

筑波大学 情報学群 情報メディア創成学類

卒業研究論文

多人数ビデオ会議における
話者交替のための視線提示手法

飯塚 陸斗

指導教員 川口 一画，志築 文太郎

2021 年 2 月

概要

多人数ビデオ会議において、円滑な話者交替を行うことは、対面会議と比較して困難である。これは多人数ビデオ会議では視線配布が共有されないことに起因すると考えられる。対面における多人数会議において、参加者が自分の担う参与役割を把握することにより、円滑な話者交替が実現される。また、参与役割の把握は視線配布によって促される。本研究では、多人数ビデオ会議において視線配布を再現することにより、参与役割の把握を支援し、話者交替を促進するシステムを提案する。システムの設計にあたり、多人数ビデオ会議における視線配布を調査し、その一部が対面における視線配布とは異なることを発見した。そのため、まず対面会議と同等の視線配布に誘導するシステムを設計した。その上で矢印による視線配布、およびビデオウィンドウの大きさによる視線配布を行うシステムを実装した。また、実験を行い、システムが参与役割の把握、および話者交替に与える影響について調査した。

目次

第1章 序論	1
1.1 背景	1
1.2 目的とアプローチ	2
1.3 貢献	2
1.4 本論文の構成	2
第2章 関連研究	3
2.1 多人数会議に関する社会学的知見	3
2.1.1 対面会議における非言語情報	3
2.1.2 話者交替に関する知見	4
2.1.3 多人数会議における参与役割	4
2.2 ビデオ会議における話者交替支援	5
2.2.1 話者交替支援のためにビデオ会議において視線を利用した研究	5
2.2.2 話者交替支援のためにビデオ会議において視線以外を利用した研究	6
2.3 本研究の方針	6
第3章 予備実験：多人数ビデオ会議における視線配布の調査	7
3.1 実験設計	7
3.2 実験に用いたシステム	7
3.3 実験結果	9
3.4 議論	11
3.4.1 話者交替前、および話者交替後における話し手による視線配布	11
3.4.2 話者交替後における傍参加者による視線配布	12
第4章 提案システム	13
4.1 対面会議と同等な視線配布の誘導	13
4.1.1 話者交替前、および話者交替後における話し手による視線配布の誘導	13
4.1.2 話者交替後における傍参加者による視線配布の誘導	14
4.2 視線配布表現	15
4.2.1 矢印による視線配布表現	15
4.2.2 ビデオウィンドウの大きさによる視線配布表現	16
4.3 システム構成	17

第5章 実験	18
5.1 実験設計	18
5.2 実験手順	20
5.3 仮説と評価	20
5.3.1 仮説1：矢印条件，およびウィンドウ条件は視線配布無し条件と比較して参与役割を把握しやすくなる	20
5.3.2 仮説2：矢印条件，およびウィンドウ条件は視線配布無し条件と比較して話者交替が促進される	22
5.3.3 仮説3：矢印条件，およびウィンドウ条件は視線配布無し条件と比較して会議が促進される	23
5.4 結果	23
5.4.1 会話分析	24
5.4.2 アンケートによる印象評価	31
5.5 考察	32
5.5.1 仮説1：矢印条件，およびウィンドウ条件は視線配布無し条件と比較して参与役割を把握しやすくなる	32
5.5.2 仮説2：矢印条件，およびウィンドウ条件は視線配布無し条件と比較して話者交替が促進される	34
5.5.3 仮説3：矢印条件，およびウィンドウ条件は視線配布無し条件と比較して議論が促進されている	35
第6章 議論および今後の課題	36
6.1 矢印条件に関する議論	36
6.2 設計に関する議論	37
6.3 実験設計に関する議論	37
6.4 相槌について	38
第7章 結論	39
謝辞	40
参考文献	41

目 次

3.1	予備実験の様子. 3 人の実験参加者は各部屋に分かれ, ビデオ会議システムを用いて創造会議を行った. 各参加者の視線配布を調査した.	8
3.2	視線検出システムにおける視線配布を検出するための範囲. 使用したビデオ会議システムの配置に則って検出している.	8
3.3	話者交替時の対面会議における視線配布 (上), および多人数ビデオ会議における視線配布 (下) を示す. それぞれ会議参加者の視線配布を表し, 横軸は時間を表している.	11
4.1	本システムにおけるビデオ画面. ビデオウィンドウを意識させないために画面下部に小さく配置し, 他の参加者のビデオウィンドウを大きく配置した. . .	14
4.2	矢印により視線配布を表現したシステム. 視線配布を行なっている参加者から行われている参加者に対して矢印が表示される. 話し手による視線配布が明確に認識できる. 話者交替前における想定される話し手のビデオ画面 (左), および傍参加者のビデオ画面 (右) を示す.	15
4.3	ビデオウィンドウの大きさにより視線配布を表現したシステム. 多く視線配布が行われている参加者のビデオウィンドウは拡大され, 視線配布が行われていない参加者のビデオウィンドウは縮小される. 話者交替前における想定される傍参加者のビデオ画面 (左), および受け手のビデオ画面 (右) を示す. . .	16
4.4	本研究のシステム構成を示す. 多人数ビデオ会議システムを Web アプリケーションとして実装した. ビデオ通話には SkyWay, 視線方向の検出には WebGazer.js を用いた.	17
5.1	実験手順.	21
5.2	各条件における発話衝突確率.	24
5.3	各条件における発話衝突確率. 左図が受け手と傍参加者間において発話衝突が発生した場合であり, 右図が話し手と受け手間において発話衝突が発生した場合である.	25
5.4	各条件における沈黙発生確率と発生時間. 左図が沈黙発生確率であり, 右図が 1 回あたりの沈黙時間である.	26
5.5	話者交替が不成立となった確率. 視線配布無し条件とウィンドウ条件間に有意傾向があった.	27

5.6	参加者の発話数の平均について示す。視線配布無し条件とウィンドウ条件間で有意差があり、視線配布無し条件とウィンドウ条件間で有意傾向があった。 .	28
5.7	グループ毎の発話数の平均.	29
5.8	会議において出されたアイデア数について示す.	30
5.9	各条件後に行ったアンケートの結果を示す。これらは参与役割の把握を促せたかどうかの主観評価を行うための項目であり、A1 から A5 まで、および A12 の結果を示す.	31
5.10	各条件後に行ったアンケートの結果を示す。これらは話者交替が促進されたか、および議論が促進されたかどうかの主観評価を行うための項目であり、A6 から A11 までの結果を示す.	32
6.1	相槌数について示す。左図が相槌数の平均であり、右図が参加者の発話数に対する相槌確率の平均である.	38

表 目 次

2.1	坊農ら [坊農 04] が述べた会話へ参与する手続き.	5
3.1	話者交替前の視線配布の割合を示す. 縦軸は視線配布した参加者の参与役割を表し, 横軸は視線配布された人の参与役割を表す. 話し手が話し手である自分を見ていた割合が 28.0%, 受け手を見ていた割合が 40.0%, 傍参加者を見ていた割合が 8.0%, その他の場所を見ていた割合が 24.0%である.	9
3.2	話者交替後の視線配布の割合を示す. 縦軸は視線配布した参加者の参与役割を表し, 横軸は視線配布された人の参与役割を表す. 話し手が話し手である自分を見ていた割合が 8.0%, 受け手を見ていた割合が 88.0%, 傍参加者を見ていた割合が 0.0%, その他の場所を見ていた割合が 4.0%である.	9
3.3	参加者ごとの自分が話し手である時において話者交替前の視線配布の割合を示す. 縦軸は各参加者を表し, 横軸は視線配布された参与役割を表す.	10
3.4	対面会議に対する多人数ビデオ会議における話者交替前後の視線配布の比較を示す. 縦軸は多人数会議における参与役割を表し, 横軸は視線配布が行われる時を表す.	10
5.1	参加者のグループ毎の条件順序を示す. 順序による影響を考慮し, ラテン方格に則って決定した.	19
5.2	各条件間に参加者に回答させたアンケートを示す. 直前まで行っていた会議についての印象評価を 7 段階リッカート尺度を用いた回答欄にて回答させた.	19
5.3	全ての条件の終了後, 参加者に回答させたアンケートを示す. システム, および実験に関する印象を記述式に回答させた.	20
5.4	仮説 1 を検証するためのアンケートの項目と設定意図.	22
5.5	仮説 2, および仮説 3 を検証するためのアンケートの項目と設定意図.	23

第1章 序論

本論文は、多人数ビデオ会議において、話者交替を促進させるための視線提示手法を示す。本章では、まず背景として多人数ビデオ会議における課題を示す。次に本研究の目的とアプローチを示す。その後、本論文の貢献を示し、最後に本論文の構成を示す。

1.1 背景

近年、Zoom [ZVC] や Microsoft Teams [Mic] といったビデオ会議システムの需要が高まっている。しかし、多人数ビデオ会議において、対面会議と比較して話者交替が難しく、発話衝突や沈黙が多く発生することが課題として挙げられる [鑑沢 81]。ここで、会議とは「3人以上の参加者が共通の場で対面し、情報の伝達や加工を行って、問題の解決を図ること」である [高橋 87]。よって本論文において多人数ビデオ会議を、「3人以上の参加者がそれぞれ別の場所からカメラを起動させて行うビデオ会議」と定義する。また発話衝突とは、話し手が発話を終了した時、2人以上の聞き手が同時に話し始めてしまうことである。また、話し手が発話している状態において、聞き手が発話を開始することも発話衝突である。それに対して沈黙とは、話し手の発話が終了した時、聞き手が次に誰が発話するべきかを判断できず、誰も発話を行わない状態である。

対面会議において、発話衝突や沈黙はあまり起きることはなく円滑な話者交替が可能である。これは会議の参加者が互いの参与役割を把握しているためである。ここで参与役割とは、現在話している話し手、次に発話権を得るべき受け手、会話に参加しているが受け手とはならない傍参与者等、会話における各参加者の役割を示したものである [Gof76]。そして参与役割を把握する上で非言語情報が重要な働きを行う。非言語情報の中で、特に視線配布（各参加者が誰を見ているかの情報）は重要な役割を果たすことが知られている [Goo81]。具体的には、話し手は発話の終了前に聞き手に視線配布を行うことにより、その聞き手に発話権譲渡する意思を伝達する。また、聞き手は発話中の話し手に向けて視線配布を行うことにより、会話への興味や関心を伝達している。

しかし、多人数ビデオ会議において、このような視線配布は共有されない。そのため、参加者は互いの参与役割を把握することができず、話者交替時の発話衝突や沈黙が多く発生すると考えられる。

この課題に対し、ビデオ会議において視線配布を共有することにより、会話を促進する研究はいくつか存在する。例えば視線を用いたシステムと視線を用いなかったシステムの比較を行い、ビデオ通話においても相互注視が有益であることを示した研究 [MOAY05] や、ディ

スプレイ内の 3 次元 CG 空間内に立体的に配置されたビデオアイコンが回転することで顔の向きを伝える研究 [Ver99] などが挙げられる。

しかしこれらは 1 対 1 でのシステム，あるいは実空間配置やディスプレイ内の 3 次元 CG 空間を利用するものである。1 対 1 における視線配布と 3 人以上の多人数会議で行われる視線配布は意味が異なる。また Zoom や Microsoft Teams といった現在普及しているビデオ会議アプリケーションにおけるビデオウィンドウは全て 2 次元的に配置されており，実空間配置を利用したものや 3 次元 CG 空間を利用するものは馴染みがない。よって多人数で行われるビデオ会議において使用する 2 次元的にビデオウィンドウが配置されたシステムが必要であると考えた。

1.2 目的とアプローチ

本研究では，多人数ビデオ会議において参与役割の把握を促し，話者交替時の発話衝突，および沈黙を減少させることを目的とする。そのためのアプローチとして，多人数ビデオ会議時に，ディスプレイベースの視線検出プログラムを用いて各参加者が誰のビデオウィンドウを見ているかを検出し，それを視線配布として共有することにより，対面会議と同等の視線配布を多人数ビデオ会議において再現するシステムを提案する。

1.3 貢献

本研究の貢献は以下の通りである。

- 多人数ビデオ会議におけるビデオウィンドウへの視線配布の傾向を明らかにした。
- 多人数ビデオ会議において参与役割が把握できる視線配布表現を提案した。
- 多人数ビデオ会議における話者交替を促進させるシステムを提案した。
- 実験を行い，提案したシステムの優位性を確かめた。

1.4 本論文の構成

本論文の構成は以下の通りである。第 1 章においては，本研究の背景，目的とアプローチ，および貢献を示した。第 2 章においては，本研究に関連する研究を述べ，本研究の位置付けを示す。第 3 章においては，システム設計のための予備実験について示す。第 4 章においては，提案システムについて示す。第 5 章においては，提案システムの優位性を実証するための実験について示す。第 6 章においては，提案システムについて議論し，今後の課題を示す。第 7 章においては，本研究の結論を示す。

第2章 関連研究

本研究は、多人数ビデオ会議において話者交替を促進することを目的とし、そのために視線配布を利用する。本章では、多人数会議に関する社会学的知見、およびビデオ会議において非言語情報を利用した関連研究について説明した後、本研究の方針について述べる。

2.1 多人数会議に関する社会学的知見

本研究では多人数ビデオ会議における話者交替を促進するために、対面での多人数会議に関する社会学的知見に着目した。本節ではまず対面会議における非言語情報について述べ、次に話者交替について述べる。最後に、多人数会議における参与役割について述べる。

2.1.1 対面会議における非言語情報

非言語情報はコミュニケーションの中で重要な役割を果たしている [Var86]。ここで非言語情報とは、コミュニケーションを行う際の言語以外の情報のことを指す。言語によって伝えられるメッセージは全体の35%であり、残りの65%は非言語情報であると言われている [Bir10]。非言語情報は、対人距離、体の動き、表情、視線配布、接触、準言語、嗅覚作用、および人工物などが挙げられる [原岡 90]。本研究では特に視線配布について取り上げる。これはビデオ会議において共有されていないことと話者交替において重要な役割を持つことから視線配布を選択した。Kendon [Ken67] は会話における視線の機能を3つに分類した。1つ目は注視の有無に基づいて発話を継続するか、終了したかを確認するモニタリング機能である。2つ目は聞き手の会話への興味を視線行動から察知し、発話内容を調整する機能である。3つ目は聞き手が会話への興味を表出させて、話し手へ伝える機能である。また、上記3つの他に、表情と組み合わせて感情を表現する、および対人関係の性質が表出するなど様々な機能もある [Var86]。

しかし、視線配布が共有されないビデオ会議において視線の機能はほとんど機能していないと言える。よって視線配布を共有することによってビデオ会議において他の参加者の状態を把握するための判断材料が増え、より状況に適した会話を促進できるのではないかと考えられる。

