

自動ファシリテーションエージェントに基づくオンライン議論支援システムとその社会実験

伊藤 孝行^{1,a)} 柴田 大地^{1,b)} 鈴木 祥太^{1,c)} 山口 直子^{1,d)} 西田 智裕^{1,e)} 平石 健太郎^{1,f)}
芳野 魁^{1,g)}

概要: オンライン上のクラウド (Crowd) スケールの議論の支援が次世代の民主主義プラットフォームとして注目を集めている。大規模な合意を形成できれば、これまでには不可能だった、大規模な人数による意思決定が可能になる。そこで、筆者らは複数の実フィールドでオンラインの議論支援システム Collagree を開発し、幾つかの社会実験を行い有用性を確認している。ここでは、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ーがオンライン議論をファシリテートした。課題は、規模が非常に大きいことから、人手でファシリテーションを行うのが困難な点である。オンラインで24時間休むことなく議論を管理することは非常に難しい。そこで本研究では、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、大規模な人数の人たちの意見を効率的に収集し、合意を形成するシステムを実現する。評価として、名古屋市と協力して、名古屋市次期総合計画の中間案に対する市民の意見集約の場の一つとして、本システムを導入した。その結果、自動ファシリテーションエージェントは予想以上にうまく動作し、参加者からの投稿数が増加する傾向が見られた。

An Online Discussion Support System based on Automated Facilitation Agent and its Social Experiment

Abstract: Crowd-scale discussion platforms are receiving great attention as potential next-generation methods for democratic citizen platforms. Such platforms require support functions that can efficiently achieve a consensus, reasonably integrate ideas, and discourage flaming. We are developing several crowd-scale discussion platforms and conducting social experiments with private citizens. The aim of this paper is to present an implementation of the automated facilitation agent that facilitate online crowd discussion and demonstrate the result of our large scale social experiment with Nagoya local government. Our automated facilitation agent extracts discussion structures from text discussions, analyzes them, and posts facilitation messages. The experiment results demonstrate that the automated facilitation agent worked quite well.

1. はじめに

オンライン上のクラウド (Crowd) スケールの議論の支援が次世代の民主主義プラットフォームとして注目を集めている [1][2][3]。Twitter や Facebook などの SNS によっ

て、インターネットで何万人、何百万人という人たちの意見を収集できるようになってきている。これらの意見をうまくまとめ、何百万人という人たちの合意を形成できる可能性がありえる。大規模な合意を形成できれば、これまでには不可能だった、大規模な人数による意思決定が可能になる。

そこで、筆者らは複数の実フィールドでオンラインの議論支援システム Collagree を開発し、幾つかの社会実験を行い有用性を確認している [4], [5], [6], [7], [8], [9], [10], [11], [12]。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り組みである。ここでは、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

¹ 名古屋工業大学大学院情報工学専攻
Nagoya Institute of Technology, Gokiso, Showaku, Nagoya
466-8555, Japan

a) ito.takayuki@nitech.ac.jp

b) shibata.daichi@itolab.nitech.ac.jp

c) suzuki.shota@itolab.nitech.ac.jp

d) yamaguchi.naoko@nitech.ac.jp

e) nishida.tomohiro@nitech.ac.jp

f) hiraiishi.kentaro@itolab.nitech.ac.jp

g) yoshino.kai@itolab.nitech.ac.jp

テータがオンライン議論をファシリテートした。Collagreeでは、人間のファシリテータを支援するための様々な技術的工夫を行なった。

課題は、規模が非常に大きいことから、人手でファシリテーションを行うのが困難な点である。オンラインで24時間休むことなく議論を管理することは非常に難しい。さらに、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多大な負担があることがわかっている。そこで本研究では、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、大規模な人数の人たちの意見を効率的に収集し、合意を形成するシステムを実現する [13]。

本稿では、第2章で大規模合意形成支援システム D-Agree について述べる。第3章で自動ファシリテーションエージェントの実装について説明し、第4章では2018年の名古屋市との共同社会実験の概要とその結果について述べる。最後に第5章で本論文をまとめる。

2. 大規模合意形成支援システム D-Agree

本研究で実装した大規模合意形成支援システム D-Agree は、ウェブ上の掲示板型の議論支援システムである。図1に概要を示す。自動ファシリテーションエージェント（合意最適化エージェント）は、ユーザが入力した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 [6] 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。

