

戦略的創造研究推進事業 CREST

研究領域

「人間と調和した創造的協働を実現する  
知的情報処理システムの構築」

研究課題

「エージェント技術に基づく  
大規模合意形成支援システムの創成」

## 研究終了報告書

研究期間 2015年10月～2021年3月

研究代表者:伊藤 孝行  
(京都大学大学院情報学研究科 教授)

## § 1. 研究実施の概要

### (1) 実施概要

本研究は、(1)合意最適化エージェントの実現と(2)それを用いた大規模合意形成支援システムの社会実装を最終目標とする。合意最適化エージェントとそれを用いた大規模合意形成支援システムのプロトタイプを開発し、名古屋市次期総合計画における市民からの意見集約の社会実験など社会において実装した。

研究当初は試作システムを用いることで、多くの議論データを収集した。主に、名古屋工業大学グループ、産業技術大学院大学グループ、静岡大学グループによって、社会実験が行われた。試作システムは、エージェントによる仲介は行わず、人間による仲介を行うことで、議論をオンラインで進め、議論データのみを集めることを目的とした。50以上の大規模(名古屋市実験)から小規模(学内)な実験を行い、議論データを収集した。

3年目には、収集したデータを下にして、自動的に議論構造を抽出する方法について試行錯誤が行われた。東京農工大グループでは、代表者伊藤によるサジェストとして、自然言語処理に関して Argumentation Mining(AM)に取り組むように指示をした。これに基づいて、AM という分野における議論構造の自動抽出の可能性について調査をした結果、深層学習を自然言語処理に応用した方法によって、ある程度の精度が期待できる点があった。

一方で、名工大グループでは、本質的に、どのように議論をファシリテートすべきか、という点について議論が深められ、Argumentation Theory や AM で使われているような議論構造をそのまま応用するだけでは、ファシリテーションが効果的とはいえず、これらの技術をそのまま使うだけでは不十分であるとの結論に達した。そこで、ファシリテーションの手法として、古典的ではあるが、現状のほぼすべてのファシリテーション技法の大元になっている IBIS(Issue-Based Information System)というファシリテーション技法/ファシリテーション構造を採用することとした。IBIS は、課題、ポジション、討論というコンポーネントで議論全体を組み上げることにより、望ましい議論構造が実現できるという技法である。既に様々な応用が行われているが、実際の議論から IBIS 構造を抽出し、さらに IBIS 構造に基づいて実際の議論をファシリテートするという試みは世界的にも類を見ない試みであった。深層学習を用いることにより、比較的単純に IBIS 構造を精度よく抽出できることが分かった。また、2020年には Graph Attention Network によりさらに精度よく抽出できることを示し、人工知能学会全国大会の優秀論文賞を受賞している。本方法は現在日本国内で我々が特許を有し各国出願を行っている。

4年目には合意最適化エージェントの重要なコア技術の深化と理論化に取り組み、合意最適化エージェントが英語の議論に介入し、対立的議論を支援できる方式を実現し、新たな理論構築も深めた。特に英語の議論においては対立的な議論の見える化性能について英語で世界最先端レベルに達成するとともに、新たな議論の論理モデルについて国際会議 PRICAI2019 で最優秀論文賞を受賞した。これらのコア技術に基づき、クラウド合意形成支援プロトタイプシステムを国際化し英語に対応し、スマホシステムのプロトタイプを構築した。まとめたビデオが IJCAI2019 Best Video Award を受賞している。本システムを用いて、静岡県浜松市、医学会総会、CREST 領域会議、インドネシア、アフガニスタンカブール市での社会実験を行い評価し、有効性を示すことができた。

特に、静岡大学グループが中心となり、静岡県浜松市では「浜岡原発の再稼働と地元合意」をテーマとしたミニパブリクス型熟議実験を 2019 年 5 月に実施し、対面型、自動ファシリテーション及び通常オンライン型を比較検討することによって、議論参加者構成の違いと意見変化の違いを明らかにした。

産業技術大学院グループが中心となり、インドネシアでは、多文化・多宗教が共存し、首都移転などの重要な政治的決定を題材として、20以上の大学と協力しオンラインシンポジウムを開催し、システムの

