

筑波大学大学院博士課程
理工情報生命学院
システム情報工学研究群修士論文

対話相手に対する直視および視線回避の強調表示によるビデオ通話参加者の状況伝達

芦沢 優介
修士（工学）
（情報理工学位プログラム）

指導教員 川口 一画

2026年3月

概要

複数人で会話を行うときに重要な役割を果たす視線から得られる非言語情報として、相互注視 (mutual gaze) および視線回避 (gaze aversion) がある。しかし、ビデオ通話において、対話相手の映る参加者側のビデオウィンドウのみから、対話相手の視線状況、すなわち対話相手の直視および視線回避を理解することは困難である。そのため、本研究ではビデオ通話において対話相手の直視および視線回避を強調表示する手法を実装した。本手法では、ビデオ通話における対話相手が画面を直視しているときに、参加者側のビデオウィンドウの大きさまたは枠の色の不透明度が大きくなる。本研究では、これらの手法を用いることにより、対話相手が「どこを見ているか」ではなく、対話相手の直視および視線回避の度合いという限定的な情報伝達が2人1組でのビデオ通話に与える影響を明らかにするための実験を行った。実験の結果、参加者の人数および属性には制約があったが、対話相手の直視および視線回避の強調表示が対話相手の視線の変化への気づきやすさおよび話者交替の円滑さの向上に寄与することが示された。また、会話中の各参加者の役割の把握が困難な3人以上でのビデオ通話において提案手法はより効果的であると考えたため、2人1組でのビデオ通話における提案手法を3人1組でのビデオ通話に拡張した。この拡張版提案手法の試行的評価を行った結果、拡張版提案手法は2人1組版の提案手法よりも、対話相手の視線の変化の気づきやすさおよび対話相手の社会的存在感に大きく寄与する可能性が示唆された。加えて、2人1組版の提案手法と同様に、話者交替の円滑さに寄与する可能性も示唆された。

目次

第1章	はじめに	1
1.1	背景	1
1.2	提案手法および本研究の目的	2
1.3	貢献	3
1.4	本論文の構成	3
第2章	関連研究	5
2.1	相互注視および視線回避が会話に与える影響	5
2.2	ビデオ通話の参加者の視線方向の伝達	5
2.3	対話相手に対する直視の伝達に特化した研究および対話相手の視線回避の伝達 に特化した研究	6
第3章	実装	8
3.1	システム構成	8
3.2	参加者側のビデオウィンドウの枠の色または大きさの変更方法	9
第4章	2人1組でのビデオ通話における評価実験	11
4.1	実験条件	11
4.2	仮説	12
4.3	実験参加者	13
4.4	実験環境	13
4.5	実験タスク	14
4.6	実験手順	14
4.7	評価指標	16
4.8	実験結果	17
4.8.1	会話分析	18
	会議中に視線をそらした状態から対話相手を直視した状態に切り替え た回数	18
	会議中に相互注視していた時間の割合	19
	会議中に対話相手を直視していた時間の割合	20
	会議中の沈黙時間の割合	21
	会議中に出されたアイデアの数	22

4.8.2	アンケート	23
	会議中における対話相手の視線の変化の気づきやすさを測定するためのアンケート	23
	会議中における話者交替の円滑さを測定するためのアンケート	24
	会議中の社会的存在感を測定するためのアンケート	25
	会議に対する印象を測定するためのアンケート	26
	各条件の好みの順位を測定するためのアンケート	27
4.9	考察	28
4.9.1	H1. 対話相手の視線の変化の気づきやすさに関する考察	28
4.9.2	H2. 話者交替の円滑化に関する考察	28
4.9.3	H3. 対話相手の社会的存在感の向上に関する考察	29
4.9.4	H4. ビデオ通話の質の向上に関する考察	29
4.9.5	考察のまとめ	30
4.10	制約および改善指針	30
4.10.1	実験設定上の課題	30
4.10.2	提案手法の改善	31
4.10.3	提案手法の拡張	32
第5章	3人1組でのビデオ通話への拡張	33
5.1	実装	33
5.2	拡張版提案手法の試行的評価	34
5.2.1	概要	34
5.2.2	結果	35
	会話分析	36
	アンケート	41
5.3	考察	45
5.3.1	対話相手の視線の変化の気づきやすさに関する考察	45
5.3.2	話者交替の円滑さに関する考察	46
5.3.3	対話相手の社会的存在感に関する考察	47
5.3.4	ビデオ通話の質に関する考察	47
5.3.5	考察のまとめ	47
第6章	おわりに	49
	謝辞	50
	参考文献	51
	業績リスト	56

付録 A 2人1組でのビデオ通話における評価実験において用いた各種書類	58
A.1 説明書	59
A.2 実験タスクを行う時の注意事項が書かれた紙	68
A.3 会議の題材が書かれた紙	69
A.4 実験前アンケート	71
A.5 タスク実施後アンケート	73
A.6 実験後アンケート	83

目次

1.1	ビデオウィンドウの大きさを変更する場合の提案手法の概要. 参加者 A が画面を直視しているときには, 参加者 B 側のビデオウィンドウが大きく表示される. 参加者 A が画面から目をそらしているときには, 参加者 B 側のビデオウィンドウが小さく表示される.	3
3.1	本システムの構成.	8
3.2	SizeChange 手法を用いたときの参加者側の画面. (A) 画面を直視しているときに伝達される映像. (B) 画面から目をそらしているときに伝達される映像.	10
3.3	参加者側のビデオウィンドウにおける対話相手の顔の中心点 g_c , 鼻の先の点 g_n , および顔の中心点から鼻の先の点へのベクトル.	10
4.1	本実験において用いた各条件におけるラップトップ PC の画面.	12
4.2	本実験の環境. 左側: 横から撮影された環境. 右側: ユーザ視点から撮影された環境.	14
4.3	本実験の手順.	15
4.4	会議中に視線をそらした状態から対話相手を直視した状態に切り替えた回数.	18
4.5	会議中に相互注視していた時間の割合. エラーバーは標準誤差を示す.	19
4.6	会議中に対話相手を直視していた時間の割合. エラーバーは標準誤差を示す.	20
4.7	会議中の沈黙時間の割合. エラーバーは標準誤差を示す.	21
4.8	会議中に出されたアイデアの数.	22
4.9	会議中における対話相手の視線の変化の気づきやすさを測定するためのアンケートの結果.	23
4.10	会議中における話者交替の円滑さを測定するためのアンケートの結果.	24
4.11	会議中の社会的存在感を測定するためのアンケートの結果. (A) Co-presence. (B) Attentional Allocation. (C) Perceived Message Understanding. (D) Overall.	25
4.12	会議に対する印象を測定するためのアンケートの結果.	26
4.13	各条件の好みの順位を測定するためのアンケートの結果. グラフ内の数字は度数を示す.	27
5.1	拡張版提案手法を用いたときのラップトップ PC の画面. 左側: FrameChange 手法を用いたときの画面. 右側: SizeChange 手法を用いたときの画面. 個人情報保護の観点より, 一部参加者の顔画像には匿名化処理を施している.	34

5.2	会議中に視線をそらした状態から対話相手を直視した状態に切り替えた回数.	36
5.3	会議中に相互注視していた時間の割合.	37
5.4	会議中に対話相手を直視していた時間の割合.	38
5.5	会議中の発話数.	39
5.6	会議中における対話相手の視線の変化の気づきやすさを測定するためのアンケートの結果. グラフ内の数字は度数を示す.	41
5.7	会議中における話者交替の円滑さを測定するためのアンケートの結果. グラフ内の数字は度数を示す.	42
5.8	会議中の社会的存在感を測定するためのアンケートの結果. (A) Co-presence. (B) Attentional Allocation. (C) Perceived Message Understanding. (D) Overall.	43
5.9	会議に対する印象を測定するためのアンケートの結果.	44
5.10	各条件の好みの順位を測定するためのアンケートの結果. グラフ内の数字は度数を示す.	45

第1章 はじめに

新型コロナウイルスの感染拡大以降、ビデオ通話が急速に普及した。実際、ビデオ通話ツールを用いるとビデオ通話を手軽に実施できる [1] ため、世界各国の数多くのユーザがビデオ通話を行っている [2, 3]。しかし、ビデオ通話では、会話に対して参加者がどの程度集中しているか等の参加者の状況を理解することが困難だという課題がある。本研究では、この課題に対するアプローチとして、対話相手の直視および視線回避の度合いという限定的な情報伝達を行う手法を実装した。本章では、本研究の背景、本研究の目的およびアプローチ、本研究の貢献、ならびに本論文の構成を示す。

