

親和的インタラクションに基づく人に優しい情報提供

People-friendly communication robot having human-like attentiveness

金岡 利知 今井 岳 立田 隼人 渡辺 一郎 安川 裕介
Toshikazu Kanaoka Takashi Imai Hayato Tateda Ichiro Watanabe Yusuke Yasukawa

(株)富士通研究所
Fujitsu Laboratories, Ltd.

We have been developing the bear cub social robot, with the appearance of a stuffed bear cub and a child-like personality, which aims to be a friendly companion in daily life. In this paper, we propose a people-friendly communication method with human-like attentiveness and show some experimental results.

1. はじめに

筆者らは、介護、教育、一般家庭などの日常生活に溶け込み、ユーザにとってあたかも良きパートナーであるかのように共生しながら見守りや生活支援などのネット連携サービスを提供する「人に優しい端末」の実現を目指し、「子ぐま型ソーシャルロボット」の開発を行っている。従来の PC や携帯端末のような、単に情報伝達をするだけの無味乾燥な端末ではなく、ユーザの感情に訴えかけユーザとの愛着・絆を形成できる新しい端末の実現を目指している。そのために、端末自体をあたかも意思を持っているかのように自律的・生物的に動作させながら、ユーザとのアイコンタクトや同調動作などの社会的ふるまいを可能とする親和的インタラクションを開発してきた[富士通 2010, 渡辺 2007, 山岡 2010, 雨宮 2011]。

近年、我が国では世界一の長寿国であるとともに、高齢化が急速に進んでおり、65 歳以上の高齢者は全人口の 4 人に 1 人に達しようとしている[総務省 2009]。一方、人口の超高齢化に伴って認知症患者が急増しており、平成 37 年には介護を必要とする認知症患者が 300 万人を超えると予測されており、その半数が自宅で生活しているといわれている[厚生労働省 2003]。認知症を発症している高齢者は、記憶障害や判断力障害などの中核症状により、現在の時刻や場所、動作の前後関係などの把握が困難になる。そのため、同じ行動を繰り返したり、介護者や遠隔の家族に対して何度も時間を聞いたりすることがある。このような人々の多くが認知症状の進行によって介護を必要とした場合、高齢者の負担、介護者の負担、社会的な負担が増加してしまう。そのためにも、高齢者の自立を支援し、心豊かな生活を支援する機器の開発は急務であり、このような症状を持つ人の自立生活を支援するために、時刻や次の行動(食事やトイレなど)の呈示を支援機器によって実現する試みが進められている[成田 2008, Nihei 2011]。

一方、単に設定された時間に情報を発信すると、ユーザが忙しくしていたり、寝ていたり、テレビを見ていたりなど、ユーザの興味が情報発信源に向かっていなければ、ユーザに対して確実に情報を伝達できないばかりか、迷惑と感ぜられてしまう可能性すらある。こうした課題に対して、人であればさりげなく相手の興味が引くサインを出しつつ話し掛けるタイミングを伺うように、ユーザとのインタラクション状況や情報の重要性・緊急性を考慮して、迷惑・邪魔といった心理を与えない工夫が必要である。米

澤ら[米澤 2009]は、ロボットによって話し掛け意図行動を示しながらユーザの興味が得られるのを待ってから話し掛ける行動モデルを提案している。しかしながら、一旦ユーザの興味が得られた後も、話し掛けるまでのタイミングが適切でない場合や、ユーザがロボットの意図を十分に理解できていないなど、ユーザが聞く体制にない場合、ユーザは発話内容の理解が難しくなってしまう。

本稿で提案する「人に優しい情報提供」は、ユーザとのインタラクション状況や興味に応じて段階的にユーザを聞く体制に誘導して情報提供する行動戦略である。ユーザの興味がロボットに無い段階では、ロボットの身体性と生物的動作を駆使してさりげなくユーザの興味を引き付け、一旦ユーザの興味が得られると、ユーザの興味を持続させるように積極的に働き掛けを行い、確実に情報を伝えることを目的としている。

