

巡学ロボットの提案とその学習アルゴリズムの一検討

Proposal of a Circulate-Learning Robot and a Study on its Learning Algorithm

笠井 翼 *1 田中 文英 *2
Tsubasa Kasai Fumihide Tanaka

*1筑波大学 大学院 システム情報工学研究科

University of Tsukuba, Graduate School of Systems and Information Engineering

*2筑波大学 システム情報系 知能機能工学域

University of Tsukuba, Information and Systems, Faculty of Engineering

In this paper, we propose the concept of a Circulate-Learning Robot (CLR) and discuss required functions through the experiment. Circulate-Learning Robot is a teachable robot which is designed to go to various places and be taught by people. Then, it expresses different things taught depending on the person. Therefore, the people gain knowledge on other people and have indirect communication through the robot. We studied required functions from the opinions obtained by interview with senior people. We implemented four new functions for the CLR. Then, we conducted a test in which we confirmed the feasibility of the functions and obtained the feedbacks on the robot. The results show that the functions worked and made senior citizen not only think the robot have intelligence but also promoted the teaching motivation. Finally, we discussed improvements that should be addressed in future works.

1. はじめに

核家族数や高齢者の独居者数の増加によって、他者との関わりが希薄化し、高齢者の孤独死を代表とした様々な問題が引き起こされている。しかし、多様化する現代人のライフスタイルにおいて、高齢者世代との同居や多世代が一箇所に住むことによる人力での孤立の解消は難しい。そこで、人々の孤立やそれによって引き起こされる諸問題に対して、ロボット技術による問題解決への期待が高まっている。

孤立する人々に対して、家の中でロボットが共にいて生活、支援すれば精神的な負担が軽減されるのではないかと考えた。Breazealらは、人と共生するロボットパートナーの研究を行っている [Breazeal 04]。加納らは赤ちゃんのようにも何もしないロボットの世話を高齢者に行わせ、社会性を向上させる Babyloid を開発した [加納 11]。Shibataらはアザラシ型セラピーロボット Paro を用いて高齢者がロボットとインタラクションを取ることで、高齢者の孤独感が減少することを報告している [Shibata 10]。しかし、これらでは人同士の関係が形成されることはない。加えて、ロボットとの関係に満足してしまい、家の中に引きこもることで孤立を促進させてしまう恐れがある。そこで、遠隔地にいる者同士を繋げる遠隔コミュニケーションを支援して他者とのコミュニケーションを促進させる研究が行なわれている。Okamuraらは、テレプレゼンスロボットを用いて子どもと高齢者を双方向で繋ぎ遠隔授業を行った [Okamura 16]。ビデオ通話などの実画像通信システムの開発も多く行なわれている [Ishii 92][Morikawa 98]。ところが、人と人を繋げる機会をシステムによって創出できたが、その上での関係構築の補助まではできていない。また、他者との関係構築において、他者との共通点や相違点を把握することは重要であるが、技術分野における個人情報の取り扱いには注意が必要である。そのため、個人の情報を収集し、システムに適

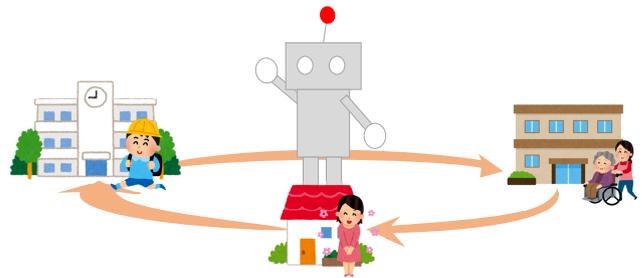


図 1: 巡学ロボットの概念図

用するためにはユーザ自らに入力を行ってもらう必要がある。

そこで我々は、ロボットが様々な場所に行き、様々な人々から教示を受け、育成されることで個々人の嗜好をロボットに入力できると考えた。加えて、育成されたロボットとインタラクションを取ることでユーザは他者の嗜好を把握でき、間接的なコミュニケーションを取ることも可能である。このロボットを巡学ロボットとして提案する。巡学ロボットの概念図を図 1 に示す。巡学ロボットは、人から教示を受け、成長するロボットが他者の居所や小学校、老人ホームなど様々なところを巡りながら学習し、成長した結果を人々に見せることで、間接的な交流を行い、他者との交流を促進させることを目的とする。人から教示を受け、成長することを目的としたロボットの関連研究として、Hoodらが開発したタブレット端末を用いて、児童がロボットに字を教えるシステム [Hood 15] や、田中らが提案した、Learning by teaching の考えを用いて、子どもがロボットを教育することで学習効率が向上し、かつ幼児期のロボットとの学習における倫理的問題を解決したケア・レスナー型ロボット [田中 10] がある。

