

# Web 議論における合意形成支援のための議論の構造化・可視化インターフェースの試作

神谷 晃<sup>†1</sup> 北川 晃<sup>†1</sup> 白松 俊<sup>†1</sup> 柴田 大地<sup>†1</sup> 芳野 魁<sup>†1</sup> 鈴木 祥太<sup>†1</sup> 伊藤 孝行<sup>†1</sup>

**概要:** 本研究では合意形成の支援を目的とする。特に議論が紛糾したり平行線になったりする等の行き詰まりを解決すべく、議論の構造化や可視化インターフェースを試作する。具体的には、(1) 行き詰まりの検知 (2) エージェントが用いる事前知識作成支援アプリケーションの開発 (3) 被験者への IBIS 構造の可視化による理解度向上の 3つの手法を提案する。(1) に関して、議論がどれくらい進行しているかの度合を議論進行度と定義し、その計算に必要なパラメータ最適化を試みた。(2) に関して、議論に関する事前知識を IBIS に基づき構造化する Web アプリケーションを開発した。これにより、作成した知識を LOD で公開することが可能になった。(3) に関して、IBIS 構造に基づく議論を可視化モジュールの開発を行い、その効果を検証する被験者実験を行った。その結果、統計的有意差は認められなかったが、可視化による理解度の向上を示唆する結果が得られた。

## 1. はじめに

議論の行き詰まりは合意形成の妨げとなる。本研究では合意形成の支援を目指すので、そのために行き詰まりの検知をする必要性がある。議論がどれくらい進行しているかを測ることができれば、停滞すなわち進行していない時間帯を検出できる。議論を進行させる要素とは何だろうか。初期の発散フェーズの議論では、具体的な課題やアイデアの量が議論の進行具合に深く関わっていると考えられる。そのため本稿では、IBIS(Issue-based information system)[1] と呼ばれる課題やアイデアから成る構造(図 1)が議論進行度の定量化に適していると考えた。

次に、議論を行う前に議論に関する知識をファシリテータエージェントが保持していれば、賢いファシリテーションができると考え、議論に関する事前知識を作成する Web アプリケーションの開発を行った。

最後に、行き詰まりを緩和する手法についても述べる。議論が行き詰まりを起こした際、議論を最初から見直し議論中の課題やアイデアを洗い出す必要があると考え、現在行われている議論を IBIS 構造に基づき可視化する。それにより、議論参加者の議論に対する理解度を向上させ、行き詰まりを緩和できるのではないかと考えた。第 4 章の後半では、議論を可視化することによる影響についても検証を行った。

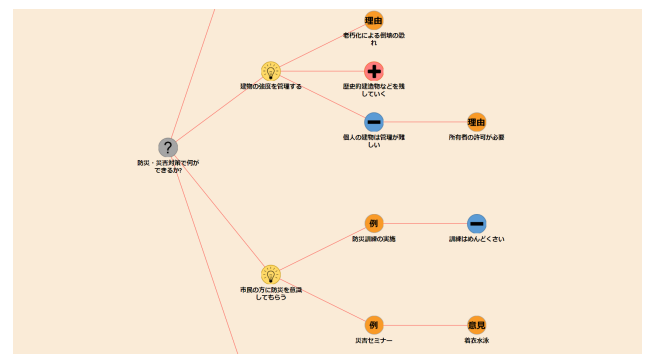


図 1 IBIS 構造

## 2. 議論進行度の定量化手法

### 2.1 定量化手法

本章で扱う IBIS のノードの種類は課題・アイデア・アイデアに関する意見である。まず、初めからある時刻  $t$  までの議論から IBIS 構造を抽出する。そして、各ノードの種類やノード間の関係性に依りて重みをつけ、全ノードの重みの和を時刻  $t$  における議論進行度  $P(t)$  とする。時刻  $t$  までの議論中の発言の集合  $U_t = \{u_1, u_2, \dots, u_n\}$ 、発言中  $u_i$  の IBIS ノードの集合  $E(u_i) = \{e_1, e_2, \dots, e_n\}$  を用意する。IBIS ノード  $e$  とその関係性  $r$  から決まる種別を  $type(e, r)$  と表し、その重みを  $w(type(e, r))$  と表す。これらを用いて、以下のように定式化する。

<sup>†1</sup> 現在、名古屋工業大学  
Presently with Nagoya Institute of Technology

$$w(u_k) = \sum_{e \in E(u_k)} w(\text{type}(e, r)) \quad (1)$$

$$P(t) = \sum_{e \in E(u_k)} w(u_k) \quad (2)$$

傾き  $\frac{dP(t)}{dt}$  は重み (貢献度) の変化量のため、議論の進行度を表していると考えられる。  $\text{type}(e, r)$  の集合  $S$  を用意し  $s \in S$  に関して最適な重み  $w(s)$  を決定するために、被験者実験を行い人間が感じる進行度のデータを収集する。

