Vol.2020-ICS-199 No.3
2020/3/23

Webや対面の議論ファシリテーション支援機構群の試作と市民共創支援に向けた展望

白松 俊[1,a)]　北川 晃[1]　内藤 勝太[1]　蔡 超[1]　幸浦 弘昂[1]　神谷 晃[1]　長谷川 徳賢[1]

概要：日本の地域社会やグローバル社会の持続可能性を脅かす社会課題が顕在化する昨今，市民が議論を通じて解決の道筋を探りつつ共創する必要性が増している．そのような議論を支援するためには，例えば議論参加者を SNS から呼び込んだり，議論の停滞を検出して関連事例を自動推薦するなどのファシリテーション支援機構が必要と考えられる．本研究では，(1) Web 議論の停滞や炎上を検出するための議論進行度の定量化手法と，(2) Web 議論の内容に応じて関連情報を提示する機構，(3) Twitter から議論内容に興味ある人物を探して議論に招待する機構，(4) 対面の議論を記録して振り返り可能にする機構，という 4 つのファシリテーション支援機構を試作した．本稿ではこれらの機構や評価実験を概観しつつ，人工知能学会の市民共創知研究会における市民共創支援の展望を示す．

キーワード：議論支援, ファシリテーション, 議論進行度, 関連情報提示, フィッシュボウル方式, 市民協働

Prototyping of Functions for Facilitating Web-based or Face-to-Face Discussion and Perspective towards Supporting Citizen Co-creation

SHIRAMATSU Shun[1,a)]　KITAGAWA Ko[1]　NAITO Shota[1]　CAI Chao[1]　KOURA Hiroaki[1]
KAMIYA Akira[1]　HASEGAWA Tokutaka[1]

Keywords: Discussion support, facilitation, degree of discussion progress, provision of relevant information, fishbowl method, public collaboration

1. はじめに

日本社会の少子高齢化や災害リスクにより，地域社会の持続可能性を脅かす諸問題が顕在化している．また，気候変動や伝染病 COVID-19 により，グローバルなレベルでの持続可能性もまた脅かされている．これらの諸問題に取り組む上で，市民が主体的に議論に参加して解決の道筋を探る市民協働・市民共創が非常に重要である．ただし，そのような社会課題を扱う議論に参加するには，課題に関する背景知識が必要となるため，ファシリテーションが重要となる．ただし，人間のファシリテータが常に貼りついてファシリテーションすることは難しいため，ファシリテーション支援機構の開発が望まれる．

本研究では，Web や対面での議論に市民が参加しやすくなるよう，以下の 4 つのファシリテーション支援機構を開発した．

(1) Web 議論の停滞や炎上を検出するための議論進行度の定量化手法
(2) Web 議論の内容に応じて関連情報を提示する機構
(3) Twitter から議論内容に興味ある人物を探して議論に招待する機構
(4) 対面の議論を記録して振り返り可能にする機構

本稿ではこれらのファシリテーション支援機構を紹介し，評価実験を概観する．また，議論の実フィールドとしての可能性を持つ人工知能学会 市民共創知研究会 (SIG-CCI)[1], [2]

1 名古屋工業大学
Nagoya Institute of Technology, Gokiso-cho, Showa-ku, Nagoya 466–8555, Japan
a) siramatu@nitech.ac.jp

ⓒ 2020 Information Processing Society of Japan

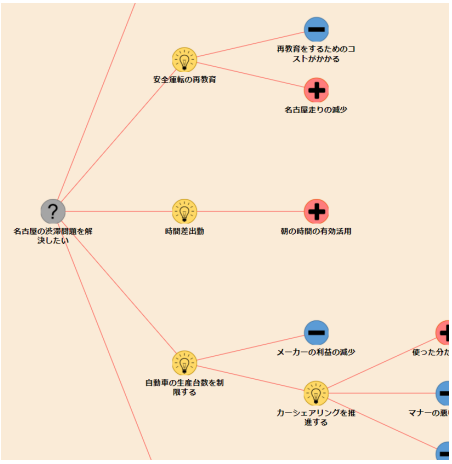

図 1　IBIS 構造の例

での議論支援の可能性についても述べる．市民共創知研究会では，地域課題に取り組む市民と AI 研究者の共創を目指した「市民共創プロジェクト」を，Web システム「みらいらぼ」上に複数登録している [3]．上記 4 つの支援機構を活用し，市民共創プロジェクトのファシリテーションを行う構想を述べる．