本研究は、提案する巡学ロボットに 4 種類の機能を実装し、実際の使用者として想定する高齢者に使用してもらい、アンケートとインタビューから得られた結果と実験中の様子を撮影した

連絡先: 笠井 翼, 筑波大学システム情報工学研究科, 〒 305-8573 茨城県つくば市天王台 1-1-1, kasai@ftl.iit.tsukuba.ac.jp

ビデオの分析から実装した機能の考察と巡学ロボットの更なる要求仕様について議論する。

2. 巡学ロボット

2.1 巡学ロボットの基本コンセプト

私達の子どもが学校に行き帰ってきたら、私達の知らないことを口にするようになっていくことがある。その場合、子どもが交流のある人々のことを私達は推察することで他者のことを理解しようとする。これをロボットで実現することを考える。このロボットを巡学ロボットの基本理念とする。つまり、巡学ロボットは、他者と非同期的に一つのロボットを育成することによって、他者の存在を身近に感じさせることを目的としたものである。

2.2 基本コンセプトにおける要求

巡学ロボットに要求されることは主に2つある。

- 第一に、様々な人に対して長期間の教示を促せることである。巡学ロボットは、人がロボットに教えたことを様々な場所で表出し、そこでのフィードバックから更に学習し、次の場所で表出することを繰り返す。したがって、ロボットは老若男女から教示を促す存在でなければならない。
- 次に、様々な人の共通点や個々人の個性をバランス良く、明確に表出することである。ロボットが他者の個性を表出することによって、他者の存在を意識することに加え、他者との共通点から関係構築されることを狙い、育成者間の共通点を表出することで育成者間での間接的な関係構築を促すことを狙う。そこで、個性の表出と共通点の表出のバランスは重要となってくる。個性の表出に偏って行くとロボットのキャラクターから一貫性が消失してしまう可能性がある。逆に共通点に偏って表出してしまうと個人から個性を感じることはないのである。

2.3 ユーザにとっての教示行為

巡学ロボットは、多様な背景を持つ多世代ユーザの間を巡り学習、育成されるロボットである。よって、世代間で教示行為に対する認識の差から巡学ロボットが与える影響は異なることが考えられる。高齢者にとっては、教示行為を通して「自らを必要とする存在」としてロボットを認識し、更に自らの尽力の成果物である成長したロボットとインタラクションをすることにより、高齢期に減少する自信や自己効力感 [Bandura 77] を上昇させることができると考えられる。子を持つ親にとっては、子どもへ物事を教える時の予行演習としてインタラクションを行える。幼少期の子どもにとっては、学習したことを他者に教えることにより学習効果が期待出来る。このように、ユーザによってロボットへの教示行為は異なる意味合いを持つため、各ユーザにとってロボットを育成する行為から与えられる影響やユーザ間の教示行為に対する認識の差異にも焦点を当て、研究開発を行っていく。

3. 高齢者に向けた巡学ロボットの設計

本章では、前章で提案した巡学ロボットを高齢者に適用することを考える。高齢者に適用するにあたり、2.2節で述べた要求とは別の更なる要求が存在すると考えた。そこで、我々は実際の高齢者一名に対して聞き取り調査を行った。主な調査内容は、ロボットへ教示するタスクについてと高齢者からロボットへの要求の2点である。この調査結果から、本稿における実装タスクと実装機能を決定した。

