

ユーザー向けAIアプリ開発ツールPRINTEPSによる 教師ロボット連携授業の実装と評価

赤柴駿介[†] 西本智浩[†] 柘原礼士[‡] 桑山美冴[‡] 山口高平[§]

[†] 慶應義塾大学大学院 理工学研究科開放環境科学専攻

[‡] 慶應義塾幼稚舎理科室

[§] 慶應義塾大学 理工学部管理工学科

要旨

現在, 知識推論, 音声対話, 画像処理, 動作計画を要素知能とし, これらに関するソフトウェアモジュールを組み合わせることによって, エンドユーザーが簡単に人と機械が協働する知能アプリケーションを開発するための総合知能アプリケーションプラットフォーム, PRINTEPS (Practical INTEligence aPplicationS)の研究を進めている[1].本稿では, 小学校6年生の理科の「てこのはたらきのきまり」の実験に複数のロボットと教師・児童が連携するシステムを導入し, そのシステムの評価と, 授業を通じて得られた, PRINTEPSでの実現や小学校教育実践に向けた知見について述べる.

1. はじめに

現在の小学校教育においては, 児童に単に教科書に書かれているような知識を教えるといった詰め込み型の教育ではなく, 児童の授業への興味関心を維持しながら児童が主体的に学習するように教えることと, 教師が児童個人ごとの学習内容の理解状況を把握することが必要になっている. 本研究では, 教師と児童に加えてマルチロボットが協働するシステムを構築し, それに基づいて授業をすることで, 興味関心の向上, 知識の教示, 進捗状況の把握をし, 教育効果を高めることを目的としている.

2. 教師・児童と協働するマルチロボットシステム

2.1. システムの目的

本システムでは, 教師・児童・ロボットをまとめてアクターと表現し, それぞれのアクターの連携によって, 興味関心の向上, 知識の教示, 進捗状況の把握の3つを実現し, 教育効果を高めることを目的としている.

2.2. 使用ロボット

本システムでは, 3種類のロボットを使用して, 興味関心の向上, 知識の教示, 進捗状況の把握の3つの実現を試みた.各ロボットの説明と役割は2.2.1~2.2.3の通りである.

2.2.1. NAO

NAOはAldebaran社製のヒューマノイドロボットで外見は図1の通りである.身振り, 音声認識, 発話, タッチセンサーによる動作制御が可能である.

本システムにおいて, 興味関心の向上に身振りを, 知識の教示に発話をそれぞれ利用できると考え, NAOを導入した.また, NAOはタッチセンサーによるイベント検知や音声認識が行えるため, 教師がロボットと連携し授業を進めていく際の授業フローの管理に応用できると考えた.そのため本システムでは, 授業内の役割として, 教師とともに授業を進めるTAとしての役割をNAOに持たせた.

表1 NAOの主な仕様

体長	57.4cm	開発言語	Python, C++, Java
体重	5.4Kg	入出力	LED, オーディオ, センサー, カメラ
OS	Linux	自由度	25



図 1 NAO の教卓で説明する様子

2.2.2. Sota

Sota は Vstone 社製のヒューマノイドロボットで、外見は図 2 の通りである。本システムにおいては、進捗状況の把握のために、班ごとにロボットを設置し、画像や音声等によって情報を収集する必要があった。また、収集情報の結果をもとに、児童に対して、働きかけを行う必要があった。そのため、学校の机サイズで設置することが可能で、かつ、コミュニケーション能力を備えた Sota を導入した。本システムにおいては、進捗状況の把握のために Sota を設置しているが、児童との距離が近いことから、児童の友達として、学習を活性化させる役割を持たせることを考えた。

表 2 Sota の主な仕様

体長	28cm	開発言語	Java
体重	763g	入出力	LED, オーディオ, スイッチ, カメラ
OS	Linux, Raspbian	自由度	8



図 2 Sota が画像認識をする様子

2.2.3. Jaco2

Jaco2 は Kinova 社製のロボットアームで外見は図 3 の通りである。腕自体の自由度に加え、指先の自由度も高いことから、NAO や Sota にはできないような精密な操作を行うことができ、物をつかんだり、移動させたりすることができる。本システムにおいては、興味関心の向上のために、普段の授業では教師が行っているような演示をロボットに行わせることを考え、導入した。Jaco2 単体では、カメラ等を備えていないため、物体の認識等はできない。そのため、外部の Kinect などの機器と連携して、動作を行う必要がある。

