

# 大規模議論支援のための意見の質に基づく インセンティブ機構の試作

An incentive mechanism based on quality of opinion for large-scale discussion support

高橋 一将\*<sup>1</sup> 伊藤 孝行\*<sup>1</sup> 伊藤 孝紀\*<sup>2</sup> 秀島 栄三\*<sup>2</sup> 白松 俊\*<sup>1</sup> 藤田 桂英\*<sup>3</sup>  
Kazumasa Takahashi Takayuki Ito Takanori Ito Eizo Hideshima Shun Shiramatsu Katsuhide Fujita

\*<sup>1</sup>名古屋工業大学大学院 情報工学専攻

Computer Science and Engineering, Nagoya Institute of Technology

\*<sup>2</sup>名古屋工業大学大学院 社会工学専攻

Civil Engineering and Industrial Management Engineering, Nagoya Institute of Technology

\*<sup>3</sup>東京農工大学大学院 工学研究院 先端情報科学部門

Division of Advanced Information Technology and Computer Science, Tokyo University of Agriculture and Technology

Much attention has been focused on the collective intelligence of thousands and thousands of people world wide. Interest continues to increase in online democratic discussions, which might become one of the next generation methods for open and public forms. To harness collective intelligence, incentives for participants are one critical factor. COLLAGREE has a discussion point function as an incentive mechanism. However, it does not take into account the quality of opinion. In this paper, we propose a discussion point function that takes into consideration the quality of the opinions. The quality of opinions are judged from in accordance with content and posted timing. The proposed method was able to incentivize the participants more than existing methods. In addition, experimental and questionnaire results suggested that the proposed method made participants more aware of the phase of the discussion.

## 1. はじめに

大規模な意見集約と合意形成の手法として、Web上の議論が注目を集めている。Web上の議論には時間と場所の制約が無く、現実の議論に比べ、ユーザが参加しやすいという利点がある。大規模意見集約システム COLLAGREE[Ito 14, Ito 15, 伊美 15]は、電子掲示板型の自由な投稿システムをベースとするWeb上の議論システムであり、議論のファシリテーションを支援するファシリテータ支援機構や、議論を可視化する議論ツリーなど、意見の発散、収束、および合意のすべてを支援する機能を備えている。

議論におけるファシリテータの役割として、議論の活性化が挙げられる。現実の議論であれば、ファシリテータが議論の方向性をマネジメントし、発言を促すことにより活性化を実現するが、Web上の議論であれば、議論の活性化を自動で行う仕組み(インセンティブ機構)が実現可能である。COLLAGREEでは、インセンティブ機構として、議論ポイント機能 [伊藤 15]を導入している。議論ポイント機能は、議論参加に対して仮定の資財である議論ポイントを与えることにより、ユーザに議論参加のインセンティブを与える機能である。しかし、議論ポイント機能は、議論内容によらず一定の議論ポイントを付与するものであるため、意見投稿そのもののインセンティブにはなっても、質の高い意見投稿のインセンティブにならない。そこで、意見投稿の質に基づいた議論ポイント機能が必要とされる。

本論文では、意見投稿の質を評価し、評価値に基づいた議論ポイントを付与することにより、ユーザに質の高い意見投稿を多く行うためのインセンティブを与えることを目的とする。そこで本論文では、意見投稿の質を考慮した議論ポイント機能を提案する。本論文の提案する議論ポイント機能では、意見内

容と意見投稿のタイミングを考慮し、付与する議論ポイントを動的に変化させる。

また、本論文の提案手法を COLLAGREE に導入し実験を行うことにより、本論文の提案手法の有用性を示す。

## 2. 大規模意見集約システム COLLAGREE

### 2.1 COLLAGREE の概要

COLLAGREE は、複数のテーマについて自由に意見を投稿できる、一般的なインターネット掲示板をベースとするWeb上の議論システムである。トップページには、議論が行われているテーマがサムネイルで表示される。COLLAGREE のトップページを図 1 に示す。トップページからテーマを選択することで、各テーマの議論画面に遷移する。本システムの議論画面を図 2 に示す。議論画面からは、テーマに関する意見投稿、意見投稿に対する返信、および意見投稿に対する賛同表明を行うことができる。

