

[研究助成 (A)]

高齢者の興味を引くコミュニケーションロボットの開発

Development of a communication robot that attracts elderly people

2221008



研究代表者

香川高等専門学校
電子システム工学科

講師

大西 章 也

[研究の目的]

我が国では今日、超高齢社会を迎え、医療や介護の負担が増大し、より多くの人手が必要となった[1]。また2019年国民生活基礎調査によると、65歳以上の者がいる世帯のうち、28.8%が単独世帯であった。このような背景から独居老人の孤独感[2]やコミュニケーション不足[3]による影響が危惧される。これまで高齢者のためのコミュニケーションロボットが提案されており[4]、それらは独居老人の孤独感やコミュニケーション不足の改善に貢献すると期待できる。

アザラシ型メンタルコミットロボットのパロ[5]は高齢者向けコミュニケーションロボットの代表例である。パロはアクチュエータ（まぶた、首、前足、後ろ足）、光センサ、マイクロフォン、ひげ触覚センサ、スピーカ、姿勢センサ、温度センサ、ユビキタス面触覚センサ、CPUから成る。パロは自発的な行動や、センサが反応した場合の行動が割り当てられている。さらにパロには学習機能が備わっている。例えば撫でられた行動が出やすくなるように学習するような強化学習や、新しい名前を学習するなどの機能を有する。これらにより一般家庭や医療福祉施設でのロボットセラピーを実現し、不安、うつ、痛み、孤独感、睡眠の改善効果が見られた[6]。

強化学習を用いればパロのような高度なロ

ボットセラピーの実現が期待できる。これまでコミュニケーションロボットに強化学習が用いられた事例はある[7]が、強化学習を導入することにより興味がどのように変化するかは知られていない。そこで本研究ではロボットが相手の興味をどのように学ぶかを技術的課題として設定した。

本研究ではコミュニケーションロボットに強化学習を実装し、それが興味に与える影響を明らかにすることを目的とした。本研究では図1のようにロボットが被験者の興味を引く行動、例えば手を振る、踊る、しゃべるなどの行動を取る。その行動を受けた被験者の反応をロボット搭載のセンサで読み取り、被験者の状態を判別する。このような手続きから被験者の状態がよりポジティブになるような行動を取るよう強化学習により学習する。実験(1)では強化学習がコミュニケーションロボットの興味に与える影響を明らかにするため、強化学習を用いる場合と、強化学習の代わりにランダムに行動を選択する場合とを比較する。また、従来の強化

技術的課題: ロボットが相手の興味をどのように学ぶか?

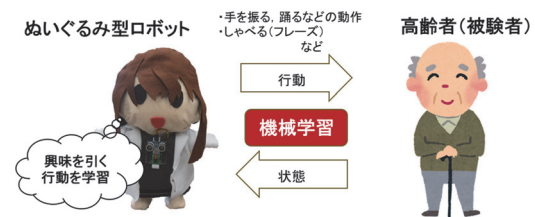


図1 コミュニケーションロボットを用いた実験の概要

学習はコミュニケーションロボット専用に提案されたものではないため、実験(2)ではコミュニケーションロボットに適した強化学習アルゴリズムを開発し、その効果を明らかにすることを目的とする。

[研究の内容, 成果]

(1) 強化学習がコミュニケーションロボットの興味に与える影響[8]

本研究ではまず、強化学習がコミュニケーションロボットの興味にどのように影響するかを調べた。その影響を調べるにあたりコミュニケーションロボットの試作機(以下、試作機)を開発した。試作機はRaspberry Pi 3 Model B+, ポータブルディスプレイ, PC, イヤホン, 押しボタンスイッチ(好き, 嫌い)から成る。試作機は事前に用意されたメッセージの中から一つを自動的に選び、それを被験者に対してイヤホンおよびディスプレイから提示する。ユーザはそれを受け、「好き」または「嫌い」をボタン押しにより反応する。試作機はその反応をもとに今回提示したメッセージを出やすくするべきかを計算する。その結果は次回、メッセージを自動的に選ぶ際の参考とするために用いる。ここで強化学習の用語を用いると、試作機がメッセージを提示することを「行動」、ユーザの心理をセンサから推定し、カテゴリ化したものを「状態」、メッセージを選ぶ際の参考となるような計算結果を「価値」と呼ぶ。今回は強化学習にQ学習を使用した。また、行動の選択には ϵ -greedy法を用いた。

