

## PRINTEPS におけるクラスルーム AI の実現と評価

## Implementation and Evaluation of classroom AI in PRINTEPS

菅陽哉 \*1  
Haruya Suga西本智浩 \*1  
Chihiro Nishimoto赤柴駿介 \*2  
Shunsuke Akashiba柊原礼士 \*3  
Reiji Kukihara桑山美冴 \*3  
Misae Kuwayama山口高平 \*2  
Takahira Yamaguchi

\*1 慶應義塾大学大学院理工学研究科

Keio University Graduate School of Science and Technology

\*2 慶應義塾大学理工学部

Keio University Faculty of Science and Technology

\*3 慶應義塾幼稚舎理科室

Keio Gijuku Yochisha Elementary School

Abstract: PRINTEPS(Practical INTEligence aPplicationS) is a total intelligent application development platform that integrates 5 types of sub systems (knowledge-based reasoning, speech dialog, image sensing, manipulation and machine learning). This paper shows us how PRINTEPS has been applied to classroom AI where multiple people and robots cooperate.

## 1. はじめに

現在、知識推論、音声対話理解、画像センシング、マニピュレーションなどに関連するソフトウェアモジュールを再構成するだけで、人と機械が協働可能な総合知能アプリケーションを開発するプラットフォーム PRINTEPS(Practical INTEligence aPplicationS) の研究を進めている。[1]

本稿では、複数の人と複数の機械（ロボット）が連携する環境のクラスルーム AI において、PRINTEPS の利用方法を検討し、小学校教育実践への適用について述べる。

## 2. 教師・児童と協働するマルチロボットシステム

## 2.1 システム概要

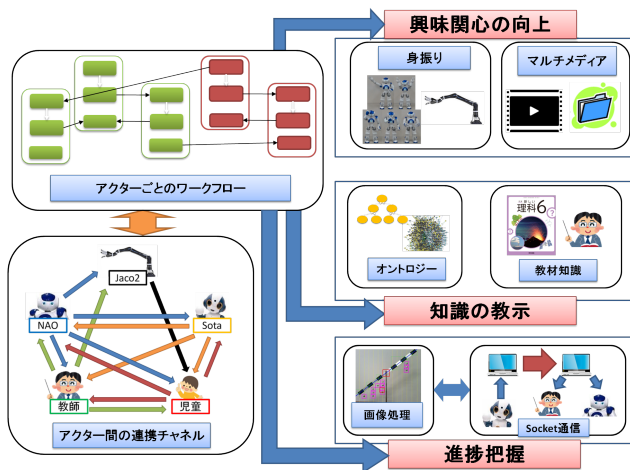


図 1: 教師とロボットの連携システムの概要

本稿で提案する、教師と複数のロボットの連携システムの概要が図 1 である。本システムは、図 2 に示されるアクター

連絡先: 西本智浩, 慶應義塾大学大学院理工学研究科,  
〒223-8522 神奈川県横浜市港北区日吉 3-14-1  
TEL:045-566-1614, E-Mail:c\_nishimoto@ae.keio.ac.jp

間の連携チャンネルを中心としており、アクターごとのワークフローはこの連携チャンネルに基づいて関連している。

また授業には、興味関心の向上、知識の教示、進捗状況の把握の 3 つの大きなねらいがある。

## 2.2 使用ロボット

今回使用したロボットは以下の 3 種類である。

- NAO\*1 ... Aldebaran 社製のコミュニケーションロボット、音声認識、音声発話、タッチセンサーによる動作制御が可能で、教師のアシスタントの役割をする。
- Sota\*2 ... ヴイストーン社製のコミュニケーションロボット、カメラがあり画像の撮影が可能、児童の実験班ごとに配置し、児童のサポートの役割をする。
- Jaco2\*3 ... Kinova 社製のロボットアーム、NAO や Sota にはできない、ものを掴み動かすことができる。

各ロボットの役割は、知識の教示が NAO、進捗状況の把握が Sota、興味関心の向上が Jaco2 と、授業のそれぞれのねらいに対応している。

## 2.3 連携チャンネル

連携チャンネルとは、複数のロボットや教師、児童といった人間のアクターが自身とは別のアクターと連携する際の経路である、連携チャンネルの概観を図 2 に示す。今回は、教師が普段の授業で興味関心の向上や知識の教示をどのように行っているかを調査したうえで連携チャンネルの設計を行った。アクターごとの連携チャンネルの設計として以下の内容を定めた。

- 連携相手
- コンテンツ
- 媒体
- 連携の大きなねらい

\*1 NAO, <https://www.aldebaran.com/en/humanoid-robot/nao-robot>\*2 Sota, <http://www.vstone.co.jp/products/sota/>\*3 Jaco2, <http://www.kinovarobotics.com/service-robotics/products/robot-arms/>

