

共生型 STEAM 学習のためのロボット 〈Toi〉 の提案

Proposal for a Robot “Toi” for Symbiotic STEAM Learning

三宅将吾^{1*} 本所然¹ 長谷川孔明¹ 岡田美智男¹

Shogo Miyake¹, Nen Honjo¹, Komei Hasegawa¹ and Michio Okada¹

¹ 豊橋技術科学大学 情報・知能工学系

¹ Department of Computer Science and Engineering, Toyohashi University of Technology

Abstract: 教科書を眺めるだけでなく、実際に手を動かしてモノを作ったりしたことはあるだろうか。そして、そこから子供たちの創造性が芽吹いてくるとしたらどうだろうか。常に変化する現代社会に適応できるよう、ロボットと共生する新しい学習方法を提案する。本稿では、ロボットとの共生を通じた新たな教育が子供たちの創造的思考力をどのように育てるかについて、具体的に議論を展開する。

1 はじめに

もし教科書を眺めるだけでなく実際に手を動かし、全く新しいモノを作る機会を子どもたちに与えようだろうか。その創造の過程で子供たち自身が未知の問題を解決する力、創造性が芽吹くかもしれない。たとえば、ヨタヨタとしたロボットを子どもたちに見せたら、彼らはそのロボットに興味し、自分だけのロボットを作りたいと思うかもしれない。

現代社会は常に変化していく中で、子どもたちが早い段階で機械やロボットとコミュニケーションを取る力を得ることは、これからの生活において必要不可欠なスキルとなりうる。それは、ロボットと共生する新たな学習方法として、有効な手段と言えるだろう。

そこで本稿では、そのようなロボットとの共生を通じて新たな学習方法が子どもたちの創造的思考力や問題解決能力をどのように育てるかについて議論を展開する。その中で、具体的にロボット〈Toi〉という学習ツールを通じて、小学校5・6年生の子どもたちと一緒に生活し、学び、成長する場を提案し、そのコンセプトとインタラクションデザインについても議論する。



図 1: 共生型 STEAM 学習のためのロボット 〈Toi〉

字を組み合わせた造語のことであり、それらの5つの領域を対象とした理数教育に創造性教育を加えた学習理念である [1]。特に、知る（探究）とつくる（創造）のサイクルを生み出す、分野横断的な学びを志向しており、それを特徴とする。その中で、さまざまな課題を自ら見つける力、クリエイティブな発想で物事をさまざまな面から捉え解決する力、新しい価値を創造する力などを育てることを目指している。近年の高度化するテクノロジー社会において、これらの能力は一層重要となっている。

2 研究背景

2.1 STEAM 学習

STEAM 学習とは科学 (Science)、技術 (Technology)、工学 (Engineering)、芸術・リベラルアーツ (Arts)、数学 (Mathematics) の5つの英単語の頭文

2.2 構築主義

この課題解決思考力を養う学習理論として提唱されているのが構築主義である。従来の「積み上げ式」教育では細かいところを理解していき、最終的に全体像がつかめるようにしていくという教育方法である。教科書の最初のページから順番に教えはじめ、最初の部分が完璧かそれに近い状態になってから、次の部分に

*連絡先： 豊橋技術科学大学 情報・知能工学系
〒441-8122 愛知県豊橋市天伯町雲雀ヶ丘1-1
E-mail: miyake.shogo.th@tut.jp

進んでいく。たくさんの生徒たちに一律的に教えていける点では適した教育方法であるが、個人の思考力が育まれないという問題がある。この問題を解決する学習理論が構築主義 [2] である。シーモア・パパートが提唱している構築主義は頭だけで考えても、新しい知識は構築されず、実際に手を動かしながらモノに触れて何かをつくることで、学びが生じるという理論である。構築主義という学習理論を取り入れることで、子どもたちがモノづくりを通じて創造的思考力を育むことを狙いとしている。

2.3 ブリコラージュ

そんな構築主義による学びの手法の一つとして、ブリコラージュがある。ブリコラージュとは、クロード・レヴィ＝ストロースが『野生の思考』の中で紹介した言葉であり [3][4]、日曜大工・素人大工という意味を持つフランス語であるが、ここでは「ありあわせやいいとこどりのものをかき集めて試行錯誤し、その場を凌ぐこと」という意味で用いる。ブリコラージュは生物の進化プロセスにおいて非常に重要なものである。本研究では、このブリコラージュ的なモノづくりの考え方を共生型 STEAM 学習に展開することを考えている。すなわち、子どもがワークショップなどの体験の中で寄せ集めやありあわせのセンサを使ってロボットを製作していくことで、さまざまな課題を自ら見つける力、クリエイティブな発想で物事をさまざまな面から捉え解決する力、新しい価値を創造する力などを育てることを狙いとしている。

