

# マルチモーダル情報を利用した議論エージェント

## Argumentation Agent Using Multimodal Information

濱田貴大<sup>1</sup> 長澤史記<sup>1</sup> 石原卓弥<sup>1</sup> 平田勇人<sup>2</sup> 岡田将吾<sup>3</sup> 新田克己<sup>1</sup>

Takahiro Hamada<sup>1</sup>, Fuminori Nagasawa<sup>1</sup>, Takuya Ishihara<sup>1</sup>, Hayato Hirata<sup>2</sup>,

Shogo Okada<sup>3</sup> and Katsumi Nitta<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 東京工業大学情報理工学院

<sup>1</sup>School of Computing, Tokyo Institute of Technology

<sup>2</sup> 朝日大学法学部

<sup>2</sup> Faculty of Law, Asahi University

<sup>3</sup> 北陸先端科学技術大学院大学

<sup>3</sup>Japan Advanced Institute of Science and Technology

**Abstract:** An argumentation agent is designed to argue against law school students about given issues in disputes instead of a supervisor. Argumentation is modeled as exchanging messages between the argumentation agent and a student. A student's message consists of texts and multimodal information such as a voice signal and actions. A text message (utterance) is converted into a pair of a speech-act and related issues, and the logical structure among arguments is extracted. Furthermore, multimodal information is used to estimate the student's intention to talk. In this paper, implementation of argumentation function, the strategy using both logical information and multimodal information, and the result of an evaluation experiment are described.

## 1. はじめに

大学の法学部においては、学生の議論能力を高めるため、模擬裁判や模擬調停などさまざまな議論演習を行っている。議論演習では特定の設定課題に関して学生に議論をさせ、その内容を教員が観察してあとで講評を行うものが多い。そのため、教員の拘束時間が長く、学生数が多いと議論演習を頻繁に開催することが難しくなっている。一方、近年では、議論のサイトを立ち上げ、メールやチャットで議論を進める試みもなされている。このようなオンライン議論では理路整然とした議論がなされる可能性が高い[6][7]が、その反面、対面のぎろんでないために議論の雰囲気情報が失われ、臨場感のある議論の演習ができないという問題がある。もし議論を行うエージェントが実体を持ち、学生と議論をしながらその評価まで行えれば、教師の負担を軽減することが期待できる。

一方、近年は対話エージェントの開発がなされるようになり、マルチモーダル情報を利用した円滑な対話が少しずつ可能になってきた。マルチモーダル

情報を利用することによって、議論の雰囲気情報がある程度保持することが期待できる。しかし、対話エージェントは様々な研究がなされてきたものの、議論への応用はあまり研究対象となっていない[9]。

議論エージェントの発言戦略は汎用の対話エージェントとは異なる。議論エージェントは特定の課題に関して、相手と論争し、論理的に相手を追い詰めることが必要である反面、議論を長引かせずに合意形成に至るためには追い詰めるだけでなく、適度の妥協や駆け引きまでを考慮しなければならないからである。

そこで、我々はヒューマノイド型ロボット Pepper の上に相手の発話時の様子を観測しながら、論理性や雰囲気を考慮して適応的に議論を行う議論エージェントの開発を研究目的としている(図1)。その関連研究として、われわれはインタビューを行うエージェントを開発している[5][6]。このインタビューエージェントは、回答者の発言時のマルチモーダル情報から発言意欲を推定し、その意欲の有無から次のインタビュー質問を適応的に選択するものである。この手法はインタビューにおいて有効であることを



図1 Pepper上に実装した議論エージェント

示したが、議論においては議論状況が優勢か劣勢か、相手の発言が対立的か協調的かによって発言意欲の解釈が異なるため、エージェントの対応がインタビューより複雑になる。そこで本報告では、意欲情報を利用した議論エージェントの実現方法とその評価方法を述べる。

第2章においては、本エージェントの機能と構成の概要を紹介する。第3章～第5章では、主な構成要素の詳細を知識ベース、入力処理、議論制御に分けて説明する。第6章ではゴミ屋敷問題を取りあげ、議論エージェントを利用した議論の事例を示し、その有効性を考察する。第7章でまとめを行う。

