

教育向けソーシャルロボットの現状

兼光有沙*・永井美雪**・田部井賢一*・大久保友幸*

The Current Status of Social robots for education

Alisa Kanemitsu*, Miyuki Nagai**, Ken-ichi Tabei* and Tomoyuki Ohkubo*

Abstract

There is a shortage of teachers in Japan's elementary and junior high schools. In addition, new subjects have been added and the burden on teachers is increasing. Currently, research on learning support using social robots, which is being conducted around the world, has the potential to solve these problems. In this paper, we focus on the role of robots in social interaction with humans, and introduce the educational robots and their research in Japan and abroad. Although there is still little research on educational robots for practical use in school education, future developments are expected.

Keywords: Social Robots, Educational-support Robots, Children, Tutor Robots, Learning by Teaching

1 はじめに

出生率の低下と労働人口の減少にともなう、サービス業を中心とした人手不足によりロボットへの注目が年々高まっている。日本のサービス分野におけるロボット産業の将来市場は、2035年には約4.9兆円に達すると予測されている[1]。

将来の人材を育てる教育現場においても、人手不足の状況は他の業態と同様である。文部科学省が2018年に埼玉県、千葉県など11自治体に協力を得て実施したアンケートによると、2017年時点で、小学校では11自治体で常勤が266人、非常勤が50人不足しており、中学校では10自治体で常勤が101人、非常勤が153人不足しているという結果が得られている[2]。また、2020年から始まった英語科目や、プログラミング教育科目など新たな教科も必修化され、教員一人当たりの勤務時間はさらに増加すると考えられる。

そこで教員の負担軽減や教育効果の向上を狙った、教育支援ロボットの活躍が期待されている。現在、ロボットを使用した教育支援に関する研究が世界各国で行われており、汎用性のあるロボットの増加、低価格化、OSSの普及などから誰でも容易に実験が行えるようになってきている。

教育現場に用いるロボットには、1)STEM/STEAM教育などで使用される、子供たちが組み立てやプログラミングを行うためのロボット、2)人とロボットがコミュニケーションを行うことで教育支援を行うソーシャルロボットがあるが、本稿では2)ソーシャルロボットによる教育支援について扱う。

今後の教育現場におけるロボットによる具体的な教育支援の方法を検討するため、多くの研究で使用されている代

表的な教育向けロボットの特徴や行われている研究の事例の調査を行った。

2 国内の教育における問題

2.1 学校教育での教員不足

かつて公立学校の教員採用試験と言えば2000年には競争率が13%を超えるほどの難関試験であったが、2020年には4.2%まで減少している[3]。

この競争率の低下の背景には、ベテラン教員の定年による大量退職と、学校現場のいわゆる「ブラック」な職場という過重労働の現場であるイメージが広まったことがある。小学校においては、小学校教員免許取得者がそもそも減少してしまい、競争率低下が顕著であると言ったことが指摘されている(川崎, 2019[4])。競争率低下のため、教員不足や教員の質の低下が懸念されている。実際に広島県では、2018年の教員採用試験の競争率が2.2倍と低く470人の採用計画に対し、420人しか採用できず一部中学校では授業が開講できなかった[5,6]事象も起きている。

教員不足は人数の問題ではなく、勤務時間にも表れている。文部科学省が、2016年に教育政策に関する実証研究の一環で、小中学校それぞれ400校の勤務実態を実証分析した結果、2006年の調査と比較して平日・土日ともいずれの職種でも勤務時間が増加している実態が判明している[7]。

Received on October 4, 2020

* 東京都立産業技術大学院大学, Advanced Institute of Industrial Technology

** 株式会社富士通ソーシャルサイエンスラボラトリ, Fujitsu Social Science Laboratory Limited

2.2 新たな教科による負担

小学校では2020年に10年ぶりに学習指導要領が改訂された。このなかで、必修教科として外国語教育やプログラミング教育が導入されることになった。

特にプログラミング教育は、現在まで経験のない教員が多い。全国の小学校教員を対象にしたプログラミング教員の課題や教員研修に対する意識に関する調査[8]によると、全体の92.0%の教員が、プログラミング教育に関する自己の知識・理解の不足を、課題に感じている。このように、新たな教科に対応する必要から、より一層教員への負担が生まれる状況となっている。

