

# 教育現場における議論支援ロボット

## Discussion Support Robot on Educational Field

小野 宙生  
Hiroki Ono

小池 開人  
Kaito Koike

森田 武史  
Takeshi Morita

山口 高平  
Takahira Yamaguchi

慶應義塾大学大学院  
Keio University

In recent years, service robots have become widespread in various places, and robots are gradually becoming familiar to humans. It is expected that the robot market will expand further and the relationship with humans will become stronger in the future. On the other hand, in the current elementary school education, it is more required than ever that the students learn subjectively while maintaining the interests of them, and various efforts are being done in school. With is background in mind, we introduced a robot to a small group discussion lesson, and constructed a “discussion support robot” to support the discussion of children. It plays the role of proceeding with discussions with children from the two aspects of discussants and facilitators. In addition, as a case study, we conducted a discussion lesson using this system at an elementary school, and made a consideration using evaluations from children and teachers.

### 1. はじめに

現在、小学校教育において教師の補助役にロボットを導入した実践授業の研究を進めている[Morita 18]. 小学校教育においては児童の主体的な学習が必要になってきている。これまで行ってきた教師支援ロボットの研究は、ロボットは教師の補助役にとどまっており、児童に主体的に学習させるという教育目標を達成するには不十分であった。

以上の背景より、本研究では、議論参加者および司会進行者という2つの側面から議論の支援を行う「議論支援ロボット」を構築した。ケーススタディとして、小学校で本システムを用いたディスカッション授業を行い、児童および教師による評価を行った。

### 2. 関連研究

議論支援ロボットの特徴である「学習支援」と「質問応答」の関連研究について述べる。

三宅らの研究[三宅 12]では、児童 3~4 人のグループに1台のロボットを配置し、人間が遠隔操作しながら共に学習することにより、より理解を深められるロボットの振る舞いなど、ロボットと児童の関わり方を研究している。しかし、この研究では遠隔操作しているため、ロボットの自律性は低い。

Nuccioらの研究[Nuccio 17]ではオントロジーを利用した質問応答形式での研究室案内ロボットを構築している。研究室で用いられているテーマや所属メンバーなどがオントロジーに記載されており、用意したオントロジーで答えられないことは Wikipedia API を用いて応答を試みている。しかし、この研究では該当用語のアブストラクトを述べるにとどまっている。

### 3. 議論支援ロボット

本研究で提案する議論支援ロボットのシステム構成を図1に示す。本システムでは議論支援ロボットの持つ5つの機能に対してデータベースとオントロジーを活用しており、オントロジーや

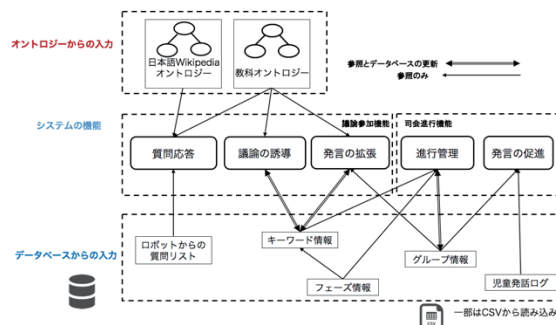


図1 システム構成

データベースを書き換えることで様々なテーマに対しても本システムを適用することが可能である。

以下、本稿では授業時間内の議論テーマごとやディスカッション以外の時間で分割したそれぞれの時間を「フェーズ」と呼ぶ。

本稿における議論支援ロボットは大きく分けて「議論参加者」と「司会進行者」の二つの機能を担う。以下ではそれぞれの役割について述べる。

#### 3.1 議論参加

本稿の議論支援ロボットには3つの議論参加の機能があり、それぞれの機能について以下で解説する。

##### (1) 発言の拡張

ディスカッションの中で児童が発言すると考えられるキーワードをあらかじめ用意しており、それらのいずれかが発言された時にロボットが補足し、必要に応じて用意したビデオを見せる。図2に本機能の処理の流れを示す。生徒の発言は随時記録されているが、その中に現在のフェーズで補足するキーワードが含まれているかどうかを確認し、そのキーワードが含まれていた場合には教科オントロジーの該当するインスタンスを参照する。そのインスタンスの「説明」プロパティおよび、「補足」プロパティを取得し、適宜語尾を変化させることで、ロボットにそのキーワードについての説明をさせる。そのキーワードに関する動画が用意されていた場合、グループごとに用意されたPCにてその動画を再生する(PCで「見る」「見ない」を選択する動画も存在する)。