## 2. 議論エージェントの概要

我々の対象としている議論エージェントは、法学部における議論のスキル教育の支援を目指し、あらかじめ設定された課題に関し、学生と1対1の対面議論を行って議論の練習相手になると同時に、その

議論の質の評価を行う機能を持つエージェントである。このエージェントはヒューマノイドロボット Pepper と深度測定装置 Kinect と高性能のマイクから構成されている。

エージェントと学生は日本語音声で議論を行い、発言中の学生の身体の動きは Kinect によって観測される。この発言中の身体の動きや声の大小などのマルチモーダル情報は学生の発話意欲の有無を推定するのに用いられる。発話意欲の有無、および、議論の優勢/劣勢に応じて、エージェントは適応的に発言戦略を変え、結果として駆け引きのできるエージェントの実現を目指している。

議論エージェントの概要を図2に示す。議論エージェントの主な構成要素は、(1) 関連知識、(2) 入力処理、(3) 発話制御、である。「関連知識」は、議論課題に関する背景知識と、議論の進め方に関する規則(議論プロトコル)からなる。「入力処理」は、学生の発言の様子を高性能マイクと Kinect で観測し、発言の論理分析を行って議論フレームワークを構築することによって議論状況の把握を行うと同時に、マルチモーダル情報から発言の意欲を推測する。「発話制御」では、エージェントが応答しうる手段を列挙し、直前の相手の発言と議論の優勢/劣勢の状況から学生の発話意欲を解釈し、個々の手段の効能を評価して、発話戦略に従って学生に対する応答を選択する。議論の最終段階では、学生の議論を論理的な評価を行い、その評価の提示を行う。

