

OS-05

# 複雑化社会における意思決定・合意形成のための AI 技術

## Artificial Intelligence Technologies for Decision-making and Consensusbuilding in a Complex Society

福田 直樹 静岡大学大学院情報学領域  
Naoki Fukuta College of Informatics, Academic Institute, Shizuoka University.  
fukuta@inf.shizuoka.ac.jp, <http://whitebear.cs.inf.shizuoka.ac.jp/>

福島 俊一 科学技術振興機構研究開発戦略センター  
Toshikazu Fukushima Center for Research and Development Strategy, Japan Science and Technology Agency.  
toshikazu.fukushima@jst.go.jp, <http://www.jst.go.jp/crds/>

伊藤 孝行 名古屋工業大学大学院工学研究科情報工学専攻  
Takayuki Ito Department of Computer Science, Nagoya Institute of Technology.  
ito.takayuki@nitech.ac.jp, <http://www.itolab.nitech.ac.jp>

谷口 忠大 立命館大学情報理工学部  
Tadahiro Taniguchi College of Information Science and Engineering, Ritsumeikan University.  
taniguchi@em.ci.ritsumeikan.ac.jp, <http://www.em.ci.ritsumeikan.ac.jp>

横尾 真 九州大学大学院システム情報科学研究院情報学部門  
Makoto Yokoo Graduate School and Faculty of Information Science and Electrical Engineering, Kyushu University.  
yokoo@inf.kyushu-u.ac.jp, <http://agent.inf.kyushu-u.ac.jp/~yokoo/>

**Keywords:** decision-making, consensus-building, mechanism design, collective intelligence.

### 1. はじめに

本稿で扱う「意思決定」とは、個人や集団がある目標を達成するために、考えられる複数の選択肢を明らかにし、その中から一つを合理的に選択しようとする行為である。その選択を行う場面では、主体となる個人や集団の価値観が判断の拠りどころとなる。集団の意思決定では、必ずしもその関係者（メンバやステークホルダ）全員の価値観が一致しない、という前提に立つ必要が出てくる。関係者内で選択肢に関する意見が分かれたときにも、そこで集団として一致した選択肢を選べるような意思決定を図り、その意思決定を集団として実効性のあるものにできるようにしようとするプロセスが、本稿で扱う「合意形成」であり、これまでもさまざまな支援の試みが考えられてきた [福島 19, 伊藤 17]。

社会が科学技術に支えられ大きな影響を受ける状況で

は、個人・集団の意思決定と科学技術の進展との関わりを無視することはできない。国の科学技術イノベーション政策への提言およびその基礎となる動向調査・俯瞰分析を行う機関であり著者の一人も所属する科学技術振興機構研究開発戦略センターでは、その提言の一つとして、2018年3月に「複雑化社会における意思決定・合意形成を支える情報科学技術」と題した戦略プロポーザル [科学技術振興機構 18] をまとめている。また、この戦略プロポーザルとその後の追加調査・検討に基づき、意思決定・合意形成支援に関わる技術動向の整理を、文献 [福島 19] で試みている。

Web やソーシャルメディアの普及に代表される情報技術の発展と普及によって、意思決定問題は新たな様相を呈するようになった。文献 [福島 19] では、そのような新たな様相、これまでとは異なる難しさが生じている状況を、四つの視点から例示している。その四つの視点とは、(1) クリティカルな要因・影響の見落とし、(2) ソー

シャルメディアによる思考誘導, (3) 価値観の対立激化と社会の分極化, および (4) 「リアルなフェイク」の流通である。

特に, 多様な価値観の混在・対立は着目すべき傾向である。文献 [福島 19] では, この点に着目した意思決定問題の分類を, (A) 価値観が共有されている状況下と, (B) 社会的価値観やさまざまな人間の価値観が混在している状況下, の二つの軸に分けている。この (A) を情報技術の視点で言い換えるならば, 評価関数が定められる状況下とすることができる。すなわち, 精度, コスト, 所要時間, 売上などの明確な尺度をターゲットとした評価関数を定めることができ, その最大化あるいは最小化を行えばよいタイプの問題になり, 機械学習・最適化技術を適用するアプローチが有効であろう。一方, (B) は問題のタイプが異なり, そこには複数の価値観が混在する。それぞれの価値観に対応する評価関数を定めて, それらを統合したメタな評価関数を定めることで最適化を行う問題にして扱ったり, 各評価関数をもつエージェント間の自動交渉問題として扱ったりするアプローチが考えられる。しかし, 人間の場合, 価値観の異なる相手との合意形成では, 価値観を戦わせて勝ち負けを決めるのではなく, 相互理解や相手への共感などを通して自分の価値観を修正して合意に至ることも多く, このような振舞いは, 単純な評価関数の最適化問題にはならない。価値観の相互作用を通して, 評価関数自体が変化するようなモデルを考える必要があるであろう。

