

機関番号：12608

研究種目：基盤研究 (B)

研究期間：2008 ～ 2010

課題番号：20300054

研究課題名 (和文) 事例を用いた論争エージェントの開発

研究課題名 (英文) Development of an argumentation agent using a case base

研究代表者

新田 克己 (NITTA KATSUMI)

東京工業大学・大学院総合理工学研究科・教授

研究者番号：60293073

研究成果の概要 (和文)：

本研究では事例を用いた論争エージェントに関し、まず、交渉における妥協生成の推論手法と、合意形成の形式化のための実践的議論意味論の構築を行った。次に、論争の発言記録から話題の推移や論理や感情などの特徴の抽出を行い、論争エージェントがその特徴を利用できるように、抽出された特徴にタグ付けするための3種類の解析ツールを開発した。さらに、論争エージェントの発言生成機能として、合意の意思決定と反論生成を支援するシステムを開発した。また、論争を遠隔地で行う場合、臨場感の維持や感情伝達を行うため、力覚インタフェースを利用した遠隔コミュニケーション手法を開発した。

研究成果の概要 (英文)：

In this research, at first, we proposed an inference method to draw the compromising offer during negotiation, and developed a practical argumentation theory to formalize the consensus building. Then, we developed three software tools which extract features from the argumentation records, and which help an argumentation agent to generate the next utterance. Furthermore, we developed an argument generation module which generates counter arguments. Finally, we developed a user interface which transmits the feeling of presence using a haptic transmission device.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	4,700,000	1,410,000	6,110,000
2009年度	3,100,000	930,000	4,030,000
2010年度	3,200,000	960,000	4,160,000
年度			
年度			
総計	11,000,000	3,300,000	14,300,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：情報学・知能情報学

キーワード：知的エージェント、交渉、調停、議論フレームワーク、事例ベース推論、  
ヒューマン・エージェント・インタラクション

## 1. 研究開始当初の背景

(1) 近年、オンライン環境の元で人間同士のトラブルを解説する簡便な手段として、調停員を交えた話し合い解決であるオンライン調停が用いられ始めている。また、大学の法

学部においては、オンライン掲示板を利用した論争演習が行われている。また、我が国では裁判員裁判の制度がスタートし、一般の人にも裁判員として、評議に参加する機会が生じるようになった。一般人は必ずしも議論に慣

れていないため、将来的にオンラインで事前練習をする必要性が生じるものと思われる。しかしながら、オンライン調停においては調停員の不足が問題となり、法学部においては演習の教員の負荷が問題となり、裁判員裁判の議論演習でもインストラクタの不足が予想される。このようなオンライン環境において、人間の代わりに初期の調停を行ったり、論争を代行したりするエージェント（論争エージェント）を開発することができれば、調停員やインストラクタの不足や教員の負荷軽減の問題に対処することができる。

論争エージェントに知的な発言をさせるためには、その話題に関する背景知識を知識ベースとして準備する必要がある。しかし、幅広い知識の知識ベースを開発することは困難であるため、われわれは過去の論争記録を利用した論争エージェントの実現方法とその法学教育への応用事例を示してきた。これは、過去の論争記録から主要な論点を認識して、タグ付き発言記録として蓄積しておき、新しい論争において過去の類似場面を検索して、論理的な観点からエージェントの発言を決定させるものであった。

しかし、今まで行ってきた研究では、過去の論争記録の解析が表面的であり、発言の裏に潜む意図の解析が不十分であり、さらに身振りや表情などの非言語情報（ノンバーバル情報）の利用がほとんど考慮されていなかったため、論争能力が限られていた。

(2) 一方、欧州を中心に、議論や論争を解析する理論研究が盛んになってきている。一般に論争は、互いに論証や反論や再反論などが複雑に交錯し、何が結論になるのかを判定することが難しくなりがちである。この問題点を数理的に解明する研究分野として、近年、数理議論学 (Mathematical theory of argumentation) が発展し、論争を進めたり、合意に達したりするための理論が提案されてきた。しかし、まだ実際の議論に応用された例はほとんどない。

(3) また、最近では複数人のコミュニケーションを解析し、支援する研究分野として会話情報学の研究が進んできている。会話情報学では、対話中のノンバーバル情報の有用性の解析など、多様な研究がなされてきているが、調停や交渉のような本格的な議論の場での解析はほとんどなされていない。

