

発達障がい児とロボットの共同学習における学習効果

Learning Effect of Collaborative Learning between Robots and Developmental Disorder Children

ジメネス フェリックス ^{*1}

Felix Jimenez

吉川 大弘 ^{*2}

Tomohiro Yoshikawa

古橋 武 ^{*3}

Takeshi Furuhashi

加納 政芳 ^{*4}

Masayoshi Kanoh

中村 剛士 ^{*5}

Tsuyoshi Nakamura

^{*1*}^{*2*}^{*3} 名古屋大学大学院 工学研究科

Graduate School of Engineering, Nagoya University

^{*4} 中京大学 工学部

School of Engineering, Chukyo University

^{*5} 名古屋工業大学大学院 工学研究科

Graduate School of Engineering, Nagoya Institute of Technology

The growth of robot technology has prompted growing interest in educational-support robots that assist in learning. Most of these studies report on collaborative learning between educational-support robots and healthy children. Meanwhile, the number of children in primary schools with diagnosed developmental disabilities (gray zone children) has increased in Japan. Gray zone children may have difficulty learning over long time periods. Moreover, gray zone children tend to receive peer teaching from healthy children in the school environment. Other symptoms of autism in children are low self-esteem and possibly depression. We expect that gray zone children will learn best by teaching another learner. Learning-by-teaching promotes self-esteem and improves the learning time. This study investigates whether gray zone children can improve their learning time in collaborative learning with a robot that prompts learning-by-teaching.

1. はじめに

近年、ロボットの新たな活躍の場として、教育現場が注目されている [三宅 11]. 従来研究の多くは、小学校など、学校における発達障害の無い“定型発達児”を対象とした教育支援ロボットの研究開発や効果報告が進められている. 一方で、日本国内の公立小中学校における通常学級に在籍する生徒のうち、発達障害の可能性がある児童が 6.5% を上回っており、また年々上昇しているという調査報告がある [文部科学省 12]. そのため今後、発達障害児を対象とした教育支援の必要性が高まると考えられる. 実際、教育支援ロボットの研究においても、自閉症を持つ児童に対して、ロボットを用いて療育支援を試みる研究も始まっている [田中 10].

しかしながら、発達障害グレーゾーン児童 (以下、グレーゾーン児童) を対象とした教育支援ロボットの研究開発は行われていない. グレーゾーン児童とは、発達障害があるとは診断されていないが、その境界にいる、または疑いや可能性のある児童のことである [藤田 13]. グレーゾーン児童は、発達障害があると診断されていないため、福祉サービスや療育などの教育支援を受けることが難しいが、発達障害児と同様に適切な教育支援を受ける必要がある [福田 10]. 本研究では、注意欠如/多動性障害 (ADHD) の可能性があるグレーゾーン児童 (以下、ADHD グレーゾーン児童) に注目する. ADHD グレーゾーン児童は、ADHD の発達障害児と同様に、学習に対する集中力は定型発達児に比べて低い [Holowenko 98]. また、学校では同期生から教示を受ける、命令を受ける立場であることが多いため、自尊感情を持ちにくいという問題もある [畠田 11].

ADHD グレーゾーン児童に、自尊感情の向上と学習時間の増加を促す学習法として Learning by Teaching が有効であると考えられる. Learning by Teaching とは、学習者が他者に教えることによって自身が学習する仕組みであり、学習者は満足感や優越感を持つことができ、学習意欲が向上して学習時間の

増加を促すことが可能である [Biswas 05]. 従来研究では、ロボットと ADHD グレーゾーン児童間の共同学習において、ロボットが ADHD グレーゾーン児童に Learning by Teaching を促すことが可能であることを報告している [Jimenez 15]. しかしながら、Learning by Teaching を促すロボットが ADHD グレーゾーン児童の学習時間を増加できるかどうかは明らかになっていない.

そこで本稿では、ロボットと ADHD グレーゾーン児童間の共同学習において、ロボットが ADHD グレーゾーン児童に Learning by Teaching を促すことで、学習時間を増加できるかについて検証する. 実験では、ロボットと ADHD グレーゾーン児童が算数の問題を交互に解き合う学習実験を実施する. 従来研究 [松添 13] を基に、ロボットには、初めて出題された問題には誤答して児童に解き方の教示を求める行動と、教示された解き方を学習して、その解き方が適用できる問題には正答するようになる学習能力を実装する. これにより、ロボットは ADHD グレーゾーン児童に効果的に Learning by Teaching を促すことができ、学習時間の増加を促進させることが可能であると考えられる.