2.1.2 話者交替に関する知見

話者交替とは、コミュニケーションを行う際に、現話者から次話者へ話者が変わることである。Sacks [SSJ78, 玉木 12] は話者交替のルールを下記のように定めた。

1. 「現話者による次話者選択」が話者交替時に行われた場合、選択された者が次話者となり話者交替が行われる。
2. 「現話者による次話者選択」が話者交替時に行われなかった場合、現話者以外の参加者は自己選択をし、最初に話し始めた者が次話者となる。
3. 「現話者による次話者選択」も自己選択も行われない場合、現話者が続けて話すことが可能である。しかし義務ではない。

ルール 3 が起こり現話者が続けて話した場合、次の話者交替時にルール 1 またはルール 2 が選ばれ、話者交替が起こるまでこれは繰り返される。

また話者交替の失敗には発話衝突、および沈黙が挙げられる。発話衝突とは複数の参加者が同時に発話を開始してしまうことであり、聞き手と聞き手間における発話衝突、または話し手と聞き手間における発話衝突が考えられる [小磯 00]。沈黙とは会話の参加者が誰も発話しない状態である。聞き手と聞き手間における発話衝突は話者交替のルール 2 において現話者以外の 2 人の参加者が同時に自己選択をすることにより発生すると考えられる。また、話し手と聞き手間における発話衝突は現話者が現話者以外の参加者の自己選択を認識できず、ルール 2 とルール 3 が同時に起こったと考えられる。沈黙について、ルール 1 において「現話者による次話者選択」に次話者の候補が気付かないため、もしくはルール 2 において自己選択を譲り合うなど考えられる。

ここで 2.1.1 項で述べた視線の機能を考えると、話者交替の各ルールにおける判断に視線が使われていると考えられる。すなわち、視線配布の共有されないビデオ会議においては、話者交替の各ルールにおける判断が困難になり、話者交替が失敗しやすいと考えられる。

2.1.3 多人数会議における参与役割

Goffman [Gof76] は会話の参加者が会話に参加する手続きを述べた。会話においては、現在話している話し手、次に発話権を得るべき受け手、会話に参加しているが受け手とはならない傍参与者等、各参加者が参与の度合いに応じた役割（参与役割）を担う。そして話者交替が起きる際には話し手や受け手などの参与役割が動的に変化する。そして会話の参加者は互いの視線に基づいて自分の参与役割を理解していることが知られている [VSvdVN01, Ken67, 坊農 04, VSvdVN01, 佐藤 13]。Kendon [Ken67] は話し手が発話の切れ目において受け手を注視し、受け手が注視を受け入れ話し手に注視を返すこと（相互注視）によって話者交替が成立することを示した。坊農ら [坊農 04] は、対面会話において会話へ参与する手続きを述べた（表 2.1）。また、話し手の発話終了前の視線配布は発話権譲渡の意思を示し、聞き手が自らの参与役割を意識することを促すことを示した。会話の参与役割は話し手によって主体的に決め

表 2.1: 坊農ら [坊農 04] が述べた会話へ参与する手続き.

	行動	行動後の参与役割
(1)	意識的に会話場に近づき, ある一定時間留まる. 既存の参与者らに存在を意識され始める.	傍観者
(2)	既存の参与者らに確実に存在を意識される.	傍参与者
(3-a)	現話し手が, 自分に向けてデザインし産出した発話を受け取る.	受け手
(3-b)	意識的に既存の参与者に話しかける	話し手

られている. 一方, 聞き手の視線配布には, 発話に対する興味, 関心, および発話欲求が表出されており, 話し手による次話者の選択に大きく影響している [VSvdVN01, 佐藤 13].

以上より, 視線配布が共有されないビデオ会議において, 参与役割を把握することは困難であり, 話者交替が円滑に行われないと考えられる. よって本研究では, 多人数ビデオ会議において, 視線配布を共有することによって, 参与役割の把握を促し, 話者交替が円滑に行われると考えた.

2.2 ビデオ会議における話者交替支援

ビデオ会議において非言語情報を用いて話者交替支援を行った研究は多く存在する. 本節では話者交替支援のためにビデオ会議において視線を利用した研究, および視線以外を利用した研究について述べる.

2.2.1 話者交替支援のためにビデオ会議において視線を利用した研究

ビデオ会議において視線配布を伝達し相互注視やアイコンタクトを実現することにより会話の促進を目指した研究について述べる [Ver99, VWSC03, MOAY05, ACH96, VVdVV00, GM03, KKZ⁺17, 敷田 17, OMIM94].

Vertegaal ら [Ver99, VWSC03] は, アイコンタクトを参加者に伝える多人数ビデオ会議システムを提案した. このシステムではディスプレイ内に表示された 3 次元 CG 空間内に各参加者のビデオウィンドウが立体的に配置され, ビデオウィンドウが回転することにより視線配布を提示する. また, Vertegaal ら [VVdVV00] は 3 人のグループに視線方向を共有しながら協調作業を行わせた. その結果, 協調作業においても視線を共有することは話者交替を促進することを明らかにした. Mukawa ら [MOAY05] は視線を用いたシステムと視線を用いないシステムの比較を行い, ビデオ通話においても相互注視が有益であることを示した. 視線を用いたシステムは対面会議と同様の視線行動が誘発されることが明らかになった. Andersson ら [ACH96] はリモート会議参加者が存在する対面会議において, リモート会議参加者の存在感とアイコンタクトをローカル会議参加者へ提供した. Grayson ら [GM03] は 1 対 1 のビデオ通話において容易に相互注視を導入する方法を考案した. これは観測者に視線を向ける人

が自分を見ているかを判断させることにより実現した。Kobayashi ら [KKZ⁺17] はグループ間のビデオ会議において、各ユーザの正しい視線方向を提示するシステムを提案した。画面埋め込みカメラや Kinect を用いて各参加者の適切な視点位置からの映像を生成し、他の参加者へ提示した。敷田ら [敷田 17] は参加者の 1 人だけ遠隔地から参加するビデオ会議において、リモート参加者の存在感を伝えるためにライトを視線情報に基づいて点灯させるアウェアネス支援方式を提案した。Okada ら [OMIM94] は 3 人でのビデオ会議において等身大の相手画像と視線を一致させ、湾曲スクリーンに投影することにより、3 人で机を囲んでいるようにビデオ会議を行った。

2.2.2 話者交替支援のためにビデオ会議において視線以外を利用した研究

長谷川ら [長谷 14] は、発話意図表出に関連する無意識的身振りを伝達するテレプレゼンスロボットを提案した。この研究で用いられた無意識的身振りには頭部の回転も含まれ、テレプレゼンスロボットの顔部分が回転することにより、遠隔の参加者がどこを見ているかが伝達される。玉木ら [玉木 12] は、Web 会議において、人が発話前に行う発話予備動作を検出し、次に発話する可能性が最も高い参加者を強調表示することにより、円滑な話者交替を支援する手法を提案した。ここで発話予備動作とは、発話前に体を前に乗り出す、および大きく頷くなど発話欲求を表出する動作のことである [Var86]。玉木らの提案システムにおいては、発話予備動作として手を上げる、手を顔の周りに近づける、および頷く動作が用いられており、視線方向の検出・提示は行われていない。中野ら [中野 14] は多人数会話を行う会話エージェントの実装を行った。話と頭の角度から聞き手を推定するメカニズムを提案した。

2.3 本研究の方針

関連研究より、対面での多人数会議において、参加者の視線配布から参与役割を把握することによって円滑な話者交替を行うことができることがわかった。しかし、ビデオ会議において視線配布の共有は行われないため、話者交替時に自分の参与役割が把握できず、発話衝突や沈黙が発生すると考えられる。これまでの研究において、ビデオ会議において、視線配布を共有することによって会話を促進する研究が多くされていた。しかし、それらの研究は実空間、もしくは 3 次元 CG 空間内における 3 次元的な空間配置を利用していた。また 1 対 1 でのビデオ通話における相互注視に焦点を当てた研究が多く、全員が遠隔地にいる多人数ビデオ会議において、参与役割の把握に焦点を当てたものはなかった。そこで本研究では、Zoom のように各参加者のビデオウィンドウが 2 次元的に配置される多人数ビデオ会議システムを提案する。また、視線配布を伝達することによって多人数ビデオ会議においても参与役割の把握を促し、話者交替を促進する手法を提案する。

第3章 予備実験：多人数ビデオ会議における視線配布の調査

本研究では、各参加者のビデオウィンドウが2次元的に配置される多人数ビデオ会議システムにおいて、視線配布を共有する手法を提案する。提案手法の設計に先立ち、通常のビデオウィンドウが2次元的に配置される多人数ビデオ会議システムにおける各参加者の視線配布を調査する予備実験を実施した。これは、このようなシステムを用いる場合に対面会議と同様の視線配布が行われているかが明らかではなかったためである。仮に視線配布が対面の場合と異なる場合、参加者が対面同等の視線配布を行うよう誘導するシステム設計が必要になる。本章では、実験参加者および実験器具、実験に用いたシステム、実験結果、および議論を述べる。

3.1 実験設計

本実験では、3人の実験参加者がビデオ会議システムを用いて創造会議を行う実験設計とした。ここで、本研究は多人数ビデオ会議を「3人以上の参加者がそれぞれ別の場所からカメラを起動させて行うビデオ会議」としている。よって本実験ではその多人数ビデオ会議の最小人数である3人で実験を行う。また創造会議とは、決められた題材の元、アイデアを創造する会議であり、参加者が活発に発話し話者交替が起こりやすい [井上 99] ことから実験タスクとして採用した。

研究室内の3人（平均22歳、内女性1名）がボランティアとして実験に参加した。実験参加者は互いに親しい知り合いであり、全員が情報学部の大学生であった。実験参加者は日常的に多人数ビデオ会議を行っていた。

会議の議題は「スマートフォンの新機能を考える」とした。実験参加者は与えられた各部屋に分かれて7分間のビデオ会議を行った。会議における、音声、各参加者の視線配布、およびビデオ画面を記録し、話者交替時に参加者が誰のビデオウィンドウを見ているかを調査した。

3.2 実験に用いたシステム

実験において、ビデオ会議システムを用いて多人数ビデオ会議を行い、同時に視線検出システムを用いて視線配布を検出した。ビデオ会議システムはWebRTCのプラットフォームで



図 3.1: 予備実験の様子. 3 人の実験参加者は各部屋に分かれ, ビデオ会議システムを用いて創造会議を行った. 各参加者の視線配布を調査した.

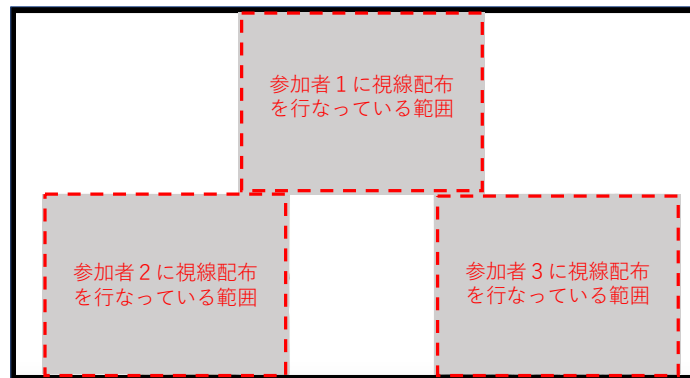


図 3.2: 視線検出システムにおける視線配布を検出するための範囲. 使用したビデオ会議システムの配置に則って検出している.

ある SkyWay [Cor] を用いて Web アプリケーションとして実装した. 本研究において, 提案システムの実装には, ビデオ会議システムに視線検出システムを組み込む必要がある. そのため, 提案システムの実装には SkyWay を用いる予定であった. 今回は, 提案システム実装後の実験と環境を合わせるため, 予備実験においても SkyWay を用いてビデオ会議システムを実装した.

ビデオ会議システムにおいて, 3 人の参加者のビデオウィンドウを三角形状に配置した. システムを用いた実験の様子を図 3.1 に示す. 視線方向の検出システムは WebGazer.js [PSL⁺16] を用いたアプリケーションを実装した. WebGazer.js により, Web カメラからディスプレイ上のどこかの点を見ているかという視線方向を検出した. そしてビデオウィンドウの配置 (図 3.2) に合わせ, その点がどの範囲内にあるかを判定し, 誰を見ているかという視線配布を検出し記録した.

実験において 3 台のノートパソコン (Apple, 13-inch MacbookPro, CPU: Intel Core i5

表 3.1: 話者交替前の視線配布の割合を示す。縦軸は視線配布した参加者の参与役割を表し、横軸は視線配布された人の参与役割を表す。話し手が話し手である自分を見ていた割合が 28.0%, 受け手を見ていた割合が 40.0%, 傍参加者を見ていた割合が 8.0%, その他の場所を見ていた割合が 24.0%である。

	話し手	受け手	傍参加者	その他
話し手	28.0%	40.0%	8.0%	24.0%
受け手	80.0%	8.0%	0.0%	12.0%
傍参加者	76.0%	12.0%	0.0%	12.0%

表 3.2: 話者交替後の視線配布の割合を示す。縦軸は視線配布した参加者の参与役割を表し、横軸は視線配布された人の参与役割を表す。話し手が話し手である自分を見ていた割合が 8.0%, 受け手を見ていた割合が 88.0%, 傍参加者を見ていた割合が 0.0%, その他の場所を見ていた割合が 4.0%である。

	交替前の話し手	交代後の話し手	傍参加者	その他
交替前の話し手	8.0%	88.0%	0.0%	4.0%
交代後の話し手	40.0%	40.0%	4.0%	16.0%
傍参加者	36.0%	48.0%	4.0%	12.0%

3.1GHz, メモリ:8GB, OS:macOS Catalina 10.15.4, ASUSTeK COMPUTER INC., ZenBook UX334FAC_UX334FA, CPU: Intel Core i7-10510U 1.80GHz, メモリ:16GB, OS: Microsoft Windows 10 Home 10.0.18363, および Lenovo, 20S0CTO1WW, CPU: Intel Core i7-10510U 1.80GHz, メモリ:32GB, OS: Microsoft Windows 10 Home 10.0.18363) を用いた。

また, Windows OS が搭載された ZenBook UX334FAC_UX334FA および 20S0CTO1WW については, ノートパソコン搭載の Web カメラのみでは, ビデオ会議を行うシステム, および視線検出を行うシステムの利用が不可能であったため, ノートパソコン1台につき1台の外付けの Web カメラ (Microsoft, LifeCam VX-7000, および ELECOM, UCAM-DLG200H) を用いた。