本稿では、まず子ぐま型ソーシャルロボットの特徴について簡単に説明し、次いで、そのロボットの特徴を活かした情報提供戦略について詳しく述べる。最後に、認知症高齢者に対して行った検証実験で得られた結果について考察する。

2. 子ぐま型ソーシャルロボットの特徴

子ぐま型ソーシャルロボットは、ユーザが感情移入しやすく親近感を持って接することができるように、子ぐまのぬいぐるみ状の外観に幼児風に擬人化された振る舞い表現を持たせている。本ロボットには、合計 12 個のモータと 13 個の皮膚タッチセンサが内蔵されており、感情表現やジェスチャなどノンバーバルな表現を特徴とする約 300 の振る舞いを内部状態に応じた自律的動作やユーザとのインタラクションに応じて表現することができる。さらに、子ぐま型ロボットの鼻には小型カメラが内蔵されており、図 1 に示すようにユーザとのアイコンタクトや模倣動作など、ユーザとの親和的な関係性を築くためのインタラクション機能を持っている[富士通 2010]。



図 1 子ぐま型ソーシャルロボット

連絡先: 金岡利知, (株)富士通研究所,
〒243-0197 神奈川県厚木市森の里若宮 10-1,
046-250-8840, kanaoka@jp.fujitsu.com

3. 擬人的配慮に基づく情報提供戦略

本ロボットのように、自発的動作による生き物らしい動作を特徴とするロボットが人に対して情報提供を行う場合、単に設定された時間に情報を一方的に発信するような機械的な行動では、違和感を与えるだろう。このような場合、人であれば、相手の様子を見ながら興味を引くサインや目配せをしながら相手が気付いてくれることを待って、話し掛けるタイミングを伺うように、相手の状況に配慮して行動するとともに、お互いに非言語コミュニケーションを駆使して意思表示と確認を行っている。本節では、このような擬人的配慮に基づく情報提供戦略について提案する。

3.1 ユーザとのインタラクションを基にした行動戦略

擬人的配慮に基づく情報提供戦略のフローを図 2 に示す。「注意誘導」、「導入行動」、「情報提供」の 3 つのステップを持ち、それぞれのステップにおいて、ロボットはユーザに対して意思表示をするアクションを行い、それによって引き出されたユーザの自然な反応を確認することで、ステップを遷移する。このとき、それぞれのアクションはユーザに強制感を与えないように、非言語表現を主としたさりげないものとする事でユーザに配慮している。図に示す具体的な流れを以下に説明する。ロボットはユーザに伝達すべき情報を受け取ると、「注意誘導」では、ユーザの注意を引くためにそわそわする素振りを見せながら物言いたげな雰囲気を作る。さらに、ロボットがユーザを見つけると、じっと注視して無言の意思を表現する。ユーザがロボットの意思に