3 ソーシャルロボットによる教育支援

このように2.1,2.2項で述べた学校教育の現場で発生している問題に対し、ソーシャルロボットによる教育支援が適切に行われれば、教員不足と教育への負担軽減を同時に解決できる可能性がある。

ソーシャルロボット(Social Robots)とは、人と社会的にインタラクションするロボットのことである。1999年にマサチューセッツ工科大学のCynthia Breazealらが顔の部位のさまざまな動きにより感情を表現しコミュニケーションを行うロボットであるKismetを開発し、この用語を使い始めた[9]。

遠隔授業やコンピュータを用いた学習支援システムは既に多く普及しているが、ソーシャルロボットの教育はこれらの手法と比較して以下の利点がある。

- ①書き方、球技、視覚障がい者の学習など、物理的な指導が有効なカリキュラムに使用できる
- ②美術館の場所を移動しながら解説するといった、生徒の移動を含めたダイナミックな学習が可能である
- ③物理的なロボットとの関わりにより、学習効果や授業の魅力が高まる[10]

教育向けのソーシャルロボットに関しては、形状や機能などさまざまな特徴が確認できるが、本稿ではそのロボットの持つ役割に注目した。役割の分類には諸説ある[11-13]が、本論では1)チューターロボット、2)チューティロボット、3)ピアロボットの3つに分類する。

3.1 チューターロボット(Robot as Tutor)

チューターロボットは、豊富な知識を持ち、教師や家庭教師のように生徒を教えることができるロボットである。一対一で教育するだけでなく、集団の中でアシスタントロボットとして生徒の中に入り、教室全体の雰囲気維持や生徒の積極的な質問を促す効果を持つことで、学びの促進を行うロボットがある。個人の英会話学習用のロボットはすでに複数の企業から商品化されている。

3.2 チューティロボット(Robot as Tutee)

チューティロボットは、初学者のように、これから学ぶことに対して何も知らないようなふるまいをするロボットである。学習者に間違いを正させることで、「教えることによる学び(Learning by Teaching)」をもたらすことを目的としており、生徒の自然な世話欲を引き出すよう、最初は簡単な単語の言い間違えや不完全なふるまいをする。これを生徒たちが正し、面倒をみることでそのトピックに対する学習を深めるといふ狙いがある[14]。すでに幼児の英語学習などでは有効事例が報告されている[15]。

3.3 ピアロボット(Robot as Peer)

ピアロボットは、生徒の「学習のパートナー／仲間(=ピア)」として、生徒と積極的に助け合い、支え合う中で知識や技術を身に着けることを目的としたロボットである。

チューターロボットのような指導ができるだけでなく、雑談や声掛けをし[16]、生徒の習熟度によってはチューティロボットとしてふるまう[17]など、より生徒の教育に適応した役割を担うことを目指している。

しかしながら、チューターロボットについては長年に渡ってさまざまな研究なされているが、チューティロボットや、ピアロボットについての研究はまだ多くはない。生徒とのより有効な関わり方や学習手法の研究が進んでいる途上であり、次章ではロボットの紹介に併せていくつか紹介する。

4 教育向けソーシャルロボットの現状

国内外における教育向けソーシャルロボットの研究に利用される代表的なロボットと、研究内容を紹介する。

4.1 NAO [18]

NAOは、アルデバランロボティクス(現ソフトバンクロボティクスヨーロッパ)が開発した、世界で最も普及しているヒューマノイドロボットである。介護施設でのコミュニケーション支援や受付代行なども担うこともでき、幅広い利用が可能である。入手しやすい価格と、開発の容易さから多くの研究に利用されている。教育向けとしては多くがチューターロボットとしての利用であるが、チューティロボット[19]としても利用されている。

歩行やダンスなど多彩な動きが可能のため、書き方[20]やフリースロー[21]など物理的な指導を必要とする教育の研究にも使用されている。



ソフトバンクロボティクス社 Web[18]より引用

図 1: NAO

4.2 Robovie-R3 [22]

Robovie-R3は、高齢者・障がい者の社会参加への貢献といった、新たなロボットサービス創出の研究開発用として、国際電気通信基礎技術研究所(ATR)によって開発された等身大の人型ロボットプラットフォームである。首、腕、目が動かせるだけでなく、屋内外での移動が可能である。

