

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 10 日現在

機関番号：13101

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2012～2014

課題番号：24500166

研究課題名(和文)ハイダーの均衡理論に基づく議論の理論とそれに基づく議論するエージェントの構築

研究課題名(英文)Theory of Argumentation Semantics based on the Balance Theory and its Practice on Pervasive Personal Tools

研究代表者

澤村 一 (SAWAMURA, HAJIME)

新潟大学・自然科学系・教授

研究者番号：40282991

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,100,000円

研究成果の概要(和文)：議論は知的エージェントに必要な推論機構と通信機構が初めから内在している計算機構であり、社会的知能を計算機上に実現するための有力なメカニズムとなっている。これまでこれを支える理論として Dung による抽象議論フレームワークとその意味論が最も有力視されてきた。しかしながらこれをハイダーによる社会科学の視点および知見から再考すると、一つの側面からしか議論の正当性、受理可能性を捉えていないことがわかる。本研究では、ハイダーの均衡理論を十分に反映した、新しい議論の受理可能性の概念を探求し、それに基づいて、より精度の高い議論の理論を構築した。さらに、その実装も行なった。

研究成果の概要(英文)：Argumentation is a computing mechanism internalizing both inference and communication from scratch. It is a fundamental mechanism for realizing social intelligence on a computer. So far, Dung's abstract argumentation framework (AF) and its argumentation semantics have been considered as a most promising approach to computational argumentation. Many people have contributed many results towards its improvement, extension, reinterpretation and so on. We, however, observed some defects and weakness of his approach in the point that it only deals with a limited aspect of argumentation. That is, he presented a notion of argument acceptability based on argument attack only. Another important notion, argument support, is missing in his framework. In this work, we take an innovative approach to overcome this defect, which is inspired by the socio-psychological balance theory. We theorize a new argumentation semantics named the balanced semantics for argumentation, and its implementation.

研究分野：総合領域

キーワード：ハイダーの均衡理論 数理議論学 抽象議論フレームワーク 議論意味論 社会心理学 PIRIKA

1. 研究開始当初の背景

我々は、問題に直面した時や意思決定をしなければならない状況において、個人的にも社会的にも毎日議論を行って生きている。議論は我々個人の生や社会を支える最も基本的な情報処理機構である。また、我々の英知・知識は、事実形式、規則形式、及びそれらから組み立てられた論証・議論形式をもっているとよく、例えば、科学的知見、議会の討論、議事録、身近な意思決定でさえ、全てが議論・論証形式をもつ情報である。最近、人工知能やソフトウェア科学分野においても、この議論という人間が言語を通して行っている問題解決・情報処理方式を、計算機・情報ネットワーク上のエージェントにもたせ、人間を支援しつつ時には人間に代わって議論によって問題解決や意思決定を行なわせる有効な方法として、議論の意義と重要性が世界的に認識されてきた。しかもこれは計算機・情報ネットワーク時代に適した社会的計算パラダイムになる可能性が高いものとして認識されてきている。

議論は知的エージェントに必要な推論機構と通信機構が初めから内在している計算機構であり、社会的知能を計算機上に実現するための有力なメカニズムとなっている。これまでこれを支える理論として Dung による抽象議論フレームワークとその意味論が最も有力視され、特に国外においてその拡張、改良、再構成といった観点から研究が盛んに行われてきた。この理論で最も重要な概念は議論の受理可能性であり、これをもとに議論の正当性、妥当性が定義されてきた。しかしながらこれをハイダーによる社会科学の視点および知見から見直すと、一つの側面からしか議論の正当性、受理可能性を捉えていないことがわかる。すなわち、Dung の意味論は、議論間に攻撃関係しかない場合の意味論となっており、狭い範囲の議論しか対象とならないという問題がある。ハイダーの均衡理論を基礎に置けば、議論間の攻撃関係のみならず支援関係も同時に考慮に入れた議論意味論の形式化が可能になる。

