

ビデオ会議における会話の流れの 可視化効果の調査

令和2年度 卒業論文

日本大学 文理学部 情報科学科 宮田研究室

今井 廉

概要

ビデオ会議システムが普及してきており，リモートワークなどオンラインで議論する機会が以前より増加してきている．ファシリテータによる会議の円滑化は対面会議のみならず，ビデオ会議でも重要である．ところが，ビデオ会議では視線方向・頷きなどの情報が伝達されにくいいため，会議参加者にとって他者の発言・反応が誰に対するものなのか把握しにくく，記憶にも残りにくいと考えられる．こうした背景から対面での会議に比べビデオ会議の円滑化はファシリテータにとって困難である．本研究ではファシリテータによる会議の円滑化を支援するため，会議参加者の会話の流れに着目し，有向グラフを用いて会話の流れをリアルタイムに可視化する手法を提案する．提案システムがビデオ会議に与える効果を検証実験によって調査した．

本稿の貢献は次の通りである．

- ビデオ会議において会話の流れを可視化するシステムの提案を行ったこと
- 上記のシステムを構築したこと
- 提案システムがビデオ会議に与える効果を検証する実験を行ったこと

目次

第1章	序論	1
1.1	研究の背景	2
1.2	研究の目的	2
1.3	本論文の構成	2
第2章	会議支援に関する研究事例	3
2.1	会議の参加者へ支援を行う研究	4
2.2	システムによる会議の円滑化を目指す研究事例	5
第3章	研究課題	6
3.1	問題の定義	7
3.2	研究課題の設定	8
第4章	会話の流れを可視化するシステムの提案	9
4.1	アプローチ	10
4.2	会話の流れを可視化するシステムの提案	10
第5章	会話の流れを可視化するシステムの実装	12
5.1	システムの全体像	13
5.2	クライアント部の実装	13
5.3	サーバ部の実装	14
第6章	評価実験	16
6.1	実験の目的	17
6.2	実験の概要	17
6.3	実験の手順	18
6.4	実験結果・考察	19
6.4.1	発言時間・発言回数	19
6.4.2	ファシリテータへのアンケート	21
6.4.3	一般参加者へのアンケート	24
第7章	結論	27
	謝辞	29

参考文献	31
研究業績	34

図 目 次

4.1	可視化グラフの概念図	11
5.1	システムの全体像	13
5.2	システムイメージ	14
5.3	発言時刻による重みづけの概念図	15
6.1	実験時のウインドウの配置 (画面左半分 : 提案システムウインドウ (Google Chrome), 画面右半分 : Zoom ウインドウ)	17
6.2	ファシリテータ用アンケート Q1 の回答結果 (N = 2)	21
6.3	ファシリテータ用アンケート Q2 の回答結果 (N = 2)	21
6.4	ファシリテータ用アンケート Q3 の回答結果 (N = 2)	21
6.5	ファシリテータ用アンケート Q4 の回答結果 (N = 2)	22
6.6	ファシリテータ用アンケート Q5 の回答結果 (N = 2)	22
6.7	ファシリテータ用アンケート Q6 の回答結果 (N = 2)	22
6.8	一般参加者用アンケート Q1 の回答結果 (N = 6)	24
6.9	一般参加者用アンケート Q2 の回答結果 (N = 6)	24
6.10	一般参加者用アンケート Q3 の回答結果 (N = 6)	24
6.11	一般参加者用アンケート Q4 の回答結果 (N = 6)	25
6.12	一般参加者用アンケート Q5 の回答結果 (N = 6)	25
6.13	一般参加者用アンケート Q6 の回答結果 (N = 6)	25
6.14	一般参加者用アンケート Q7 の回答結果 (N = 6)	26

表 目 次

6.1	ビデオ会議の条件	17
6.2	ファシリテータへのアンケート項目	18
6.3	一般参加者へのアンケート項目	18
6.4	実験参加者の発言時間 (sec)	19
6.5	各グループの発言時間合計 (sec)	19
6.6	実験参加者の発言回数 (回)	20

第1章 序論

1.1 研究の背景

人は、文化を創り、発展させ、それを後世に伝えるというサイクルを繰り返すことで現在の繁栄を手に入れた。この壮大な営みは、到底「個」の人間だけで実現できるものではない。人々は、互いに意思疎通を行い、知識・経験を共有し、問題解決への糸口を協力して模索し、力を合わせて困難を克服してきた。互いに異なる「個」が、このような協同作業を遂行する過程で重要な役割を果たしているのが、コミュニケーションである。

通信技術の発展とともにコミュニケーションは対面のみならず、遠隔地点間でも行われるようになった。最近ではビデオ会議システムが普及してきており、リモートワークなどオンラインで議論をする機会が以前より増加してきている。一般的な会議では、参加者に発言を促したり話の流れをまとめたりして会議全体の円滑化を行う、ファシリテータという役割が設けられることが多い。ファシリテータによる会議の円滑化は、対面会議・ビデオ会議問わず行われているが、一般的にビデオ会議のような分散環境で行われる会議の円滑化は対面会議と比べて難しいことが知られている [1]。ビデオ会議の円滑化が難しい一因として、ノンバーバル情報の欠落が考えられる。特にビデオ会議では視線方向・傾きなどの情報が伝達されにくいため、会議参加者にとって他者の発言・反応が誰に対するものなのか把握しにくく、記憶にも残りにくいと考えられる。これではファシリテータは会議全体の流れを追ったり、発言をまとめたりすることは難しく、会議の円滑化は困難である。

1.2 研究の目的

既存研究では会議支援のため会議参加者の行動の可視化が行われているが、その多くが対面会議を想定している。そのためビデオ会議の支援、特に会議参加者の行動の可視化による、ビデオ会議全体への効果の検証はなされていない。よって本研究の目的は、会議参加者の行動の可視化によるビデオ会議への影響を明らかにすることである。

1.3 本論文の構成

本論文の構成は次のとおりである。2章では、会議支援に関する既存の研究事例について述べる。3章では、既存研究における問題を定義し、それを踏まえた上で研究課題を設定する。4章では、3章で設定した研究課題を達成するためのアプローチとして、会話の流れを可視化するシステムを提案する。5章では、会話の流れを可視化するシステムの概要および詳細について述べる。6章では、行った検証実験の目的、条件、手順を述べ、実験結果の分析・考察を行う。最後に7章にて、本論文の結論を述べる。

第2章 会議支援に関する研究事例

本章では、会議参加者支援に関する研究事例について述べる。2.1 節では、会議参加者へ支援を行う研究事例について紹介する。2.2 節では、システムによる会議の円滑化を目指す研究事例について紹介する。