3.3 実験結果

7 分間行われた会議において 25 回の話者交替が発生した。話者交代時の各参加者の視線配布について調査するため, 話者交替の前および後における各参加者の視線配布を参与役割毎にまとめた。話者交替前の参与役割ごとの視線配布の割合を表 3.1, 話者交替後の参与役割ごとの視線配布の割合を表 3.2 に示す。

話者交替前において受け手と傍参加者はそれぞれ 80.0%, 76.0%の割合で話し手を見ていた。しかし話者交替前に話し手が受け手を見ていた割合は 40.0%であった。参加者ごとの自

表 3.3: 参加者ごとの自分が話し手である時において話者交替前の視線配布の割合を示す。縦軸は各参加者を表し、横軸は視線配布された参与役割を表す。

	話し手	受け手	傍参加者	その他
参加者 A	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%
参加者 B	25.0%	58.0%	8.0%	8.0%
参加者 C	44.0%	33.0%	11.0%	11.0%

表 3.4: 対面会議に対する多人数ビデオ会議における話者交替前後の視線配布の比較を示す。縦軸は多人数会議における参与役割を表し、横軸は視線配布が行われる時を表す。

	話者交替前	話者交替後
話し手（交替後の受け手）	話し手 28.0% 受け手 40.0% (対面と異なる)	受け手 88.0% (対面と同等)
受け手（交替後の話し手）	話し手 80.0% (対面と同等)	話し手 40.0% 受け手 40.0% (対面と異なる)
傍参加者	話し手 76.0% (対面と同等)	話し手 36.0% 受け手 48.0% (対面と異なる)

自分が話し手である時における話者交替前の視線配布の割合を表 3.3 に示す。参加者ごとに比較すると、参加者のうち 1 人は自分が話し手の際、受け手を見ている割合がその他の場所を見ている割合に比べて一番高かった、しかし他の 2 人はそれぞれ話し手である自分のビデオウィンドウを見ている割合、およびディスプレイから目を離している割合が一番高かった。また、話者交替後において、これまでの話し手が次の話し手を見ている割合は 88.0%であった。一方で、話者交替後に次の話し手がこれまでの話し手を見ている割合、および自分自身を見ている割合は共に 40.0%であった。また、話者交替後に傍参加者がこれまでの話し手を見ている割合、および次の話し手を見ている割合はそれぞれ 36.0%、48.0%であった。

以上の結果をまとめると、2 次元的に配置される多人数ビデオ会議システムを用いたビデオ会議において下記のことが言える。

話者交替時の対面会議における視線配布に対する多人数ビデオ会議における視線配布の参与役割ごとの相違点を表 3.4 に示す。また、時間経過に伴う対面会議、および多人数ビデオ会議における視線配布の変化を図 3.3 に示す。

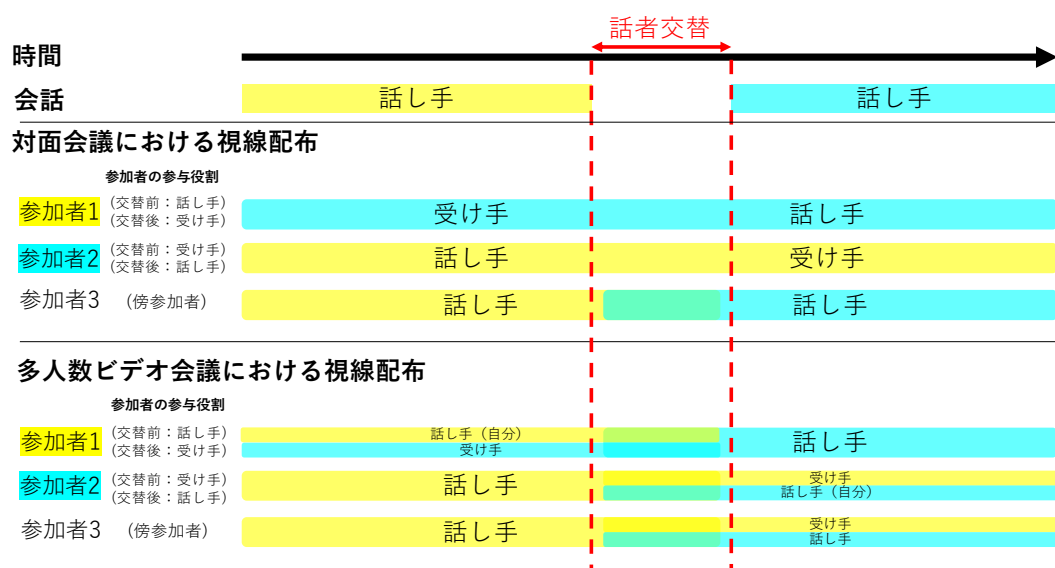


図 3.3: 話者交替時の対面会議における視線配布（上），および多人数ビデオ会議における視線配布（下）を示す．それぞれ会議参加者の視線配布を表し，横軸は時間を表している．

3.4 議論

予備実験により，多人数ビデオ会議における参加者の視線配布について，対面会議における視線配布に対して一部が異なる結果が示された．よって提案システムの設計において，まず対面会議と同等となるように誘導する必要があると考える．本節では，多人数ビデオ会議における参加者の視線配布が対面会議における視線配布と異なる結果となった理由について考察を行う．

3.4.1 話者交替前，および話者交替後における話し手による視線配布

話者交替前，および話者交替後，対面と異なり話し手は話し手（自分）を見ている場合があった．この理由として2つ考えられる．

1つ目の理由として，今回使用したビデオ会議システムにおいては，話し手自身を含む参加者全員のビデオウィンドウが常に等しいサイズで表示されていた点が考えられる．これにより，話し手は自分の表情や動きを確認しながら発話することが可能であった．対面会議においては，通常自分自身の様子を確認することはできないことから，このようなシステムに起因する差異が対面と異なる視線配布の原因になったと考えられる．

対面会議において，話者交替前に話し手は受け手の視線配布を行うことにより，発話権譲渡の意思を伝達する [坊農 04]．また，受け手は話し手から視線配布を受け取り，視線配布を

話し手に返す（相互注視）ことにより、円滑な話者交替が行われる [Ken67]. そのため話し手の視線配布が対面と異なる場合には、提案システムによって視線配布を可視化したとしても、円滑な話者交代につながらない可能性がある. よって提案システムを設計する上では、対面会議と同等の視線配布を誘起するために、自分のビデオウィンドウを意識させない設計を行う必要がある.

2つ目の理由として、聞き手の視線配布の共有が行われていなかった点が考えられる. 対面会議において、話し手は聞き手の視線配布を受け取り、会話への興味・関心等を判断して主体的に受け手を選択している [VSvdVN01]. しかし、多人数ビデオ会議において、聞き手の視線配布は共有されず、聞き手の興味・関心を把握することが困難となる. そのため、話者交替時において、次に受け手となるべき参加者を選択できず、結果として自分自身を見るような視線配布につながっていた可能性がある. よって、提案システムにおいて聞き手の視線配布を可視化することによって、話し手は次の受け手を選択し、対面と同様に受け手に視線を向けるようになると考えられる.

3.4.2 話者交替後における傍参加者による視線配布

話者交替後、傍参加者は話者交替前の話し手、または話者交替後の話し手を見ていた. これは、多人数ビデオ会議では、話者交替時に話し手による視線配布の共有が行われていないことに起因すると考えられる. 対面会議において、話し手の視線配布は、聞き手に参加者の参与役割を意識することを促す [坊農 04]. 特に、話者交替時には受け手に対して視線配布を行い、それが発話権譲渡の意思を伝達する. しかし、多人数ビデオ会議においては、話し手による視線配布の共有が行われないことにより、聞き手が参与役割を把握することが困難になり、結果として対面と異なる視線配布につながっていた可能性がある. よって、提案システムにおいて話し手の視線配布を可視化することによって、聞き手は参与役割を意識し、対面と同様に受け手に視線を向けるようになると考えられる.

第4章 提案システム

前章の予備実験の結果より，話者交替前，および話者交替後における話し手による視線配布，および話者交替後における傍参加者による視線配布について，対面会議とは異なる視線配布が見られた．よって提案システムの実装にあたっては，これらの視線配布が対面会議と同等になるよう誘導した上で，視線配布の可視化を行う必要がある．本章では，対面会議と同等な視線配布の誘導，視線配布の可視化表現，およびシステム構成について述べる．

4.1 対面会議と同等な視線配布の誘導

本節では，それぞれの視線配布について，対面会議と同等の視線配布となるよう誘導する設計を述べる．

4.1.1 話者交替前，および話者交替後における話し手による視線配布の誘導

多人数ビデオ会議において，話者交替前，および話者交替後において話し手は受け手を見ている場合の他に，話し手である自分のビデオウィンドウを見ている場合があった．これは対面会議において，自分のことを見ながら話すことは不可能であるのに対し，多人数ビデオ会議では自分を確認しながら話すことが可能であるためであると考えられる．もしくは，聞き手の視線配布の共有が行われていないためであると考えられる．このことから，提案する多人数ビデオ会議システムにおいては，自分のビデオウィンドウを意識させないこと，および話し手が聞き手の視線配布を明確に認識が可能であるように設計することが必要である．

まず自分のビデオウィンドウを極力意識させないために，画面の下部に小さく配置し，他の参加者のビデオウィンドウを画面の中心付近に大きく配置するよう設計した（図 4.1）．自分のビデオウィンドウの大きさは作業に影響を与える [Min17]．この設計により，話者交替前，および話者交替後において，話し手は自分ではなく，より他の参加者へ視線配布を行うことが容易になると考えられる．

また対面会議と異なる視線配布が聞き手の視線配布の共有が行われていないことに起因する場合，提案する多人数ビデオ会議システムにおいて全ての参加者の視線配布を表現するため，話し手は聞き手の視線配布を認識することが可能であると考えられる．

したがって，話者交替前，および話者交替後における話し手による視線配布は，対面会議の視線配布と同等に，受け手へ誘導することが可能であると考えた．



図 4.1: 本システムにおけるビデオ画面. ビデオウィンドウを意識させないために画面下部に小さく配置し, 他の参加者のビデオウィンドウを大きく配置した.

4.1.2 話者交替後における傍参加者による視線配布の誘導

多人数ビデオ会議において, 話者交替後における傍参加者による視線配布は, 話者交替前の話し手, および話者交替後の話し手に向けられていた. これらは, 話者交替時に話し手の視線が共有されておらず, 話者交替を察知することが困難であることに起因すると考えられる. よって提案する多人数ビデオ会議システムでは, 全ての参加者による視線配布を2つの手法で表現するため, 傍参加者は話し手の視線配布を認識し, 話者交替を察知することが可能であると考えられる.

したがって, 話者交替後における傍参加者による視線配布は, 対面会議の視線配布と同等に, 次の話し手へ誘導することが可能であると考えた.

以上のことから, ビデオウィンドウの配置の変更, および視線配布の共有を行うことにより, 話者交替時に対面会議と同等の視線配布を行うことが可能であると考えられる. また, 視線配布を可視化することにより, 各参加者が明確に自分の参与役割を理解することが可能になると考えられる. これにより, 発話衝突, および沈黙を減少させ円滑な話者交替を実現することが可能となると考えられる.



図 4.2: 矢印により視線配布を表現したシステム．視線配布を行なっている参加者から行われている参加者に対して矢印が表示される．話し手による視線配布が明確に認識できる．話者交替前における想定される話し手のビデオ画面（左），および傍参加者のビデオ画面（右）を示す．

4.2 視線配布表現

本研究では，視線配布を可視化する手法として2種類の表現を提案する．1つ目は矢印による視線配布表現，2つ目はビデオウィンドウの大きさを変更することによる視線配布表現である．

4.2.1 矢印による視線配布表現

矢印によって各参加者の視線配布を表現する（図 4.2）．これは視線配布を行っている参加者から視線配布が行われている参加者に対して，ビデオ画面上で矢印が表示される手法である．誰が誰を見ているかという情報が直接的に共有されるため，特に話し手による視線配布が明確に認識できる．矢印の色は明確な知覚が可能となるように赤色で表示し，ビデオウィンドウの端から端へ跨ぐように表示する際に，ビデオウィンドウの情報を隠さない大きさで表示する．

図 4.2 は，話者交替前における想定される参加者のビデオ画面である．左図は画面下部に配置された自分のビデオウィンドウへ他2人の参加者の矢印が向いている．よって自分の参与役割が話し手であり，他2人の参加者が自分の話に興味を向けていることが認識できる．右図は画面右上，および画面左上の参加者がお互いのビデオウィンドウへ矢印を向け合っており，画面下部の自分のビデオウィンドウへは矢印は向いていない．よって，自分の参与役割が傍参加者であり，自分以外の2人の参加者において話者交替が成立するだろうと認識できる．

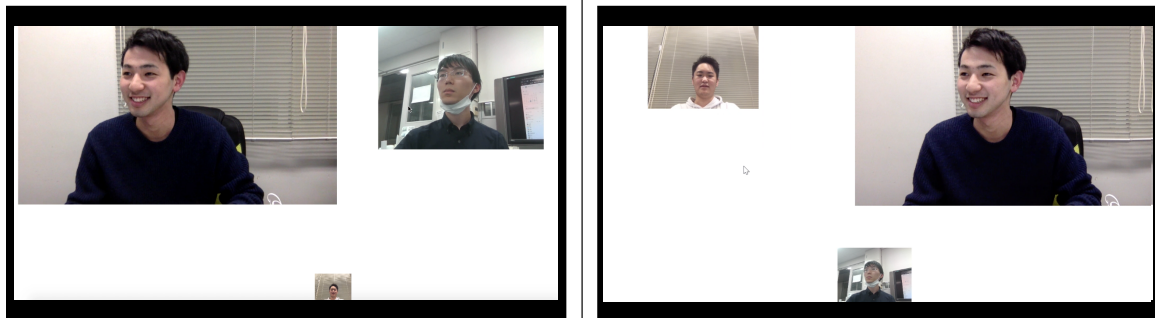


図 4.3: ビデオウィンドウの大きさにより視線配布を表現したシステム. 多く視線配布が行われている参加者のビデオウィンドウは拡大され, 視線配布が行われていない参加者のビデオウィンドウは縮小される. 話者交替前における想定される傍参加者のビデオ画面 (左), および受け手のビデオ画面 (右) を示す.