## 2. 研究の目的

上記の背景のもとで本研究では、高度な論争エージェントの機能の開発を目指して、以下の4つの研究目的を定めた。

(1) 論争エージェントの論争機能を開発する基礎理論として、妥協案生成のシステムティックなメカニズムと、最終的な合意形成の意思決定を支援するための数理議論学の基

盤を固める。

(2) 実際の論争事例を収集し、論争事例を詳細に解析し、論争エージェントが事例を利用して論争を行えるように、事例ベースを整えるための議論解析ツールを開発する。

(3) 論争事例を利用して論争の発言を生成するための論争エージェントの中核となるモジュール群を開発する。

(4) 論争エージェントがテキストだけでなく、ノンバーバル情報を利用して遠隔地との相手と臨場感を保ちながらコミュニケーションをする方式を開発する。

## 3. 研究の方法

上記の4つの研究目的に対応して以下のように研究を進めた。

(1) 交渉における妥協案の生成メカニズムの理論研究と、交渉における論証と意思決定を統合的に扱う理論の構築を行った。前者においては、交渉における双方の要求を少しずつ妥協させて、妥協案候補の束構造を作り、その中で双方の一致点を探る推論方式の研究を行った。後者に関しては、交渉のさまざまな提案の理由に対する当事者の選好順序に従って Pareto 最適な提案を選択する数理議論学の理論を構築した。

(2) 論争記録の解析ツールに関しては、まず大学対抗交渉コンペティションや、法学部における論争トレーニングや、TVの討論番組などのさまざまな論争記録を収集した。収集された論争事例に対し、大澤幸生教授（東大）らが開発した単語クラスタリングとデータ結晶化の手法を拡張して、論争プロセスの視覚化と、話題の遷移や遷移のきっかけとなった発言などの特徴抽出を行う論争解析ツールの開発を行った。また、多人数の参加した論争における発言者同士のコミュニケーションの解析をするため、堀田秀吾口授（明大）が開発したコミュニケーション解析手法を拡張した解析ルーツの開発を行った。さらに、各発言の出現単語や文末の表現に着目して、発言者の好意度や感情を推測する感情解析ツールの開発を行った。これらの3種類の解析ツールを本格的な論争の発言記録に適用し、その解析能力の評価を行った。

(3) 論争エージェントの論争発言の生成モジュールの開発に関しては、今まで開発してきた論争エージェントの構成モジュール群の改良や追加という形式で研究開発を行った。具体的には、反論生成機構の強化と、妥協モジュールの追加を行った。前者においては、Waltonの論証スキームの考え方を利用し、日常、用いられやすい非論理的な論証パターンの発言に対しても、反論が行えるメカニズムの開発と評価を行った。後者においては、(1)の妥協案生成メカニズムの理論を利用して、妥協状況を視覚化することによって、妥協プ

プロセスを促進するモジュールを作成した。  
(4) 遠隔地へのノンバーバル情報の伝達に関して、力覚インタフェース Phantom Omni を利用したユーザインタフェースを開発する。具体的には、交渉中に力覚を相手に伝えるユーザインタフェースを開発し、臨場感や感情がどの程度相手に伝わったかを被験者実験で評価した。

#### 4. 研究成果

##### (1) 交渉解析の理論

###### ① 妥協推論の形式化

交渉において、双方の要求事項を満足する解がない場合に、双方の要求事項から妥協案に関する完備束構造を定義し、その束構造をたどることによって妥協案を求める推論方式を提案し、この妥協推論の妥協に対する健全性と完全性を示した。さらに、Dung の提案した抽象的議論フレームワークにおける論証の構築に妥協推論を適用し、妥協案に基づいて議論の対立が解消されることを示した。

###### ② 実践的議論意味論の構築

実践的議論とは、願望や価値観や倫理感を実現するために何をなすべきかを対象とする議論である。交渉において、それぞれの提案の正当性の説明（「なぜその提案が望ましいか」を示す議論）を実践的議論として定式化し、議論の対立構造をエージェントの選好関係として表現して、可能な結論を決定する実践的議論フレームワークを構築した。さらに、実践的議論フレームワークと Pareto 最適性との関係を明らかにし、このフレームワークの意味論が、集団における意思決定に利用できることを示した。