2.1 会議の参加者へ支援を行う研究

本節では会議の参加者へ支援を行う研究事例について述べる。会議において会議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。これに対し会議参加者の発言・参加度の均等化を試みる研究が存在する。研究 [2][3] は会議において立場の違いや自身の性格により意見を表明しづらい会議参加者を支援する試みである。研究 [2] では、会議の際に他の会議参加者から見えることのない、スリッパを履いた足を動かすだけで匿名のまま肯定・否定意見を表明できるシステムが構築されている。研究 [3] では、発言してほしい会議参加者を匿名で指名できるシステムが構築されている。会議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 [4][5][6][7] もある。研究 [4] では、会議参加者の参加度、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会議参加者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 [5] では、提案システムが会議参加者の発言を記録し、それをもとに会議参加者のスコアを計算している。このスコアは会議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、会議参加者の発言量を均等化する効果が確認された。研究 [6] は、会議参加者の参加度携帯端末上に表示するシステムを提案している。表示の際には会議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。重心を表す円が全会議参加者の四角形から等距離に位置されるよう会議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。[7] では、会議参加者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、可視化による会議参加者間の信頼関係の発展への影響が確認された。研究 [4][5][6][7] のみならず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。会議参加者の発言時間の他に発言回数、発言率、無音率、ターンテイク数 [8]、発言速度 [9][10]、発言内の単語 [10][11] 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 [8] では、可視化にグラフを用いており、各会議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。検証実験では会議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 [9] では、ネイティブスピーカーと非ネイティブスピーカーが混在する会議においてネイティブスピーカーに自身の発言速度を意識させる効果が確認された。

会議の支援を行う研究は概ねシステムが会議参加者に対し、何らかの情報を提示するがフィードバックを行う対象や形式についての調査を行っている研究 [12] も存在する。研究 [12] では視覚によるフィードバックよりも触覚によるフィードバックの方がターンテイキ

ングを促すこと、潜在的話者に対してフィードバックを行うよりも、全ての会議参加者、現行話者に対してフィードバックを行う方がターンテイキングを促すことが示唆されている。

会議参加者の行動の可視化をリアルタイムに行う研究だけでなく、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 [13] 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 [14] する試みも存在する。

ビデオ会議においても会議の支援を行う研究が行われている。分散環境においては、場を共有する多人数対遠隔地の少人数という形態も珍しくなく、少人数側の存在感が薄くなってしまうという問題が度々取り上げられてきた [15][16]。研究 [15] では、発話要求と発話終了のタイミングを会議参加者のジェスチャから検出し、それらを音により各会議参加者に対して通知している。研究 [16] では、会議参加者が会議の司会者に対して、「発言したい」、「共感した」といった簡単な意思を伝えることができる会議支援ツールを作成している。

2.2 システムによる会議の円滑化を目指す研究事例

本節ではシステムによる会議の円滑化を目指す研究について述べる。システムによる適切な会議の円滑化が行えた場合、ビデオ会議などの人間のファシリテータによる会議の円滑化が困難であるシーンにおいて優れた手段となり得ると考えられる。システムが適切な会議の円滑化を行うためには会議参加者の行動の推定・把握する必要がある。将来的なシステムによる会議の円滑化のための準備段階として様々な研究が行われている。会議参加者の発言の意図を推定する試み [17] やファシリテータの行動の分析・分類 [18][19] などが存在する。これらの研究をもとにシステムによる人と同程度あるいは人以上の会議の円滑化がなされるようになることが期待される。実際にシステムがファシリテータを務めている研究 [20][21] も存在しており、システムによる会議参加者に向けた指示によって、会議参加者の参加度に影響を与えたことが示唆されている [20]。Limayem らの研究 [21] 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ということが示唆された。

第3章 研究課題

3.1 問題の定義

ファシリテータにとって会議が滞ることは望ましくない。会議が滞らないように、ファシリテータは会議の円滑化を行うが、それには何らかの判断材料が必要である。例えば、オフラインの対面会議であれば、会議参加者はお互いに実空間を共有しているため、視線、姿勢、ジェスチャといったノンバーバル情報から、ファシリテータは参加者の参加度の把握、参加意欲の推測ができると考えられる。このようなノンバーバル情報の把握は会議の質を向上させるためにも重要である [22]。ところがビデオ会議ではノンバーバル情報の欠落が生じてしまう。ファシリテータが会議参加者の発言、行動が誰に向けたものなのか、会議参加者の発言の順序関係にどういった傾向があるかを把握することは難しく、記憶にも残りにくいと考えられる。結果的にファシリテータは判断材料が乏しい状態で会議の円滑化に努めなければならない。

この問題に対して、既存研究で行われているように、会議参加者の行動の可視化 [4][5][6][8][9][10][11][14] を行うことでファシリテータに判断材料を提供することも可能である。研究 [4][5][6] では、可視化内容を見ることでファシリテータは会議参加者の会議への参加度を把握し、これに基づいて参加者の参加度の均等化が行える。参加者の発言関係は把握しにくいため、一部の会議参加者間のみ発言のやり取りが多くなってしまうことが危惧される。研究 [8] では、発言量の他に無音率、話者交代回数を可視化している。話者交代の可視化により会議の流れを把握できると思われるが、ビデオ会議における会議参加者の行動、発言が誰に向けたものなのかは依然把握しにくく、ファシリテータの記憶にも残りにくいままであると考えられる。研究 [9][10] では、発言速度を可視化しており、ファシリテータは会議参加者の発言速度の把握はできるが、会議参加者の発言関係は把握しにくい。研究 [11] はチャットベースの会議を想定したシステムであり、音声が多く用いられるビデオ会議の場での効果は定かでない。研究 [14] では発言量、発話順に領きといった身体動作を含めて可視化しているが、会議の場でのリアルタイムの運用には至っていない。システムによる会議の円滑化を目指す研究 [17][19][20] をビデオ会議の場で用いることも考えられる。しかし、研究 [17][19] では準備段階であり会議の円滑化をリアルタイムで行うシステムの作成には至っていない。研究 [20] では、システムと人それぞれによる会議の円滑化の比較はなされていないおらずシステムが人と同程度の会議の円滑化が行えるか明らかにされていない。研究 [21] では、システムによる人と同程度の会議の円滑化が可能であることが示唆されたが、論文内でも述べられているようにシーンが限定的であり、この知見が一般化できるかは定かでない。上記より、ビデオ会議における会議の円滑化に関する問題は次のように定義できる。

問題 1：ファシリテータによる会議の円滑化のための判断材料が乏しい

問題 2：ビデオ会議において参加者の行動の可視化による効果は明らかにされていない

3.2 研究課題の設定

3.1 節で定義した問題をふまえ，次の要件を満たす，ビデオ会議においてファシリテータによる会議の円滑化を支援するシステムの構築，その効果の検証を研究課題として設定する．

- ビデオ会議参加者の発言関係を可視化する．
- ビデオ会議参加者の発言量を可視化する．

第4章 会話の流れを可視化するシステムの 提案

4.1 アプローチ

本研究ではユーザの発言方向・発言回数・発言時間を総じて会話の流れと定義する。3.2節で設定した課題を達成するために、本研究では会話の流れを可視化するというアプローチをとる。会話の流れを可視化することにより、ファシリテータは会議参加者間でどのような発言順序の傾向があるか、どの会議参加者間で発言過多・発言過少であるか、といった会議の円滑化のための判断材料を獲得できると考えられる。