4.2.2 ビデオウィンドウの大きさによる視線配布表現

多く視線配布が行われている参加者のビデオウィンドウを拡大して表示し, 視線配布が行われていない参加者のビデオウィンドウを縮小して表示する. (図 4.3) 例えば自分に多く視線配布が行われている場合は, 自分のビデオウィンドウが拡大, 他の参加者のビデオウィンドウが縮小されて表示される. ビデオウィンドウの大きさは違いが明確に知覚できるように, 視線配布が 1 人集まる毎にそのビデオウィンドウの面積を 2.25 倍の大きさに拡大した. 誰が見ているかという情報は共有されず, 誰が多く見られているかという情報が強調して共有される. この表現は, 視線配布が多く集まっている参加者が一番大きく表示され, 聞き手にとって視線配布すべき相手が明確である. つまり, 視線配布がビデオウィンドウの大きさとして間接的に共有されている. またこのビデオウィンドウの大きさが参与役割を表している.

図 4.3 は, 話者交替前における想定される参加者のビデオ画面である. 左図は画面左上の参加者のビデオウィンドウが最大のサイズで表示されており, 画面右上の参加者のビデオウィンドウが 2 番目に大きいサイズで表示されている. また, 画面下部の自分のビデオウィンドウは最小のサイズで表示されている. よって自分と画面右上の参加者は画面左上の参加者に視線配布を行い, 自分には視線配布が行われていないことがわかる. このことから自分の参与役割が傍参加者であることが認識できる. 右図は画面右上の参加者のビデオウィンドウが最大のサイズで表示され, 画面左上の参加者のビデオウィンドウが最小のサイズで表示されている. 画面下部の自分のビデオウィンドウは 2 番目に大きいサイズで表示されている. よって自分と画面左上の参加者は画面右上の参加者に視線配布を行い, 画面右上の参加者が自分へ視線配布を行っていることが認識できる. このことから話し手は自分に視線が向けられており, 自分の参与役割が受け手であることが認識できる.

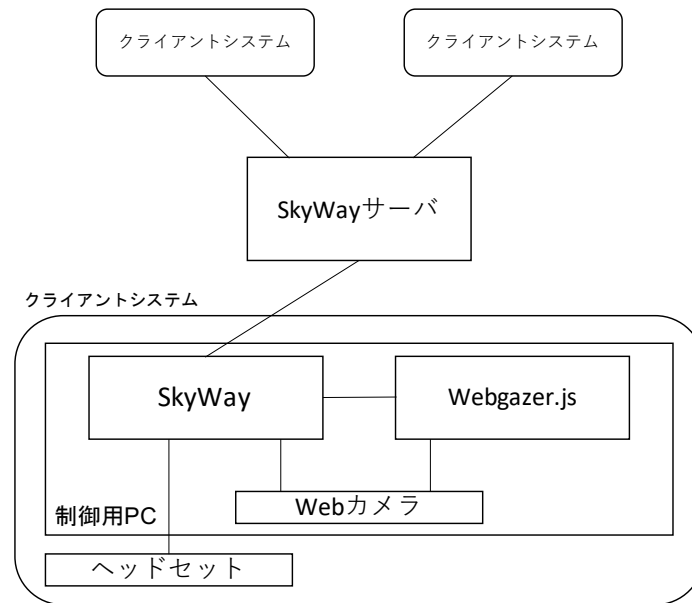


図 4.4: 本研究のシステム構成を示す。多人数ビデオ会議システムを Web アプリケーションとして実装した。ビデオ通話には SkyWay, 視線方向の検出には WebGazer.js を用いた。

4.3 システム構成

本研究では視線配布表現を伴う多人数ビデオ会議システムを Web アプリケーションとして実装した。本研究のシステム構成を図 4.4 に示す。

ビデオ通話の実装について、WebRTC のプラットフォームである SkyWay [Cor] を用いた。また、検出した視線方向の送受信についても、SkyWay を用いた。視線方向の検出には JavaScript のライブラリである WebGazer.js [PSL⁺16] を用いた。WebGazer.js によりノートパソコンに備わっているカメラからディスプレイ上のどこの点を見ているかという視線方向を検出し、多人数ビデオ会議時にその点がどこの範囲内にあるかを判定し誰を見ているかという視線配布を検出した。検出された視線配布情報を SkyWay を用いて各参加者に送信する。受信した視線配布情報をそれぞれの視線配布表現に従って表現する。

第5章 実験

前章の提案システムにより、実際に話者交替が促進されるかを明らかにすることを目的に実験を行った。本章では、実験設計、実験手順、結果、仮説と評価、および議論を述べる。

5.1 実験設計

本実験では、予備実験と同様に3人の実験参加者がビデオ会議システムを用いて創造会議を行う実験設計とした。話者交替が頻繁に行われる創造会議を実験タスクとし、参加者は本研究における多人数ビデオ会議の最少人数である3人で会議を行った。

実験参加者は9名（男性8名、女性1名、平均21.7歳、 $SD = 0.67$ ）であった。参加者はそれぞれ3名1組の3グループに分けられた。グループ内における参加者はお互いに親しい知り合いであり、全員が筑波大学の大学生であった。参加者は日常的に多人数ビデオ会議を行っていた。また、筑波大学の謝金規定に基づき、参加者には1時間当たり860円の謝金を支払った。

実験条件として下記の3つの条件を用いた。

- 1). 視線配布無し条件：既存のビデオ会議を想定した条件である。視線配布の共有を行わないビデオ会議システムを用いて会議を行う。
- 2). 矢印条件：矢印による視線配布表現を伴うビデオ会議システムを用いて会議を行う条件である。誰から誰へ視線配布が行なわれているかが矢印によって直接的に表現される。
- 3). ウィンドウ条件：ビデオウィンドウの大きさによる視線配布表現を伴うビデオ会議システムを用いて会議を行う条件である。視線配布が多く行われる参加者のビデオウィンドウが大きく表示される。

条件（2）において、「他の参加者が視線を向けているビデオウィンドウに矢印が表示されます」と教示した。また、条件（3）において、「視線が多く向けられている参加者が大きく表示され、視線が向けられていない参加者は小さく表示されます」と教示した。

3つの実験条件において、21分間会議を行い、7分間毎に条件を変更した。各条件の順序について、順序による影響を考慮して、ラテン方格を用いてグループ毎に順序を決定した（表5.1）。

会議の議題は「グループメンバーで行く旅行の夜に行うレクリエーションを考える」とした。各参加者はそれぞれ与えられた部屋に分かれて会議を行った。各条件において出されたアイ

表 5.1: 参加者のグループ毎の条件順序を示す。順序による影響を考慮し、ラテン方格に則って決定した。

	1 回目	2 回目	3 回目
グループ A	条件 (1)	条件 (2)	条件 (3)
グループ B	条件 (2)	条件 (3)	条件 (1)
グループ C	条件 (3)	条件 (1)	条件 (2)

表 5.2: 各条件間に参加者に回答させたアンケートを示す。直前まで行っていた会議についての印象評価を 7 段階リッカート尺度を用いた回答欄にて回答させた。

番号	項目
A-1	他の参加者が自分の話を聞いているように感じた
A-2	自分がちゃんと聞いていることが相手に伝わっているように感じた
A-3	自分が話し終える時、次に誰が話し始めそうかわかった
A-4	他の人が話し終える時、次に誰が話し始めそうかわかった
A-5	他の人が話し終える時、自分が話したい時に話すことができた
A-6	話す人が変わる時、話し始めが他の人とぶつかった
A-7	話す人が変わる時、話し始めが他の人とぶつかったことがストレスに感じた
A-8	話す人が変わる時、誰も話し始めず沈黙が発生した
A-9	話す人が変わる時、誰も話し始めず沈黙が発生したことがストレスに感じた
A-10	スムーズに議論が進んだ
A-11	議論に集中できた
A-12	誰が話しているかが明確にわかった

デア数を記録した。各条件が終了した後に、参加者に直前まで行っていた会議についてのアンケートに回答させた（表 5.2）。アンケートは 7 段階リッカート尺度を用いて回答させた。記載内容について強く同意する場合は 7、そうでない場合は 1 とした。

また全ての条件の終了後、システム、および実験に関する最終アンケートを回答させた（表 5.3）。最終アンケートは記述式に回答させた。分析のために、会議における音声、およびビデオ画面を記録した。実験後に音声およびビデオ画面の記録を見返し、評価項目のカウントを行った。（評価項目については次節）

実験には、参加者 1 グループ 3 名に対して 3 台のノートパソコン（ASUSTeK COMPUTER INC., ZenBook UX334FAC UX334FA, CPU: Intel Core i7-10510U 1.80GHz, メモリ: 16GB, OS: Microsoft Windows 10 Home 10.0.18363 を 1 台, LENOVO, 20S0CTO1WW, CPU: Intel Core i7-10510U 1.80GHz, メモリ: 32GB, OS: Microsoft Windows 10 Home 10.0.18363 を 2 台）を用いて会議を行った。全ての参加者はマイクとヘッドホンの組み込まれたヘッドセット（Logicool, PRO X Gaming Headset G-PHS-003）を装着した。

表 5.3: 全ての条件の終了後，参加者に回答させたアンケートを示す．システム，および実験に関する印象を記述式に回答させた．

番号	項目
B-1	システムに対する印象について何か感じたことがあれば記入してください
B-2	システムが会話に与えた影響について何か感じたことがあれば記入してください
B-3	その他，今回のタスクの中で気づいたことや問題点があれば記入してください

5.2 実験手順

実験全体の手順を図 5.1 に示す．

まず実験についての説明を行う．その後，タスク準備の練習を行う．本実験において，参加者はそれぞれの与えられた部屋に分かれてビデオ会議を行う．よってビデオ会議を行うための準備を参加者自身でやる必要があった．参加者は説明に従って一度ビデオ通話を接続し，ビデオ画面の録画を行う．その後，視線検出のためのキャリブレーションを行う．本実験では，視線検出の精度を維持するため，各条件でのビデオ会議を行う前に，毎回キャリブレーションを行う必要があった．そのため，それぞれの部屋に移動する前にタスク準備の練習を行った．タスク準備の練習が終了した後，参加者はそれぞれ与えられた部屋に分かれる．その後，与えられた部屋に着き次第，1 度目の実験タスクのための準備を行う．

参加者全員のタスク準備が終了した後，実施者の合図に従ってタスクである会議を始める．7 分間の会議を行い，実施者の合図に従って会議を終了する．その後，それぞれの条件についてのアンケート（表 5.2）を行う．アンケートの回答後，また次のタスク準備を行う．このタスク準備からアンケートまでを実験タスクとし，これを 3 回繰り返す．全ての条件でのビデオ会議を終え，3 回目のアンケートの回答後，最終アンケート（表 5.3）に回答する．最終アンケートの回答後，実験が終了する．1 回の実験につき所要時間は約 90 分であった．

5.3 仮説と評価

会議の音声，およびビデオ画面を観察し，会話分析を行う．評価項目として，発話衝突確率，沈黙発生確率，1 回あたりの沈黙時間，参加者の発話数，および出されたアイデア数を用いる．また，各条件間に回答させたアンケートを用いて，会議の印象評価を行う．

本実験では次の仮説の検証を行う．

5.3.1 仮説 1：矢印条件，およびウィンドウ条件は視線配布無し条件と比較して参与役割を把握しやすくなる

視線配布無し条件に対し，矢印条件およびウィンドウ条件は視線配布が直接的または間接的に行われる．対面会議において，自分を含めた会議参加者の参与役割の把握は視線配布に

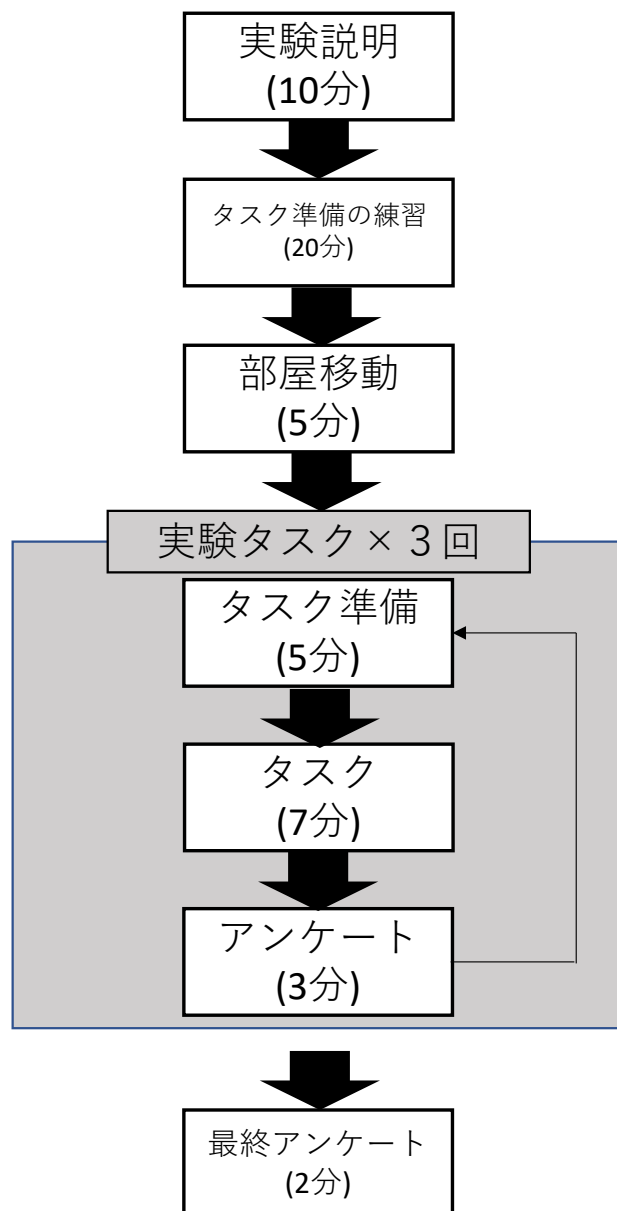


図 5.1: 実験手順.

表 5.4: 仮説 1 を検証するためのアンケートの項目と設定意図.

番号	項目	設定意図
A-1	他の参加者が自分の話を、 聞いているように感じた	話し手による参与役割の把握が 促進されたかを確認する（発話中）
A-2	自分がちゃんと聞いていることが、 相手に伝わっているように感じた	聞き手による参与役割の把握が 促進されたかを確認する（発話中）
A-3	自分が話し終える時、 次に誰が話し始めそうかわかった	話し手による参与役割の把握が 促進されたかを確認する（話者交替時）
A-4	他の人が話し終える時、 次に誰が話し始めそうかわかった	傍参加者の参与役割の把握が 促進されたかを確認する（話者交替時）
A-5	他の人が話し終える時、 自分が話したい時に話すことができた	受け手の参与役割の把握が 促進されたかを確認する（話者交替時）
A-12	誰が話しているかが明確にわかった	聞き手による話し手の把握が 促進されたかを確認する（話者交替時）

基づいて行われている [VSvdVN01]. よってビデオ会議においても、視線配布を共有することによって参与役割の把握を促せると考えられる. 矢印条件において、視線配布を行う参加者から行われている参加者へ矢印が表示される. 自分以外の参加者の視線配布がわかるため、特に話し手の視線が明確に認識できる. そのため視線配布無し条件と比較して自分の参与役割が認識しやすいと考えられる. ウィンドウ条件において、多く視線配布が行われている参加者のビデオウィンドウが大きく表示される. これにより聞き手にとって視線配布すべき相手が明確に知覚できる. つまり他の参加者の参与役割が認識しやすいと考えられる. 従って矢印条件、およびウィンドウ条件は視線配布無し条件と比較して参与役割を把握しやすくなると考えられる.

