

会話の流れの可視化によるビデオ会議への効果

今井 廉¹ 呉 健朗^{1,2} 富永 詩音¹ 木村 悠児³ 酒井 知尋² 小島 一憲² 宮田 章裕^{3,a)}

受付日 2021年4月14日, 採録日 2021年10月8日

概要: ビデオ会議システムの普及により, 遠隔で会議を行う場面が以前より増加している. 遠隔・対面問わず, 会議では参加者全員の意見を満遍なく取り入れるためにも, 参加者全員に発言の機会を提供することが重要であると考えられる. しかし, 対面会議に比べて, ノンバーバル情報が伝わりにくいビデオ会議では誰から誰に対してどの程度発言が行われたか把握しにくいいため, ファシリテータから一般参加者へ発言機会の提供が十分になされていない可能性がある. この問題の解決を目指し, 我々はビデオ会議における会話の流れを有向グラフを用いてリアルタイムに可視化するシステムを提案する. この提案システムがビデオ会議にもたらす効果を実験を通じて検証を行った. 実験結果から, 提案手法による会話の流れの可視化で, 会議参加者が誰から誰に対してどの程度発言が行われていたか把握しやすくなることが確認された.

キーワード: ビデオ会議, 可視化, 会話, ファシリテーション

Effects of Visualization of the Flow of Conversation on Videoconferencing

REN IMAI¹ KENRO GO^{1,2} SHION TOMINAGA¹ YUJI KIMURA³ TOMOHIRO SAKAI²
KAZUNORI KOJIMA² AKIHIRO MIYATA^{3,a)}

Received: April 14, 2021, Accepted: October 8, 2021

Abstract: With the widespread of videoconferencing systems, we have more opportunities to participate remote meetings than before. Regardless of remote meeting or face-to-face meeting, it is important to provide each participant with an opportunity to express her/his opinion in order to reflect opinions of all the participants in the outcome of the discussion. However, many facilitators tend to fail to provide participants with opportunities for expressing their opinions, because it is difficult to know who spoke to whom and how much in remote settings where non-verbal information is difficult to convey. To address this issue, we propose a system that visualizes the flow of conversation in a videoconference in real time. We conducted an evaluation task, confirming that the proposed system could support users to understand who spoke to whom and how much in videoconferences.

Keywords: videoconferencing, visualization, conversation, facilitation

1. はじめに

ビデオ会議システムが普及するにつれ, 遠隔で会議をす

る機会が増えてきている. 遠隔・対面問わず, 会議では参加者全員の意見を満遍なく取り入れるためにも, 参加者全員に発言の機会を提供することは重要であると考えられる. 会議の場で誰から誰に対してどの程度発言が行われたか可視化されていると, 次のような効果が得られることが期待され, 参加者全員が発言の機会を得られるようになると考えられる.

- ファシリテータが, 誰に対して発言権を与えるべきか判断する際の目安を得られるようになる.
- ファシリテータが, 意見のやりとりが少ない参加者の

¹ 日本大学大学院総合基礎科学研究科
Graduate School of Integrated Basic Sciences, Nihon University, Setagaya, Tokyo 156-8550, Japan

² ソフトバンク株式会社
SoftBank Corp., Minato, Tokyo 105-7529, Japan

³ 日本大学文理学部
College of Humanities and Sciences, Nihon University, Setagaya, Tokyo 156-8550, Japan

a) miyata.akihiro@acm.org

組を把握できるようになる。

- 一般参加者が、自他の発言量を意識するようになる。

対面会議では参加者の顔の向きや座席の位置関係から、誰から誰に対してどの程度発言が行われていたか把握することは容易であると考えられる。しかしながらビデオ会議では、参加者が誰に顔を向けているか分かりにくい。加えて、典型的なビデオ会議システムでは、直近の話者が画面上の目立つ位置に自動的に配置される。これらのことから誰から誰に対してどの程度発言が行われていたか把握することは困難であると考えられる。ビデオ会議において誰から誰に対する発言がどの程度行われているかという情報は、ファシリテータが、自分と参加者間でしか会話をしていないことに気づいてその状況を修正したり、直接会話をしていない参加者同士の会話を促して人間関係の醸成を狙ったりするために利用すると考えられる。もし、誰から誰に対する発言がどの程度行われているか、ファシリテータが把握できなかった場合、特定参加者間での会話が会議の大半を占めてしまい、全員が話し合うことで創出されるはずだったアイデアが得られなかったり、参加者間の人間関係の構築が十分に行えなかったりするという問題が生じると考えられる。

そこで、我々はビデオ会議で誰から誰に対してどの程度発言が行われていたか把握しにくいという問題を解決するため、ビデオ会議における会話の流れを有向グラフを用いてリアルタイムに可視化するシステムを提案する [1], [2]。このシステムは参加者の発言に応じて、参加者の発言を表すエッジを有向グラフ上に追加することで、会話の流れと発言量を可視化するものである。

本稿では、提案システムがビデオ会議に与える効果を検証するために行った実験とその結果について報告する。

2. 関連研究

2.1 会議参加者の行動を分析する研究

会議参加者の発言の意図を推定する試み [3] やファシリテータの行動の分析・分類 [4], [5] などが存在する。これらの研究をもとに、システムによって人と同程度、あるいはそれ以上の会議の円滑化がなされるようになると期待される。実際にシステムが会議のファシリテータを務めている研究 [6], [7] も存在しており、システムによる参加者に向けた指示によって、参加者の参加度に影響を与えたことが示唆されている [6]。Limayem の研究 [7] では、学生を対象として人間のファシリテータによる会議の円滑化とシステムによる会議の円滑化の比較を行っている。実験結果からはシステムも人と同程度の会議の円滑化が行えるか検証されている。