2.　本研究の基盤となる要素技術

2.1　IBIS に基づく議論構造化

Web 議論の議論進行度を定量化し，関連情報を提示するために IBIS (Issue-based information system) [4] を簡略化した木構造で Web 議論の内容を構造化する．具体的には，議論中の発言から課題, アイデア, メリット, デメリットに対応する記述を抽出し，それら 4 種類のノードから成る木構造によって議論内容を構造化する（図 1）．本研究では，2013 年に Web 議論システム COLLAGREE を用いて実施された名古屋市次期総合計画に関する議論実験 [5] の議論テキストを対象として，アノテーションツール Brat[6] を用いて IBIS のノード 4 種類に対応する記述にタグ付けを行った．

2.2　汎用言語表現モデル BERT

Web 議論の議論進行度を定量化し，関連情報を提示するために，BERT (Bidirectional Encoder Representations from Transformers)[7] を用いる．BERT は，GLUE (General Language Understanding Evaluation) のベンチマークテストで 2018 年秋に当時の最高精度を大幅に更新した汎用言語表現モデルである．Wikipedia 等の大量のテキストを用いた事前学習したモデルを，比較的少量のコーパスによって各タスクへ転移学習することが可能である．

2.3　音環境分析に基づく対面議論の記録

ハイラブル社が提供する Hylable Discussion (旧称 DAS; Discussion Assessment Service)[8] は，マイクロフォンアレイを用いた音源定位や音源分離といった音環境分析技術を用い，対面の議論を記録するサービスである．本研究では，Hylable Discussion を用いて対面の議論を記録し，他の技術と組み合わせて拡張することで，対面の議論を振り返り可能にする機構を実現する．

3.　4 つのファシリテーション支援機構

3.1　ファシリテータの介入タイミング判定のための Web 議論進行度推定

議論が順調に進行しているとき，必ずしもファシリテータが議論に介入する必要はない．ファシリテータが介入すべきタイミングは，議論が停滞していたり，設定されたゴールから逸脱している場合である．そのようなタイミングを検出するためには，発言数だけを観測しても不十分である．なぜなら，発言数が多くても炎上していたり，最終的な合意形成に寄与しない議論へと逸脱している可能性があるためである．そこで我々は，最終的なゴールに向かってどの程度進行しているかを「議論進行度」として定量化することを目指した．

具体的には，まず 2013 年に COLLAGREE による Web 議論実験 [5] で収集された議論 17 スレッドを用い，被験者 13 名が各発言ごとの議論進行度を 0〜5 で 6 段階評価した．各発言について，発散フェーズを想定した進行度と，収束フェーズを想定した進行度の 2 つの値を評価した．1 つの議論スレッドを 3 名が評価したので，3 名で平均を取った上で進行度の値域が $[0, 1]$ になるよう正規化した．これを訓練データとして，IBIS のノード種別のみに基づいて進行度を計算する手法 [9] と，BERT を用いてテキストの意味内容から進行度を計算する手法 [10] を試作した．IBIS のノード種別に基づく手法では，ノード 4 種（課題, アイデア, メリット, デメリット）それぞれに遺伝的アルゴリズムで最適化した重みを与え，その時点までに抽出できたノードの重みの総和をとることで議論進行度を計算する．BERT を用いた手法では各発言のテキストを入力として，直接，進行度の値を推定する．

表 1 に，訓練データをそのまま用いたクローズドテストの結果を示す．表中の値は，被験者が評価した進行度と，システムが推定した進行度のピアソン相関係数である．発散フェーズ・収束フェーズともに，BERT による手法の方が性能が良く，特に発散フェーズでは相関係数が+0.62 であった．さらに，2 手法を相補的に用いるために重み付き線形和をとった．すなわち，IBIS ノード種別に