小泉らの実験[16]では、ロボットの組み立ての基本的知識及びプログラミング的思考を学ぶ小学生の児童らに、Robovie-R3がチューターロボットとピアロボットとしての役割を担う場合の協調学習の比較検討を行っている。ビデオの説明や授業の流れを制御する管理行動のみをする無支援グループと、説明や管理に加えて声掛けや雑談するといった行動をとる支援グループに分け学習を行ったところ、支援グループではより協調学習を促進する可能性があることが示された。この研究ではロボットと児童らだけで学びの場を作られているが、児童へのアンケート調査では楽しさについて高い評価が得られており、ロボットの教育支援の可能性も示唆している。その他、小学校の理科室に導入し、子どもたちと理科の授業に関するクイズなどのやり取りを通じて、理科授業に対する理解を支援する取り組み[23]などもある。



ヴィストン株式会社 Robovie-R3 紹介 Web ページ[24]より引用

図 2: Robovie-R3

4.3 Tega [24]

Tegaは、MITメディアラボによって開発された幼児とのインタラクションを支援する研究用ロボットである。先代のDoragonBotを改良したものであり、より感情表現が豊かになり幼児とのコミュニケーションを長時間行えるよう改善されている。遊びやプログラミング等の教育コンテンツも用意されており、幼児と一緒にタブレットを見ながら学習するといったピアロボットとしての利用が期待されており、幼児に対してパーソナライズされたストーリーテリングを行う研究が行われている[25]。

Chenらが行った研究[17]では、子どもの語彙学習のパートナーとしてTegaを利用している。この研究では、Tegaの役割を①チューターロボット、②チューティロボット、③ピアロボットの3つに分けて比較検討しており、それぞれの役割内容は以下である。

①チューターロボット: 全ての問題に正確に答え、知識を示し、子どもを正解に導く。

②チューティロボット: 語彙の知識を持たず、子どもに助けを求めたり、好奇心旺盛に説明を求めたりする。

③ピアロボット: 子どもの様子に合わせて①、②の役割を切替える。苦戦している時にはチューターとして、知識の定着が必要な時にはチューティとして、適応した行動をとる。

以上3つのロボットによる学習を比較したところ、③のピアロボットとの学習が、最も語彙の学習に有効であり、なおかつ顔表情の分析により他の2つのロボットと比べ肯定的な感情を示していることが分かった。ロボットとの1対1の具体的な学習方法の研究が深まっていることが分かる。



文献[17]より引用

図 3: Tega

4.4 Sota[26]

Sota(ソータ)は、大阪大学大学院基礎工学研究科の石黒教授、吉川准教授らとヴィストン株式会社により開発された、社会的対話ロボットである。ほぼ同時期に開発されたCommUの研究結果にもとづき、人間と関わるロボットを広く普及させることを目的に開発された。CommUに比べシンプルな機構を採用し、親しみやすいキャラクターデザインを取り入れている。人間に向かって話しているのか、またはロボットに向かって話しているかを、ロボットがはっきりと区別することができる。また、対話の参加者となる人間やロボットを無視し

ているように見えない“社会的振る舞い”も行うことが可能であることが特徴である。

この機能を活用して行われた研究に、教育現場においてチューターロボットとして生徒と対話しながら進める議論支援[27]やロボットによる講義[28,29]があり、「Learning by Teaching」を取り入れた講義システムの検討にピアロボットとして利用されている[29]。



図 4: Sota

4.5 Keepon [30]

Keepon は、CareBots プロジェクト(代表:東北大学 小嶋秀樹教授)[30]により開発され、子どものコミュニケーション発達の解明を目的として作成されているロボットである。黄色いダンゴ型の身体(高さ 120mm・直径 80mm)を持ち、シリコンにより一体成型されている。シンプルな4軸で体の動きで表現し、注意の表出と情動の表出に対応する2種類の身体動作をつくりだす。そのシンプルな見た目から対人関係を苦手とする自閉症児の療養教育[31,32]への使用が多いが、ピアロボットに近い児童と相互作用をする役割を担った児童へのダンス教育[33]の研究などがある。