2.4 共進化・共学習

ロボットが子どもたちの工夫によって進化・成長していく過程と子ども自身がその試みの中で、さまざまなスキルを高めていく過程は、マルチエージェントの分野で議論されてきた共進化や共学習に当てはめることができる [5][6]。ロボットと子どもたちが一緒に生活していく中で、子どもたちのコミュニティとロボットの間で共進化・共学習が起こる。そして、子どもたちと協力し進化していくことで集団としてノウハウを得たり、スキルを向上させたりすると考える。

3 共生型 STEAM 学習

筆者らはこれまで、自らはゴミを拾えないものの、まわりの子どもの手助けを上手に引き出しながら、結果としてゴミを拾い集めてしまう〈ゴミ箱ロボット〉など、さまざまなタイプの〈弱いロボット〉 [7] の提案と構築を進めてきた。また、これらの〈弱いロボット〉と

子どもたちの関わりを生かしつつ、上記の各要素が組み合わさった新しい形の STEAM 学習に応用、すなわち共生型 STEAM 学習を進めている。本研究で進める共生型 STEAM 学習とは、子どもたちが「ロボットの企画をする」、「デザインする」、「プログラミングする」などにより、ロボットそのものを製作するだけでなく、これらのロボットと生活を共にする中で、子どもたちが自分たちでロボットの機能をアップグレードしたり、メンテナンスするなど、生き物の世話をするような行動を引き出すことを狙いとしている。

4 〈Toi〉の構成

4.1 コンセプト

本研究のプラットフォームである〈Toi〉は、図 2 に示すように人の背骨をモチーフにしたフォルムになっている。〈Toi〉は「ソーシャルなロボット」として、(a) 外界の情報をセンサで取得しそのデータを反映させながら意思決定を行う (=「自律性」)、(b) 周囲の人に対して内部状態や意志を社会的に表出する機能を備える (=「社会性」)、(c) 周囲の人の邪魔にならずにうまくその空間に入り込める (=「社会的受容性」) などの主要な要素を備えている。これにより、最初は「なんだコイツは？」と興味を持つところから始め、インタラクションを通し、同じ空間で生活していくことで子どもと〈Toi〉が共に成長・進化していく関係性を目指す。また、〈Toi〉はセンサモジュールやデザインが拡張可能なロボットであるため、子どもたちに合わせた学習を提供することができる。これは子どもたち自身がアイデアを出し、製作することで異なるロボットが生み出されることを目指している。

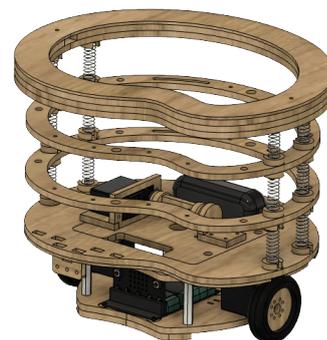


図 2: 〈Toi〉の外観

4.2 micro:bit

micro:bit とは、イギリスの BBC（英国放送協会）が主体となって作られた教育向けマイコンボードである。イギリスでは 11 歳～12 歳の子ども全員に無償で配布されており、授業の中で活用が進んでいる。日本でも、プログラミングの必修化をきっかけに学校での導入が進んでいる。これをマイコンボードとして〈Toi〉を制御している。また、micro:bit 同士の通信も可能であり、群ロボットにも展開させることができる。

4.3 ハードウェア構成

〈Toi〉のハードウェア構成を図 3 に示す。〈Toi〉にはセンサとして外界情報や内界情報を取得するための ToF センサと人感センサ、赤外線センサ、アクチュエータとしてサーボモータを搭載しており、全体の制御を担うマイコンボードに接続されている。図 3a から見て両端に組み込まれたバネによって体が揺れるようになっており、図 3b から見て両端にある糸とサーボモータによってバイオリジカルモーション [8] を実現している。サーボモータを回転させ糸を巻き取ることで、見上げやお辞儀の振る舞いを生成している。

