

遠隔会議中のひそひそ話を実現する並行対話システムの提案

鳥山 英峻^{1,a)} 山田 楓也¹ 石田 繁巳² 白石 陽²

概要：近年、遠隔会議の需要が急激に増加している。会議では疑問が生じた際にすぐに解消することが望ましいが、遠隔会議では「ひそひそ話」を行うことができないため、会議に割り込んで疑問を解消する必要がある。そのため、発話への心理的負担が高く、会議参加者が自ら発話を抑制してしまう。そこで先行研究として、同時に複数の対話が可能な遠隔会議システムを提案し、その構成要素である2つのサブシステム（相手選択サブシステム、聞き取りサブシステム）を評価した。その結果、会議参加者の想定人数が増えると顔の角度の選択を直感的に感じる人は少なくなること、並行した発話の音声からの発話者の推定は難しいことを確認した。この問題点に対し、本稿では、顔の角度で選択できる発話者数を制限して発話対象者を自由に交替できる UI を実装し、システム使用者に対して発話欲求を持つ並行対話を強調表示する改善案を実装した。改善前サブシステムとの比較実験の結果として、相手選択の正確性が向上し、多くの被験者が改善後サブシステムを使用したいという回答が得られた。また、発話者を自由に交代できる UI の操作に対して否定的な意見が少ないため、先行研究より確認した問題を解決することができると考えられる。

1. はじめに

近年、リモートワークやオンライン授業などの普及により遠隔会議システムの利用が急激に増加しており、今後も普及していくことが予想される [1, 2].

対面会議と比較して遠隔会議では参加者の発話総数が少ない [3]. 会議では疑問が生じた際にすぐに解消することが望ましいが、遠隔会議では対面会議で見られる図 1 のような「ひそひそ話」を行うことができないため、会議に割り込んで疑問を解消する必要がある。会議に割り込む必要がある、割り込む場合にも発話が衝突する可能性がある、という心理的障壁から多くの人が発言を控える。実際、遠隔会議では対面会議に比べて発話予備動作から発話に至る確率が低いことが報告されている [4]. このため、会議への理解度・関与度が低下し、発話しなくなる、という負のループに陥っている。

遠隔会議中に生じた疑問を解消し、会議の理解度・関与度を向上させるためには「ひそひそ話」のような並行対話を遠隔会議においても実現することが重要である。並行対話は定期的な雑談に発展しやすい行為であり、議題に対しての細かな疑問の解消、議論の活性化、知的創造プロセス

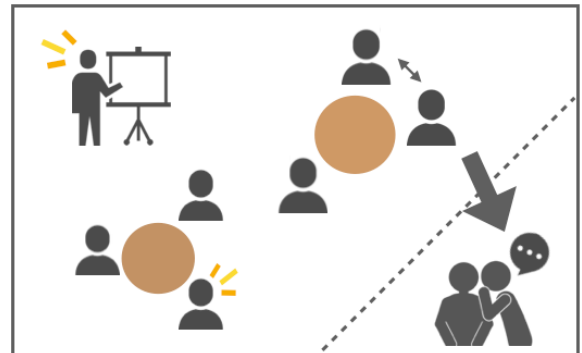


図 1 ひそひそ話（並行対話）のイメージ

の手助けになるなど様々な利点がある [5].

しかしながら、既存の遠隔会議システムにおいては「ひそひそ話」を実現できないため、会議に割り込まずに疑問の解消や雑談を行う場合にはテキストチャットの利用を余儀なくされる。Zoom や Google Meet などの既存の遠隔会議システムではブレイクアウトルームシステムを用いて対話の「部屋」を分離することで並行対話を実現できるが、1つの部屋で1つの対話を行う前提であるため、共通の議題が進行する一方で一部の参加者同士が声量を抑えて対話を行う「ひそひそ話」のような並行対話を実現できない。遠隔会議では参加者数の増加とともに会議への関与度と貢献感が減少し、結果として議論内容への理解度が低下することが報告されている [6].

著者らは、会議参加者の発話抑制の負のループを解消するために遠隔会議における並行対話システムの研究を進めている [7]. 並行対話システムでは、対面会議におけるひ

¹ 公立はこだて未来大学大学院 システム情報科学研究科
Graduate School of Systems Information Science, Future
University Hakodate