本研究では、社会心理学におけるハイダーの均衡(バランス)理論を十分に反映した新しい議論の正当性、受理可能性の定義を新たに考え、それに基づいてより精度の高い議論の理論を構築する。このような試みは世界的にも全く初めてのものであり、また定義の根幹に関わる問題であるので、現在世界的に行われている議論研究の方向性やその応用に与える影響は極めて大きい研究となることが期待される。

2. 研究の目的

Dung による抽象議論フレームワークとその意味論において、議論の正当性、妥当性を定義する際に Dung が与えた最も重要な概念は議論の受理可能性であり、これは次のように定義されている。

議論フレームワーク AF を二項組、 $AF = \langle AR, attack \rangle$ とする、ここで、AR は論証(argument)の集合であり、attack は AR 上の二項関係、すなわち、 $attack \subseteq AR \times AR$ 、である。このとき、「議論 A は議論の集合 S AR に関して受理可能である。」ことは、

$$\forall B \in AR(attack(B, A) \rightarrow \exists C \in S \text{ attack}(C, B))$$

と定義される。この受理可能性は、Dung によれば、経験的社会的知恵としての格言 "The one who has the last word laughs best" に触発されたものである。しかしながら、これをハイダーによる社会科学の観点および知見から見てみると、一つの側面からしか議論の正当性、受理可能性を捉えていないことがわかる。すなわち、ハイダー理論で考慮されるべき以下の4種のうち、2番目の (Triad 2) 関係 (図1) が Dung の受理可能性に相当しているだけであり、残りの三つの関係 (Triad 1 ~ 3) の存在やその意義については全く考慮されていない。

(Triad 1) My friend's friend is my friend.
(友人の友人は味方)

(Triad 2) My(i) enemy(j)(-)'s enemy(k)(-) is my friend(+).
(敵の敵は味方、iの敵(-)jの敵(-)kはiの友人(+))

(Triad 3) My enemy's friend is my enemy.
(敵の友人は敵)

(Triad 4) My friend's enemy is my enemy.
(友人の敵は敵)

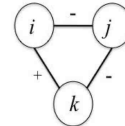


図1 . Triad 2

本研究では、上記で述べた4種の場合全てを組み入れた議論の受理可能性について、可能ないくつかの候補となる定義を考えその性質を解明する。そして、ハイダーの均衡理論を反映した議論の意味論を、これまで研究してきた多値議論に基づく議論システムに組み込む。さらに、このような議論システムを機能的により豊かにするために、次のような研究も合わせて行う：議論マイニング、諸派融合議論フレームワーク、議論意味論の正負データからの帰納的導出。

3. 研究の方法

ハイダーは、認知斉合性理論や認知的不協和理論と関係する「バランス理論(認知的バランス理論)」を提示したが、これは安定した三者関係を生み出す基本原理として知られている。F.ハイダーの(認知的)バランス理論は、「P-O-Xモデル」を用いて説明されることが多い、ここで「P=認知の主体(自分・人)、O=他者(関係者)、X=事物・対象」を意味している。「P-O、P-X、O-X」の3つの関係において、良好(好評価)を「+」、不良(低評価)を「-」とすると、その3項の符号の積

が正ならば「バランス状態」、負ならば「アンバランス状態」となる。

このような社会心理学的な考えを議論の世界に導入する。その際、P-O-X 中の要素は全て論証を表すものとし、それら三つの論証間の関係：攻撃関係かサポート関係のいずれかによって議論意味論を定式化していく。ハイダー理論の議論のための再解釈を図2に示す。例えば、Triad 2はDungの受理可能性に相当するものであるが、論証Aが、論証Bに攻撃され(-)、そのBが論証Cに攻撃されているとき(-) AはCによって擁護され(+), 結果としてTriad 2の三つの符号の積は正となり、Triad 2はバランスし、AはCの元で受理可能あるいは正当と見做される。他の三者関係にも同様の解釈を与える。