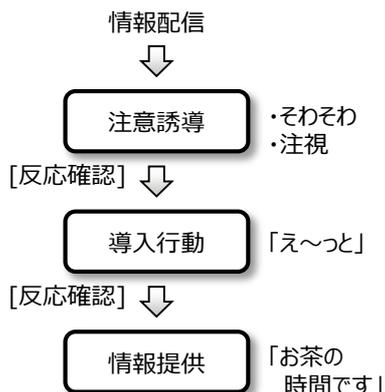


図 2 擬人的配慮に基づく情報提供戦略フロー

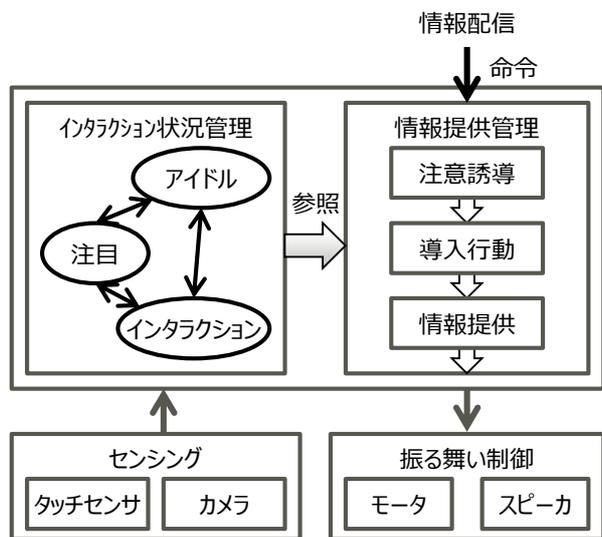


図 3 システム構成

気付いてロボットに対して働き掛けを行うことで、ロボットはユーザとインタラクション状態になったと判断し、次のステップへ進む。「導入行動」では、「え〜っと」などのフィラーによって後に発話が続くことを連想させ、この時のユーザの反応によってユーザが聞く態勢になっていることを確認すると、次のステップに進む。「情報提供」では、ユーザと目を合わせてユーザの興味を常に確認しながら情報を伝える。

システム構成を図 3 に示す。ロボットは、周囲に人が居ない(アイドル)、人に注目(注目)、人と触れ合っている(インタラクション)等の状態をカメラや皮膚タッチセンサなどセンサ入力を元に推定し、ユーザとのインタラクション状況を管理し、インタラクション状況に応じて人を意識した社会的振る舞いを行う。さらに、情報提供の指示があれば、「注意誘導」、「導入行動」、「情報提供」の 3 つのステップをインタラクション状況やそれぞれのステップに対するユーザからの反応を確認することで実行する。以下では、それぞれの動作ステップについて、さらに詳しく述べる。

3.2 注意誘導のための視線強調動作

ユーザとインタラクション状況でない場合、ロボットはユーザの興味を引くために独り言やそわそわするなどの間接的な振る舞い表現によって存在をそれとなくアピールする。ここで、ロボットが人の存在に気付いたとき、身体の動きを一瞬止めて注視する。この動作は、猫が人を見たときに、立ち止まってじっと見つめるような動作であり、ユーザの視界内において急に動きが止まって見つめられることで、心理的に興味を引き付けることが期待できる。ユーザがこれらの行動によって興味を引き付けられてロボットを見つめ返したり、近付いたり、触れたりするような興味行動をロボットが検知すると、ロボットはユーザがこちらに興味を持っていると判断し、インタラクション状態となる。ここで、身体動作を一瞬静止して視線を強調する動作の効果を確認する基礎実験について説明する。

[実験 1] 視線強調動作有無による視線認知率

視線強調動作の有無がユーザの視線認知にどのような影響を与えるかを調べる実験を行った。被験者の正面 1m の位置にロボットを設置し、ロボットは自発動作をしながら、数秒間ごとに被験者と視線を一致させ、視線一致時にランダムに視線強調動作の有無を切り替える。このとき、被験者がロボットの視線を意識したと感じたときにボタンを押してもらい、視線強調動作アクションの有無に対する反応回数をカウントする。ただし、一回の視線一致時間は 2~4 秒とし、視線一致をしていない場合のボタンについてはカウントしていない。また、実験時間は 10 分間とし、5 名の男性被験者が行った。ロボットの視線強調動作の有無による被験者の視線認知率の違いを図 4 に示す。図より、視