² 公立はこだて未来大学 システム情報科学部
School of Systems Information Science, Future University
Hakodate

a) b1018256@gmail.com

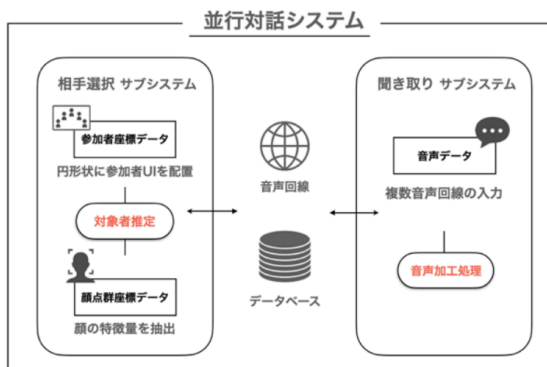


図 2 並行対話システム概要図

そひそ話のように、対話環境が完全に分離されず、かつ直感的な操作で同時に複数の対話が可能な遠隔会議システムを目指している。これに向け、先行研究では相手選択サブシステム、聞き取りサブシステムの2つのサブシステムを提案した。相手選択サブシステムは顔の角度によって対話相手を選択する機能を持たせ、聞き取りサブシステムによって対話ごとに音声の方向を分けて配信する。実証評価を行った結果、顔の角度による対象者の選択がマウス操作に比べて直感的であることを確認し、音の方向を変えることで聞き取りやすくなることを確認した。

一方で、会議参加者人数が増加すると顔の角度での選択を直感的に感じる人は少なくなることを、並行対話の音声からの発話者推定は難しいことを確認した。本稿ではこれらの問題点に対して改善案を提案し、実装及び評価を行う。

本稿の構成は以下の通りである。2. では先行研究における並行対話システムの手法及び、問題点を述べる。3. で提案した手法の改善点の提案及び実装について述べ、4. で評価実験について述べる。5. で評価実験より先行研究の問題を解決できたか議論を行い、6. で関連研究を元に本研究の位置づけを述べ、最後に7. でまとめとする。

2. 発話を促進する並行対話システム

2.1 並行対話システムの概要

先行研究 [7] では、並行対話システムを、参加者の発話を促進するために以下の2つのサブシステムから構成している (図 2)。

(1) 相手選択サブシステム

相手選択サブシステムでは、会議参加者アイコンを半円形状に表示して、並行対話を行う人が顔の角度を用いて発話の相手を選択可能にする。画面上に会議参加者を表すアイコンを半円形状のテーブルに沿うように、一定間隔で配置して、対面会議のような参加者配置を擬似的に再現する。このとき、システム使用者の顔の角度を用いて、擬似的に配置されたどの会議参加者アイコンに向いているかにより並行対話の相手選択を行う。推定後、サブシステムは会議参加者アイコンの周囲に色をつけることで、選択されている対象をサブシステム使用者に示す。これにより、対面対

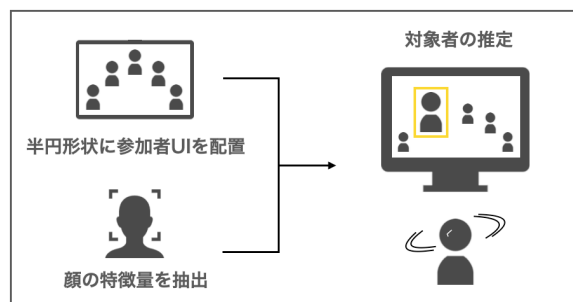


図 3 相手選択サブシステム概要図

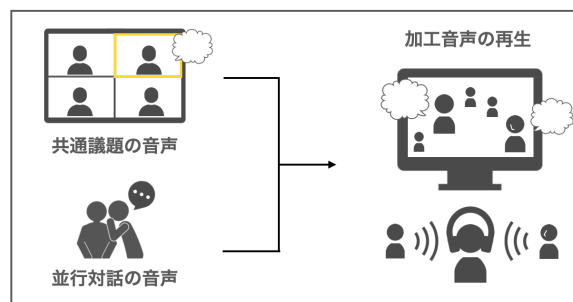


図 4 聞き取りサブシステム概要図

話の話者選択のような直感的な感覚で対象者への並行した発話を可能にし、使用時のストレスを感じさせにくい設計を行う (図 3)。

(2) 聞き取りサブシステム

聞き取りサブシステムでは、対話内容や発話者推定の補助など、並行した対話に対しての聞き取り補助を行う。システムは、共通議題の対話音声と並行した対話音声を加工することで、音声の重複により生じる認知的な負荷を軽減する。音声加工は、並行発話者と発話対象者の擬似的な半円形配置の位置関係を活用して、並行発話された音声に指向性を付与し、対面会議のような音源環境を再現する (図 4)。他にも認知性を向上させるため、並行発話された音声の細かな音量調整を行う。

2.2 サブシステムの問題点

先行研究 [7] における相手選択サブシステムの UI 配置では、参加者アイコンが多くなるほど顔を用いた発話対象者選択を、マウスでの相手選択と比較して直感的に感じる人は少なくなることを明らかにした。この原因は、参加者アイコンが多くなるほど、アイコン1つあたりに割り当てることができる顔の角度の範囲が狭小化するために浮上った問題である。しかし、使用感が直感的であるほどサブシステムを使いたいという回答が多く、システムの使用頻度を向上させて、会議参加者の発話を促進するためにこの問題を解決する必要性が示されている。

先行研究における聞き取りサブシステムの音声加工方法では、並行発話者推定の正答率に大きな差があり、会議の想定人数が増えると、聴覚情報のみでの対象者推定は難しいことを明らかにした。また、会議全体に向けて発話がな