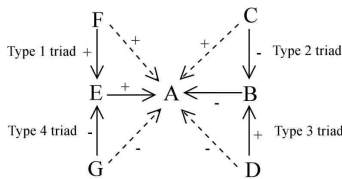


図2. ハイダー三者関係の、議論意味論のための再解釈

以上をハイダー理論に基づく議論意味論の出発点として、数々の定義を導入し、最終的に社会心理学に基づく新しい議論意味論を構築していく。詳細な定義についてはここでは省略する(文献1, 2を参照)。その代わりに、分かりやすい例を用いて研究の方法の全体像を例示することにする。

図3の抽象議論フレームワーク $AF = \langle \{A, B, C, D\}, \{(A, B), (B, C), (C, D)\} \rangle$ を考える、これには攻撃関係のみが含まれている。まず、論証Aは、他のどの論証からも攻撃を受けていないので、+1を与える(付値)。論証Bは、非攻撃論証Aから攻撃されているので、付値-1をもつ。論証Cは、Triad 2によりAからサポートを受けているので、付値+1をもつ。論証Dは、Triad 2によりBからサポートを受けているので付値+1をもつ、同時にそれは、Triad 4によりAより攻撃を受け付値-1をもつことになる。以上の分析過程は、図3の右側のように図式化して表現されている。受理可能となる論証の集合(拡大)は、付値の和が正となる論証の集まりとして定義され、その結果として、バランス意味論拡大、 $BE = \{A, C\}$ として得られる。この結果は、Dungの基礎拡大と一致している。

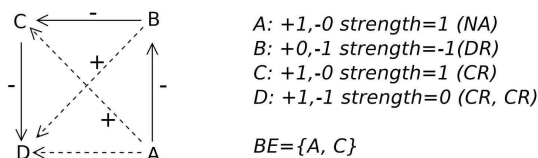
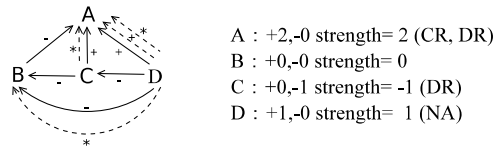


図3. 総合例

次の例は、初めから、AFの中に攻撃関係に加えてサポート関係が含まれている議論フレームワークの例である。

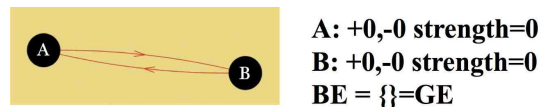


$BE = \{A, D\}$ が得られる。この結果は Amgould の2極性議論モデルにある議論例の結果と一致している。

4. 研究成果

(1) 理論的結果

本研究では、ハイダーの均衡理論を反映した議論の意味論を形式化した。そして、議論の攻撃関係と支持関係の双方を含むいろいろな議論グラフに対して、我々の理論の妥当性を検証した。特に、自己矛盾議論、双方向議論(even cycle)など病的で悩ましいと知られて数々の議論が、バランス意味論で合理的に捉えられることを示すことができた。以下は双方向議論の例であって、合理的な結果が得られている。



AFをDung抽象議論フレームワークとしたとき、すなわち、攻撃関係のみからなる議論グラフに対しては、次の定理が成立する。
定理. A Grounded extension ならば A Balanced extension.

以下の例に対して、バランス意味論を計算すると、図4の結果が得られる。

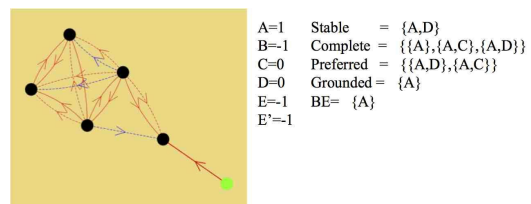


図4. A GEならばA BE

また、安定意味論のような多重拡大意味論を導出することができることも分かった。

定理. Dungの安定拡大(Stable extension)はバランスグラフから抽出可能となり、その逆も成立する。

以下の図5の左の議論グラフに対して、右の図にあるようなバランスグラフが生成でき、これから二つの安定拡大が得られる。このように、バランス意味論と安定意味論は表裏一体の関係にあることが分かった。すなわち一つの現象を全く異なる方向から特徴付