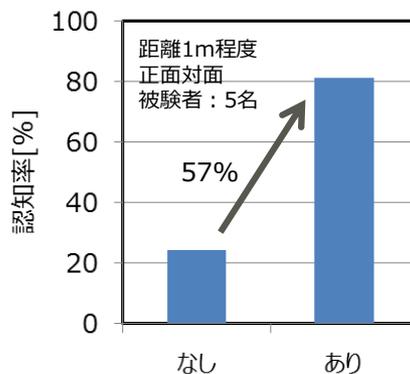


図 4 視線強調動作有無による視線認知率

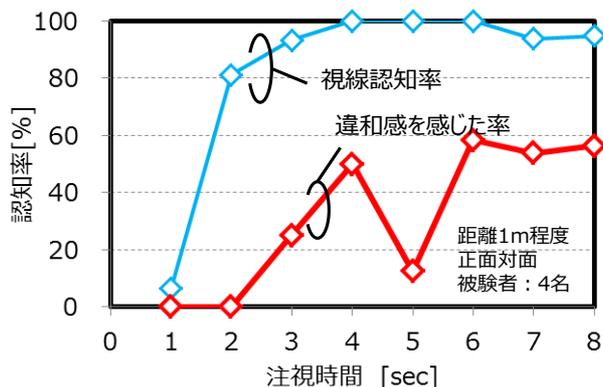


図5 静止時間に対する視線認知率と違和感率

視線強調動作を行うことによって、被験者は視線を意識できるようになることがわかる。この結果より、単に視線を合わせるだけでなく、身体の動きを伴うことで、より視線を人に意識させられることがわかる。

[実験2] 視線強調動作時間による視線認知率

次に、視線強調動作による身体の静止時間がユーザの視線認知にどのような影響を与えるかを調べる実験を行った。ユーザの正面 1m の位置にロボットを設置し、ロボットは自発動作をしながら、数秒間ごとにユーザと視線を一致させ、視線一致時にランダムに視線強調動作の静止時間を 1~8 秒の間で切り替える。このとき、ユーザがロボットの視線を意識したと感じたときに認知ボタンを押してもらい、動作に違和感(不自然さ)を覚えたときに違和感ボタンを押してもらい、それぞれの反応回数をカウントする。ただし、視線一致をしていない場合のボタンについてはカウントしていない。また、実験時間は 10 分とし、4 名の男性被験者が行った。静止時間に対する視線認知率と違和感率を図 5 に示す。実験の結果、2 秒以上の静止で 80%以上が視線認知できるが、あまり長い静止となると違和感をユーザに与えることがわかる。この結果より、視線強調動作による静止時間は 2~3 秒が最適であることがわかる。実験 1 では、この結果を元に静止時間を 2~3 秒とする動作を 9 割発生させ、少ない頻度で 4 秒の動作を発生させた。

3.3 導入行動

急に話し掛けられると相手が人であっても内容を理解することが難しいように、導入行動では、情報提供を示唆する行動をユーザに示すことによってユーザの心の準備を促すとともに、その反応を見ることによってユーザの興味を確認できる。具体的な導入行動には、ユーザに発話があることを示唆するために、「えーっと」や「あのー」と言ったフィラーを用いることとした。フィラーは一般的には会話の間を埋める言葉として使われるが、ここでは、ロボットに発話ターンがあることを示し、ユーザに注意を向けることを喚起するために用いた。このとき、発話に合わせてロボットは、ユーザを見つめて静止し、軽く手を挙げてユーザの注意を引く行動も合わせて取っている。ロボットはフィラーに対してユーザから見つめ返し(アイコンタクト)、発話、うなずき、微笑み、触れるが興味反応として得られることを期待し、ユーザの興味判断としている。興味を得られていないと判断されれば、必要に応じてフィラーを繰り返してユーザの興味を引き付けることにも用いる。また、次のステップへは、導入行動に対するユーザの反応確認から 100ms 以内で遷移でき、導入行動によって引き付けた興味を持続したまま情報提供を行うことができる。

3.4 情報提供

情報提供では、ロボットの発話に対するユーザの興味持続をさらに促すために「あのね」や「聞いて」などのフィラーを再度挿入し、ユーザと目を合わせて身体を静止させて発話する。発話中もユーザからの視線や表情などの反応を常に検出することで興味を持続を逐次確認する。情報の伝達重要性が高い場合、ユーザの興味が途中で失われたと判断されれば、もう一度ユーザの興味を引いて発話を繰り返し、確実にユーザに情報を提供する。