この仮説を検証するために、アンケートによる会議の印象評価を用いる. アンケートにおいて、番号 A1-A5, A12 が参与役割の把握に対応している. 表 5.4 に仮説 1 を検証するためのアンケートの項目とその設定意図を示す.

5.3.2 仮説 2：矢印条件、およびウィンドウ条件は視線配布無し条件と比較して話者交替が促進される

対面会議において参加者は参与役割を把握することによって円滑な話者交替が行われている. しかし、ビデオ会議において、視線配布を含めた非言語情報が共有されにくいことから参与役割の把握が困難である. その結果、発話衝突や沈黙が多く発生する. また、発話衝突や沈黙が多く発生する会議は会議の質を下げる. [鑑沢 81] 視線配布無し条件では、参加者のビデオウィンドウのみ共有されるため、参与役割の把握が困難であり、発話衝突や沈黙が多く発生すると考えられる. しかし、矢印条件、およびウィンドウ条件において、視線配布を

表 5.5: 仮説 2, および仮説 3 を検証するためのアンケートの項目と設定意図.

番号	項目	設定意図
A-6	話す人が変わる時, 話し始めが他の人とぶつかった	発話衝突の増減を確認する
A-7	話す人が変わる時, 話し始めが 他の人とぶつかったことがストレスに感じた	発話衝突の影響を確認する
A-8	話す人が変わる時, 誰も話し始めず沈黙が発生した	沈黙の影響を確認する
A-9	話す人が変わる時, 誰も話し始めず 沈黙が発生したことがストレスに感じた	沈黙の増減を確認する
A-10	スムーズに議論が進んだ	会議が促進されたかを確認する
A-11	議論に集中できた	会議が促進されたかを確認する

共有することにより, 参与役割の把握を促す. そのため, 矢印条件, およびウィンドウ条件は視線配布無し条件と比較して発話衝突や沈黙の発生が少なくなり, 議論が促進されることが考えられる.

この仮説を検証するために, 会話分析を行う. 発話衝突確率, 沈黙の発生確率, および 1 回あたりの沈黙時間の増減から話者交替が促進されたかどうかを評価する. さらに, 参加者の発話数, グループにおける発話数, および出されたアイデア数から会議が促進されたかどうかを評価する. また, アンケートにより会議の印象について主観評価を行う. アンケートにおいて, 番号 A6-A9 が話者交替の促進, A10 および A11 が会議の促進に対応している. 表 5.5 に仮説 2 を検証するためのアンケートの項目とその設定意図を示す.

5.3.3 仮説 3: 矢印条件, およびウィンドウ条件は視線配布無し条件と比較して会議が促進される

発話衝突や沈黙が多く発生する会議は会議の質を下げる. [鑑沢 81] 矢印条件, およびウィンドウ条件において, 発話衝突や沈黙の発生が減少することにより, 議論が促進されることが考えられる.

この仮説を検証するために, 会話分析を行う. 参加者の発話数, グループにおける発話数, および出されたアイデア数から会議が促進されたかどうかを評価する. また, アンケートにより会議の印象について主観評価を行う. アンケートにおいて, A10 および A11 が会議の促進に対応している. 表 5.5 に仮説 3 を検証するためのアンケートの項目とその設定意図を示す.

5.4 結果

本節では会話分析, およびアンケートによる印象評価について述べる.

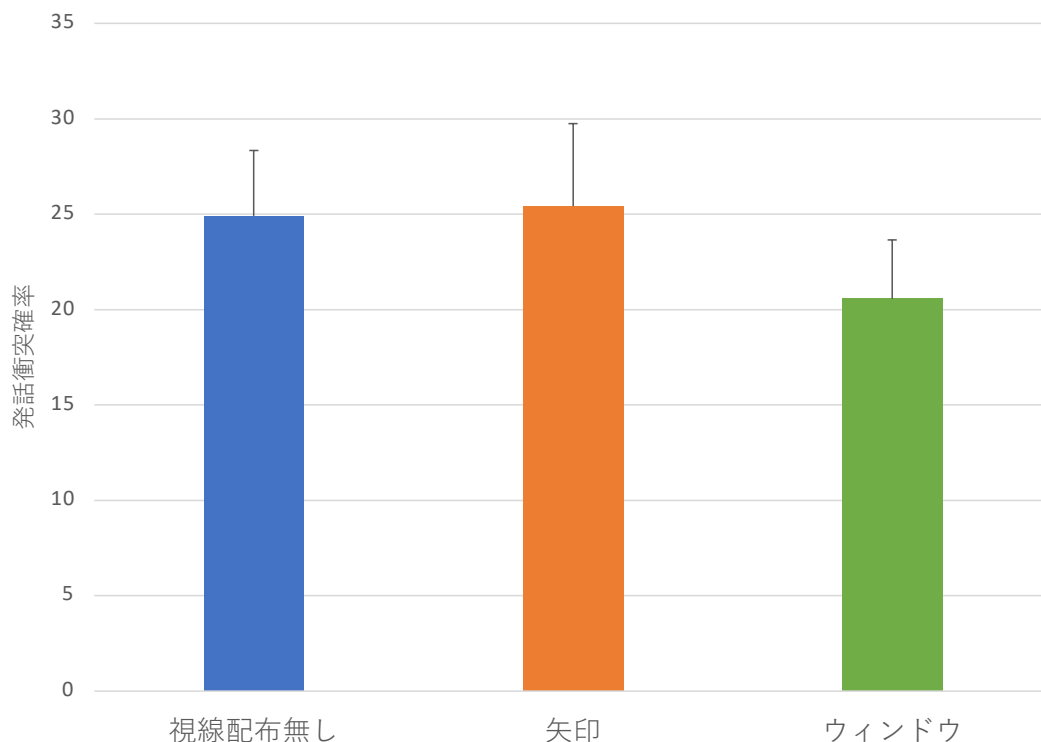


図 5.2: 各条件における発話衝突確率.

5.4.1 会話分析

まず各条件における発話衝突確率の平均を図 5.2 に示す. グラフのエラーバーは標準偏差を示す. 発話衝突確率は会議間における発話衝突の起きた回数を会議間全ての話者交替の回数 (発話衝突・沈黙等により成立しなかった場合を含む) で割って求めた. 発話衝突確率はウィンドウ条件で一番低く, 視線配布無し条件と矢印条件はあまり変わらなかった. 一元配置分散分析を行ったところ, 群間自由度 2, 群内自由度 6, p 値 0.2453 で主効果はなかった. ここで発話衝突には, 受け手と傍参加者間において発生する場合, または話し手と受け手間において発生する場合がある [小磯 00]. 本実験においても両方の場合が見られたため, それぞれの場合での発話衝突確率の平均を図 5.3 に示す. 受け手と傍参加者間において発話衝突が起こる場合について, 発話衝突確率の平均は矢印条件において一番高く, ウィンドウ条件において一番低かった. また話し手と受け手間において発話衝突が起こる場合について, 発話衝突確率の平均は視線配布無し条件において一番発話衝突確率が高く, ウィンドウ条件において一番低かった. 一元配置分散分析を行ったところ, 受け手と傍参加者間において発話衝突が起こる場合について, 群間自由度 2, 群内自由度 6, p 値 0.2277 で主効果はなかった. 話し手と受け手間において発話衝突が起こる場合について, 群間自由度 2, 群内自由度 6, p 値

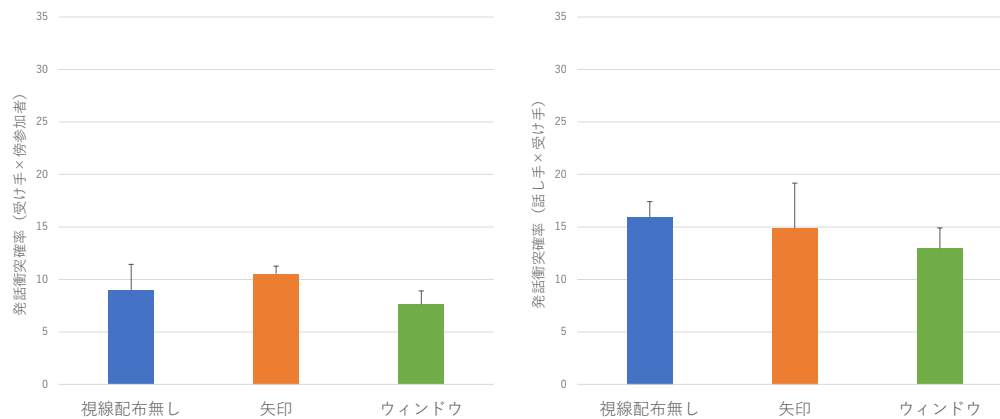


図 5.3: 各条件における発話衝突確率. 左図が受け手と傍参加者間において発話衝突が発生した場合であり, 右図が話し手と受け手間において発話衝突が発生した場合である.

0.5812 で主効果はなかった.

次に各条件における沈黙発生確率, および発生した沈黙 1 回あたりの時間の平均を図 5.4 に示す. 沈黙は話者交替時に不自然に間が空いたときに沈黙が発生したとカウントした. 沈黙発生確率は会議間における沈黙の起きた回数を成立したかに関わらず会議間全ての話者交替の回数で割って求めた. 沈黙発生確率の平均について, 視線配布無し条件において一番高く, ウィンドウ条件において一番低かった. 1 回あたりの沈黙時間の平均について, 矢印条件において一番短かった.

沈黙発生確率について, 一元配置分散分析を行ったところ, 郡間自由度 2, 郡内自由度 6, p 値 0.0511 (<0.10) であり, 有意水準 10 % で主効果があり, 条件によって沈黙発生確率は異なる結果が得られた. Bonferroni-Holm の方法により有意水準を補正し, t 検定を用いて多重比較したところ, 各条件間で有意差は見られなかった. 1 回あたりの沈黙時間について, 一元配置分散分析を行ったところ, 郡間自由度 2, 郡内自由度 6, p 値 0.6252 で主効果はなかった.

また, 発話衝突または沈黙が発生し, 話者交替が不成立となった確率の平均を図 5.5 に示す. 話者交替が不成立となった確率の平均において, ウィンドウ条件が一番低く, 視線配布無し条件と矢印条件はあまり変わらなかった. 一元配置分散分析を行ったところ, 郡間自由度 2, 郡内自由度 6, p 値 0.0870 (<0.10) であり, 有意水準 10 % で主効果があり, 条件によって話者交替が不成立となった確率は異なる結果が得られた. Bonferroni-Holm の方法により有意水準を補正し, t 検定を用いて多重比較したところ, 視線配布無し条件とウィンドウ条件間において, 有意水準 10 % で有意にウィンドウ条件の方が低い結果が得られた.

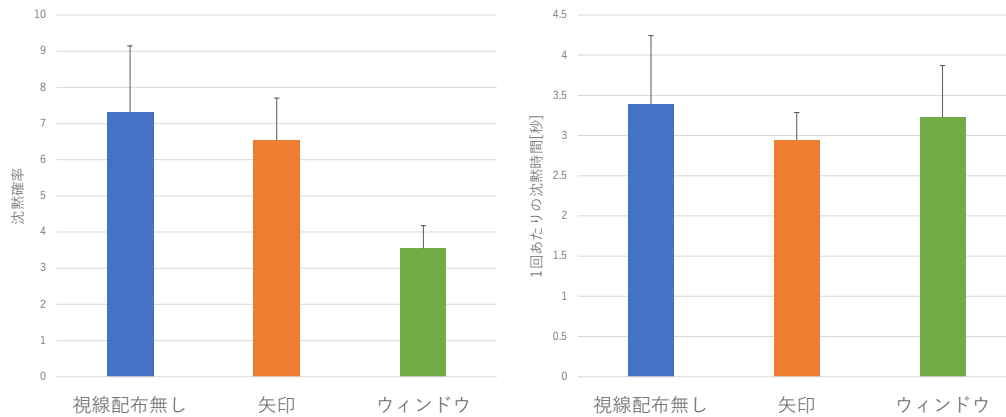


図 5.4: 各条件における沈黙発生確率と発生時間. 左図が沈黙発生確率であり, 右図が 1 回あたりの沈黙時間である.

次に, 参加者の発話数について各条件の平均を図 5.6 に示す. 矢印条件, およびウィンドウ条件の両方で視線配布無し条件に比べて発話数が多い. 一元配置分散分析を行ったところ, 郡間自由度 2, 郡内自由度 24, p 値 0.0296 (<0.050) であり, 有意水準 5 % で主効果があり, 条件によって発話数は異なる結果が得られた. Bonferroni-Holm の方法により有意水準を補正し, t 検定を用いて多重比較したところ, 視線配布無し条件とウィンドウ条件間において, 有意水準 5 % で有意にウィンドウ条件の方が発話数が多いと得られた. また, 視線配布無し条件と矢印条件間において, 有意水準 10 % で有意に矢印条件の方が発話数が多いと得られた.

また, 各条件におけるグループ毎の総発話数を算出した. その平均を図 5.7 に示す. 矢印条件, およびウィンドウ条件の両方で視線配布無し条件に比べて発話数が多い. 一元配置分散分析を行ったところ, 郡間自由度 2, 郡内自由度 24, p 値 0.0531 (<0.10) であり, 有意水準 10 % で主効果があり, 条件によって発話数は異なる結果が得られた. Bonferroni-Holm の方法により有意水準を補正し, t 検定を用いて多重比較したところ, 視線配布無し条件とウィンドウ条件間において, 有意水準 5 % で有意にウィンドウ条件の方が発話数が多いと得られた.

最後にアイデア数の平均について, 図 5.8 に示す.

アイデア数の平均は視線配布無し条件が一番多かった. 一元配置分散分析を行ったところ, 郡間自由度 2, 郡内自由度 6, p 値 0.4201 であり, 主効果はなかった.