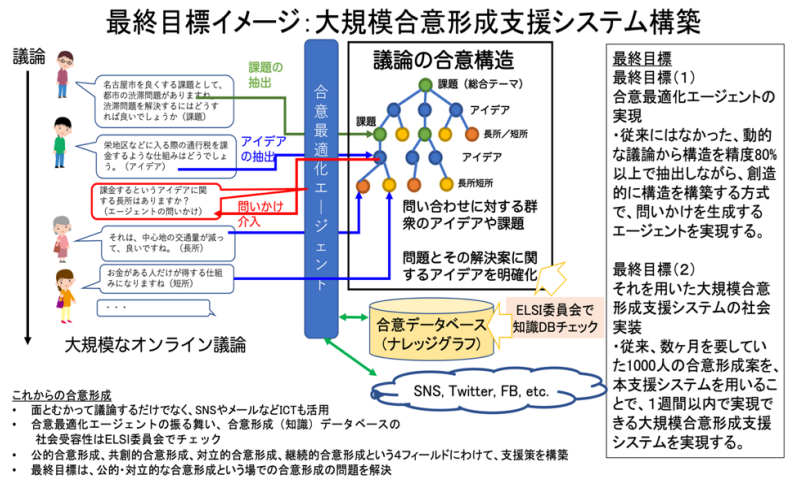


図 1 最終目標イメージ

継続的な利用と実験について課題が得られた。名古屋工業大学グループが中心となっているアフガニスタンでは、JICA、国連などの協力も得られる可能性を見出した。統制実験により、ELSI の観点から、バイアスのかかったファシリテーションに対する社会的受容性についての分析を進めている。また、本システムを中心に株式会社 Agreebit を設立し事業化を進めている。

「COVID-19 パンデミック下の社会変革に関する地域横断的共創のための市民参加型 Web 議論実験」については、COVID-19 の拡大により、対面でのディスカッションを前提としていた地域横断的な共創活動が極めて難しい、という社会の脆弱性が明らかになった。そこで、議論支援システム D-agree を用いることで、オンラインでの共創活動を対面と同様もしくはそれ以上の効果があるような仕組みについて調査した。具体的には、ALBERT を用い、COVID-19 パンデミックから派生した各地の事例を Web 記事から自動収集する機構を開発し、市民参加型 Web 議論の支援に活用した。これにより、パンデミック下およびパンデミック後の社会像を地域横断的に共有し、Well-being に貢献する共創活動を支援する効果を見込んでいる。

## (2) 顕著な成果

### <優れた基礎研究としての成果>

#### 1. 深層学習に基づく議論構造の抽出機構

概要:議論構造の抽出機構について、議論構造(創造的構造や討論的構造)に基づいて、抽出する方法を、文章のベクトル表現と深層学習を応用した抽出方式を工夫することで、いくつかの進展を得ている。深層学習を効果的に利用することで、既存の自然言語処理技術を大きく上回る精度を達成することができている。ACM Collective Intelligence 2019 などいくつかの国際会議への採択や、JSAI2020 での優秀論文賞獲得、特許とその国際出願など行っており、今後重要な技術としてさらに展開する。

#### 2. サイバーフィジカルハイブリッド議論支援の実現

概要:国際会議のパネルディスカッションなど、多数の参加者の存在する、物理空間での議論や合意形成を支援するだけでなく、参加者にオンラインの議論システムを同時に提供することで、議論がより包括的に進められることがわかった。Journal of Crowd Science 掲載および、International Conference on Crowd Science で最優秀論文賞を受賞している。

#### 3. 新しい Argumentation Theory (議論の論理) の理論的展開

概要:D-Agree 等のオンラインのフォーラムなどでは多くのユーザーが議論を行っている。通常、数理議論学では交わされた全体の議論のうちどの主張が受け入れられるか、という主張容認意味論を扱うが、それによってある主張が受け入れられるとされたところで、その主張によって反論されているユーザーが自らの主張を変えるかどうかは全く分からない。PRICAI2019 論文ではユーザーの意見変更を判断するための要件を設けることを通して意見変更の意味論を定式化し、Best Paper Award を受賞した。

### <科学技術イノベーションに大きく寄与する成果>

#### 1. 自動ファシリテーションエージェントの実装(特許)

概要:既存の Argumentation Mining による討論構造の可視化だけではなく、リアルタイムに議論を創造的に進めるための構造化として、Issue-Based Information Systems(IBIS)構造に基づく構造可視化と自動ファシリテーションの包括的技術について特許を出願している。オンラインの議論をプログラムでファシリテートする場合のコア特許であり、議論を支援する AI システム全般に応用できる可能性がある。

#### 2. オンライン議論支援システム D-Agree の実装、社会実験の実現と事業化

概要:オンライン議論支援システムについて社会実験を繰り返す中で、その需要の高さが予想以上であった。研究室内でシステムを管理していくことに限界があるため、システム全体を Amazon Web Service(AWS)上に実装することで、サーバ管理について負担を減らしている。行政の意見集約や、コンサルティングのための市場調査への応用が進み共同研究が増えてきた。そこで、上記の特許と合わせて、AgreeBit 株式会社を設立し具体的な事業化を行なっている。

### 3. 国際的合意形成社会実験(アフガニスタン・カブール実験)

概要:アフガニスタンのカブール市の市長との連携により、カブール市全域、さらにアフガニスタン全域での、街づくりに関する広域の意見集約実験を行った。コロナ感染症が広がる中、オンラインで実施できたことは社会的に重要な意味がある。特に、重要な点は、アフガニスタンでは、古典的な対面では女性と男性は別々に議論をするのが普通であったが、このようなオンラインの議論によって、男性も女性も同様に議論に参加できるようになった。

<代表的な論文>

1. Takayuki Ito, Daichi Shibata, Shota Suzuki, Naoko Yamaguchi, Tomohiro Nishida, Kentaro Hiraishi, and Kai Yoshino, "Agent that Facilitates Crowd Discussion", The 7th ACM Collective Intelligence 2019, Carnegie Mellon University, Pittsburgh, USA, June 13-14, 2019.