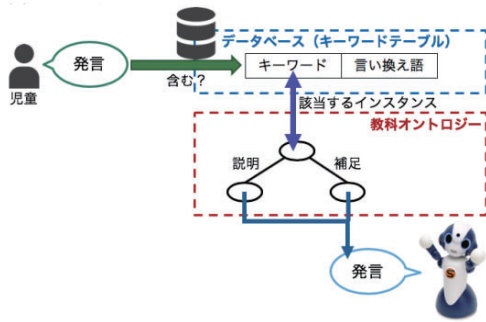


図2 「発言の拡張」機能の処理の流れ

## (2) 質問応答

質問応答にはロボットから質問し児童が答えるケースと、児童からの自由な質問にロボットが答えるケースの2つがある。前者はオントロジーを用いて児童の回答が正しいかどうかを判断し、その正誤に応じてロボットが返答する。後者は児童からなされた質問に対し、オントロジーを用いてロボットが返答する。以下では、児童からロボットに質問があった時の処理の流れについて説明する。

図3に児童からロボットに質問があった時の処理の流れを示す。議論中に児童から質問されているかを判断するために、質問文の前にロボットの名前(今回の場合は「Sota」)を発言するようにルールを設定した。このことは実験前に議論参加者に対して説明している。最初に、質問文からロボット名を取り除いた上で形態素解析を行う。連続した名詞は1語として扱った上で名詞の数を取得し、以降の処理を分岐させる。

名詞が一つのみ含まれる場合は質問文を「Aについて教えて」「Aとは何?」という型の質問だと解釈する。この時は、はじめに教科オントロジーにおけるインスタンスの `rdfs:comment` プロパティを用いて回答を行う。教科オントロジーに該当するインスタンスが存在しない場合は、日本語 Wikipedia オントロジーに同様の処理を行い回答する。回答が見つからなければ、わからない旨の回答をさせる。名詞が二つある場合は二つの名詞の関係性が記述されているトリプルが見つかった時に残りの一つの名詞を回答する仕組みとなっている。二つの組み合わせが見つからない場合、最初の名詞に対して名詞が一つの質問と同様の処理を行い回答する。その回答もなければわからない旨の回答をさせる。わからない旨を伝える際にはランダムに回答を変更し、機械的な回答にならないように工夫をしている。

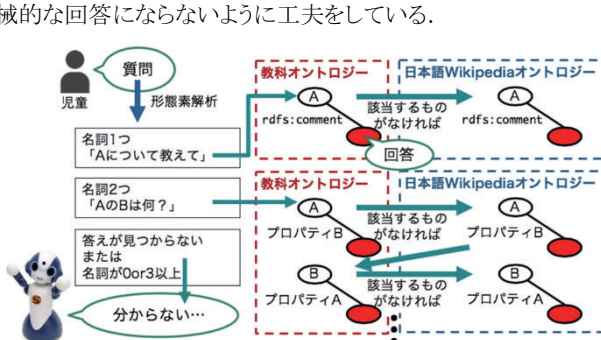


図3 児童からロボットに質問があった時の処理の流れ

## (3) 議論の誘導

ディスカッションを円滑に進めるために、キーワードが一定時間児童から1つも出ない場合ロボットが解説を行うことで、未出のキーワードに関して児童に理解させるための機能である。こ

では発言の拡張と同様の方法で未出キーワードに当たるインスタンスを教科オントロジーから参照し、「説明」「補足」プロパティを用いることで解説を行い、必要に応じて動画を再生する。

そのほかにも児童から「ヒント頂戴」など、ヒントという単語が含まれた発言を検知するとロボットはヒントを求められたと判断し、キーワードごとに決められているヒントをロボットが発言する。これにより未出のキーワードに関する議論を促す効果が期待できる。

## 3.2 司会進行

本稿の議論支援ロボットは2つの司会進行者としての機能があり、それぞれの機能について以下で解説する。

### (1) 進行管理

フェーズの移行は一定間隔のチェックによって行われる。フェーズ移行の条件としては「そのフェーズで用意したキーワードが全て発言された」もしくは「フェーズごとの規定議論時間を超過した」が用意されており、これらのいずれかを満たした場合に次のフェーズへと移る。したがってグループの状況によって移行のタイミングは異なっている。