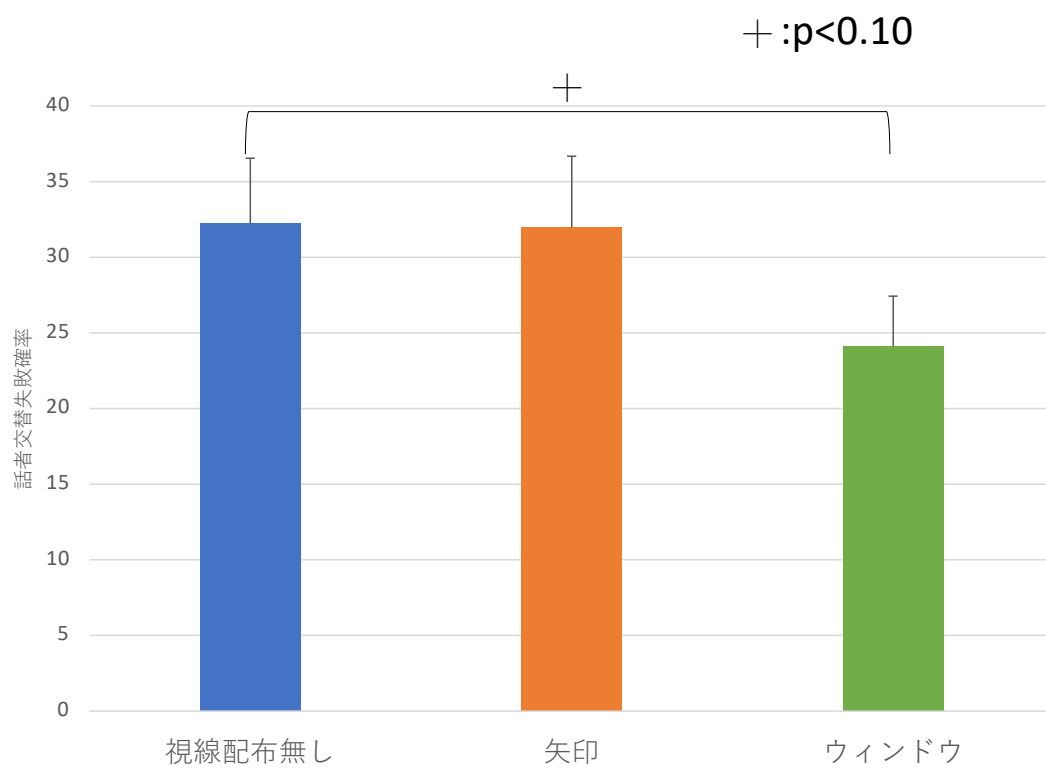


図 5.5: 話者交替が不成立となった確率. 視線配布無し条件とウィンドウ条件間に有意傾向があった.

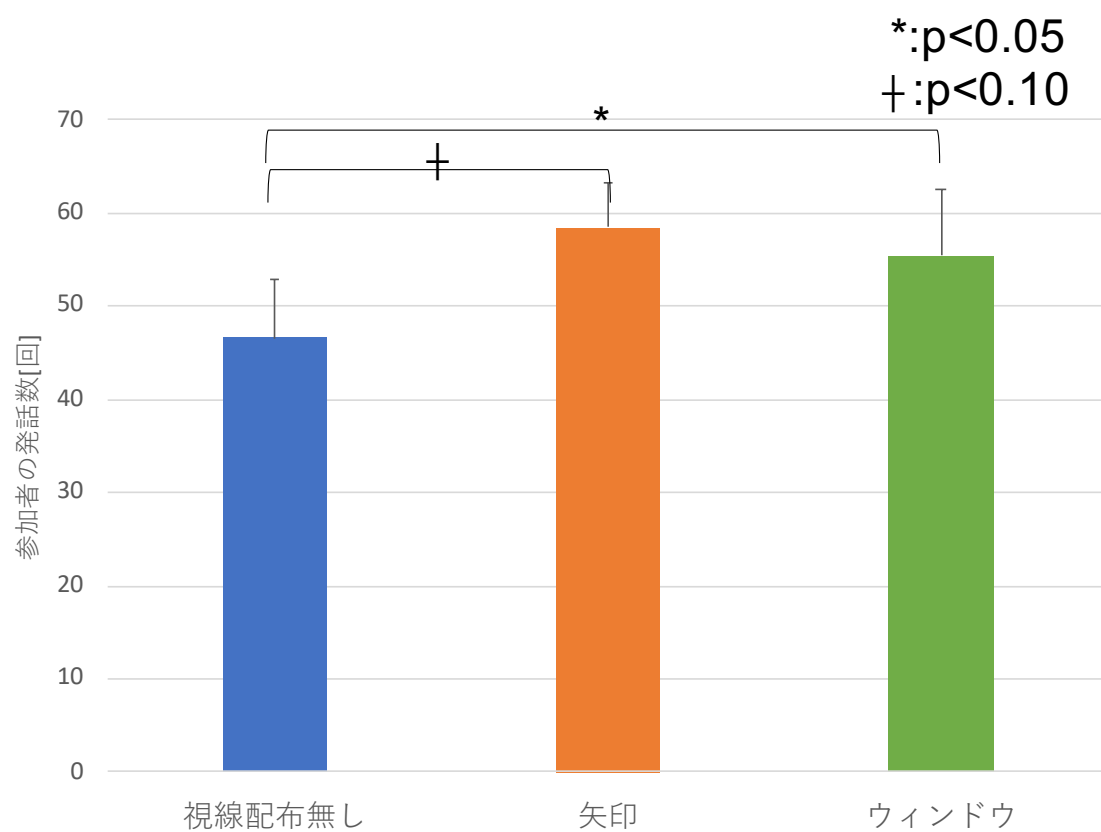


図 5.6: 参加者の発話数の平均について示す。視線配布無し条件とウィンドウ条件間で有意差があり、視線配布無し条件とウィンドウ条件間で有意傾向があった。

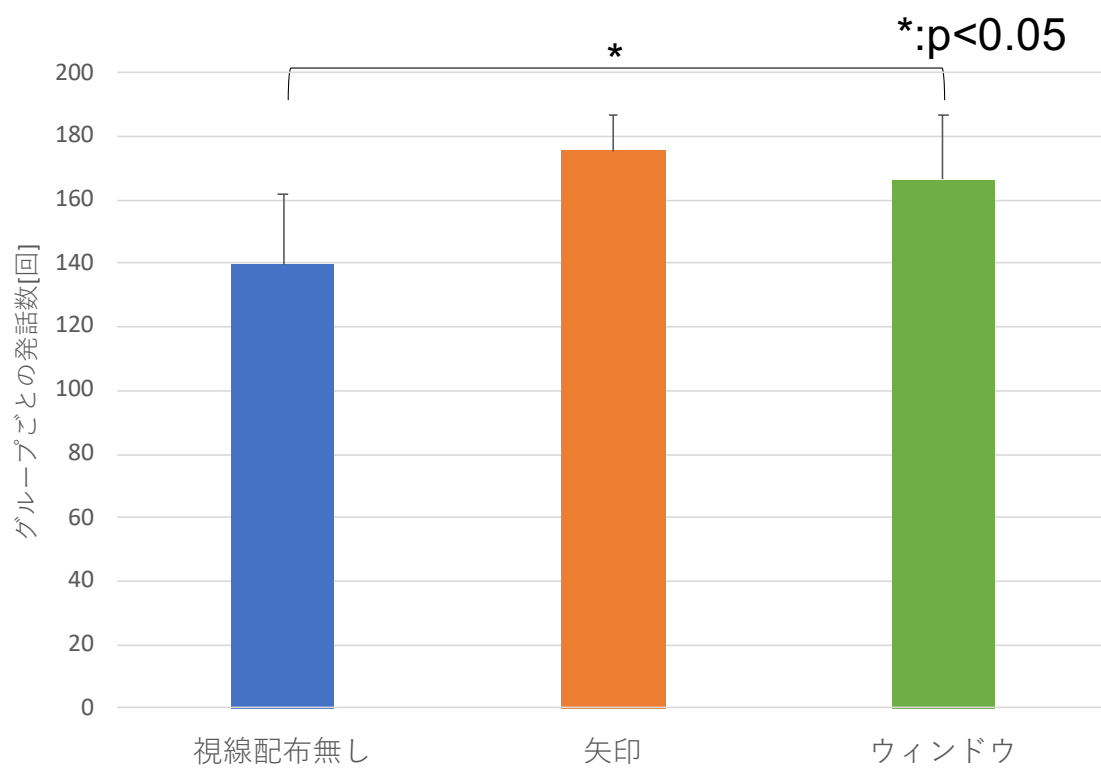


図 5.7: グループ毎の発話数の平均.

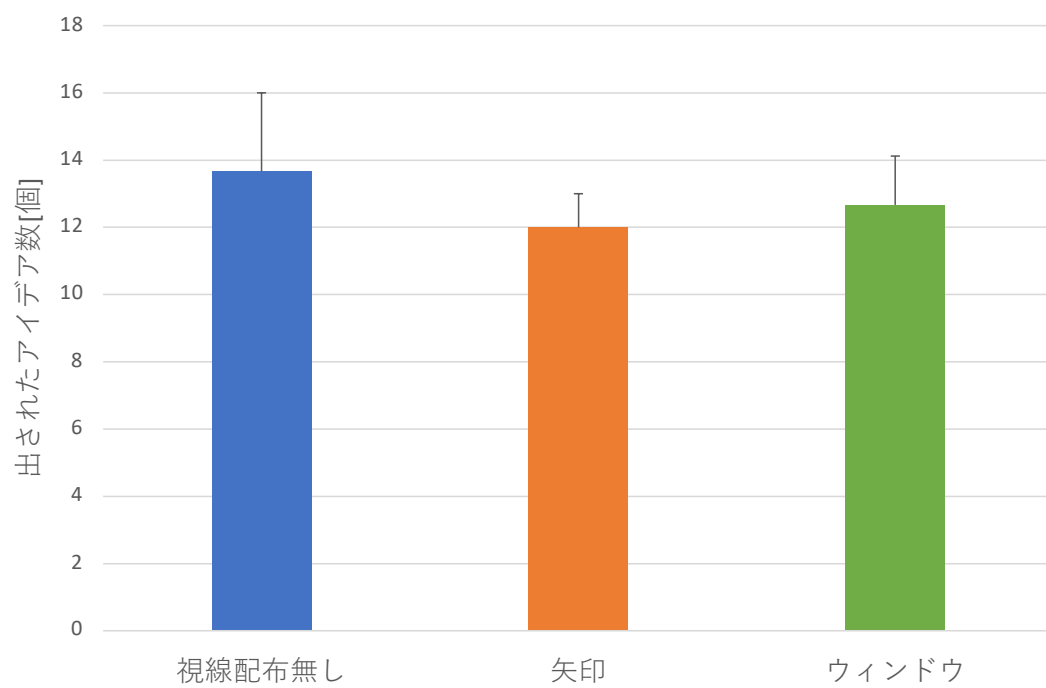


図 5.8: 会議において出されたアイデア数について示す.

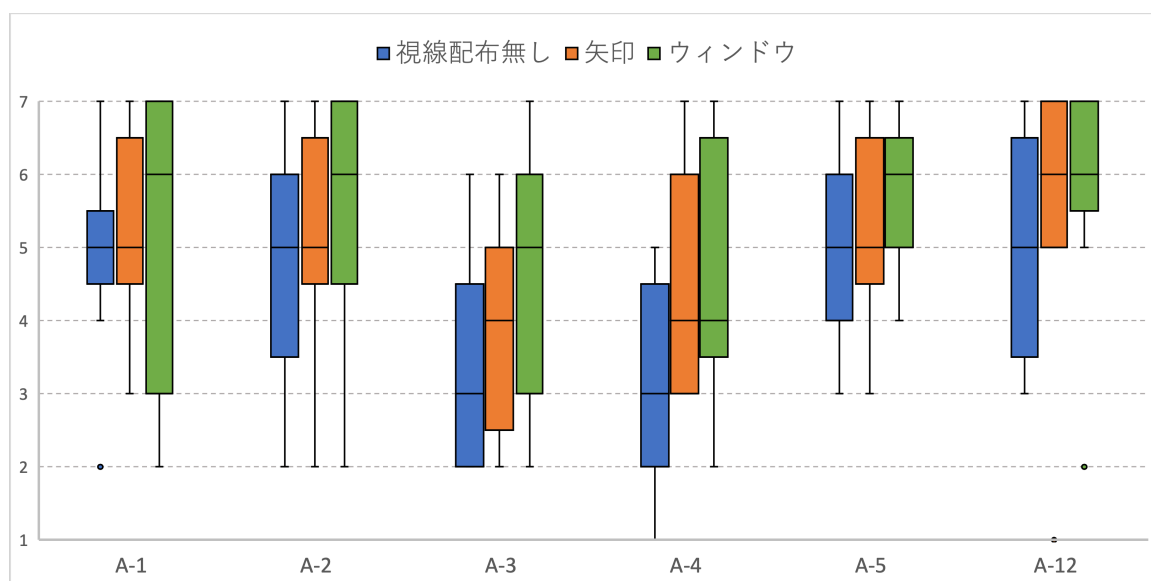


図 5.9: 各条件後に行ったアンケートの結果を示す。これらは参与役割の把握を促せたかどうかの主観評価を行うための項目であり、A1 から A5 まで、および A12 の結果を示す。

5.4.2 アンケートによる印象評価

各条件におけるアンケートについて、その結果を図 5.9、および図 5.10 に示す。図 5.9 について、これらは表 5.4 で述べた仮説 1 である参与役割の把握を促せたかどうかの主観評価を行うための項目である。図 5.10 について、これらは表 5.5 で述べた仮説 2 である話者交替の促進が促進されたか、および仮説 3 である議論が促進されたかどうかの主観評価を行うための項目である。

各アンケート項目について 3 条件間で Friedman 検定を行った。ここでは主効果のあった 3 つの項目について述べる。まず「(A-4) 自分が話終える時、次に誰が話し始めそうかわかった」について、検定の結果、自由度 2, カイ二乗値 5.2414, p 値 0.07275 (<0.10) であり、有意水準 10 % で主効果があった。そこで Bonferroni の調整を行い、Wilcoxon の符号順位検定を用いて多重比較を行ったところ、条件間に有意差は見られなかった。

次に「(A-9) 話す人が変わる時、誰も話し始めず沈黙が発生したことがストレスに感じた」について、検定の結果、自由度 2, カイ二乗値 9.1724, p 値 0.01019 (<0.050) であり、有意水準 5 % で主効果があった。そこで Bonferroni の調整を行い、Wilcoxon の符号順位検定を用いて多重比較を行ったところ、視線配布無し条件とウィンドウ条件間に有意水準 10 % の有意傾向が見られた。

最後に「(A-12) 誰が話しているかが明確にわかった」について、検定の結果、自由度 2, カイ二乗値 6.9286, p 値 0.0313 (<0.050) であり、有意水準 5 % で主効果があった。そこで Bonferroni の調整を行い、Wilcoxon の符号順位検定を用いて多重比較を行ったところ、条件間に有意差は見られなかった。