この困難化の状況に対して, 人工知能 (AI) 技術を起点とした情報技術が必ずしもこれらすべての課題を解決できるわけではないが, 解決を試みることのできる部分も確実にあるであろうという立場を, 本稿ではとる。この視点に立って, 複雑化する社会における意思決定・合意形成を AI 技術によって効果的に支援することはできるのかという議論を, 学際的な視点も含めて広い視点から検討する機会をつくることを目的として, 本セッションを 2018 年度より 2 回にわたってオーガナイズした。なお, これまでに述べたとおり, 本課題は非常に多岐にわたる AI 技術・情報技術が関係することから, 有望と思われる技術の最新の動向のうちから一つ~二つを招待講演により構成し, そこを起点とする議論のつながりを期待する構成としている。2019 年度の本オーガナイズドセッションでは, 招待講演 2 件, オーガナイザが筆頭著者としての発表 2 件を中心に, 計 10 件の構成としている。特に 2019 年度では, 意思決定・合意形成の機会となる議論・コミュニケーションの場に対しての AI 技術・基礎理論からのアプローチについて, より応用の立場からの講演 [谷口 19a] と基礎理論的アプローチからの講演 [横尾 19] を組み合わせることとし, この二つの関係を起点に, より踏み込んだ自律システムによるアプローチを, オーガナイザの一人からの講演 [伊藤 19b] とした。これらの内容は非常に示唆に富む内容であったことか

ら, その内容を本稿に的確な形で含まれるように, 招待講演者 2 名を本稿の著者に加え, その内容のエッセンスがうまく本稿に含まれるように配慮した。

本稿の以降は, 次のような構成となっている。2 章では, 講演 [谷口 19a] の内容を発展させた形で, コミュニケーション場のデザインという課題への応用的アプローチについて概観する。3 章では, 2 章でキーワードとなったメカニズムデザイン・マーケットデザインについて, 講演 [横尾 19] をもとにその基礎理論の平易な解説を示し, その先にある課題に触れる。4 章では, それら二つのアプローチ・基礎理論をもとに, さらにアグレッシブに意思決定・合意形成を AI 技術によって効果的に支援する取組みについて, 主に講演 [伊藤 19b] を中心としてその最新の成果と課題を述べる。5 章では, それらの取組みの先にある「社会の受容性」という課題へのアプローチについて, オーガナイズドセッションにて講演された内容に触れながら, その検討の方向性と課題について述べる。最後に 6 章でそれらを踏まえての状況を, オーガナイズドセッション開催後の状況も踏まえてまとめ, 今後の展望とする。

## 2. コミュニケーション場のメカニズムデザイン

コミュニケーション場とはコミュニケーションが行われる場であり, その空間的なデザインや, 議題の設定, 小道具の準備や, 司会進行の進め方などを含めた概念である [谷口 19b]。「コミュニケーション場の設計」を行うという場合には, 通常, コミュニケーションが始まる前の空間デザインや, 事前準備などを指す。例えば, ファシリテータの選出や, 議題の設定, 会議参加者の選別ということまでもがコミュニケーション場の設計に属する。コミュニケーション場の制御といった場合には, ファシリテータが議題を誘導したり, 状況に応じて発言権をより多く話させたい人に動的に配分したりするようなことを指す。

コミュニケーション場の個別性を超えて, 多様なコミュニケーション場に適用可能であり, 議論に支配的な影響を与えることのできるルールの集合をコミュニケーション場のメカニズムと呼ぶ。

コミュニケーション場にはそれを支配する制度や制約が明に暗に存在する。例として, 議長がおり, 発言者は挙手して発言するタイプの進行を行う会議では, この進行のルールがすでにメカニズムの一つとなっている。あるメカニズムが明に暗に設定されると, そこから各参加者にとってのインセンティブや制約が生じる。例えば大人数で行われる上記会議では発言が抑制される傾向や, 本音が出にくいという現象が生じやすい。これは, 一度に発言できるのが一名であるために, 発言すること自体が非常に大きな意味をもってしまうこと (組織内での立場に影響を与える) や, そもそも全員が議論を戦わすと

収集がつかなくなるので自然と自律分散的に各参加者が抑制をかけることなどによる。

文献 [谷口 11] ではコミュニケーション場のメカニズムデザインを参加者が自らの効用を最大化するように行動する結果、実りあるコミュニケーションがなされることによって目的が満たされるメカニズムを構築するという問題を立て、これに対する設計解を提案すること、として定義している。

