

議論過程に理解のプロセスを取り入れた議論するエージェントシステム

Argument-Based Agent system with the process of the understanding

田中 賢[†] 澤村 一^{††}
Satoru Tanaka Hajime Sawamura

[†] 新潟大学大学院自然科学研究科
Graduate School of Science and Technology, Niigata University

^{††} 新潟大学工学部情報工学科
Dept. of Information Engineering, Faculty of Engineering, Niigata University

Abstract: We have paid an attention to the argument as a way of interaction and communication for agents, and proposed the system which two or more agents argue for conflict resolution and attaining a consensus. In this paper, we propose an argument-based agent system with two processes of understanding. One is "Understanding of Words" which the listener asks a question to the speaker about unknown words appeared in speaker's arguments for the further understanding of them. Another is "Alleviation of a Difference" which tries to make an integration of two arguments when there is a difference between them. We will show the flow of these processes of understanding and the argumentation of the system with an argument example on the smoking.

1. はじめに

近年、コンピュータシステムや情報通信技術の飛躍的な発展に伴い、人間の情報処理を代行するシステムに関する研究が盛んである。

そこで我々は、分散している多くの不完全な知識から人間に役立つ合意を形成する手法として議論に注目し、複数のエージェントがある命題に対する真偽について議論するシステムの提案を行ってきた [2][3][4]。

ところで、人間が議論する過程を考えると、命題の真偽に関して反論を言い合うだけでなく、相手の言っていることが理解できない場合、相手に説明を求めることは頻繁にある。そこで、本論文では、[2] で提案されたシステムに基づいて、新たに「言葉の理解」と「差異の解消」という2つの理解のプロセスを取り入れた議論するエージェントシステムを提案する。

2. 議論するエージェントシステム

我々の提案する議論するエージェントシステムは、エージェントが目標に応じ、自分自身の知識から作成した意見をメッセージとして他のエージェントとやりとりをすることで議論を行なう。このシステムのエージェントは、論理式で記述された知識ベースと、判断・行動するための推論エンジンを持つ。

3. 知識ベース

エージェントの持つ知識ベースは、規則 (rule)、語彙 (vocabulary)、同義関係 (synonym) の集合である。

定義 1 (知識ベース) 知識ベース KB を次のように表す。

$KB = \langle R, V, S \rangle$

ここで、 R, V, S はそれぞれ以下で定義する規則の集合、語彙、同義関係である。

定義 2 (規則) 規則を次のように表す。

連絡先: 田中 賢, 新潟大学大学院自然科学研究科情報理工棟
502, 新潟市五十嵐 2 の町 8050, Tel 025-262-7490, E-mail
satoru@cs.ie.niigata-u.ac.jp

$L_0 \Leftarrow L_1 \wedge \dots \wedge L_n$

L_i ($0 \leq i \leq n$) はリテラル (原子命題 a_i またはその否定 $\neg a_i$), \wedge は連言 (and), \Leftarrow は含意を表す。 \Leftarrow の左辺を規則の結論、右辺に現れるリテラルを規則の前提という。前提のない規則を無条件規則といい、前提なしで結論を正しいとみなす。

定義 3 (語彙) エージェントが知っている言葉の集合 $V = \{v_1, \dots, v_n\}$ をエージェントの語彙という。ここで、 v_i ($0 \leq i \leq n$) は原子命題である (すなわち、エージェントの知っている言葉を原子命題で表す)。また、 R の中のすべての規則に現れるすべての原子命題は語彙に含まれる。

定義 4 (同義関係) 語彙 V 上の言葉の同義関係を同義語の非順序対の集合

$S = \{\{a, b\} \mid \forall a, \forall b \in V \text{ に対し } a \text{ と } b \text{ は同義語である}\}$ で表す。