### 2.2 議論ポイント機能の概要

COLLAGREE には、ユーザの意見投稿のインセンティブを高めるための機構として議論ポイント機能が導入されている。議論ポイント機能は、議論参加に対して、仮定の資財である議論ポイントを与えることにより、ユーザに議論参加のインセンティブを与える機能である。議論ポイントとして、参加者の活動のインセンティブとなる活動ポイント、および、有益な発言を促すインセンティブとなる評価ポイントが設定されており、図 3 と図 4 のように定義されている。活動ポイントは、参加者が新規投稿や返信を行うこと、他人の投稿に賛同を表明することで得ることができる。また、評価ポイントは、自分の投稿に返信されること、自分の投稿に賛同を表明されることで得ることができる。図 3 と図 4 から分かる通り、付与される活動ポイントと評価ポイントは、投稿内容によらず一定である。



図 1: COLLAGREE のトップページ



図 2: COLLAGREE の議論画面

過去の COLLAGREE[伊美 15, Ito 15] に導入されている議論ポイント機能の課題点として、活動ポイントにおいて、投稿内容によらず一定の議論ポイントが付与されている点が挙げられる。既存手法は、意見投稿の量の促進にはなるが、質の良い意見投稿の促進にはならない可能性がある。従って、意見投稿の質を考慮した議論ポイント機能が必要とされる。

### 3. 意見投稿の質

本論文では、日本ファシリテーション協会のファシリテータ 5 名に、文書によるヒアリングを行った。本ヒアリングは、ファシリテータが現実の議論で、どのような意見を質の高い意見だと感じるかを知り、本論文において高評価とする意見投稿の条件を定義することを目的としたものである。本ヒアリングにより得られた質の良い意見の条件を以下に示す。(1) 目的とテーマに沿った意見、(2) 議論のフェイズに沿っている意見、(3) 早いレスポンスや、議論が停滞しているタイミングで投稿される意見。

(1), および (2) より、各議論フェイズごとに質の良い意見の定義を行う。議論が始まったばかりの発散フェイズでは、意見を発散させるための自由な発言、および新しい観点の発言を高評価と定義する。議論中盤以降の収束フェイズでは、新しい観

活動ポイント	1. 投稿ポイント	投稿を1件行うたびに獲得できるポイント	30 points
	2. 返信ポイント	返信を1件行うたびに獲得できるポイント	25 points
	3. 賛同ポイント	賛同を1件行うたびに獲得できるポイント	5 points

図 3: 活動ポイント

評価ポイント	1. 返信されたポイント	自分の投稿に返信が1件つくたびに獲得できるポイント	15 points
	2. 賛同されたポイント	自分の投稿に賛同が1件つくたびに獲得できるポイント	5 points
	賛同伝播率	賛同されたポイントが親投稿へ伝播される割合	50%

図 4: 評価ポイント

点の意見もある程度評価しつつ、既に出ている話題をより深める意見を高評価と定義する。また、議論終盤の合意フェイズでは、合意形成に向かうために、既存の意見を発展させる意見を高評価と定義する。また (3) より、素早い返信や議論停滞時の投稿を高評価と定義する。

## 4. 意見投稿の質に基づく議論ポイント機能

### 4.1 BM25 に基づく意見内容の発散/収束判定手法

本提案手法は、新規意見投稿が議論を発散方向に導くのか、収束方向に導くのかを、単語重み付けアルゴリズム BM25[Robertson 09] に基づき判定する手法である。BM25 により進行中の議論からキーワードを算出し、新規意見投稿中に存在する単語との一致度を計算することにより、新規意見投稿が議論を発散方向に導くのか、収束方向に導くのかを判定する。

### 【BM25 によるキーワードとスコアの算出】

まず、BM25 を用いて、過去の議論からキーワードとスコアの算出を行う。BM25 は、式 (1)、および式 (2) で表される、文書集合  $D = \{d_1, d_2, \dots, d_n\}$  中の各文書内での単語重み付けを行うアルゴリズムである。式 (1)、および式 (2) は、Web上の議論において、意見投稿を1つの文書  $d_i$  と見なし、投稿内容の中から、重要語とそのスコアを算出する。 $score(e, D)$  は、意見投稿集合  $D$  中の、単語  $e$  の重みスコアを表す。 $f(e, d_i)$  は単語  $e$  が意見投稿  $d_i$  に出現する回数、 $avgdl$  は意見投稿集合  $D$  の平均字数 (平均単語数)、 $|d_i|$  は意見投稿  $d_i$  の字数 (単語数) を表す。BM25 によってスコア付けされた単語の集合  $E = \{e_1, e_2, \dots, e_n\}$  を、キーワード集合  $E$  として扱う。

$$score(e, D) = \sum_{i=1}^n IDF(e) \times \frac{f(e, d_i) \times (k_1 + 1)}{f(e, d_i) + k_1 \times (1 - b + b \times \frac{|d_i|}{avgdl})} \quad (1)$$