### (2) 発言の促進

(1)進行管理の部分でも述べた一定間隔のチェックの際に、前回のチェックから一度も発言していない児童がいれば「～さんはどう思うかな?」と尋ねることで全員参加型の議論の活性化を図っている。

## 4. オントロジー

本研究では知識源として教科オントロジーと日本語 Wikipedia オントロジー[玉川 10]の2種類のオントロジーを用意している。それぞれについて説明する。

### 4.1 教科オントロジー

教科オントロジーは本システムを用いる授業の範囲に特化し、人手で作成するオントロジーである。本研究のケーススタディにおいては地球環境に関するオントロジーを作成した。教科オントロジーは構築コストがかかり範囲も狭いが、正確な概念関係を構築することができる。ケーススタディで用いた教科オントロジーである、地球温暖化オントロジーにおけるクラス階層とプロパティの一部を図5に示す。教科オントロジーを利用することにより、ロボットと生徒のインタラクションを可能にしている。

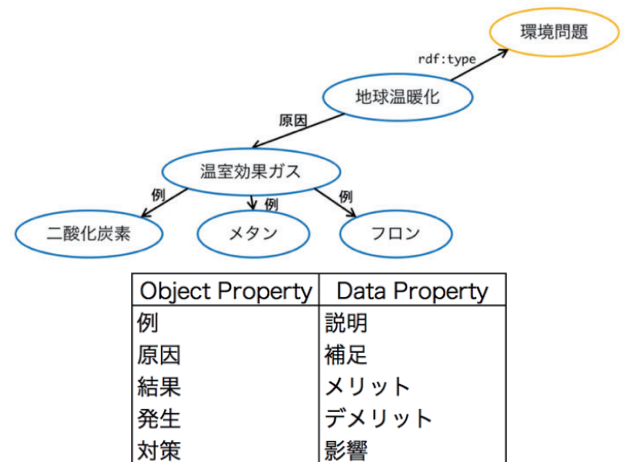


図5 地球温暖化オントロジーにおけるクラス階層とプロパティの一部

## 4.2 日本語 Wikipedia オントロジー

日本語 Wikipedia オントロジーとは玉川らにより構築された汎用オントロジーである。日本語 Wikipedia から半自動的に構築しており、非常に大規模なものとなっている。このオントロジーは教科に限定されない知識を持つが、教科に関する知識は十分に網羅されておらず、Wikipedia の性質上、子供向けの言葉で書かれていない。

表1に地球温暖化オントロジーと Wikipedia オントロジーの規模を示す。

	地球温暖化オントロジー	日本語 Wikipedia オントロジー
クラス数	15	160,248
インスタンス数	39	1,836,958
プロパティ数	12	24,382
トリプル数	215	12,703,202

## 5. ケーススタディ

議論支援ロボットを使用した授業を行う際のケーススタディとして、2018年12月13日(13:40~15:15)と12月20日(13:40~15:15)の2回、小学校5年生の総合における「地球温暖化に関する議論授業」を行なった。小学校5年生2クラス66名を対象とし、1回の実験では半数の33名が参加した。実験では33名を4~5名ずつの少人数グループ8グループに分け、さらにそれぞれを3教室に別けて実験を行なった。

### 5.1 実験環境

ケーススタディにおける1グループごとの実験環境を図6に示す。図6に示すようにロボットとPC、マイクを配置した。ロボットとしては発話や身振りができ、机に手軽に配置できる小型のヒューマノイドロボット Sota<sup>1</sup>を採用した。マイクは Amivoice<sup>2</sup>を採用し、椅子に座っている議論参加者それぞれに首から下げてもらった。

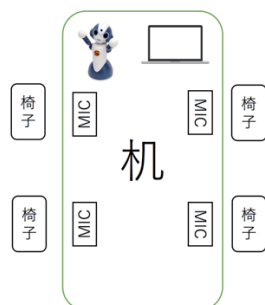


図6 ケーススタディにおける1グループごとの実験環境

### 5.2 ロボットと児童の対話例

ケーススタディにおける Sota と児童の対話例を以下に示す。  
Sota 「それじゃあ、みんな一人一人ができる温暖化対策について話し合ってみよう。」  
児童 A 「節電すればいいんじゃないかな？」  
Sota 「今、Aくんが節電と言ったね。火力発電で電気を作る時には、大量の二酸化炭素が出ているから、電気を節約することが温暖化対策になるんだよ。使っていない明かりをこまめに消すとか、テレビをつけっぱなしにしないとか、