1.1 背景

会話において、言語以外の情報である非言語情報は重要な役割を果たす [4]。実際、言語情報が印象に与える割合は全体の7%のみと小さいのに対して、視覚・聴覚情報が印象に与える割合は全体の93%と大きい [5]。

このような非言語情報のうち、複数人で会話を行うときに重要な役割を果たす非言語情報として、視線があげられる [6]。この視線から得られる非言語情報として、会話において、お互いの視線を合わせることである相互注視 (mutual gaze) および視線を対話相手からそらすことである視線回避 (gaze aversion) がある。相互注視は発話権の譲渡や発言の終了を対話相手に伝える役割を果たす [7]。また、視線回避は発言内容を考えるため [7, 8, 9, 10]、会話全体の親密さを調整するため [7, 11]、および会話の場を保持するため [7] に行われる。

しかし、ビデオ通話において、対話相手の顔映像を参加者側に表示するビデオウィンドウ (以降、参加者側のビデオウィンドウ) のみから、対話相手の視線状況を理解することは困難である。対面形式の会話では、各参加者は対話相手の視線状況を容易に理解しやすいため、参加者間の相互注視の成立が容易である [12, 13]。相互注視は会話中の話者の決定 [13, 14, 15, 16]、各参加者の会話に対する興味度および関心度の理解 [17]、ならびに参加者間の社会的なつながりの構築 [18, 19] に寄与することが示されている。そのため、会話を行ううえで、相互注視は重要な役割を果たす非言語情報であると考えられる。また、相互注視を実現しやすくするためには、対話相手に注目されているかを理解するために、対話相手の視線状況の理解が重要であると考えられる。一方、ビデオ通話では、これは困難である。そのため、話者交替の円滑さ、対話相手の社会的存在感、およびビデオ通話の質が低下する [12, 13]。

1.2 提案手法および本研究の目的

1.1 節に示した課題を解決するために、本研究では、ビデオ通話において対話相手の直視および視線回避を伝達する手法（以降、提案手法）を実装した。提案手法では、この非言語情報をビデオウィンドウの大きさの変更またはビデオウィンドウの枠の色の変更により伝達する。例として、ビデオウィンドウの大きさを変更する場合の提案手法（以降、SizeChange 手法）の概要を図 1.1 に示す。SizeChange 手法は、ビデオ通話において、対話相手が画面を直視しているときに、参加者側のビデオウィンドウを大きくする。一方、ビデオウィンドウの枠の色を変更する場合の提案手法（以降、FrameChange 手法）では、SizeChange 手法における参加者側のビデオウィンドウの大きさの変化が参加者側のビデオウィンドウの枠の色の不透明度の変化に置き換わる。これらにより、ビデオ通話の参加者は対話相手の直視および視線回避を容易にかつ無意識的に理解できるようになる。本研究では、この非言語情報のみを伝達するという新規性を持つこれら 2 つを提案手法とする。

また、本研究では、対話相手の直視および視線回避を伝達する提案手法の効果を明らかにすることを目的とする。本研究に類似する研究であるビデオ通話の参加者の視線方向を伝達するための研究 [20, 21, 22, 23] では、対話相手が「どこを見ているか」を詳細に伝達可能であるが、この伝達のためには視線方向を正確に検出および伝達する必要がある。一方、本研究では、対話相手の直視および視線回避の度合いを伝達するため、この検出および伝達は容易である。1.1 節に示したように、相互注視および視線回避は会話において重要な役割を果たす。また、相互注視を実現しやすくするためには、対話相手の視線状況の理解が重要であると考えられる。これらのことを考慮すると、対話相手の直視および視線回避の度合いの伝達は話者交替の円滑さ、対話相手の社会的存在感、およびビデオ通話の質の向上につながると考えられる。そのため、本研究では、対話相手の直視および視線回避の度合いという限定的な情報伝達がビデオ通話に与える影響を明らかにすることを目的とする。なお、提案手法は対話相手の直視および視線回避を伝達するものであるが、相互注視を検出して強調表示するような直接的な支援を行うものではない。一方、対話相手の直視および視線回避の伝達は相互注視の実現に間接的に影響し、かつ話者交替の円滑さ、対話相手の社会的存在感、およびビデオ通話の質の向上につながると考えた。

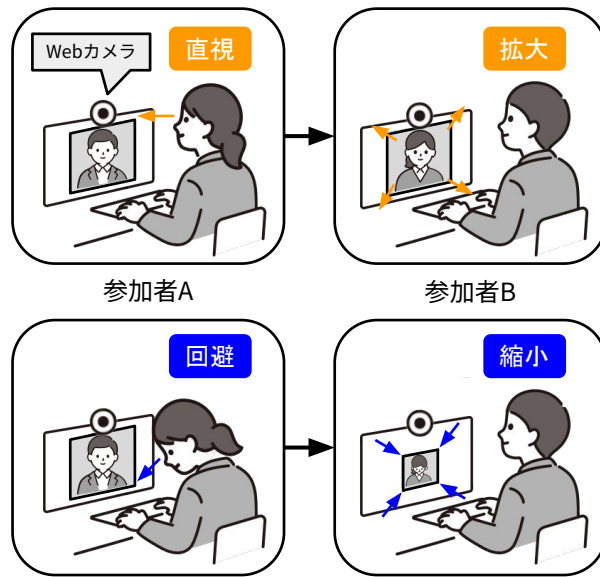


図 1.1: ビデオウィンドウの大きさを変更する場合の提案手法の概要. 参加者 A が画面を直視しているときには, 参加者 B 側のビデオウィンドウが大きく表示される. 参加者 A が画面から目をそらしているときには, 参加者 B 側のビデオウィンドウが小さく表示される.

1.3 貢献

本研究の貢献は以下のとおりである.

- ビデオ通話において対話相手への視線伝達が困難であるという課題に対して, 対話相手の直視および視線回避を強調表示する手法を提案した.
- ビデオ通話において, ビデオウィンドウの大きさまたはビデオウィンドウの枠の色を変更することにより, 対話相手の直視および視線回避の度合いを伝達する手法を実装した.
- 提案手法の効果を 2 人 1 組の状況において調査し, 対話相手の直視および視線回避の度合いという限定的な情報伝達が対話相手の視線の変化への気づきやすさおよび話者交替の円滑さの向上に寄与することを示した.
- 3 人以上の状況を想定して, 提案手法を拡張した.

1.4 本論文の構成

本論文の構成は以下のとおりである. 第 1 章では, 本研究の背景, 提案手法および目的, ならびに本研究の貢献を示した. 第 2 章では, 本研究に関連する研究を示すことにより, 本研究および関連研究との差分を示す. 第 3 章では, 本研究において用いるシステムの構成およ

び提案手法の実装内容を示す。第4章では、2人1組でのビデオ通話における提案手法の効果を検証するための実験内容および結果を示す。第5章では、3人1組でのビデオ通話における提案手法の実装内容ならびにその試行的評価の概要および結果を示す。第6章では、本研究の結論を示す。

第2章 関連研究

本章では、まず、本研究において着目する非言語情報である対話相手の直視および視線回避に関連する非言語情報として、相互注視および視線回避が会話に与える影響を示す。また、本研究および関連研究の差分を示すために、ビデオ通話の参加者の視線方向を伝達する研究ならびに対話相手の自分自身に対する直視の伝達に特化した研究および対話相手の視線回避の伝達に特化した研究を示す。

2.1 相互注視および視線回避が会話に与える影響

相互注視および視線回避は会話において重要な役割を果たす。相互注視とは、会話において、お互いの視線を合わせることである。相互注視は、対話相手との物理的な距離、話題の親密さ、および微笑みの量と同じく、対話相手との距離感に影響を与える [24]。また、自分自身の発言を終了するときに、話者は相互注視を対話相手と行う [7]。より良い相互注視を可能にすることにより、ビデオ通話におけるコミュニケーションの質を向上させることができる [12]。一方、視線回避とは、会話において、視線を対話相手からそらすことである。視線回避は会話における3つの主要な機能である認知的機能、親密さの調整機能、および場の管理機能を果たすために用いられる [25]。会話において、視線回避を行うことにより、話者は発言内容の熟考および伝達に集中することならびにその時間を増やすことができる [7, 8, 9, 10]。さらに、視線回避を定期的に行うことにより、会話の参加者は会話全体の親密さを調整できる [7, 11]。また、会話が一時停止しているときに視線回避を行うことにより、会話の参加者は会話の場を保持することおよび会話再開後に話を続ける意思を示すことができる [7]。