3.1 ロボットへ教示するタスク

高齢者は、ロボットに教えるということは勿論のこと、ロボットとそれに準ずるものに触れた経験が乏しい。更に、高齢者にとって未知のものに取り組むということは敷居の高いものであるから、高齢者とロボットのインタラクションはなるべく人間と接するのと同様に行える方が良く、最も自然で簡単な音声対話による教示が良いとの回答が得られた。また、タスクはなるべくシンプルなものから始め、徐々に複雑な教示タスクへ移行していくことが良いとの回答が得られた。そのため、本研究では巡学ロボットの教示タスクとして、ある単語から連想される単語を回答する単語連想タスクを教示タスクとした。単語連想タスクとは、ある単語をお題として出題し、そこから連想される単語を答えるものである。このタスクにおいて、巡学ロボットは単語をノード、単語間連想をリンクとして学習する。学習を行った結果、生成される知識構造の例を図2に示す。



図 2: 単語連想タスクによる教示で生成される知識構造の例

3.2 ロボットの応答に対する要求

ロボットに求める事は何かという質問への回答として、ロボットには人間的な応答をしてほしいとの回答が得られた。高齢者が未知のものに取り組む際に、どれだけ未知のものを減らしていけるか、既知の知識や経験を使用して取り組んでいけるかによって、取り組む際のハードルの高さが決定されていく。この考えを基に、ロボットとインタラクションを行うという新しい取り組みの上で、人と対話するような音声による教示が最もハードルが低く、受け入れられやすいと考えた。また、人間的な応答の一つとして、人間的な学習アルゴリズム及び学習結果表出機能が必要であると考察した。

3.3 実装した機能

基本コンセプトと聞き取り調査から、共通認識表出機能、好奇心表出機能、忘却機能、新規学習結果優先表出機能の4つの機能をSoftBank Robotics社のヒューマノイドロボットNAOに実装し、試作機とした。また、実装した機能は全て人間的な学習を実現することを目的としている。

共通認識表出機能

単語連想学習を行った結果をロボットが表出する際に、ある単語から連想される単語の中で最も多くのリンクを持つ単語を共通認識として表出すること機能である。これにより、突拍子もない発言を防止することを目的とし、巡学ロボットの基本的な学習結果の表出とした。

好奇心表出機能

教示を受けた際に、学習結果マップにおいて閉路ができた時に教示単語について好奇心を表出する機能である。これにより、教示者の教示に対するモチベーションを維持することを目的とした。

忘却機能

単語が最終的に表出された時からの経過時間とその単語が持つ保持リンク数によって、学習結果を表出する際に忘

却を表出する機能である。経過時間に反比例、保持リンク数に比例して正しく思い出せる確率が変動し、忘却表現を行う。これにより、教示者へロボットが学習するためには複数回の教示が必要であることを意識付け、長期インタラクションへの誘引を目的とした。

新規学習結果表出機能

各インタラクションの最初の質問単語を選出する際に、最新に近い学習単語を質問単語にする機能である。これにより、ユーザがロボットの成長をより感じやすくすることを目的とした。

4. 実験

高齢者を対象とした育成ロボットに対する知見収集と実装した機能の動作確認を目的として、高齢者を対象とした実験を行った。

4.1 実験準備

実験には 60 代から 90 代の方、3 人に参加していただいた。参加者から他参加者の実験の様子を見たいとの要望から、実験場所と待機場は同部屋内に設置した。実験場所は机の上にロボットを置き、その前の席を参加者が座り、ロボットの横に実験者の席とビデオカメラを設置した。実験環境から音声による入力が安定しないことが考えられたため、入力は実験者の前に設置した PC のキーボードを用いて実験者が入力を行った。

4.2 実験手順

参加者は順に待機場から実験場所へ移動し、実験を行ってもらった。実験は、参加者へロボットとの教示方法を教えるイントロダクション、一人でロボットを育成する状況を再現する第 1 フェーズ、複数人でロボットを育成する状況を再現した第 2 フェーズ、アンケート及びインタビュー回答の 4 段階から構成した。

イントロダクション

本実験の趣旨や全体の流れを説明し、実験者によるロボットへの単語教示を実演し、インタラクション方法の説明を行った。また、実験中でもわからないことや疑問に思うことがあれば随時質問を受け付ける旨を伝えた。

第 1 フェーズ

巡学ロボットには、全実験参加者に統一して最初に質問する共通テーマ単語として「お寿司のネタ」を事前知識として与えた。このテーマから各実験参加者に教示を 20 回行ってもらった。