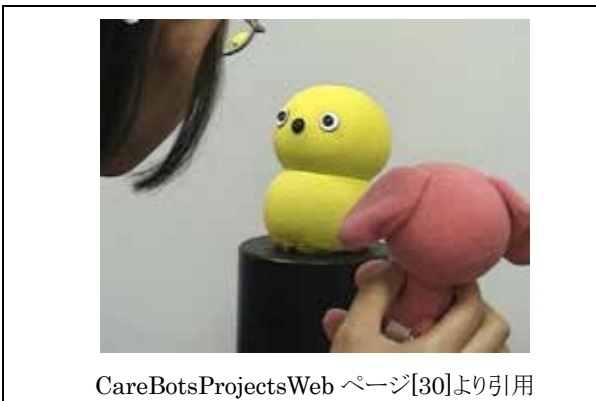


図 5: Keepon

4.6 Engkey [34]

Engkey は、韓国科学技術研究院 (KAIST)により、韓国の小学生に英語教育を行うために開発された。高さ約 1m の白い卵形のロボットで、顔の部分にはディスプレイがあり、生徒たちに話しかけながら車輪で教室内を移動することで、朗読や音楽にあわせて頭と腕を動かしてダンスをすることができる。

フィリピンのような英語を母国語とする他の国の英語教師が遠隔操作し、生徒の様子を見たり、発音を聞いたりすることが可能である[34]。カメラには顔検出機能を持ち、教師たちの表情を捉え、教師の表情が変わるとそれに合わせてディスプレイ内のアバターの顔表情も変化する。

こういった遠隔地から操作・コミュニケーションを行うロボットは、「テレプレゼンスロボット(Telepresence Robot)」と呼ばれており、すでにさまざまなタイプのテレプレゼンスロボットが市販されている。テレプレゼンスロボットを活用すれば、土日の部活動の指導はロボットで行うといった負担軽減策も早期に実現可能ではないだろうか。

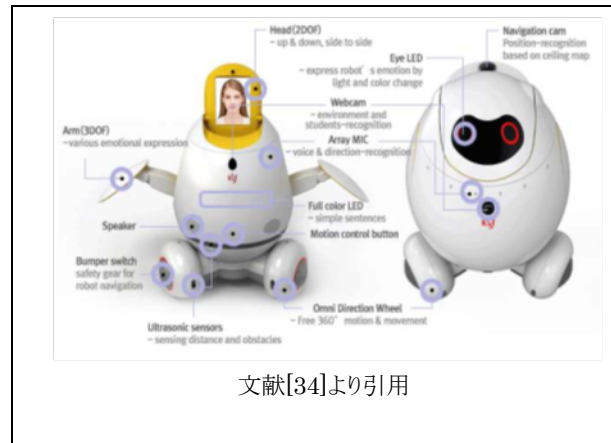


図 6: Engkey

5 教育向けソーシャルロボットの現状まとめ

前項までで、教育で使用されるロボットの現状について調査したが、Tega や Keepon にみられるように、ロボットの機能以上に生徒との関わり方や子供に親しまれる形状といった要素が教育効果を上げるためには重要である。表 1 に各ロボットの外見比較を示す。

表 1: ロボット外見比較

ロボット名	開発者名	ロボットの高さ	幼児同等のサイズ	人間的な外見	開発時期
NAO	ソフトバンク ロボティクス	0.58m	○	○	2005(AL-01) 2009(Academic)
Robovie-R3	ガイストン	1.08m	○	○	2010
Tega	MIT Media Lab	0.35m	○	×	2016
Sota	ガイストン	0.28m	×	○	2015
Keepon	東北大学	0.12m	×	×	1997
Engkey	KAIST	1.05m	○	×	2010

既存研究の多くは1対1あるいは少人数向けの教育であり、学校現場への早期の導入は難しい面があるが、実用的な研究も増えていることが確認出来た。実際に学校教育でロボットが活用されるためにはロボット自体の要素だけでなく、ロボットを使う環境やより学習効果の出るカリキュラムの整備なども必要であり、今後の展開に期待したい。