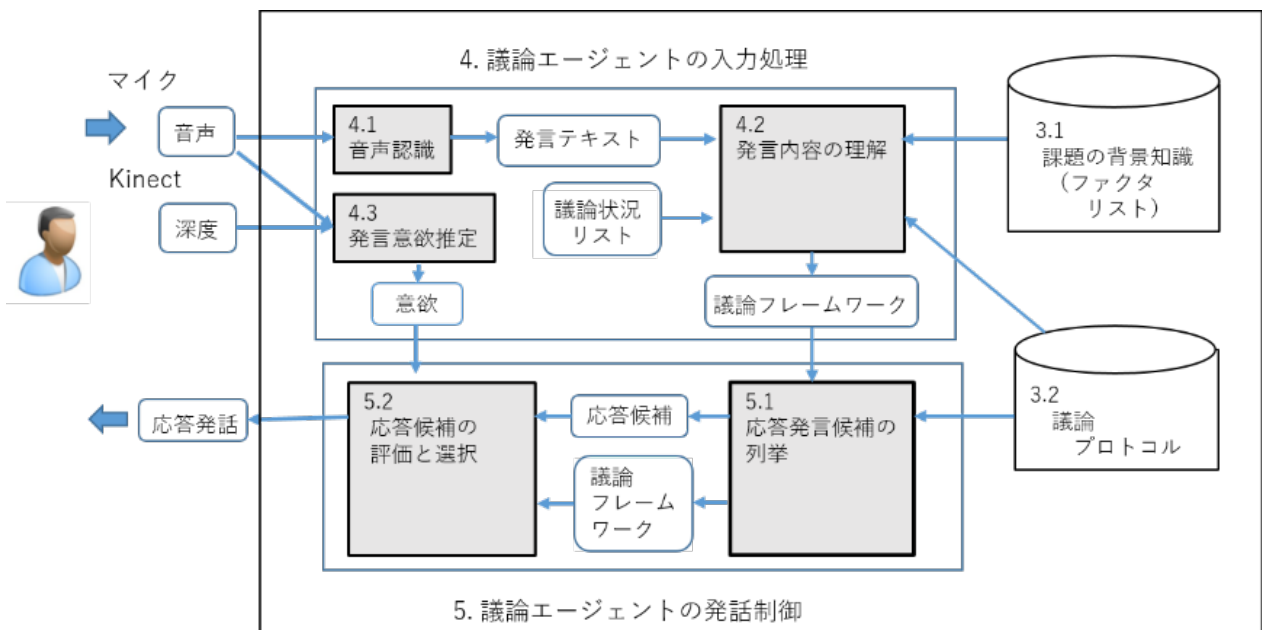


図2 議論エージェントの概要

### 3. 知識ベース

#### 3.1 ファクタリスト

エージェントが議論するためには、その議題に関する背景知識が必要になる。われわれはその背景知識をファクタリストとして表現する。

ファクタとは判例を利用した議論システム Hypo や CATO で使われた概念であり (Hypo ではファクタではなく dimension と表現されていたもの)、議論に必要な事実や論点を識別子と命題で表現したものである [1][2]。図 3 では最下層に日本語で書かれた「議論課題」を示している。この課題例は、ごみ屋敷の近隣から悪臭などの苦情があり、市役所の担当者がごみ屋敷の住人に撤去を説得する、というものである。図 3 には議論課題とファクタリストの関係 (一部) が記載されている。この議論課題では、ごみ屋敷の住人からは「悪臭は大したレベルではない」、「ごみではなく財産である」、「敷地内のことに市役所が口を出すべきではない」、「強制撤去しても支払う金がない」、「強制撤去しても再度ごみを集める」、「片付けたくても体力が無い」、「近所からは冷たくされている」などの多くの反論が考えられ、市役所が自主的な撤去を説得するのは容易ではない。

議論課題の記述の中で注目すべき重要な事実の下

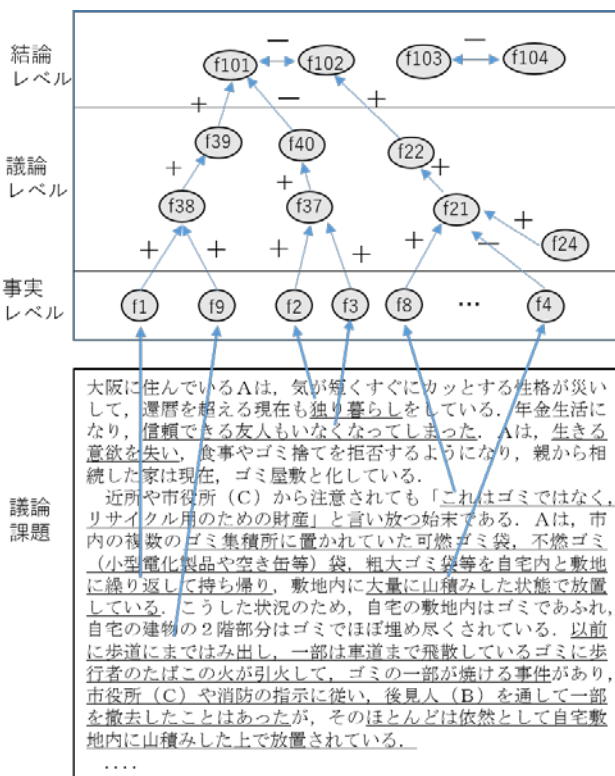


図 3 ファクタ階層

線がついている。この下線部を抽象的な命題として記述したものが、図 3 の「事実レベル」のファクタである。事実レベルのファクタの例を以下に示す。

- f1: 敷地内はごみであふれている
- f2: 独り暮らしである。
- f3: 信頼できる友人もおらず孤独である。
- f4: ごみを整理していない。
- f8: ごみはリサイクル用の財産である。
- f9: ごみが原因で火災になったことがある。
- ...

図 3 における「議論レベル」のファクタは、課題作成者が想定する論点およびその論点に関して想定される論理展開を記述するものである。図 3 のごみ屋敷問題では、

- f21: ごみは財産である。
- f22: ごみの処分は個人の自由である。
- f23: ごみの強制処分に関する条例がある。
- f24: ごみの中には売れるものがある。
- ...
- f37: 老人は孤独である。
- f38: ごみが近所への迷惑になっている。
- f39: ごみが公共の利益を害している。
- f40: 老人の生活へのケアが必要である。
- ...