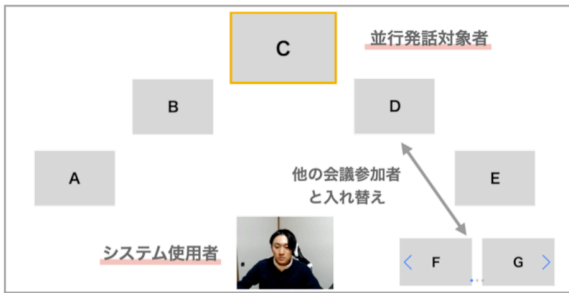


図 5 相手選択サブシステムの改善 UI の提案

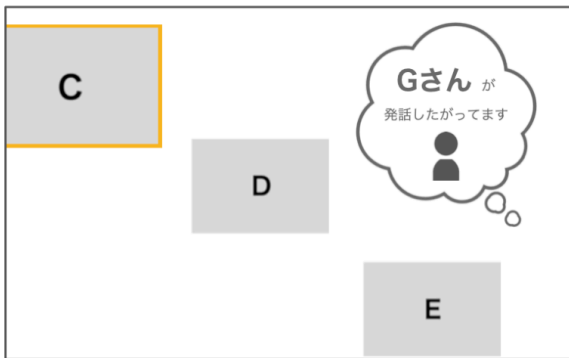


図 6 聞き取りサブシステムの改善 UI の提案

されたのか、自身に向けての並行発話だったのか、わかりにくいことも問題として挙がっており、発話促進の妨げになる。

3. 改善手法の提案

3.1 相手選択サブシステムの改善手法

会議参加人数の増加による直感性の問題を解決するため、半円形状に配置する会議参加者アイコンの数を制限し、人数が多くなる場合は並行対話の相手をユーザに選択させる。具体的には、先行研究 [7] より配置数が 7 個を超えると UI 配置と顔の角度割当ての関係上、マウスによる選択と比較して直感性に問題があり、同時表示できるアイコン数の上限を設ける。新規提案する UI として、システム使用者に会議中に並行発話を行いそうな他の参加者を事前に 5 名選択させ、半円形状に配置させる。本システムを用いて 6 名以上で会議を行う際は、事前に選択させた並行発話の対象者の入れ替えをマウス操作で常時可能にし、参加者の UI 配置に上限を設けることで顔の角度制限の問題を解消する (図 5)。

また、先行研究では本サブシステムの評価を 27 インチのモニターで行ったが、画面の大きさによる使用感の違いを解消するため、様々なモニターの環境を想定する必要がある。多様なモニター環境への対応は、システムの起動時に各モニターの大きさごとで、参加者 UI とそれに対応する角度の正規化を行う。

3.2 聞き取りサブシステムの改善手法

会議参加人数の増加による対象者推定の精度低下の問題

を解決するため、どの会議参加者から並行発話されたかを示す、認知性の補助を行う。新規提案する UI として、他の会議参加者の顔の角度から誰が自身と並行対話したいのか、並行発話しているのかを表示し、システム使用者の並行発話者推定精度の向上を目指す。また、新規提案する UI は、会議全体に向けた発話か、システム使用者に向けた並行発話なのか、わかりにくい問題点の解決にも期待できる。

システムの設計として、相手選択サブシステムで示した並行発話の相手を選択する UI と同じ画面上に表示する。具体的には、相手選択サブシステムの UI 右上に吹き出しアイコンとテキストにより表示する (図 6)。また、相手選択サブシステムが 6 名以上の会議に対して UI 変更を行うことで、並行発話音声に付与する指向性にシステム改善前との差分が生じる。先行研究 [7] の結果から、音声の指向性は並行発話の内容認識精度に対しては認知性の影響が少ないことが明らかになっている。同じく、会議の想定人数が増えると、音声の指向性での対象者推定は難しいことが明らかになっている。そのため、改善案として 6 名以上の会議では並行発話音声に対する細かな指向性の付与は行わないものとする。ただし、ステレオデバイスの両端から並行音声再生された際に、被験者から聞き取りやすいとの意見が多かったため、指向性の付与としてこれを検討する。

4. 評価実験

提案した改善手法の有効性を評価するため、改善前の相手選択サブシステムとの比較実験を行った。

4.1 実装

改善サブシステムにおける、会議参加者アイコンを半円形上に配置するための UI 作成は、Web フレームワークである React.js を使用している。React.js はデータの変更を検知し、関連するコンポーネントのみを効率的に更新、描画することが可能な JavaScript ライブラリであり、Web ブラウザ上で動作する。システム使用者の顔の特徴量抽出には MediaPipe Face Mesh [8] を使用する。Face Mesh はリアルタイムで 468 個の 3D フェイスランドマークを推定可能な JavaScript ライブラリである。会議参加者の発話対象者選択のための顔の角度推定のアルゴリズムは、文献 [9] を参考にする。具体的な角度推定の方法として、平均的な目の間隔が 6cm であることを利用し、左右の目の外側の座標点から、顔の中心が (0, 0, 0) となるように顔点群を正規化する。正規化された顔点群から、x 座標、y 座標を 2 点ずつ取り出して直交するベクトルを作成し、その外積を求め、3 つの正規直交ベクトルが作る正規直交基底への回転として算出し、回転行列より角度を求める。