2. ロボットの概要

ロボットは、多様な表情を表出できる Ifbot (図 1) を用いる. ロボットの動作は顔の表情のみであり、手や身体は作動しない. 実験は Wizard-of-Oz 法の枠組で行うため、ロボットの表情表出は遠隔操作システムを用いて操作する. ロボットの表情は、喜びを表す表情 12 種類、悲しみを表す表情 12 種類、合計 24 種類の表情を設定する. ロボットの音声は、通信デバイスを通して実験者の声をロボットのスピーカーから再生する.

従来研究 [田中 10][松添 13] を参考に、ロボットには Learning by Teaching を促す行動を実装した. 人とロボット間の Learning by Teaching では、ロボットが問題を解く中で、意図的に間違えることで、学習者にその効果をもたらすことが示唆されている. また、松添・田中ら [松添 13] は、ロボットが定型発達児から教示された内容を学習して、問題を正答するよ

連絡先: ジメネス フェリックス, 名古屋大学大学院工学研究科,
felix@cse.nagoya-u.ac.jp



図 1: Ifbot の外観

うになる学習能力を有することで、定型発達児はロボットに対して好印象を持ち、効果的な相互作用を促せることを報告している。そこでロボットには、初めて出題された問題には誤答して児童に解き方の教示を求める行動と、教示された解き方を学習して、その解き方が適応できる問題には正答するようになる学習能力を実装した。これにより、定型発達児を対象とした従来研究 [松添 13] のように、ADHD グレーゾーン児童とロボット間で効果的な Learning by Teaching が実現できると考える。

3. 実験

3.1 方法

実験は、発達障害児支援のための塾にて実施した。実験参加者は、塾に通う ADHD グレーゾーン児童男子 4 名 (小学 4 年生:2 名, 小学 6 年生:2 名) である。実験は、ADHD グレーゾーン児童 1 名、塾の教員 1 名、ロボットを遠隔操作する実験者 2 名で行った。実験者 2 名は、児童、ロボット、教員とは別室にてロボットの遠隔操作を行った。実験では、4 名の ADHD グレーゾーン児童が 1 名ずつ、ロボットと共に学ぶ場合 (ロボット共同群)、単独で学ぶ場合 (児童単独群)、同学年の ADHD グレーゾーン児童と共に学ぶ場合 (児童共同群) のそれぞれ条件において、2 回または 3 回の学習を行った。ADHD グレーゾーン児童は、教員が見守る中で学習システムで提示される問題を解きながら算数に関する学習を行った。ロボット共同群と児童共同群では、ADHD グレーゾーン児童にパートナーと交互に問題を解き合うように指示した。また、わからない問題が出題された場合はパートナーに解き方の教示を求めてもよいと伝えた。それぞれの条件における学習は 2~3 週間ほどの期間を空けて実施した。また、実験の様子はビデオで撮影した。実験 1 において、取得した各群の学習データは、ロボット共同群では 10 回分、児童単独群と児童共同群ではそれぞれ 8 回である。

3.2 学習システム

実験における学習内容は、実験参加者の学年に応じた算数とし、算数の問題を提示する学習システム (図 2) を開発した。問題は、ひかりキッズの教員が実験参加者の算数に対する学習能力に応じて作成した問題を使用した。問題は学習ごとに異なる問題を用意した。