本研究では、ビデオ通話において、対話相手の直視および視線回避の度合いをビデオウィンドウの大きさまたはビデオウィンドウの枠の色に反映する。これにより、ビデオ通話における理解が困難である、対話相手の視線状況を伝達する。

2.2 ビデオ通話の参加者の視線方向の伝達

ビデオ通話の参加者の視線方向を伝達するための研究が複数ある。Kumarら [20] は、各参加者の顔映像が表示されているビデオウィンドウ（以降、参加者のビデオウィンドウ）の右上にその参加者を直視している参加者を表す円形の泡を表示することにより、各参加者の視線方向を伝達する手法を示した。この研究において、各参加者のビデオ通話への関心度が高くなること示された。Sakashitaら [21] は、対話相手の顔映像表示用のディスプレイおよび対

話相手の頭の動きの連動により、対話相手の視線方向を伝達する手法を示した。この研究において、各参加者が対話相手の視線方向を正確に理解できることが示された。Iitsukaら [22] は、各参加者のビデオウィンドウからその参加者が直視している参加者のビデオウィンドウへの矢印の表示または注目している人数の多い参加者のビデオウィンドウの拡大により、各参加者の視線方向を伝達する手法を示した。この研究において、参加者間の話者交替の円滑化および発話数の増加が示された。Vertegaalら [23] は、視線計測装置から取得した各参加者の視線方向に合わせて、ディスプレイ内にある3次元のCG空間内に立体的に表示された各参加者のビデオウィンドウを回転させることにより、各参加者の視線方向を伝達する手法を示した。この研究において、各参加者のビデオウィンドウの回転は対話相手の視線の理解に影響を与えないことおよび気を散らすものとはいえないことが示された。

本研究では、これらの研究のような、対話相手が「どこを見ているか」の伝達ではなく、対話相手の直視および視線回避の度合いの伝達を行う。また、その限定的な情報伝達がビデオ通話に与える影響を明らかにすることを目的とする。

2.3 対話相手に対する直視の伝達に特化した研究および対話相手の視線回避の伝達に特化した研究

対話相手の自分自身に対する直視の伝達に特化した研究が複数ある。Mukawaら [26] は、透過率30%のハーフミラーを用いて、Webカメラの中心軸および対話相手の視線方向を一致させることにより、ビデオ通話の参加者間の相互注視を支援する手法を示した。この研究において、この手法を用いた会話では、対面形式での会話と同じく、相互注視により参加者間のつながりを目に見える形で即座に認識できることが示された。Xuら [27] は、遠隔地にいる複数人の参加者を大型ディスプレイに等身大の大きさとして表示することにより、ビデオ通話の参加者間の相互注視を支援する手法を示した。この研究において、快適な共同作業の空間を創出するためには、各参加者の視線方向を正しく伝達することが重要であることが示唆された。Qinら [28] は、対話相手側のWebカメラから取得した顔映像に映る対話相手の目を真正面を直視しているときの目に置換することにより、ビデオ通話の参加者間の相互注視を支援する手法を示した。この研究において、複数の異なる各頭部姿勢に対して、この手法は自然な顔映像を提示できることが示された。

また、対話相手の視線回避の伝達に特化した研究も複数ある。Overdevestら [29] は、対話相手の装着している視線計測装置から取得した対話相手の視線回避の方向に対話相手の前方にあるスマートフォンを動かすことにより、対面している対話相手の視線回避を伝達する手法を示した。この研究において、この手法を用いた会話では、邪魔をすることなく、各参加者が視線回避を行う時間および彼らの行動が変化することが示された。Andristら [25] は対面している対話相手と相互注視を行うための顔追跡動作およびその対話相手との対話機能を実現するための意図的な視線回避を行うロボットを示した。この研究において、このロボットは思慮深いと思われることおよび会話の場を実際に管理できることが示された。

本研究では、対話相手の直視および視線回避の度合いを伝達することにより、これらの手

法と同じく，対話相手の直視および視線回避を伝達する．

第3章 実装

本研究では、ビデオ通話におけるビデオウィンドウの枠の色または大きさの変更により、対話相手の直視および視線回避を強調表示する手法を実装した。本章では、提案手法を導入したビデオ通話システムの構成（以降、本システム）および参加者側のビデオウィンドウの枠の色または大きさの変更方法を示す。なお、4章に示す実験のために、2人1組でのビデオ通話を想定したシステムとして本システムを実装した。

3.1 システム構成

本システムの構成を図 3.1 に示す。本研究では、本システムを React, TypeScript, HTML, および CSS から構成される Web アプリケーションとして実装した。このアプリケーションは映像、音声、および対話相手側のラップトップ PC において推定した参加者側のビデオウィンドウの大きさを表すデータ（以降、ウィンドウサイズに変換されたデータ）を送受信する機能を持つ。本システムでは、映像および音声の取得、映像、音声、およびウィンドウサイズに変換されたデータの送受信、ならびに映像および音声の表示を行うために、リアルタイムコミュニケーションを実現するマルチプラットフォーム SDK である SkyWay [30] の JavaScript SDK を用いた。また、頭部方向を推定するために、オープンソースのフレームワークである MediaPipe [31] を用いた。MediaPipe を用いることにより、Web カメラから取得した対話相手の顔映像から、顔の特徴点の座標を顔映像上の座標として取得できる。本システムでは、このように取得した顔の特徴点を用いることにより、Web カメラのある方向および頭部方向間の角度を推定する。

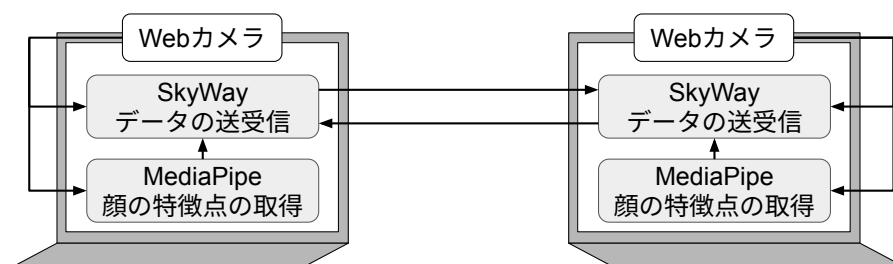


図 3.1: 本システムの構成。

3.2 参加者側のビデオウィンドウの枠の色または大きさの変更方法

本研究では，参加者側のビデオウィンドウの枠の色または大きさを変更するために，飯塚 [32] の実装を参考にした．具体的には，まず，MediaPipe の Face Mesh [33] からリアルタイムに取得した顔上の 478 点 $f_g(n)$ ($1 \leq n \leq 478$) の座標を用いて，顔の中心点 g_c の座標を計算する． g_c の座標の計算式は以下のとおりである．

$$g_c = \left(\sum_{1 \leq k \leq 478} f_g(k) \right) / 478$$

その後，顔の中心点 g_c から，取得した 478 点のうち，正面を向いたときの顔の中心点である鼻の先の点 g_n へのベクトル（以降，顔の中心点から鼻の先の点へのベクトル）の長さを計算する．このベクトルが Web カメラのある方向および頭部方向間の角度に対応する．また，顔の中心点から鼻の先の点へのベクトルの計算後，参加者側のビデオウィンドウの大きさまたは枠の色の不透明度をこのベクトルの長さに反比例するように変更する．これにより，図 3.2 に示すように，SizeChange 手法の場合には，対話相手側の Web カメラのある方向および対話相手の頭部方向間の角度が小さいときほど，参加者側のビデオウィンドウが大きくなる．参加者側のビデオウィンドウにおける対話相手の顔の中心点 g_c ，鼻の先の点 g_n ，および顔の中心点から鼻の先の点へのベクトルを図 3.3 に示す．このとき，参加者側のビデオウィンドウの大きさまたは枠の色を変更するために，対話相手の視線方向ではなく，対話相手の頭部方向に着目している．この理由は視線の推定精度には限界がある [34] ためである．また，ビデオウィンドウの大きさまたは枠の色の急激な変化を防ぐために，参加者側のビデオウィンドウの大きさまたは枠の色の不透明度の変更に対して，本研究では 10 点移動平均を用いている．1 点あたりの処理時間は SizeChange 手法および FrameChange 手法ともに平均 3.5 ミリ秒である．