けていたと言える。

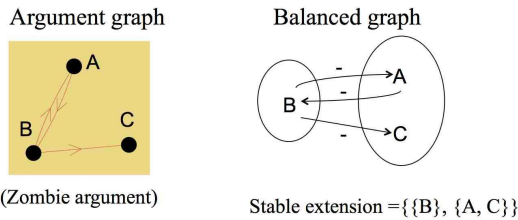


図5. バランス意味論と安定意味論の関係

最後に、バランス意味論の論理性について言及しておくことは有益であると思われる。それは次の例(図6)に見られるように、いわゆる伝統的な論理学の推論とはかなり異なるシロジズムに従っているということである。しかしながら、Dungの意味論に対しても同じことが言える。議論の論理の根本原理には、いわば心理論理(psycho-logic)ともいべき演繹原理が重要な役割を果たしているということである。

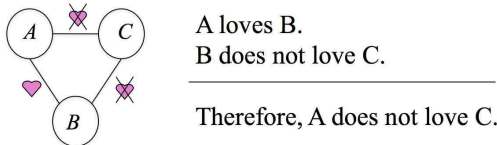


図6. 心理的推移性 / シロジズム

(2)実装

(i) Macintosh 版

ハイダーの均衡理論を反映した議論の理論を組み込むために、これまで研究してきた多値議論に基づく議論システムを整備し、オープンソフトウェアとして公開した。

http://pirika.cs.ie.niigata-u.ac.jp/pirika_project/index.html

さらに、多値議論システム PIRIKA (Pilot for the right knowledge and argument)のサーバを立ち上げ、世界中の誰もがいつでもどこからでも利用できるように iPad 上に PIRIKA のクライアントソフトを実現した(図7)。

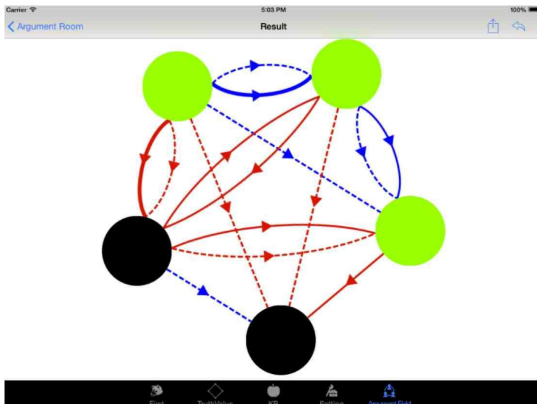


図7. iPad上のPIRIKA

議論サーバは新潟大学に設置され、クライアントは Apple ストアに登録されているので、無償でダウンロード可能となっている(図8)。

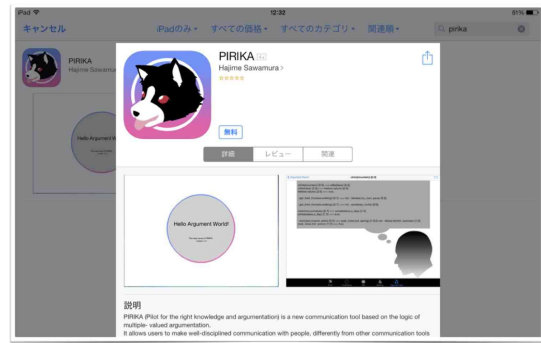


図8. Apple store から無償ダウンロード

システムはサーバークライアントシステムとして実装し、議論の構成などの記号処理には Prolog, サーバーとクライアントエージェント間通信には Objective-C を用いて実装した(図9)。