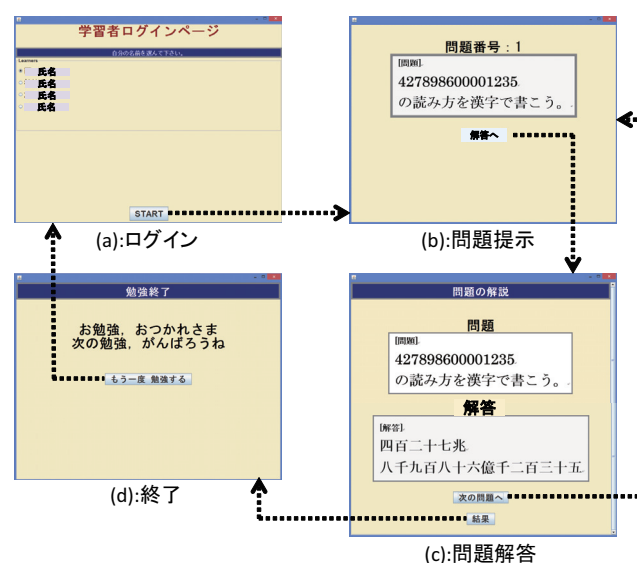


図 2: 学習システム

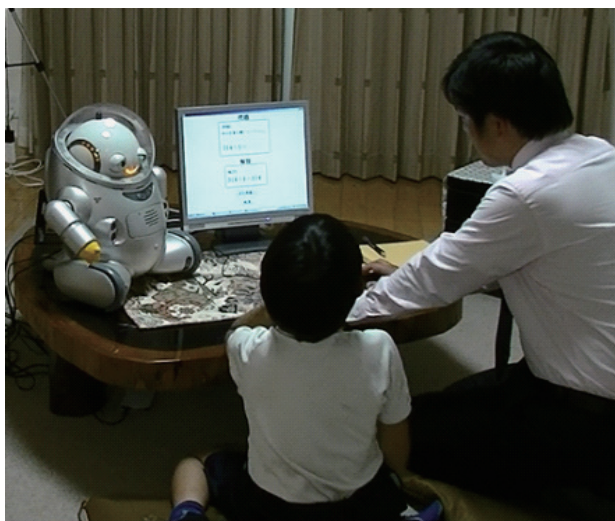
学習システムの操作手順について説明する。実験では、学習システムは ADHD グレーゾーン児童ではなく教員が操作して実験を進行した。学習システムでは、まず、ログインページ (図 2(a)) が表示される。学習者が自身の氏名を選択して「START」を押下すると、図 2(b) のような学習画面が現れ、学習を始めることができる。学習者は学習システムが提示した問題を解いた後、「解答へ」を押下する。押下すると、図 2(c) のように提示された問題と解答が表示される。「次の問題へ」を押下すると次の問題の画面に遷移する。「結果」を押下する、または全問題を解答し終わると、図 2(d) のように学習終了と表示される。図 2(d) で、「もう一度勉強する」を押下すると、ログインページ (図 2(a)) に戻る。

3.3 評価基準

実験では、3 つの評価基準から、Learning by Teaching を促すロボットとの共同学習による効果を評価する。1 つ目は、実験の様子を撮影したビデオを分析して、各群における学習時間割合を計測した。学習時間割合とは、図 3(a) のように児童が座り、学習システムに向き合って学習した合計時間の割合である。実験に参加する児童は、ひかりキッズで行う通常の授業においても、図 3(b) のように席を離れて学習しないことが多い。そのため、学習時間割合を計測することで、ロボットとの共同学習が ADHD グレーゾーン児童の学習時間に影響を与えるか評価できると考える。

2 つ目は、児童がロボットまたは共に学ぶ児童に対して問題の解き方を教示した教示割合である。本稿では、教示割合を、児童がパートナーから要求を受けた後に共同学習者に教示した受動的教示割合と、児童がパートナーからの要求を受けずに共同学習者に教示した能動的教示割合の二つに分けて扱う。これにより、ロボットが児童へ Learning by Teaching を促せたか評価できると考える。

3 つ目は、学習を終えた後の児童の学習感想である。教員は、各群における学習終了後に児童に対して、「今日の勉強はどうだった？」と質問して、児童に対して各群における学習の感



(a) 学習中の様子



(b) 集中していない様子

図 3: 実験の様子

想をインタビューする。これにより、ロボットとの共同学習は ADHD グレーゾーン児童に対して良い学習環境であったか評価できると考える。

3.4 結果

3.4.1 学習時間

各群の平均学習時間割合を図 4 に示す。図 4 において、左がロボット共同群、中央が児童単独群、右が児童共同群の平均学習時間割合である。図 4 から、ロボット共同群の平均学習時間割合が最も高いことがわかる。各群の学習時間割合を比較するため、テューキー・クレーマーの方法による検定を実施した。その結果、ロボット共同群と児童単独群との間に有意差が認められた。これにより、Learning by Teaching を促すロボットとの共同学習は、単独で学習することに比べて、ADHD グレーゾーン児童の学習時間を増加できることが示唆された。