なお，FrameChange 手法では，Zoom [35] を用いたビデオ通話において発話者の映るビデオウィンドウの枠の色が緑色に変化することを基に，ビデオウィンドウの枠の色の RGB 値を $(r, g, b) = (83, 253, 49)$ に固定している．また，ビデオウィンドウの枠の太さを 10px，枠の色の不透明度の最小値を 0.0，およびこの最大値を 1.0 としている．

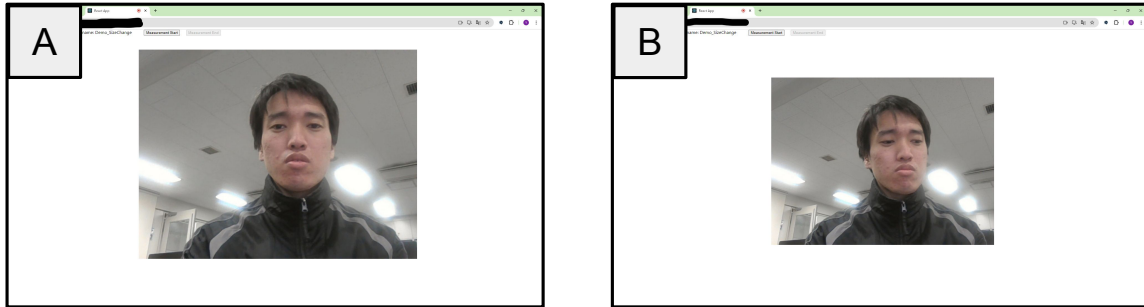


図 3.2: SizeChange 手法を用いたときの参加者側の画面. (A) 画面を直視しているときに伝達される映像. (B) 画面から目をそらしているときに伝達される映像.



図 3.3: 参加者側のビデオウィンドウにおける対話相手の顔の中心点 g_c , 鼻の先の点 g_n , および顔の中心点から鼻の先の点へのベクトル.

第4章 2人1組でのビデオ通話における評価 実験

高橋 [36] は「ビデオ通話」を「3人以上の参加者で行うもの」と定義している。実際、2.2節に示した複数の関連研究 [20, 22] は3人以上でのビデオ通話を対象としている。しかし、2人1組でのビデオ通話においても、対話相手から視線をそらしているときに対話相手の視線状況を確認することは困難である [13] ため、提案手法の効果を明らかにすることには意義があると考えられる。そのため、本研究では、2人1組でのビデオ通話において、対話相手の直視および視線回避の強調表示がビデオ通話の参加者間の話者交替、ビデオ通話における対話相手の存在、およびビデオ通話の質などに与える影響を明らかにするための実験を行った。本章では、本実験の実験条件、仮説、実験参加者、実験タスク、実験手順、評価項目、実験結果、考察、ならびに制約および今後の課題を示す。なお、本実験は筑波大学システム情報系の倫理審査委員会の承認を受けたうえで行われた。

4.1 実験条件

本実験では、ビデオ通話における参加者側のビデオウィンドウの大きさの変更による影響を明らかにするために、以下の3つの条件を実験条件とした。

- C1. 参加者側のビデオウィンドウの枠の色および大きさを固定する条件（以降、Baseline 条件）
- C2. 参加者側のビデオウィンドウの枠の色が対話相手の頭部方向に合わせて変化する条件（以降、FrameChange 条件）
- C3. 参加者側のビデオウィンドウの大きさが対話相手の頭部方向に合わせて変化する条件（以降、SizeChange 条件）

上記の各条件を図 4.1 に示す。なお、提案手法のうちの1つである SizeChange 手法では、各参加者が対話相手の顔映像をつねに認識できるようにするために、参加者側のビデオウィンドウの大きさの最小値を幅 800 px および高さ 600 px にしている。また、参加者側のビデオウィンドウ全体が画面に収まるようにするために、参加者側のビデオウィンドウの大きさの最大値を幅 1000 px および高さ 750 px にしている。Baseline 条件および FrameChange 条件では、参加者側のビデオウィンドウの大きさをこれら2つの中間値である幅 900 px および高さ 675 px にした。想定するディスプレイの解像度は 1920 × 1080 である。

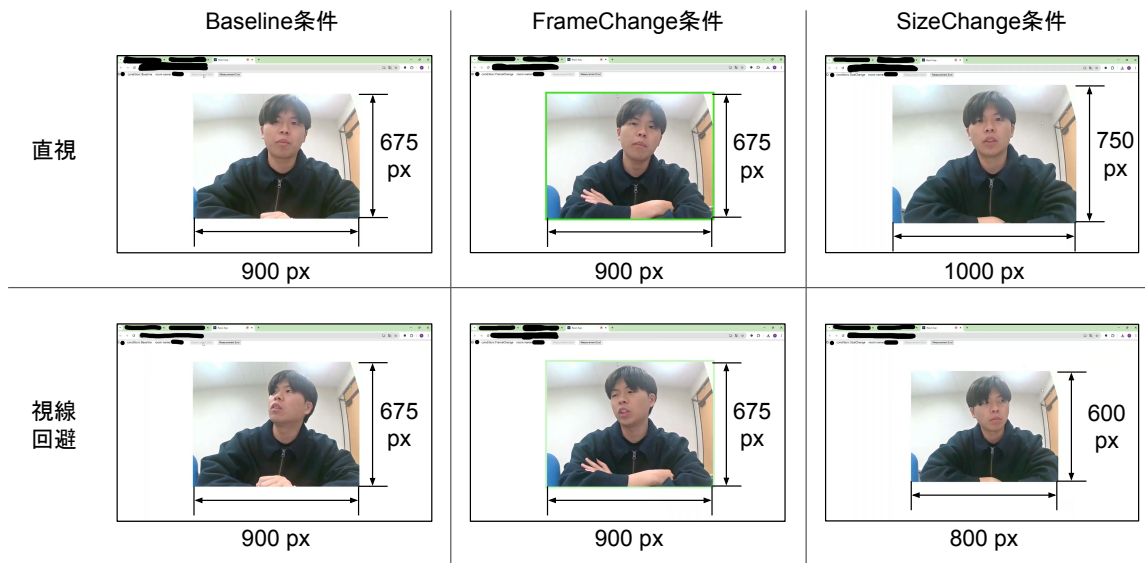


図 4.1: 本実験において用いた各条件におけるラップトップ PC の画面。

4.2 仮説

本実験では、視線の変化の強調による効果として、以下の4つの仮説の設定および検証を行う。

- H1.** 対話相手の視線の変化に気づきやすくなる。
- H2.** 話者交替が円滑になる。
- H3.** 対話相手の社会的存在感が向上する。
- H4.** ビデオ通話の質が向上する。

仮説 H1. について、対話相手の視線の変化を強調する FrameChange 条件および SizeChange 条件では、Baseline 条件よりもそのことに気づきやすくなると考えた。また、SizeChange 条件では、FrameChange 条件よりも画面内において変化する面積が大きいため、対話相手の視線の変化により気づきやすくなると考えた。

仮説 H2. について、対話相手の視線の変化に気づきやすくなることにより、話者交替のタイミングが明確になる。そのため、SizeChange 条件、FrameChange 条件、Baseline 条件の順に話者交替が円滑になると考えた。

仮説 H3. について、対話相手の視線の変化に気づきやすくなることにより、対話相手と相互注視を行う時間および対話相手を直視する時間が増加する。このことが対話相手の社会的存在感の向上につながると考えられるため、SizeChange 条件、FrameChange 条件、Baseline 条件の順に対話相手の社会的存在感が向上すると考えた。

仮説 H4. について、話者交替の円滑化および対話相手の社会的存在感の向上はビデオ通話の質に影響すると考えられる。そのため、SizeChange 条件、FrameChange 条件、Baseline 条件の順にビデオ通話の質が向上すると考えた。