4. 論証と反論

定義 5 (論証) 次の条件を満たす規則の列 $[r_1, \dots, r_n]$ を論証という。

1. 規則 r_i ($1 \leq i \leq n$) のすべての前提にあるリテラル L はそれぞれ、規則 r_k ($1 \leq k < n$) の結論に現れる。
2. 規則 r_i ($1 \leq i < n$) の結論 L は、規則 r_j ($i < j \leq n$) の前提に現れる。
3. 1 つの論証に同じ結論を持った 2 つ以上の規則は含まれない。

論証を構成するすべての規則の結論を論証の結論という。論証に現れる規則のすべての原子命題を論証に使われている言葉という。

定義 6 (反論) 結論に L を持つ論証に対し、結論に $\neg L$ を持つ論証を反論という。

例1 以下の Arg_1, Arg_2 は論証である .

$$Arg_1 = \begin{bmatrix} a. \\ b \Leftarrow a. \\ c \Leftarrow b. \end{bmatrix} \quad Arg_2 = \begin{bmatrix} e. \\ d \Leftarrow e. \\ \neg b \Leftarrow d. \end{bmatrix}$$

このとき, 論証 Arg_2 は論証 Arg_1 に対する反論になっている (逆も成り立つ) .

5. 言葉の理解

ある論証に使われている言葉がエージェントの語彙に含まれていないとき, エージェントはその言葉を知らないとし, その言葉を理解できないという . 例えば, エージェント α の語彙を $V_\alpha = \{a, b, c, d, e\}$ とし, 論証 $Arg_1[a \Leftarrow b. b \Leftarrow c. c.]$ と論証 $Arg_2[d \Leftarrow e. e \Leftarrow f. f.]$ を仮定する . このとき, α は Arg_1 の言葉はすべて理解でき, Arg_2 の言葉 f は理解できない .

我々のシステムでは, エージェントが論証に使われる言葉を理解できないとき, 他のエージェントと質問・返答を行ない言葉の理解を試みる .

2人のエージェント α, β と α の知識ベースから作られる論証 Arg_α を仮定する . このとき, 以下の手順で β が Arg_α を理解する (図1) .

1. Arg_α で使われている言葉のうち, まだ質問していない β の知らない言葉があるか . ある 2へ . ない 終了 .
2. β は言葉を1つ α に質問する . 3へ .
3. α は質問された言葉を1つの同義語に置き換えた返答を試みる (ただし2回目以降は, すでに返答した同義語を除く) . 返答できる 4へ . 返答できない 1へ .
4. α が返答した言葉を β が理解できるか . できる 1へ . できない 2へ .

定義7 (論証の理解度) エージェント α の論証 Arg_α に対するエージェント β の理解度 Int を次のように表す . Arg_α に β の知らない言葉がなかったとき, 理解度 Int を0とする . β が Arg_α に関して α に質問した後, 以前 Arg_α に β の知らない言葉が n 個あったとき, 理解度を $-n$ とする .

例えば, Arg_α に β の知らない言葉が3つあり, そのうちの1つだけが α の返答により理解できたとき, Arg_α に対する β の理解度 Int は -2 である .

6. 対話と正当化・却下

定義8 (対話) α と β をエージェントとし, α を提案者, β を反対者とする . このとき, 対話とは次の条件を満たす提議 $move_i = (Player_i, Arg_i, Int_i), (i \geq 1)$ の空でない有限列である .

1. $Player_i = \alpha$ iff i は奇数である; また, $Player_i = \beta$ iff i は偶数である .
2. Arg_i は $Player_i$ の知識ベースから作られた論証である .
3. $Player_i = Player_j (i \neq j)$ ならば $Arg_i \neq Arg_j$ である .
4. $Arg_i (i \geq 2)$ は Arg_{i-1} の反論である .
5. $Player_i = \alpha (\beta)$ ならば Int_i は Arg_i に対する $\beta (\alpha)$ の理解度である .

定義9 (正当化・却下) 対話の終端が提案者の提議のとき, 提案者の論証は正当化されたといい, 反対者の論証は却下されたという .