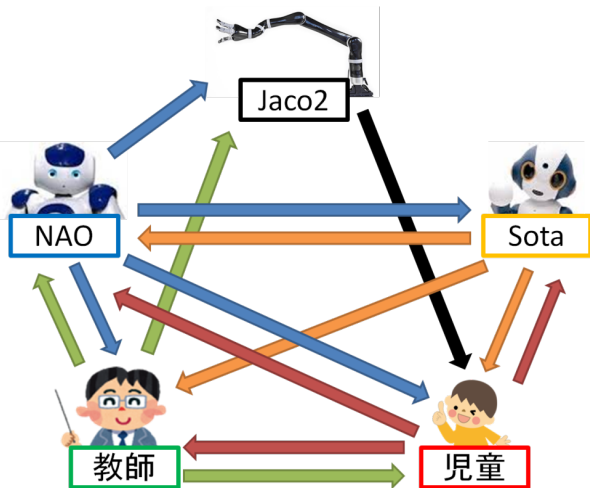


図 2: 連携チャネルの概観

● 連携のねらい

連携の大きなねらいとしては、本システムで行う、興味関心の向上、知識の教示、進捗状況の把握に加えて、ワークフローを進めるために必要な、フロー管理がある。

各アクターにおける連携チャネルについて簡単に説明していく。

2.3.1 NAO からの連携チャネル

NAO は教卓に設置し、教師と対話をしながら授業を進行させることで教師のアシスタント的な役割を果たす。

NAO からの連携チャネルは、対人間に関しては、音声合成機能を用いた音声発話と、NAO の動作作成ソフトウェアである Choregraphe を用いた NAO の身振りを媒体としたものが主である。また、NAO に動作命令を出すコンピュータのディスプレイを媒体に、マルチメディアを利用することも可能である。対ロボットに関しては、授業中に他のロボットを動作させる際に動作命令を NAO から各ロボットに送る際に用いる。

2.3.2 Sota からの連携チャネル

Sota は、主に実験や課題等の際に各班に設置し、各班の進捗状況の把握に用いる。また、その進捗状況を把握するために用いた画像処理結果を元に、児童に対して課題のアドバイスを身振りを交えながら発話音声を通じて伝えることによって、児童の興味関心の向上も行う。

2.3.3 Jaco2 からの連携チャネル

ロボットアームである Jaco2 は、主にものを掴み動かす動作によって、児童に動作に対して興味関心を持たせ、印象付ける。Jaco2 は、現状カメラと連携しておらず、決め打ちでアームを動かすことによってものを掴み動かすことになっているので、場合によって位置調整などの教師の補助が必要になってしまう。そのため、Jaco2 は教卓に設置して用いる。

2.3.4 教師からの連携チャネル

まず NAO に対しては、発話と頭を触れるという 2 種類がある。いずれも授業フローの制御に用い、発話の場合は結果によって授業フローを分岐させることも出来る。

Jaco2 を相手とした連携チャネルは、2.3.3 項でも述べたように、Jaco2 の動作を補助することによって、Jaco2 の動作が円滑に進むようにする。

2.3.5 児童からの連携チャネル

まず NAO に対しては、問題に対する児童の回答を NAO に音声で伝えるというものがある。そして、NAO が音声認識に

よってその回答の正誤を判断し、その結果によって授業フローを分岐させる。

Sota に対しては、児童が実験や課題の際に各班に設置されている Sota のボタンを押すことによって、Sota が実験や課題の進捗状況の情報を教師に送るためのきっかけとすることが可能である。

2.4 ワークフロー

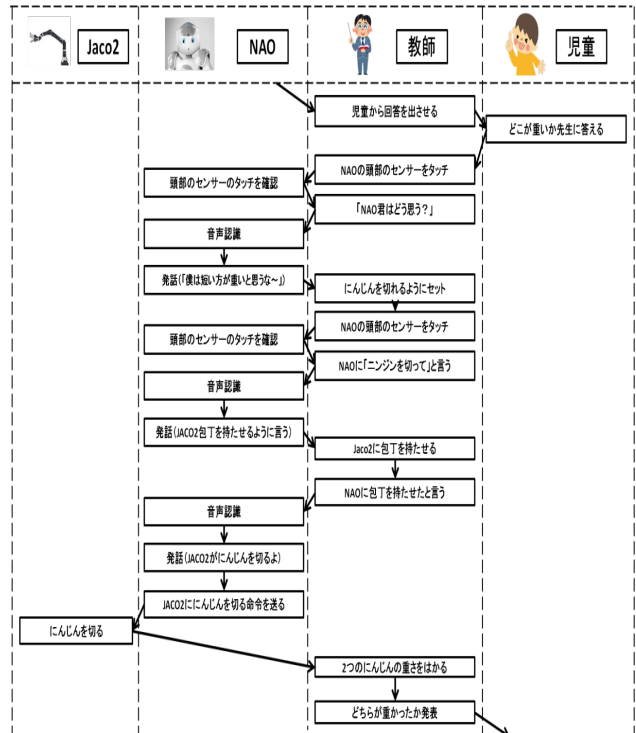


図 3: ワークフローの一例

ワークフローは、5 つのアクターごとに存在している。2.3 節で述べた連携チャネルのうち、授業フローの管理をねらいとしているものを用いて、それぞれのアクターを関連付けることによって授業全体のワークフローとしている。ワークフローの例として、本研究で行ったケーススタディにおける授業の導入部分のワークフローを図 3 に表す。なお、ケーススタディについての詳細は、4.1 章において述べる。