第 2 フェーズ

実験参加者の内 2 人に、第 1 フェーズでの全実験参加者の教示データを合成したロボットに再度 20 回の教示を行ってもらった。残りの 1 人に関しては本人の意思によって第 2 フェーズの辞退を申し出たため、行わなかった。単語を連想する、という普段意識して行わないタスクからの疲れが原因であると実験終了後のインタビューにて述べていた。

アンケート及びインタビュー

第 2 フェーズ終了後に、実験参加者全て同タイミングでアンケートとインタビューを行った。アンケートでは、高齢者が要望するロボットへの教示タスクの探索、ユーザのロボットへの育成を誘引する仕様探索を目的として質問

表 1: アンケート内容と回答

質問内容	回答
ロボットと何をして遊びたいですか? または、教えたいですか?	しりとり、クイズ、流行りのダンスの振り付け、会話相手になってもらいたい、一緒に歌いたい
近所のお子さんをしばらく預かるとした時に、一緒にやりたいことや教えたいことはありますか?	ロボットと遊ぶ、ダンス、趣味の遊び仲間、連想ゲーム、トランプ、あやとり、ゲーム、塗り絵、昔遊び、踊り
お子さんやお孫さんをお育てになって、どんな時に育てることを楽しいと思いましたか?	できるようになった時、笑った時、「おばあちゃん大好き」と言われた時、抱っこして眠った時、一緒にやってきて達成感が得られた時、色々と学んでいく様子を見た時

表 2: インタビュー回答

回答対象機能	回答
共通認識表出機能	存在に気付かなかった、特に変なこと (学習結果の表出) は言わなかった
好奇心表出機能	知性を感じて楽しかった、とても勉強熱心な印象を受けた
忘却機能	知性を感じた、自分の教え方が悪かったから忘れたのかと思った
新規学習結果優先表出機能	知らないことを言った時に成長しているなど感じた

を作成した。作成した質問を表 1 中に示す。また、実装した各機能と本実験で対面したロボットに対しての感想や、アンケートでの質問に対する回答では表すことのできない印象や要望などをインタビューにて調査した。

5. 結果

全実装機能は正常に動作が確認された。アンケートの回答結果を表 1 中に、インタビューの回答結果の一部を表 2 中に示す。また、インタビューは実装機能の説明を行い、自由に感想や思ったことを対話形式で述べていただいた。インタビュー回答の内容については、意味合いが大きく損なわれない程度に表現等を一部編集している。

6. 考察

アンケート結果から、ロボットと子どもでは教えたい内容、共に行いたい内容について差異が見られた。ロボットには、会話相手になってもらいたいとの教示者本位な回答が、子どもには昔遊びを教えたいと学習者本位の回答が得られた。これは主に自分が育てているものと、主に他人が育てているものという認識の違いから生まれたものだと考えられる。巡学ロボットはそのコンセプト上、どちらの認識も持たれるため今後の巡学ロ

ロボットの学習タスクにはダンス等の動作を含めたタスクが良いと考えられる。

インタビュー結果から実装機能について、目的通りの効果が発揮されたことが見られた。忘却機能への自分の教え方が悪かったからロボットが忘れたのかと思ったとの意見から、ユーザからの丁寧な教示を誘引することが示唆された。

実験において、一人での育成する場合と複数人での育成する場合に生成された巡学ロボットの知識構造に違いが見られた。一人の参加者により生成された知識構造を図3に、複数人から教示を受けた時の連想データを図4に示す。一人での育成の場合には知識構造は閉路を持たなかったが、複数人で育成された場合には閉路が形成された。このことから複数人で育成を行うことで、ロボットの知識構造がより早期に成熟されていくと考えられる。