などが議論レベルのファクタである。議論レベルのファクタは (+) または (-) で結合されている。

(+) は支持関係、(-) は攻撃関係を表す。たとえば、f2 と f3 から f37 へ (+) でリンクされているが、これは f2 や f3 はファクタ f37 の理由づけになりうることを示している。また、f4 から f21 への (-) のリンクは、f4 がファクタ f21 への反論になりうることを示している。

図 3 における「結論レベル」のファクタは、議論の結論である。たとえば、

- f101: 強制執行が可能である
- f102: 強制執行はすべきでない。

等のように、議論の個々の論点に関する結論が結論レベルのファクタである。ただし、個々の論点に関して相手に論破されているにもかかわらず、ごみを自主撤去するのを拒むような主張をすることもありうる。そのような論理的な裏付けのない主張も原理的に可能であるが、その場合は主張の評価が低くなる。

#### 3.2 議論プロトコル

議論プロトコルとは、議論における発言の規則で

ある。たとえば、一方が何らかの主張をしたとき、他方がその主張を無視して別の主張をしたら議論がかみ合わない。そのため、

「相手が何か主張したら、他方はその主張について同意するか拒否するかを明らかにする」、  
「自分の主張が拒否されたら、根拠を挙げて論証を提示することによってその主張を補強することができる」、  
「自分の主張は自分の過去の主張と矛盾してはならない」

...

のような議論のための発言の規則が必要である。

議論プロトコルを表現するため、各発言を「発言行為」と「ファクタ」で表現する。発言行為として「主張」「提案」「同意」「拒否」「論証」「反論」「再反論」「質問」「回答」「脅し」「報酬」「そのほか」の12種を用意する。「脅し」や「報酬」は「自主回収しないと強制撤去をする」や「自主回収するのなら補助をすることができる」のような条件付きの提案である。

議論プロトコルの詳細を説明するため、AとBの間の以下の発言例を考える。

- A1: 「ごみには財産的価値がある」  
B2: 「そんなことはない」  
A3: 「ごみには売れるものがあるから、財産的価値がある」  
B4: 「売れるものがあるのは承知している。しかし、売れるものがあるといっても無条件に財産的価値があるとは思えない。そもそもごみを仕分けしていないから、財産的価値はない」

この議論は発言行為とファクタを用いて以下のように記述することができる (f21\*は f21 の否定)。

- A1: 主張 f21  
B2: 拒否 f21  
A3: 論証 f21<-f24,  
主張 f24  
B4: 同意 f24,  
拒否 f21<-f24  
主張 f4  
反論 f21\*<-f4

この例のように当初の論点 f21 に関して、論点が f24 や f21<-f24 にも拡大している。f21<-f24 のような論証自体も同意/拒否の対象となっていることに留意する必要がある。このように議論の最中に関連の論点が追加され、それらの論点同士が互いに関連する。そこで議論における発言規則も論点ごとに記

述しなければならないことになり、発言規則の記述が面倒になる。そこでわれわれは **Pleadings Game** で用いられた手法をベースにして、議論状況リストという6つのリスト(OA, CA, DA, OB, CB, DB)を利用して議論の状況記述を行い、そのリストの内容に基づいて各発言行為の「要件」と「効果」を記述する方法を採用した[3]。以下はその記述例である(以下の記述において X は発言者を表し、Y はその相手側を表す)。

#### 主張 引数

要件：引数の内容が今までの自分の発言と矛盾しない。

効果：引数の内容を自分の **Open List, Ox**, に追加する。

#### 同意 引数

要件：引数の内容が相手の **Open List, Oy**, に格納されている。引数の内容が自分の今までの主張や同意内容に矛盾しない。

効果：相手の **Open List, Oy**, に格納されている引数を自分の **Concede List, Cx**, に移動する。

#### 拒否 引数

要件：引数の内容が相手の **Open List, Oy**, に格納されている。

効果：相手の **Open List, Oy**, に格納されている引数を自分の **Denied List, Dx**, に移動する。

#### 論証 引数

要件：引数の内容が相手の **Denied List, Dy**, に格納されている、または、拒否発言と同時に発言されている。引数の内容が自分の今までの主張と矛盾しない。

効果：引数の内容(論証)を自分の **Open List, Ox**, に追加する。さらに論証の条件部を新たな主張として自分の **Open List, Ox**, に追加する。

...