4.3 実験参加者

本実験の参加者は、機縁募集により任意で募集された、筑波大学の情報系の学部または専攻に所属する学部生・大学院生 6 組 12 人（以降、P1-P12）であった。彼らの構成は男性 10 人、女性 2 人、平均年齢 22.3 歳 ($SD = 1.37$) であった。このとき、初対面であることおよび対話相手が異性であることによる会話の負荷を小さくするために、各組の実験参加者が互いに知り合い同士の同性ペアとなるように各組の実験参加者を決定した。また、本実験では、参加者内配置を採用した。そのため、各組の参加者は 4.1 節に示した 3 条件すべてを行った。なお、本実験では、筑波大学の規定に基づく謝金を実験参加者に支給した。

4.4 実験環境

実験環境を図 4.2 に示す。4.5 節に示す実験タスク中には、互いの音声聞こえないように別々の部屋に案内された各実験参加者はその部屋に配置されていたラップトップ PC を用いた。本実験において用いたラップトップ PC は Yoga 770i Gen 12 (Intel (R) Core (TM) i7-12700H, Intel (R) Arc (TM) A370 Graphics, 32.0GB, 16 型 16:10, 2560 × 1600) である。さらに、各実験参加者が対話相手を実際に直視しているときに対話相手側のビデオウィンドウの枠の色または大きさを変化させるために、外付けの小型 Web カメラ [37] をディスプレイの中央付近に配置した。このとき、参加者側のビデオウィンドウに映る対話相手の顔がこの Web カメラにより隠れてしまうことを防ぐために、この Web カメラの位置をディスプレイの中央から各実験参加者から見て左側に約 5 cm ずらした。また、図 4.2 の右側に示すように、各実験参加者の左側には 4.5 節に示す実験タスクを行うまでの流れおよび実験タスクを行うときの注意事項が書かれた紙ならびに実験タスクの経過時間を確認するためのタイマー、右側には各実験タスクの題材が描かれた紙を配置した。

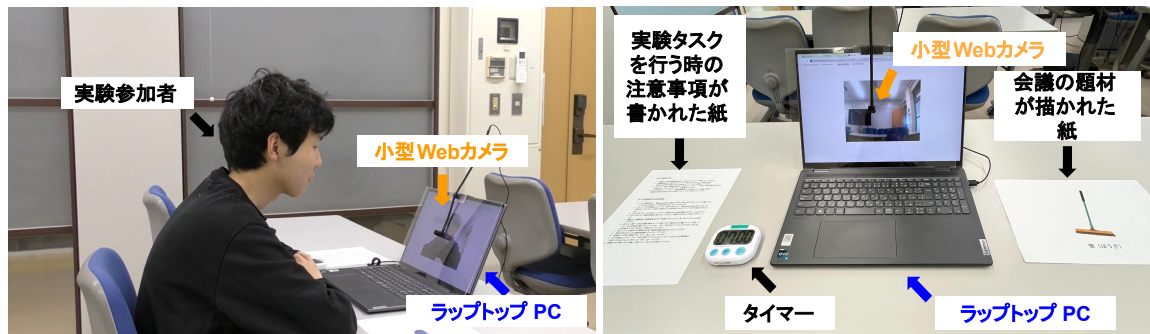


図 4.2: 本実験の環境. 左側：横から撮影された環境. 右側：ユーザ視点から撮影された環境.

4.5 実験タスク

本実験では、参加者はアイデアを出す会議である創造会議を実験タスクとして行った。創造会議を実験タスクとして用いた理由は、創造会議における議論中には、参加者間の話者交替が頻繁に行われる傾向がある [38] ためである。創造会議の内容は「(会議の題材)の新しい使用用途をできる限り多く考えてください」というものであった。本実験では、創造会議に関する関連研究 [39, 40, 41, 42, 43, 44] を参考に、会議の題材を靴下、鍋、および箸とした。その理由は以下のとおりである。

- 参加者が題材をある程度知っているが、詳しくすぎることはない
- 参加者が題材の新しい使い方がある程度考えることができるが、考えたことがほとんどない
- 参加者が各々の題材を別の題材の回答に活用できることがほとんどない

実験タスクを行うときには、図 4.2 に示したような、ラップトップ PC の付近に配置されている紙およびタイマーを適宜参考にしながら創造会議を進めるように実験参加者に対して指示した。さらに、本システムを用いて対話相手とビデオ通話を行いながら創造会議を進めるように指示した。また、自然な話者交替を評価するために、実験参加者の中で司会を決めることなく創造会議を行うように指示した。

4.6 実験手順

本実験の手順を図 4.3 に示す。本実験では、まず、実験参加者は 4.1 節に示した実験条件および 4.5 節に示した実験タスクの事前説明を受けた。これらの説明を受けた後に、年齢、性別およびビデオ通話の経験が問われるアンケート（以降、実験前アンケート）に回答した。実験前アンケートへの回答終了後、各実験参加者は与えられた部屋に分かれたうえで 4.1 節に示した実験タスクを 4.4 節に示した環境において行った。このとき、実施する条件に対応する本

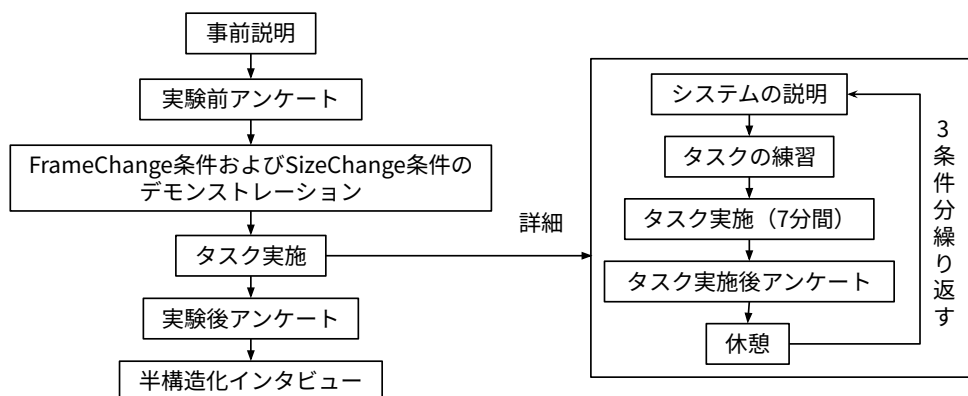


図 4.3: 本実験の手順.

システムの説明，その条件に慣れるための練習，その条件による7分間の実験タスク，その実験タスクに対する主観的評価を測定するためのアンケート（以降，タスク実施後アンケート）への回答，および約5分間の休憩を1セットとするタスクを計3セット行った．なお，順序効果を配慮するために，実験条件および会議の題材の順序はラテン方格に基づいてランダム化された．実験タスクの終了後，4.1節に示した各条件の好みの順位付けおよび実験全体の感想が問われるアンケート（以降，実験後アンケート）に回答した．実験後アンケートへの回答終了後，4.2節に示した各仮説に対する主観的意見および実験全体の感想が問われる半構造化インタビューを受けた．各実験の所要時間は約120分であった．

4.7 評価指標

本実験では、4.2 節に示した各仮説が成り立つかを確認するために、以下の 10 項目を評価指標として用いた。

- 会話分析から得られる指標
 - 会議中に視線をそらした状態から対話相手を直視した状態に切り替えた回数
 - 会議中に相互注視していた時間の割合
 - 会議中对話相手を直視していた時間の割合
 - 会議中の沈黙時間の割合
 - 会議中に提案されたアイデアの数
- アンケートから得られる指標
 - 会議中における対話相手の視線の変化の気づきやすさを測定するためのアンケート
 - 会議中における話者交替の円滑さを測定するためのアンケート
 - 会議中の社会的存在感を測定するためのアンケート
 - 会議に対する印象を測定するためのアンケート
 - 各条件の好みの順位を測定するためのアンケート

対話相手の視線の変化に気づきやすくなると、対話相手への意識の集中が促されるため、会議中に視線をそらした状態から対話相手を直視した状態に切り替えた回数が増加すると考えた。さらに、対話相手の視線の変化に気づきやすくなると、対話相手の直視および視線回避を理解しやすくなると考えられる。これにより、話者交替のタイミングを対話相手に伝えるために、会議中に相互注視していた時間の割合が増加すると考えた。加えて、対話相手が視線をそらしている時にも、自分自身の発話意図を伝えるために対話相手を直視する時間が増加すると考えられる。その結果、会議の各参加者が会議中对話相手を直視する時間の割合が増加すると考えた。また、話者交替が円滑になると、発話のタイミングが明確になり発話が促進されるため、会議中の沈黙時間の割合が低下すると考えた。

