
**東洋の合理思想・論理を反映した議論の論
理の研究とその社会計算への応用**

(課題番号：17500089)

**平成17年度～平成19年度科学研究費補助金
(基盤研究 (C)) 研究成果報告書**

平成 20 年 5 月

研究代表者 澤村 一

新潟大学自然科学系准教授

は し が き

本報告書は、これまで外部発表あるいは発表予定の研究成果を論文のまま纏めたものである。

研究の目標：エージェント指向計算は、自然計算と対照的に、計算を社会科学の観点から見つめ直すことによって、動的に変化する情報やあらかじめ完全には記述できない開放系の情報のための情報処理システム、知的ソフトウェアの構成原理となるものである。しかしながらこれまでの研究は西洋科学的情報観、世界観一辺倒で、東洋的ものの見方、考え方は皆無であり、これでは社会科学の計算方式を目指すエージェント研究としては一面的で偏っていると云わざるをえない。東洋の知恵に学び西洋科学のドグマだけでないより公平で広い世界観に基づいた計算原理を求めることは、文化論や国際関係論においてのみ論じられるべきことがらではなく、今後の社会計算のより実り多い展開のために向かわなければならない必然的な方向であると考える。

西洋の思惟の論理はロゴス的であるのに対し、東洋的思惟はレンマ的といわれる。本研究では、インドに起源をもつ4つのレンマ、テトラレンマ（肯定、否定、肯定かつ否定、肯定でもなく否定でもない）に着目し、それらを情報、知識、命題、物事などの存在や認識のあり方であるとして、知識情報処理の出発点となる知識表現に導入しその計算論的解釈を研究する。そして、そのような知識表現を用いるエージェントの知識処理と計算機構を実現するために、対話の一形態である議論のモデルを形式化する。形式化に当たっては、議論展開の動機づけを西洋的な矛盾命題にのみ着目するのではなく、差異（異論）が対話・議論の動因となるような議論モデルを構築する。これは西洋的排他主義でなく東洋的包含的態度を表出することをねらったものである。以上の議論モデルを、さらに、弁証法的議論によって意思決定や合意形成が行えるように展開する。このためにこれまで我々が研究してきた計算弁証法を、テトラレンマによる知識表現の下で行えるよう拡張、精密化する。最後に以上の結果を組み込んだ議論するエージェントシステムを構築する。テトラレンマは、我々東洋人の思考、認識法の源泉であるため、それを直接的に表現した情報、知識を扱えるようにすることによって、文化を反映した思考、認識が行える情報システム、人工知

能システム実現への足掛かりとなることが期待できる。

研究の学術的な特色・独創的：ネットワーク上での社会的意思決定あるいは合意形成の手段としての議論を研究し、それを情報処理（計算、対話、通信）の原理に据えようとする試みは、ネットワークコンピューティングの新しい形態として学術的に斬新である。特に、議論・対話メカニズムに、東洋的思想・哲学・論理の視点を入れることや東洋的思想を考慮に入れた合意形成のための弁証法的議論のモデル化は、他に例をみないテーマである。このような研究により、西洋的だけでなく東洋的な議論も可能なエージェントシステムの構築が可能になる。また「議論」を通して、これまでのインターネット環境下における情報処理形態に欠けていた基礎（理論）を、議論という概念を通して提供できる可能性もある。したがってこのような研究は、今後の知的ソフトウェアやソフトウェア科学の展開に指導的な効果をもたらすことができるのではないかと予想する。

関連研究の中での位置づけ：これまでの論理学の方法を批判し、「議論」が真の論理学のあり方であるとして、哲学、言語学、社会学分野の研究者が1970年代頃から諸外国において議論の研究を進めてきた。一方、情報科学分野では、我々以外にもエージェント指向計算における議論の役割が最近認識され、議論モデルの研究がさまざまな方向から開始されきた。しかしながら、これらの研究には西洋論理的な枠組みから逸脱するものは皆無である。このような状況にあつて、我々の研究は上で述べたような極めて独創的な視点を持ち、東洋人としてそれを展開できる優位な位置にある。従来の研究は、一言で言うならば、西洋論理・議論の考え方の延長線上にあるものといってもよいものである。それは、本研究への伏線を敷くことになっただけでなく、本研究の動機付けと着想を決定的なものとした。これまでの議論の論理やエージェント指向計算研究において決定的に欠けている点は、社会計算方式を目指したにも関わらず、東洋からの発想が皆無であるということである。申請者は、これまで論理学というものを数理論理学のみならず、哲学的論理、就中、東洋思想・哲学・論理にも注意を払い、それを特に情報科学の視点から読み解くことを日常から行って来た。研究目的で述べたテトラレンマは、大乘仏教の空観や東洋の排他的でない包含的思想の元になるものであり、東洋史観的情報論を反映した対話・議論