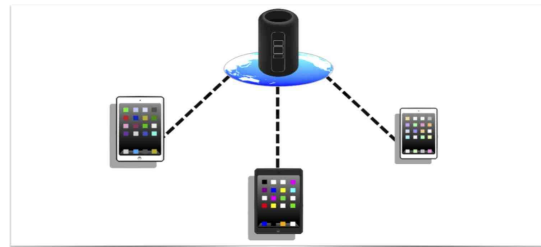


図9. 議論サーバー・クライアントシステム

図10は、議題に関心のあるエージェントがネットワーク上に集まってきたとき、彼らの知識ベースを元に議論を行ってできた対話木である。その木のノードをクリックするとだれがどのような主張を行ったかを見ることができる。また、ここから、もし存在するならば、可能な勝利対話木を表示することができる。図11は複数ある対話木をスワイプで切り替えることができることを示す。

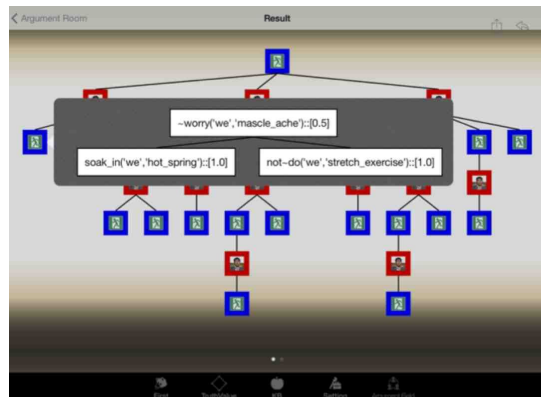


図10. 対話途中段階の対話木

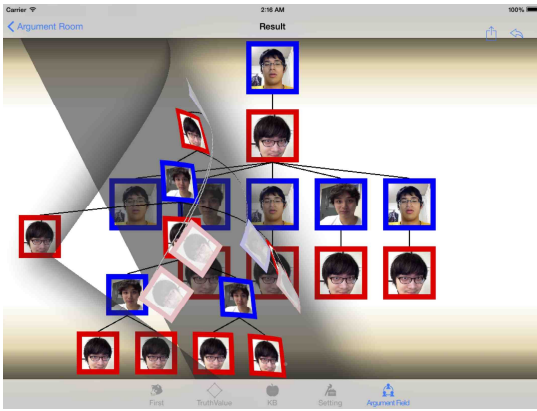


図 1 1 . スワイプによる対話木の表示切り替え

図 1 2 では、各種 Dung 議論意味論やバランス意味論のリストが表示されている。ここではどの意味論で議論結果を表示するかを選択できる。図では、バランス意味論の結果が表示されている。緑色ノードは正当化された議論を表している。図 1 3 のように、グラフのノードをクリックすることによってそのノードにある論証を見ることができる。

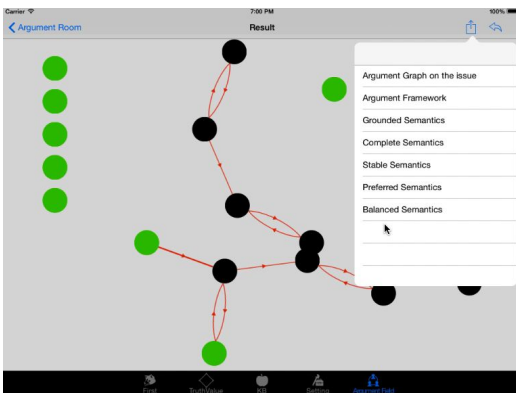


図 1 2 . 様々な議論意味論の表示と選択

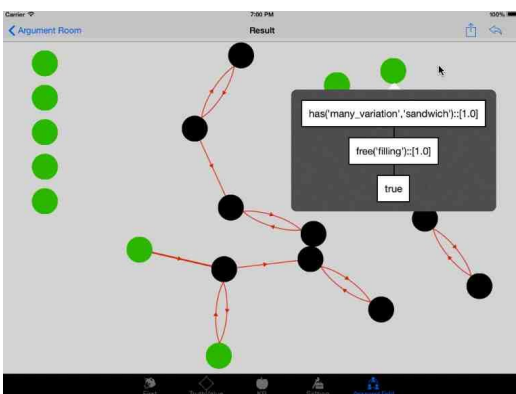


図 1 3 . ノードにある実際の論証の表示

図 1 4 は、英国の鉄道乗車中に、iPad 上のクライアントエージェントを議論サーバーに接続し、他のエージェントと議論している最中の様子である。このように、PIRIKA の設計方針は、「だれでも、いつでも、どこからで