概要:自動ファシリテーションエージェントに基づく大規模議論支援システム D-agree を実装し、名古屋市の次期総合計画の中間案に対して住民から意見集約をするための社会実験を行いその結果として、エージェントによる議論の支援によって、より多くのポスト(発言)が得られた点などをまとめた内容。

2. Satoshi KAWASE, Takayuki ITO, Takanobu OTSUKA, Akihisa SENGOKU, Shun SHIRAMATSU, Tokuro MATSUO, Tetsuya OISHI, Rieko FUJITA, Naoki FUKUTA, and Katsuhide FUJITA, "Cyber-physical hybrid environment using a largescale discussion system enhances audiences' participation and satisfaction in the panel discussion", The IEICE Transactions on Information and Systems, Volume E101.D Issue 4 pp. 847-855 2018

概要:オンライン合意形成支援システムを用いて、オンライン空間と物理空間の議論を同時に行うことで、パネルディスカッション形式の議論が、聴講者の参加度や満足度を高める効果があったことを示した論文。国際会議で実際に社会実験として行い、その効果を検証した。

3. Ryuta Arisaka and Takayuki Ito, Semantics of Opinion Transitions in Multi-Agent Forum Argumentation, 2019 The 16th Pacific International Conference on Artificial Intelligence (PRICAI 2019), August 26-30, 2019, Yanuca Island, Fiji. (Best Paper Award)

概要:D-Agree 等のオンラインのフォーラムなどでは多くのユーザーが議論を行っている。通常、数理議論学では交わされた全体の議論のうちどの主張が受け入れられるか、という主張容認意味論を扱うが、それによってある主張が受け入れられるとされたところで、その主張によって反論されているユーザーが自らの主張を変えるかどうかは全く分からない。PRICAI2019 論文ではユーザーの意見変更を判断するための要件を設けることを通して意見変更の意味論を定式化し、Best Paper Award を受賞した。

## § 2. 研究実施体制

### (1) 研究チームの体制について

#### ①「研究総括」グループ

研究代表者:伊藤 孝行(名古屋工業大学工学研究科(注) 教授)

(注)2020年10月に京都大学 教授に異動

研究項目

- ・ 方法論とシステムの設計・開発
- ・ 実フィールドの社会実験と検証

#### ②「合意形成プロセス分析および実践会議応用」グループ

主たる共同研究者:松尾 徳朗(産業技術大学院大学 教授)

#### 研究項目

- ・ ハイブリッド合意形成支援における実験環境の構築と実証実験

#### ③「自動交渉理論およびモデル」グループ

主たる共同研究者:藤田 桂英(東京農工大学 准教授)

#### 研究項目

- ・ 自動交渉や効用モデルに関して研究
- ・ 議論の見える化機能の研究

#### ④「合意形成知の事例分析・再利用基盤」グループ

主たる共同研究者:福田 直樹(静岡大学 准教授)

#### 研究項目

- ・ 社会科学的な知見に基づく実フィールド社会実験
- ・ アイデア, 意見, 議論そのもののモデル化・オントロジー化・連結データ(Linked Data)化・オープン化

### (2)国内外の研究者や産業界等との連携によるネットワーク形成の状況について

社会実験を通して名古屋市行政関係では、オンライン議論システムについて浸透しており、その有効性も共有されている。研究代表者の伊藤孝行は、名古屋市の次期総合計画に関係して、有識者として有識者会議にも参加している。以上の背景のもとで、平成 30 年度の名古屋市次期総合計画に関する住民からの意見聴取の場として、タウンミーティングを各区で行うと同時に、本プロジェクトで実装するシステムを利用している。

産業技術総合研究所 NEC 連携ラボとの自動交渉に関する研究推進を行うことで、産業競争力懇談会 COCN というコンソーシアムに発展しており、スマートファクトリの人工知能間の連携や交渉に自動交渉技術が実際に応用されつつある。

オンライン議論システムの社会応用のために、市民共創知研究会の発足と運営を行なっている。すでに研究会を地域を回りながら行っており、共創的な議論についてオンライン上で支援するためのプラットフォームを構築した。

第 30 回日本医学会総会 2019 中部において、医学と AI に関して市民の意見集約と議論に我々のシステムを導入した。その他、AI による議論の支援については多くの招待講演を依頼され、ELSE の観点からも広く議論されている。