2.2 会議参加者の行動を可視化する研究

会議において参加者全員の意見が取り入れられず、少数

の意見のみで会議が進行するのは好ましくないと考えられる。これに対し参加者の会議への参加度をグラフや数値を用いて可視化することで発言・参加度の均等化を図る研究 [8], [9], [10], [11] がある。研究 [8] では、参加者の会議への参加度、ターンテイキング、笑顔の数、発言の衝突数を可視化している。可視化は、参加度、ターンテイキングなど可視化する対象にあわせて、円グラフや棒グラフといった形式で行われている。検証実験では提案システムによる参加者の会議への参加度に影響を与える効果、ポジティブな感情に影響を与える効果、自身の発言スキルを意識させる効果が明らかになった。研究 [9] では、提案システムが参加者の発言を記録し、それをもとに参加者のスコアを計算している。このスコアは参加者それぞれが所持するタブレット端末上に表示される。提案システムの効果を検証するために行われた実験では、参加者の発言量を均等化する効果が確認された。研究 [10] は、参加者の会議への参加度をタブレット端末上に表示するシステムを提案している。表示の際には参加者を表す四角形および会議参加度の重心を表す円が用いられる。重心を表す円が全参加者の四角形から等距離に位置されるよう参加者に意識させることで、参加度の均等化を図っている。検証実験では提案システムによる発言の衝突機会の減少が確認された。研究 [11] では、参加者の会議への参加度を棒グラフで可視化し、それを空間内のディスプレイ上に投影している。検証実験からは、可視化による参加者間の信頼関係の発展への影響が確認された。研究 [8], [9], [10], [11] だけでなく会議参加者の行動の可視化が注目され数多く行われている。参加者の発言時間のほかに発言回数、発言率、無音率、ターンテイク数 [12], 発言速度 [13], [14], 発言内の単語 [14], [15] といったものが可視化に用いられている。発言回数、発言率、無音率、ターンテイク数を可視化した研究 [12] では、可視化にグラフを用いており、各参加者の会議における行動を一目で把握することができる。検証実験では参加者の主観的評価と議論状況の間に相関が認められた。発言速度を可視化した研究 [13] では、ネイティブスピーカと非ネイティブスピーカが混在する会議においてネイティブスピーカに自身の発言速度を意識させる効果が確認された。

会議後の分析や振り返りを目的としてダイジェスト動画 [16] を作成する試みやネットワーク形式で会議参加者の行動をグラフ化 [17] する試みも存在する。

3. 研究課題

Sacks らの研究 [18] より、コミュニケーション時に発言が衝突すると、ユーザは発言を諦めてしまう傾向にあることが報告されている。多様なモダリティ（例：アイコンタクト）が用いられる対面会議に比べ、ノンバーバル情報が欠落しやすいビデオ会議では、会議参加者は発言の衝突を恐れ、発話交替を能動的に行うことを避ける傾向にあると

考えられる。ファシリテータに名指しされないと発言しない参加者が生じる。その結果、全員が直接意見を交わし合うことが望ましい会議においても、特定参加者間（典型的には、ファシリテータ・各参加者間）での会話が会議の大半を占めてしまうようになる。これにより、全員が話し合うことで創出されるはずだったアイデアが得られなかったり、参加者間の人間関係の構築が十分に行えなかったりするという問題が生じる可能性がある。加えて、典型的なビデオ会議システムでは、発言が行われるたびに参加者映像の配置が更新され、位置関係から誰から誰に対してどの程度発言が行われていたか把握しておくことができず、ファシリテータは適切に会議進行を行えなくなる恐れがある。このように、参加者全員が話し合うことが望ましい会議においては、ファシリテータが会議進行を適切に行えるよう、誰から誰に対してどの程度発言が行われていたか把握できるようにする必要があると考えられる。ここで、既存研究で行われているようにシステムが参加者の行動を分析し、ファシリテータを担うことも可能であるが、人間のファシリテータと同程度に会議を円滑化できる技術は我々が知る限り存在しない。参加者の行動を可視化することで、発言量の均等化を図ることもできる。しかしながら、既存研究では各参加者間の発言量までは分からないため、参加者全体としては発言量を均等化できたとしても、ある参加者間では意見のやりとりがまったく行われない状況が生じてしまう可能性がある。その結果、全員が話し合うことで創出されるはずだったアイデアが得られなかったり、参加者間の人間関係の構築が十分に行えなかったりすると考えられる。このため、会議参加者間の発言の関係を可視化する必要があると考えられるが、既存研究のターンテイキングの可視化では話者交代の順番・回数は把握できても、その2者間の発言量までは把握しにくいままである。会議時の参加者の詳細な行動を確認できる研究もあるが、確認できるのは会議後であり、会議中にはこの問題の解決を図れない。このように、既存研究ではビデオ会議における誰から誰に対してどの程度発言が行われていたか把握しにくいという問題を解決するのに十分である研究は見受けられない。

そこで我々は、ビデオ会議において、誰から誰に対してどの程度発言が行われていたか、参加者が把握しやすくすることを研究課題として設定する。研究対象とする会議は参加者の活発な意見の創出が望ましい、創造会議とする。

4. 提案手法

3章で設定した研究課題を達成するためには、会議参加者が誰に対して発言を行ったかと、各参加者間の発言量を表現する必要がある。我々はこれら2つを可視化する方法として有向グラフに着目した。有向グラフでは、エッジに方向があり、エッジの太さによってエッジの表現する対象の量を表すことができる。我々はそれぞれ、エッジの向き

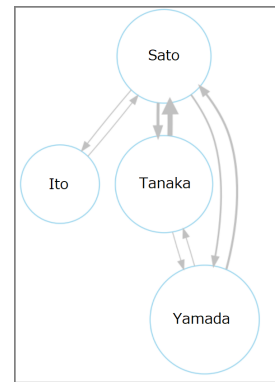


図 1 提案手法により生成されたグラフ
Fig. 1 Graph generated by the proposed system.

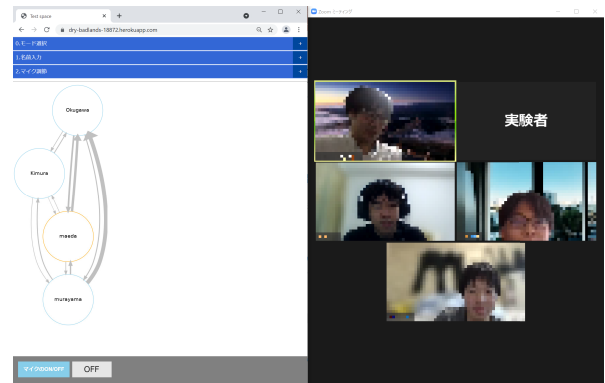


図 2 提案システムの利用例
Fig. 2 An example of using proposed system.