図4は上述したAとBの議論の状況例である。(a)の初期状態では6つのリストは空である。A1の発言は新しい主張なので(b)のようにAの**Open list, OA**, に記録される。BはOA中の要素に対して「同意」か「拒否」かを発言することができる。Bの発言が「拒否」の場合、(b)のOAの内容が(c)のように**Denied List, DB**, に移動する。(c)においてAはDB中の要素に対して「論証」または「論証」と「主張」の組を追加することができる(d)。A3の発言が、論証を拒否し、主張に賛同するものであるため、(e)において「主張

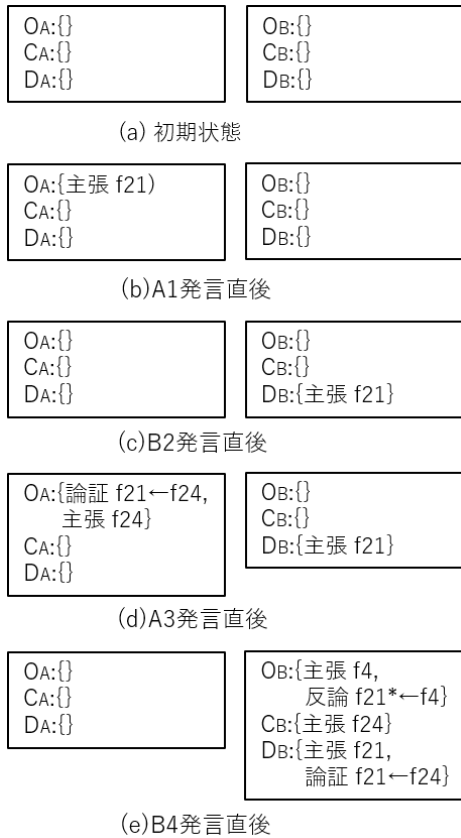


図4 議論状況リストの動き

f21」は Conceded list, CB, に移動し, 「論証 f21<-f24」は DB に移動している. また, Open list, OB, に主張 f4 と反論 f21\*←f4 が追加されている.

## 4. 議論エージェントの入力処理

### 4.1 音声認識

マイクから入力されたユーザの音声信号を BingSpeechAPI を利用してテキストデータに変換する[4]. なお, 現段階では, 発話の開始時, 終了時に人手でキー入力を行うことで発話区間を定めている.

### 4.2 発言内容の理解

テキストデータは日本語であるが, そこに含まれる単語の集合と, 議論プロトコルから, 学生の発言内容を, 発言行為と引数の組として推定する. この発言行為と引数の組を図4に示したように議論状況リストに反映する.

この議論状況リストから議論フレームワーク (Argumentation Framework; AF) を構築する. AF とは, 議論における双方の主張/論証をノードに対応させ,



図5 議論フレームワーク

主張/論証間の攻撃関係 (反論関係) をアークに対応させたグラフ構造である[9][10]. たとえば, 図4の議論状況リストには2つの論証

f21 <- f24 (Arg1 とする)

f21\* <- f4 (Arg2 とする)

が含まれており, これらの結論部が矛盾している. Arg1 と Arg2 は互いに相手を攻撃しているので, この関係は図5(a)のグラフとして表現できる. このグラフから基礎拡張 (確実に成り立つ論証の集合) は {} (空) であり, 選好拡張 (成り立つ可能性のある論証の集合) は { Arg1, Arg2 } となる. すなわち, この時点では双方の議論は互角である. ここで, さらに,

A5: 「使える家具類は別に保管しているから, まったく整理していないわけではない」

のように, さらに f4 を攻撃するような論証 Arg3 が A から発言された場合, この新しい論証 (再反論) を Arg3 とすると, この3つの論証の関係は図5(b)のグラフのようになり, 基礎拡張と選好拡張はともに { Arg1, Arg3 } となり, A の主張が基礎拡張に含まれている. これは A が優位に立っていることを示しており, これを挽回するためには B は Arg1 または Arg3 を攻撃する新たな発言をする必要がある.