## 2.2 被験者実験

議論の行き詰まりの原因は議論の状態によって分類できると考え、議論を発散フェーズと収束フェーズに分類した。今研究の被験者実験では発散フェーズに焦点を当てる。各ノードの重みを決定するために、過去に行われた議論を用いて被験者実験を行った。議論データとして、オンライン議論システム COLLAGREE を用いて 2013 年 11 月に行われた大規模社会実験のデータを用いる。発散フェーズの目的が、議論参加者からできるだけ多くの問題解決策を出してもらうことから、被験者に議論内の各発言に関して「的外れでない新たな観点により議論を進行させていますか？」という観点で、0~5 の 6 段階で評価してもらった。上記の実験を発言数が 10 以上 21 以下の 17 個の議論それぞれに関して 13 人に行い、被験者それぞれに対して約 4 つの議論で行い、全 51 サンプルを集めた。最適なノードの重み関数  $w$  を決定するために、実数値遺伝的アルゴリズムを用いた。遺伝子長はノードの種類とノード同士の関係性を合わせた 12 とし、遺伝子は 0 から 1 までの実数にした。生存選択モデルとして JGG(Just Generation Gap) を用いる。親個体群の選択手法としてルーレット選択を用い、親個体群数を 13 とする。そして、交叉法として BLX- $\alpha$  を用い、その際の子個体群数を 120 とする。そして、子個体群からの次世代の個体の選択手法としてエリート選択を用いる。評価関数として、遺伝子の値から算出した議論中それぞれの発言の重みとアンケート値の相関係数を用いる。1 世代の個体数は 120 で最大個体数は 500 とする。

## 2.3 被験者実験インターフェース

図 2 に被験者実験のインターフェースを示す。赤で囲った部分が議論中の発言である。緑で囲った部分が発言それぞれを評価するための、入力フォームとなっている。発言それぞれに対して、0 から 5 までの 6 段階で評価してもらい、被験者が決定ボタンを押すと次に評価する発言が出てくるという仕組みになっている。被験者が青で囲った部分を見ることにより、自分がどのようにこれまでの発言を評価してきたのかがグラフでわかるようになっている。グラフ内の緑のラインが発散フェーズを表している。

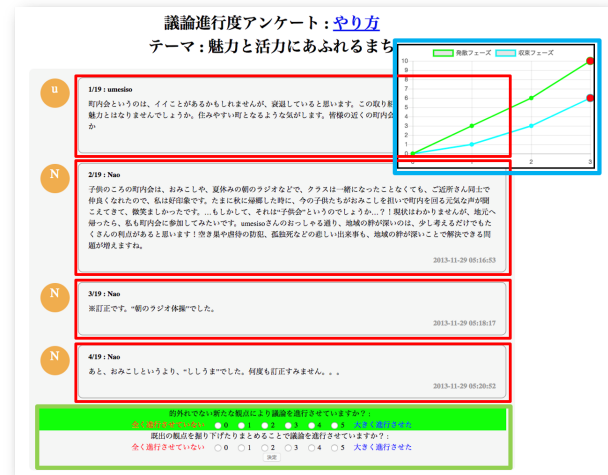


図 2 被験者実験のインターフェース

## 2.4 実験結果

遺伝子の重みが 0.7 以上のノードについて表 1 に記載する。相関係数は 0.54 になった。

表 1 議論進行度の被験者実験結果

ノード種別	重み
アイデアに対しての例示意見	0.98
課題	0.85
アイデアに対しての意見	0.73
課題に対して解決策以外のアイデア	0.70

課題やアイデアに関するノードが全体的に高い重みになったのは、新たな観点が示されたと被験者が評価したためであると考えられる。アイデアに対して例示をしている意見の重みが最も高くなったのは、例示意見が出ることでアイデアが詳細化され理解が促進されたと感じた被験者が多かったのではないかと考えられる。

## 3. IBIS 構造を作成・可視化するツール

池田らは、単純なルールにより発言するファシリテータエージェント [2] には限界があることを示し、事前知識として IBIS 構造を用いたファシリテータエージェントを開発した [3]。これは、IBIS 構造を事前知識として用いて HAMAgree 内の議論の自動ファシリテーションを行うが、そのためには IBIS 構造を事前に人手あるいは半自動的に作成する必要がある。そのために本研究では、人手で IBIS 構造を作成・保存するための IBIS CREATOR[4] という Web アプリケーションの開発を行った。これにより、ファシリテータエージェントがより賢くファシリテーションできるのではないかと考えた。