先述した評価指標のうち、会議中に視線をそらした状態から対話相手を注視した状態に切り替えた回数、会議中に相互注視していた時間の割合、および会議中对話相手を注視していた時間の割合を本実験用に実装したアプリケーションのログデータから集計した。また、会議中の沈黙時間の割合および会議中に提案されたアイデアの数を本実験中に撮影したビデオ映像から集計した。

会議中における対話相手の視線の変化の気づきやすさを測定するために、川口ら [45] の研究において用いられたアンケート内の視線判別性の項目のうち、本実験における評価対象となる項目をタスク実験後アンケートに含めた。会議中における話者交替の円滑さを測定するために、飯塚ら [46] の研究において用いられたアンケート内の項目のうち、話者交替の円滑さの評価対象となる項目をタスク実験後アンケートに含めた。会議中の社会的存在感を測定するために、Harms ら [47] の研究において作成された Social Presence に関するアンケートの

うち、本実験における評価対象となる項目をタスク実験後アンケートに含めた。これらの項目は Co-presence (以降, CoP), Attentional Allocation (以降, AA), および Perceived Message Understanding (以降, PMU) からなる。会議に対する印象を測定するために, Post ら [48] の研究において作成されたアンケート内の必要な項目のみが和訳されたもののうち, 本実験における評価対象となる項目をタスク実験後アンケートに含めた。これらの項目は満足度の指標に該当する項目および一体感の指標に該当する項目からなる。さらに, タスク実施後アンケートの結果および半構造化インタビューにおいて得られた主観的意見の集計により, 創造会議に対する印象を評価した。また, 実験後アンケートの結果および半構造化インタビューにおいて得られた主観的意見の集計により, 各条件の好みの順位を評価した。

4.8 実験結果

本節では, 本実験において得られた結果を示す。統計解析にあたり, はじめに, 正規性の検定 (Shapiro–Wilk 検定) および等分散性の検定 (Bartlett 検定) を行った。1 要因のデータに対しては, 正規性が認められなかったため, Friedman 検定および多重比較として Wilcoxon の符号順位和検定を行った。2 要因のデータに対しては, 正規性が認められた場合には, 二元配置分散分析および多重比較として Tukey–Kramer 検定を用いた。正規性が認められなかった場合には, 整列ランク変換 (Aligned Rank Transform; 以降, ART) [49] を行った後に, 二元配置分散分析および多重比較として ART-C [50] を用いた。このとき, 正規性が認められなかった 2 要因のデータに対して, ART を行ったうえでの二元配置分散分析を用いた理由は, Friedman 検定とは異なり, 複数の要因間の交互作用を分析できるためである [49]。なお, 検定では, p 値が 0.05 未満であることを統計的に有意であると見なした。多重比較を行うときには, Bonferroni 補正のもとで行った。さらに, 統計解析を行うときには R [51] を用いた。また, 本章において示す各グラフにおいて, 回数またはスコアを表すグラフを箱ひげ図, 割合または確率を表すグラフを棒グラフとして示している。

4.8.1 会話分析

本節では、会話分析の結果として、会議中に視線をそらした状態から対話相手を直視した状態に切り替えた回数、会議中に相互注視していた時間の割合、会議中に対話相手を直視していた時間の割合、会議中の沈黙時間の割合、および会議中に出されたアイデアの数を示す。

会議中に視線をそらした状態から対話相手を直視した状態に切り替えた回数

会議中に視線をそらした状態から対話相手を直視した状態に切り替えた回数を図 4.4 に示す。この指標に関して、正規性が認められなかったことから ART を行った後に二元配置分散分析を行った結果、すべての条件間および題材間に有意差は示されなかった。

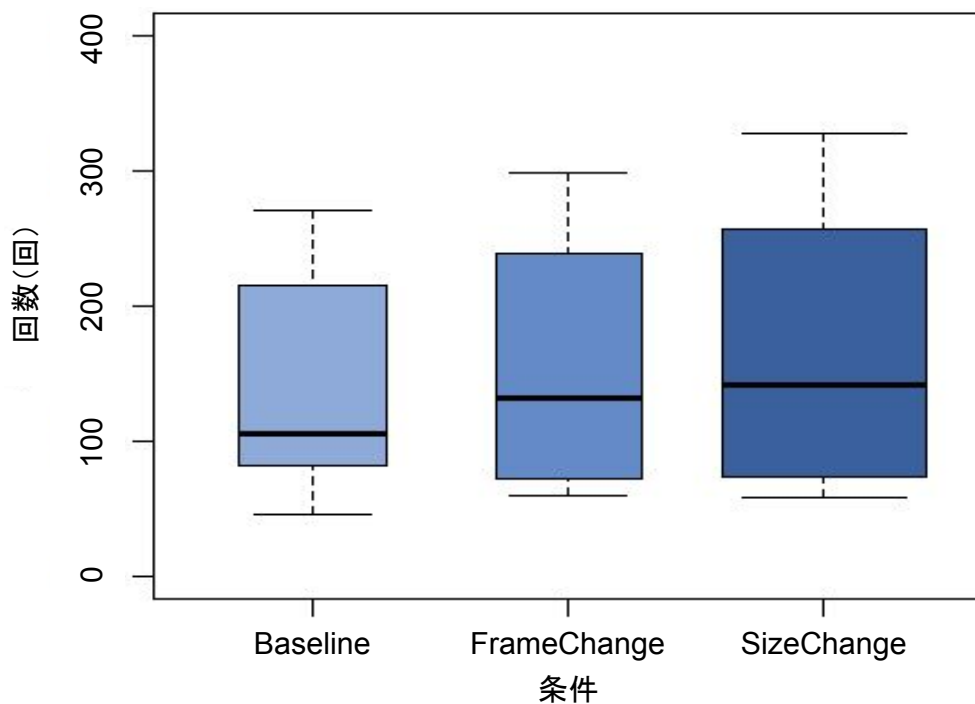


図 4.4: 会議中に視線をそらした状態から対話相手を直視した状態に切り替えた回数.

会議中に相互注視していた時間の割合

会議中に相互注視していた時間の割合を図4.5に示す。この指標に関して、正規性が認められなかったことからARTを行った後に二元配置分散分析を行った結果、条件間 ($p = 0.0011$) および題材間 ($p = 0.0032$) に有意差が示された。そのため、ART-Cを各条件間に行った結果、FrameChange条件およびSizeChange条件ではBaseline条件よりも会議中に相互注視していた時間の割合が有意に低くなった ($p = 0.0105$; $p = 0.0012$)。また、ART-Cを各議題間に行った結果、鍋および箸では靴下よりも会議中に相互注視していた時間の割合が有意に低くなった ($p = 0.0033$; $p = 0.0400$)。

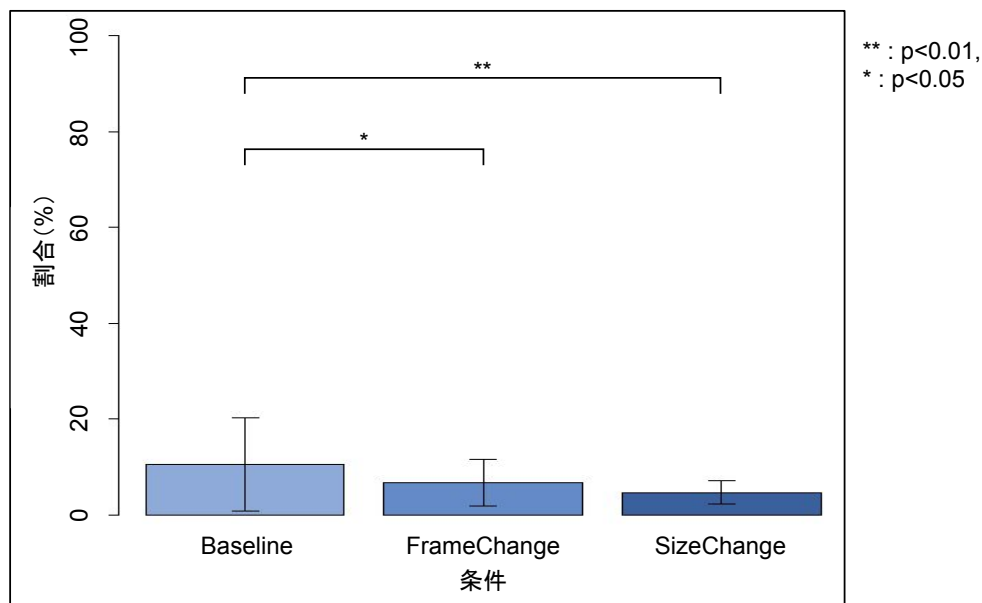


図 4.5: 会議中に相互注視していた時間の割合。エラーバーは標準誤差を示す。

会議中に対話相手を直視していた時間の割合

会議中に対話相手を直視していた時間の割合を図 4.6 に示す。この指標に関して、正規性が認められなかったことから ART を行った後に二元配置分散分析を行った結果、すべての条件間および題材間に有意差は示されなかった。