6 おわりに

本稿では、国内の教育現場における教員不足の現状と、代表的な教育向けソーシャルロボットの調査を行った。その結果、教師の負担軽減や英語やプログラミング教育を含めた教育効果向上を期待出来ることが分かった。将来的にはロボットが児童を導き励まし、時には児童がロボットに教えることで理解を深める、といった光景が一般的になるであろう。

教育の形が変化していく中、対面授業とオンライン授業の両方のメリットを実現できる可能性を持つのがロボットによる教育支援であり、国内の教育の問題にも貢献出来るかと考える。今後もロボットと教育支援について注目していきたい。

参考文献

- [1] 経済産業省産業機械課, 2012年 ロボット産業の市場動向,
https://www.meti.go.jp/policy/mono_info_service/mono/robot/pdf/20130718002-3.pdf, 2013.
(visited on 2020)(ウェブ参照)
- [2] 文部科学省初等中等教育局, いわゆる「教員不足」について,
https://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chukyo/chukyo3/002/siryo/_icsFiles/afieldfile/2018/08/08/1407922_10.pdf, 2018. (visited on 2020)(ウェブ参照)
- [3] 文部科学省: 令和元年度公立学校教員採用選考試験の実施状況について,
https://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/senkou/1416039_00001.html, 2020. (visited on 2020)(ウェブ参照)
- [4] 川崎祥子, “教員採用選考試験における競争率の低下—処遇改善による人材確保の必要性—,” 立法と調査, no.417, pp.18-27, Nov.2019.
- [5] 日経新聞, 日経新聞 電子版 2018年5月14日付: 教員不足で授業できず 4月分、広島市の市立中, 2018.
- [6] 読売新聞, 読売新聞 東京朝刊 2019年5月14日付: 「多忙な教職」学生敬遠 公立小採用 倍率低迷, 2019.
- [7] 文部科学省, 教員勤務実態調査(平成28年度)(確定値)について,
https://www.mext.go.jp/component/a_menu/education/detail/_icsFiles/afieldfile/2018/09/27/1409224_003_4.pdf, 2018. (visited on 2020)(ウェブ参照)
- [8] 黒田昌克, 森山潤, “小学校段階におけるプログラミング教育の実践に向けた教員の課題意識と研修ニーズとの関連性,” 日本教育工学会論文誌, vol.41(Suppl.), pp.169-172, Mar.2018.
- [9] C. Breazeal and B. Scassellati, “A Context-Dependent Attention System for a Social Robot,” Proc. International Joint Conf. on Artificial Intelligence, pp.1146-1153, 1999.
- [10] J. Li, “The Benefit of Being Physically Present: A Survey of Experimental Works Comparing Copresent Robots, Telepresent Robots and Virtual Agents,” International Journal of Human-Computer Studies, vol.77, pp.23-37, May2015.
- [11] T. Belpaeme, J. Kennedy, A. Ramachandran, B. Scassellati, F. Tanaka, “Social Robots for Education: a Review,” Science Robotics, vol.3, no.21, eaat5954, Aug.2018.
- [12] O. Mubin, C. J. Stevens, S. Shahid, A. A. Mahmud, J. J. Dong, “A Review of the Applicability of Robots in Education,” Technology for Education and Learning, vol.1, pp.1-7, Jun.2013.
- [13] 田中文英, “教育におけるロボットの活用,” 教育と医学, vol.66, no.1, pp.28-32, Jan.2018.
- [14] 田中文英, “幼児教育現場におけるソーシャルロボット研究,” 日本ロボット学会誌, vol.29, no.1, pp.19-22, Jan.2011.
- [15] 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, Mar.2013.
- [16] 小泉智史, 神田崇行, 宮下敬宏, “ソーシャルロボットを用いた協調学習実験,” 日本ロボット学会誌, vol.29, no.10, pp.902-906, Dec.2011.
- [17] H. Chen, H. W. Park, C. Breazeal, “Teaching and Learning with Children: Impact of Reciprocal Peer Learning with a Social Robot on Children’s Learning and Emotive Engagement,” Computers & Education, vol.150, Jun.2020.