の計算論的モデルは興味の尽きない研究課題である。議論によるエージェント指向計算へのアプローチは、情報科学分野の中で、東洋的思惟の実現化が最も可能な、あるいは唯一の場であるかもしれないとも考えている。

本研究の成果の概要を以下のように纏める。

1. 議論のモデル，議論の論理

1.1 多値議論の論理の形式化

多様な不確実性をもつ知識表現が可能なように、実数値や集合の部分集合全体からなる完備束を真理値とする知識表現：拡張注釈付き論理プログラミング言語 EALP とそれを用いた多値議論の論理 LMA の形式化を行った。これは、デフォルト否定、認識論的否定、存在論的否定の三つの否定を議論の動因とする議論の論理であり、不動点意味論と対話的証明論による正当化された議論の帰結が一致するような議論フレームワークとなっている。

論文リスト：8, 10, 11, 18

1.2 テトラレンマに基づく議論モデルの研究

東洋の思想、哲学、論理を特徴づけるテトラレンマ（四句分別）の意味を詳細に調べ、その計算論的解釈に基づき議論の論理を構築した。これは、上記 1.1 の多値議論の論理 LMA を 4 値としてのテトラレンマに特殊化することによって得られたものである。この論理を用いることで、通常の「真」、「偽」に加えて、「両是」、「両否」といった東洋的認識観を知識としてもつエージェントが、西洋的な議論のみならず東洋的な議論をも行うことを可能にした。

論文リスト：7, 8, 21, 24

1.3 応用事例

テトラレンマに基づく議論モデルの有効性を確認するために、次の応用事例を検討し、それを実証した：(1) 多値議論の論理 LMA のソーシャルウェブ：SNS, Wikipedia への応用, (2) 議論に基づくスケジュール調整エージェント。

論文リスト：4, 5

2. 対話の論理の形式化：議論から対話へ

議論は対話の特別な一形式に相当する。議論モデルに、質問・説明などの発

話行為を導入することによって対話の論理の形式化を行い、その意味論と対話的証明論を与え、さらに健全性や完全性の証明を与えた。これは将来のより魅力的なエージェント対話への第一歩となるものである。対話の論理の知識表現に EALP を用いることによって、東洋的対話の一側面も捉えられることになる。

論文リスト：9, 13

3. 自然言語表現議論の形式言語表現議論への変換

議論で必要とされる知識ベースの準備を容易にするために、自然言語議論を多値議論の論理 LMA の形式的議論へ変換する方法と、さらにその逆変換を行う研究を行ない、双方向変換の重要な部分が自動化できることを示した。

論文リスト：19

4. 議論するエージェントシステムの試作

議論するエージェントシステムの利用をサポートするために、より豊かな統合議論環境 (IAE) を構築し、かなり複雑な議論にも対応可能なことを確認した。試作システムは、国際会議のデモセッションでも公開された。さらに、議論結果から議論・対話シナリオを作成し、それを動画表示する方法を試みた。

論文リスト：18, 12

4. その他の展開

本研究の副産物として、予想外の研究展開による成果も得られた。

4.1 記号議論とニューラルネット議論のハイブリッド議論

記号主義とコネクショニズムの統合により、より自然で強力な推論システムが期待できるとされて久しい。しかしながら目に見える形での成功例は皆無である。我々は、議論の世界で、この両者がシナジー効果を発揮できることを理論的に示すことができた。

論文リスト：1, 2

4.2 セマンティック Web 推論と議論エージェント推論の統合

セマンティック Web の世界の推論技術として期待されているのは、記述論理

によるオントロジー推論である。しかしこれだけでは、セマンティック Web の構築には不十分である。我々は、議論に基づく推論をセマンティック Web の世界に導入することを試み、その可能性と有効性を確認した。

論文リスト：6, 16

研究組織

研究代表者：澤村 一 (新潟大学自然科学系准教授)

交付決定額（配分額）

(金額単位：千円)

	直接経費	間接経費	合計
平成 17 年度	1,300	0	1,300
平成 18 年度	1,300	0	1,300
平成 19 年度	900	270	1,170
総計	3,500	270	3,770