定義10 (正当化の理解度)

$D = (\alpha, Arg_1, Int_1), (\beta, Arg_2, Int_2), \dots, (\alpha, Arg_n, Int_n)$ を対話とする . D の終端が提案者の α の提議なので, $Arg_i (i$ は奇数) は正当化される . このとき, Arg_i の正当化の理解度を $JInt_i = \min \{Int_i, Int_{i+2}, \dots, Int_n\}$ と定義する .

7. 差異の解消

2つの論証があるとき, 一方が他方の反論であるかどうかだけでなく, 規則間の差異もあることに注目する . この差異の解消を試みることににより, 互いの意見を含んだ論証をつくり出すことが可能になる .

定義11 (差異) 規則 $r_\alpha = L_0^\alpha \Leftarrow L_1^\alpha \wedge \dots \wedge L_{n_\alpha}^\alpha$ と, 規則 $r_\beta = L_0^\beta \Leftarrow L_1^\beta \wedge \dots \wedge L_{n_\beta}^\beta$ を仮定する . $L_0^\alpha = L_0^\beta$ かつ $L_1^\alpha \wedge \dots \wedge L_{n_\alpha}^\alpha \neq L_1^\beta \wedge \dots \wedge L_{n_\beta}^\beta$ のとき, r_α と r_β の間には差異があるという .

2人のエージェント α と β , α の知識ベースから作られる論証 Arg_α, β の知識ベースから作られる論証 Arg_β を仮定し, Arg_α の規則 r_α と Arg_β の終端の規則 r_β の間には差異があるとする . 次の条件を満たすとき, 差異の解消を行なう .

条件1 Arg_α は Arg_β の反論ではない (Arg_β は Arg_α の反論ではない) .

条件2 ある $L_i^\alpha (1 \leq i \leq n_\alpha)$ について, β は L_i^α を結論に持つ論証を持たない; また, ある $L_i^\beta (1 \leq i \leq n_\beta)$ について, α は L_i^β を結論に持つ論証を持たない .

そして, 差異の解消を次のように定義する . 規則 $r'_\alpha = \neg L_0^\alpha \Leftarrow L_1^\alpha \wedge \dots \wedge L_{n_\alpha}^\alpha$ と規則 $r'_\beta = \neg L_0^\beta \Leftarrow L_1^\beta \wedge \dots \wedge L_{n_\beta}^\beta$ に対し, α が r'_β を持つか, また, β が r'_α を持つかで次の4通りに分類する .

- (1) α が r'_β を持たない, かつ, β が r'_α を持たないとき, r_α を Arg_α から抜き取る . 残ったものから定義5の条件2を満たさない規則を抜き取り, さらにその先頭に Arg_β を加えてできた論証を $Arg_{\alpha+\beta}$ とする . そして $Arg_{\alpha+\beta}$ と Arg_α の2つを差異の解消後の論証とする .
- (2) α が r'_β を持たない, かつ, β が r'_α を持つとき, 差異の解消後の論証を (1) で示した $Arg_{\alpha+\beta}$ とする .
- (3) α が r'_β を持つ, かつ, β が r'_α を持たないとき, 差異の解消後の論証を Arg_α とする .
- (4) α が r'_β を持つ, かつ, β が r'_α を持つとき, 差異の解消後の論証を Arg_α とする (差異の解消の失敗)

Arg_α と Arg_β の差異を解消する手順を以下に示す (図2) .

1. 条件1,2を満たす 2へ . 満たさない 終了 .
2. β は α に差異のある規則を含む論証を伝え, r'_β を持つかどうかを質問 . 3へ .
3. α は r'_β を持つかどうかを β に伝える . 持つ 4へ . 持たない 5へ .