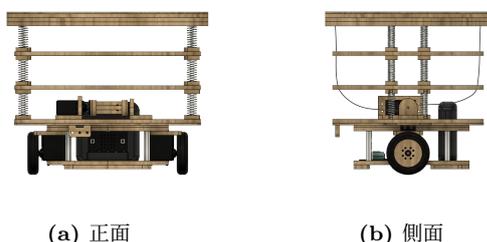


図 3: 〈Toi〉のハードウェア構成

4.4 システム構成

〈Toi〉のシステム構成を図 4 に示す。入力として ToF センサで障害物を検知、人感センサで接近してきた人を検知、赤外線センサでロボットの中に入ったおもちゃを検知している。入力された情報を基に micro:bit で〈Toi〉の振る舞いを生成し、サーボモータに指令を送っている。これは製作例であり、子どもによって使用するセンサモジュールは異なる。

4.5 インタラクシオンデザイン

〈Toi〉はその名が示すように子どもたちに自身の存在を問いかけ、その関わりの中で自身の役割を構築していくエージェントである。そのため、〈Toi〉は「おもちゃを入れてください!」などのように意味を押し付け

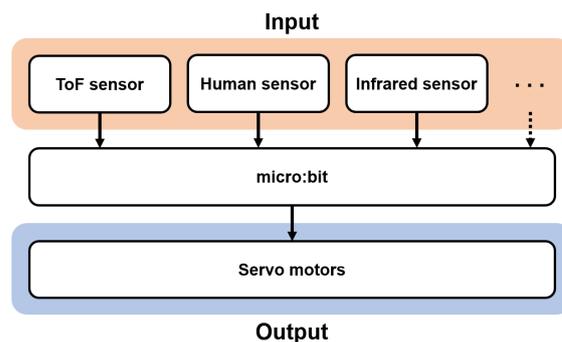


図 4: システム構成

ることを避け、ユーザのそばに近寄っていく動作やユーザを見上げる動作などの身体動作により、積極的に子どもたちの解釈を引き出す。また、〈Toi〉は micro:bit を用いているためセンサモジュールやソフトウェアを容易に拡張することが可能であり、子どもたちの学習に合わせてともに進化していくことが可能である。このように〈Toi〉のインタラクシオンデザインは固定化されたものではなく、子どもたちに寄り添い共に変化していくものであるといえる。



図 5: インタラクシオンイメージ

5 おわりに

本稿では、小学校5・6年生を対象とした共生型 STEAM 学習のためのロボット〈Toi〉を提案し、そのコンセプトとインタラクシオンデザインについて述べた。〈Toi〉は子どもたちの想像力を引き出すことにより、さまざまな形に変化し、関係性、可能性を秘めていると考えられる。

今後は小学校などでワークショップを開催し、プログラミング学習することで、子どもたちのスキルや能力が向上しているかについての実証実験を行ってきたい。

謝辞

本研究の一部は、愛知県が公益財団法人科学技術交流財団に委託し実施している「知の拠点あいち重点研究プロジェクト第IV期(第4次産業革命をもたらすデジタル・トランスメーション(DX)の加速)」により行われた。ここに記して感謝の意を示す。

参考文献

- [1] 安東恭一郎, 金政孝: 科学と芸術の融合による教育の可能性と課題: 韓国 STEAM 教育の原理と実践場面の検討, 美術教育学: 美術科教育学会誌, Vol. 35, pp. 61-77 (2014).
- [2] Papert, S., 奥村貴世子 (訳): 『マインドストームー子供, コンピューター, そして強力なアイデア』, 未来社 (1995).
- [3] クロード・レヴィ=ストロース (大橋保夫訳): 『野生の思考』, みすず書房 (1977).
- [4] 小山尚之: 現代社会の日常生活における野生の思考: 未開人たちのもたらしたものと A. ブルトンに関する一考察, 東京商船大学研究報告. 人文科学, Vol. 51, pp. 75-88 (2000).
- [5] Yong, C. H.: Cooperative Coevolution of Multi-Agent Systems, Undergraduate Honors Thesis HR-00-01, Department of Computer Sciences, The University of Texas at Austin (2000).
- [6] Turner, M. J., Hemberg, E. and O'Reilly, U.-M.: Analyzing multi-agent reinforcement learning and coevolution in cybersecurity, in *GECCO*, pp. 1290-1298 (2022).
- [7] 岡田美智男: 『ロボット 共生に向けたインタラクション (知の生態学の冒険 J・J・ギブソンの継承 1)』, 東京大学出版会 (2023).
- [8] Decety, S.-J. B. . J.: From the perception of action to the understanding of intention, *Nature Reviews Neuroscience*, Vol. 2, pp. 561-567 (2001).