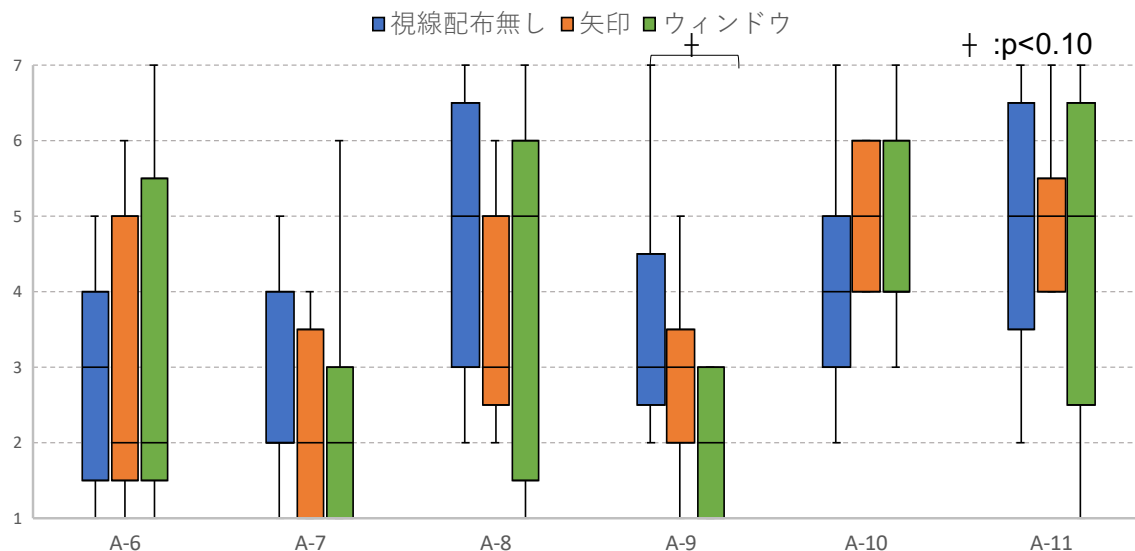


図 5.10: 各条件後に行ったアンケートの結果を示す。これらは話者交替が促進されたか、および議論が促進されたかどうかの主観評価を行うための項目であり、A6 から A11 までの結果を示す。

5.5 考察

本節では実験の結果を踏まえて、各仮説に対する考察を行う。

5.5.1 仮説 1：矢印条件、およびウィンドウ条件は視線配布無し条件と比較して参与役割を把握しやすくなる

仮説 1 の「矢印条件、およびウィンドウ条件は視線配布無し条件と比較して参与役割を把握する割合が高い」について、図 5.9 の結果より、全ての項目において矢印条件と視線配布無し条件間、およびウィンドウ条件と視線配布無し条件間に有意差は見られなかった。よって仮説 1 は支持されなかった。しかし、中央値を比較すると、まずウィンドウ条件と視線配布無し条件間において全ての項目でウィンドウ条件の評価が高かった。また矢印条件と視線配布無し条件間において、「(A-1) 他の参加者が自分の話を聞いているように感じた」、「(A-2) 自分がちゃんと聞いていることが相手に伝わっているように感じた」、および「(A-5) 他の人が話し終える時、自分が話したい時に話すことができた」の項目における中央値は等しく、他の項目においては矢印条件の方が高かった。さらにウィンドウ条件と矢印条件の中央値を比較した時、等しいまたはウィンドウ条件の方が高かった。本実験においては、参加者が 9 人と少なかったため、これらの項目について有意差が見られなかった可能性がある。今後、参加者数を増やした再実験を行うことで、前述の各条件間の差について有意差が見られる可能性がある。

下記に矢印条件と視線配布無し条件間において、A-1、A-2、およびA-5の項目における考察を述べる。

まず、「(A-1) 他の参加者が自分の話を聞いているように感じた」の項目について、矢印条件と視線配布無し条件間において、中央値が等しいため、矢印条件において、発話中の話し手が自分への視線配布がされなかったと感じた可能性がある。これは視線配布が直接的に伝わることに起因すると考えられる。矢印条件において、参加者は誰から誰への視線配布であるかが直接的に表示される矢印によって視線配布を把握する。そのため自分に向けて視線配布が行われていることを明確に把握できる一方で、自分に向けられていないことも明確に把握できる。加えて本実験において、参加者は他の参加者が発話中、ディスプレイから視線を外してアイデアを考える行動が見られた。この場合、ビデオ画面上には矢印は表示されず、発話中の話し手は自分に視線配布が行われていないことを把握する。その結果自分の話を聞いているように感じると考えられる。

次に「(A-2) 自分がちゃんと聞いていることが相手に伝わっているように感じた」の項目について、矢印条件と視線配布無し条件間において、中央値が等しかったため矢印条件において、話し手の発話中に、聞き手による自分の参与役割の把握が促進されなかった可能性がある。つまり聞き手である参加者が、自分が話し手から受け手として認識されているかの把握が困難であったと考えられる。これは矢印条件において、自分の視線配布は矢印によって表示されないことに起因すると考えられる。矢印条件において、他の参加者の視線配布は明確に認識することが可能である。しかし自分の視線配布は自分のビデオ画面には表示されない。よって、視線配布として矢印を認識する矢印条件において、自分から他の参加者への矢印が表示されないことから、自分の視線配布が他の参加者へ伝わっていると考えにくく、自分が話を聞いていることが伝わっていないように感じたと考えられる。

最後に「(A-5) 他の人が話し終える時、自分が話したい時に話すことができた」の項目について、矢印条件と視線配布無し条件間において、中央値が等しかったため、矢印条件において、話者交替時の受け手による自分の参与役割の把握が促進されなかった可能性がある。これは、A-1 および A-2 の項目に起因すると考えられる。話者交替時に、聞き手が自分が話したい時に話すためには、発話中の話し手から受け手として把握される必要がある。そのために聞き手は発話欲求を話し手に伝達する必要がある。また、話者交替時に話し手が明確に視線配布を行うことにより聞き手は自分の参与役割を把握できる。しかし、矢印条件において視線配布による発話欲求の伝達はA-2より困難である。また、話し手による受け手の選択においても、A-1より困難であると言える。以上のことから、矢印条件において、参加者が話し手から受け手として認識されるための行動を行うこと、およびそれを話し手が把握し、話し手による把握を認識することが困難であると考えられる。よって話者交替時に受け手が自分の参与役割を把握していることが難しいと考えられる。

次に主観評価における全ての項目で、ウィンドウ条件の中央値が視線配布無し条件および矢印条件の中央値と比較して、等しいまたは高いことについての考察を述べる。これは矢印条件では参加者は視線配布を認識することで自分が参与役割を把握するのに対し、ウィンドウ条件はシステムによって参与役割が伝えられるため、参加者による参与役割の把握に違い

が生じにくいと考えられる。その結果、ウィンドウ条件は矢印条件に比べ参与役割の把握がしやすかったと考えられる。

5.5.2 仮説2：矢印条件、およびウィンドウ条件は視線配布無し条件と比較して話者交替が促進される

仮説2「矢印条件、およびウィンドウ条件は視線配布無し条件と比較して話者交替が促進される」について、図5.10の結果より、主観評価において1つの項目を除いて矢印条件と視線配布無し条件間、およびウィンドウ条件と視線配布無し条件間に有意差は見られなかった。また、会話分析において、発話衝突確率（図5.2）、沈黙発生確率および発生時間（図5.4）において、矢印条件と視線配布無し条件間、およびウィンドウ条件と視線配布無し条件間に有意差は見られなかった。しかし、図5.5の結果より、話者交替の不成立となった確率についてウィンドウ条件と視線配布無し条件間において有意差が見られた。よってウィンドウ条件において話者交替は促進されたと考えられる。よって仮説2は部分的に立証された。本節では、発話衝突、および沈黙についてそれぞれ考察を述べる。

まず発話衝突において、主観評価に有意差は見られなかった。しかし、中央値を比較すると、「(A-6) 話す人が変わる時、話し始めが他の人とぶつかった」の項目において、矢印条件、およびウィンドウ条件は視線配布無し条件に比べて発話衝突を感じた評価が低かった。また、会話分析において、図5.2より、有意差は見られなかったが、視線配布無し条件と比べてウィンドウ条件は発話衝突確率が低かった。本実験においては、参加者が9人と少なかったため、これらの項目について有意差が見られなかった可能性がある。しかし、発話衝突確率において、視線配布無し条件と矢印条件は差がほとんどなかった。このことから、矢印条件において発話衝突の減少が促進されていない可能性がある。これは、仮説1で述べたように矢印条件において、聞き手が自らの参与役割を把握しにくいことに起因すると考えられる。自らの参与役割を把握しないまま発話することで視線配布無し条件と同様に発話衝突が発生したと考えられる。

次に沈黙において、「(A-8) 話す人が変わる時、誰も話し始めず沈黙が発生した」の項目について主観評価に有意差は見られなかった。しかし、中央値としてみると、視線配布無し条件に対して矢印条件において沈黙の発生を感じた評価が低かった。一方で、視線配布無し条件に対してウィンドウ条件において沈黙の発生を感じた評価は差がなかった。また沈黙発生確率において主効果が見られたが、1回あたりの沈黙時間においては主効果はなかった（図5.4）。沈黙発生確率において各条件間に有意差はなかった。沈黙発生確率において各条件における平均値を比較すると、視線配布無し条件に対してウィンドウ条件は沈黙が発生が少なかった。さらに、視線配布無し条件に対して矢印条件は差があまりなかった。1回あたりの沈黙時間において、各条件における平均値を比較すると、視線配布無し条件に対して矢印条件は短く、ウィンドウ条件はあまり差はなかった。つまり矢印条件において、実際の沈黙発生確率は視線配布無し条件と差がない結果となった一方で、1回あたりの沈黙時間は短く、主観評価においては視線配布無し条件に比べて沈黙の発生は少なかった。つまりウィンドウ条件

において、沈黙発生確率は視線配布無し条件に比べ低い結果となった一方で、一回あたりの沈黙時間および主観評価において視線配布無し条件と差はなかった。このことから、矢印条件において、沈黙の発生の減少は促進されず、沈黙の発生後における、次の発話を促すと考えられる。一方でウィンドウ条件では沈黙の発生の減少を促進し、沈黙発生後における次の発話は促されないと考えられる。また、主観評価において「(A-9) 話す人が変わる時、誰も話し始めず沈黙が発生したことをストレスに感じた」の項目については視線配布無し条件に対してウィンドウ条件は有意に低かった。これは、ウィンドウ条件においてウィンドウサイズが変化することによって、システムにより参与役割が示され、参加者全員が同じ参加者を受け手として把握できるため、自分に発話権があるかという不安が軽減されるためであると考えられる。

5.5.3 仮説3：矢印条件、およびウィンドウ条件は視線配布無し条件と比較して議論が促進されている

仮説3「矢印条件、およびウィンドウ条件は視線配布無し条件と比較して議論が促進される」について、まず図 5.10 の結果より、主観評価において矢印条件と視線配布無し条件間、およびウィンドウ条件と視線配布無し条件間に有意差は見られなかった。しかし図 5.6 の結果より、参加者の発話数について矢印条件と視線配布無し条件間、およびウィンドウ条件と視線配布無し条件間に有意差が見られた。さらに、グループ毎の発話数においても図 5.7 の結果より、ウィンドウ条件と視線配布無し条件間において有意差が見られた。よってウィンドウ条件と視線配布無し条件間において、会話は促進されたと考えられる。よって仮説は部分的に支持されたと考えられる。

会話の促進について詳しく考察を述べる。まず話者交替の不成立となった確率について矢印条件と配布無し条件間において有意差は見られなかった。これは仮説1で述べたように矢印条件では参与構造の把握が困難であるためであると考えられる。またグループ毎の発話数の平均において、視線配布無し条件と矢印条件の間に有意差は見られなかった。しかし参加者毎の発話数において有意差があったため、グループ毎の発話数において矢印条件と視線配布無し条件間に有意差が見られなかった原因として、グループ数が3つと少なかったためであると考えられる。また主観評価について、「(A-10) スムーズに議論が進んだ」の項目において主効果は見られなかった。しかし中央値を比較すると矢印条件が一番大きく、視線配布無し条件およびウィンドウ条件は差がなかった。また「(A-11) 議論に集中できた」の項目において主効果は見られず中央値を比較すると、全て等しい値であった。この原因について、矢印やウィンドウサイズが安定しないことに起因すると考えられる。終了後アンケートにおいて、「矢印がたびたび変わるので会話に集中できなかった」という意味の意見が多く見受けられた。同様に、「画面のサイズがたびたび変わるので集中できなかった」という意味の意見が多く見受けられた。よって A-10、A-11 の項目について、視線検出の精度により有意差がなかったと考えられる。

第6章 議論および今後の課題

本章では実験で得た考察をもとに議論，および今後の課題を述べる。

6.1 矢印条件に関する議論

矢印条件において，発話中の話し手が自分への視線配布がされなかったと感じた可能性がある。これは視線配布が直接伝わるため，自分に向けられていないことを明確に認識してしまうことに起因すると考えられる。また，本実験において，参加者が他の参加者の発話中，ディスプレイから視線を外す行動が見受けられた。これは発話中の話し手による他の参加者が担う参与役割の把握が困難であることにより，話し手による受け手の選択がしにくくなると考えられる。会話への興味関心が表出する聞き手の視線配布を知覚できないことは，話し手による受け手の選択を行うための要素を減らし，円滑な話者交替を困難にすると考えられる。そのため，今後はまず会議中において，常にディスプレイ内に参加者の視線が向けられる設計を行う必要がある。具体的には，会議中，一定時間ディスプレイから視線が外れた参加者に通知をし，ディスプレイを見ることを促すなど考えられる。

また，矢印条件において，話し手の発話中に，聞き手による自分の参与役割の把握が困難であった。これは自分が行う視線配布が自分のビデオ画面中に表示されないことに起因すると考えられる。聞き手による自分の参与役割の把握が困難であることは，自分の参与役割が何であるかを予め把握しておくことが困難となるため，話者交替が不成立となる可能性が上がる。そのため，今後は自分のビデオウィンドウから自分が見ている参加者のビデオウィンドウへ矢印を表示する必要がある。

さらに，話者交替時の受け手による自分の参与役割の把握が困難であった。これは上記の議論より，話し手の発話中に聞き手の参与役割を全ての参加者が把握できないことに起因すると考えられる。話者交替時の受け手による自分の参与役割の把握が困難であることより，話者交替時に話し手と受け手間による相互注視が困難になると考えられる。そのため，今後はまず，上記の2つの設計を踏まえた上で，相互注視を行っている状態であることを強調する必要がある。具体的には，相手の矢印と自分の矢印がお互いを示し合わせたとき，ビデオウィンドウをハイライトし，相互注視の状態であり，自分が受け手であることを強く意識させるなど考えられる。