表 3 Jaco2 の主な仕様

リーチ	90cm	開発言語	Python, C++, Java
体重	5.2Kg	入出力	LED, オーディオ, センサー, カメラ
OS	Linux	自由度	6



図 3 Jaco2 が授業でエンジンを切る様子

3. PRINTEPS による実装

PRINTEPSでは、サービス、プロセス、モジュールという3階層でアプリケーションを表現し、サービスを展開するとプロセスが、プロセスを展開するとモジュールがそれぞれ構成要素として現れる。図4は、4.1項のケーススタディの授業における『授業導入』というサービスを展開したうちの一つのプロセスである『問題提起に対する児童の回答』をさらに展開し、モジュール単位まで展開したものである。プロセスはプロセスを内包することができ、エンドユーザーはこのプロセスをワークフローエディタ上でアプリケーションを編集する。モジュールはプログラムそのものであり、この部分については、エンドユーザーは関与しない。今回の実験ではPRINTEPSでの授業の構築は行うことができなかったが、次回以降においては、教師がPRINTEPSを使い、サービス、プロセスを配置・編集することで、ロボットを使用した授業を構築できるようにする予定である。

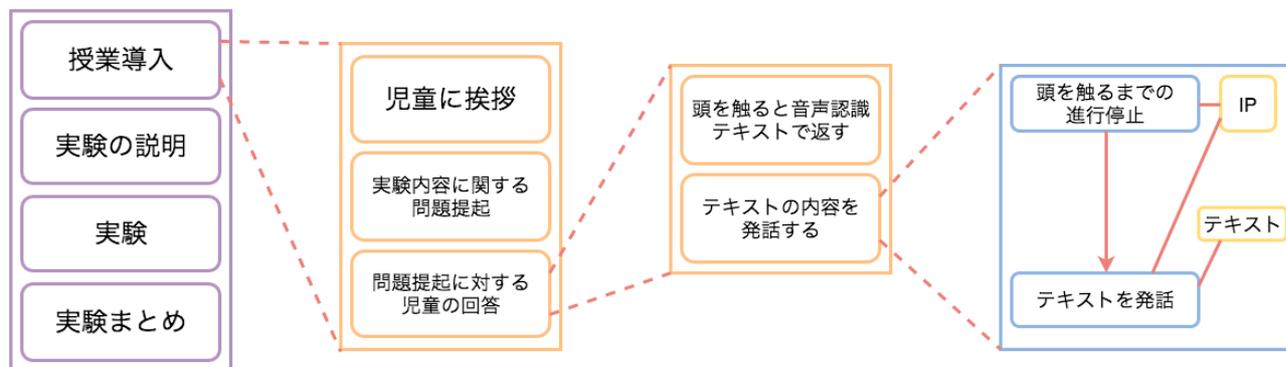


図 4 ケーススタディの PRINTEPS での実装イメージ

4. 実験・評価

ケーススタディとして、小学校6年生の理科における、「てこのはたらきのきまり」という単元の中の、てこがつりあう際の法則性を見つける実験を取り上げた。本研究での提案システムの評価のための実験として、慶應義塾幼稚舎の小学6年生を対象に本システムを用いて作成した教師・児童とマルチロボットが連携する授業を行った。実験結果や授業の最後に実施した児童へのアンケート、教師へのインタビューをもとに、得られた考察を述べる。

4.1. ケーススタディ

4.1.1. 実験準備

まず、2節で述べたアクター間の連携は、各ロボットの使用方法を考慮しながら、教師の意見を参考に考えた。また、4.1.2で述べる授業シナリオの設計のために、8回に渡る教師とのミーティングを行った。ミーティングの際は授業シナリオの案を用意し、ロボットを用いて実際に動作させながら教師に授業シナリオを検討してもらった。その次のミーティングでは、前回のフィードバックを受けた結果を元にシナリオ案を再構築し、再度ロボットプログラミングをする必要があった。今回のケーススタディでは、シナリオを試作する段階ではPRINTEPSを用いることが出来ず、この時のロボットプログラミングはハードコーディングで行った。PRINTEPSがこの段階で使えるのであれば、シナリオの確認と修正をモジュール結合によってその場で行えるため、PDCAサイクルを回しやすくなり、ミーティング回数を減らすことができると考えられる。