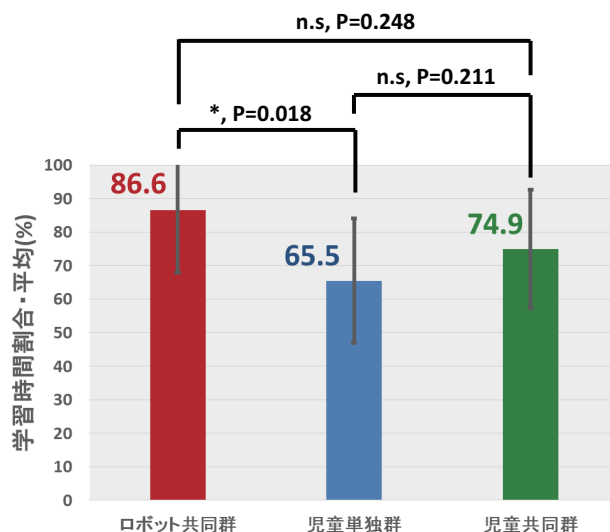


図 4: 平均学習時間

3.4.2 教示割合

ロボット共同群と児童共同群の平均教示割合を図 5 に示す。児童単独群では、ADHD グレーゾーン児童が単独で学習するため、他者へ教示するという状況は発生せず、教示割合は計測できなかった。図 5 において、左がロボット共同群、右が児童共同群の教示割合である。図 5 から、児童がパートナーから教示を要求されてもパートナーに教示しなかった割合である非教示割合は、ロボット共同群に比べて児童共同群が高いことがわかる。一方で、受動的および能動的教示割合は、児童共同群に比べてロボット共同群が高い。これらから、ADHD グレーゾーン児童は、同学年の ADHD グレーゾーン児童同士が共に学習する場合に比べて、本ロボットに対して問題の解き方を教示するという Learning by Teaching を促せたと示唆できる。

3.4.3 学習感想

ロボット共同群では、「ロボットとの勉強は楽しい」、「ロボットは教えたことを覚えるから楽しい」といった感想を聞くことができた。児童単独群では、「一人で勉強するとつまらない」、「家での勉強と同じだった」といった感想を聞くことができた。児童共同群では、「〇〇君に合わせるのが大変だった」、「学校で勉強しているときと一緒にあった」といった感想を聞くことができた。これらから、ADHD グレーゾーン児童は、単独学習や同学年の ADHD グレーゾーン児童との共同学習に比べて、ロボットとの共同学習が学習に対して楽しみを持つことができると推察できる。

4. 考察

ADHD グレーゾーン児童との共同学習において、ロボットが問題を誤答して児童に問題の解き方の教示を求め、教示された解き方を学習していくことで、ADHD グレーゾーン児童に Learning by Teaching を促せることを示唆した。Learning by Teaching を促すロボットとの共同学習は、単独学習に比べて ADHD グレーゾーン児童の学習時間を増加できる可能性があることを示唆した。