$$IDF(e) = \log \frac{N - df(e) + 0.5}{df(e) + 0.5} \quad (2)$$

### 【新規意見投稿のキーワードとの一致判定】

次に、新規意見投稿  $d_{new}$  から名詞を抽出する。その後、 $d_{new}$  から抽出した名詞集合  $W = \{w_1, w_2, \dots, w_n\}$  について、あらかじめ算出したキーワード集合  $E$  との一致判定を行う。本提案手法では、完全一致のみではなく、部分一致も含むものとする。式 (3) は、 $d_{new}$  から抽出した名詞  $w_i$  とキーワード  $e_j$  の長さをそれぞれ  $Length(w_i)$ ,  $Length(e_j)$  としたときの、キーワードとの一致度  $Co(w_i, e_j)$  を定義したものである。すなわち、キーワードとの一致度  $Co(w_i, e_j)$  は、単語  $w_i$  がキー

ワード  $e_j$  と全く一致しない場合は 0、一致する場合は、単語  $w_i$  の長さをキーワード  $e_j$  の長さで割った値となる。例えば、単語  $w_i$  が「戦略」、キーワード  $e_j$  が「企業戦略」である場合、 $Co(w_i, e_j) = 2/4$  となる。

$$Co(W, w) = \begin{cases} \frac{Length(w_i)}{Length(e_j)} & (\text{部分一致または完全一致}) \\ 0 & (\text{otherwise}) \end{cases} \quad (3)$$

#### 【キーワードとの一致度とスコアに基づいた議論ポイント付与】

新規意見投稿  $d_{new}$  中の単語  $w_i$  について、キーワード  $e_j$  との一致度  $Co(w_i, e_j)$  と、キーワードのスコア  $score(e_j, D)$  に基づき、式 (4) ように議論ポイント  $P_{w_i}$  を付与する。  $M_1$ ,  $M_2$  は自由に定めることができるパラメータである。

$$P_{w_i} = \begin{cases} M_1 & (Co(w_i, e_j) = 0) \\ \sum_{j=1}^n score(e_j, D) \times Co(w_i, e_j) \times M_2 & (\text{otherwise}) \end{cases} \quad (4)$$

式 (4) では、新規意見投稿  $d_{new}$  から抽出した名詞  $w_i$  について、キーワード集合  $E$  中のキーワード  $e_j$  と一致していれば、話題に上がっている単語について、議論を取束に向かわせる意見投稿をした功績として、キーワード  $e_j$  のスコア  $score(e_j, D)$  と一致度に基づいた議論ポイントを付与する。また、キーワード集合  $E$  中のキーワードのいずれとも一致していなければ、新たな話題の可能性を提供し、議論を発散に向かわせる意見投稿をした功績として、小程度の議論ポイント  $M_1$  を付与する。前述した通り、 $M_1$ ,  $M_2$  は自由に定めることができるパラメータであるため、議論の発散を重視したい場合は  $M_1$  の値を、議論の取束を重視したい場合は  $M_2$  の値を高く設定すればよい。

$$P_{d_{new}} = \sum_{i=1}^n P_{w_i} \quad (5)$$

式 (5) に示すように、新規意見投稿  $d_{new}$  から抽出した名詞集合  $W$  中の全ての名詞について得た議論ポイント  $P_{w_i}$  の合計が、新規意見投稿の内容を考慮して与えられる議論ポイント  $P_{d_{new}}$  となる。

#### 4.2 議論フェイズに応じたパラメータの遷移

本論文における質の良い意見の定義を踏まえ、各議論フェイズにおける提案手法中のパラメータ  $M_1$ ,  $M_2$  を次のように遷移させる。発散フェイズ:  $M_1 = 0.7$ ,  $M_2 = 20$ 。取束フェイズ:  $M_1 = 0.5$ ,  $M_2 = 25$ 。合意フェイズ:  $M_1 = 0.3$ ,  $M_2 = 30$ 。議論を発散方向に向かわせる名詞には  $M_1$ 、議論を取束方向に向かわせる名詞には  $M_2$  に基づいた議論ポイントが付与される。従って、議論の序盤である発散フェイズでは、議論を発散させる新しい観点の意見を高評価とするために  $M_1$  を高く、 $M_2$  を低く設定した。議論の中盤である取束フェイズでは、新しい観点の意見もある程度評価しつつ、既に出ている話題をより深める意見を高評価とするために、 $M_1$  と  $M_2$  のバランスを同程度にした。また、議論の終盤である合意フェイズでは、合意形成に向かうべく既存の意見を発展させる意見を高評価とするために、 $M_1$  を低く、 $M_2$  を高く設定した。