表 1　訓練データの進行度と自動推定した進行度の相関係数

手法	相関係数 (発散)	相関係数 (収束)
IBIS ノード種別	+0.47	+0.30
BERT	+0.62	+0.44
重み付き線形和	+0.69 ($\alpha = 0.5$)	+0.42 ($\alpha = 0.1$)

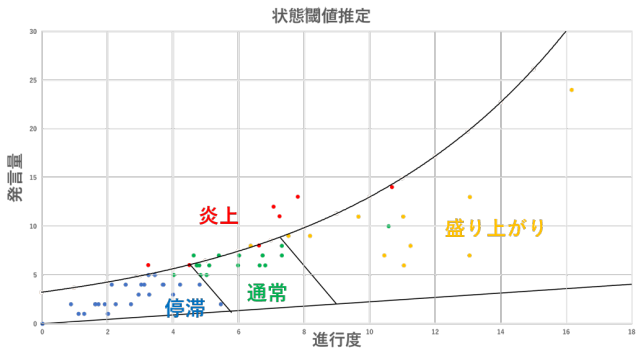

図 2　議論状態の分類モデル

よる進行度を d_{ibis}, BERT による進行度を d_{bert} とすると，$d = \alpha d_{\mathrm{ibis}} + (1-\alpha) d_{\mathrm{bert}}$ という重み付き線形和によって相補的な値を得ることができる．表 1 に示すように，発散フェーズの進行度では，$\alpha = 0.5$ のときに相関係数+0.69 という値を示した．

ここで，訓練データにおける進行度の値は 3 人の被験者の平均値であったことから，各被験者がどの程度信頼できるかを調べた．具体的には，平均値である進行度と，各被験者が評価した進行度の相関係数も計算した．すると，発散フェーズの進行度については相関係数の平均が+0.67，収束フェーズについては平均が+0.74 であった．このことから，発散フェーズの進行度推定の性能（相関係数+0.69）は，平均的な人間の被験者と同等であることが明らかになった．ただし，収束フェーズについては，人間より大きく性能が劣ることも示唆された．これは，訓練データに用いた 17 の議論スレッドが，実際には合意形成に向けて収束していないものが大半であったことに起因すると考えられる．

さらに，発散フェーズの進行度推定機構を用い，図 2 のような議論状態の分類モデルを試作した．これは，「発言量の割に議論進行度が低いタイミングでファシリテータが介入がすべき」という仮定のもと，Web 議論の状態を停滞，炎上，通常，盛り上がりという 4 つの議論状態へ分類するモデルである．すなわち，発言量も少なく議論進行度も低い「停滞」のタイミングと，発言量は多いが議論進行度が比較的低い「炎上」のタイミングを検出することで，ファシリテータエージェントが介入すべきか否か判断できる機構を試作した．Slack 上で議論した 4 回の議論のうち，65 時点について人手で 4 状態を評価して訓練データを作成した．その結果，オープンテストで 75%，クローズドテストで 89%の適合率を示した．図 2 はそのクローズドテストによって得られたモデルである．

3.2　Web 議論への関連情報提示

Web 議論が停滞している場合，議論の内容に応じて関連情報を提示することで，参加者が次に発言すべき内容を

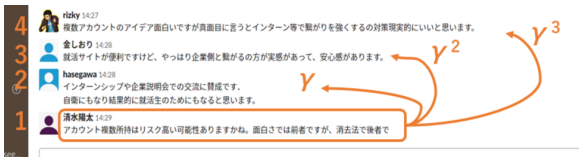

図 3　検索クエリ決定のための減衰率

発想するヒントになる可能性がある．本研究では，そのための関連情報推薦手法 [11], [12] を試作した．関連情報を提示するには，まずそこまでの先行文脈から検索クエリを決定し，Google 等の検索エンジンを用いて得られた Web コンテンツから提示すべき段落やセグメントを選別する必要がある．検索クエリを決定するには，各発言に現れた語の TF-IDF に，図 3 に示すような減衰率 γ を積算したスコアを算出し，スコア上位の語を検索クエリとした．なお，「BERT で次発言に現れる語を予測する」という手法でも検索クエリ決定を試した．しかし，減衰率 γ を積算した TF-IDF 上位の語の方が，BERT によって予測された語よりも人間の被験者が選ぶ検索クエリと類似していたため，BERT による検索クエリ決定手法は採用しなかった．