改善サブシステムでは様々なシステム使用環境 (モニターの大きさ、使用者とカメラの間の距離など) に対応するため、以下の手順で顔による相手選択を行う際の角度を調整

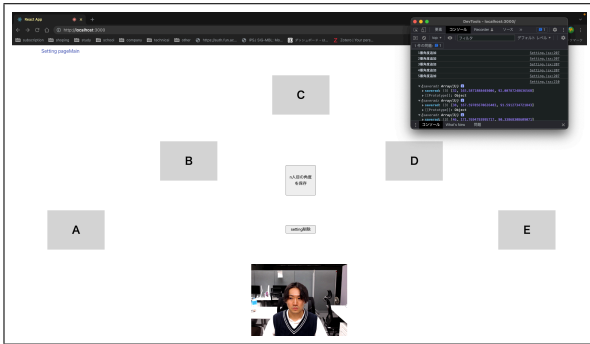


図 7 角度最適化画面

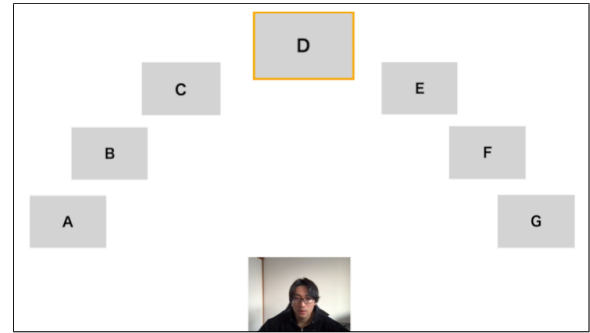


図 8 改善前相手選択サブシステム

する。

- (i) システム起動時，使用者は配置された各参加者アイコンに対して顔を動かす
 - (ii) 各使用者の環境に対応した角度を取得
 - (iii) システム内の相手選択のアルゴリズムに適用
- 手順 (i) を実行するため，角度最適化機能を改善サブシステムに追加実装した (図 7)。

4.2 実験方法・環境

本実験は，改善前の相手選択サブシステム (図 8) と改善後サブシステムの使用感を比較させて，アンケートに回答させる形式で実施した。改善前・改善後サブシステムではともに，被験者が参加者アイコンに対して，顔を向けているとき，対象のアイコンの周囲に色をつけることで，選択中の発話相手を示す。本実験では，先行研究 [7] における改善前サブシステムの評価実験で使用感の低かった参加者 8 名の会議を対象とした。参加者 8 名会議の場合，改善前サブシステムでは，選択候補となる会議参加者アイコンは 7 個配置される。改善後サブシステムでは，5 つを超える会議参加者アイコンは，図 5 における右下の並行発話対象者控えに配置される。並行発話対象者控えからアイコンをドラッグして，5 つのうちどれかの参加者アイコンと入れ替えることで，顔の角度での選択を可能にする。

実験環境として，PC，Web カメラ及びモニタの大きさは制限せず，被験者の使用するブラウザのみ統一して行った。ブラウザは Google Chrome を用いる。実際の実験環境の例を示す (図 9)。例として，27 インチのモニタを使用する場合の x 軸 (水平方向) の顔の角度は，正面が 45° に対して画面右端が 35° ，左端が 51° である。また，z 軸 (システム使用者とカメラの距離) は 89° である。顔の角度測定時の画面と出力したログを示す (図 10)。

4.3 実験評価項目

実験に用いたアンケート項目を，図 11 に示す。Q1, Q2, Q3 は，改善前・改善後サブシステムを比較するもので，それぞれ，対話相手選択の正確性，俊敏性，総合的な使用感を評価する項目である。Q4 は，改善後サブシステムの並行対話対象者入れ替操作の煩わしさを評価する項目，Q5