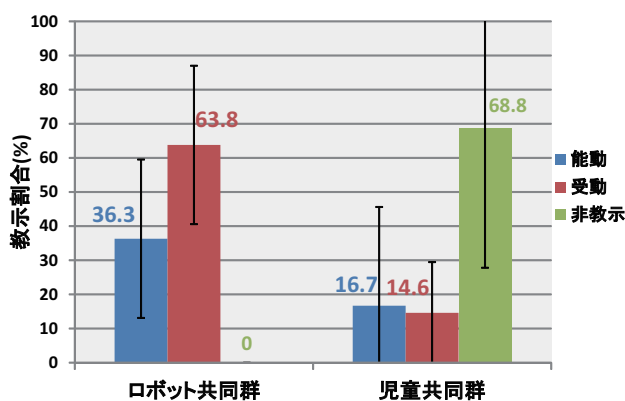


図 5: 平均指示割合

ADHD グレーゾーン児童の学習時間が増加した要因として、本ロボットの学習能力が有効に働いたためだと考える。本ロボットは問題を誤答して、ADHD グレーゾーン児童に問題の解き方の指示を求めた。そして、ADHD グレーゾーン児童は本ロボットの要求に応じて問題の解き方を必ず指示した。ADHD グレーゾーン児童が本ロボットに指示したのは、本ロボットが指示された解き方を学習し、その解き方が適用できる問題に正答するようになったことが要因だと考える。本ロボットが ADHD グレーゾーン児童から指示された解き方を使用して正答することで、ADHD グレーゾーン児童は「自分がロボットに指示したことでロボットが正答できるようになった」という満足感や優越感を持ったと考える。実際に、学習感想から「ロボットは教えたことを覚えるから楽しい」という意見を聞くことや、学習中の様子を撮影したビデオから児童がロボットへ指示した後ロボットが正答すると、児童が笑顔になる様子を確認することができた。ADHD グレーゾーン児童は満足感や優越感を持ちながら本ロボットと共同学習を行えたため、児童から能動的にロボットへ指示するという効果的な Learning by Teaching を行える学習状況が発生し、児童の学習意欲が向上され、学習時間が増加したと考える。

5. おわりに

本稿では、ロボットと ADHD グレーゾーン児童間の共同学習において、ロボットが ADHD グレーゾーン児童に Learning by Teaching を促すことで学習時間を増加できるかについて検証した。実験では、ロボットと ADHD グレーゾーン児童が、算数の問題を交互に解き合う学習実験を実施した。従来研究を基に、ロボットには、初めて出題された問題には誤答して児童に解き方の指示を求める行動と、指示された解き方を学習して、その解き方が適用できる問題には正答するようになる学習能力を実装した。実験から、Learning by Teaching を促す本ロボットとの共同学習は、児童の単独学習に比べて、ADHD グレーゾーン児童の学習時間を増加できる可能性があることが示唆された。

しかしながら、本稿では、Learning by Teaching を促すロボットとの共同学習が、ADHD グレーゾーン児童に対して自尊感情の向上を促進したかどうかは検証できていない。ADHD

グレーゾーン児童は、学校では同期生から指示を受ける、命令を受ける立場であることが多いため、自尊感情を持ちにくいという問題もある。そのため、ADHD グレーゾーン児童の自尊感情を向上させるような教育支援法が求められている。今後は、Learning by Teaching を促すロボットとの共同学習が、ADHD グレーゾーン児童に対して自尊感情の向上を促進するかどうか注目して、被験者実験を実施していく予定である。

謝辞

本研究は、文部科学省科学研究費（基盤研究（B）、No.16H02889）の補助を得て遂行された。

参考文献

- [Biswas 05] G. Biswas, K. Leedlawong, D. Schwartz and N.Vye, Learning by Teaching: A new agent paradigm for educational software, Applied Artificial Intelligence, vol.19, no.3-4, pp.363-392, 2005.
- [福田 10] 福田真也, Q&A 大学生のアスペルガー症候群 理解と支援を進めるためのガイドブック, 明石書店, 2010.
- [藤田 13] 藤田英樹, 藤田和弘, 高等教育における発達障害学生の修学支援と一般学生中間層の学生支援の融合・共有化の提案, 最新福祉研究, vol.8, pp.41-47, 2013.
- [昼田 11] 昼田原四郎, AD/HD のある児童に対する認知リハビリテーション, 認知リハビリテーション, vol.16, no.1, 2011.
- [Holowenko 98] H. Holowenko, Attention Deficit/Hyperactivity Disorder A Multidisciplinary Approach, Jessica Kingsley Pub, 1998.
- [Jimenez 15] F. Jimenez, T. Yoshikawa, T. Furuhashi, M. Kanoh and T. Nakamura, Feasibility of Collaborative Learning between Robots and Children with Autism Spectrum Disorders, International Workshop on Intervention of Children with Autism Spectrum Disorders using a Humanoid Robot, 2015.
- [松添 13] 松添静子, 田中文英, 教育支援ロボットの賢さの違いが子どもの英単語学習に及ぼす影響, 人工知能学会論文誌, vol.28, no.2, pp.170-178, 2013.
- [三宅 11] 三宅 なほみ, 石黒 浩, 人とロボットの協創へ向けて, 日本ロボット学会誌, vol.29, no.10, pp.868-870, 2011.
- [文部科学省 12] 文部科学省, 通常の学級に在籍する発達障害の可能性のある特別な教育的支援を必要とする児童生徒に関する調査結果について, 2012. Available:http://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/tokubetu/material/1328729.htm
- [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.