### 4.3 発言の意欲推定

発言時の意欲推定には以下に挙げるマルチモーダル情報を用いる

#### 1. 音声特徴

被験者に装着した指向性マイクを用いて録音した音声から, 発話時間長やピッチやエネルギー, MFCC などの音声特徴を計算

#### 2. 姿勢特徴

Kinect v2 を用いて取得した被験者の頭, 肩, 肘, 手のそれぞれの座標

これらの特徴量について, まず過去の対話記録について発話毎の意欲の有無を人手により評価した教師データを作成する. 次に作成した教師データを用いて機械学習により発話時の振る舞いから発話意欲を推定する推定器を作り, これによって得られた推定器によって, 議論中に相手の発話意欲の推定を行う.



インタビュー対話を対象とした分析では、SVMを用いて推定器を作成した場合に交差検定において約73%の精度で意欲を正しく推定できている[5].

インタビュー対話においては、発話意欲が高い場合には相手の質問に対する回答の意欲が高いことを示している。それに対し、議論の場合は議論状況が有利か不利かによって、あるいは発言が対立的か協調的・中立的かによって、意欲の解釈が異なる。例えば、不利な時に対立的発言の意欲が高い場合は反撃の意思が強いで「怒り」の感情に近いものであり、有利な時に協調的・中立的発言の意欲が高い場合は合意形成の意思が高く「喜び」の感情に近いものとも考えることもできる。

## 5. 議論エージェントの議論制御

### 5.1 応答発言候補の列挙

相手の発言から議論状況リストを更新し、議論フレームワークを構築して議論状況を認識した後で、議論エージェントは次にどのように応答するかを決める必要がある。

そのために、まず応答可能な発言候補を列挙し、その中から利得予測や特定の戦略に従って、最適な発言を選択することになる。

発言候補の列挙のために、議論プロトコル中の各発言行為（「言語行為+引数」）の要件部を最新の議論状況リストと比較して、要件を満たしている発言行為を抽出する。発言行為が「論証」「反論」「再反論」の場合は、図3に示したファクタリストを利用して論証の構築を行うことができる。

例えば図3(e)の状況でAのとりの発言候補は以下の5種類である。この中で、論証 f21<-f8 は、図3のファクタ階層でファクタ f8 からファクタ f21 へ（+）リンクがあることから生成されたものである。

- 協調的・中立的
- 同意 f4
- 同意 f21\*-<-f4
- 対立的
- 拒否 f4
- 拒否 f21\*-<-f4
- 論証 f21<-f8

### 5.2 応答候補の評価と選択

発言候補が列挙された次のステップとして、議論状況を考慮して発言候補の評価を行い、一定の戦略に従って評価値の高い発言を選択する。

議論状況とは、議論フレームワークにおいて、自

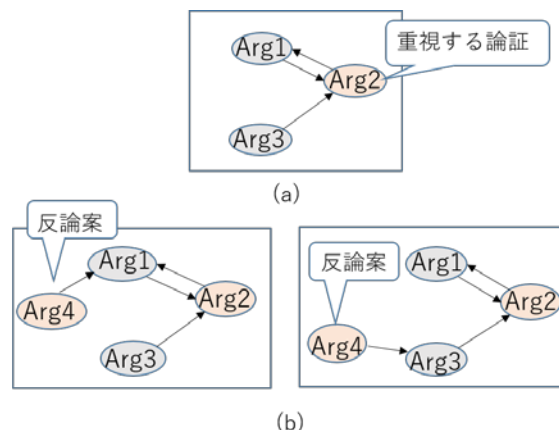


図6 議論の状況判断

分の重視する論証が(1)基礎拡張に含まれていれば優勢と判断し、(2)基礎拡張には含まれないが、いずれかの選好拡張に含まれているときは互角と判断し、(3)どの選好拡張にも含まれないときは劣勢と判断する（さらに高度な手法として、論証の信頼度や攻撃の強さを数値化して、議論状況の評価を詳細化する試みも行っている）。