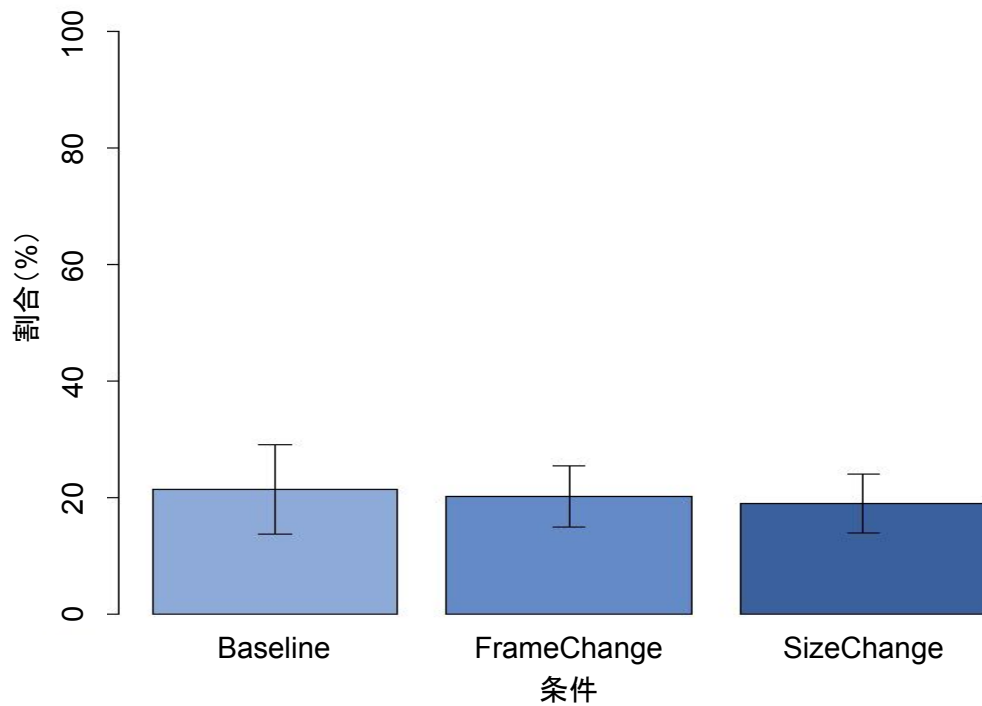


図 4.6: 会議中に対話相手を直視していた時間の割合。エラーバーは標準誤差を示す。

会議中の沈黙時間の割合

会議中の沈黙時間の割合を図4.7に示す。この指標に関して、正規性が認められたことから二元配置分散分析を行った結果、各項目において、すべての条件間および題材間に有意差は示されなかった。

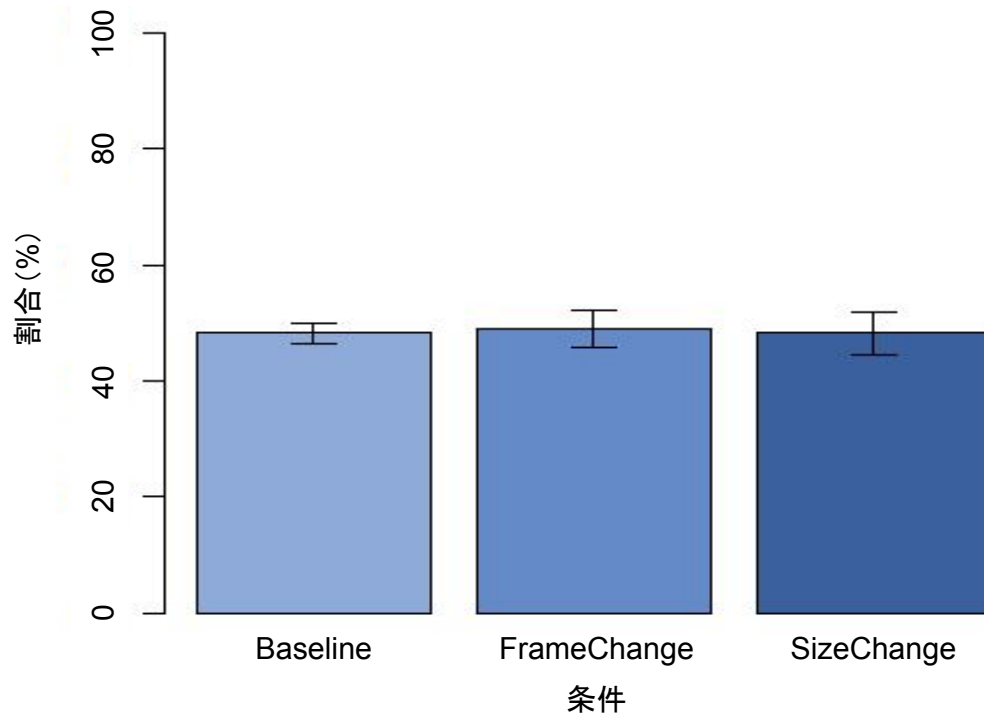


図 4.7: 会議中の沈黙時間の割合。エラーバーは標準誤差を示す。

会議中に出されたアイデアの数

会議中に出されたアイデアの数を図 4.8 に示す。この指標に関して、正規性が認められたことから二元配置分散分析を行った結果、各項目において、すべての条件間および題材間に有意差は示されなかった。

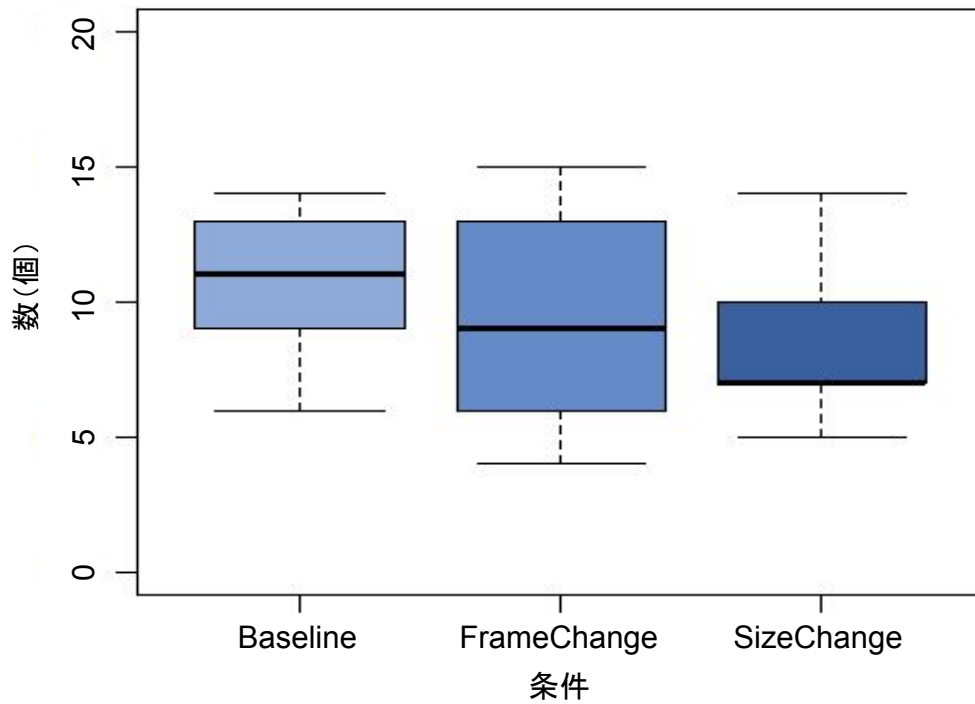


図 4.8: 会議中に出されたアイデアの数.