4.2 会話の流れを可視化するシステムの提案

会話の流れを有向グラフを用いて可視化するシステムを提案する。有向グラフでは、エッジに方向がある。また、エッジの重みによってエッジが表現する対象の量を表すことができる。このため、有向グラフは会議参加者の発言方向、発言回数、発言時間を一度に可視化できると考えられる。以上より、本研究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手法を提案している [23]。有向グラフでは、発言者からその発言の相手に対してエッジを描く。可視化グラフの概念図を図 4.1 に示す。

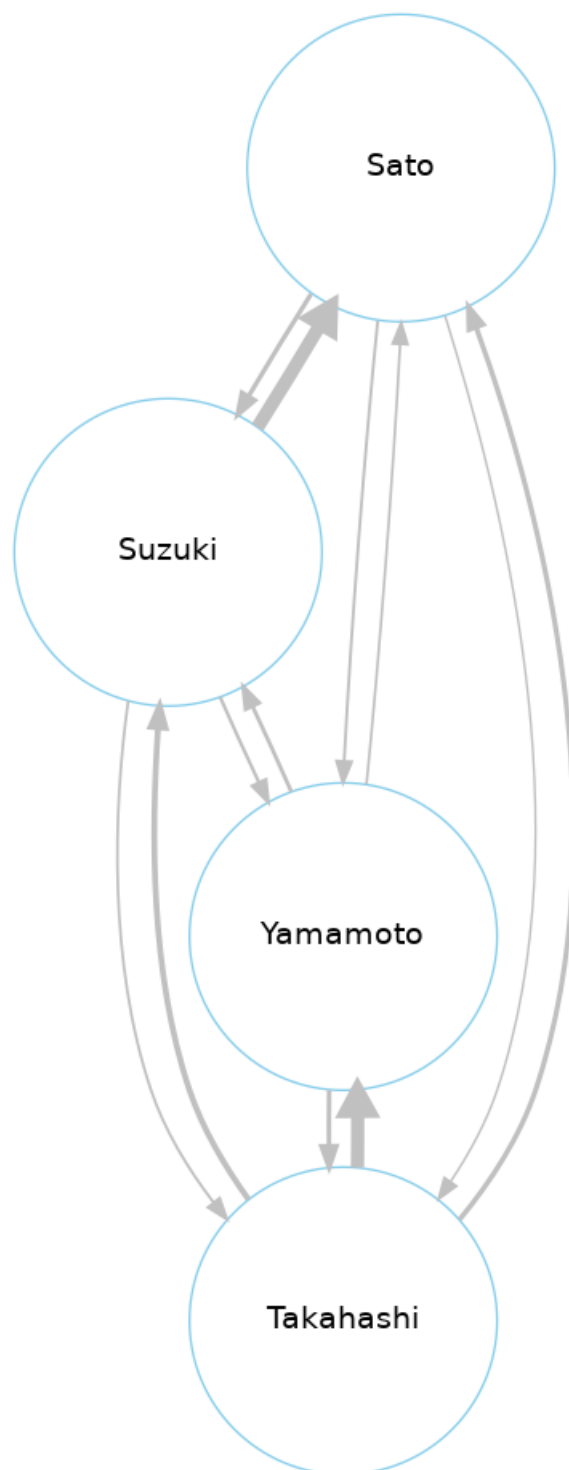


図 4.1: 可視化グラフの概念図

第5章 会話の流れを可視化するシステム の実装

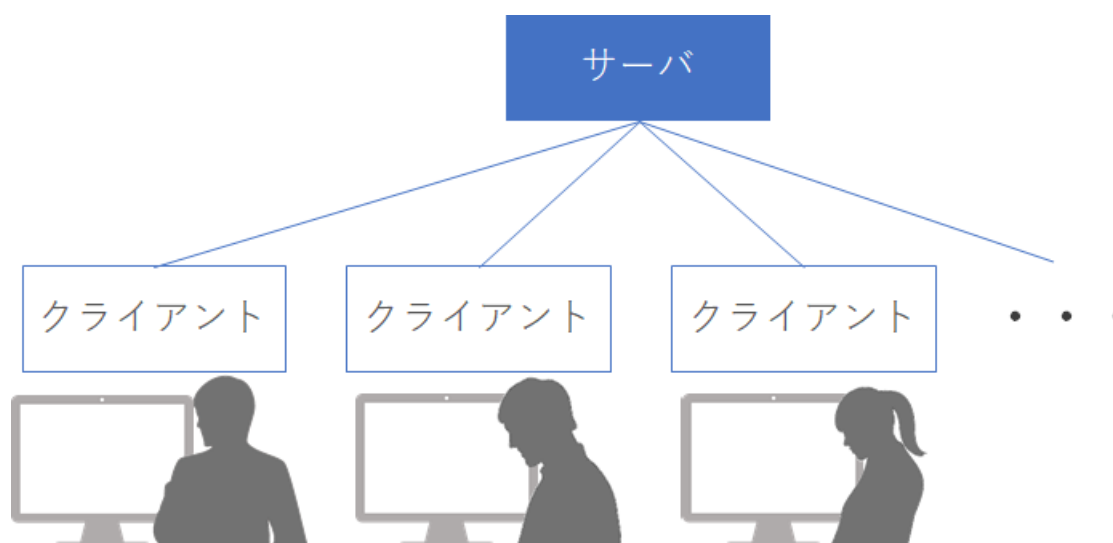


図 5.1: システムの全体像

5.1 システムの全体像

システムの全体像を図 5.1 に示す。提案システムは、クライアント部とサーバ部から構成されている。クライアント部は JavaScript、サーバ部は Python(ver. 3.7.3) で実装を行う。グラフ作成には Graphviz を用いる。クライアント、サーバ間は双方向通信を行う。現在は多様なビデオ会議システムが用いられているため、それらのビデオ会議システムと併用できるように、システムは Web ブラウザ上で動作するようにする。システムは、ユーザの発言により有向グラフを生成する。生成したグラフをシステムが Web ブラウザ上に表示することで、ユーザに可視化内容を提示する。システムイメージを図 5.2 に示す。グラフのノードは参加者を表しており、エッジの向きは誰に対する発言かを、エッジの太さは発言量を表している。クライアント部では、音声の取得、発言開始終了時刻の送信、グラフの出力を行う。サーバ部では、発言開始終了時刻の受信、グラフの生成、グラフの送信を行う。5.2 節にてクライアント部、5.3 節にてサーバ部の詳細な説明を行う。

5.2 クライアント部の実装

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・発言時間をサーバへと送信する。サーバへの送信後、レスポンスとしてサーバからグラフ画像が送信される。受信したグラフ画像を Web ブラウザ上に表示する。