例えば図1に概要では、一番上のユーザの発言は「名古屋市を良くする課題として、都市の渋滞問題がありますね。渋滞問題を解決するにはどうすれば良いでしょうか」である。今回開発した自動ファシリテーションエージェント（合意最適化エージェント）は、このテキストを読み込み、分析処理を行い、このテキストが IBIS 構造のなかの「課題 (Issue)」コンポーネントであることを予測する。次に、二番目のユーザの発言が「栄地区などに入る際の通行税を課金するような仕組みはどうでしょう。」とテキストを入力した際、このテキストを分析処理した結果、「アイデア (Idea)」であると予測する。さらに、一番目のユーザの投稿した「課題」に対する「アイデア」であるというように、Issue と Idea の間の関係性（リンク）も予測する。このようにテキストのなかの文ごとに、IBIS 構造のどのコンポーネントかを予測し、さらにどのような関係性（リンク）が存在するかを構造化する。これにより、自動ファシリテーションエージェントは議論の構造を取得し、この議論の構造に基づいてファシリテーションを行う。

取得された議論の構造は、合意データベースとして蓄え

られ、将来の別のテーマの議論にも応用される。さらに外部のソーシャルメディアから情報を獲得しエージェントがそれに基づいたファシリテーションの発言をすることも現在研究開発中である。これらの合意データベースは、ELSI 担当グループによって、自動ファシリテーションエージェントの倫理的な側面のチェックを行う。

図2にユーザインターフェースを示す。システムでは、テーマ毎に掲示板が用意されており、参加者はテーマ毎にフリーテキストを入力し議論を行う。ユーザやファシリテータは左上の投稿フォームから投稿を行う。投稿フォームから投稿された内容がその下の議論スレッドに表示される。新しい投稿が一番上にくるスタイルである。右の小さいウィンドウには、現在の総合テーマ、議論ポイント、およびキーワードクラウドが表示される。

IBIS 議論構造は、Issue, Position (Idea), Argument (Pros, Cons) からなる議論構造である [14], [15]。図3に IBIS 構造の関係図を示す。Issue (課題・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。テーマに対する様々な論点をあげ、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 (討論) を進めるという基本的な仕組みになっている。オンライン議論の実験を数多く行なっているが、経験的に、議論に関してより高いリテラシのある参加者の議論は自然に IBIS のような議論構造になり、そうでない場合はどちらかという Twitter のツイートのような形になる。dd 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判定した時は、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。

3. 自動ファシリテーションエージェント

3.1 概要

自動ファシリテーションエージェントの基本機能は、IBIS の構造に基づいて、議論中の文をベースに構造化する。構造化した議論に基づいて、ファシリテーション投稿を生成し投稿する。また、炎上を引き起こす可能性のある不適切な発言のフィルタリングも行う。図4に、自動ファシリテーションエージェントの構造を示す。自動ファシリテーションエージェントは、さらに複数のエージェントによって構成されており、これ自体がマルチエージェントシステムということもできる。具体的には、複数の発言生成エージェントと議論構造抽出エージェントをマネージャエージェントが管理し、議論支援システム (D-agree) と通信する。マネージャエージェントは、議論構造抽出エージェントから抽出された議論の構造を受け取る。マネージャエージェントは議論構造を発言生成エージェントに送付する。そして、発言生成エージェントは、それぞれの方法で現在投稿すべき発言を生成し、マネージャエージェン