が会議参加者が誰に対して発言を行ったかを、エッジの太さが発言量を表すことで、研究課題を達成することが可能であると考えた。

上記の理由から、我々はビデオ会議におけるユーザ間の会話の流れを、有向グラフを用いてリアルタイムに可視化するシステムを提案する [1], [2]。このシステムは参加者の発言に応じて、参加者の発言を表すエッジを有向グラフ上に追加することで、会話の流れと発言量を可視化するものである。有向グラフのノードが会議参加者、有向エッジが発言を表すものとする。有向グラフは参加者の発言ごとにリアルタイムに更新される。有向エッジは発言者からその発言対象となる参加者に向けて描かれる。システムによって描かれるグラフを図 1 に示す。システムは Web アプリケーションであり、ブラウザ上に有向グラフが表示される図 2。グラフ生成には、Graphviz を利用する。ユーザは有向グラフを確認することでシステムを利用する。表示されるグラフは、ファシリテータ・参加者ともに同一であり、多くの参加者に対して発言を行うほど、グラフの中心に表示される。提案システムの想定利用人数は、話者間の発言量・会話の向きの把握が難しくなると考えられる、4人以上である。

5. 実装

提案システムは、ユーザが普段使用している既存のビデオ会議システムと併用できるように、専用のビデオ会議システムとして実装するのではなく、Web アプリケーションとして実装する。クライアントは Javascript, サーバは Python で実装する。クライアントでは有向グラフの受信・表示、発言時刻・IP アドレスの送信を行う。サーバでは有向グラフの作成・送信を行う。グラフの作成には、グラフ作成ツール Graphviz^{*1}を用いる。5.1 節でクライアントの実装の詳細を、5.2 節でサーバの実装の詳細を述べる。

5.1 クライアント

クライアントは Web ブラウザ上でマイクからユーザの発言開始時刻・発言終了時刻・発言時間を取得する。音声を取得した際に、無音区間が 200 msec 以下の場合には連続音声区間として判定する。連続音声区間の開始時刻を発言開始時刻、終了時刻を発言終了時刻、長さを発言時間とする。取得した発言開始時刻・発言終了時刻・発言時間をユーザが発言を行うたびにサーバへ送信する。サーバからはレスポンスとしてグラフ画像が送信される。受信したグラフ画像は Web ブラウザ上に表示される。

5.2 サーバ

サーバはクライアントから発言開始時刻・発言終了時刻・発言時間を受信する。受信後、グラフの作成を行う。グラフには、ユーザの名前が中心に記述されたノードを描画する。ノードの描画後は、グラフに有向エッジを追加する。有向エッジの追加処理はクライアントから、発言開始時刻・発言終了時刻・発言時間を受信するたびに実行される。有向エッジの描画は次のように行われる。

まず、エッジの起点については現在の発言者の名前が表示されているノードとする。

続いて、エッジの終点を決定する。実際の会議における参加者の発言は直前の発言者のみでなく、過去の一定時間内の発言者に向けた場合もあると考えられる。このため、誰から誰に対して発言が行われたかは、現在の発言者が過去一定時間内の発言者に対して発言を行ったであろうという仮定に基づいて判定する。たとえば、Alice, Bob, Carol の 3 名がいたとして、このとき Alice が発言をした後 Bob が発言した場合、Bob は Alice へ発言したものと見なす。さらにその後 Carol が発言した場合には Carol は Alice, Bob 両名に向けて発言したものと見なす。上記をふまえ、過去の一定時間内の発言者の名前が表示されているすべてのノードをエッジの終点とする。

続いて、エッジで発言量を表現するため、エッジの太さ

に重みづけを行う。重みづけの際にはユーザの発言時間と他者の発言からの経過時間を考慮する。発言時間については、長い発言と短い発言の会議の場への影響力が等価なものであるとは考えにくい。加えて、既存研究においては発言量を表現するために、発言量の変化に合わせてグラフの長さ・大きさを変化させている [9], [12]。そこで、本稿においても、発言時間に比例する重みを各エッジに付与する。他者の発言からの経過時間については、他者の発言の直後に発言を行うほどその相手に対して発言を行った可能性が高いと考えられる。このため、他者の発言からの経過時間が大きくなるほど減衰する重みを付与する。

最後に、サーバは作成したグラフをクライアントへ送信する。

6. 検証実験

6.1 実験の目的

本実験の目的は、提案手法がビデオ会議に与える影響を明らかにすることである。具体的には、次の 2 つへの影響を明らかにする。

- ファシリテータの会議の円滑化のしやすさ
- 一般参加者の会議参加

6.2 実験条件

実験はビデオ会議システムを通じて行った。ビデオ会議システムには Zoom を用いた。実験参加者は 20 代の学生 12 名であり、男性 11 名、女性 1 名という内訳であった。実験参加者には 4 名 1 組のグループになってもらい、ファシリテータ 1 名、一般参加者 3 名の構成で 1 回あたり 20 分間の会議を行ってもらった。全員が 1 度はファシリテータを担うよう、役割を入れ替えつつ 1 グループにつき計 8 回の会議を実施した。提案手法は、発言者に偏りがある会議における問題の解決を狙うものである。このため、このような会議シーンを再現するために、グループ編成の際に同年齢のみのグループができないようにし、発言しにくい参加者が生じるようにした。実験参加者間の年の差は最大 2 歳であった。会議の議題は 8 つ (表 1) 用意し、この中から各会議で重複がないように選択した。本実験では次の

表 1 ビデオ会議の議題

Table 1 Topics of the videoconferencing.

番号	議題
1	ビデオ会議における問題について
2	研究スケジュールの管理方法について
3	聴衆の興味を引く学会発表の仕方について
4	自宅での快適な過ごし方について
5	大地震が起きた後の行動について
6	運動不足の改善について
7	継続する学習方法について
8	対話型エージェントに欲しい機能について

*1 <https://graphviz.org/>

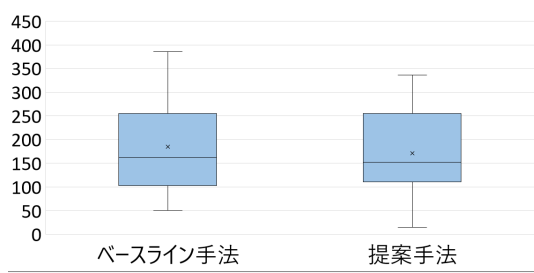


図 3 ファシリテータの発言時間 (sec) (N=12)

Fig. 3 Speaking duration of facilitators (sec) (N=12).