4.1.2. 授業シナリオ

ケーススタディとして取り上げた、てこがつりあう際の法則性を見つける実験の授業は以下のような流れになっている。

詳細は一部割愛する。

① 授業導入

NAOと教師の掛け合いによって授業の導入を行う。授業導入でニンジンを用いて園児を行う。その際、Jaco2がニンジンを切る。

② 実験の説明

NAOが実験の説明をし、Jaco2がデモンストレーションを行う。

③ てこをつり合わせる実験

図5のようにSotaが実験進行の手伝いと進捗状況の把握を行う。

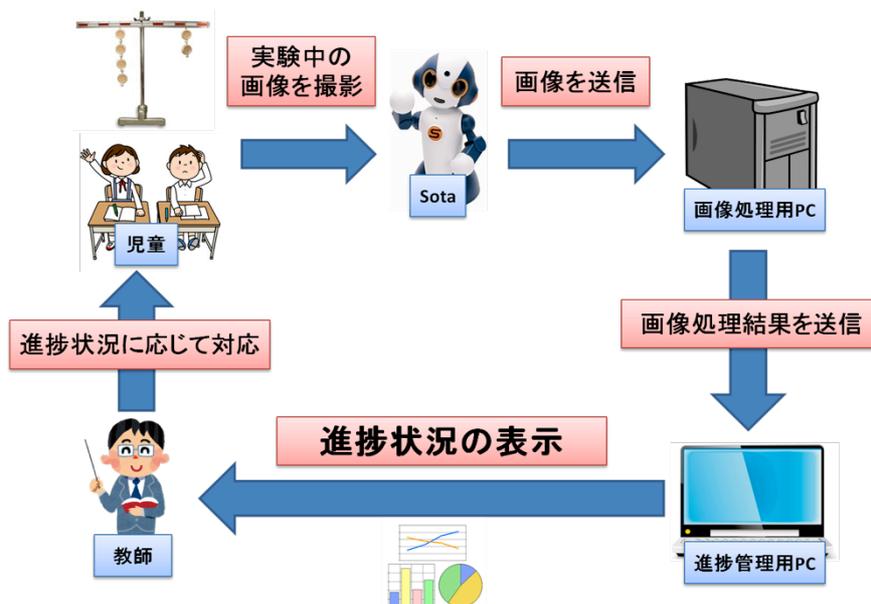


図 5 進捗状況の把握の仕組みの概要

- ④ 実験の答え合わせとまとめ
NAOが実験の答えを説明する.
- ⑤ 実験の応用
NAOが応用事例について説明する.
- ⑥ 授業のまとめ
NAOが授業のまとめを説明する.

4.1.3. 進捗状況の把握

ケーススタディの中で特筆すべき点として、進捗状況の把握がある。進捗状況の把握の仕組みの概要を図3に示す。今回のケーススタディでは、てこをつり合わせる実験をワークシートに沿って進めていく形式で行った。児童がワークシートの問題を1問ずつ解いていき、1問回答しおもりを吊るしたごとに、Sota に実験用でこの写真を撮影してもらい、得られた画像を画像処理用のPCへとソケット通信を用いて送信し、テンプレートマッチングを用いた支点の検出、及び Haar-like 特徴量を用いたおもりの検出とおもりが吊るされている位置の検出を行う。その結果として、ワークシートの問題で指定されたとおりにおもりが吊るされていて、なおかつ実験用でこがつりあっているかを判断する。つり合っていた場合には、問題を解き終えたという情報を、進捗管理用のPCに、どの班がどの問題まで終わったという形で、ソケット通信を用いて送信し、PC上で図6のような棒グラフにして画面上に表示する。