本実験では15種類の行動を用意した。また「好き」ボタンを押すと強化学習における「報酬」が得られ、行動に対する価値が上がるように更新される。逆に「嫌い」ボタンを押すかどちらのボタンも押されなかった場合は「罰」が与えられ、行動に対する価値を下げるように更新される。状態は2つのボタンの組み合わせ分だけ用意した。

対照実験には行動をランダムに選択した場合を用意した。用意する試作機やメッセージ自体も結果に影響するため、それらと区別してアルゴリズムの効果を明らかにするためには対照実験が必要である。Q学習とランダムのそれぞれを用いた場合を比較すれば、ランダムに行動を選択した場合を基準としてQ学習を用いた場合にどの程度影響を及ぼすかを明らかにすることができる。順序効果を避けるため逆順での実験も交えた。さらにアンケート調査(VAS)によりそれぞれの場合の興味を100(とても興味が沸いた)から-100(全く興味が沸かなかった)で回答してもらい、t検定を行った。被験者は健常者6名であった。

その結果を図2に示す。試作したシステムに対する興味はQ学習を用いた場合に69.6%となり、ランダムに行動を選択した場合(22.8%)と比べて有意に高いことが分かった($p < 0.05$)。したがって、ランダムにメッセージを提示する場合に比べ、Q学習を用いた場合のほうが46.8%だけシステムに対する興味が高くなることが分かった。本実験結果はまた、単にメッセージ自体がシステムによる興味を引いたわけではなく、強化学習を用いたことがより高い興味を引く一因となったことを示唆する。

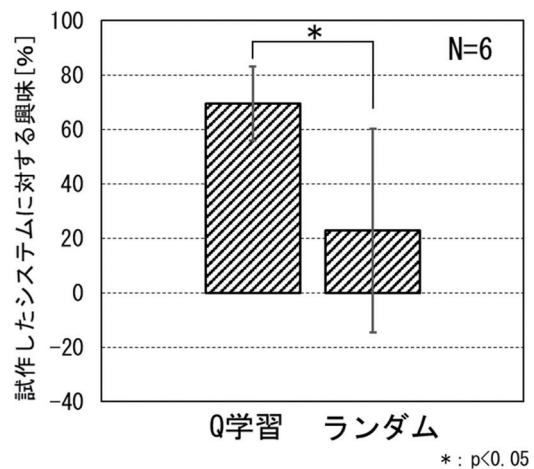


図2 Q学習により行動選択するシステムのほうがより興味を引く

(2) コミュニケーションロボットに適した強化学習アルゴリズムの開発

Q学習のような強化学習は一般に各行動に対して価値を決め、状態に最も適した行動をとるよう学習する。しかし、行動の種類が増えると未知のパラメータが増えるため、学習に時間を要するといった問題があった。また、学習後、各状態に対して取りうる行動が限られ、飽きやすくなるといった問題があった。

そうした問題に対処するため、行動をカテゴリ化し、連続で同じカテゴリが出現しにくくし、一定期間報酬や罰が得られなかった場合に価値をリセットする FRAC-Q 学習を提案した。本アルゴリズムを用いることにより Q 学習よりも飽きにくくする効果が期待できる。