この例のように、各アクター間にまたがっている矢印で表されているフローは、主に矢印の根本のアクターからの連携チャネルのうち、矢印の先のアクターを連携相手とする連携チャネルを対応付けたものとなっている。

3. PRINTEPS による実装

図 4 は、4.1 節のケーススタディの授業における『授業導入』というサービスのうちの一つのプロセスである『児童に対して実験内容に関する問題提起』をモジュール単位に展開したものである。このように、授業のワークフローを基にして、PRINTEPS によって、ソフトウェアモジュールを並べることによって、簡単に授業全体のロボットアプリケーションを実装できる。また、教師や児童をアクターとするモジュールは、アプリケーション内での動作は無い空のモジュールであり、メモ書きのように使用する。

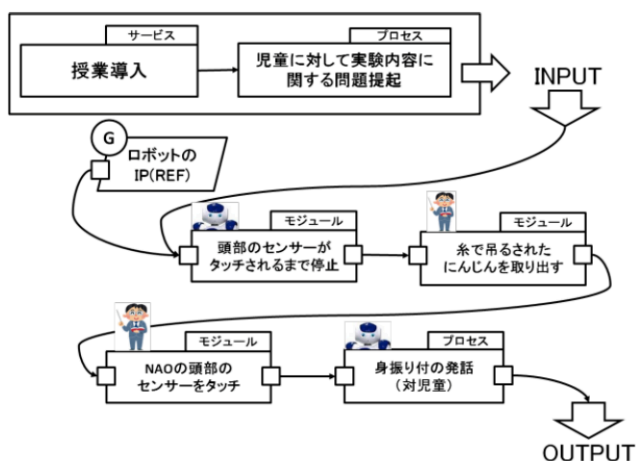


図 4: ケーススタディにおける授業の実装図 (一部)

## 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、2.3 節で述べた連携チャネルの設計は、経験則を元に我々が設計し、教師へのインタビューを通して決定した。

また、4.1.2 節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 授業の流れ

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図 5 のように授業の導入を行う。授業導入でにんじんを用いるため、図 6 のように Jaco2 がにんじんを切る。

##### 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 7 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。

##### 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。



図 5: NAO と教師による授業導入の様子



図 6: Jaco2 がにんじんを切るデモンストレーションの様子



図 7: Sota を用いたてこの実験の様子

#### 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 8 に示す。

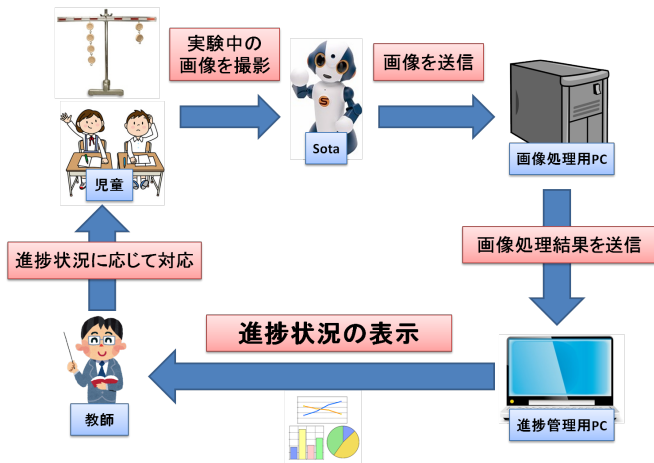


図 8: 進捗状況の把握の仕組みの概要

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 に実験用この写真を撮影してもらう。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、なおかつ実験用て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上で棒グラフにして画面上に表示する。

#### 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 が二重エンジンを切り、おもりを吊るしたことと答える児童が最も多かった。そのため、連携チャネル設計のねらい通りに、興味関心の向上ができていけると言える。
- 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、というような発言があり、十分に知識を教示できたのではないかと考えられる。
- 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、進捗状況の把握のための連携チャネルは十分に効果を発揮していたと考えられる。
- フロー管理についての評価  
フロー管理をねらいにした連携チャネルの1つとして、音

声認識が必要なものがあるが、児童、教師ともに音声認識ミスが多いの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、アクター間の連携チャネルを中心としたシステムを構築し、授業を実施した。その結果、連携チャネル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。

また、あらかじめ連携チャネルを設計しておくことにより、授業内容を追加して作成する際にも、興味関心の向上など授業のねらいに対応するねらいを持った連携チャネルを使用することで、授業におけるアクター間の連携方法を決めやすくなった。さらに 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。ただし、その際にはセンサーに関わる連携チャネルを設計する必要がある。

## 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。

## 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, 114-2, 2015