4. 認知症高齢者を対象とした検証実験

開発した技術の効果検証及び課題抽出のため、認知症高齢者を抱える家族一世帯の協力のもと、検証実験を行った。

実験の配置図を図 6 に示す。被験者は認知症の症状を持つ 90 歳女性であり、被験者が座った状態で同じ目線の高さで自由に触れることができる正面の位置に子ぐま型ソーシャルロボットを設置した。事前に被験者に対して触れ合い方についての教示は行わず、普段通りの生活の中で好きな時間に自由に触れ合ってもらった。また、被験者のストレスを考慮して一定時間間隔でロボットが睡眠に入るように設定し、過度に触れ合わないよう配慮した。ただし、被験者が触れることによって起こすような働き掛けをすれば、ロボットは睡眠状態であっても起きるようになっている。1 日の実験時間は午後 1 時 30 分から 4 時 30 分までの 3 時間として、4 日間実施した。

実験方法は、スケジュール設定によって定期的に現在日時やおやつのお知らせ、季節の話題などの情報発信を設定し、擬人的配慮に基づく情報提供戦略を用いて情報提供した。情報提供時には、情報提供戦略の有効性を分析するために、被験者からの反応をロボットが持つ各種センサによって検出したセンシング結果を自動記録するとともに、ロボットに搭載されたカメラを用いて情報提供時の様子を録画した。

実験中の被験者の行動は、トイレや散歩などで短時間離れる時間はあったが、それ以外の時間は実験配置図に示した位置において横になって昼寝をされているか、テレビの視聴やロボットとの触れ合いを楽しんでいた。

実験で取得した記録データより情報提供戦略の効果进行分析すると、被験者が昼寝をされているときなどロボットに対する興味がないときは、「注意誘導」によってさりげなくロボットへの興味は誘うが、無理に被験者を起こすことはなかった。一方、被験者が起きてロボットの前に居る場合には、テレビを視聴している時においても、被験者の興味をロボットに引き付けて即座にインタラクション状態となっていた。

「導入行動」では、合計 43 回の実行に対し、全てにおいてロボットに対する興味反応が得られた。導入行動に対してロボットが検出した反応種別と割合を図 7 に示す。図より、被験者の反応の多くがロボットの導入行動に対してアイコンタクトで返し、他

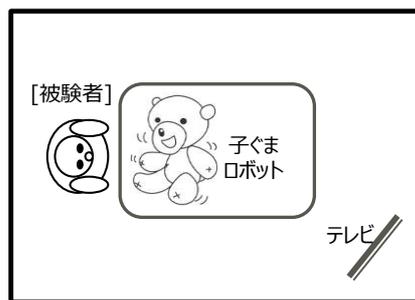


図 6 実験の配置図

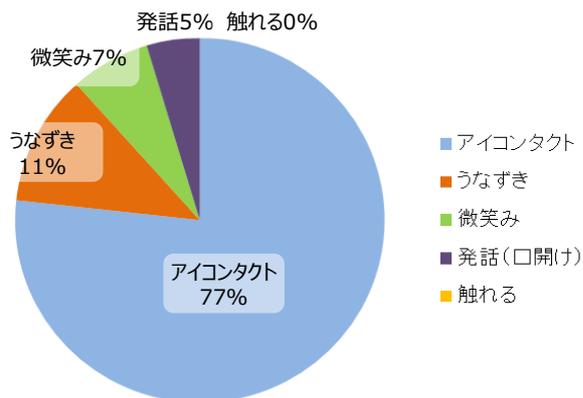


図 7 導入行動に対する反応種別と割合

の反応についても被験者からは発話（音声については口の動きで判別）以外のノンバーバルな反応を多く返していたことがわかった。また，導入行動に対して被験者から得られた反応までの時間（導入行動の発話終了から反応検出までの時間差）は，平均 1 秒であり，早い時間で反応が得られていた。これらの結果より，被験者はロボットの導入行動に対して即座にロボットを注視する興味反応を示し，ロボットはこの傾聴姿勢に誘導した状態を維持したまますぐに情報提供を行うことができている。