#### 4.3 意見投稿タイミングに基づく意見投稿の質の判定手法

意見投稿の質は、意見内容だけでなく、意見投稿のタイミングによっても変化し得る。そこで本論文では、一定時間  $t_{s1}$  分の間に新規スレッドが立っていない状態で立てられた新規ス

活動ポイント			
1. 投稿ポイント	投稿を1件行うたびに獲得できるポイント		10 + $P_d$ + $P_s$ points
2. 返信ポイント	返信を1件行うたびに獲得できるポイント		5 + $P_d$ points
3. 賛同ポイント	賛同を1件行うたびに獲得できるポイント		5 points

図 5: 提案手法における活動ポイント

レッドには、議論ポイントのボーナス  $P_{s1}$  を与えることとした。また同様に、素早い返信も意見投稿の質を高める要因である。そこで本論文では、ある投稿がなされてから一定時間  $t_{s2}$  分の間に投稿された返信には、議論ポイントのボーナス  $P_{s2}$  を与えることとした。  $t_{s1}$ ,  $P_{s1}$ ,  $t_{s2}$ , および  $P_{s2}$  の値は自由に設定できるパラメータであるが、本論文では COLLAGREE への導入にあたって、 $t_{s1} = 180$ ,  $P_{s1} = 10$ ,  $t_{s2} = 30$ ,  $P_{s2} = 5$  とした。

#### 4.4 システム全体としての議論ポイント付与方式

4.1 節、4.2 節、および 4.3 節で示した提案手法を踏まえ、COLLAGREE の議論ポイント機能における活動ポイントを、5 のように定義する。投稿ポイントの 10 と返信ポイントの 5 は、それぞれの行動に対して与えられる基礎ポイントである。また、 $P_d$  は 4.1 節と 4.2 節で示した、意見内容が議論フェイズに適しているかどうかの評価ポイントであり、 $P_s$  は 4.3 節で示した、意見投稿タイミングを考慮した、議論ポイントのボーナスである。投稿や返信の基礎ポイントに、意見内容の評価ポイントと投稿タイミングのボーナスポイントを加えた和が、ユーザの獲得ポイントとなる。また、提案手法による議論ポイント機能における、評価ポイントについては、既存手法による議論ポイント機能と同様である。

### 5. 評価実験

#### 5.1 評価実験の概要

本論文では、提案手法の有用性を検証する実験を行った。本実験では、大規模意見集約システム COLLAGREE に本論文の提案手法を導入し、実際に議論を行った。次に実験設定を示す。

【実験設定】参加者数: 96 名, グループ数: 2 グループ, グループ人数: 48 名, 実験期間: 2015 年 11 月 30 日 (月) 午前 10 時~12 月 6 日 (日) 午後 8 時, 議論テーマ: これから必要なネットリテラシー教育とは?, ファシリテータ: 日本ファシリテーション協会 中部支部メンバー 林加代子氏, 調査内容: 本論文の提案手法を用いた議論ポイント機能による参加者活動の活性化の検証, および投稿内容の変化の検証。

本実験ではグループを次のように分け、投稿数、および 1 投稿あたりの平均文字数を比較することにより、本論文の提案手法の有用性を評価した。また、実験終了後に実験参加者にアンケートを行った。

**A グループ** 本論文の提案手法を用いた議論ポイント付与

**B グループ** 投稿内容によらず一定の議論ポイント付与 (既存手法)

A グループでの活動ポイント設定は、図 5 の通りである。A グループでは、基礎ポイントに加え、意見の質の評価点を与えた。  $P_d$  は、意見内容に対する評価値であり、4.1 節と 4.2 節で示した提案手法に基づいたものである。また  $P_s$  は、投稿タイミングに対する評価値であり、4.3 節で示した提案手法に基づ