##### (2) 論争事例の解析ツール

###### ① 時系列を考慮した単語クラスタリングツール

長時間の論争記録の、話題の推移や話題の転換点の抽出や、あいまいな発言に隠れた意図の推測を行うため、東大の大澤幸生教授らのグループが開発したデータ結晶化と単語クラスタリング手法を拡張した話題抽出ツールを開発した。このツールはまず論争記録全体に関して出現単語の共起度解析を行い、単語のクラスタリングを行う。次に各クラスタの出現頻度を時系列的に観測して、頻度が急激に変化する地点で論争記録を分割し、分割された個々の区間について、独立に単語のクラスタリング解析を行う。その結果、時間経過とともに話題がどのように変化を示すグラフ系列が得られる（図1）。図1に表われる黒いノードは出現した単語を表し、赤いノードは着目すべき発言の識別子を表す。

模擬調停の発言記録や、党首討論の発言記録や、TVの討論番組などの発言記録にこの手法を適用し、この赤いノードを観測すること

によって、発言の隠れた意図の推測や、論争の進行の円滑さや、議論が攻撃的か受け身的かの判断などに使えることを示した。

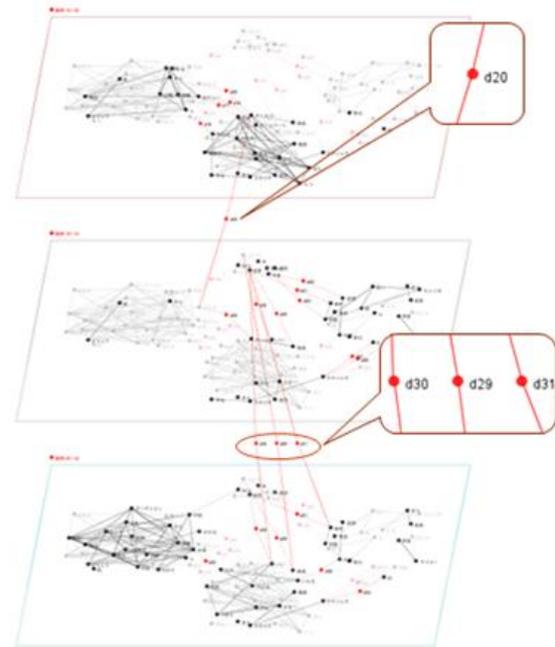


図1 時系列を考慮した単語クラスタリングツールの結果例

###### ② 評議記録解析ツール群

複数人による議論の解析ツールの対象として、裁判員裁判の評議記録を選んで開発を行った。裁判員裁判は、まず検察と被告人との間の論告や弁論を観測し、そこで争点になった点を評議によって意見交換を行い、有罪無罪の判定と量刑判断を行う。この評議記録の解析は、適度な人数（9人）の議論であるためコミュニケーションの分析がしやすいこと、議論の範囲が論告や弁論で出現した範囲に限定されるので、分析のための背景知識準備が容易なこと、議論時間が限られるので司会スキルが重要なこと、評議記録での議論は論争エージェントの今後の研究に有望なこと、などのメリットがある。

まず、論告と弁論の記録から、双方の主張の対立構造を視覚化する「論告・弁論構造図作成エディタ」を開発した。このエディタの出力は論告・弁論構造図である。さらにこの論告・弁論構造図を利用して、評議記録を解析する分析モジュールを開発した。この分析ツールは、堀田秀吾教授（明治大学法学部）の提唱した分析手法をツール化したものであり、裁判官と裁判員間のコミュニケーショングラフや、各裁判員の発言頻度や、裁判員の意見の偏り（論点ごとに検察の主張に賛同するか、犯人の主張に賛同するか）などを分析するものである。この分析結果を視覚的に表示する機能を実装した。

### ③発話の態度と感情の推定ツール

発言記録から態度推定と感情推定を行って、態度のラベルと感情のラベルを発言記録に付与するツールを開発した。このツールは、あらかじめ態度ラベルと感情ラベルの付いた発話記録を教師データとして、他の発話記録における態度と感情を推定するものである。態度ラベルには「友好的」「検索」「中立」の3つを用意し、「感情ラベルには、Ekmanの6分類（「驚き」「喜び」「怒り」「恐れ」「嫌悪」「悲しみ」）の他に「中立」を用意した。発言記録から、Bag of Words(BoW)、文末単語3グラムと、前の発話との単語重複度を利用し、教師有り学習手法としてCRF(Conditional Random Field)とSVM(Support Vector Machine)を用いた。

### (3) 論争エージェントの発言生成機能

論争エージェントの発言には、新しい主張（または提案）と、その主張の裏付けとなる論証（説明）と、反論と、質疑応答と、情報提供と、妥協案提示などの多様な種類がある。その中で、妥協案の提示機能を持つモジュールと反論生成のモジュールの開発を行った。