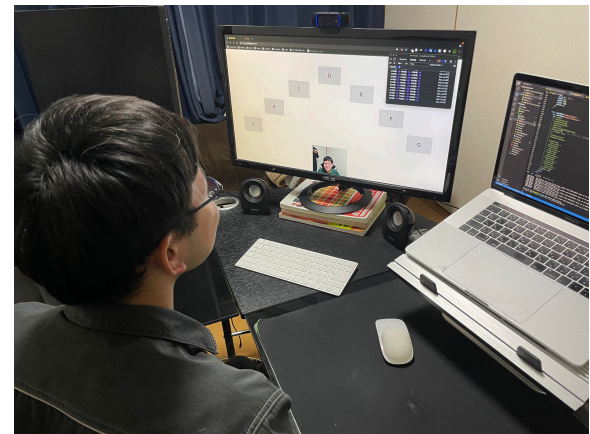


図 9 実験環境の例

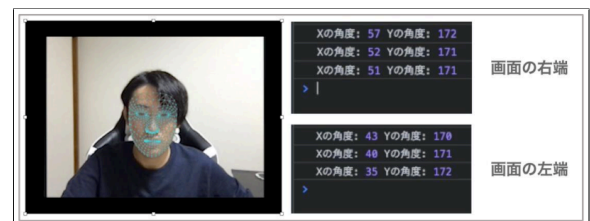


図 10 27 インチのモニタに対する角度測定画面とログ

は，煩わしいと感じた場合の理由を記述する項目である。Q6 は，並行対話システムを利用する際に重要視するものを問う項目，Q7 は，改善後サブシステム改善点を問う項目，Q8 は，被験者の実験環境に関する項目である。

4.4 実験結果

本実験の参加者は高校生 1 名，大学生 3 名，社会人 4 名の計 8 名である。図 12, 図 13 に図 11 のアンケートをもとに行った比較実験の結果を示す。

図 12 では，縦軸がアンケートの回答数を示しており，グラフの左から，Q1, Q2, Q3 の結果を示している。また，グラフの色は改善前，改善後のサブシステムへの回答を示しており，水色が改善前のサブシステム，緑色が改善後のサブシステムである。Q1 の顔での相手選択の正確性については，改善後サブシステムの方が好意的な意見が多い結果となった。Q2 の顔での相手選択の俊敏性については，改善前サブシステムの方が好意的な意見が多い結果となった。上記 2 つの評価を含めた Q3 の総合的な使用感では，改善

Q1	改善前のサブシステムと改善後のサブシステムではどの配置が会議参加者アイコンを正確に選択しやすかったですか？
Q2	改善前のサブシステムと改善後のサブシステムではどの配置が会議参加者アイコンを素早く選択しやすかったですか？
Q3	改善前のサブシステムと改善後のサブシステムはどちらを使いたいですか？
Q4	改良後の発話対象者を入れ替えるマウスの操作は煩わしく感じましたか？
Q5	そう感じた理由を回答してください (自由記述)
Q6	本システムを用いて、会議中にプライベートな会話をする場合、重要視するものを教えてください。
Q7	現在のサブシステムについて改良すべきと考えたものがあれば教えてください。(自由記述)
Q8	使用しているモニターの大きさ、カメラの機種名、PCについて教えてください。(自由記述)

図 11 比較実験にて使用したアンケート

後サブシステムの方が好意的な意見が多い結果となった。

図 13 では、左の円グラフから、Q4、Q6、Q8 の結果を示している。Q4 では発話対象者を入れ替えるマウス操作に対する煩わしさを 4 段階評価させたところ、煩わしくないと答える被験者が多数を占める結果となった。Q6 では被験者がシステムの使用感に対して俊敏性、正確性、会話の聞き取りやすさを選択させたところ、重要視しているのは正確性が多数を占める割合となり、相手選択の俊敏性を求める被験者は少ない結果となった。Q8 では、被験者の実験環境として、27 インチモニタが 7 名、15 インチモニタは 1 名であった。

5. 議論

Q1 の結果から、改善後の提案サブシステムの方が顔での相手選択の正確性が高く、選択ミスが少ないとの意見が多くなった。参加者アイコンを適切な数で制限することで、直感性を保ったまま相手選択の正確性を向上させることが可能であり、先行研究より確認された問題を解決できると考えられる。

Q2 の結果から、発話相手選択の俊敏性に関する評価は改善前の方が良いと答える被験者が多い結果となった。7 名以上の会議を想定した際に、発話相手選択の切り替えをマウスで行うことが原因であると考えられる。しかし、Q3 のどちらを使いたいかという質問については改善後のサブシステムと答える被験者が多い結果となった。これは、Q6 の結果からも読み取れるように、本サブシステムに対して選択の俊敏性より正確性を求める被験者が多かったための結果であることが考えられる。また、Q4 よりマウス操作に対して否定的な意見が少ないため、システムの