コミュニケーションの軌跡（つまり、各参加者のコミュニケーション行動の時間発展）は、制約条件やインセンティブ、フィードバックに影響を受ける。これらがコミュニケーション場のメカニズムの主たる構成要素である。コミュニケーション場のメカニズムはある意味でコミュニケーションをゲームとして捉えたときのルールとも捉えられる。

文献 [谷口 19b] では、その具体事例として、ビブリオバトル、パラメンタリーディベート、発話権取引、「件の宣言」を取り上げたいうえで、設計原理に至る道として、その類似と差異を議論するうえでの設計変数の考え方を導入している。

特にメカニズムを設定しない話し合いにおいては、年長者や立場の強い者が過剰に発話時間を使うことで、発話の不均衡が生じる傾向にある。会議や話し合いにおいて発言時間が偏ることは一般的に望ましくないこととされている [亀田 97]。コミュニケーション場のメカニズムによってこの問題を解決しようと提案されたのが発話権取引である [古賀 14]。発話権取引を導入することで、発言時間が均等化されるように補正されるのみならず、話し合いの中から司会者の役割をする者が消え、内容が自分の意見や理由を表明するものである発言の割合が増加することが示されている [古賀 14]。他のコミュニケーション場のメカニズムと比較した際に、発話権取引の特徴的なのは、発話時間という資源を参加者内で分散的に資源配分するメカニズムとなっている点である。同様のメカニズムを Web 会議へと適用した場合でもほぼ同様の効果が得られることが確認されている [石川 14] ほか、モバイルアプリケーションとして対面のディスカッションに発話権取引を導入する最新の試みについても、講演 [益井 19] で報告されている。

コミュニケーション場のメカニズムデザインに向けた、より詳細な内容と考察については、文献 [谷口 19b] を参照されたい。

### 3. メカニズムデザインの基礎理論と課題

#### 3-1 メカニズム・マーケットデザインとは

メカニズムデザイン [横尾 12] とは、異なる目的・嗜好をもつ複数の参加者が存在する際に、何らかの望ましい性質をもつ社会的意思決定のルールや制度を設計することを目的とする研究領域である。各参加者の選好は個

人情報で制度の設計者にとって未知であることが通例であり、参加者に真の選好を申告する誘因やインセンティブを与えるように制度を設計することが必要とされる。近年では、制度を実現する際の計算量や通信量などの実践的・工学的側面も考慮した情報科学分野との学際的な研究分野であることを強調し、「マーケットデザイン」という用語が用いられることも多い。

複数の人間（プレーヤ）が、相手の利益や行動を考慮して戦略的に行動する場合の意思決定を分析する理論として、フォン・ノイマンとモルゲンシュタインを始祖とするゲーム理論がある。一方、人工知能の 1 分野であるマルチエージェントシステムと呼ばれる研究分野では、人間や知的なソフトウェアなどの自律的な主体をエージェントと呼び、複数のエージェント間の相互作用を扱っている。マルチエージェントシステムの研究において、エージェント間の合意形成のためのルール設計は重要な研究課題となっている。このような研究を支える基礎理論として、ゲーム理論と制度設計の知見を用いること、また、後述するキーワード連動型広告に代表される、インターネットなどの技術の発達により実現可能となった新しい状況に適用可能なようにメカニズムを拡張することが、近年のマルチエージェントシステム研究における一つの大きな流れとなっている。

メカニズム・マーケットデザインの雰囲気をつかむために、以下のような事例を考えよう。

- 顧客はペーパービュー（PPV）で、ある動画を見ようとしている。その際に複数の動画配信サービス会社が、顧客に対して同時に入札をして価格を提示する。顧客はこれらの入札に基づいて、どの会社を利用するかを決定する。

常識的な方法として、顧客は最も安い入札を選び、最も安い入札をした会社が入札した金額で動画を提供することが考えられる（この方法は第一価格秘密入札と呼ばれる）。例えば A 社が 180 円、B 社が 200 円、C 社が 230 円の入札をした場合、A 社が落札し、180 円で動画を提供する。普通に考えれば、これより良い方法はないと思われるが、この方法には若干の問題点がある。この方法を用いた場合、各社にとって入札値をどう設定するかが非常に難しい問題となる。入札値は理想的には原価に対して適切な利潤を加えたものになるべきであるが、適切な利潤というものを決める方法がない。実際のところ、各社は可能な限り利潤を増やしたいのであるが、落札できなくては利益が得られない。各社にとって他社の入札値をなるべく正しく推定することは非常に重要な課題となり、ダミーの顧客を使って他社の入札値を引き出そうとしたり、他社の入札をスパイするような行為が蔓延することが十分に予想される。