#### ①合意形成支援モジュール

上記(1)で妥協案の生成のための推論について説明したが、これを実際に合意形成を支援するツールとして実装した。これは、双方の要求を満たす選択肢が存在しない場合に、双方が少しずつ妥協して合意案を探るプロセスを支援することを目的としている。双方の要求の妥協案を束構造で示し、今までの交渉経緯における双方の妥協度を表示することによって、双方が納得するように議論を進める機能を実現した。

#### ②議論スキームを用いた反論生成支援モジュール

今まで開発してきた反論生成支援モジュールは、相手の発言から論理構造を抽出し、背景知識を参照しながら、論理的な反論の案を生成するものであった。ところが人間の日常の発言には、論理の飛躍や、非論理的な発言が含まれるため、そのメカニズムだけでは十分な反論ができない。そこで、Waltonが日常、出現しやすい60種類の非論理的な論法（議論スキーム）の整理結果を利用し、その論法の潜在的な前提条件を認識して、批判的質問（CQ; Critical Question）として反論案を生成するモジュールを開発した。このモジュールは、代表的ないくつかの議論スキームについて、そのスキームに属する発言のパターンを学習して、各スキームの判別木を学習するサブモジュールと、その判別木を利用して、論法を認識し、CQをアドバイスするサブモジュールからなっている。模擬調停の発言記録にこのモジュールを適用して、模擬調停のときには気づけなかった反論案がアド

バイスできる可能性があることを示した。

#### (4) 論争エージェントの非言語情報の利用

遠隔地にいる人とのオンライン論争環境で臨場感を保ち、感情伝達を円滑に行うために3つの研究を行った。

#### ①力覚（触覚）インタフェースを利用した遠隔地コミュニケーション手法の開発

われわれはアニメーションによるユーザーインタフェースだけでは、論争の臨場感を維持することはできないと考え、力覚伝達デバイスを利用した遠隔コミュニケーションインタフェースを研究した。具体的には力覚を遠隔地に伝える Phantom Omni を利用し、相手と発言のキャッチボールをするという想定で論争インタフェースを開発した（図2）。このインタフェースは双方の発言者に相当する大きな2つのボールの間を小さなボール（発言に相当する）が行き来するものである。相手へボール（発言）を送るときに、その速さを変えることによって、受け手の衝撃が変化し、それによって受け手は相手の感情を推定できると同時に、その衝撃によって臨場感を持つことができる。このインタフェースを使って、模擬交渉の実験を行い、交渉の進展とボールの速度との関係を詳細に調査した。その結果、交渉における感情の伝達や臨場感の伝達に効果があること、交渉結果の満足感とこのインタフェースの利用度との間に相関が見られることを確認した。

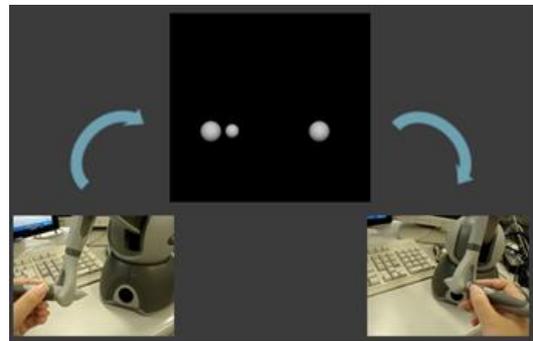


図2 力覚伝達デバイスによる交渉インタフェース

#### ②人型ロボットによる遠隔地コミュニケーション

遠隔地での論争のインタフェースで臨場感を実現する別の手段として人型ロボットを利用する方法がある。遠隔地にある人型ロボットの身振りを制御することによって論争の臨場感の伝達を行う。人型ロボットは動作が制約されるので、身振りは人間が行うよりも大げさなものになりがちである。同じメッセージを相手に伝える場合に、相手の地位や親しさの違いによって、身振りにどのよう

な変化が生じるかを調査した。その結果、同じ種類の身振り（挨拶、同意、拒否などの手のしぐさ）であっても、相手の地位（指導教員、先輩、同級生など）や親しさによって、ロボットに教示する身振りには統計的な偏りが見られることを確認した。

### ③マルチモーダルな論争記録の解析

前述した事例の解析手法は、いずれもテキストデータを対象としていた。しかし、論争は単に発言の論理的な解析だけではなく、感情解析も必要である。感情は主に非言語情報として伝達されるため、身振りや表情などのマルチモーダル情報を収集し、論争のどのような状況でどのような身振りや表情が表出するのかを調査した。その結果を利用して、アニメーションの動作として身振りを再現し、想定した感情が伝達されるかどうかの実験を行った。