議論状況が劣勢のときには、対立的発言（特に反論や再反論）によって状況を好転させる必要がある。たとえば図6(a)の議論フレームワークにおいて重視する論証は基礎拡張にも選好拡張にも含まれないので劣勢である。そこで図6(b)のように反論をすることにより、重視する論証を基礎拡張あるいは選好拡張に含まれるようにする必要がある。

議論状況が優勢のときには、協調的・中立的発言を選択するか、対立的な発言を発言するかは発言戦略に関する方針の違いによる。攻撃的な議論エージェントを構築する場合は、議論状況が優勢であっても対立的な発言を選択する。一方、柔軟な議論エージェントを構築する場合は、議論状況が優勢である場合は、相手の発言時の意欲判断により、表1の対応例のように発言を選択する。

対応1においては、原則として相手に対して対立的な発言を選択するが、相手が強い態度で対立してきたときや、強い協調的態度を示したときは、協調

表1 意欲の有無によるエージェントの対応

状況	学生の発言		対応	
	対立/協調	意欲	対応1	対応2
劣勢	-	-	対立	対立
優勢	対立	あり	協調	対立
		なし	対立	協調
優勢	協調	あり	協調	協調
		なし	対立	協調

的に対応することを示している。それに対して対応2では、優勢なときは相手に協調的な対応をするが、相手が強い態度で対立してきたときは、対立的に対応することを示している。

選択された発言は最後に発言のテンプレートを参照して、日本語テキストに変換され、Pepperへ送られて学生に発言される。

### 5.3 議論全体の評価

議論の終了時に、議論エージェントは最終的な議論フレームワークを観測し、学生の論証が基礎拡張や選好拡張に含まれているかどうか、また、学生の発言がファクタ階層中のファクタを十分にカバーしているかどうかを判定し、それを議論の評価として提示する。

## 6. ごみ屋敷問題における対話例

意欲推定の結果を利用して、エージェントが表1の対応1の戦略を採用した場合、議論の論点の遷移にどのような変化がみられるかを調査した。

具体的には、ごみ屋敷問題に関して、Pepperにはごみ屋敷の住人(B)、学生には市役所の担当者(A)を分担させ、住環境悪化やリサイクル可能性について議論させた。以下に発言記録の一部を示す。表記揺れを排除して相互比較するため、以下の発言記録では表記を統一している。また、「意欲あり」と判定された発言には下線を付している。

#### Case1

- A1: ごみを放置している。
- B2: ごみを放置していない。
- A3: ごみを放置していないと言えるレベルではない。
- B4: リサイクルできるものがあるから、ごみの放置ではない。
- A5: リサイクルしたことがないではないか。
- B6: リサイクルしようと思えばリサイクルすることができる。
- ...

#### Case2

- A1: ごみを放置している。
- B2: ごみを放置していない。
- A3: ごみを放置していないと言えるレベルではない。
- B4: そのとおりである。
- A5: 虫がわいて近所の人を迷惑している。

- B6: 虫なんかどこにでもいる。
- A7: ごみがあるから虫が集まる。
- ...

#### Case3

- ...
- A9: ごみをためると衛生面で良くない。
- B10: そんなに住環境を悪くしているとは思わない。
- A11: 実際にごみから出火したことがあった。
- B12: その火災はタバコをポイ捨てした人の責任だ。
- A13: ごみをためなければ火災は起きなかった。
- B14: そのとおりではある。
- A15: ごみを片付けなければ、市が強制的に撤去することも可能である。
- ...

#### Case4

- ...
- A11: 虫がわいて近似の人が迷惑している。
- B12: 虫なんかどこにでもいる。
- A13: 実際にごみから出火したことがあった。
- B14: その火災はタバコをポイ捨てした人の責任だ。
- A15: ごみをためなければ火災は起きなかった。
- B16: 市がごみを強制的に撤去する権限はない。
- ...