研究発表リスト

学会誌等（査読付き）

1. Wataru Makiguchi and Hajime Sawamura : A Hybrid Argumentation of Symbolic and Neural Net Argumentation (Part I), Argumentation in Multi-Agent Systems, 4th International Workshop, ArgMAS 2007, Revised Selected and Invited Papers, Lecture Notes in Artificial Intelligence, Vol. 4946, Rahwan, Iyad; Parsons, Simon; Reed, Chris (Eds.), pp. 197-215, 2008. [2008年6月発表]
2. Wataru Makiguchi and Hajime Sawamura : A Hybrid Argumentation of Symbolic and Neural Net Argumentation (Part II), Argumentation in Multi-Agent Systems, 4th International Workshop, ArgMAS 2007, Revised Selected and Invited Papers, Lecture Notes in Artificial Intelligence, Vol. 4946, Rahwan, Iyad; Parsons, Simon; Reed, Chris (Eds.), pp. 216-233, 2008. [2008年6月発表]
3. Taro Fukumoto and Hajime Sawamura: Argumentation-Based Learning, , Revised Selected and Invited Papers, Lecture Notes in Artificial Intelligence, Vol. 4766, pp. 17-35, Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2007. [2007年10月発表]
4. 福本 太郎, 澤村 一: 議論に基づくスケジュール調整エージェント, 電子情報通信学会論文誌, Vol. J91-D, No.6, 2008. [2008年6月発表予定]
5. 栗原 秀輔 瀬野 瑛 澤村 一: 多値議論の論理 LMA のソーシャルウェブ: SNS, Wikipedia への応用, ソフトウェア科学会論文誌, コンピュータソフトウェア, 2008. [2008年10月発表予定]
6. 若木, 沢村, 福本, 向井, 新田: セマンティックWeb 推論と議論エージェント推論の統合, 人工知能学会論文誌, 22巻3号, pp. 322-331, 2007. [2007年3月発表]

7. Hajime Sawamura and Takehisa Takahashi: Applying Logic of Multiple-Valued Argumentation to Eastern Arguments, IEICE Transactions on Information and Systems, Vol. E88-D, No.9, pp. 2021-2030, Institute of Electronics, Information and Communication Engineers, 2005. [2005年9月発表]

国際会議発表（査読付き）

8. Hajime Sawamura and Safia Abbas: Some Recent Developments of the Logic of Multiple-Valued Argumentation, The 3rd Tokyo Conference on Argumentation, 2008. [2008年8月発表予定]
9. Takayoshi Suzuki and Hajime Sawamura: Agent Dialogue as Partial Uncertain Argumentation and its Fixpoint Semantics, to appear in Proc. of Second International Conference on Computational Models of Argument (COMMA'08), IOS Press, 2008. [2008年5月発表予定]
10. Safia Abbas and Hajime Sawamura: A First Step Towards Argument Mining and its Use in Arguing Agents and ITS, to be presented at 12th International Conference on Knowledge-Based and Intelligent Information & Engineering Systems (KES08), 2008. [2008年9月発表予定]
11. Safia Abbas and Hajime Sawamura: Towards Argument Mining from Relational Argument DataBase, to be presented at JURISIN2008. [2008年6月発表予定]
12. Taro Fukumoto, Syusuke Kuribara, and Hajime Sawamura: An Integrated Argumentation Environment for Arguing Agents, N.T. Nguyen et al. (Eds.): KES-AMSTA 2008, Lecture Notes in Artificial Intelligence, Vol. 4953, pp. 351-360, 2008. [2008年3月発表]

13. Takayoshi Suzuki and Hajime Sawamura: Agent Dialogue as Partial Argumentation and its Fixpoint Semantics, Proc. of 10th Pacific Rim International Workshop on Multi-Agents (PRIMA 2007), 2007. [2007年11月発表]
14. Wataru Makiguchi and Hajime Sawamura: A Hybrid Argumentation of Symbolic and Neural Net Argumentation (Part I), Proc. of the third International Workshop on Argumentation in Multi-Agent Systems (ArgMAS 2007), pp. 82-101, 2007. [2007年5月発表]
15. Wataru Makiguchi and Hajime Sawamura: A Hybrid Argumentation of Symbolic and Neural Net Argumentation (Part II), Proc. of the third International Workshop on Argumentation in Multi-Agent Systems (ArgMAS 2007), pp. 104-121, 2007. [2007年5月発表]
16. Toshiko Wakaki, Hajime Sawamura, and Katsumi Nitta: An Integrated System of Semantic Web Reasoning and Argument-Based Reasoning, Advances in Intelligent Web Mastering (Proceedings of the 5th Atlantic Web Intelligence Conference-AWIC'2007), Advances in Soft Computing 43, Springer, pp. 349-356, 2007. [2007年8月発表]
17. Hajime Sawamura, Toshiko Wakaki and Katsumi Nitta: The Logic of Multiple-Valued Argumentation and its Applications to Web Technology, P. E. Dunne and T. J. N. Bench-Capon (eds.): Computational Models of Argument, IOS Press, pp. 291-296, 2006. [2006年9月発表]
18. Toshiko Wakaki, Takanori Mukai, Hiromitsu Miyashita, Hajime Sawamura, Kumiko Matsunaga, Taro Fukumoto and Katsumi Nitta: Automated Argument System based on Logic of Multiple-Valued Argumentation, Proc. of 5th International Joint Conference on Autonomous Agents and Multi-Agent Systems (AAMAS 2006), ACM, pp. 1461-1462, 2006. [2006年5月発表]
19. Yohsuke Takahashi and Hajime Sawamura: Transforming Natural Arguments