### 3.1 直感的な IBIS 構造編集インターフェース

開発したシステムでは、テーマごとに IBIS 構造を作成することができる。ユーザーは任意にテーマを作成ことができ、テーマごとに直感的なユーザーインターフェースで IBIS 構造を作成することができる。そのインターフェースを図 3 に示す。

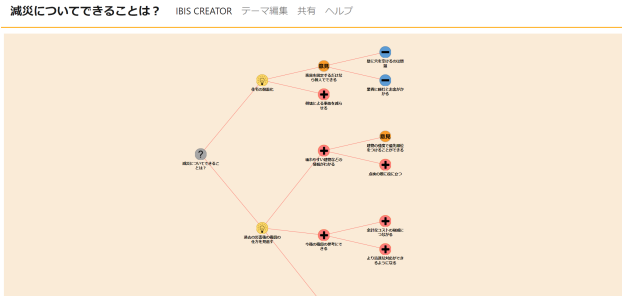


図 3 IBIS 構造 閲覧画面

### 3.2 システム構成図

図 4 にシステム構成図を示す。IBIS 構造閲覧画面 (図 3) を閲覧する場合、Web ブラウザから ajax を用いて WebAPI にアクセスをする。WebAPI はメイン DB から表示を行うためのデータを取得し、JSON 形式でレスポンスを返す。次に IBIS 構造の編集を行う場合、WebAPI はクライアントから受け取った json 形式のデータを基にメイン DB を編集する。その後、RDF ストアに sparql を用いてデータの変更を行う。

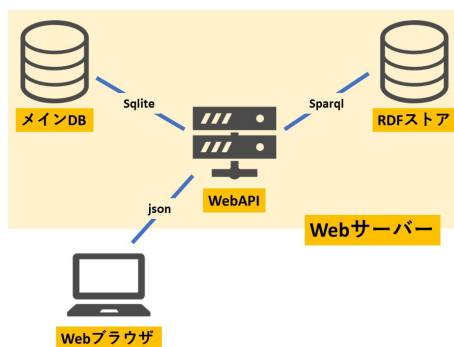


図 4 システム構成図

### 3.3 LOD での公開機能

IBIS CREATOR では、RDF ストアにもデータの保存を行っているため、公開されているエンドポイントに対し sparql を叩くことで、作成した IBIS 構造を取得することができる。

## 4. 議論構造の可視化による議論理解度の向上

### 4.1 IBIS 構造の可視化

本章で扱う IBIS のノードの種類は課題・アイデア・メリット・デメリットである。名古屋工業大学工学部伊藤

研究室では HAMAAgree というオンライン上での議論をサポートするシステムがある。本研究では、作成したツールを HAMAAgree 内の「AI まとめ」機能として組み込んだ。HAMAAgree 内では議論全体の IBIS 構造を自動で抽出する機能が存在する。可視化モジュールでの IBIS 構造自動抽出機能の結果に基づいて議論構造を可視化する。議論構造を可視化するインターフェースを図 5 に示す。一番左端の吹き出し以外の各吹き出しは、議論から自動抽出した IBIS ノードを表現している。ノードの色で IBIS ノードの種類が判別しやすいようにしており、各吹き出し間の隣接関係は IBIS ノードの親ノードと子ノードとの関係を表している。あるノードに対する子ノードの数が増加するほど、そのノードの縦の長さが長くなるので、議論参加者が AI まとめを見た瞬間に、何について盛んに議論されていたかを確認することができる点も特徴である。そして、ノードをクリックすることでどの発言から、そのノードを抽出したかを知ることができる。これによりそのノードで挙げられている観点で直接議論を始めることができ、テーマ内での同様の議論の繰り返しを防ぐことが可能になる。ノードのアイコンをクリックするとノードを畳むことも可能である。これによりユーザーの可読性を向上させた。



図 5 HAMAAgree における AI まとめ

### 4.2 予備実験

被験者実験の目的は、IBIS 構造の可視化が議論参加者の理解度を向上させることができたか点で調査を行う。議論データとして、2018 年 11 月に行われた総発言数が 65 前後の議論データを用いた。被験者への提示手法として以下の 3 種類を用意した。

- (1) AI まとめを用いない議論
- (2) 芳野・鈴木が開発した抽出モジュールにより抽出した IBIS 構造に基づいて可視化した AI まとめを用いた議論
- (3) 人手で抽出した IBIS 構造に基づいて可視化した AI まとめを用いた議論