Case1とCase2を比べると、A1~A3の発言では双方が互角の状況である。Case1のA3発言では意欲の検出はできず、Case2のA3発言で意欲が検出できている。そこで、Case1のB4発言では相手の発言に反論しているのに対し、Case2のB4発言では相手の発言を受け入れている。

Case3とCase4を比べると、Case3のA11~A13とCase4のA13~A15の発言は同じであるが、Case3のA13には意欲が検出されたため、B14発言で相手に同意しているが、Case4のA15発言には意欲が検出できないため、B16発言は新たな反論を生成している。

実験において発言意欲が検出された発言は、必ずしも声を張り上げたり、大げさな身振りをしているわけではなく、身を乗り出したり、微妙な抑揚をつけたりするような自然な特徴が影響していた。したがって、意欲推定はエージェントとの間の対面議論において臨場感を高めるのに有効であると思われる。

しかし、表1に示した議論戦略例はまだシンプルなものに留まっており、どの戦略を採用するかでエージェントに対して異なる印象を持たせることが可

能となる。また相手との議論経過に応じて、戦略を適応的に変化させる機能を持たせることも検討課題である。

## 7. おわりに

マルチモーダル情報を利用し、相手の発話に応じて柔軟に対応を行う議論エージェントの構成とその応答例を示し考察を行った。

議論エージェントは議論に関する理論とマルチモーダル情報処理を統合したものであり、現段階ではまだシステムの基盤ができた段階である。しかし、簡単な実験でも、意欲を利用した議論エージェントが臨場感ある対面議論に有効であることが示唆された。

今後の研究展開については多くの課題がある。たとえば、(1) 本報告では議論状況や発言との関係で意欲の意味づけを解釈したが、意欲ではなく感情や雰囲気などのように議論に特化した特徴を抽出すべきでないか、(2) 発言内容を日本語に変換する場合に、ニュアンスに応じて使い分けられるように複数の日本語テンプレートを用意すべきではないか、(3) 学生の話すときの意欲だけではなく、聞いているときの態度も観測すべきではないか、(4) エージェント側にも発言意欲を表出できる機能を持たせるべきではないか、などは興味ある課題である。

## 謝辞

本研究の一部は科学研究費補助金基盤(B)「マルチモーダル情報に基づく議論エージェントの開発」(課題番号 15H02746)の助成によるものです。

## 参考文献

- [1] Kevin D. Ashley, "Reasoning with cases and hypotheticals in Hipo", *International Journal of Man-Machine Studies*, 34, pp.753-796, 1991.
- [2] Vincent Aleven, "Teaching Case-Based Argumentation Through a Model and Examples", ph.D. thesis, University of Pittsburg, 1997.
- [3] Thomas F. Gordon, "Pleadings Game", *Artificial Intelligence and Law*, 2, 4, pp. 239-292, 1993.
- [4] 石原卓弥, 長澤史記, 岡田将吾, 新田克己: マルチモーダル情報に基づく人対ロボットのインタビュー動画における重要シーンの推定, HCG シンポジウム 2017, 2017.12.
- [5] 長澤史記, 石原卓弥, 岡田将吾, 新田克己: ユーザの態度推定に基づき適応的なインタビューを行うロボットシステムの開発, 対話システムシンポジウム, 2017.10.
- [6] 田中貴紘, 前田憲生, 片上大輔, 新田克己: 事例に基づく特性を持った論争エージェントの開発, *電子情報通信学会誌*, Vol. J91-D, No.2, pp.333-344, 2008.
- [7] 田中貴紘, 片上大輔, 新田克己: 論争トレーニングにおけるアドバイザーエージェント, *人工知能学会論文誌*, Vol. 21, No.4, pp.319-329, 2006.
- [8] 奥村学監修, 中野幹生, 駒谷和範, 船越孝太郎, 中野有紀子: 対話システム, コロナ社, 2015.
- [9] Dung,P.: On the acceptability of arguments and its fundamental role in nonmonotonic reasoning, logic programming and n-person games, *Artificial Intelligence*, Vol.77, pp.321-357, 1995.
- [10] 若木利子, 新田克己: 数理議論学, 東京電機大学出版社, 2017.