その結果、交渉の場面（有利/不利）ごとに話手と聞手の頭の位置、身体の傾き、身振り（頷き、腕組みなど）などに統計的な偏りが見られることを確認した。さらに、それらのしぐさをアニメーションで再現したときに、人間の動作と同じ印象を持つこと、その印象はアニメーションの外観にあまり影響されないことなどを確認した。

## 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4件）

- ①陳夢, 片上大輔, 新田克己: 触覚インタラクションに基づくオンライン交渉の研究, 人工知能学会論文誌, Vol. 26, No. 5, ページは未定, 2011-08. 査読有り
- ②木藤浩之, 栗原正仁, 片上大輔, 新田克己: 対立の弁証法的解決に向けた妥協的推論の形式化, 人工知能学会論文誌, Vol. 25, No. 5, pp. 570-578, 2010-07. 査読有り
- ③D. Katagami, K. Ogawa, K. Nitta: Robot Group Adaptation Gestures Base on Utterance Content and Social Position, Journal of Advanced Computational Intelligence and Intelligent Informatics, Vo. 14, No. 7, pp. 813-824. 2010-11. 査読有り
- ④D. Katagami, Y. Ikeda, K. Nitta: Behavior Generation and Evaluation of Negotiation Agent Based on Negotiation Dialogue Instances, Journal of Advanced Computational Intelligence and Intelligent Informatics, Vo. 14, No. 7, pp. 840-851. 2010-11. 査読有り

〔学会発表〕（計 18 件）

- ①Hiroyuki Kido, Katsumi Nitta: Practical Argumentation Semantics for Socially Efficient Defeasible Consequence, Tenth International Conference on Autonomous Agents and Multiagent Systems (AAMAS 2011), Taipei (Taiwan), 2011-05-04.
- ② Hiroyuki Kido, Masahito Kurihara, Daisuke Katagami, Katsumi Nitta: Formalizing Dialectical Reasoning for Compromise-Based Justification, Third International Conference on Agents and Artificial Intelligence (ICAART 2011), Algarve (Portugal), 2011-01-28.
- ③Yuzo Ogata, Daisuke Katagami, Katsumi Nitta: Advisory function of an argumentation education support system, 4<sup>th</sup> International Workshop on Juris-informatics (JURISIN 2010), 東京, 2010-11-18.
- ④安斉恵太, 新田克己: アノテーションに基づく裁判員裁判の評議記録分析システム, 人工知能学会第 90 回知識ベースシステム研究会 (SIG-KBS), 東京, 2010-10-14.
- ⑤木藤浩之, 新田克己: 正当化されたパレート最適性の議論意味論と対話的証明論に向けて, 合同エージェントワークショップ&シンポジウム 2010 (JAWS 2010), 富良野, 2010-10-28.
- ⑥斎藤正孝, 片上大輔, 新田克己: データ結晶化を用いた対話ログの時系列解析, 情報処理学会研究報告, 東京, 2010-03-06.
- ⑦池田祐輔, 片上大輔, 新田克己: 交渉エージェントのしぐさ作成と印象評価, HAI シンポジウム 2009, 東京, 2009-12-05.
- ⑧小川研, 片上大輔, 新田克己: 発話内容に応じたロボットの集団適応動作, HAI シンポジウム 2009, 東京, 2009-12-04.
- ⑨Katsumi Nitta, Kana Zeze, Takashi Maeda, Daisuke Katagami, Yoshiharu Maeno, Yukio Ohsawa: Scenario Extraction System Using Word Clustering and Data Crystallization, Juris Informatics 2009 (JURISIN 2009), 東京, 2009-11-19.
- ⑩M. Chen, D. Katagami, K. Nitta: Let's play catch in words - Online Negotiation System with a Sense of Presence Based on Haptic Interaction, The International Workshop on Human Aspects in Ambient Intelligence: Agent Technology, Human-Oriented Knowledge, and Applications, pp. 357-360, Milan (Italy), 2009-09-15.

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

新田 克己 (NITTA KATSUMI)  
東京工業大学・大学院総合理工学研究科・  
教授  
研究者番号：60293073

### (2) 研究分担者

奥村 学 (OKUMURA MANABU)  
東京工業大学・大学院総合理工学研究科・  
教授  
研究者番号：60214079

片上 大輔 (KATAGAMI DAISUKE)  
東京工芸大学・工学部コンピュータ応用学  
科・准教授  
研究者番号：90345372