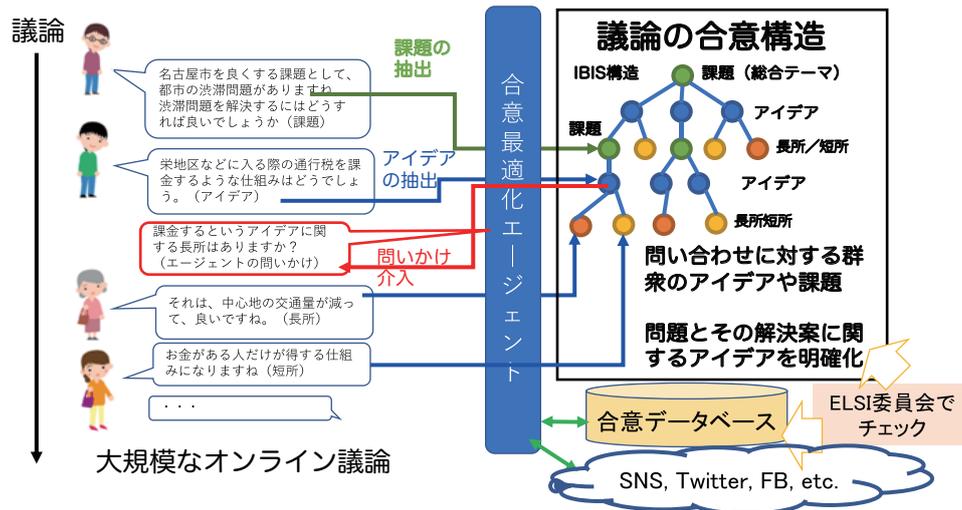


図 1 大規模合意形成システムの概要

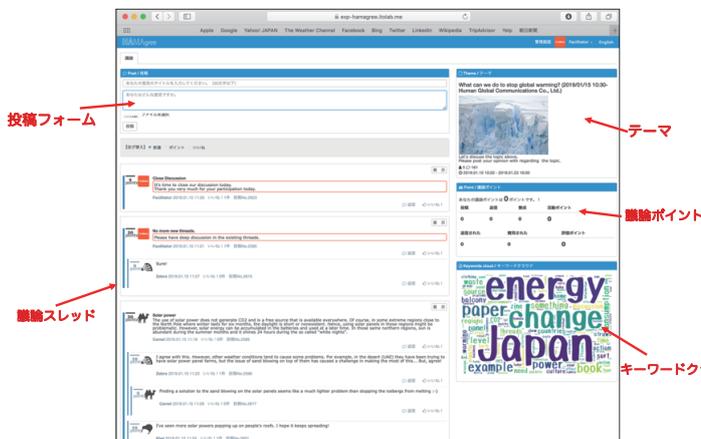


図 2 ユーザーインターフェース

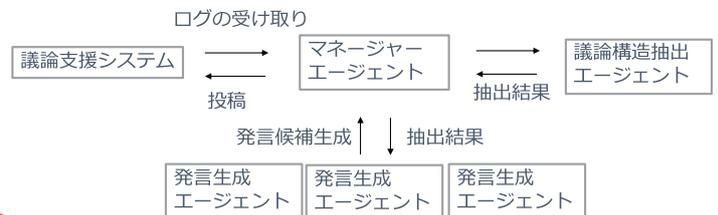


図 4 自動ファシリテーションエージェントの構造

3.2 アノテーション

上記の深層学習に基づく抽出機構のトレーニングデータとして、実際に議論を行なってデータを獲得した。議論データの詳細は次の通りである：合計議論回数 38 回，タグ付けされた文節の合計数 4,972，平均議論システム開放時間 7.81 時間 (15 分～144 時間)，平均議論参加者数 13 名 (4～115 名)，平均投稿数 101.8 / 回 (ファシリテータ発言含む)。議論参加者はおもに大学生，ファシリテーションは研究員が行った。議題は，教育，災害対策，環境保全，観光推進等多岐にわたる。38 回の議論データのアノテーションは，2 名の研究員および 3 名の大学生・大学院生によって行われた。2 名の研究員が，ラベルの定義考察等を含むアノテーション作業の全体管理を行った。アノテーション作業行程の詳細については論文 [16], [17] を参照されたい。

3.3 議論構造抽出

IBIS の基本構造の 4 コンポーネントとそのリンク関係について議論構造の抽出を行なった。手法としては深層学習の一つである BiLSTM[18] を用い，コンポーネントのラベル判定を行ない，リンクについては，回帰としてリンク先を予測している。精度としては，コンポーネントのラベル判別で F 値で 80% 以上，リンクの予測で 90% 以上を得ている。詳細は論文 [19] を参照されたい。本成果は Argumentation Mining の先端技術 [20] に匹敵する精度であり，Argumentation Mining の技術としても重要である。

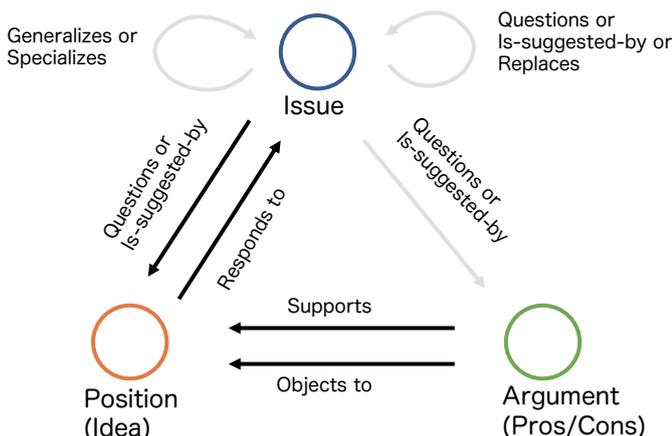


図 3 Issue-based Information Systems におけるコンポーネントの関係図

トに送付する。今回の名古屋市との実験では，このなかの一つの発言生成エージェントは，200 以上の投稿ルールを用いて，抽出された議論構造と状況から投稿を生成する。

3.4 不適切発言フィルタリング

議論において、不適切な言葉による発言は、公序良俗に反するだけでなく、炎上の原因にもなる。そこで、本システムでは、不適切な言葉についてのフィルタリングを行い、発言を一旦非表示にする機能を実装している。非表示にされた発言は、管理者によって再表示することができる。フィルタリングアルゴリズムとしては、doc2vec を用いて文書をベクトル化し、コサイン類似度を用いたアンサンブルでの分類を行っており、既存研究を上回る精度でのフィルタリングを実現している。本実験の学習データとして、Collagree や D-Agree 上の投稿データ、また大規模オンライン掲示板である 5ちゃんねる掲示板からデータを収集した。正常発言を 3,200 件、性的発言を 2,400 件、暴力的発言を 1,920 件、合計 7,520 件の投稿文書を用いて、学習データの生成を行なった。結果として、F 値は 0.962 を示している。詳細は論文 [21] を参照されたい。