決定したクエリを Google 検索に用い，上位 10 ページから Web 議論に提示すべき段落やセグメントを選別する．このとき，直前発言への返答としてあり得る IBIS ノード種別を仮定し，そのノード種別に近いセグメントを検索結果から探して提示するというアプローチを採用した．具体的には，3.1 節でも用いた訓練データを用い，直前発言と後続発言に含まれる IBIS ノードがどのような関係か（直前のアイデアのメリット，直前のアイデアのデメリット，直前の課題の解決策，直前のアイデアの例，直前のアイデアの理由の 5 種）を BERT で予測する分類器を訓練した．この分類器を用い，Web 議論の最近の発言と，検索結果に含まれる隣接テキスト 4 文から成るセグメントの関係を予測する．その際，上記 5 種の関係のうち，最も分類されたセグメント数が多い関係のうち上位 3 件のセグメントを繋

図 4　Slack 上での議論に対する関連情報提示の例

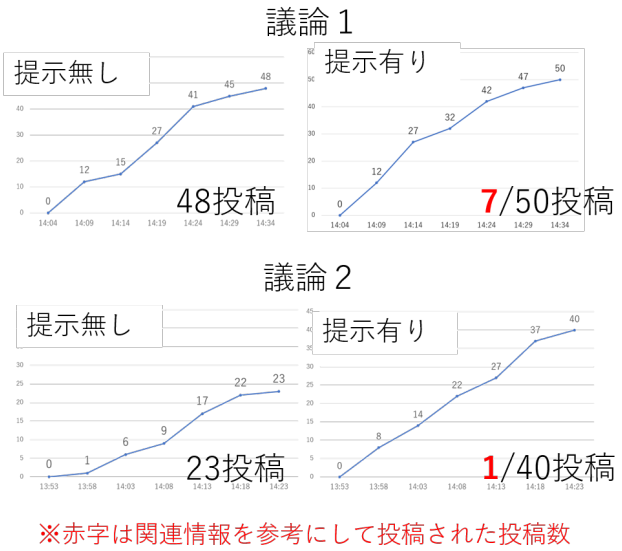

図 5 Slack 上での関連情報提示有り／無しの議論における投稿数の比較

げ，図 4 の赤い点線枠で示したような関連情報提示を行う．

図 5 は，本手法による関連情報提示を行った議論と，そうでない議論における投稿数の推移を比較した結果である．議論 1 のテーマは「食品ロスの削減について」，議論 2 のテーマは「気候変動抗議運動家グレタさんについて」であり，どちらも約 30 分ほどの議論であった．図からわかるように，関連情報提示の有無で有意な投稿数の差は見られなかった．これは，より長い時間をかけて議論しないと議論が顕著に停滞しないため，関連情報提示の効果が検証できていないと考えられる．定性的には，議論内容に必ずしも沿っていない関連情報も散見されたため，関連情報として提示するセグメント選定の精度をさらに向上させる必要がある．