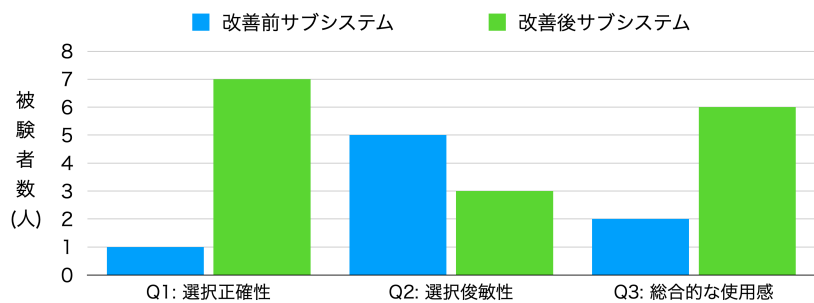


図 12 Q1, Q2, Q3 における比較実験の結果

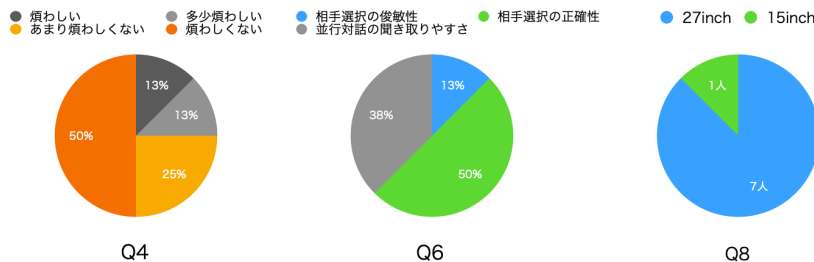


図 13 Q4, Q6, Q8 における比較実験の結果

使用感により発話の促進を妨害する要因にはなりにくいと考えられる。

これらの結果から、改善後のサブシステムは先行研究 [7] により確認した問題を解決できると考えられる。

6. 関連研究

6.1 会議の円滑化に関する研究

参加者の映像に画像処理を用いた会議の円滑化に向けた研究 [10-12] が報告されている。文献 [10] では、話者の顔の動きに追従する 2D アバターと 3D アバターにより、実際の顔を見せることなく表情や意見を伝えることが可能なオンラインミーティングシステムを提案している。評価実験の結果より拡張性（遠隔会議の環境変化に対応可能か）に関しては一定の評価を得ていたが、利便性（使ってみてみたいと思うか）や目的適合性（会議の活性化などに有用か）に関してはどちらも言えないとの回答が多く見られた。文献 [11] では、遠隔会議における相手の顔を好きな人の顔に変換することで発話者の緊張感が和らぐかどうかを検討している。評価実験の結果としてシステム使用者の主観評価、顔面皮膚温度計測による定量的評価ともに知り合いに向かって発話する方が発表時の緊張感が少なくなる傾向が見られた。文献 [12] では円滑な遠隔会議を実現するため、他者の表情を模倣するミラーリングに着目し、会議参加者の感情表出を画像処理によって補助することで対話者間の共感を深めるシステムを提案している。結果として「相手との会話は、はずみましたか」という指標について、優位性が見られ会話を盛り上げる効果が見られた。一方、発話量についてはシステム使用時の条件間に有意差は見られなかった。

発話支援に着目し、会議の円滑化に向けた研究 [13–15] が報告されている。文献 [13] では、発話権の推移などから、遠隔会議の円滑化につながる評価内容を参加者にリアルタイムでフィードバックする手法を示している。しかし、会話を評価するリアルタイムフィードバックは、参加者の発話に対する自発性を低下させることが報告されている。同じく、文献 [14] では、円滑な会議を実現するため、消極的発話者の発言率向上を図り、音声によって会議参加者の発話タイミングをリアルタイムにフィードバックするシステムを提案している。結果として、一時的に消極的発話者の発言率は向上したが、対照的に、非消極的発話者の発言率が低下したことが報告されている。また、非消極的発話者は自身で発話のタイミングを掴むことに抵抗がないため、支援システムなしの方が議論しやすいとの被験者のアンケート結果も報告されている。文献 [15] では、円滑な話者交替のために数秒先の発話を予測する機械学習モデルの構築を行い、発話欲求推定システムの提案を行っている。被験者 3 名による発話予測モデルの精度評価を行い、F 値による評価の結果、7 割から 9 割の精度で発話を予測できたことを報告している。

意思疎通の補助に着目し、会議の円滑化に向けた研究 [16–18] が報告されている。文献 [16] では、参加者の意思表示の困難さに着目し、「共感した」や「発言したい」などの意思表示を簡易的に行える機能をシステム上のボタン形式で実装している。しかし、「発言したい」などの発話欲求を表すボタンは使用頻度が低く発話の促進は実現できていない。同じく文献 [17] では、円滑な会議を実現するため、会議参加者の意思疎通の困難さに着目し、「賛同します」、「反対します」、「意見あります」の意思表示を示す、気持ち可視化ボタンを提案している。ボタンは匿名性を保ちながら使用することができる。結果として、「賛同します」のボタンが最も使用され、被験者のアンケート結果から、提案システムが参加者間の意思疎通に貢献したことが報告されている。しかし「意見あります」のボタンは発言につながるため、匿名性が低く、使用頻度が平均して低かったことも報告されている。文献 [18] では、遠隔会議中の発言の偏りや参加意識の低下の問題に着目し、意思表示を行えるカード群と発話スイッチを用意し、匿名で利用可能とする手法を提案している。結果として、30 分の議論の間に 18 名中 16 名がカードを一回以上使用し、「匿名で操作するのが良かった」との好印象な意見が報告されている。