3.5 AWS での実装

図 5 にシステムアーキテクチャを示す。本システムは、AWS 上に実装されており世界中から利用することができる。AWS の CloudWatch など各機能を効率的に機能を利用し、スケーラブルにエージェントが動作する仕組みを実現している。詳細は論文 [22] を参照されたい。

4. 名古屋市との大規模社会実験

4.1 実験概要

自動ファシリテーションエージェントを導入した合意形成支援システムを用いて名古屋市次期総合計画の中間案に対する市民からの意見集約についての社会実験を行なった。期間は 2018 年 11 月 1 日から 2018 年 12 月 7 日までである。図 6 にアナウンスに用いたチラシを示す。2018 年 11 月 1 日から最初の 1 ヶ月は市民にシステムを使って自由に議論していただいた。2018 年 12 月 1 日から 1 週間は、名古屋市との協議の上、投稿された議論を人間がまとめ、まとめた内容に対して参加者から支持表明をいただくこととした。議論した結果は IBIS の構造に基づいて整理されており、まとめをする上での支援が可能であった。システムは本社会実験用のカスタマイズを行ない、HAMAgree (Human And MACHine Agreement の略) とした。

本意見集約では、名古屋市の将来像を考える上での都市像として 5 つのテーマについて意見を集めた。この 5 つのテーマについては、名古屋市が行政としてまとめたものであり、次期総合計画の根幹をなすテーマである。名古屋市の次期総合計画は、名古屋市の事業にも直結するものであり、重要なテーマが慎重に定義されている。

5 つのテーマは、図 7 にある通り、「テーマ 1 : 人権が尊重され、誰もがいきいきと暮らし、活躍できるまち」、「テーマ 2 : 安心して子育てができ、子供や若者が豊かに育つま

ち」、「テーマ 3 : 人が支え合い、災害に強く安心・安全に暮らせるまち」、および「テーマ 4 : 快適な都市環境と自然が調和したまち」、「テーマ 5 : 魅力と活力にあふれ、世界から人や企業をひきつける、開かれたまち」である。

5 つのテーマについて、テーマ 1 とテーマ 2 は、人間のプロのファシリテータがファシリテーションを行なった。プロのファシリテータは、日本ファシリテーション協会のファシリテータである。テーマ 3 とテーマ 4 は、自動ファシリテーションエージェントがファシリテーションを行なった。テーマ 5 については、人間のファシリテータと自動ファシリテーションエージェントが共同でファシリテーションを行なった。

4.2 結果の分析

表 1 に各テーマの投稿の数を示す。それぞれ、合計、ファシリテータ (人間 FA と自動 FA)、および参加者の投稿数を示す。ここで特に参加者の投稿数に注目すると、テーマ 3、テーマ 4、およびテーマ 5 の投稿数が、テーマ 1 とテーマ 2 の投稿数より多いことがわかる。すなわち、今回の実験では、自動ファシリテーションエージェントがファシリテーションをしたテーマの方が、参加者の投稿を増加させる傾向にあったことがわかる。

表 1 実験結果 : 投稿の数

テーマ	投稿			
	合計	人間FA	自動FA	参加者
1: 人間FA	81	43	0	38
2: 人間FA	56	21	0	35
3: 自動FA	88	0	24	64
4: 自動FA	70	0	18	52
5: 自動&人間 FA	137	17	21	99
合計	432	81	63	288

表 2 に各テーマ毎のファシリテータ (FA) と参加者の投稿数を時間帯毎に分けた表を示す。さらに、表 2 の一番下の行には、それぞれの投稿数に関する相関係数を示している。これからわかる通り、参加者の投稿とファシリテータの投稿の相関について、自動ファシリテーションエージェントを使った、テーマ 5、テーマ 4 およびテーマ 3 については、高い相関が確認できた。一方で、人間がファシリテーションをしたテーマ 1 およびテーマ 2 については、相関が低かった。すなわち、自動ファシリテーションエージェントは、参加者が投稿した時には、すぐにファシリテーションのメッセージを投稿することができていることがわかる。自動ファシリテーションエージェントが 24 時間いつでも対応可能であることを実際に確認できた。