実験方法は、被験者に議論すべてを読んでもらい、議論中の発言について返信を行えるものがあれば、その投稿 No と返信内容をスプレッドシートに書き込んでもらう。書き

込みが終わり次第、読んだ議論に関して5問程度の理解度アンケートをしてもらう。この一連の調査を、各被験者に(1)~(3)のうち各1つを無作為に選んで提示し、2回繰り返してもらう。被験者実験中は時間を計測する。被験者には実際のHAMAgreeと同じインターフェースを用いて評価を行ってもらった。今実験では、1人の被験者に対してこの被験者実験を行い、それぞれの手法に関して約6つサンプルを集めた。図6に理解度アンケートの一例を示す。

1) 多数派の方が、少数派を理解するために、「一度少数派の立場に立つ」という意見が出ていました。それによるメリットとして議論内で述べられていることを選択してください。(複数選択可)\*

他人の事を理解する一つの手段となる

少数派の立場の大きさを感知することができる

他人の意見に同調しようとする傾向が強くなる

2) 名古屋はどういう傾向があると述べられていますか? 1ポイント\*

排他的

馴染みやすい

明るい

3) 行政が在留している外国人に対し手を差し伸べるためにすべきこととしてどの様な意見が多かったですか? \*

選択

4) 人々の能力を認め合うといきいきとした暮らしに繋がると述べられていますか? \*

はい

いいえ

図6 理解度アンケートの一例

### 4.3 予備実験結果

表2に理解度テストの結果を示す。人手で抽出を行ったIBIS構造に基づく議論構造可視化インターフェースを用いた場合の正解率が最も高くなった。以上の結果から、IBIS構造の可視化が議論参加者の理解度向上に有用であるということと、議論からのIBIS構造の自動抽出精度が高いほど、議論参加者の議論に対する理解度が向上するのではないかと考えられる。しかし、それぞれの手法の結果を用いてt検定を行った結果、p値が0.05以上となり有意差は認められなかった。これはどの手法もサンプル数が約6と少ないためであると考えられる。

表2 予備実験：理解度テストの結果

	正解率
可視化なし	77%
可視化(自動抽出)あり	85%
可視化(人手)あり	90%

図7に、IBIS構造の可視化の有無における議論全体を読むのにかった時間を、図8に、それぞれの提示手法における議論全体を読むのにかった時間を、箱ひげ図に示す。図7から、被験者実験のデータの75%が短時間で終えていることがわかる。

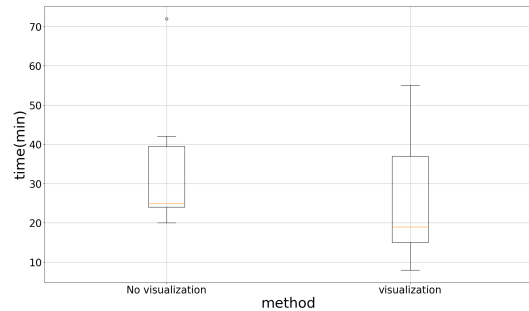


図7 IBIS構造の可視化の有無における議論全体を読むのにかった時間

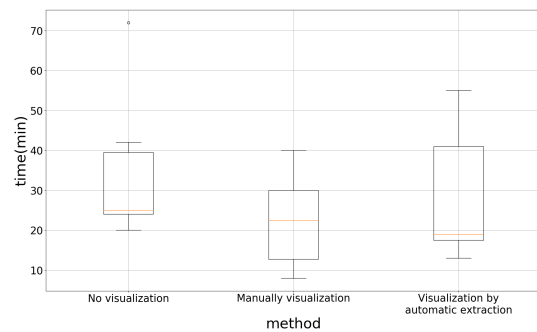


図8 それぞれの提示手法における議論全体を読むのにかった時間

### 4.4 追加実験

予備実験ではサンプル数が少ないため、議論構造の可視化が議論参加者の理解度向上に有効かどうかに関して有意差が認められなかったと考えられるので、追加実験を行った。追加実験では、予備実験で行ったコメントをスプレッドシートに書き込ませることを被験者に行わせず、議論を読んでもらい、その後読んだ議論に関して理解度アンケートを行う。それぞれの手法に関して約4つのサンプルを集めた。これにより、予備実験と追加実験を合わせたサンプル数が、各手法に関して10になった。

### 4.5 追加実験結果

表3に、予備実験と追加実験を合わせた理解度テストの結果を示す。抽出モジュールで抽出を行ったIBIS構造に基づく議論構造可視化インターフェースを用いた場合の正解率が最も高くなった。しかし、それぞれの手法の結果を用いてt検定を行った結果、p値が0.05以上となり有意差は認められなかった。