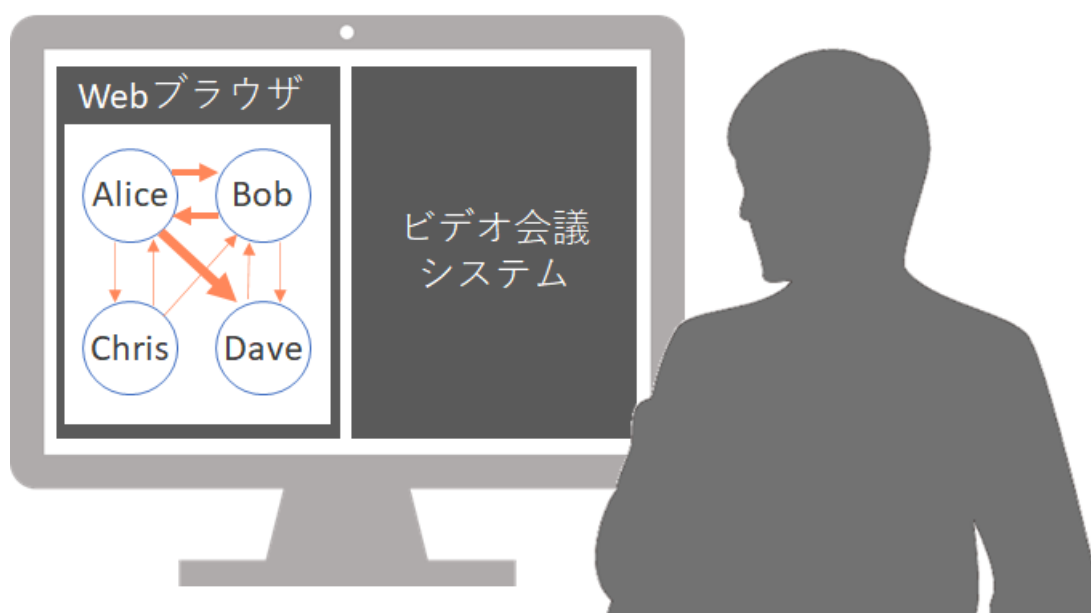


図 5.2: システムイメージ

5.3 サーバ部の実装

サーバはクライアントから発言開始時刻・発言終了時刻を受信する。受信後、グラフの生成を行う。グラフには、サーバに接続しているクライアントをノードとして描画する。各ノードがどのクライアントのものか区別するため、ノードの中にはクライアントの名前を表示する。会話の流れを表現するため、グラフに有向エッジを描画する。有向エッジの描画アルゴリズムは下記のとおりである。最後に、サーバは生成したグラフをクライアントへ送信する。

エッジの描画アルゴリズム

エッジの起点

エッジの起点は現在の発言者の名前が表示されているノードとする。

エッジの終点

先行研究 [23] では現在の発言者が直前の発言者に対して発言を行ったものとみなしていた。このため、直前の発言者の名前が表示されているノードをエッジの終点としていた。しかしながら、実際の会議における会議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。このことから現在の発言者が過去の一定時間内の発言者全員に向けて発言を行ったものとみなすことにする。以上を踏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全てのノードをエッジの終点とする。

エッジの太さ

有向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。重みづけの際の基準は次のとおりである。

発言回数・発言時間

発言の回数が多いほど、発言量も多いとみなせると考えられる。このため発言回数による重みづけを行う。また、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ことから、発言時間に比例する重みを付与する。

発言時刻

サーバは会議参加者の発言終了時刻を記録しておく。サーバはクライアントから新たに発言開始時刻・発言終了時刻を受信した際、記録してある過去の発言終了時刻と受信した発言開始時刻の差 (sec) を求める。この差が大きくなるほど減衰する重みを付与する。この概念を図 5.3 に示す。

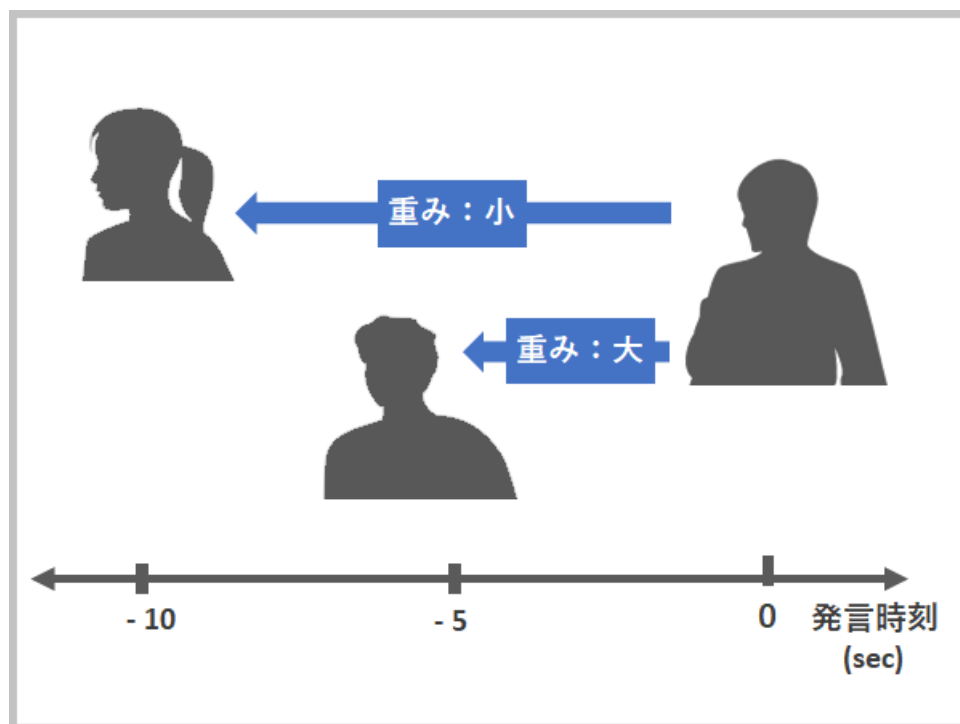


図 5.3: 発言時刻による重みづけの概念図

第6章 評価実験

表 6.1: ビデオ会議の条件

項目	内容
会議時間	20 分
議題	コロナ禍の生活の向上について
ビデオ会議システム	Zoom[24]
役割	ファシリテータ 1 名, 一般参加者 3 名
ウインドウの配置	図 6.1 を参照
制約	会議中カメラ, マイクは常に ON の状態