以上のように，被験者を傾聴姿勢に誘導した状態で情報提供を行うことができたが，被験者にとって今回用いた音声合成によるロボットの発話が聞き取りにくいものであったため，発話内容の理解は難しいものであった。今後は，より聞き取りやすい音声発話にするとともに，本技術を用いたときの情報提供の確実性を検証したい。

5. おわりに

本稿では，子ぐま型ソーシャルロボットを用いた親和的インタラクション技術の特徴を活かした情報提供戦略を提案し，認知症高齢者に対して行った検証実験について述べた。今回提案した「人に優しい情報提供」は，単にロボットからユーザへの一方的な働き掛けではなく，ユーザがロボットに興味を持つことで初めて積極的な働き掛けを行うユーザ本位な戦略である。ユーザとのインタラクション状況に応じて段階的にユーザの興味の引き付け力を強くしていくことでユーザを聞く体制に誘導していき情報提供する。さらに，ロボットに対するユーザの興味を途切れさせないようにするために，ロボットからの働き掛けに対するユーザの興味確認には，ユーザの様々な非言語行動を検出することによって，ユーザの興味確認をスムーズにしている。このように，人同士では当たり前に行っている配慮を取り入れるとともに，非言語コミュニケーションによる“あうん”の呼吸で応対することで興味を持続したまま情報提供できる。検証実験によって，ロボットからの働き掛けによって，ユーザの興味を引き付けるとともに，ユーザからのノンバーバルな興味反応を確認でき，即座に情報提供できることがわかった。今後は，情報提供内容の伝達確度向上を目指すとともに，認知症高齢者に限らず多くの被験者に対して実験評価を行うことによって技術の検証を進める。また，本技術を用いた高齢者の生活自立を支援するための応用サービスや，子供の教育など他分野への応用についても検討していく。

参考文献

- [富士通 2010] 人にやさしい端末「子ぐま型ソーシャルロボット」ユーザと親和的な関係を築くインタラクション技術，富士通ジャーナル 2010 年 4 月号，富士通 2010.
- [渡辺 2007] 渡辺一郎ほか：生き物感を有する対話ロボットによる高齢者セラピー，日本ロボット学会講演会 (RSJ2007) 予稿集，2B26，2007.
- [山岡 2010] 山岡久俊ほか：認知症高齢者を対象とした親和的ロボットによるロボット・セラピー，第 24 回人工知能学会全国大会 (JSAI2010) 予稿集，1H2-NFC3b-8，2010.
- [雨宮 2011] 雨宮智ほか：高齢者介護施設における子ぐま型ソーシャルロボットの影響度評価，日本ロボット学会講演会 (RSJ2010) 予稿集，1F3-1，2011.
- [総務省 2009] 平成 20 年住宅・土地統計調査，総務省統計局，2009.
- [厚生労働省 2003] 高齢者介護研究会：2015 年の高齢者介護，厚生労働省，2003.
- [成田 2008] 成田拓也ほか：認知症者を対象としたスケジュール把握支援システムの開発，第 22 回人工知能学会全国大会 (JSAI2008) 予稿集，3I3-08，2008.
- [Nihei 2011] Misato Nihei et al.: Development of an Interactive Information Support System for Persons with Dementia, 26th Annual International Technology & Persons with Disabilities Conference, 2011.
- [米澤 2009] 米澤朋子ほか：ユーザの視線・発声に対するクロスモーダルアウェアネス～ユーザ状況把握を表すロボットへ，2C-3，HAI シンポジウム 2009，2009.