では、このような状況を回避することは可能だろうか？ 以下のように価格の決定方法を変更することにより、この問題を回避することができる。

●顧客は最も安い入札をした会社を選ぶが、その際に顧客が支払う金額は二番目に安い入札値とする。

前述の例では、A社が落札することは変わらないが、顧客の支払う金額はB社の提示した200円となる。この方法は第二価格秘密入札もしくはビックリー入札と呼ばれ、ノーベル経済学賞を受賞したWilliam Vickreyによって提案されたものである[Vickrey 61]。少し考えてみると、この方法を取った場合、他社の入札値を察知することに意味がないことがわかる。落札した場合に自分が受け取る金額は、他社の入札値によって決定される。自分の入札値は自分が落札できるかできないかには影響するが、落札した場合の支払額には影響しない。よって、各社にとって入札をつり上げようという誘因はない。支払額は、勝者が勝てる範囲の最大の金額を与えていると考えられる。

おそらくこの方法は一見、非常識に感じられるであろう。顧客の立場からは180円の入札があるにもかかわらず200円を支払うのは納得できないように感じられると予想される。しかしながら、実際にはこの方法を取った場合、各社にとっては利潤を上乗せしない、原価ギリギリの価格を提示するのが最適な戦略となる(それでも利潤は得られることが保証される)。最初の方法と二番目の方法では、各社の提示する金額が異なってくるのである。このような原価ギリギリの価格は、最初の方法をとる限り、決して各社からは引き出せない価格である。英語で、**Honesty is the best policy** (正直は最良の策)という格言がある。通常は入札のような金儲けの場面で、正直が(というよりは何も考えずに入札することが)最良の策となることは考えがたいが、ビックリー入札という、最も安値で入札した会社が、二番目に低い価格で落札するという制度を用いることにより、確かに正直が最良の策となるのである。さらには、最も低い原価をもつ会社が落札するということは、社会的にむだがない効率的な結果となっている。

### 3.2 応用の事例と課題

長い間、ビックリー入札は、優れた理論的な性質をもつものの、一般に広く用いられることはないといわれてきたが、検索連動型広告(sponsored search)と呼ばれる事例で広く用いられるようになっていく。具体的には、広告主はサーチエンジン(例えばGoogle)のキーワードに対して入札額を設定する。キーワードがユーザーによって検索されると、基本的には入札額の高い順に、検索結果とは別に、例えば画面の右側に広告が提示される。キーワード連動広告により、ターゲットを絞った効率的な広告が可能となる。また、ユーザーが広告のリンクをクリックした場合にのみ、広告主はサーチエンジンに広告料を支払う(pay-per-click)ようになっていく。さて、ここで広告料をどのように設定すべきだろうか? 初期のシステムでは、広告主は前述の第一価格秘密入札と同

様に、入札に等しい額を支払っていた。しかし、この場合、広告主にとっては入札額の設定方法が難しくなる。このため、エージェントを用いてダミーの検索を行い、入札額を自動的に変化させるなどの行為が蔓延し、入札額が著しく不安定になるという問題が生じた。

現在では、上から $k$ 番目の位置の広告(スロット)を得た広告主は、 $k+1$ 番目の広告の入札額に等しい額を払うという、ビックリー入札に準じた方式に変更されている。この変更により、入札額の調整が不要となり、入札額が安定するという結果が得られている[Edelman 07]。誰かが検索エンジンを用いるたびに入札が行われているため、今やビックリー入札は、世界中で最も頻繁に実行されている入札の制度といえるであろう。この事例は、人間どうしのオフラインの取引では問題が生じなかった制度(第一価格秘密入札)であっても、エージェントを含む系に導入された場合は、変化のスピードが急激であるため破綻してしまう可能性があり、より安定性の高い制度の導入が必要とされることを示している。

## 4. エージェント技術に基づく大規模合意形成支援

大規模合意形成支援システム D-Agree は、Web上の掲示板型の議論支援システムである[Ito 19a, 伊藤 19b]。システムでは、テーマごとに掲示板が用意されており、参加者はテーマごとにフリーテキストを入力し議論を行う。自動ファシリテーションエージェントは、テキストから議論の構造を抽出し、抽出した構造に基づいてファシリテーションを進める。議論の構造としては、IBIS (Issue-Based Information System) という創造的かつ建設的な議論を進めるための構造を採用している。議論を活性化するための議論ポイント[伊美 15]や、議論において頻出する単語を表示するキーワードクラウド機能などが掲示板の機能として提供される。