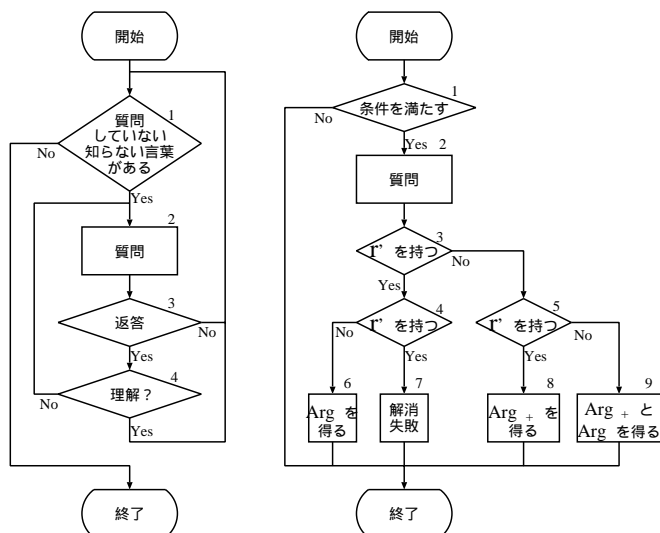


図1 言葉の理解

図2 差異の解消

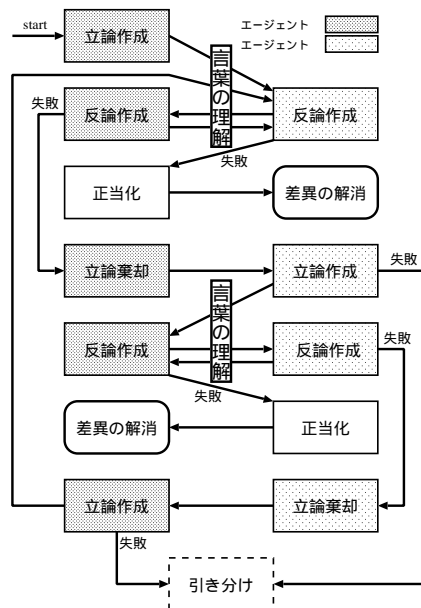


図3 議論の流れ

4. β は r'_α を持つかどうかを α に伝える．持つ 7 へ．持たない 6 へ．
5. β は r'_α を持つかどうかを α に伝える．持つ 8 へ．持たない 9 へ．
6. 差異の解消後の論証として Arg_α を得る．終了．
7. 差異の解消の失敗．終了．
8. 差異の解消後の論証として $Arg_{\alpha+\beta}$ を得る．終了．
9. 差異の解消後の論証として $Arg_{\alpha+\beta}$ と Arg_α の2つを得る．終了．

8. 議論の流れ

我々の議論システムでは、2人のエージェントが議論を行なう。語彙と同義関係を利用した言葉の理解と、規則間の差異の解消を理解のプロセスとして取り入れた議論システムの流れを以下に示す(図3)。

議論は片方のエージェントの立論で始まる。相手の立論・反論が送られると、その論証に対して言葉の理解をし、その後、反論を試みる。立論側の論証が却下されたとき、立論を棄却して相手に立論権を譲る。立論不可能なとき、引き分けとなり正当化された論証はなく議論を終了する。立論側の論証に反論側が反論できないとき、反論側の論証が棄却され、立論側の論証が正当化される。このとき、却下されたエージェントが正当化された論証の立論部分に対して差異の解消を試みる。そして差異の解消の後、議論は終了する。

9. 適用例

2人のエージェント α と β が喫煙について議論する例を考える。 α は喫煙に賛成、 β は喫煙に反対とし、 α と β の知識ベースはそれぞれ

$KB_\alpha = \langle$

$R_\alpha = \{$

最近の喫煙の場の減少.

喫煙者の休憩時間の増加 \Leftarrow 最近の喫煙の場の減少.

喫煙による集中力の増加 \Leftarrow 喫煙者の休憩時間の増加.

喫煙する価値がある \Leftarrow 喫煙による集中力の増加.

喫煙に賛成である \Leftarrow 喫煙する価値がある.

喫煙で快樂物質が分泌.

喫煙で頭がすっきり \Leftarrow 喫煙で快樂物質が分泌.

ストレス解消 \Leftarrow 喫煙で頭がすっきり.