3.3 Web 議論の議題に関心のある Twitter ユーザの推定

社会問題についての Web 議論を実施する場合，興味ある参加者の数が少ないと議論がすぐに停滞してしまう恐れがある．より多くの興味ある市民を Web 議論に呼び込むために，SNS で呼びかけることは有効であると考えられる．そこで本研究では，Web 議論の議題に興味のある Twitter ユーザを探し，招待メッセージを生成する機構を試作した [13]．具体的には，2018 年に名古屋市次期総合計画について HAMAGree（後の D-Agree）と呼ばれる Web 議論システムで社会実験した議論データ [14] を用い，その議論内容に興味のある Twitter ユーザを推定するというタスクを設定した．まず実際の議論内容を参考に，関連のあるハッシュタグを 91 個選定した上で，そのハッシュタグを含むツイートを Twitter から 36,595 個収集した．このツイート集合を訓練データとして，BERT を用いてテキストからハッシュタグを推定する分類器を学習した．Web 議論の先行文脈からハッシュタグ推定の結果得られた 91 次元の BERT 出力をベクトル $v_{d,tag}$ とし，対象 Twitter ユーザのツイートからハッシュタグ推定の結果得られた 91 次元の BERT 出力を $v_{t,tag}$ とする．また，Web 議論の先行文脈から bert-as-service[15] によって得られた分散表現を $v_{d,bert}$ とし，対象 Twitter ユーザのツイートから得られた分散表現を $v_{t,bert}$ とする．このとき，Web 議論の先行文脈 d とツイート t との関連度を，以下の式で計算する．

$$sim(d,t) = \alpha cos(v_{d,tag}, v_{t,tag}) + (1-\alpha) cos(v_{d,bert}, v_{t,bert})$$

ただし，$cos(\cdot,\cdot)$ はベクトル間のコサイン類似度，すなわち内積である．経験的に $\alpha = 0.25$ と設定し，対象ユーザのスコア上位 3 件のツイートについてスコアの総和をとり，そのユーザのスコアとした．

スコアの妥当性を検証するために，被験者による 2 種類の評価値とのピアソン相関係数を計算した．1 つ目の評価値は「対象ユーザは議題に興味がありそうか」を 7 段階評価した値であり，2 つ目の評価値は「対象ユーザは Web 議論に参加しそうか」を 7 段階評価した値である．その結果，「興味がありそうか」とスコアの相関係数は+0.611 であり，「参加しそうか」とスコアの相関係数は+0.480 であった．この差については，被験者からのヒアリングにより「興味がありそうなユーザでも，真面目でないツイートが多い場合は参加する可能性が低い」という判断が影響していることがわかった．

3.4 対面の議論の振り返り支援

市民協働や市民共創を促進するには，Web 議論だけでなく，対面でのワークショップといった形式の議論も重要である．本研究では，Hylable Discussion[8] と，Google Cloud Speech-to-Text[16] を組み合わせることにより，対面の議論のファシリテーションを支援する機構の実現を目指している．ただし，現状では Hylable Discussion は議論終了後の分析に特化しており，議論中にリアルタイムで分析結果を得ることができない．そのため，まずはファシリテータの研鑽や教員のために，対面の議論を振り返り可能にするユーザインタフェースを試作した [17]．日本ファシリテーション協会 (FAJ) では，議論の参加者と観察者を分けるフィッシュボウルと呼ばれる形式の議論を行い，観察者がメモをとったものを使った振り返りが行われている．本ユーザインタフェースには，その観察者のメモに近い機能を持たせ，さらに探索的な振り返りを可能にすることを目指す．

Hylable Discussion は音源定位・音源分離の結果から，各参加者の発言量の遷移やターンテイキングの傾向を分析する．しかし，音声認識は行わない．そこで我々は，Hylable Discussion によって得られた分離音を Google Cloud Speech-to-Text で音声認識した結果を，発言量遷移のグラ