IBIS 議論構造は、Issue, Position (Idea), Argument (Pros, Cons) からなる議論構造である[Conklin 89, Kunz 70]。Issue (議論・論点) を表現するクエリが構造として含まれていることが特徴である。テーマに対するさまざまな論点をあげ、それに対する個々人の Position (視点) をあげさせ、それに基づいて Argument (議論) を進めるという基本的な仕組みになっている。

自動ファシリテーションエージェントは、抽出した IBIS 構造に基づいて、ファシリテーション投稿を行う。例えば、参加者からアイデアが投稿されたとき判定したときは、そのアイデアの長所(pros)や短所(cons)を尋ねるなどの投稿を行う。

これまでに、伊藤らは複数の実フィールドでオンライン議論支援システム Collagree を開発し、いくつかの社会実験を行いその有用性を確認している[伊美 15, Ito 14, Ito 15a, 伊藤 15b, 伊藤 17, Ito 18, Sengoku 16]。例えば、2013年の名古屋市の市民からの意見集約や愛知

デザインリーグなどの取組みである。これら Collagree を用いた事例では、炎上を防ぎながら議論を適切にリードするために人間のファシリテータを支援するためのさまざまな技術的工夫を行った。その過程から、人手でファシリテーションを行うことの困難さが明らかになり、特に議論の内容が複雑になればなるほど、それを追いつけるのはファシリテーションにおいて多大な負担になることがわかってきた。D-Agree では、自動ファシリテーションエージェントを実装することで、大規模な人数の人達の意見を効率的に収集し、合意を形成するシステムの実現が試みられている。

講演 [伊藤 19b] では、2018 年の名古屋市との共同社会実験の概要とその結果が述べられ、こうした自動ファシリテーションエージェントの実装が、慎重なアノテーション、深層学習モデルのチューニング、フィルタリング機能、AWS を用いたスケーラブルなシステム実装によって、実際の市民を対象とした社会実験に耐え得る水準で行うことができる可能性を示したことが報告されている。IBIS 構造に基づく議論モデルにおけるアノテーション手法についての詳細は講演 [山口 19] で、市民を対象とした社会実験の側面からの議論内容の検討詳細は講演 [西田 19] で、フィルタリング機能の実装の詳細は講演 [平石 19] で、それぞれ詳細な検討が述べられている。

## 5. 社会の受容性との接点

大規模合意形成は次世代の民主主義プラットフォームにもなり得るだけでなく、その知能処理技術がどの程度人間社会の意思決定に関与すべきかという観点から、ELSI についても議論が進められている [浜田 18]。今後は、自動ファシリテーションエージェントが議論に関与する際における社会の受容性への調査が進められるという方向性も大きく進むことが期待される。

社会の受容性については、一つの切り口として例えば講演 [福住 19] のように、エージェントやロボットのような自律システムが社会に入ってくる際に、どのような規格・規制を置くことで社会がそれを受容できるのか、という課題がある。この課題の先には、講演 [伊藤 19b] にあるように、自律システムが合意形成の過程に近いところに関与してくるようになるときに、どのような規格・規制をつくることで、その安全性と同時に社会からの受容性が確保できるのかという課題へつながる。このような課題に対しては、講演 [福住 19] で試みられているように、既存の規格化の現状を俯瞰し、その AI システムへの適用可能性や利用者の意思決定に向けた要件を明らかにしていくというアプローチは、一つの重要な方向性であろうと考えられる。

社会の受容性という観点でのもう一つの切り口としては、例えば講演 [石井 19] のような、社会における信頼・

不信の関係を考慮した意見の変容のプロセスに着目したアプローチがあり得る。講演 [石井 19] では、オピニオンダイナミクスを一つの切り口として、シミュレーション的な解析を試みている。このような合意形成過程における意見の変容に対して、そこでの具体的な議論の過程をつぶさに分析していくことも同時にできるようになれば、合意形成の過程についての理解を合意形成主体自身がより明快にもてるようになることで、その合意形成への社会的な受容性が高まることが期待される。より一方踏み込んだ検討に向けては、参加者間での意見の対立が大きく生じるような条件への意思決定支援のための自律システムの導入についても、実際の議論事例（例えば [辰巳 19] など）に基づいて分析と検討が進められることが期待される。特に、意見が大きく対立するような合意形成問題により良く対応できるようにするためには、合意形成への参加者が、過去の合意形成の過程の蓄積 [福田 19] から適切な学びを得られるようにすることで、合意形成の主体自体がよりスマートに行動していけるようにしていくことの必要性も考えていくことが重要となる。