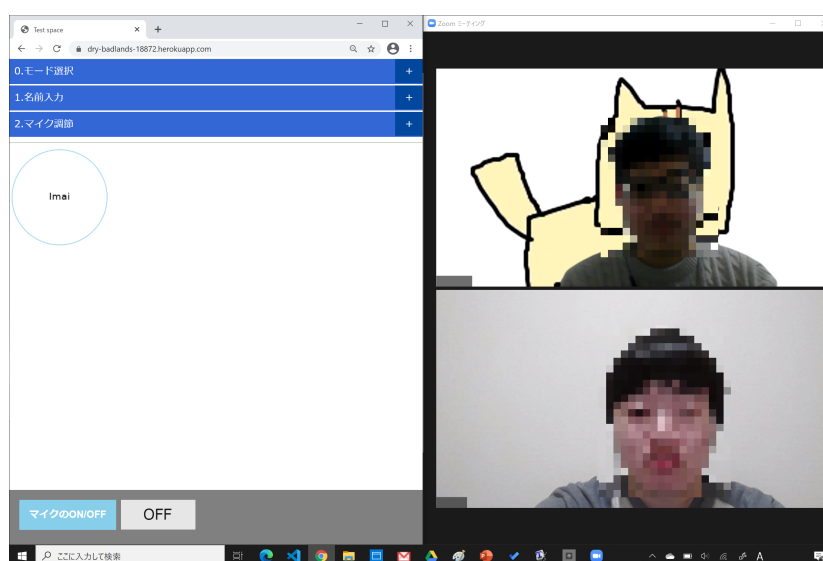


図 6.1: 実験時のウインドウの配置
(画面左半分: 提案システムウインドウ (Google Chrome), 画面右半分: Zoom ウインドウ)

6.1 実験の目的

会話の流れの可視化がビデオ会議に与える影響を調査することを実験の目的とする。

6.2 実験の概要

本実験の参加者は 8 名 (社会人男性 1 名, 男子大学生 7 名) であった。実験では次の 2 つの手法を用いた。

表 6.2: ファシリテータへのアンケート項目

質問番号	質問内容
Q1	会議は円滑に進んだと感じましたか
Q2	会議進行を上手に行えたと感じましたか
Q3	参加者の発言量を把握できたと感じましたか
Q4	参加者の発言の順序関係を把握できたと感じましたか
Q5	参加者に発言機会を均等に与えられたと感じましたか
Q6	会議で妥当な結論に到達できたと感じましたか

表 6.3: 一般参加者へのアンケート項目

質問番号	質問内容
Q1	会議は円滑に進んだと感じましたか
Q2	ファシリテータが会議進行を上手に行えていると感じましたか
Q3	発言機会を満足に与えられたと感じましたか
Q4	自分の発言量を意識しましたか
Q5	他者の発言量を意識しましたか
Q6	会議参加者の発言の順序関係を意識しましたか
Q7	会議で妥当な結論に到達できたと感じましたか

- ベースライン手法：提案システムを用いずビデオ会議を行う。
- 提案手法：提案システムを用いてビデオ会議を行う。

実験参加者にはビデオ会議を行える、環境音の少ない環境から実験に参加してもらった。その際、同一空間に実験参加者同士がいることはなかった。実験では実験参加者には4人1グループとして、先述の各手法で20分間のビデオ会議を1回ずつ行ってもらった。ビデオ会議の条件を表6.1に示す。各ビデオ会議後にはアンケートに回答してもらった。実験の最後には非構造化インタビューを行った。ファシリテータ用のアンケート項目を表6.2、一般参加者用のアンケート項目を表6.3に示す。アンケートには5段階のリッカート尺度（1：全く感じなかった～5：とても感じた）で回答してもらった。

6.3 実験の手順

実験は次の手順で実施した。

Step1：実験者が実験参加者にビデオ会議の条件（表6.1）、PC上のウィンドウの配置、提案システムの利用手順の説明を行う。

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。

表 6.4: 実験参加者の発言時間 (sec)

実験参加者 ID	ベースライン手法	提案手法
1	417.00	518.86
2	50.27	29.44
3	165.29	132.33
4	80.83	51.82
5	663.60	626.33
6	10.30	36.58
7	27.18	31.27
8	91.94	112.79

表 6.5: 各グループの発言時間合計 (sec)

グループ内の実験参加者 ID	ベースライン手法	提案手法
1, 2, 3, 4	713.39	732.45
5, 6, 7, 8	793.02	806.97

Step3: 実験参加者はアンケートに回答する.

Step2 で用いる手法は順序効果を相殺するため、ランダムに選択する. なお、今回は実験が2グループのみであったため2グループの手法の順番を変更することにした.

6.4 実験結果・考察

6.4.1 発言時間・発言回数

各手法における、実験参加者の発言時間を表 6.4 に示す. 各手法における、各実験グループの発言時間合計を表 6.5 に示す. 各手法における、実験参加者の発言回数を表 6.6 に示す. 実験参加者 ID1, 5 がファシリテータ、実験参加者 ID2, 3, 4, 6, 7, 8 が一般参加者である. 実験参加者グループは実験参加者 ID1, 2, 3, 4 で1グループ、5, 6, 7, 8 で1グループである.

実験参加者 ID1, 2, 3, 4 のグループではベースライン手法から提案手法でファシリテータの発言時間は増加、一般参加者の発言時間は減少している. 逆に実験参加者 ID5, 6, 7, 8 のグループではベースライン手法から提案手法でファシリテータの発言時間は減少、全一般参加者の発言時間は増加している. この結果の1つの要因としては、過去にファシリテータを務めた回数の違いが考えられる. 実験参加者にヒアリングしたところ、実験参加者 ID1 は過去に3回、実験参加者 ID5 は過去に1回ファシリテータを経験していた. そのため、ファシリテータの経験の差はあまり結果に関わっていないと考えられる. 他の要

表 6.6: 実験参加者の発言回数 (回)

実験参加者 ID	ベースライン手法	提案手法
1	125	150
2	37	20
3	69	58
4	42	27
5	75	129
6	8	25
7	17	23
8	49	36

因としては、ファシリテータのスキルの差が考えられる。一般参加者への、ファシリテータが会議の進行を上手に行えていると感じたかというアンケートに対する回答に、手法間で差は認められなかったものの、ファシリテータ間では差が認められた (実験参加者 ID1 への評価：平均 5 (5:とても感じた～全く感じない)，実験参加者 ID5 への評価：平均 2.7 (5:とても感じた～全く感じない))。このことから、ファシリテータのスキルによって提案システムのビデオ会議に与える効果が変わってくるのではないかと考えられる。各グループの発言時間の合計はベースライン手法から提案手法で増加している。これは、ファシリテータおよび一般参加者が提案手法により発言量を意識したことによる結果ではないかと考えられる。ファシリテータは提案システムにより発言量を意識したことで、より発言を行ったのではないかと考えられる。一般参加者は自身や他者の発言量を意識したことで、他の人と同程度発言を行おうという意識が強まり、発言量が増加したのではないかと考えられる。発言回数に関してはファシリテータは両者ともに増加している。このことから提案手法により、ファシリテータが一般参加者の発言量を意識したことで、会議参加者の発言機会の均等化を強く意識するようになり、結果的にファシリテータの発言機会が増加したのではないかと考えられる。