様々な外部デバイスを用いた会議の円滑化に向けた研究 [19–21] が報告されている。文献 [19] では、骨伝導ヘッドフォンを用いて会議時に音楽を聴取することによるコミュニケーションの変化に着目している。音楽を聴取することによってコミュニケーション時の緊張が緩和され、会話がしやすくなる傾向にあることを明らかにしている一方、発話回数の低下を報告している。文献 [20] では遠隔会

議での対話者同士のコミュニケーション生起のタイミングを支援するデバイスを提案している。デバイスを介して参加者同士が視線を相互に伝達した際に音声通話を接続し、相手への発話行為の心理的負担の低減を目指している。システムの評価実験より、心理的負担に対する低減に優位性が見られ、話しかける行為の負担を軽減するという目的に対し有効であることが示されている。文献 [21] では、近年の VR デバイスの普及による VR 空間での遠隔会議システムに着目している。会議内で使用できる 9 種類のジェスチャーを用意した際に、対面での会議と比較して、ブレインストーミングのアイデア合計数が多くなったことを示している。しかし、「会話の注意を逸らされる」など、ジェスチャー表現による注意の逸脱についての意見も被験者により述べられている。

6.2 本研究の位置づけ

文献 [10–12] では、提案システムの使用前と比較して、発話量に対しての優位性は報告されていない。しかし、文献 [10] では実際の顔を見せることなく表情や意見を伝えられることに対しては被験者からの好意的な反応を得ている。これを参考にし、本研究では遠隔会議中に参加者が実際の顔を見せることなく発話の促進が可能なシステムを設計する。

文献 [13, 14] の評価実験の結果から、会議参加者の好きなタイミングで発話を行えることは、発話を支援するにあたって重要な要素であることが考察できる。そのため、本研究では会議参加者が自由なタイミングで、並行的な発話を行えるようなシステム設計を行う。

文献 [16, 17] では、発話の意思表示を簡略化しても議論を一時的に遮るため、使用頻度が低かったことが共通して報告されている。つまり、潜在的な発話抑制は変わらず、発話の促進にはあまり効果がないことが考察できる。そのため、本研究では共通の議題を止めることなく複数の対話を実現する。一方、意思表示が匿名であることの有効性が報告されているため、遠隔会議の参加者同士で 1 対 1 でのプライベートな対話を実現する。

文献 [19, 20] の評価実験の結果から、発話回数の減少、または変化なしの結果が報告されている。本研究では発話回数の向上を目指し、会議の円滑化を実現する。また文献 [21] では、実験時に被験者よりシステムの操作に気を取られてしまい、会話に集中できなかったとの結果が報告されている。そのため、システムの使用感や発話に対するストレスを生じさせないために、実際の対面会議に限りなく近づけるシステム使用感を再現する必要がある。

遠隔会議の円滑化における関連研究で、筆者らの調査した範囲では、提案したアプローチを用いた際の被験者の議論内容の理解度に対する評価は報告されていない。一方、本研究の定義する会議の円滑化とは、一定以上の参加人数

がある遠隔会議で、参加者の議論内容への理解度を向上させることである。そのためのアプローチとして、様々な利点が生じる雑談を起りやすくするため、対面会議のような並行対話を実現し、発話を促進することである。

7. おわりに

本研究の目的は、対面会議のひそひそ話のような並行対話を実現し、遠隔会議の円滑さを向上させることにある。この目的に向けて、本研究では並行対話システムを提案し、発話を促進することで、会議参加者の発話抑制の解消を目指す。

本稿では、先行研究で構築した2つのサブシステムを改善し、改善前と後の使用感を評価する比較実験について述べた。相手選択サブシステムでは、並行発話の対象者を直感的に感じる最適数に固定して発話対象者を自由に交替できるUIを実装した。聞き取りサブシステムでは、会議参加者に対して発話欲求を持つ並行発話者を強調表示する改善案を実装した。改善前サブシステムと比較実験を行った際の結果として、改善サブシステムは相手選択の正確性が向上し、多くの被験者が改善後を使用したいという結果となった。一方で、発話相手選択の俊敏性に関する評価は改善前の方が良いと答える被験者が多い結果となった。発話者を自由に交代できる改善後サブシステムの操作に対して否定的な意見が少ないため、先行研究より確認した問題を解決することができると考えられる。

今後は2つのサブシステムを組み合わせた並行対話システムを実装し、既存の遠隔会議ツールとの対照実験を行う予定である。並行対話システムには音声を通じて会話ができる状態にする必要がある。これに対し、共通議題となる音声と並行発話音声をWebRTCで用いられるSFUで処理を行う設計を検討している。対照実験では、与えたテーマに対して被験者に議論を行わせ、既存の遠隔会議ツールに比べて、発話総数に違いがあるかを検証する。