## 6. ま と め

本稿では、複雑化する社会における意思決定・合意形成技術について、より広い観点については文献 [福島 19] を参照しながら、特にオーガナイズドセッションで一つの切り口としたメカニズムデザインとエージェント技術による議論の場づくりの支援という観点から招待講演の内容を一つの起点として、そこから見えるオーガナイズドセッションでの技術動向の先端を概観した。

意思決定・合意形成のための AI 技術には、多くの注目が集まってきている。本オーガナイズドセッション後に意思決定・合意形成技術をテーマに、今回のオーガナイズドセッションでは深く扱わなかったフェイク情報に対する先端研究事例などに触れた JST CRDS の公開ワークショップ\*1 を企画し実施した際には多くの参加者らを巻き込んだ熱のこもった議論があり、これらの技術への社会からの期待の大きさを感じられた。その後マカオで開催された国際会議 IJCAI 2019 では、講演 [伊藤 19b] で触れていた D-Agree システムに関する最新のデモビデオ内容が AI Video Competition \*2 で Best Video Award を受賞するなど、AI 技術単体としてのみでなく一つの応用分野としても、AI 技術による意思決定・合意形成支援が世界の人工知能領域の研究者らから注目を集めてきているように感じられる。また、アンカレッジで開催された国際会議 KDD 2019 では、ファクトチェッ

\*1 <https://www.jst.go.jp/crds/sympo/20190725/index.html>

\*2 <https://www.ijcai19.org/call-for-videos.html>

クやフェイク対策などを扱うワークショップ\*3・チュートリアル\*4も開催されるなど、関連技術やその社会への影響に関する注目も分野を超えて広がりつつある。本研究領域は学際的な性質をもつものであり、多方面への今後の進展が注目される。