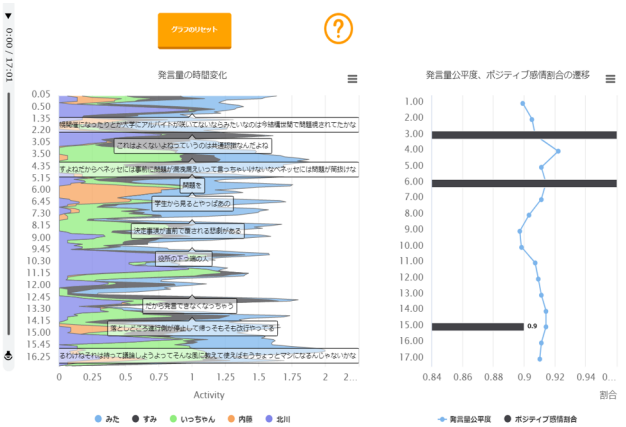

図 6 対面の議論の振り返り支援インタフェース

フに載せるアプローチを採用した．図 6 に，試作したユーザインタフェースを示す．左は参加者ごとの発言量の遷移図になっており，その上に音声認識結果を重ねている．ただし，長時間の議論について全ての発現の音声認識結果を表示することはできないため，表示すべき重要発言を選定する必要がある．FAJ のファシリテータへのヒアリングにより，ファシリテータは議論の内容よりプロセスを重視すべきという知見を得たため，議論プロセスを表す「議題」「問題」「結論」「まとめ」といった語を含む発言や，発言量の分布が大きく変わる変化点の発言を自動的に選んで表示している．さらに，音韻情報から推定した感情に対応するアイコンを重ねて表示することによって，議論プロセスの変化点を表現する．表示された音声認識結果やアイコンをクリックすることで，対応する時間帯の発言を再生して聞き返すことができる．なお，音声認識誤りも若干含むことから，議論参加者が何らかの形で認識誤りを修正できる機構が必要となると考えられる．

図 6 右側には，発言量の公平度の遷移と，ポジティブ感情／ネガティブ感情の比の遷移を表示している．これも，議論のプロセスを把握するための議論可視化手法として，ファシリテータの研鑽に利用することを目指している．さらに，本インタフェースはファシリテータの研鑽のみならず，議論に参加していない市民が議論内容を把握するためにも有用である可能性がある．

4. 今後の展望: 市民共創知研究会での試用

本稿で紹介した Web 議論や対面の議論のファシリテーション支援機構は，市民が社会問題解決に向けて協働・共創するような場面で，建設的な議論を促進するために利用できる可能性がある．そのような場の 1 つとして，人工知能学会の市民共創知研究会 [1], [2] を検討中である．市民共創知研究会では，地域課題解決のための市民と AI 研究者の共創を扱っており，「市民共創プロジェクト」を登録するソーシャルメディアシステムである「みらいらぼ」[3] を開発している．今後は，みらいらぼ上でプロジェクトの進め方を議論したり，あるいは研究会の場での対面の議論を振り返ることができるような機構を導入することを検討したい．

たとえば Web 議論の進行度推定により停滞あるいは炎上を検出すれば，市民共創プロジェクトのリーダーに通知を送ったり，自動ファシリテータエージェントの介入タイミングの検出に利用できるだろう．また，Web 議論が停滞していた場合は，関連する事例を情提示するような機構により，プロジェクトの新たな展開を話し合うための支援ができるだろう．さらに，プロジェクトに関心を持つ地域住民や AI 研究者を呼び込むために，SNS 投稿からの興味推定機構が利用できるだろう．研究会の場で行われた対面の議論をアーカイブし，新規参加者にもその内容を共有する上で，対面の議論の振り返りインタフェースは有用になるであろう．

今後は，関連情報として推薦できるような各地の社会課題や共創的取り組みの事例を Web から収集しつつ [18]，みらいらぼ上のプロジェクトをファシリテーションできるような機構を開発していく予定である．

謝辞 本研究の一部は，本研究は，JST CREST（No. JPMJCR15E1）および JSPS 科研費（No. 17K00461）の支援を受けたものです．議論可視化システム Hylable Discussion をご提供頂いたハイラブル株式会社 水本武志氏，COLLAGREE や HAMAgree の議論データをご提供頂いた伊藤孝行先生に深謝します．

参考文献

[1] 白松俊，伊藤孝行，福田直樹，堀田竜士，三井実，藤田桂英：市民共創知研究会（CCI）：地域課題に立ち向かう知を AI 研究者と市民が共創する場，人工知能学会誌，Vol. 34, No. 5, pp. 616–621 (2019).