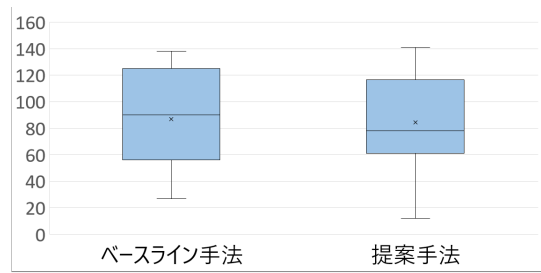


図 4 ファシリテータの発言回数 (回) (N=12)

Fig. 4 Count of facilitator's utterance (times) (N=12).

2つの手法を用いた。

ベースライン手法：ビデオ会議システム (Zoom) のみを用いてビデオ会議を行う。

提案手法：提案手法を用いてビデオ会議を行う。

ベースライン手法では、既存研究で扱われている発言量に関する情報を参加者に提示しなかった。提案手法では、ファシリテータ・一般参加者問わず、参加者全員に可視化内容を表示した。

6.3 実験手順

本実験は、視覚表現がコミュニケーションに与える影響を分析する既存事例 [9], [10], [11], [13] を参考にして設計した。具体的には、各手法で異なる条件は提案手法のグラフが参照できるか否かのみとし、このグラフを表示することの意図 (例：会議進行の円滑化) は実験参加者には秘匿した。加えて、各実験参加者の話題・手法はランダムに決定し、話題・手法の順序効果を相殺した。実験手順は次のとおりである。

Step1：実験者が実験参加者に実験に関する説明を行う。説明内容は議題、会議時間、役割などである。

Step2：実験参加者はいずれかの手法を用いて 20 分間の会議を行う。

Step3：実験参加者はアンケートに回答する。

Step4：Step 2~3 を異なる手法、議題を用いて繰り返す。

Step5：実験参加者の役割を変えて Step 1~3 を行う。実験参加者グループ内の 4 名全員がファシリテータの役を担うまでこの Step を行う。最終的に、実験参加者はファシリテータとして各手法で 1 回ずつ、一般参加者として各手法で 3 回ずつ会議に臨んだ。

6.4 実験結果・考察

6.4.1 ファシリテータ

ファシリテータの各手法における発言時間を図 3 に、発言回数を図 4 に示す。発言回数、発言時間それぞれに対し、対応のある t 検定を行ったものの、有意差は確認されなかった。提案手法による発言時間・回数の増減に一貫性は見られず有意差も確認されなかった。しかしながら今回の実験で、一般参加者が意見を思い浮かばず沈黙が続き、会

議が停滞するシーンがあった。その場合、ファシリテータは発言を促すため意見の整理を行うなどしていた。逆に停滞することなく会議が進行する議題もあった。この場合でもファシリテータはファシリテーションを行っていたが、会議が完全に停滞した場合に比べると発言の機会は減っていたように感じられた。このように、意見が思い浮かびやすい議題かどうかはファシリテータの発言時間・回数の増減に影響を与えた可能性が考えられる。

ファシリテータへのアンケートの回答結果を図 5, 図 6, 図 7, 図 8, 図 9 に示す。回答結果に対してはすべて Wilcoxon の符号順位検定を行っている。Q1 へ 4 以上 (感じた、とても感じた) の回答をした実験参加者の割合は、ベースライン手法で 50%, 提案手法で 83%であった。手法間には 5%水準で有意差が確認された。Q2 へ 4 以上の回答をした実験参加者の割合は、ベースライン手法で 42%, 提案手法で 67%であった。手法間には 5%水準で有意差が確認された。Q3 へ 4 以上の回答をした実験参加者の割合は、ベースライン手法で 33%, 提案手法で 58%であった。手法間に有意差は確認されなかった。Q4 へ 4 以上の回答をした実験参加者の割合は、ベースライン手法で 17%, 提案手法で 75%であった。手法間には 5%水準で有意差が確認された。Q5 へ 4 以上の回答をした実験参加者の割合は、ベースライン手法で 25%, 提案手法で 83%であった。手法間には 5%水準で有意差が確認された。

Q1 の結果から、提案手法の方がファシリテータは会議が円滑に進んだと感じたことが確認された。Q2 の結果からはファシリテータの自己評価が上がることも確認された。一方で、Q4, 5 の結果から提案手法により、誰から誰に対してどの程度発言が行われたか把握しやすくなったにもかかわらず、Q3 の会議の進行を楽に行えたかという問いには手法間で有意差は確認されていない。このことから、ファシリテータは誰に話を振るのか決定する際の目安を得られたとしても会議進行が楽になったと感じるとは限らないと考えられる。この原因としてファシリテータが会議進行のための目安を得てから、実際に誰に話を振るか決定するプロセスに負担を感じた可能性がある。実際のファシリテータへのヒアリングからも“可視化により誰に発言を振るか目安を得られた”という意見が得られた。加えて、“目安

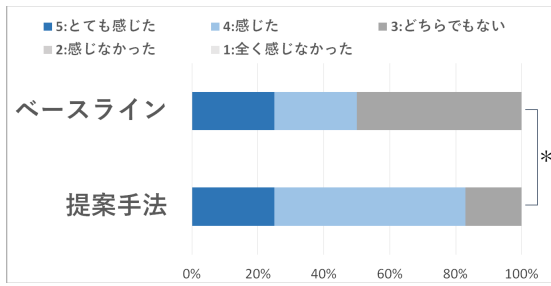


図 5 Q1:会議は円滑に進んだと感じましたかの回答結果 (N=12)
Fig. 5 Distribution of responses to Q1 (N=12).