### ◇ 参考文献 ◇

- [Conklin 89] Conklin, J. and Begeman, M. L.: gIBIS: A tool for all reasons, *J. American Society for Information Science*, Vol. 40, No. 3, pp. 200-213 (1989)
- [Edelman 07] Edelman, B., Ostrovsky, M. and Schwarz, M.: Internet advertising and the generalized second price auction: Selling billions of dollars worth of keywords, *American Economic Review*, Vol. 97, pp. 242-259 (2007)
- [福島 19] 福島俊一: 複雑社会における意思決定・合意形成支援の技術開発動向, *人工知能*, Vol. 34, No. 2, pp. 131-138 (2019)
- [福田 19] 福田直樹: 合意形成過程の蓄積・知能化のための LOD 技術に基づく分野横断型議論過程検索機構の設計と課題, 2019 年度人工知能学会全国大会 (第 33 回) 論文集, pp. 2F3-OS-5a-04 (2019)
- [福住 19] 福住伸一, 佐倉 統, 中川裕志: ロボットの規格から見た自律システム社会受容性の課題, 2019 年度人工知能学会全国大会 (第 33 回) 論文集, pp. 2F4-OS-5b-05 (2019)
- [浜田 18] 浜田良樹, 松尾徳郎, 伊藤孝行: ELSI 委員会による合意形成システムと社会との融和, *人工知能学会論文誌*, Vol. 33, No. 5, pp. 1-4 (2018)
- [平石 19] 平石健太郎, 柴田大地, 西田智裕, 山口直子, 鈴木祥太, 芳野 魁, ムスタファ・アーメド, 伊藤孝行: Filtering of impertinent remarks using distributed expression, 2019 年度人工知能学会全国大会 (第 33 回) 論文集, pp. 2F4-OS-5b-04 (2019)
- [伊美 15] 伊美裕麻, 伊藤孝行, 伊藤孝紀, 秀島栄三: オンラインファシリテーション支援機構に基づく大輝意見集約システム COLLAGREE-名古屋次期総合計画のための市民議論に向けた社会実装, *情報学論*, Vol. 56, No. 10, pp. 1996-2010 (2015)
- [石井 19] 石井 晃, 川畑泰子: 信頼・不信とメディア効果を考慮したオピニオンダイナミクス理論, 2019 年度人工知能学会全国大会 (第 33 回) 論文集, pp. 2F3-OS-5a-05 (2019)
- [石川 14] 石川貴将, 谷口忠大: 発言権取引を用いた web 会議システムの開発, 第 58 回システム制御情報学会研究発表講演会 (2014)
- [Ito 14] Ito, T., Imi, Y., Ito, T. and Hideshima, E.: COLLAGREE: Facilitator-mediated large-scale consensus support systems, *2nd Collective Intelligence Conference* (2014)
- [Ito 15a] Ito, T., Imi, Y., Sato, M., Ito, T. and Hideshima, E.: Incentive mechanism for managing large-scale internet-based discussions on COLLAGREE, *3rd Collective Intelligence Conference* (2015)
- [伊藤 15b] 伊藤孝行, 奥村 命, 伊藤孝紀, 秀島栄三: 多人数ワークショップのための意見集約支援システム Collagree の施策と評価実験—議論プロセスの弱い構造家による意見集約支援—, *日本経営工学会論文誌*, Vol. 66, No. 2, pp. 83-108 (2015)
- [伊藤 17] 伊藤孝行, 藤田桂英, 松尾徳郎, 福田直樹: 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—自動ファシリテーションエージェントの実現に向けて—, *人工知能*, Vol. 32, No. 5, pp. 739-747 (2017)
- [Ito 18] Ito, T.: Towards agent-based Large-scale decision support system: The effect of facilitator, *Proc. 51st Hawaii Int. Conf. on System Sciences (HICSS 2018)* (2018)
- [Ito 19a] Ito, T., Shibata, D., Suzuki, S., Yamaguchi, N., Nishida, T., Hiraishi, K. and Yoshino, K.: Agent that facilitates crowd discussion, *7th ACM Collective Intelligence Conference* (2019)
- [伊藤 19b] 伊藤孝行, 柴田大地, 鈴木祥太, 山口直子, 西田智裕, 平石健太郎, 芳野 魁: 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: 自動ファシリテーションエージェントを用いた大規模社会実験, 2019 年度人工知能学会全国大会 (第 33 回) 論文集, pp. 2F3-OS-5a-01 (2019)
- [科学技術振興機構 18] 科学技術振興機構研究開発戦略センター: 複雑社会における意思決定・合意形成を支える情報科学技術, 戦略プロポーザル, pp. CRDS-FY2017-SP-03 (2018)
- [亀田 97] 亀田達也: 合議の知を求めて グループの意思決定, 共立出版 (1997)
- [古賀 14] 古賀裕之, 谷口忠大: 話し合いの場における時間配分のメカニズムデザイン, *日本経営工学会論文誌*, Vol. 65, No. 3, pp.144-156 (2014)
- [Kunz 70] Kunz, W. and Rittel, H.W.: Issues as elements of information systems, Technical Report (1970), CiteSeerX 10.1.1.134.1741
- [益井 19] 益井博史, 大島崇弘, 谷口忠大: 発言権取引モバイルアプリケーションを用いたディスカッション場の分析, 2019 年度人工知能学会全国大会 (第 33 回) 論文集, pp. 2F4-OS-5b-03 (2019)
- [西田 19] 西田智裕, 伊藤孝紀, 芳野 魁, 柴田大地, 山口直子, 鈴木祥太, 平石健太郎, 伊藤孝行: まちづくり団体の主催による合意形成支援システムを用いた議論の検証, 2019 年度人工知能学会全国大会 (第 33 回) 論文集, pp. 2F4-OS-5b-02 (2019)
- [Sengoku 16] Sengoku, A., Ito, T., Takahashi, K., Shiramatsu, S., Ito, T., Hideshima, E. and Fujita, K.: Discussion tree for managing large-scale internet-based discussions, *4th Collective Intelligence Conference* (2016)
- [谷口 11] 谷口忠大, 須藤秀紹: コミュニケーションのメカニズムデザイン: ビブリオバトルと発言権取引を事例として, *システム/制御/情報*, Vol. 55, No. 8, pp. 339-344 (2011)
- [谷口 19a] 谷口忠大: (OS 招待講演) コミュニケーション場のメカニズムデザインによる集合知の活用に向けて, 2019 年度人工知能学会全国大会 (第 33 回) 論文集, pp. 2F3-OS-5a-02 (2019)
- [谷口 19b] 谷口忠大: コミュニケーション場のメカニズムデザインに向けたシステム論の構築と展望, *システム制御情報学会論文誌*, Vol. 63 (2019) (採録済)
- [辰巳 19] 辰巳智行: 市民は議論する? : 市民議論イベント実施の経験から, 第 5 回市民共創知研究会 (2019)
- [Vickrey 61] Vickrey, W.: Counterspeculation, auctions, and competitive sealed tenders, *J. of Finance*, Vol. 16, pp. 8-37 (1961)
- [山口 19] 山口直子, 西田智裕, 柴田大地, 鈴木祥太, 芳野 魁, 平石健太郎, 伊藤孝行: IBIS 構造に基づく議論モデルにおけるアノテーション手法の提案, 2019 年度人工知能学会全国大会 (第 33 回) 論文集, pp. 2F4-OS-5b-01 (2019)
- [横尾 19] 横尾 真: (OS 招待講演) マーケットデザイン: ゲーム理論による社会制度の設計, 2019 年度人工知能学会全国大会 (第 33 回) 論文集, pp. 2F3-OS-5a-03 (2019)
- [横尾 12] 横尾 真, 岩崎 敦, 櫻井祐子, 岡本吉央: メカニズムデザイン (基礎編), *コンピュータソフトウェア*, Vol. 29, No. 4, pp.15-31 (2012)