図 8 に、アンケート結果の 1 つを示す。「時期総合計画

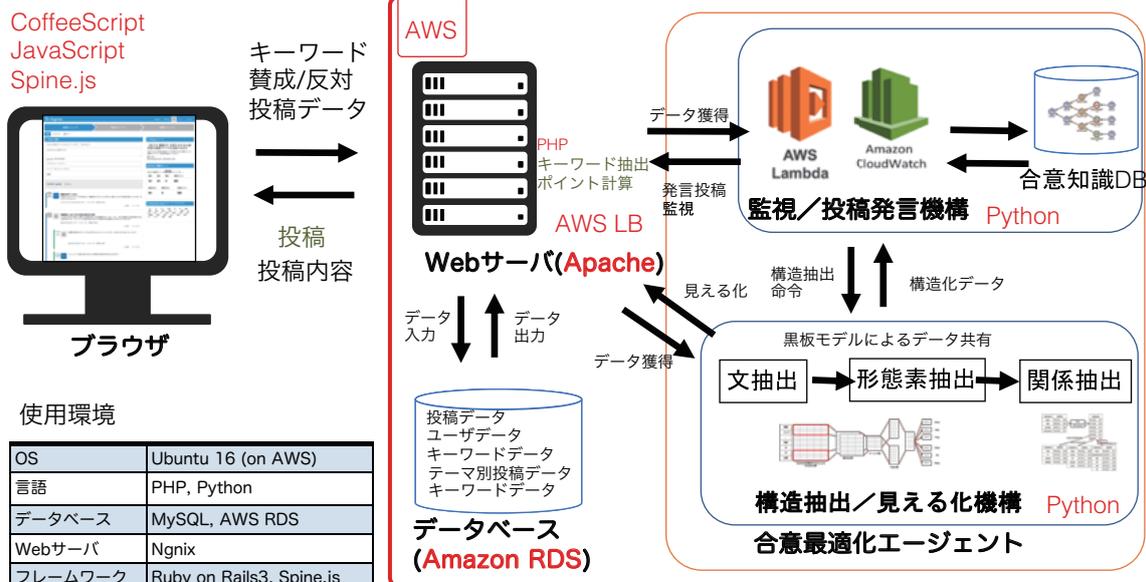


図 5 システムアーキテクチャ

大規模意見集約システム HAMAgree 社会実験2018 参加者募集

あなたの意見を
見逃しません!

11月1日(木)正午 - 12月7日(金)正午

「名古屋次期総合計画中間案について」

https://hamagree.com

インターネット上で大討論会を開催します

大規模意見集約システム(HAMAgree)とは

いつでも参加可能!

AIが見ています! あなたの意見を見逃しません

いつでも参加可能! 24時間、お好きな時間に参加できます

PC・スマホから参加可能! お好みのPC・スマホから簡単に参加できます

実施主体: 主催: 名古屋工業大学 NITEch AI 研究センター
JST (CREST) (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開発グループ)
共催: 名古屋大学

協力: 日本ファシリテーション協会

図 6 名古屋市実験のチラシ 1

大規模意見集約システム「HAMAgree」社会実験2018 実施概要

議論内容: 名古屋次期総合計画について

実施期間: 議論: 11月1日(木) - 11月30日(木), まとめ: 12月1日(金) - 12月7日(金)

議論方法: 人工知能と人間のファシリテータが参加

議論テーマ: 「NAGOYAがめざす5つの都市像について考えてみよう」

定員: 定員はありません。より多くの方に協力いただけることを望みます。

ログイン方法

アカウント登録

ログイン

いつでもどこでも何人でも Web上の議論の場

「新規登録」ボタンをクリックし、「メールアドレス」「ニックネーム」「パスワード」を入力し、ログインしてください

「ログイン」ボタンをクリックし、「メールアドレス」「パスワード」を入力し、ログインしてください

「AIアイコン」をクリックし、「AIアイコン」を選択してください

「SNS」ボタンをクリックし、「Twitter」「Facebook」「LINE」を選択してください

「プライバシーポリシー」について

登録された個人情報は、研究用途に利用いたします。保有する個人情報を第三者に提供しません。

お問い合わせ先: 名古屋工業大学 NITEch AI 研究センター
〒466-8555 名古屋市中区東区 4-1-12
TEL: 052-730-7998 FAX: 052-730-7999 E-MAIL: hamagree@nitech.ac.jp

図 7 名古屋市実験のチラシ 2

に関する議論に満足できましたか? という、本社会実験におけるオンラインの議論に満足できたか、について問う質問であった。20の有効回答があり、図8に示すように、自動ファシリテーションエージェントによるファシリテーションが行われたテーマ3、テーマ4、およびテーマ5について、満足度は、人間のファシリテータによってファシリテーションが行われたテーマ1とテーマ2と同等の結果が得られている。

4.3 自動ファシリテーションの事例

図9, 図10, 図11, および図12に、本社会実験において、本システムで自動ファシリテーションが実際に行われている事例を示す。どれも IBIS の構造に基づいたファシリテーションに成功している。

図9では、課題(課題1)を投稿しており、これを自動ファシリテーションエージェントが「課題」と認識した上で、「解決するために何が必要でしょうか」と問い合わせている。それに対して、参加者がアイデア(アイデア1)を投稿しており、自動ファシリテーションエージェントに