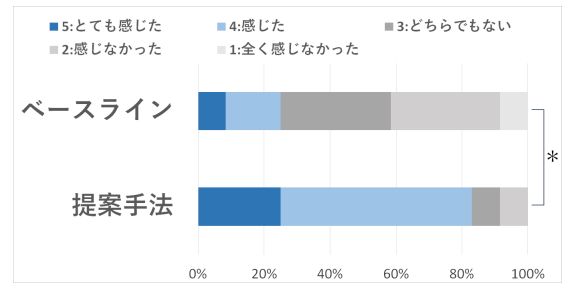


図 9 Q5:会議中、誰から誰に対して発言が行われているか把握できたと感じましたかの回答結果 (N=12)
Fig. 9 Distribution of responses to Q5 (N=12).

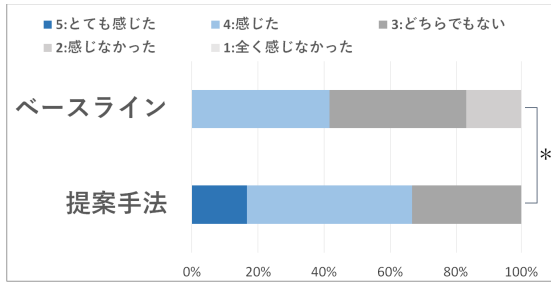


図 6 Q2:うまく会議進行を行えたと感じましたかの回答結果 (N=12)
Fig. 6 Distribution of responses to Q2 (N=12).

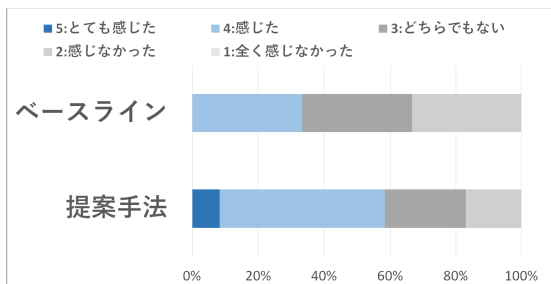


図 7 Q3:会議の進行は楽に行えたと感じましたかの回答結果 (N=12)
Fig. 7 Distribution of responses to Q3 (N=12).

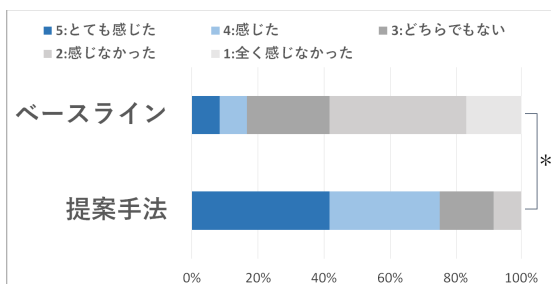


図 8 Q4:参加者の発言の発言量を把握できたと感じましたかの回答結果 (N=12)
Fig. 8 Distribution of responses to Q4 (N=12).

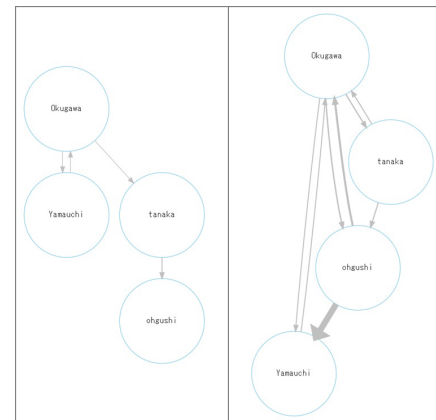


図 10 実験時に生成されたグラフ
Fig. 10 Graph generated by the proposed system in the experiment.

えられる。

アンケートの自由記述からは、“一般参加者が参加者全員に向けて発言することが多いと感じたが、一般参加者2者間での会話は少ないと感じた”, “一般参加者同士の会話が少ないため、あえて名指しをせず一般参加者全員に呼びかけた”, という意見が得られた. 後者のコメントを記述したファシリテータは基本的には必ず指名を行い、発言を促すファシリテーションスタイルであったが、提案手法条件では指名を行わない場合が何度か確認された. このことから提案手法によってファシリテータに気づきを与えることができ、さらには普段と異なるファシリテーション行動を促したことが確認できる. このように、会話の流れの可視化はただファシリテータの会議進行の目安になるだけでなく、ファシリテータの会議進行に新たな可能性をもたらすこともあると期待される.

参加者の発言ごとに更新されるグラフをリアルタイムに提示することで、発言の少ない・行われていない参加者間での発言をファシリテータが促す動きが確認された. 図 10 は、実験時のある会議の開始から5分後(左)・20分後(右)に描かれたグラフである. グラフからは、会議開始5分後ではほとんどのエッジがファシリテータと一般参加者間にあるが、会議開始20分後では、一般参加者間のエッジが

は得られたものの誰に発言を振るかは負担と感じた”という意見も得られている. このため、発言の少ない、参加者ノードや参加者間のエッジを強調表示するなど、システム側が話を振る対象を提案することで初めて、ファシリテータは会議進行を楽だと感じるようになるのではないかと考

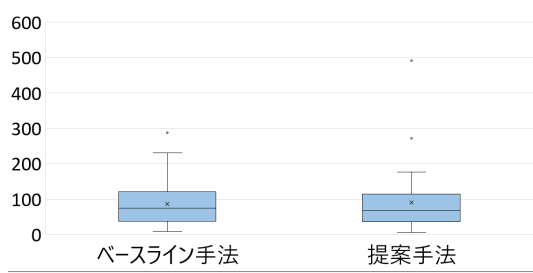


図 11 一般参加者の発言時間 (sec) (N=36)

Fig. 11 Speaking duration of general participants (sec) (N=36).

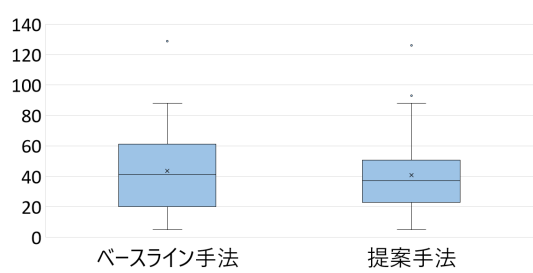


図 12 一般参加者の発言回数 (回) (N=36)

Fig. 12 Count of general participant's utterance (times) (N=36).