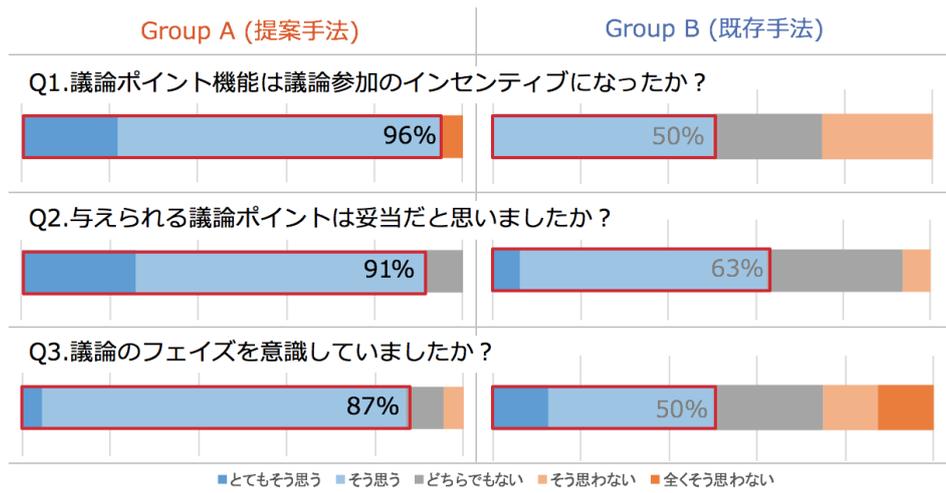


図 6: アンケート結果

いたものである。B グループでの活動ポイント設定は、図 3 の通りである。B グループでは、意見内容に関わらず、各行動に対して一定のポイント付けがなされている。また、評価ポイントについては A グループと B グループで共通であり、図 4 の通りである。

また本実験では、議論ポイントランキングの順位、得点、および貢献度によって、実際に商品 (Amazon ギフト券) を贈呈した。従って本実験は、議論ポイントが仮想の資財ではなく現実の資財とほぼ等しいと言える状況での実験である。商品の贈呈条件を次に示す。議論ポイントランキング 1 位: 2000 円分 (1 名 × 2 グループ)、議論ポイントランキング 2 位: 1000 円分 (1 名 × 2 グループ)、議論ポイントランキング 3 位: 1000 円分 (1 名 × 2 グループ)、その他、議論ポイントを 100 ポイント以上獲得した参加者から抽選: 1000 円分 (4 名 × 2 グループ)。抽選では、議論ポイント 100 ポイントの獲得は最低条件であり、獲得したポイントが多ければ多いほど、当選確率が上がる方式を用いた。

## 5.2 実験結果

本実験では、A グループでは 155 件、B グループでは 122 件の意見投稿を得た。また、1 投稿あたりの平均文字数として、A グループでは 122.8 文字、B グループでは 112.2 文字という結果を得た。どちらについても、提案手法を導入した A グループが 1 番多く、続いて B グループという結果になった。以上の結果から、本提案手法による議論ポイント機能が、既存手法による議論ポイント機能に比べ、ユーザーに意見投稿のインセンティブを与えるのに効果があると言える。

本実験終了後、実験参加者に対してアンケートを行った。アンケートでは、各項目を 5 段階で評価してもらい、各グループでのアンケート結果を比較した。アンケートの結果を図 6 に示す。

「議論ポイント機能は議論参加のインセンティブになったか?」という質問に対し、A グループでは、96%のユーザーから 4 以上の回答を得た。一方 B グループでは、4 以上と回答したユーザーは 50%に留まった。「与えられる議論ポイントは妥当だと思いませんか?」という質問に対しても同様に、A グループ 91%、B グループ 63%という結果を得た。また、「議論のフェイズを意識していましたか?」という質問に対しても同様に、A グループ 87%、B グループ 50%という結果を得た。以上の

結果から、提案手法による議論ポイント機能が、既存手法による議論ポイント機能に比べ、ユーザーに議論参加のインセンティブをより多く与え、また、ユーザーに議論のフェイズを意識した意見投稿を促す効果があると言える。

## 6. まとめ

本論文では、意見投稿の質に基づくインセンティブ機構の提案と、評価実験を行った。既存手法による議論ポイント機能と比較実験を行うことにより、提案手法による議論ポイント機能の有用性を示した。本機能により、ユーザーが議論のフェイズを意識し、議論がよりスムーズに進行することを確認した。

## 参考文献

- [Robertson 09] Stephen Robertson and Hugo Zaragoza : The probabilistic relevance framework: BM25 and beyond, Foundations and Trends R in Information Retrieval, Vol.3, No.4, pp.333-389 (2009).
- [Ito 14] Takayuki Ito, Yuma Imi, Takanori Ito, and Eizo Hideshima : COLLAGREE: Facilitator-mediated Large-scale Consensus Support System, Collective Intelligence 2014 (2014).
- [Ito 15] Takayuki Ito, Yuma Imi, Takanori Ito, and Eizo Hideshima : Incentive Mechanism for Managing Large-Scale Internet-based Discussions on COLLAGREE, Collective Intelligence 2015 (2015).
- [伊美 15] 伊美裕麻, 伊藤孝行, 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 (2015).
- [伊藤 15] 伊藤孝行, 奥村命, 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).