生活習慣病の予防 \Leftarrow ストレス解消.

\neg 喫煙は生活習慣病になりやすい \Leftarrow 生活習慣病の予防.}

$V_\alpha = \{(\text{省略})\},$

$S_\alpha = \{$

{ 喫煙による快樂物質の分泌,

喫煙によるドーパミンの分泌 } , >

$KB_\beta = \langle$

$R_\beta = \{$

喫煙は成人病になりやすい.

\neg 喫煙は健康的 \Leftarrow 喫煙は成人病になりやすい.

\neg 喫煙する価値がある \Leftarrow \neg 喫煙は健康的.

喫煙はリラックスできる.

喫煙による集中力の増加 \Leftarrow 喫煙はリラックスできる.

\neg 喫煙による集中力の増加 \Leftarrow 喫煙者の休憩時間の増加.}

$V_\beta = \{(\text{省略})\},$

$S_\beta = \{$

{ 喫煙は成人病になりやすい,

喫煙は生活習慣病になりやすい } , >

とする。

1. α は立論として $Arg_{\alpha 1}$ を提出したとする。

$Arg_{\alpha 1} = \{$

最近の喫煙の場の減少.

喫煙者の休憩時間の増加 \Leftarrow 最近の喫煙の場の減少.

喫煙による集中力の増加 \Leftarrow 喫煙者の休憩時間の増加.

喫煙する価値がある \Leftarrow 喫煙による集中力の増加.

喫煙に賛成である \Leftarrow 喫煙する価値がある. }

2. β は $Arg_{\alpha 1}$ に対し次のような反論を提出する。

$Arg_{\beta 2} = \{$

喫煙は成人病になりやすい.

\neg 喫煙は健康的 \Leftarrow 喫煙は成人病になりやすい.

\neg 喫煙する価値がある \Leftarrow \neg 喫煙は健康的. }

3. α は V_α に「喫煙は成人病になりやすい」を持たない。よって α は $Arg_{\beta 2}$ に知らない言葉があるので β に質問する (言葉の理解, 質問)。
「喫煙は成人病になりやすい」とは?
4. β は α の質問に答える (言葉の理解, 返答)。
「喫煙は成人病になりやすい」とは,
「喫煙は生活習慣病になりやすい」ということです。
5. α は V_α に「喫煙は生活習慣病になりやすい」を持つ。よって α は β の返答で言葉を理解する (言葉の理解, 成功)。
6. α は $Arg_{\beta 2}$ に対し次のような反論を提出する。
 $Arg_{\alpha 3} = \{$
喫煙で快楽物質が分泌。
喫煙で頭がすっきり \Leftarrow 喫煙で快楽物質が分泌。
ストレス解消 \Leftarrow 喫煙で頭がすっきり。
生活習慣病の予防 \Leftarrow ストレス解消。
 \neg 喫煙は生活習慣病になりやすい \Leftarrow
生活習慣病の予防。}
7. β は V_β に「喫煙による快楽物質の分泌」を持たない。よって β は $Arg_{\alpha 3}$ に知らない言葉があるので α に質問する (言葉の理解, 質問)。
「喫煙による快楽物質の分泌」とは?
8. α は β の質問に答える (言葉の理解, 返答)。
「喫煙による快楽物質の分泌」とは,
「喫煙によるドーパミンの分泌」ということです。
9. β は V_β に「喫煙によるドーパミンの分泌」を持たない。よって β は α の返答が理解できないので α に質問する (言葉の理解, 質問)。
「喫煙によるドーパミンの分泌」とは?
10. α は S_α に他の同義関係を持たない。よって α は β の質問に答えられない (言葉の理解, 返答)。
11. β は $Arg_{\alpha 3}$ の言葉を理解できない (言葉の理解, 失敗)。
12. β は $Arg_{\alpha 3}$ に対し反論できない。
13. α の論証が正当化される。
14. β は差異の解消を行なう条件を満たす $Arg_{\beta 4}$ を持つ。よって β は $Arg_{\alpha 1}$ に差異の解消を試みる (差異の解消, 質問)。
 $Arg_{\beta 4} = \{$
喫煙はリラックスできる。
喫煙による集中力の増加 \Leftarrow
喫煙はリラックスできる。}
15. α は規則 $r'_\beta =$
 \neg 喫煙による集中力の増加 \Leftarrow 喫煙はリラックスできる。
を持っていないことを β に伝える。
16. β は規則 $r'_\alpha =$
 \neg 喫煙による集中力の増加 \Leftarrow 喫煙者の休憩時間の増加。
を持っていることを α に伝える。
17. α は差異の解消後の論証が次のようになったことを β に伝え、議論を終了する。
 $Arg_{\alpha 1+\beta 4} = \{$