増加していることが確認できる。実際に、この会議のファシリテータを務めていた実験参加者は、実験後のヒアリングで“可視化内容を確認したことで、全員に双方向の矢印が出ることを目指して話を振った”と述べていた。さらに、ベースライン手法使用時の様子を人手で分析したところ、全発言の 80.24%がファシリテータと一般参加者間で行われていた。一方、話し合っている参加者の組の偏りを明示化する提案手法使用時は、ファシリテータと一般参加者間の発言は全発言の 63.63%にとどまった。提案手法で、会議中の各時点における参加者間の発言状況を明示的に表示したことにより、ファシリテータが話し合っている参加者の組の偏りをリアルタイムに把握できたため、このような効果が得られたのではないかと考えられる。

今回、実験参加者へのヒアリングから、グラフ表示に対する不都合は確認されなかったものの、今後、より妥当な表示方法がないか検討を続ける必要がある。

6.4.2 一般参加者

一般参加者の各手法における発言時間を図 11 に、発言回数を図 12 に示す。全実験参加者 (12 名) は一般参加者として 3 回会議に臨んでおり、各回でシステムにより発言時間、発言回数が記録されている。発言回数、発言時間それぞれに対し、実験参加者、実験回数を対応させたうえで、t 検定を行った。具体的には、同一実験参加者の同一実験回数における、ベースライン手法と提案手法のデータを対応させている。検定の結果、発言時間、発言回数それぞれについて有意差は確認されなかった。ただし、アンケー

トの自由記述からは提案システムによって自分から話そうという気になった人がいることが確認された。このことから、各ユーザの発言時間、発言回数を提案システムにより増やすことができると考えられる。発言しようという意欲にとどまり、発言を行わなかった理由について今後調査を行い、この問題を解決する手法について検討していく。

一般参加者へのアンケートの回答結果を図 13、図 14、図 15、図 16、図 17、図 18 に示す。全実験参加者 (12 名) は一般参加者として 3 回会議に臨んでおり、各回でアンケートへの回答を行っている。回答結果に対してはすべて Wilcoxon の符号順位検定を行っている。Q1 へ 4 以上 (感じた、とても感じた) の回答をした実験参加者の割合は、ベースライン手法で 58%、提案手法で 89%であった。手法間には 1%水準で有意差が確認された。Q2 へ 4 以上の回答をした実験参加者の割合は、ベースライン手法で 69%、提案手法で 89%であった。手法間には 5%水準で有意差が確認された。Q3 へ 4 以上の回答をした実験参加者の割合は、ベースライン手法で 75%、提案手法で 86%であった。手法間に有意差は確認されなかった。Q4 へ 4 以上の回答をした実験参加者の割合は、ベースライン手法で 28%、提案手法で 50%であった。手法間には 1%水準で有意差が確認された。Q5 へ 4 以上の回答をした実験参加者の割合は、ベースライン手法で 17%、提案手法で 50%であった。手法間には 1%水準で有意差が確認された。Q6 へ 4 以上の回答をした実験参加者の割合は、ベースライン手法で 25%、提案手法で 42%であった。手法間には 1%水準で有意差が確認された。

Q1 から提案手法の方が会議は円滑に進んだと感じることが確認された。Q2 から提案手法の方でより、ファシリテータがうまく会議進行を行っていたと感じることが確認された。Q3 の発言の機会が満身に与えられたかではベースライン手法、提案手法で有意差が確認されなかった。この結果の原因として、会議人数の少なさが考えられる。会議人数に関しては、1 グループ 4 名ということで多くはない。ファシリテータがある程度ファシリテーションを行えば十分に発言権が与えられる人数であると考えられる。このため、今後会議人数を増やして検証を行う必要があると考えられる。Q4、Q5 から一般参加者は提案手法で、より自他の発言量を意識したことが確認された。アンケートの自由記述では“自分の発言量が他者に比べて少ないのを確認し、発言に積極的になった”、“他者の発言量が自分に比べて少なかったため、発言を控えた”という意見が確認された。他者の発言量と自分の発言量の比較が一般参加者の意識に変化をもたらしたことが確認された。しかしながら、“自他の発言量を意識したが、行動に変化はなかった”という意見も確認されている。Q6 から誰から誰に対して発言が行われているのかは提案手法の方でより意識したことが確認された。

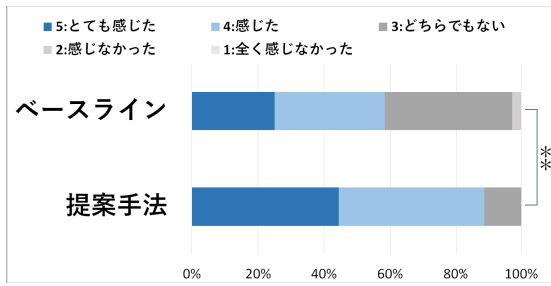


図 13 Q1: 会議は円滑に進んだと感じましたかの回答結果 (N=36)
Fig. 13 Distribution of responses to Q1 (N=36).

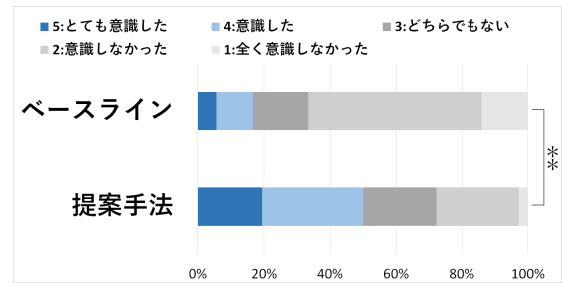


図 17 Q5: 他者の発言量を意識しましたかの回答結果 (N=36)
Fig. 17 Distribution of responses to Q5 (N=36).

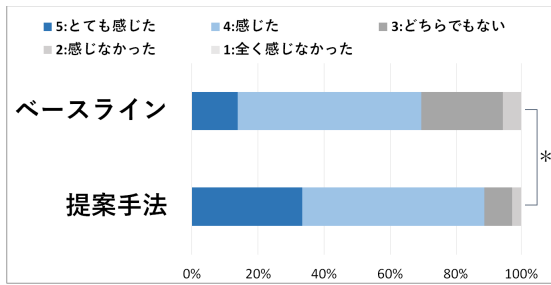


図 14 Q2: ファシリテータはうまく会議進行を行っていたと感じましたかの回答結果 (N=36)
Fig. 14 Distribution of responses to Q2 (N=36).