表3 追加実験：理解度テストの結果

	正解率
可視化なし	82%
可視化(自動抽出)あり	90%
可視化(人手)あり	84%

#### 4.6 考察

図7から、IBIS構造の可視化を行ったインターフェースを用いた方が、IBIS構造の可視化を行わないインターフェースより議論全体を読む時間が短縮されていることがわかる。しかし、図8からは、議論全体を読む時間がIBIS構造の自動抽出精度によるかどうかは確かめることはできなかった。理解度テストの結果から、IBIS構造の可視化が議論参加者の理解度向上に有用であるということと、議論からのIBIS構造の自動抽出精度が高いほど、議論参加者の議論に対する理解度が向上するのではないかと考えられる。しかし、どの手法においても有意差は認められなかったため、議論構造の可視化が議論参加者の議論理解度向上に有効かどうかは検証の余地があると考えられる。そして今回、被験者実験に用いた議論は総発言数が65前後の議論であったため、可視化モジュールを用いなくても、議論を理解することができたのではないかと考えられる。

### 5. まとめと今後の展望

本研究では、合意形成の支援を目的とし、行き詰まりの検知や緩和をするための手法について述べた。そして緩和するための手法として議論構造を可視化するインターフェースや、賢いファシリテーションのためのエージェント支援機構について述べた。

行き詰まりの検知のために、発散フェーズに焦点を当て行き詰まりの検知の研究を行った。議論状態を定量化するために議論をIBIS構造という形式で解析し各ノードとノードの関係性に応じて重みをつけ、重みの総和を微分したものを議論進行度と定義した。そしてIBIS構造のノードの重みを決定するために、人間が感じる進行度のデータを収集する必要があると考え、被験者実験を行った。被験者実験を行った結果、課題やアイデアに関するノードの重みが最も高くなった。今後はIBIS構造の階層も重み算出のための一つの指標として計算を行いたいと考えている。そして、発散フェーズだけではなく収束フェーズに関しても同様に議論進行度を計算したいと考えている。

エージェントが、議論時に用いる知識を作成するWebアプリケーションの開発についても述べた。このアプリケーションを用いることで、IBIS構造の形式で事前知識を作成することが可能になった。また、システムの一部にRDFを用いたことで、作成したIBIS構造をLODとして公開することが可能になった。

議論構造を可視化する事による議論の行き詰まり緩和についても述べた。議論中のIBIS構造を可視化し議論参加者に提示することにより、議論参加者の議論に対する理解度を向上させることができるのではないかと考えた。作成したインターフェースをHAMAgreeのAIまとめとして組み込み、議論参加者に議論の理解度が向上したかを確認するために被験者実験を行った。被験者実験では、議論に対

しての理解度アンケートを行った。結果、被験者の議論理解度アンケートのスコアの平均値は、議論構造の可視化を行った方がよいスコアが出た。しかし、有意差は認められなかったため議論構造の可視化は議論の理解度向上に有効かどうかは検証の余地があると考えられる。議論参加者の議論に対する理解度を向上させるための手法として、議論参加者に議論に対するクイズを行う等の別の手法も考えられるので、検討したいと考えている。

謝辞 本研究の一部は、JST CREST(JPMJCR15E1)およびJSPS 科研費(17K00461)の支援を受けた。

#### 参考文献

- [1] Werner Kunz, and Horst W. J. Rittel: Issues as elements of information systems. *Berkeley, California: Institute of Urban and Regional Development*, Vol. 131, University of California, 1970.
- [2] Yuto Ikeda, Shun Shiramatsu: Generating Questions Asked by Facilitator Agents Using Preceding Context in Web-based Discussion, *Proceedings of the 2nd IEEE International conference on Agents*, pp. 127–132, 2017.
- [3] 池田雄斗, 白松俊, 伊藤孝行, 神谷晃, 内藤勝太, 芳野魁, 鈴木祥太: Web 議論の自動ファシリテーションのための事前知識を用いた質問生成手法, 第 83 回 言語・音声理解と対話処理研究会, 2018
- [4] 神谷晃: IBIS CREATOR(Knowledge Connector): <http://idea.linkdata.org/idea/idea1s2697i>, 2018.
- [5] Ko Kitagawa, Shun Shiramatsu and Akira Kamiya: Developing a Method for Quantifying Degree of Discussion Progress towards Automatic Facilitation of Web-based Discussion, *Proceedings of the 6th International Conference on Agreement Technologies (AT 2018), Revised Selected Papers*, Springer LNCS, 2019 (to appear).