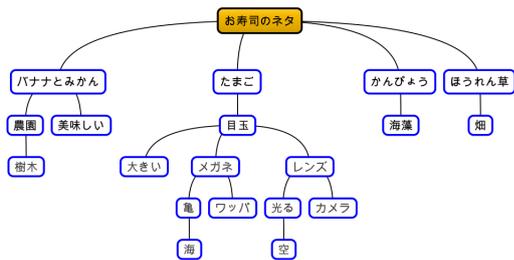


図 3: 1人で育成した場合に生成された知識構造

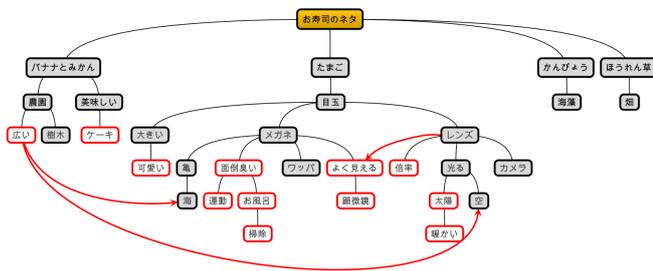


図 4: 複数人で育成した場合に生成された知識構造の一部

また、実験終了後に参加者間でロボットの学習結果の表出から、(1) 誰が教えたのか、(2) なぜその連想をロボットに教えたのか、の2点について会話が弾んでいた。これより、ロボットの成長から他者像の構築をユーザが行い、間接的なコミュニケーションを取った結果、直接的なコミュニケーションに繋がったものだと考えられる。

7. おわりに

本稿では、多地点にいる多人数から育成されることでユーザ間の間接的なコミュニケーションを生成する巡学ロボットの提案を行った。加えて高齢者への適用に向けて聞き取り調査から抽出した要求を基に試作機を製作し、高齢者を対象とした実験を行った。試作機に実装した4つの機能である共通認識表出機能、好奇心表出機能、忘却機能、新規学習結果優先表出機能は実験結果からいずれも正常に動作、目的通りの効果が示唆された。今後は、動作を含めた新たな教示タスクの適用や複数人か

ら教示されることによる特有の成長段階にも焦点を当て、巡学ロボットの研究を行っていく予定である。

謝辞

本研究は、JST RISTEX(課題番号 ACA28020) 及び科研費・基盤研究 (A)「子どもと高齢者の教育的コミュニケーションを支援するロボットインタフェース (課題番号 15H01708)」の支援を受けて行われた。また、実験にご協力いただいた参加者の皆様に心より感謝する。

参考文献

- [Breazeal 04] C. Breazeal, A. Brooks, J. Gray, G. Hoffman, C. Kidd, H. Lee, J. Lieberman, A. Lockerd and D. Mulanda: Humanoid robots as cooperative partners for people. *Int. Journal of Humanoid Robots* Vol. 1, No. 2, 2004.
- [加納 11] 加納政芳, 清水太郎: なんにもできないロボット Babyloid の開発. *日本ロボット学会誌* Vol. 29, No. 3, pp.298-305, 2011.
- [Shibata 10] T. Shibata, and K. Wada: Robot therapy: A new approach for mental healthcare of the elderly-A mini-review. *Gerontology* Vol. 57, No. 4, pp.378-386, 2010.
- [Okamura 16] E. Okamura, and F. Tanaka: A pilot study about remote teaching by elderly people to children over a two-way telepresence robot system. the eleventh Annual ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction, 2016.
- [Ishii 92] H. Ishii, M. Kobayashi and J. Grudin: Integration of Inter-Personal Space and Shared Workspace: ClearBoard Design and Experiments. In *Proceedings of the 1992 ACM Conference on Computer-supported cooperative work*, pp. 33-42, 1992.
- [Morikawa 98] O. Morikawa and T. Maesato: "HyperMirror: Toward Pleasant-to-use Video Mediated Communication System", *Proceedings of the 1998 ACM Conference on Computer-supported cooperative work*, pp.149-158, 1998.
- [Hood 15] D. Hood, S. Lemaignan, and P. Dillenbourg: When children teach a robot to write: An autonomous teachable humanoid which uses simulated handwriting. *Proceedings of the Tenth Annual ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction*. pp. 83-90, 2015.
- [田中 10] 田中文英, 小嶋秀樹, 板倉昭二, 開一夫: 子どものためのロボティクス:教育・療育支援における新しい方向性の提案. *日本ロボット学会誌*, Vol. 28, No. 4, pp. 455-462, 2010.
- [Bandura 77] A. Bandura: Self-efficacy: toward a unifying theory of behavioral change. *Psychological review*, Vol. 84, No. 2: 191, 1977.