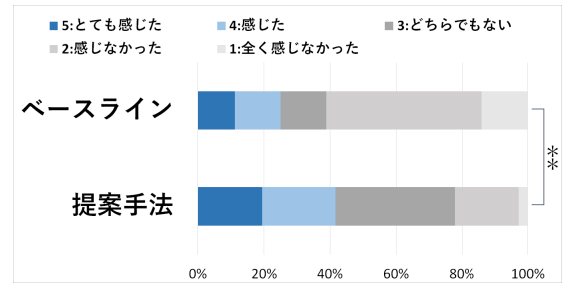


図 18 Q6: 会議中、誰から誰に対して発言が行われているか意識しましたかの回答結果 (N=36)
Fig. 18 Distribution of responses to Q6 (N=36).

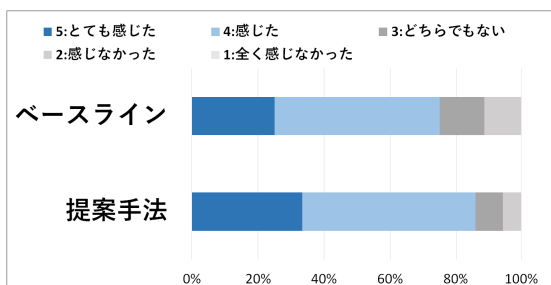


図 15 Q3: ファシリテータから満足に発言機会を与えられたと感じましたかの回答結果 (N=36)
Fig. 15 Distribution of responses to Q3 (N=36).

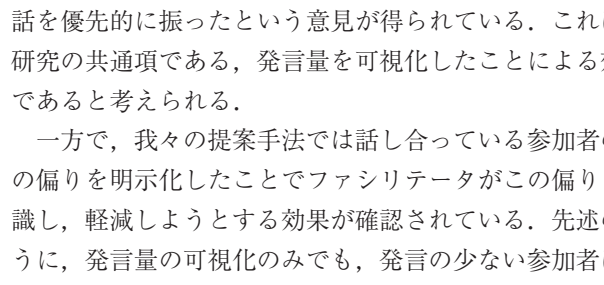


図 16 Q4: 自分の発言量を意識しましたかの回答結果 (N=36)
Fig. 16 Distribution of responses to Q4 (N=36).

6.5 既存研究との比較

提案手法の有効性を確認するため、既存の参加者の行動を可視化する研究との比較を行う。研究 [12] では、アンケートより発言率が低い人へ話を振るという効果が示唆されていた。これに対し、我々の提案手法を用いた実験結果からも、ファシリテータが発言量の低い参加者を確認し、

話を優先的に振ったという意見が得られている。これは両研究の共通項である、発言量を可視化したことによる効果であると考えられる。

一方で、我々の提案手法では話し合っている参加者の組の偏りを明示化したことでファシリテータがこの偏りを意識し、軽減しようとする効果が確認されている。先述のように、発言量の可視化のみでも、発言の少ない参加者は把握できる。しかしながら、発言の少ない参加者の組を把握することは、発言量のみでの可視化では難しいことだと考えられる。

6.6 提案システムによる弊害

本稿の提案システムによる、ビデオ会議への弊害を視認性の観点から議論する。提案システムのウィンドウを PC 画面上に表示することにより、ビデオ会議システムのウィンドウが小さくなる。これにより、参加者の顔映像も小さくなるため、参加者映像の視認性が低下することが予想される。加えて、可視化されたグラフを注視することで、他参加者の顔つきや身振り手振りなどの反応を見逃す可能性がある。

7. 制約

本研究には、(1) 有向グラフのエッジの正確性、(2) 同時利用可能人数に関する制約がある。(1) 有向グラフのエッジの正確性については、エッジの終点・太さを決定する際、発言者は過去一定時間内に発言した人に対して発言したという仮定に基づいている。実際、6.3 節の手順で実施した

全 120 件 (240 分間) の会議内容を人手で分析したところ、ある話者の発言が、直前の話者だけに向けられたケースは約 69%, 直前の話者よりも前の話者達に向けられたケースは約 18%, 全員に向けられたケースは約 13% であった。この結果から、提案手法によるエッジの終点・太さの決定方法には一定の妥当性があると考えられる。しかしながら、これは確率的なアプローチであり、現在話者が誰に向けて話しているか正確に判定できていないわけではない。(2) 同時利用可能人数については、現時点では 1 度描画したエッジは消えないため、会議参加者が多い (おおむね 10 名以上) 場合にはグラフがエッジだらけになってしまい視認性が低下してしまう。古いエッジを非表示にするなどの工夫の余地がある。

8. おわりに

本稿では会話の流れを有向グラフを用いてリアルタイムに可視化するシステムを提案し、ビデオ会議に与える影響の調査を行った。実験結果から提案手法によって、ファシリテータが誰から誰に対してどの程度発言が行われているか把握しやすくなり、会議の円滑化への自身および他者からの評価が高くなる効果が確認された。同様に、一般参加者が誰から誰に対してどの程度発言が行われているか把握しやすくなる効果が確認された。一方で、ファシリテータが楽に会議進行をできるようにする必要や、会議人数が増えた際に、今回確認された提案手法の効果と差異が生じるか検証すべきことが明らかになった。そこで、今後はファシリテータが楽に会議進行を行えるようにするには何をすればよいか検討し、システムの改良を行ったうえで、より多くの人が参加するビデオ会議における、提案手法の効果を検証していく予定である。