そういった習慣をつけることで節電ができるんだよ。」  
Sota 「それじゃあ、例えばどんな風にすれば節電ができるのか説明したビデオがあるから、見たかったらパソコンで『見る』をクリックしてね」

## 6. 評価

授業後の児童へのアンケート及び、教師へのインタビュー、さらに実験動画の分析を行い、それらの結果を用いて評価とした。児童に対して行ったアンケートの内容を以下に示す。

児童へのアンケート内容

- Q1. Sota の教え方はどうでしたか？  
1 よかった 2 ややよかった 3 やや悪かった 4 悪かった
- Q2. Sota に質問したときの答え方はどうでしたか？  
1 よかった 2 ややよかった 3 やや悪かった 4 悪かった  
5 Sota に質問をしていない
- Q3. Sota にヒントを聞いたときの答え方はどうでしたか？  
1 よかった 2 ややよかった 3 やや悪かった 4 悪かった  
5 Sota にヒントを聞いていない
- Q4. 授業の中で、「ここがよかった」「楽しかった」というようなことがあれば、書いてください。
- Q5. Sota や今回の授業について、「ここが悪かった」「こうした方がいいと思う」というようなことがあれば、書いてください。

「(Q1)Sota の教え方全般の評価」「(Q2)質問応答昨日の評価」「(Q3)ヒント機能の評価」では「よかった」「ややよかった」「やや悪かった」「悪かった」の4段階評価の選択肢と、Q2, Q3 では質問していない、ヒントを聞いていない場合の選択肢を用意した。「(Q4)授業のよかった点」「(Q5)授業の悪かった点」は自由記述として設定している。

### 6.1 児童へのアンケートからの評価

アンケート結果を表2から表4に示す。

表2 児童へのアンケート結果(Q1~Q3)

	2クラス合計			2組(12/13)			3組(12/20)		
	Q1	Q2	Q3	Q1	Q2	Q3	Q1	Q2	Q3
1 (よかった)	45	35	38	20	17	19	25	18	19
2 (ややよかった)	18	21	17	10	10	8	8	11	9
3 (やや悪かった)	0	3	0	0	2	0	0	1	0
4 (悪かった)	0	1	2	0	1	2	0	0	0
5 (質問をしていない/ヒントを聞いていない)	-	3	5	-	0	0	-	3	5
その他	0	0	1	0	0	1	0	0	0

表3 児童へのアンケート結果の一部(Q4)

記入内容	人数
Sota がビデオを見せてくれたのがよかった	20
詳しく教えてくれた	10
分かりやすかった	8
楽しかった/面白かった	8
質問にちゃんと答えてくれた	7
名前を言ってくれた	7
会話中に反応してくれた	6
ヒントを教えてくれた	4
ビデオが分かりやすかった	3
Sota が指名したのがよかった	2
考えが深まった	2
反応してくれて嬉しかった	2
先生みたいだった	2

<sup>1</sup> <https://www.vstone.co.jp/products/sota/>

<sup>2</sup> <https://www.advanced-media.co.jp/products/service/amivoice-front-wt01-2>

表 4 児童へのアンケート結果の一部(Q5)

記入内容	人数
声を聞き取ってもらえないことが多かった	8
Sota が答えるまでの時間が長かった	5
Sota が途中で止まった	4
質問に答えられる範囲を広くしてほしい	4
Sota の発音が悪かった	3
質問を無視された	2

表 2 はケーススタディ参加者全員の結果をまとめた「2 クラス合計」、12/13 に実施したケーススタディの結果のみをまとめた「2 組(12/13)」、12/20 に実施したケーススタディの結果のみをまとめた「3 組(12/20)」の 3 列に別れている。各クラス 33 名の児童に対して授業を行なったが、2 組のみアンケートの回収枚数が 30 枚となっており、枚数が少なくなっている。また、表 3、表 4 ではアンケートの記入内容として 2 人以上の生徒が回答したものを載せている。

これらの結果を見ると Sota への授業全体への評価は良い評価を得られている。しかし機能ごとに絞ったアンケートでは質疑応答や音声認識の部分で不満を感じていることがわかる。また質問に答えられる範囲を広くしてほしいという回答も挙がっている。