[2] 堀田竜士，三井実，伊藤孝行，白松俊，藤田桂英，福田直樹：研究者と市民の共創を生み出す研究会の提案，人工知能学会論文誌，Vol. 34, No. 4, pp. D–I92_1–8 (2019).

[3] 堀田竜士，仙石晃久，伊藤孝行：多地域移動型の共創を支援するソーシャルメディアシステムの試作と評価，人工知能学会論文誌，Vol. 34, No. 2, pp. F–I57_1–8 (2019).

[4] Conklin, J. and Begeman, M. L.: gIBIS: A hypertext tool for exploratory policy discussion, *ACM Transactions on Information Systems (TOIS)*, Vol. 6, No. 4, pp. 303–331 (1988).

[5] 伊美裕麻，伊藤孝行，伊藤孝紀，秀島栄三ほか：オンライン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–名古屋市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).

[6] Stenetorp, P., Pyysalo, S., Topić, G., Ohta, T., Ananiadou, S. and Tsujii, J. I.: BRAT: a web-based tool for NLP-assisted text annotation, *Proceedings of the Demonstrations at the 13th Conference of the European Chapter of the Association for Computational Linguistics*, pp. 102–107 (2012).

[7] Devlin, J., Chang, M.-W., Lee, K. and Toutanova, K.: BERT: Pre-training of Deep Bidirectional Transformers

for Language Understanding, pp. 4171–4186 (2019).
[8] 水本武志：音環境分析に基づく議論評価サービスとその応用可能性，人工知能学会第 2 回市民共創知研究会「みらいらぼ つしま」予稿集, SIG-CCI-002-04 (2017).
[9] Kitagawa, K., Shiramatsu, S. and Kamiya, A.: Developing a Method for Quantifying Degree of Discussion Progress towards Automatic Facilitation of Web-based Discussion, *Agreement Technologies - 6th International Conference, AT 2018, Bergen, Norway, December 6-7, 2018, Revised Selected Papers, Lecture Notes in Artificial Intelligence*, Vol. 11327 (2019).
[10] 北川晃， 白松俊：Web 議論における BERT を用いた議論進行度の定量化手法，情報処理学会第 82 回全国大会講演論文集, 5ZG-06 (2020).
[11] 内藤勝太， 白松俊：Web 議論における BERT を用いた関連情報推薦手法の試作，研究報告自然言語処理（NL），Vol. 2019-NL-242, No. 6, pp. 1–4 (2019).
[12] 内藤勝太， 白松俊：Web 議論における BERT を用いた関連情報推薦エージェント，情報処理学会第 82 回全国大会講演論文集, 5ZG-07 (2020).
[13] Cai, C. and Shiramatsu, S.: Estimating Twitter User's Interest for Inviting Potential Participants into Web-based Debate Platforms based on BERT，*Proceedings of the 2nd International Conference on Artificial Intelligence in Information and Communication*, pp. 602–607 (2020).
[14] Shibata, D., Moustafa, A., Ito, T. and Suzuki, S.: On Facilitating Large-Scale Online Discussions, *PRICAI 2019: Trends in Artificial Intelligence, Lecture Notes in Computer Science*, Vol. 11671, pp. 608–620 (2019).
[15] Xiao, H.: bert-as-service Documentation, https://bert-as-service.readthedocs.io/ (2020 年 2 月 25 日アクセス).
[16] Google: 音声入力: 機械学習を活用して音声をテキストに変換，https://cloud.google.com/speech-to-text?hl=ja (2020 年 2 月 16 日アクセス).
[17] 幸浦弘昂， 白松俊，水本武志，林加代子：音環境分析と音声認識に基づく議論振り返り支援インターフェース，情報処理学会第 82 回全国大会講演論文集, 5ZG-08 (2020).
[18] 神谷晃， 白松俊，長谷川徳賢：Web コンテンツ中の社会問題とその解決ミッションの抽出手法の検討，人工知能学会第 6 回市民共創知研究会予稿集, SIG-CCI-006-02 (2019).

ⓒ 2020 Information Processing Society of Japan