表 2 実験結果：時間毎の投稿の数

FA タイプ 時間	自動&人間 テーマ5		自動 テーマ4		自動 テーマ3		人間 テーマ2		人間 テーマ1	
	FA	参加者	FA	参加者	FA	参加者	FA	参加者	FA	参加者
0	1	1	0	1	1	2	0	0	5	0
1	0	1	0	1	0	1	0	0	5	0
2	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0
3	2	3	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
8	0	0	0	0	0	0	0	2	1	1
9	2	3	1	3	0	0	3	0	0	1
10	0	6	0	1	4	10	0	0	3	4
11	1	2	2	4	0	3	0	2	0	2
12	0	2	0	1	0	0	1	2	1	5
13	1	6	2	3	1	0	0	1	0	1
14	1	0	0	6	1	6	2	2	4	5
15	2	4	2	3	2	1	0	2	0	2
16	1	5	0	0	0	2	1	1	0	1
17	3	1	0	1	1	2	3	1	2	1
18	11	34	6	17	7	22	3	10	2	7
19	2	2	1	0	1	1	4	1	1	1
20	1	1	0	1	1	0	0	2	5	1
21	0	1	0	1	1	2	0	2	2	1
22	0	2	0	1	1	3	0	0	1	0
23	1	2	0	0	1	2	0	0	0	0
相関係数	0.91		0.88		0.93		0.42		0.21	

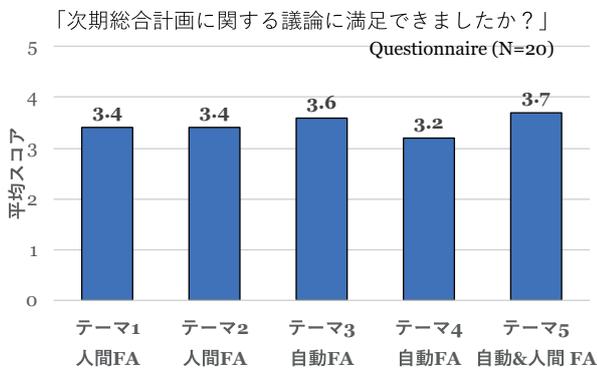


図 8 実験結果：アンケート結果

よって議論が推進されている。

図 10 では、議論全体のテーマが「人が支え合い、災害に強く安心・安全に暮らせるまち」という防災に関係するテーマであった。そのため、最初の発言は「会社の取り組みが必須」という意見であった。それに対して自動ファシリテーションエージェントは、この「会社の取り組み」についての疑問 (issue) を集めるため、「「会社での取り組み」に関して疑問はございますか?」と合わせている。これにより、一番下の参加者が会社の取り組みを実現するための課題を実際に挙げています。

図 11 での最初の発言は「防災、減災に対する正しい知識を身につける」ことに関するものであった。自動ファシリテーションエージェントはこれを、課題 (Issue) と正しく判定し、この課題を解決するためのアイデアを出すことを参加者に呼びかけている。それに対応して、参加者からは「起きうる災害の種類を具体的にあげる」、「国内で起きた災害の知見をまとめる」、「ゲーミフィケーションでバーチャルに訓練する」などのアイデアを挙げています。

図 12 でも最初の発言が「ゲーミフィケーションを利用しては?」というアイデアである。自動ファシリテーションエージェントは、このアイデアに対してのデメリットを

「こちらのアイデアのデメリットは何ですか?」と参加者に問い合わせている。これに対して参加者の一人に「ネットリテラシーが必要なので、高齢者にはハードルが高い」と答えるさせることができています。

5. まとめと今後の課題

本論文では、オンラインの大規模合意形成支援システムのための自動ファシリテーションエージェントの実装と、その実践的応用として、名古屋市との協力による名古屋市次期総合計画の中間案に対する市民からの意見集約実験について示した。自動ファシリテーションエージェントの実装は IBIS 構造に基づいて、実際の議論の意味的構造を抽出し、構造に基づきファシリテーションの投稿を行うことができる。今回は、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、知能処理技術によるファシリテーションが可能であることを示すことができた。大規模合意形成支援は次世代の民主主義プラットフォームにもなりえる上、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 についても議論を進めている [23]。今後さらに、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どの程度までであれば社会は受容するのか、様々な条件があるが調査を進める。

謝辞

本論文で紹介した研究内容は、JST CREST「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：代表伊藤孝行」(Grant 番号 JPMJCR15E1) に支援を受けている研究の一部である。本論文の研究内容に寄与していただいているメンバー全員に感謝の意を表す。