\*3 <https://truth-discovery-kdd2019.github.io/>

\*4 <https://www.fake-news-tutorial.com/>

---

 著者紹介
 

---



福田 直樹 (正会員)

2002年名古屋工業大学大学院博士後期課程修了。同年、静岡大学情報学部情報科学科助手、2007年より同助教、2010年より同講師、2015年より同大学学術院情報学領域准教授、現在に至る。博士(工学)。2012年山下記念研究賞、IEEE-CS、ACM、情報処理学会、電子情報通信学会、日本ソフトウェア科学会、情報システム学会各会員。2013年情報処理学会

論文誌ジャーナル・JIP編集委員会知能グループ主査、2016年より本学会第2種研究会市民共創知研究会幹事、2019年より主幹事。2019年電子情報通信学会人工知能と知識処理研究専門委員会委員長。



福島 俊一 (正会員)

1982年東京大学理学部物理学科卒業、NEC入社。以来、中央研究所にて自然言語処理・サーチエンジンなどの研究開発・事業化および人工知能・ビッグデータ研究開発戦略を担当。工学博士。2005～09年NEC中国研究院副院長。2011～13年東京大学大学院情報理工学系研究科客員教授。2016年4月から科学技術振興機構研究開発戦略センターフェロー。

2015～17年本学会理事、2018年～同学会監事。1992年情報処理学会論文賞、1997年情報処理学会坂井記念特別賞、2003年オーム技術賞などを受賞。



伊藤 孝行 (正会員)

名古屋工業大学大学院情報工学専攻教授。博士(工学)。北陸先端大学院大学・名古屋工業大学准教授、内閣府最先端・次世代研究開発プロジェクトPI、JSTさきがけ研究員・CREST代表研究者、USC、ハーバード、MIT、東京大学客員研究員を経て、2014年より現職。本学会業績賞、ITSシンポ最優秀論文賞、JSSST基礎研究賞、JSPS賞、文部科学大臣表彰科学技術賞、AAMAS 2013 PC Chair、文部科学大臣表彰若手科学者賞、IPJS長尾真記念特別賞受賞、JSSST論文賞、IFAAMAS国際財団理事。2018年まで本学会第2種研究会市民共創知研究会主査。



谷口 忠大 (正会員)

2006年京都大学大学院工学研究科博士課程修了。2005年より日本学術振興会特別研究員(DC2)、2006年より同(PD)、2007年より京都大学大学院情報学研究科にて同(PD)、2008年より立命館大学情報理工学部助教を経て、2010年より同准教授、2015～16年までインベリアル・カレッジ・ロンドン客員准教授、2017年より立命館大学情報理工学部教授となり

現在に至る。また、2017年より株式会社バナソニックの客員総括主幹技師を務める。創発システム論を基軸としながら、人工知能、記号創発ロボティクス、コミュニケーション場のメカニズムデザインに関する研究に従事。システム制御情報学会奨励賞、論文賞、砂原賞など各種学会賞などを受賞。IEEEなどの会員。



横尾 真 (正会員)

1984年東京大学工学部電子工学科卒業。1986年同大学院工学系研究科修士課程修了。同年、NTTに入社。2004年より九州大学大学院システム情報科学研究院教授。2012年より同大学主幹教授。マルチエージェントシステムに関する研究に従事。博士(工学)。1992年、2002年本学会論文賞、1995年情報処理学会坂井記念特別賞、2004年 Association

for Computing Machinery (ACM) Special Interest Group on Artificial Intelligence (SIGAI) Autonomous Agent Research Award、2005年日本ソフトウェア科学会論文賞、2006年学士院学術奨励賞、2010年本学会業績賞、International Foundation for Autonomous Agents and Multiagent Systems Influential Paper Award、2011年ソフトウェア科学会基礎研究賞、情報処理学会論文賞、2018年文部科学大臣表彰科学技術賞受賞、AAAI、情報処理学会、日本ソフトウェア科学会フェロー、電子情報通信学会会員。