本実験では図3に示す人型ぬいぐるみコミュニケーションロボット「学実（まなみ）」を開発した。学実には Raspberry Pi 3 Model B+, カメラ, 超音波距離センサ, スピーカ, マイク, サーボモーター 2 個, モバイルバッテリーが搭載されている。学実は用意された合成音声で再生して話しかけることや、腕を上下に動かすなどの行動が可能である。また、搭載のカメラから表情を読み取ったり、マイクより長さを読み取ったり、距離センサでユーザとの距離を読み取ることが可能で、それら情報を統合してユーザの状態を 4 段階（とてもポジティブ, ポジティブ, 中立, ネガティブ）に分類した。始動や状態のモニタリングなどに制御用 PC を用い

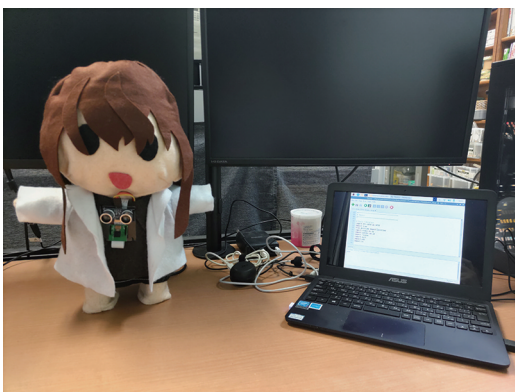


図3 コミュニケーションロボット「学実」(左) とそれを遠隔制御する PC (右)

た。

本実験では FRAC-Q 学習と従来の Q 学習を用いた場合の実験をそれぞれ行い、実験後にアンケート調査を行った。本実験では健常な被験者 6 名に対して実験を行った。実験は順序効果を避けるため、被験者ごとに実験順序を入れ替えながら実験を行った。アンケートは興味について 7 段階、飽きにくさについて 7 段階で回答してもらった。本システムに対する興味と飽きにくさのアンケート結果についてそれぞれ Welch の t 検定を行った。

学実に対する興味についてのアンケート結果を図4に示す。興味については FRAC-Q 学習と Q 学習それぞれを用いた場合、両者の間に有意傾向がみられた ($p=0.09$)。今回提案した FRAC-Q 学習は Q 学習を発展させたアルゴリズムであるため両者が興味に及ぼす影響に大差がなかったのではないかと考える。

また、学実に対する飽きにくさについてのアンケート結果を図5に示す。FRAC-Q 学習を用いた場合、Q 学習を用いた場合に比べて有意に飽きにくいことが分かった ($p<0.01$)。これより、FRAC-Q 学習を用いると Q 学習よりも飽きにくさが増すことが分かった。これより、コミュニケーションロボットに用いる学習アルゴリズムは Q 学習よりも FRAC-Q 学習のほうが適していると考えられる。