6.2 設計に関する議論

矢印条件と比較してウィンドウ条件はより参与役割の把握を促した。矢印条件において矢印による視線配布をもとに自分で参与役割を解釈する必要があるのに対し、ウィンドウ条件はシステムにより参与役割が伝達されるためだと考えられる。このことから、検出した視線情報を視線配布として提示するのではなく、視線配布から導き出される参与役割を提示する方が効果を得られると考えられる。視線配布は対面会話に使われる非言語情報の一つの要素に過ぎず、視線配布のみを用いて発話欲求の伝達や参与役割の把握を促進することには制限があると考えられる。よって参加者は視線配布を認識してからその意味を考え、各参加者が自分で参与役割を解釈しなければならない。それに対して参与役割をウィンドウサイズやハイライトで提示することで、少ない情報で全ての参加者は全員共通の参与役割を把握することが可能である。その結果、円滑な話者交替が可能であると考えられる。よって今後、少ない非言語情報で参与役割の把握を促す場合、非言語情報から会議参加者の参与役割を割り当てて伝達するシステムを実装する必要がある。

本研究には直接の関係はないが、発話衝突を「話し手と受け手による発話衝突」、および「受け手と傍参加者による発話衝突」に分けた場合の発話衝突発生確率の平均を図 5.3 に示す。2つの場合を比較すると、どの条件においても、話し手と受け手による場合に対して受け手と傍参加者による場合の確率が大きかった。その要因として音声遅延による影響が考えられる。例えば、話し手である参加者の発話が終わり、同じ参加者が続けて次の発話を行う際、音声遅延の影響で次の発話までの間が伸びる。その結果、受け手は自分に発話権が移ったと感じ、発話を開始してしまう、受け手と話し手は発話衝突してしまうと考えられる。しかし、玉木ら [玉木 13] は 200ms の音声遅延なら遠隔会議に影響を及ぼさないと述べている。今後はより明確に視線配布による話者交替の影響を調査するために、まず本システムの音声遅延を測定し、200ms 以下を満たしていない場合は満たすようにシステムを再設計する。

本実験において、「議論に集中できた」という項目の主観評価において、条件の中でばらつきが大きかった。この原因について、参加者によって視線検出のキャリブレーションの精度にばらつきがあり、参加者によって視線情報の誤認識が細かく発生し続けたことに起因すると考えられる。よって今後はより精度の高い視線検出機器を使ってシステムの実装を行う、または細かな変化は誤認識として補正をかけてシステムを実装する。

6.3 実験設計に関する議論

今回の実験において参加者は9名を3名1組の3グループに分けて行った。しかし、本研究において分析を行うにあたり、データ数の不足により有意差が出なかったと予想される評価項目が存在した。よって今後は追加調査としてもう3グループ9名で実験を行い、データ数を増やした上で改めて検証を行う必要がある。

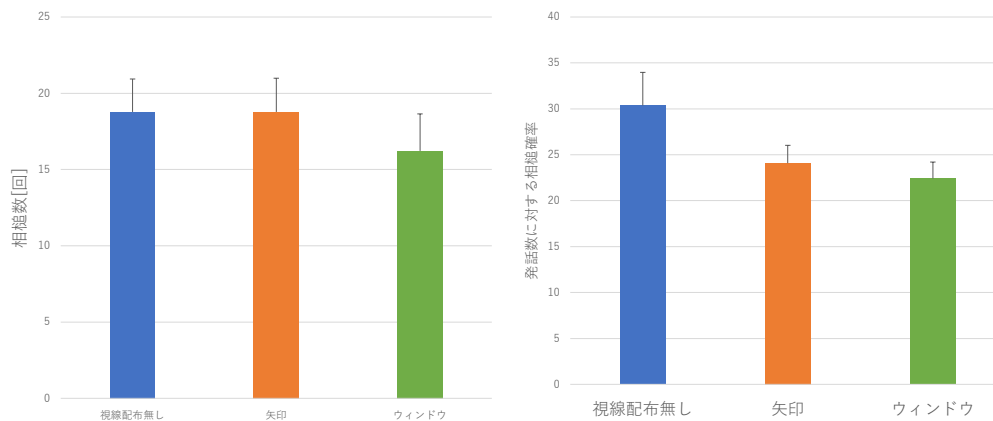


図 6.1: 相槌数について示す。左図が相槌数の平均であり、右図が参加者の発話数に対する相槌確率の平均である。

6.4 相槌について

今回、分析を行うにあたり、相槌が多く行われていることに気がつき、各条件が会話における相槌に及ぼす影響について調べた。相槌数について、平均および参加者の発話数に対する相槌確率の平均を図 6.1 に示す。相槌数の平均について、一元配置分散分析を行ったところ、群間自由度 2、群内自由度 24、 p 値 0.3949 であり、主効果はなかった。また参加者の発話数に対する相槌確率の平均について、一元配置分散分析を行ったところ、群間自由度 2、群内自由度 24、 p 値 0.0519 (< 0.10) であり、有意水準 10 % で主効果があり、条件によって相槌確率は異なる結果が得られた。Bonferroni-Holm の方法により有意水準を補正し、 t 検定を用いて多重比較したところ、各条件間で有意差は見られなかった。参加者ごとの相槌確率において矢印条件と視線配布無し条件間、およびウィンドウ条件と視線配布無し条件間において有意差が見られなかった原因として参加者が 9 人と少なかったためであると考えられる。各条件間で有意差は見られなかったが相槌確率の平均は視線配布無し条件に対して矢印条件、およびウィンドウ条件の両方で低かった。ビデオ会議において、発話権獲得のための発話予備動作として相槌が使われる。よってこの結果は、矢印条件、およびウィンドウ条件において相槌の代わりに視線配布が発話権獲得のための発話予備動作として使われた可能性が考えられる。

第7章 結論

本研究では、多人数ビデオ会議において発話衝突や沈黙を減少させ、円滑な話者交替を実現することを目的とした。対面会議において、会議の参加者は互いの参与役割を視線配布を通じて把握することによって、円滑な話者交替を行っている。

そこで多人数ビデオ会議において、視線配布の共有を行い、各参加者へ参与役割の理解を促す手法を提案した。

多人数ビデオ会議において、対面会議と同様の視線配布が行われているか明らかでなかったため予備実験を行った。その結果、話者交替前の話し手、話者交替後の話し手、話者交替後の傍参加者の視線配布が対面と異なっていた。

本研究では視線配布が対面会議と同等になるよう誘導した上で、視線配布の可視化を行うビデオ会議システムを実装した。視線配布の可視化においては、矢印による視線配布表現、およびビデオウィンドウの大きさによる視線配布表現を実装した。

実装したビデオ会議システムを用いてビデオ会議を行い、参与役割を把握できたか、および話者交替に影響を与えたかを明らかにするための実験を行った。

実験の結果、ビデオウィンドウの大きさによる視線配布表現においては話者交替を促し、会議を促す可能性があった。また、アンケート結果をもとに各条件の主観評価について考察を行い、今後のシステム改善につながる知見を得た。

今後は、得られた知見に基づき視線配布表現方法を改善し、十分な参加者数で実験を行うことにより提案手法の効果をより詳細に検証していく予定である。

謝辞

本研究を進めるにあたり，川口一画先生，志築文太郎先生，高橋伸先生には多大なご意見とご指導をいただきました．ここから感謝申し上げます．特に川口一画先生には，研究の進め方，論文執筆をはじめとした研究の基礎をご指導いただきました．さらに，研究の相談や研究生活に関して多くのご助言をいただきました．ここに深く感謝の意を表します．

インタラクティブプログラミング研究室の同輩，先輩方には研究生活においてお世話になりました．また，COMMUNICATION チームの皆様にはチームゼミにおけるご意見や論文の添削といった研究に関する多くの支援だけでなく，研究室においても多くのご助言を頂きました．深く感謝いたします．

最後に，学生生活においてお世話になった皆様，そして，私の学生生活を支えていただいた家族に深く感謝申し上げます．

参考文献

- [ACH96] Russell L Andersson, Tsuhan Chen, and Barin G Haskell. Video conference system and method of providing parallax correction and a sense of presence, 1996.
- [Bir10] Ray L Birdwhistell. *Kinesics and context: Essays on body motion communication*. University of Pennsylvania press, 2010.
- [Cor] NTT Communications Corporation. Skyway. <https://webrtc.ecl.ntt.com/>.
- [GM03] David M. Grayson and Andrew F. Monk. Are you looking at me? eye contact and desktop video conferencing. 2003.
- [Gof76] Erving Goffman. Replies and responses. *Language in Society*, Vol. 5, No. 3, pp. 257–313, 1976.
- [Goo81] Charles Goodwin. 1981.
- [Ken67] Adam Kendon. Some functions of gaze-direction in social interaction. *Acta Psychologica*, Vol. 26, pp. 22 – 63, 1967.
- [KKZ⁺17] Kazuki Kobayashi, Takashi Komuro, Bo Zhang, Keiichiro Kagawa, and Shoji Kawahito. A gaze-preserving group video conference system using screen-embedded cameras. In *Proceedings of the 23rd ACM Symposium on Virtual Reality Software and Technology, VRST '17*, New York, NY, USA, 2017. Association for Computing Machinery.
- [Mic] Microsoft. Microsoft teams. <https://www.microsoft.com/ja-jp/microsoft-365/microsoft-teams/free>.
- [Min17] Kelton Ray Minor. Seeing eye to i? the influence of self-video display size on visual attention and collaborative performance in peer-to-peer video chat. 2017.
- [MOAY05] Naoki Mukawa, Tsugumi Oka, Kumiko Arai, and Masahide Yuasa. What is connected by mutual gaze? user’s behavior in video-mediated communication. In *CHI '05 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems*, CHI

- EA '05, p. 1677–1680, New York, NY, USA, 2005. Association for Computing Machinery.
- [OMIM94] Ken-Ichi Okada, Fumihiko Maeda, Yusuke Ichikawaa, and Yutaka Matsushita. Multiparty videoconferencing at virtual social distance: Majic design. In *Proceedings of the 1994 ACM Conference on Computer Supported Cooperative Work, CSCW '94*, pp. 385—393, New York, NY, USA, 1994. Association for Computing Machinery.
- [PSL⁺16] Alexandra Papoutsaki, Patsorn Sangkloy, James Laskey, Nediya Daskalova, Jeff Huang, and James Hays. Webgazer: Scalable webcam eye tracking using user interactions. In *Proceedings of the 25th International Joint Conference on Artificial Intelligence (IJCAI)*, pp. 3839–3845. AAAI, 2016.
- [SSJ78] Harvey Sacks, Emanuel A Schegloff, and Gail Jefferson. A simplest systematics for the organization of turn taking for conversation. In *Studies in the organization of conversational interaction*, pp. 7–55. Elsevier, 1978.
- [Var86] Marjorie Fink Vargas. *Louder than words : an introduction to nonverbal communication*. Iowa State University Press, 1986.
- [Ver99] Roel Vertegaal. The gaze groupware system: Mediating joint attention in multiparty communication and collaboration. In *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems, CHI '99*, pp. 294—301, New York, NY, USA, 1999. Association for Computing Machinery.
- [VSvdVN01] Roel Vertegaal, Robert Slagter, Gerrit van der Veer, and Anton Nijholt. Eye gaze patterns in conversations: There is more to conversational agents than meets the eyes. In *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems, CHI '01*, pp. 301—308, New York, NY, USA, 2001. Association for Computing Machinery.
- [VVdVV00] Roel Vertegaal, Gerrit Van der Veer, and Harro Vons. Effects of gaze on multiparty mediated communication. In *Graphics interface*, pp. 95–102, 2000.
- [VWSC03] Roel Vertegaal, Ivo Weevers, Changuk Sohn, and Chris Cheung. Gaze-2: Conveying eye contact in group video conferencing using eye-controlled camera direction. In *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems, CHI '03*, p. 521–528, New York, NY, USA, 2003. Association for Computing Machinery.
- [ZVC] Inc. Zoom Video Communications. Zoom. <https://zoom.us/>.

- [井上 99] 井上智雄, 岡田謙一, 松下温. テレビ会議における映像表現の利用とその影響. 情報処理学会論文誌, 1999.
- [鎧沢 81] 鎧沢勇, 滝川啓, 大久保栄, 渡辺義郎. 衛星通信を利用した画像会議におけるエコー及び伝搬遅延の影響. 電子情報通信学会論文誌 B, Vol. 64, No. 11, pp. 1281–1288, 1981.
- [玉木 12] 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話衝突低減手法. 情報処理学会論文誌, 2012.
- [玉木 13] 玉木秀和, 東野豪, 小林稔, 井原雅行. 音声遅延が遠隔会議中の発話衝突と精神的ストレスに与える影響. 電子情報通信学会論文誌 D, Vol. 96, No. 1, pp. 35–45, 2013.
- [原岡 90] 原岡一馬. 人間とコミュニケーション. ナカニシヤ出版, 1990.
- [高橋 87] 高橋誠. 会議の進め方. 日本経済新聞出版社, 1987.
- [佐藤 13] 佐藤良, 竹内勇剛. 多人数対話におけるロボットの視線行動に基づく発話権と対話場のデザイン. HAI シンポジウム 2013, pp. 219–228, 2013.
- [小磯 00] 小磯花絵, 伝康晴. 円滑な話者交替はいかにして成立するか. 認知科学, Vol. 7, No. 1, pp. 93–106, 2000.
- [中野 14] 中野有紀子, 馬場直哉, 黄宏軒, 林佑樹. 非言語情報に基づく受話者推定機構を用いた多人数会話システム. 人工知能学会論文誌, Vol. 29, No. 1, pp. 69–79, 2014.
- [長谷 14] 長谷川孔明, 中内靖. テレプレゼンスロボットによる無意識的身ぶりの表出が発話交替に与える影響. 日本機械学会論文集, Vol. 80, No. 819, pp. DR0321–DR0321, 2014.
- [敷田 17] 敷田幹文, ラティカンアルニー. 人数が不均衡な遠隔テレビ会議における弱い光を用いた視線アウェアネス. 情報処理学会論文誌, Vol. 58, No. 1, pp. 166–175, 2017.
- [坊農 04] 坊農真弓, 鈴木紀子, 片桐恭弘. 多人数会話における参与構造分析:—インタラクション行動から興味対象を抽出する. 認知科学, Vol. 11, No. 3, pp. 214–227, 2004.