も」使えることを目指して設計された。

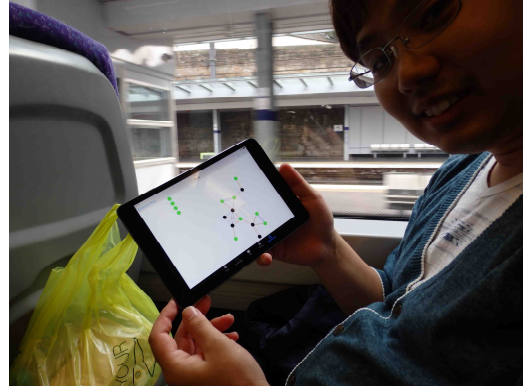


図 1 4 . だれでも、いつでも、どこからでも

(ii) Unix 版

UNIX 版の PIRIKA も実装され、公開されている (図 1 5)。

<http://www.cs.ie.niigata-u.ac.jp/Research/PIRIKA/PIRIKA.html>

このシステムには、議論マイニング機能、諸派融合議論機能(syncretic argumentation)、ニューラルネット議論エンジンも組み込まれている。また、試作段階であるが、議論結果をアニメーションで表示する機能も追加された。これは、記号からアニメという情報のメタモルホーズ(metamorphose)の具現化の試みである。さらに、議論知識表現言語 EALP のアノテーションとしての真理値を切り替えることによって、西洋的議論のみならず東洋的議論も扱えることが示された。

An overall picture of LLM A-based argumentation system

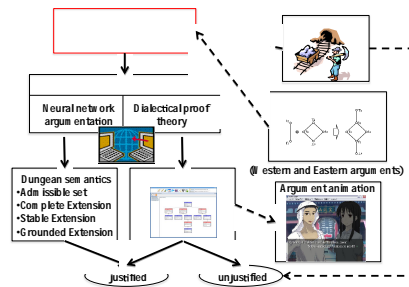


図 1 5 . UNIX 版の PIRIKA

(3)当初の計画以上の研究成果についてどのような議論が正当であるかといったことを判断する能力、言い換えるとこれは個人が自分の論理をいかに形成していくかという問題とも言えるが、このような能力の獲得は人間の経験と学習によるところが大きい。本研究では、個人固有の議論意味論を帰納論理プログラミング ILP を利用して、議論の正負データから作り出すことに成功した (文献 9 参照)。

5 . 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計5件)(査読あり)

[1] Hajime Sawamura, Jacques Riche, Yutaka Oomidou, and Takeshi Hagiwara: Balanced Semantics for Argumentation based on Heider's Socio-Psychological Balance Theory, Computational Models of Argument, S. Parsons et al. (Eds.), pp. 397-404, IOS Press, 2014.

[2] Yutaka Oomidou, Yuki Katsura, Hajime Sawamura, Jacques Riche and Takeshi Hagiwara: Asynchronous Argumentation System PIRIKA for Anyone, Anytime, Anywhere, with the Balanced Semantics, Computational Models of Argument, S. Parsons et al. (Eds.), pp. 471-472, IOS Press, 2014.

[3] Yutaka Oomidou, Hajime Sawamura, Takeshi Hagiwara, and Jacques Riche: Non-standard Uses of PIRIKA: Pilot for the Right Knowledge and Argument, G. Boella et al. (Eds.): PRIMA 2013, Lecture Notes in Artificial Intelligence, Vol. 8291, Springer, pp. 229-244, 2013.

[4] Yoshifumi Maruyama, Taichi Hasegawa, Takeshi Hagiwara and Hajime Sawamura: Syncretic Argumentation for Multi-Agents by Lattice Homomorphism and Fusion, Lecture Notes in Artificial Intelligence, Vol. 7543, pp. 46-65, Springer, 2012.