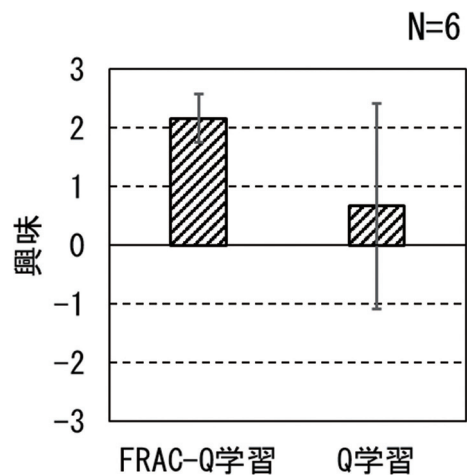


図4 コミュニケーションロボット学実に対する興味

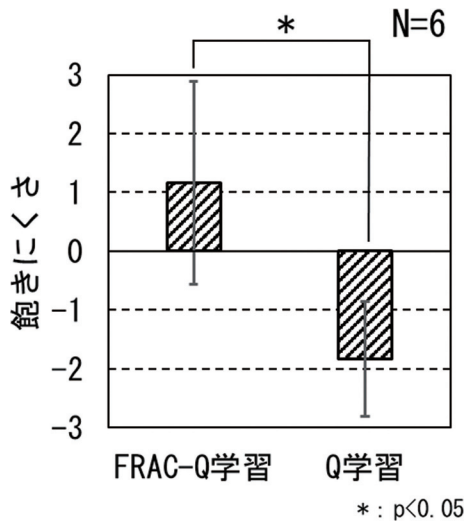


図5 コミュニケーションロボット学実に対する飽きにくさ

FRAC-Q 学習を用いるとなぜ飽きにくくなったのであろうか。コミュニケーションロボットに行動が多く実装された場合、Q 値は行動数×状態数であるためパラメータが増え、学習に時間がかかることが挙げられる。また、ある行動のみが先に学習してしまい、同じ行動が選ばれやすくなり、飽きやすいと考える。一方でFRAC-Q 学習は行動をカテゴリ化しているため、パラメータの数は行動カテゴリ数×状態数であり、パラメータがQ 学習より少ないといった特徴がある。また、ポジティブな反応が得られる行動カテゴリから行動を選ぶため、被験者から肯定的な反応が得られやすいのではないかと考える。

[今後の研究の方向, 課題]

本研究では独居老人用コミュニケーションロボットに強化学習を導入すれば、より興味を引くことが可能であるかどうかを調べた。強化学習による効果を明らかにするため、コミュニケーションロボットに強化学習を用いた場合と、ランダムで行動選択する場合とを比較した。その結果、コミュニケーションロボットに強化学習を用いた場合のほうがランダムの場合と比べて有意に高い興味を示すことが明らかとなった。また、コミュニケーションロボットに適した

強化学習手法として、行動のカテゴリ化や学習結果のリセットを有するFRAC-Q 学習を提案した。提案手法を用いると、通常のQ 学習よりも飽きにくいロボットを作成することができた。このことから、コミュニケーションロボットの用途に適していると考える。

本実験ではロボットから人間に働きかける形式のみに着目してコミュニケーションロボットを開発したが、今後は人間からロボットに働きかけた場合に優先して処理をするアルゴリズムの実装が必要と考える。また、本実験で用いたロボットは言語処理等を実装しておらず、意味を理解したうえでの反応を示していない。しかし、意味を理解し、反応をするロボットを開発するとより興味を引くことが可能と考える。容姿や触感、仮想現実でのロボット実装など、外観についても議論の余地がある。今回はコミュニケーションロボット「学実」を開発したが、その容姿が与える影響については検討されていない。今後はコミュニケーションロボットに適したロボットの外観についても検討の余地がある。

[参考文献]

- [1] 大島伸一, 「超高齢社会における医療・介護」, 医療と社会, 2015, 25.1: 49-57.
- [2] 桂敏樹, 星野明子, 渡部由美, 「独居老人の孤独感を軽減する要因」, 日本農村医学会雑誌, 1998, 47.1: 11-15.
- [3] 鈴木慎太郎ら, 「ICTを活用した高齢者コミュニケーションに関する研究」, 第77回全国大会講演論文集, 2015, 2015.1: 743-744.
- [4] 本田幸夫, 「介護ロボット」, 日本ロボット学会誌, 2020, 38.2: 159-161.
- [5] 柴田崇徳, メンタルコミットロボット・パロとロボット・セラピーの展開, 日本ロボット学会誌, 2006, 24.3: 319-322.
- [6] 柴田崇徳, メンタルコミットロボット「パロ」の開発と普及: 認知症等の非薬物療法のイノベーション, 情報管理, 2017, 60.4: 217-228.
- [7] Akalin, Neziha, and Amy Loutfi. "Reinforcement learning approaches in social robotics." *Sensors* 21.4 (2021): 1292.

[成果の発表, 論文など]

- [8] 石川諒, 大西章也, 「興味を引くメッセージを Q 学習により学習する装置の開発」, 第 28 回高専シンポジウム, 2023 年 1 月 28 日. (口頭発表)