なお、現在はデータ数が少ないため、継続して検証を行う必要がある。今後の検証によりこの結果および考察が変化する可能性は大いにある。

6.4.2 ファシリテータへのアンケート

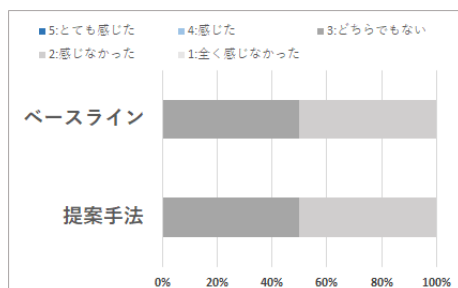


図 6.2: ファシリテータ用アンケート Q1 の回答結果 (N = 2)

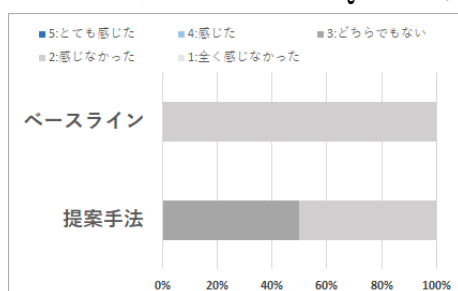


図 6.3: ファシリテータ用アンケート Q2 の回答結果 (N = 2)

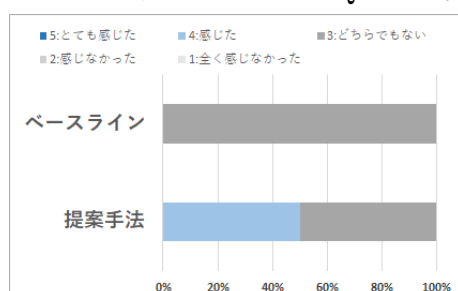


図 6.4: ファシリテータ用アンケート Q3 の回答結果 (N = 2)

Q1 の回答結果を図 6.2 に示す。各手法における実験参加者の回答が 4 以上 (とても感じた, 感じた) となった割合はベースライン手法, 提案手法ともに 0% であった。Q2 の回答結果を図 6.3 に示す。各手法における実験参加者の回答が 4 以上 (とても感じた, 感じた) となった割合はベースライン手法, 提案手法ともに 0% であった。

Q3 の回答結果を図 6.4 に示す。各手法における実験参加者の回答が 4 以上 (とても感じた, 感じた) となった割合はベースライン手法で 0%, 提案手法で 50% であった。Q4 の回答結果を図 6.5 に示す。各手法における実験参加者の回答が 4 以上 (とても感じた, 感じた) となった割合はベースライン手法で 0%, 提案手法で 50% であった。Q5 の回答結果を図 6.6 に示す。各手法における実験参加者の回答が 4 以上 (とても感じた, 感じた) となった割合はベースライン手法, 提案手法ともに 0% であった。Q6 の回答結果を図 6.7 に示す。各手法における実験参加者の回答が 4 以上 (とても感じた, 感じた) となった割合はベー

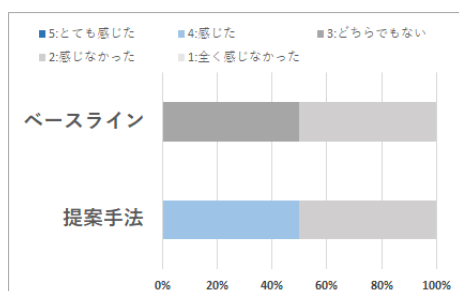


図 6.5: ファシリテータ用アンケート Q4 の回答結果 (N = 2)

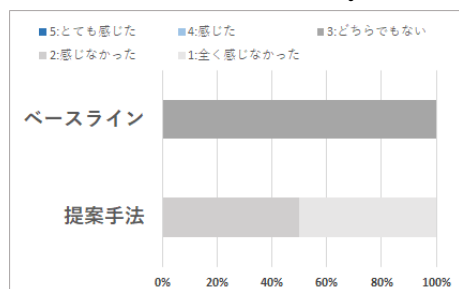


図 6.6: ファシリテータ用アンケート Q5 の回答結果 (N = 2)

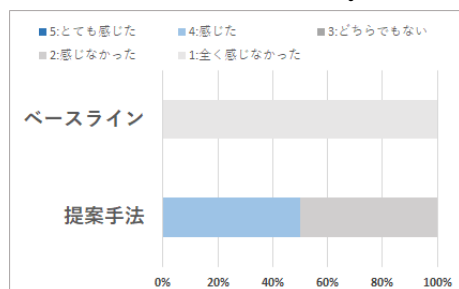


図 6.7: ファシリテータ用アンケート Q6 の回答結果 (N = 2)

スライン手法で0%, 提案手法で50%であった。Q3, 4, 6に対して4以上の回答をした実験参加者がいることから、提案手法により、会議参加者の発言量や発言順序を把握できるようになる可能性が望まれる。一方で、Q5に関しては今回の結果から提案方式の効果は示唆されなかった。この結果はファシリテータは一般参加者の発言量、発言順序を把握できたとしても、それを発言機会の均等化には活かさない可能性をはらんでいる。ファシリテータに対して行ったインタビューでも、ビデオ会議において提案システムをどう活用したか聞いたところ、発言量などの把握はできたが、自分のファシリテータ経験の浅さもあり発言の均等化を図るまでには至らなかったという意見が得られている。これらのことから既存研究でも行われているような、システムがファシリテータに提案を行う機能の必要性が考えられる。例えば、発言量が少ない参加者に対して発言権を渡すのはどうかという提案や、参加者間の発言順序の傾向から次の発言権を誰に渡すべきかの提案をすることでファシリテータが発言量、発言順序の把握のみでなく、発言の均等化の動機づけを行うこ

とができると期待される。

なお、現在はデータ数が2件と少ないため、今後も継続して検証を行う必要がある。

6.4.3 一般参加者へのアンケート

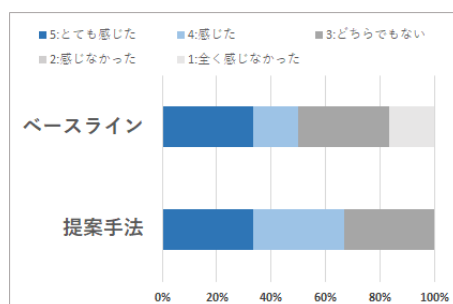


図 6.8: 一般参加者用アンケート Q1 の回答結果 (N = 6)

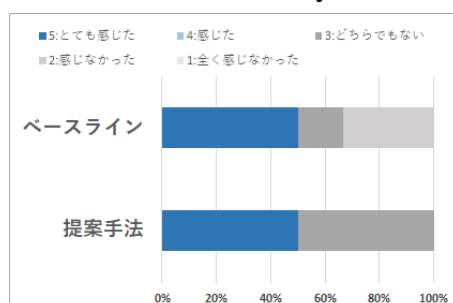


図 6.9: 一般参加者用アンケート Q2 の回答結果 (N = 6)

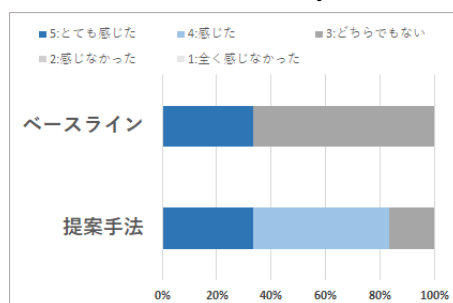


図 6.10: 一般参加者用アンケート Q3 の回答結果 (N = 6)