## 6.2 教師へのインタビューからの評価

本研究に関わってくださった 4 名の小学校教師の方に「よかった点」「悪かった点」「要望」「その他」の 4 項目についてインタビューを行った。その結果、児童が自分ごととして授業を受け、普段の授業よりも多く発言していたという部分を高く評価された。また、決まり切ったシナリオではなく、グループの発言ごとに異なる進行になる点、また児童自身の言葉にロボットが反応する心地よさがあつた点も高評価であつた。

改善点としては音声認識技術の向上が挙げられた。そのほかにも Sota が児童の呼びかけや質問に対し適切に反応できないケースも多く、呼びかけなのか質問なのかをより正確に判断する必要があるとの意見もあつた。今回は質問文の先頭に Sota とつけるルールを設けたが、児童が忘れてしまったり Sota にただ話しかけた場合でも質問と解釈してしまったりする場合もあり、本研究の研究対象ではないが、改善する必要がある部分である。

## 6.3 実験動画の分析からの評価

各グループの授業中の動画を検証した結果を表 5 に示す。

「発言の拡張」や「未出の解説」は共に Sota がキーワードの解説を行う機能であり何度か音声認識が原因で適切に動作していないが、児童が何度か言い直すことによって適切に動作したケースが多かった。

「質問応答」機能については児童が「Sota, ~」の形式で質問した 18 回のうち、適切に答えられたのは 2 回のみで正確性が低い結果となった。この 16 回のうち、7 回は音声認識が原因であり、残りの 9 回は「100 年後の地球の平均気温は?」のように今回のシステムでは回答できない類の質問であった。今回は質問文と解釈するために文頭に Sota とつけるルールを設けたが正確性に欠けるものであり、質問以外の発言を質問と捉えてしまう場合も 7 回あつた。

これらの結果からも、Sota の機能として質問応答機能の正確性が低いことが大きな問題点として挙げられる。しかし、音声認識や児童が質問文と認識する形式を満たさず質問することも多くあつた。これらを改善するためには質問文として児童の発言

を認識する方法や質問文の解析方法の改善、オントロジーそのものの拡張が必要だと考える。

児童を名指して発言を促す機能については、概ね動作しており、児童館の議論の活性化につながっていた。しかし、Sota からの呼びかけに答えられない子もおり、Sota からの発言の催促を苦痛に感じていた可能性があるため、呼びかけ回数に上限を設けるなどの工夫が必要と考えられる。

表 5 各機能の動作した回数の合計

	発言拡張	質問応答	未出の解説	ヒント	発言促進
適切に動作した回数	73	2	21	38	43
適切に動作しなかった回数					
音声認識が原因	9	7	-	4	-
音声認識以外が原因	0	9	0	0	2
質問でないのに質問と解釈した回数	-	7	-	-	-

## 7. 終わりに

本稿では、小学校における教育的効果をより高めるために、少人数のグループのディスカッション授業に導入する議論支援ロボットを提案した。ケーススタディとして小学校の授業に本システムを導入した結果、児童及び、教師の両方から高い評価を得た。今後の展望としては、音声認識技術の向上に伴い、本システムはさらに効果を発揮するようになると考えられる。また、質問応答の改善や、児童の発音がロボットへの質問なのかそうでないのかを正確に判断する方法も必要になると考えられる。

## 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」(JPMJCR14E3)の支援によって実施した。

## 参考文献

- [Morita 18] Takeshi Morita, Shunsuke Akashiba, Chihiro Nishimoto, Naoya Takahashi, Reiji Kukihara, Misae Kuwayama, Takahira Yamaguchi: A Practical Teacher-Robot Collaboration Lesson Application Based on PRINTEPS, The Review of Socionetwork Strategies, Springer, Vol. 12, Issue 1, pp 97-126, 2018.
- [Nuccio 17] Carlo Nuccio, Agnese Augello, Salavatore Gaglio, Giovanni Pilato: Interaction Capabilities of a Robotic Receptionist, KES-IIMSS-17(Intelligent Interactive Multimedia Systems and Services 2017), pp.171-180, 2017.
- [玉川 10] 玉川奨, 桜井慎弥, 手島拓也, 森田武史, 和泉憲明, 山口高平, “日本語 Wikipedia からの大規模オントロジー学習,” 人工知能学会論文誌, vol.25 No.5, pp.623-636, 2010.
- [三宅 12] 三宅 なほみ: ロボット共生学: 実践的な学習研究にロボットを導入して, 何ができるか, 認知科学, 2012, 19 巻, 3 号, pp. 292-301, 2012.