参考文献

- [1] 今井 廉, 呉 健朗, 富永詩音, 木村悠児, 酒井知尋, 小島一憲, 宮田章裕: 会話の流れの可視化によるビデオ会議ファシリテーションへの影響, 情報処理学会グループウェアとネットワークサービスワークショップ 2020 論文集, Vol.2020, pp.1–7 (2020).
- [2] 今井 廉, 呉 健朗, 富永詩音, 木村悠児, 酒井知尋, 小島一憲, 宮田章裕: ビデオ会議における会話の流れを可視化するシステムの検討, 情報処理学会インタラクション 2021 論文集, pp.802–805 (2021).
- [3] 河野 進, 相原健郎: グループ会話における発言意図の推定システム, 情報処理学会論文誌, Vol.58, No.5, pp.1113–1123 (2017).
- [4] Clawson, V.K. and Bostrom, R.P.: The facilitation role in group support systems environments, *Proc. 1993 Conference on Computer Personnel Research (SIGCPR 1993)*, pp.323–335 (1993).
- [5] 大本義正, 戸田泰史, 植田一博, 西田豊明: 議論への参加態度と非言語情報に基づくファシリテーションの分析, 情報処理学会論文誌, Vol.52, No.12, pp.3659–3670 (2011).
- [6] Tausczik, Y.R. and Pennebaker, J.W.: Improving teamwork using real-time language feedback, *Proc. International Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI 2013)*, pp.459–468 (2013).
- [7] Limayem, M.: Human versus automated facilitation in the gss context, *ACM SIGMIS Database: The DATABASE for Advances in Information Systems*, Vol.37, pp.156–166 (1993).
- [8] Samrose, S., Zhao, R., White, J., Li, V., Nova, L., Lu, Y., Ali, M.R. and Hoque, M.E.: Coco: Collaboration coach for understanding team dynamics during video conferencing, *Proc. ACM on Interactive, Mobile, Wearable and Ubiquitous Technologies*, Vol.1, pp.1–24 (2018).
- [9] Adachi, H., Myojin, S. and Shimada, N.: Scoringtalk: A tablet system scoring and visualizing conversation for balancing of participation, *Proc. SIGGRAPH Asia 2015 Mobile Graphics and Interactive Applications (SA 2015)*, pp.1–5 (2015).
- [10] Kim, T., Chang, A., Holland, L. and Pentland, A.S.: Meeting mediator: Enhancing group collaboration using sociometric feedback, *Proc. 2008 ACM Conference on Computer Supported Cooperative Work (CSCW 2008)*, pp.457–466 (2008).
- [11] Dimicco, J.M., Pandolfo, A. and Bender, W.: Influencing group participation with a shared display, *Proc. 2004 ACM Conference on Computer Supported Cooperative Work (CSCW 2004)*, pp.614–623 (2004).
- [12] 岡澤大志, 大山涼太, 石川誠彬, 望月俊男, 江木啓訓: 発言状況のリアルタイム可視化が議論への参加意欲に及ぼす影響, GN Workshop 2018 論文集, Vol.2018, pp.1–6 (2018).
- [13] Duan, W., Yamashita, N. and Fussell, S.R.: Increasing native speakers'awareness of the need to slow down in multilingual conversations using a real-time speech speedometer, *Proc. ACM on Human-Computer Interaction*, Vol.3, pp.1–25 (2019).
- [14] Mathur, P. and Karahalios, K.: Visualizing remote voice conversations, *Proc. CHI'09 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems (CHI 2009)*, pp.4675–4680 (2009).
- [15] Leshed, G., Perez, D., Hancock, J.T., Cosley, D., Birnholtz, J., Lee, S., McLeod, P.L. and Gay, G.: Visualizing real-time language-based feedback on teamwork behavior in computer-mediated groups, *Proc. International Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI 2009)*, pp.537–546 (2009).
- [16] 宮田章裕, 林 剛史, 福井健太郎, 重野 寛, 岡田謙一: 思考状態と発言停止点を利用した会議の動画ダイジェスト生成支援, 情報処理学会論文誌, Vol.47, No.3, pp.906–914 (2006).
- [17] 根本啓一, 高橋正道, 堀田竜士, 林 直樹: 時間区間ごとの発言順序ネットワーク構造に着目したワールドカフェ型のダイアログの計測と評価, 情報処理学会論文誌, Vol.57, No.1, pp.248–259 (2016).
- [18] Sacks, H., Schegloff, E.A. and Jefferson, G.: A Simplest Systematics for the Organization of Turn-Taking for Conversation, *Language*, Vol.50, No.4, Part 1, pp.696–735 (1974).
- [19] 玉木秀和, 東野 豪, 小林 稔, 井原雅行, 岡田謙一: 遠隔会議における発言衝突低減手法, 情報処理学会論文誌, Vol.53, No.7, pp.1797–1806 (2012).



今井 廉 (学生会員)

2021年日本大学文理学部情報科学科卒業。同年日本大学大学院総合基礎科学研究科博士前期過程に進学。ヒューマンコンピュータインタラクションの研究に従事。



小島 一憲 (正会員)

2005年からソフトバンク株式会社にて約10年ネットワークエンジニアとして企画/設計/構築業務を担当。2015年からITインフラ全般の研究開発部門の管理職に従事し、以来現職。



呉 健朗 (正会員)

2020年日本大学大学院総合基礎科学研究科博士前期課程修了。同年SoftBank株式会社入社。2021年より日本大学大学院総合基礎科学研究科博士後期課程に進学、現在に至る。2017年VR学会サイバースペース研究賞、

2018年情報処理学会GN研究賞、山下記念研究賞。



宮田 章裕 (正会員)

2005年日本電信電話株式会社入社。2008年慶應義塾大学大学院博士課程修了。2016年日本大学文理学部情報科学科准教授、2021年より教授。HCI、アクセシビリティの研究に従事。情報処理学会2017年度・2018年度論文賞、

ACM、日本VR学会、HI学会、日本DB学会各会員。博士(工学)。本会シニア会員。



富永 詩音

2021年日本大学大学院総合基礎科学研究科博士前期課程修了。ヒューマンコンピュータインタラクションの研究に従事。2018年情報処理学会DICOMO2018最優秀プレゼンテーション賞。



木村 悠児 (学生会員)

日本大学文理学部情報科学科に在学。ヒューマンコンピュータインタラクションの研究に従事。



酒井 知尋 (正会員)

1999年日本テレコムデータ(現、ソフトバンク株式会社)入社。ITエンジニアとしてWeb開発に従事。2004年よりネットワークエンジニアとして企画/設計/構築業務を担当。2019年よりITインフラ全般の研究開発部門に

従事し、以来現職。