一般参加者のアンケート結果に対しては Wilcoxon の符号順位検定を行った。Q1 の回答結果を図 6.8 に示す。各手法における実験参加者の回答が 4 以上 (とても感じた, 感じた) となった割合はベースライン手法で 50%, 提案手法で 67%であった。回答結果に対して Wilcoxon の符号順位検定を行ったところ, 手法間で有意差は確認できなかった。Q2 の回答結果を図 6.9 に示す。各手法における実験参加者の回答が 4 以上 (とても感じた, 感じた) となった割合はベースライン手法, 提案手法ともに 50%であった。回答結果に対して Wilcoxon の符号順位検定を行ったところ, 手法間で有意差は確認できなかった。Q3 の回答結果を図 6.10 に示す。各手法における実験参加者の回答が 4 以上 (とても感じた, 感じた) となった割合はベースライン手法で 33%, 提案手法で 83%であった。回答結果に対して Wilcoxon の符号順位検定を行ったところ, 手法間で有意差は確認できなかった。Q4 の

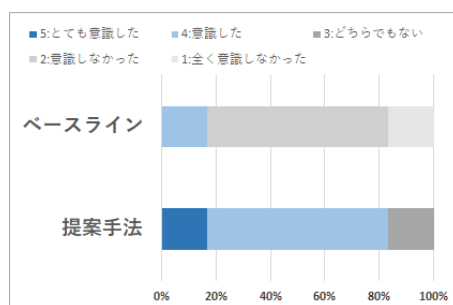


図 6.11: 一般参加者用アンケート Q4 の回答結果 (N = 6)

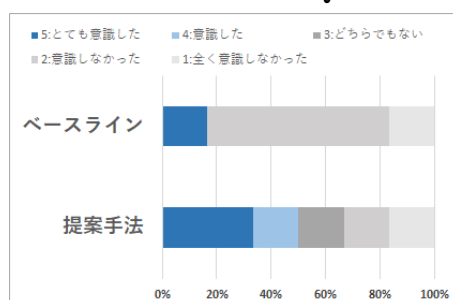


図 6.12: 一般参加者用アンケート Q5 の回答結果 (N = 6)

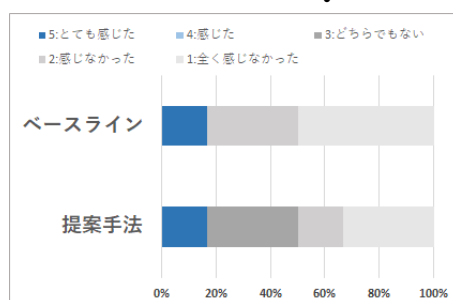


図 6.13: 一般参加者用アンケート Q6 の回答結果 (N = 6)

回答結果を図 6.11 に示す。各手法における実験参加者の回答が 4 以上 (とても感じた, 感じた) となった割合はベースライン手法で 17%, 提案手法で 83% であった。回答結果に対して Wilcoxon の符号順位検定を行ったところ, 有意水準 5% で有意差が確認された。このことから, 提案システムにより一般参加者は自分の発言量を意識するようになることが示唆された。Q5 の回答結果を図 6.12 に示す。各手法における実験参加者の回答が 4 以上 (とても感じた, 感じた) となった割合はベースライン手法で 17%, 提案手法で 50% であった。回答結果に対して Wilcoxon の符号順位検定を行ったところ, 手法間で有意差は確認できなかった。Q4, Q5 に結果から一般参加者は他者より自身の発言を意識するようである。実験参加者へのインタビューでは他者より自分の発言量が多いまたは少ないと気になり, 発言しようという気持ちになるという意見が得られた。このことから提案手法による自身と他者の発言量の差の可視化が 6.4.1 項で確認された発言量の変化をもたらしているのではないかと考えられる。発言量の差の可視化が一般参加者の発言量に繋がったこ

とを考えると、一般参加者への可視化内容の提示形式を検討の余地があると考えられる。現在の有向グラフによる可視化で参加者ノードの配置は決まっていないが、一般参加者は自身の発言量を意識することから、有向グラフの中心に自身のノードが表示されるようにすることで一般参加者はより可視化内容を確認・把握しやすくなることが想像される。Q6の回答結果を図6.13に示す。各手法における実験参加者の回答が4以上(とても感じた, 感じた)となった割合はベースライン手法, 提案手法ともに17%であった。回答結果に対してWilcoxonの符号順位検定を行ったところ, 手法間で有意差は確認できなかった。Q7の回答結果を図6.14に示す。各手法における実験参加者の回答が4以上(とても感じ

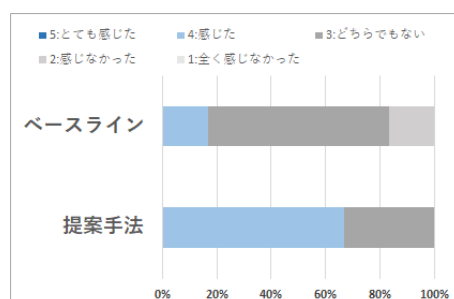


図 6.14: 一般参加者用アンケート Q7 の回答結果 (N = 6)

た, 感じた) となった割合はベースライン手法で17%, 提案手法で67%であった。回答結果に対してWilcoxonの符号順位検定を行ったところ, 有意水準10%で有意差が確認された。このことから, 提案システムにより一般参加者は会議で妥当な結論に到達できたと感じるようになることが示唆された。提案システムによって, 6.4.1項で確認された発言量の増加により, 会議の進行がスムーズに行えたためにこうした結果が得られたのではないかと考えられる。

第7章 結論

本研究では、ビデオ会議において会話の流れを可視化するシステムの提案、構築およびビデオ会議への効果検証を行った。検証実験の結果から提案システムによる、会議全体の発言量が多くなる効果、一般参加者が自分の発言量を意識するようになる効果、一般参加者が会議で妥当な結論に到達できたと感じるようになる効果が示唆された。今後は、可視化対象・可視化方法についての検討を行うとともに、実験データ数を増やし検証実験により得られる知見をより正確なものとしていく予定である。