- in Araucaria to Formal Arguments in LMA, Proc. of IEEE/WIC/ACM International Conference on Intelligent Agent Technology (IAT'06), pp. 668-678, 2006. [2006年12月発表]
20. Takashi Isogai, Taro Fukumoto and Hajime Sawamura: An Integrated Argumentation Environment for Arguing Agents , Proc. of IEEE/WIC/ACM International Conference on Web Intelligence (WI2006), pp. 1077-1078, 2006. [2006年12月発表]
 21. Hajime Sawamura and Go Wun Jeong: Diverse Applications of an Automated Argument System based on Logic of Multiple-Valued Argumentation, to appear in Lecture Notes in Artificial Intelligence, Vol. 4078, Springer, 2005. [2005年10月発表]
 22. Takumi Nisikata and Hajime Sawamura : Deliberate Soccer Agents Powered by Resource-Bounded Argumentation, Lecture Notes in Computer Science, Vol. 4088, Springer, pp. 656-663, 2006. [2006年8月発表]
 23. Hajime Sawamura and Edwin Mares: How Agents should Exploit Tetralemma with an Eastern Mind in Computational Argumentation, Lecture Notes in Artificial Intelligence, Vol. 3371, pp. 259-278, Springer, 2005. [2005年8月発表]
 24. Kumiko Matsunaga and Hajime Sawamura: AASLMA: An Automated Argument System Based on Logic of Multiple-Valued Argumentation, Lecture Notes in Computer Science, Volume 3684, pp. 830-838, Springer, 2005. [2005年10月発表]
 25. Hajime Sawamura, Takehisa Takahashi and Kumiko Matsunaga: An Eastern Specialization of Logic of Multiple-Valued Argumentation to Tetralemma Originated in India, Proc. of 2nd Indian International conference on Artificial Intelligence (IICAI-05), pp. 1274-1291, 2005. [2005年12月発表]

シンポジウム (簡易査読あり)

26. 福本 太郎 栗原 秀輔 高橋 陽介 澤村 一 : 統合議論環境の開発, 合同エージェントワークショップ&シンポジウム2007, 2007. [2007年10月発表]
27. 高橋 洋介 澤村 一 : 議論分析ツール Araucaria における自然言語による議論の多値議論の論理における形式的な議論への変換, 合同エージェントワークショップ&シンポジウム2007, 2007. [2007年10月発表]
28. 栗原 秀輔 福本 太郎 澤村 一 : 多値議論の論理 LMA のソーシャルウェブ:SNS, Wikipedia への応用, 合同エージェントワークショップ&シンポジウム2007, 2007. [2007年10月発表]
29. 巻口 航 澤村 一 : 記号議論の不動点意味論を計算するニューラルネットワーク, 合同エージェントワークショップ&シンポジウム2007, 2007. [2007年10月発表]
30. 鈴木 隆義, 沢村 一 : 部分的な議論としてのエージェント対話とその不動点意味論, 合同エージェントワークショップ&シンポジウム2006, 2006. [2006年10月発表]
31. 福本 太郎, 澤村 一 : 議論に基づくスケジュール調整エージェント, 合同エージェントワークショップ&シンポジウム2006, 2006. [2006年10月発表]
32. 福本 太郎, 磯貝 尚史, 澤村 一 : 議論する自己中心的なエージェント, 合同エージェントワークショップ&シンポジウム2006, 2006. [2006年10月発表]

大会講演論文

33. 巻口 航, 澤村 一 : 記号議論とニューラル議論の相補的關係, 情報処理学会第69回全国大会, pp. 2-349-350, 2007 [2007年8月発表]
34. 栗原 秀輔, 福本 太郎, 澤村 一 : Mymixi への登録承認を多値議論の論理によっ

て判断するエージェント, FIT2007, 第6回情報科学技術フォーラム, pp. 161-164,
2007 (簡易査読あり) [2007年9月発表]

研究会講演論文

35. 沢村 一: 論理学 対 議論学, 電子情報通信学会信学技報, AI2005-3, pp. 13-14,
2005 (招待論文) [2005年5月発表]

36. 沢村 一, 高橋武久: 多値議論の論理 LMA のテトラレンマへの東洋的特殊化,
電子情報通信学会信学技報, AI2004-67, pp. 25-30, 2005 [2005年1月発表]