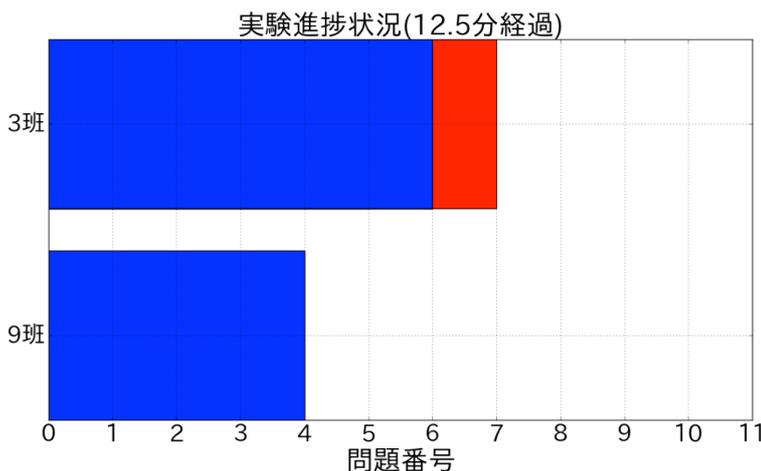


図 6 各班の進捗状況のグラフ

4.2. 授業に関する評価

授業後に、児童へのアンケート、教師へのインタビューを行い、その結果を用いて行った評価が以下である。

- 興味関心の向上についての評価
児童に最も印象に残ったことをアンケートした結果、アームロボットJaco2がニンジンを持ち、おもりを吊るしたことで答える児童が最も多かった。そのため、興味関心の向上を目的としたJaco2の本システムへの導入は成功だったと言える。ただし、Jaco2が授業内でニンジンを切ったり、おもりを吊るしたりすることは、成功した回と失敗した回があり、失敗してもなお、児童の興味・関心を持続させるのは、教師の技量による部分が大きかった。
- 知識の教示についての評価

児童に授業で最も大事だったことをアンケートした結果、ケーススタディの授業において最も理解させるべき、「てこのつり合いの条件」を答える児童が全体の2/3以上いた。また、教師へのインタビューでも、通常の授業と同じくらいかそれ以上の理解度を児童に与えられた、というようなコメントがあり、NAOを用いた知識の教示がうまくいったのではないかと考えられる。普段の授業では、教師と児童が授業のまとめの段階でインタラクションをしながら、理解を深めていくことから、ロボットを用いてインタラクションを行うことができれば、より高い教育効果が得られたものと考えられる。

- 進捗状況の把握についての評価

教師へのインタビューにおいて、良かった点として、進捗状況を視覚化して把握できることで各々の班を確認しに行くといった手間が減ったといった発言があった。これより、Sotaを用いた進捗状況の把握が十分に効果を発揮していたと考えられる。ただし、導入の段階で、正しく進捗状況の把握を行えるように緻密にハードコーディングをしており、授業の形式・単元が異なれば再利用ができなかったり、ハードコーディングをしてもなお、エラーが発生して失敗する回があったりするなど、課題が多いと考えられる。

- フロー管理についての評価

タッチセンサーによるイベント検知や音声認識をフロー管理に用いたが、その中の音声認識については、認識ミスが気になるという意見が多かった。音声認識にはNAOqiのAPIを用いており、ソフトウェア側からの改善は難しいため、音声認識の際に周りを静かにするなど工夫が必要である。

5. おわりに

本稿では、複数の人と複数のロボットが連携する小学校の理科実験授業という環境において、教育効果を高めることを目的とし、興味関心の向上、知識の教示、進捗状況の把握の3つを実現するためのロボットの導入を行い、授業を実施した。その結果、ロボットをねらい通りに使用して、興味関心の向上、知識の教示、進捗状況の把握が効果的に行うことができていた。今後の課題として、今回の実験においては、教師との話し合いを通じて、ハードコーディングによって実装した本授業システムを、PRINTEPSを用いて構築することが挙げられ、授業を構成した各ロボットのプログラムをモジュールレベルに展開し、再利用可能なものにする必要がある。PRINTEPSを用いればワークフローの作成が容易になり、短時間での授業のワークフローの修正が見込まれ、PDCAサイクルを回しやすくなる。今後の展望としては、教室内にロボットのカメラとは別に、授業中の児童の様子を撮影するカメラ等のセンサーを設置し、そのようなセンサーによって児童の個々の授業への参加度を把握できれば、参加度の低い児童に対してよりピンポイントで効果的な興味関心の向上や知識の教示が可能になると考えられる。

6. 謝辞

本研究は、科学技術振興機構(JST) 戦略的創造研究推進事業(CREST)「実践知能アプリケーション構築フレームワークPRINTEPSの開発と社会実践」の支援によって実施した。

7. 参考文献

[1] 山口高平, 中野有紀子, 斎藤英雄, 森田武史, 青木義満, 萩原将文, 斎藤俊太, “ 知能共進化のための実践知能アプリケーションプラットフォームPRINTEPS ”, 第29回人工知能学会全国大会, 1I4-2, 2015