hassan, M., Hirokawa, M., Suzuki, K., “Paired Robotic Devices with Subtle Expression of Sadness for Enriching Social Connectedness,” In International Conference on Social Robotics, pp. 254-263, 2023.
- [8] 芝智偉, 今井順一, “人物動画像とロボットの連動により話者の存在感を表出する遠隔対話システム,” 日本感性工学会論文誌, vol. 14, no. 4, pp. 497-504, 2015.
- [9] Saunderson, S., Nejat, G., “How robots influence humans: A survey of nonverbal communication in social human-robot interaction,” International Journal of Social Robotics, vol. 11, pp. 575-608, 2019.