喫煙はリラックスできる。

喫煙による集中力の増加 \Leftarrow 喫煙はリラックスできる。

喫煙する価値がある \Leftarrow 喫煙による集中力の増加。

喫煙に賛成である \Leftarrow 喫煙する価値がある。}

立論から正当化の対話は次のようになる。

$(\alpha, Arg_{\alpha 1}, 0), (\beta, Arg_{\beta 2}, 0), (\alpha, Arg_{\alpha 3}, -1)$

α の立論 $Arg_{\alpha 1}$ に対する β の正当化の理解度は「-1」である。差異の解消は成功し、解消後の論証として $Arg_{\alpha 1+\beta 4}$ を得た。このように、提案者の論証に対して却下されたエージェント β の正当化の理解度を明白に示すと共に、差異の解消によって互いの意見を組み合わせた論証を作成することができた。

10. おわりに

本論文では、語彙と同義関係を利用した言葉の理解と規則間の差異の解消を理解のプロセスとして取り入れた議論するエージェントシステムを提案した。これにより、正当化された論証の理解度が分かり、また互いの意見を組み合わせた論証をつくり出すという高度な合意形成が可能であることを示した。このシステムは妥協や譲歩をするエージェント [5], 議論するモバイルエージェント [1] にも応用できる可能性がある。例えば「言葉の理解」による知識の獲得、「差異の解消」により規則の信憑性をはかる、などが考えられる。また、議論の終了後、議論以外の種の対話にシフトするときの1つのきっかけとして理解度を使うことが期待される。例えば、理解度が低ければ、情報探索の対話にシフトする、などが考えられる。

しかし、このシステムはまだ基礎的なものであり、さらなる拡張が考えられる。今後、取り組むべき課題として、1対多・多対多の議論を可能にすること、また、対話を通じて規則を獲得し知識ベースを更新すること、などがある。

参考文献

- [1] Kawakami, W. and Umeda, Y. and Sawamura, H.: Agent that Grow by means of Arguability and Mobility, *Proc of the Sixth Australia-Japan Joint Workshop on Intelligent and Evolutionary Systems*, (AI2002), pp.33-40, (2002).
- [2] Toda, Y. and Yamaashita, M. and Sawamura, H.: An Argument-based Agent System with KQML as an agent Communication Language, *Proc of 4th Pacific Rim International Workshop on Multi-Agents*, (PRIMA2001), pp.48-62, (2001).
- [3] Umeda, Y. and Yamashita, M. and Inagaki, M. and Sawamura, H.: Argumentation as a Social Computing Paradigm, *Design and Applications of Intelligent*, Springer-Verlag, pp.46-60, (2000).
- [4] 梅田 勇一, 沢村 一: 議論を計算とコミュニケーションの基本メカニズムとするエージェントシステム, 情報処理学会論文誌, pp1518-1527, (2002).
- [5] Yamashita, M. and Umeda, Y. and Sawamura, H.: Applications of the Argument-Based Agent System with Dialectical Reasoning Capability, *Proc. of Fourth International Conference on Knowledge-Based Intelligent Engineering Systems & Allied Technologies*, IEEE, pp.301-304, (2000).