参考文献

- [1] Malone, T. W.: *Superminds: The Surprising Power of People and Computers Thinking Together*, Little, Brown and Company (2018).
- [2] Malone, T. W. and Klein, M.: Harnessing collective intelligence to address global climate change, *Innovations: Technology, Governance, Globalization*, Vol. 2, No. 3, pp. 15–26 (2007).
- [3] Iandoli, L., Klein, M. and Zollo, G.: Can we exploit collective intelligence for collaborative deliberation? The case of the climate change collaboratorium (2007).
- [4] 伊藤孝行, 藤田桂英, 松尾徳朝, 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—, 人工知能学会誌, Vol. 32, No. 5 (2017).
- [5] 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 の試作と評価実験: ~議論プロセスの弱い構造化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 (オンライン), DOI: 10.11221/jima.66.83 (2015).
- [6] 伊美裕麻, 伊藤孝行, 伊藤孝紀, 秀島栄三: オンライン

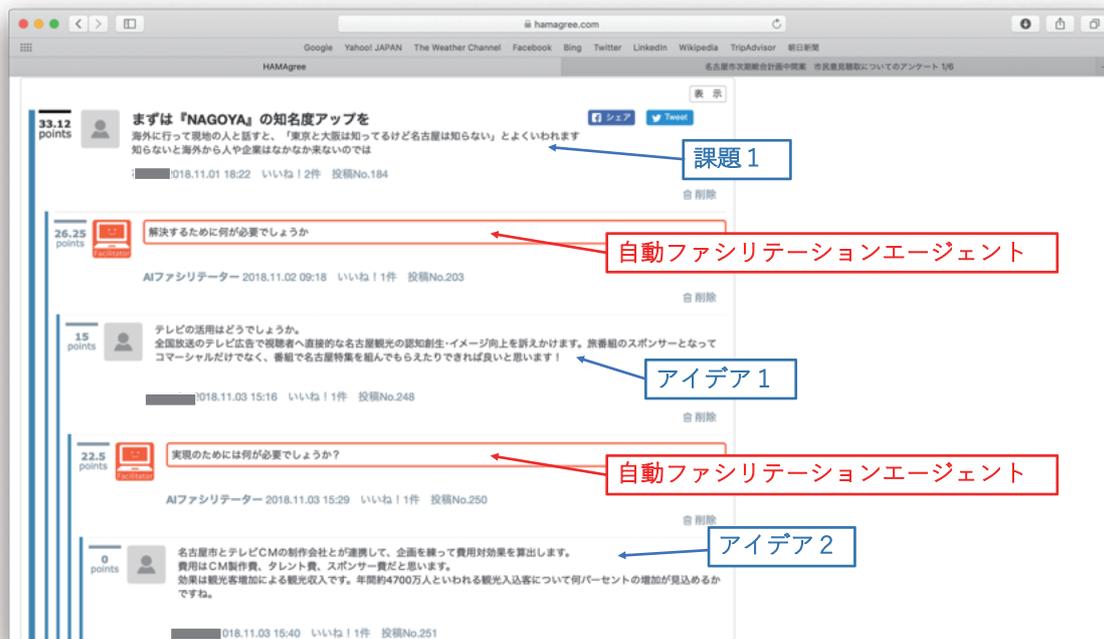


図 9 自動ファシリテーションの成功事例 1



図 10 自動ファシリテーションの成功事例 2

ファシリテーション支援機構に基づく大規模意見集約システム 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, 情報処理学会論文誌, Vol. 56, No. 10, pp. 1996–2010 (2015).

- [7] 伊藤孝紀, 深町駿平, 田中 恵, 伊藤孝行, 秀島栄三: ファシリテータに着目した合意形成支援システムの検証と評価: オフィス家具の商品開発を事例とする, デザイン学研究, Vol. 62, No. 4, pp. 4.67–4.76 (オンライン), 入手先 (<http://ci.nii.ac.jp/naid/130005145745/>) (2015).
- [8] Ito, T., Imi, Y., Ito, T. and Hideshima, E.: COLLAGREE: Facilitator-mediated Large-scale Consensus Support System, *The 2nd Collective Intelligence Conference* (2014).
- [9] Ito, T., Imi, Y., Sato, M., Ito, T. and Hideshima, E.: Incentive Mechanism for Managing Large-Scale Internet-Based Discussions on COLLAGREE, *The 3rd Collective Intelligence Conference*, (online), available from (<https://sites.lsa.umich.edu/collectiveintelligence/posters/>) (2015).
- [10] Sengoku, A., Ito, T., Takahashi, K., Shiramatsu, S., Ito,