- [18] SoftBank Robotics, NAO,
<https://www.softbankrobotics.com/emea/en/nao>.
 (visited on 2020) (ウェブ参照)
- [19] F. Tanaka and S. Matsuzoe, "Children Teach a Care-Receiving Robot to Promote Their Learning: Field Experiments at a Classroom for Vocabulary Learning," *Jornal of Human-Robot Interaction*, vol.1, no.1, pp.1-16, Jul.2012.
- [20] W. Johal, A. Jacq, A. Paiva and P. Dillenbourg, "Child-Robot Spatial Arrangement in a Learning by Teaching Activity," *Proc. 2016 twenty-fifth IEEE International Symposium on Robot and Human Interactive Communication*, pp. 533-538, 2016.
- [21] A. Litoiu and B. Scassellati, "Robotic Coaching of Complex Physical Skills," *Proc. the Tenth Annual ACM/IEEE International Conf. on Human-Robot Interaction Extended Abstracts*, pp.211-212, 2015.
- [22] ヴィストーン株式会社, Robovie R3,
https://www.vstone.co.jp/products/robovie_r3/index.html. (visited on 2020) (ウェブ参照)
- [23] 小松原剛志, 塩見昌裕, 神田崇行, 石黒浩, 萩田紀博, "理科室で授業の理解を支援するロボットシステム," *日本ロボット学会誌*, vol.33, no.10, pp.789-799, Dec.2015.
- [24] MIT Media Lab, Tega,
<https://www.media.mit.edu/projects/tega-a-new-robot-platform-for-long-term-interaction/overview/>. (visited on 2020) (ウェブ参照)
- [25] H. W. Park, M. Gelsomini, J. J. Lee, T. Zhu and C. Breazeal, "Backchannel Opportunity Prediction for Social Robot Listeners," *Proc. 2017 IEEE International Conf. on Robotics and Automation*, pp. 2308-2314, 2017.
- [26] ヴィストーン株式会社, 普及型社会的対話ロボット「Sota (ソータ),
<http://www.vstone.co.jp/products/sota/index.html>. (visited on 2020) (ウェブ参照)
- [27] 小野宙生, 小池開人, 森田武史, 山口高平, "教育現場における議論支援ロボット," *2019年度人工知能学会全国大会論文集(第33回)*, pp.104-J-12-01, Jun.2019.
- [28] T. Ishino, M. Goto, A. Kashihara. "A Robot for Reconstructing Presentation Behavior in Lecture," *Proc. Sixth International Conf. on Human-Agent Interaction*, pp.67-75, 2018.
- [29] B. I. Edwards, I. O. Muniru, N. Khougali, A. D. Cheok, R. Prada, "A physically Embodied Robot Teacher (PERT) as a Facilitator for Peer Learning," *Proc. 2018 IEEE Frontiers in Education Conf.*, 2018.
- [30] Carebot Project,
<https://www.ei.tohoku.ac.jp/xkozima/carebots/robot.html#keepon>. (visited on 2020) (ウェブ参照)
- [31] H. Kozima, C. Nakagawa, Y. Yasuda, "Interactive Robots for Communication-Care: a Case-Study in Autism Therapy," *Proc. fourteenth IEEE Workshop on Robot and Human Interactive Communication, RO-MAN 2005*, pp. 341-346, 2005.
- [32] H. Kozima, C. Nakagawa, Y. Yasuda, "Designing and Observing Human-Robot Interactions for the Study of Social Development and its Disorders," *Proc. 2005 International Symposium on Computational Intelligence in Robotics and Automation*, pp. 41-46, 2005.
- [33] M. P. Michalowski, R. Simmons, H. Kozima, "Rhythmic Attention in Child-Robot Dance Play," *Proc. the eighteenth IEEE International Symposium on Robot and Human Interactive Communication*, pp. 816-821, 2009
- [34] J. Kim, K. S. Chun, D. Kwon, "Gesture Motion Programming by Applying Robot Motion Hierarchy Structure for the Educational/Entertainment Robot Engkey," *Proc. 2012 IEEE Workshop on Advanced Robotics and its Social Impacts*, pp. 36-39, 2012.