[5] Safia Abbas and Hajime Sawamura: Argument Mining Based on a Structured Database and its Usage in an Intelligent Tutoring Environment, International journal of Knowledge and Information System (KAIS), Vol. 30, No. 1, 213-246, 2012. DOI 10.1007/ s10115- 010- 0371- 3

〔国際会議論文〕(計3件)(査読あり)

[6] Yuki Katsura, Hajime Sawamura, Takeshi Hagiwara and Jacques Riche: Asynchronous Argumentation with Pervasive Personal Communication Tools, Proceedings of the 6th International Conference on Agents and Artificial Intelligence, pp. 105-114, ESEO, Angers, Loire Valley, France, 6-8 March 2014.

[7] Satoru Tannai, Shogo Ohta, Takeshi Hagiwara, Hajime Sawamura and Jacques Riche: The State of the Art in the Development of a Versatile Argumentation System based on the Logic of Multiple-valued Argumentation, Proceedings of the 5th International Conference on Agents and Artificial Intelligence, pp. 217-224, Barcelona, Spain 15 - 18 February, 2013.

[8] Shogo Ohta, Takeshi Hagiwara, Hajime Sawamura, Jacques Riche: Specializing the Logic of Multiple-Valued Argumentation to

the Jaina Seven-Valued Logic, ICAI'13 - The 2013 International Conference on Artificial Intelligence, pp. 852-858, July 22-25, 2013, Las Vegas, USA.

〔学会発表〕(計6件)

[1] 木澤啓介, 沢村一: 帰納論理プログラミングを用いた議論意味論の獲得, 情報処理学会第77回全国大会, 2R-04, 2015年3月17日(火)~19日(木), 京都大学.

[2] 伊藤光太郎, 沢村一: 代替論証推薦システム, Joint Agent Workshop and Symposium 2014 (JAWS 2014), ANA Holiday Inn Resort Miyazaki, October 27-29, 2014

<http://jaws-web.org/event/jaws2014/index.html> (査読あり)

[3] 馬場 崇弘, 沢村一: Twitter データからの議論対話と論証の抽出, 合同エージェントワークショップ&シンポジウム 2013 (JAWS2013), 2013年9月17日(火) - 20日(金), ラフォーレ南紀白浜 (査読あり)

[4] 東條亮平, 沢村一: Web上の議論に対する頻出部分木マイニング, 2012年度 人工知能学会全国大会 (第26回), 2012年06月12日~2012年06月15日, 山口県教育会館, 2012.

[5] 兼子貴丸, 沢村一: 議題を正当化するための論証の検索と表示, 2012年度 人工知能学会全国大会 (第26回), 2012年06月12日~2012年06月15日, 山口県教育会館, 2012.

[6] 太田翔護, 沢村一: インド論理学に基づく新たな議論モデルの構築, 2012年度 人工知能学会全国大会 (第26回), 2012年06月12日~2012年06月15日, 山口県教育会館, 2012.

〔セミナー発表〕(計2件)

[7] Hajime Sawamura: Balanced Semantics for Argumentation based on Heider's Socio-Psychological Balance Theory, KU Leuven, Belgium, Oct. 23, 2014.

[8] Hajime Sawamura: The State of the Art in the Development of a Versatile Argumentation System based on the Logic of Multiple-Valued Argumentation, KU Leuven, Belgium, Oct. 22, 2012.

〔その他〕ホームページ等

・ Asynchronous Argumentation System with Pervasive Personal Communication Tools
http://pirika.cs.ie.niigata-u.ac.jp/pirika_project/index.html

・ Unix 版 PIRIKA

<http://www.cs.ie.niigata-u.ac.jp/Research/PIRIKA/PIRIKA.html>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

沢村 一 (SAWAMURA HAJIME)

新潟大学・自然科学系・教授

研究者番号: 40282991