- T., Hideshima, E. and Fujita, K.: Discussion Tree for Managing Large-Scale Internet-based Discussions, *Collective Intelligence 2016* (2016).
- [11] Takahashi, K., Ito, T., Ito, T., Hideshima, E., Shiramatsu, S., Sengoku, A. and Fujita, K.: Incentive mechanism based on quality of opinion for Large-Scale discussion support, *Collective Intelligence 2016* (2016).
- [12] Ito, T.: Towards Agent-based Large-scale Decision Support System: The Effect of Facilitator, *The 51st Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS2018)* (2018).
- [13] 伊藤孝行, 白松 俊: 合意形成支援装置および合意形成支援装置用のプログラム, 特許出願中 (2018).
- [14] Kunz, W. and Rittel, H. W.: Issues as elements of information systems, Technical report (1970).
- [15] Conklin, J. and Begeman, M. L.: gIBIS: A tool for all reasons, *Journal of the American Society for Information Science*, Vol. 40, No. 3, pp. 200–213 (1989).
- [16] 山口直子, 西田智弘, 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

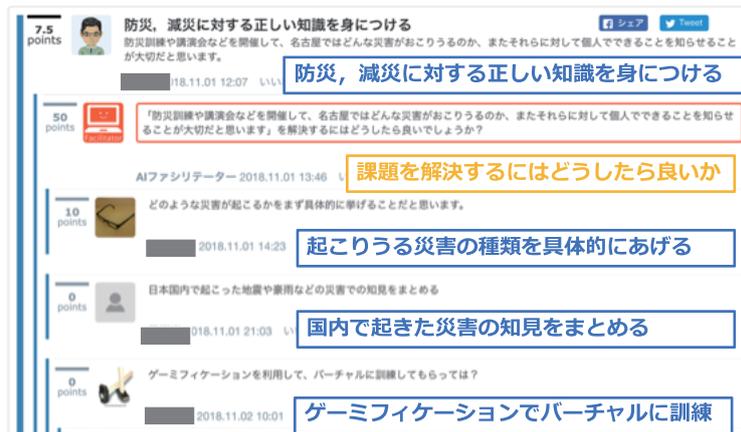


図 11 自動ファシリテーションの成功事例 3

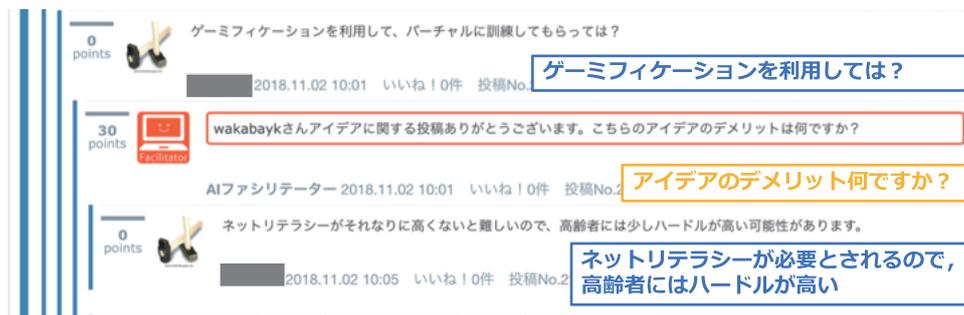


図 12 自動ファシリテーションの成功事例 4

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) (2019).

- [17] Yamaguchi, N., Ito, T. and Nishida, T.: A Method for Online Discussion Design and Discussion Data Analysis, *The Thirteenth International Conference on Knowledge, Information and Creativity Support Systems (KICSS-2018)* (2018).
- [18] Lample, G., Ballesteros, M., Subramanian, S., Kawakami, K. and Dyer, C.: Neural Architectures for Named Entity Recognition, *Proceedings of the 2016 Conference of the North American Chapter of the Association for Computational Linguistics: Human Language Technologies*, Association for Computational Linguistics, pp. 260–270 (online), DOI: 10.18653/v1/N16-1030 (2016).
- [19] Suzuki, S., Yamaguchi, N., Nishida, T., Moustafa, A., Shibata, D., Yoshino, K., Hiraishi, K. and Ito, T.: Extraction of Online Discussion Structures for Automated Facilitation Agent, 2019 年度 人工知能学会全国大会 (第 33 回) (2019).
- [20] Stab, C. and Gurevych, I.: Parsing argumentation structures in persuasive essays, *Computational Linguistics*, Vol. 43, No. 3, pp. 619–659 (2017).
- [21] Kentaro, H., Shibata, D., Nishida, T., Yamaguchi, N., Suzuki, S., Yoshino, K., Moustafa, A. and Ito, T.: Filtering of Impertinent Remarks using distributed expression, 2019 年度 人工知能学会全国大会 (第 33 回) (2019).
- [22] 柴田大地, 山口直子, 西田智弘, 鈴木祥太, 芳野 魁, 平石健太郎, 伊藤孝行: オンライン上における大規模議論支援のための IBIS 構造に基づく自動ファシリテータの実装, 2019 年度人工知能学会全国大会 (第 33 回) (2019).
- [23] 浜田良樹, 松尾徳朗, 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 (オンライン), DOI: 10.1527/tjsai.A-I13 (2018).