参考文献

- [1] 総務省：5G が促すデジタル変革と新たな日常の構築 (2020). <https://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/whitepaper/ja/r02/html/nd123210.html>.
- [2] 総務省：通信利用動向調査の結果 (2021). <https://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/statistics/statistics05a.html>.
- [3] 宮内佑実, 遠藤正之: オンライン会議とオフライン会議の意思疎通の比較, 経営情報学会全国研究発表大会要旨集, pp. 144-147 (2020).
- [4] 玉木秀和, 東野 豪, 小林 稔, 井原雅行: 発話がぶつからない Web 会議を実現するための発話欲求伝達手法, Vol. 54, No. 1, pp. 275-283 (2013).
- [5] 中山 駿, 永吉実武: オンライン会議環境での知識創造の阻害要因と克服策, 経営情報学会全国研究発表大会要旨集, pp. 9-12 (2017).
- [6] Cao, H., Lee, C., Iqbal, S., Czerwinski, M., Wong, P., Rintel, S., Hecht, B., Teevan, J. and Yang, L.: Large Scale Analysis of Multitasking Behavior During Remote Meetings, *Proc. the CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, pp. 1-13 (2021).
- [7] 鳥山英峻, 石田繁巳, 白石 陽: 遠隔会議における潜在的な発話抑制解消のための同時複数対話システムの検討, 情報処理学会研究報告, Vol. 2021-MBL-101, No. 25, pp. 1-6 (2021).
- [8] Kartynnik, Y., Ablavatski, A., Grishchenko, I. and Grundmann, M.: Real-time Facial Surface Geometry from Monocular Video on Mobile GPUs, *The Workshop on Computer Vision for Augmented and Virtual Reality in conjunction with Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, pp. 953-959 (2019).
- [9] 徳原耕亮, 荒川 豊, 石田繁巳: 顔きのリアルタイムフィードバックによるビデオ会議支援手法の提案, 情報処理学会マルチメディア, 分散, 協調とモバイルシンポジウム (DICOMO), pp. 953-959 (2019).
- [10] 安永貴之, 小口寿明, 児矢野友香, 土井沙耶香, 三谷洋之, 赤垣慎吾, 飛田博章: 効果的な意思疎通を促すオンラインミーティングシステムの構築と評価, 情報処理学会マルチメディア, 分散, 協調とモバイルシンポジウム (DICOMO), pp. 760-765 (2021).
- [11] Ziting, G., 金井秀明: 遠隔会議における相手の顔を変換することによる緊張緩和手法に関する研究, 情報処理学会研究報告, Vol. 2021-GN-113, No. 3, pp. 1-8 (2021).
- [12] 鈴木啓太, 横山正典, 吉田成朗, 望月崇由, 布引純史, 鳴海拓志, 谷川智洋, 廣瀬通孝: 同調的な表情変形技術を用いた遠隔コミュニケーションの拡張, 情報処理学会論文誌, Vol. 59, No. 1, pp. 52-60 (2017).
- [13] Samiha, S.: Automated Collaboration Coach for Videoconferencing based Group Discussions, *Proc. the ACM Int. Joint Conference and Int. Symposium on Pervasive and Ubiquitous Computing and Wearable Computers*, pp. 510-515 (2018).
- [14] 鍋谷航平, 村岡泰成, 石川誠彬, 江木啓訓: 消極的発話者の発言率向上を目的とした音声による個別指示議論支援システムの開発, 情報処理学会マルチメディア, 分散, 協調とモバイルシンポジウム (DICOMO), pp. 766-773 (2021).
- [15] 山田楓也, 白石 陽, 石田繁巳: Web 会議における予備動作を用いた発話欲求推定手法の提案, 情報処理学会マルチメディア, 分散, 協調とモバイルシンポジウム (DICOMO), pp. 395-403 (2021).
- [16] 小松真子, 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, 情報処理学会研究報告, Vol. 2020-GN-110, No. 2, pp. 1-8 (2020).
- [17] 阿部花南, 築館多藍, 桑宮 陽, 小林 稔: 会議円滑化支援を目的とした気持ち可視化ボタンの提案, 情報処理学会マルチメディア, 分散, 協調とモバイルシンポジウム (DICOMO), pp. 774-783 (2021).
- [18] 杉本知佳, 又吉康綱, 古市冨佳, 中村聡史: オンラインミーティングでの発言障壁を低減するカードによる匿名での意思表示支援手法, 情報処理学会研究報告, Vol. 2021-GN-113, No. 1, pp. 1-8 (2021).
- [19] 大野直紀, 徳久弘樹, 中村聡史: 自身のみ聴取可能な音楽を用いたコミュニケーション円滑化手法の提案, 情報処理学会研究報告, Vol. 2019-GN-106, No. 22, pp. 1-7 (2019).
- [20] 田之頭吾音, 川口一画: 視線情報および姿勢を用いたウェアネス情報提示による遠隔対話の生起支援, 情報処理学会研究報告, Vol. 2021-HCI-195, No. 28, pp. 1-8 (2021).
- [21] 井出将弘, 大島昇時, 森 真吾, 市野順子, 田野俊一: VR 会議におけるアバターを介したジェスチャー表現の影響, 情報処理学会研究報告, Vol. 2020-GN-110, No. 1, pp. 1-8 (2020).