謝辭

本研究は，ソフトバンク株式会社との共同研究の成果である．

参考文献

- [1] Fred Niederman, Catherine M. Beise, and Peggy M. Beranek. Facilitation issues in distributed group support systems. In *Proceedings of the 1993 Conference on Computer Personnel Research(SIGCPR 1993)*, pp. 299–312, 1993.
- [2] 多賀諒平, 呉健朗, 富永詩音, 宮田章裕. スリッパを用いた匿名フィードバックシステムの基礎検討. マルチメディア, 分散協調とモバイルシンポジウム 2018 論文集, Vol. 2018, pp. 427–431, 2018.
- [3] 塩津翠彩, 高島健太郎, 西本一志. 消極的参加者に発言を促す手段を備えたチャット併用会議用コミュニケーションメディア. 研究報告グループウェアとネットワークサービス, Vol. 2018-GN-104, No. 7, pp. 1–8, 2018.
- [4] Samiha Samrose, Ru Zhao, Jeffery White, Vivian Li, Luis Nova, Yichen Lu, Mohammad Rafayet Ali, and Mohammed Ehsan Hoque. Coco: Collaboration coach for understanding team dynamics during video conferencing. In *Proceedings of the ACM on Interactive, Mobile, Wearable and Ubiquitous Technologies*, Vol. 1, pp. 1–24, 2018.
- [5] Hiroyuki Adachi, Seiko Myojin, and Nobutaka Shimada. Scoringtalk: a tablet system scoring and visualizing conversation for balancing of participation. In *Proceedings of the SIGGRAPH Asia 2015 Mobile Graphics and Interactive Applications(SA 2015)*, pp. 1–5, 2015.
- [6] Taemie Kim, Agnes Chang, Lindsey Holland, and Alex Sandy Pentland. Meeting mediator: enhancing group collaboration using sociometric feedback. In *Proceedings of the 2008 ACM Conference on Computer Supported Cooperative Work(CSCW 2008)*, pp. 457–466, 2008.
- [7] Joan Morris Dimicco, Anna Pandolfo, and Walter Bender. Influencing group participation with a shared display. In *Proceedings of the 2004 ACM Conference on Computer Supported Cooperative Work(CSCW 2004)*, pp. 614–623, 2004.
- [8] 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.

- [9] Wen Duan, Naomi Yamashita, and Susan R. Fussell. Increasing native speakers' awareness of the need to slow down in multilingual conversations using a real-time speech speedometer. In *Proceedings of the ACM on Human-Computer Interaction*, Vol. 3, 2019.
- [10] Pooja Mathur and Karrie Karahalios. Visualizing remote voice conversations. In *Proceedings of the CHI '09 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems (CHI 2009)*, pp. 4675–4680, 2009.
- [11] Gilly Leshed, Diego Perez, Jeffrey T. Hancock, Dan Cosley, Jeremy Birnholtz, Soyoun Lee, Poppy L. McLeod, and Geri Gay. Visualizing real-time language-based feedback on teamwork behavior in computer-mediated groups. In *Proceedings of the International Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI 2009)*, pp. 537–546, 2009.
- [12] 市野順子, 八木佳子, 西野哲生, 小澤照. グループディスカッション支援のための振動によるフィードバックの提示. 情報処理学会論文誌, Vol. 60, No. 4, pp. 1171–1183, 2019.
- [13] 宮田章裕, 林剛史, 福井健太郎, 重野寛, 岡田謙一. 思考状態と発話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.
- [14] 根本啓一, 高橋正道, 堀田竜士, 林直樹. 時間区間ごとの発話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.
- [15] 敷田幹文, 増田雄亮. 分散環境における話者交替のアウェアネス支援. 情報処理学会論文誌, Vol. 56, No. 1, pp. 126–136, 2015.
- [16] 小松眞子, 澤村三奈, 敷田幹文. 組織間テレビ会議の円滑な進行を支援する意思表示方式の提案と評価. 研究報告グループウェアとネットワークサービス, Vol. 2020-GN-110, No. 2, pp. 1–8, 2020.
- [17] 河野進, 相原健郎. グループ会話における発話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.
- [18] Victoria K. Clawson and Robert P. Bostrom. The facilitation role in group support systems environments. In *Proceedings of the 1993 Conference on Computer Personnel Research (SIGCPR 1993)*, pp. 323–335, 1993.
- [19] 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.

-
- [20] Yla R. Tausczik and James W. Pennebaker. Improving teamwork using real-time language feedback. In *Proceedings of the International Conference on Human Factors in Computing Systems(CHI 2013)*, pp. 459–468, 2013.
 - [21] Moez Limayem. Human versus automated facilitation in the gss context. In *ACM SIGMIS Database: the DATABASE for Advances in Information Systems*, Vol. 37, pp. 156–166, 1993.
 - [22] 岡田謙一, 松下温. 協調の次元階層モデルとグループウェアへの適用. 研究報告グループウェアとネットワークサービス, Vol. 1993, No. 95, 1993.
 - [23] 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. GN Workshop 2020 論文集, Vol. 2020, pp. 1–7, 2020.
 - [24] <https://zoom.us> (last visited: 2020/1/20).

研究業績

査読付き国内会議

- (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年11月).

研究会・シンポジウム

- (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: 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オン2021 論文集, (2021年3月掲載予定).
- (2) 尹泰明, 富永詩音, 今井廉, 呉健朗, 宮田章裕: オンライン講義において学生の内職行為を抑止するフィードバック手法の基礎検討, 情報処理学会インタラクシオン2021 論文集, (2021年3月掲載予定).
- (3) 木村悠児, 今井廉, 富永詩音, 呉健朗, 峯岸暉歩, 酒井知尋, 小島一憲, 宮田章裕: ぼかしの動的制御によるビデオ会議支援の基礎検討, 情報処理学会インタラクシオン2021 論文集, (2021年3月掲載予定).
- (4) 峯岸暉歩, 富永詩音, 今井廉, 尹泰明, 呉健朗, 酒井知尋, 小島一憲, 宮田章裕: ビデオ会議時の匿名テキストチャットに関する基礎検討, 情報処理学会インタラクシオン2021 論文集, (2021年3月掲載予定).
- (5) 尹泰明, 富永詩音, 今井廉, 木村悠児, 宮田章裕: オンライン講義における学生の内職防止手法の比較, 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.39-40 (2020年11月).
- (6) 栗田元気, 今井廉, 呉健朗, 富永詩音, 尹泰明, 酒井知尋, 小島一憲, 宮田章裕: 匿名性を段階的に変化させるコミュニケーションシステムの受容性調査, 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.8-9 (2020年11月).
- (7) 今井廉, 呉健朗, 富永詩音, 尹泰明, 栗田元気, 酒井知尋, 小島一憲, 宮田章裕: 匿名性を段階的に変化させるコミュニケーションシステムの実装, 情報処理学会シンポジウム論文集, マルチメディア、分散、協調とモバイル (DICOMO 2020), Vol.2020, pp.107-112 (2020年6月).

-
- (8) 秋山和隆, 立花巧樹, 今井廉, 呉健朗, 宮田章裕: Deep Learning を用いたベビーカー動作予告システムの基礎検討, 情報処理学会インタラクション 2020 論文集, pp.195–198 (2020 年 3 月).
- (9) 今井廉, 呉健朗, 内田大樹, 富永詩音, 尹泰明, 栗田元気, 酒井知尋, 小島一憲, 宮田章裕: 匿名性を段階的に変化させるコミュニケーション支援システムの基礎検討, 情報処理学会インタラクション 2020 論文集, pp.722–724 (2020 年 3 月).
-