4.8.2 アンケート

本節では、アンケートの結果として、会議中における対話相手の視線の変化の気づきやすさを測定するためのアンケートの結果、会議中における話者交替の円滑さを測定するためのアンケートの結果、会議中の社会的存在感を測定するためのアンケートの結果、会議に対する印象を測定するためのアンケートの結果、および各条件の好みの順位を測定するためのアンケートの結果を示す。

会議中における対話相手の視線の変化の気づきやすさを測定するためのアンケート

会議中における対話相手の視線の変化の気づきやすさを測定するためのアンケートの結果を図 4.9 に示す。この指標に関して、正規性が認められなかったことから ART を行った後に二元配置分散分析を行った結果、Q1.「会話相手の見ている方向の変化に気付いた」、Q2.「会話相手が自分の方を見ている時、それが容易に分かった」、および Q3.「会話相手が自分の方を見ている時、目が合っているように感じた」において、条件間に有意差が示された ($p = 6.9388 \times 10^{-5}$; $p = 0.0004$; $p = 0.0030$)。そのため、ART-C を各条件間に行った結果、Q1 および Q2 において、FrameChange 条件では Baseline 条件よりもスコアが有意に高くなり ($p = 0.0002$; $p = 0.0018$)、かつ SizeChange 条件では Baseline 条件よりもスコアが有意に高くなった ($p = 0.0003$; $p = 0.0007$)。また、Q3 において、FrameChange 条件では Baseline 条件および SizeChange 条件間よりもスコアが有意に高くなった ($p = 0.0040$; $p = 0.0185$)。

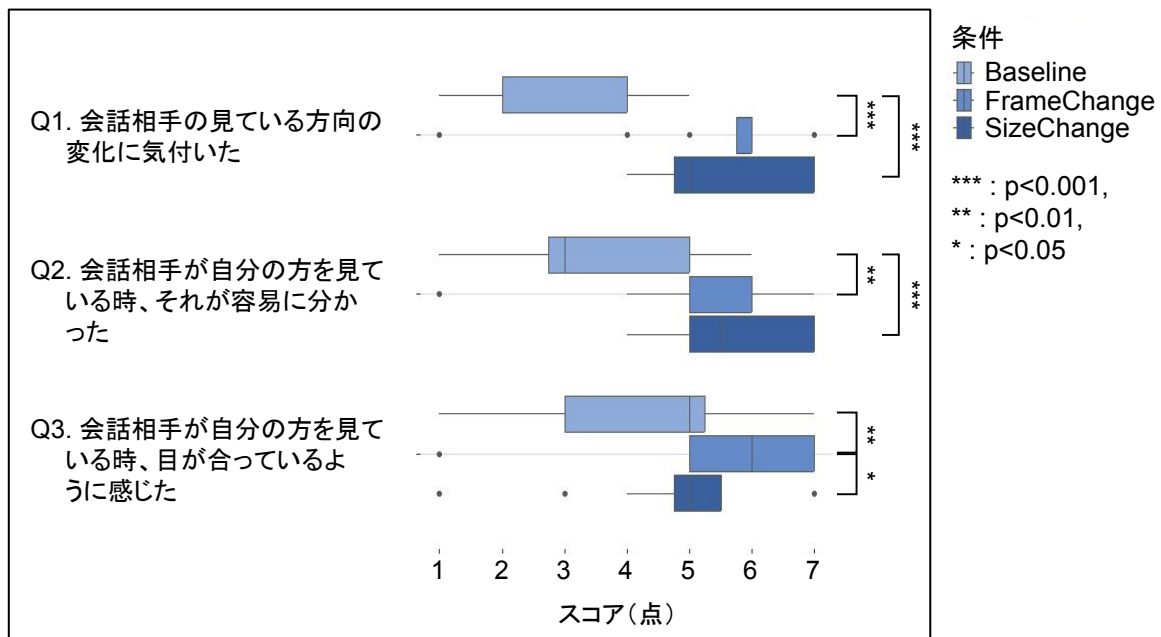


図 4.9: 会議中における対話相手の視線の変化の気づきやすさを測定するためのアンケートの結果。

会議中における話者交替の円滑さを測定するためのアンケート

会議中における話者交替の円滑さを測定するためのアンケートの結果を図4.10に示す。この指標に関して、正規性が認められなかったことからARTを行った後に二元配置分散分析を行った結果、Q4.「話者が変わる時、話し始めが会話相手とぶつかった」およびQ5.「話者が変わる時、話し始めが会話相手とぶつかったことがストレスに感じた」において条件間 ($p = 0.0424$; $p = 0.0432$) に、Q8.「スムーズに議論が進んだ」およびQ9.「議論に集中できた」において議題間 ($p = 0.0093$; $p = 0.0010$) にそれぞれ有意差が示された。そのため、ART-Cを各条件間に行った結果、Q4およびQ5において、SizeChange条件ではBaseline条件よりもスコアが有意に低くなった ($p = 0.0491$; $p = 0.0443$)。また、ART-Cを各議題間に行った結果、Q8およびQ9において鍋では靴下よりもスコアが有意に低くなり ($p = 0.0111$; $p = 0.0009$)、かつQ9において箒では靴下よりもスコアが有意に低くなった ($p = 0.0254$)。

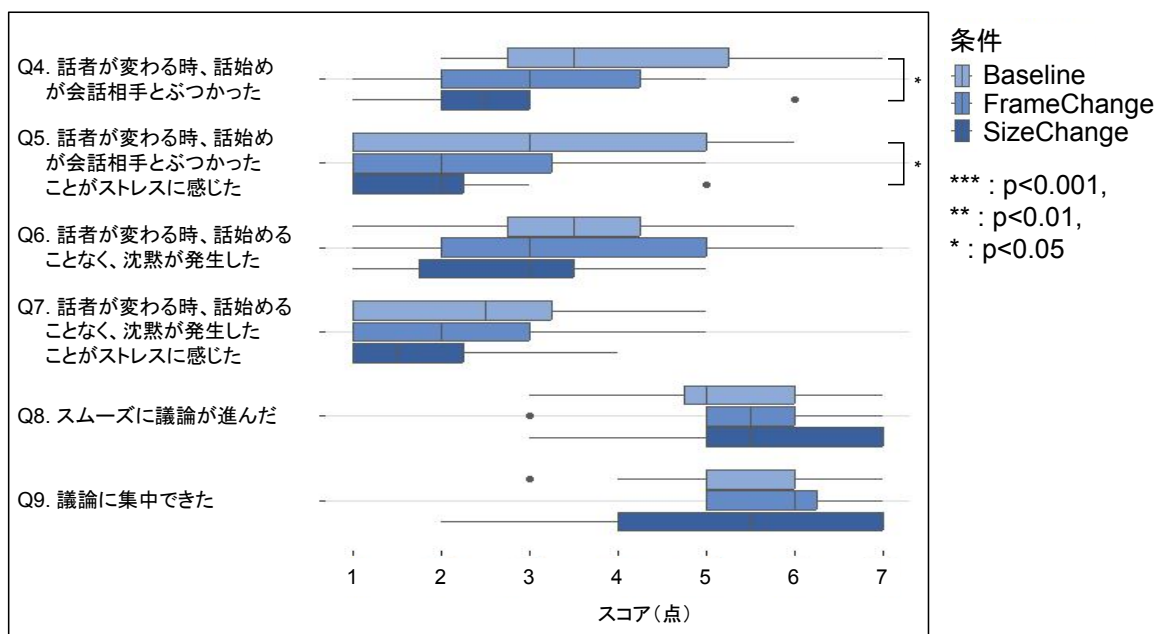


図 4.10: 会議中における話者交替の円滑さを測定するためのアンケートの結果。

会議中の社会的存在感を測定するためのアンケート

会議中の社会的存在感を測定するためのアンケートの結果を図 4.11 に示す。この指標に関して、正規性が認められたことから二元配置分散分析を行った結果、各項目において、すべての条件間および題材間に有意差は示されなかった。

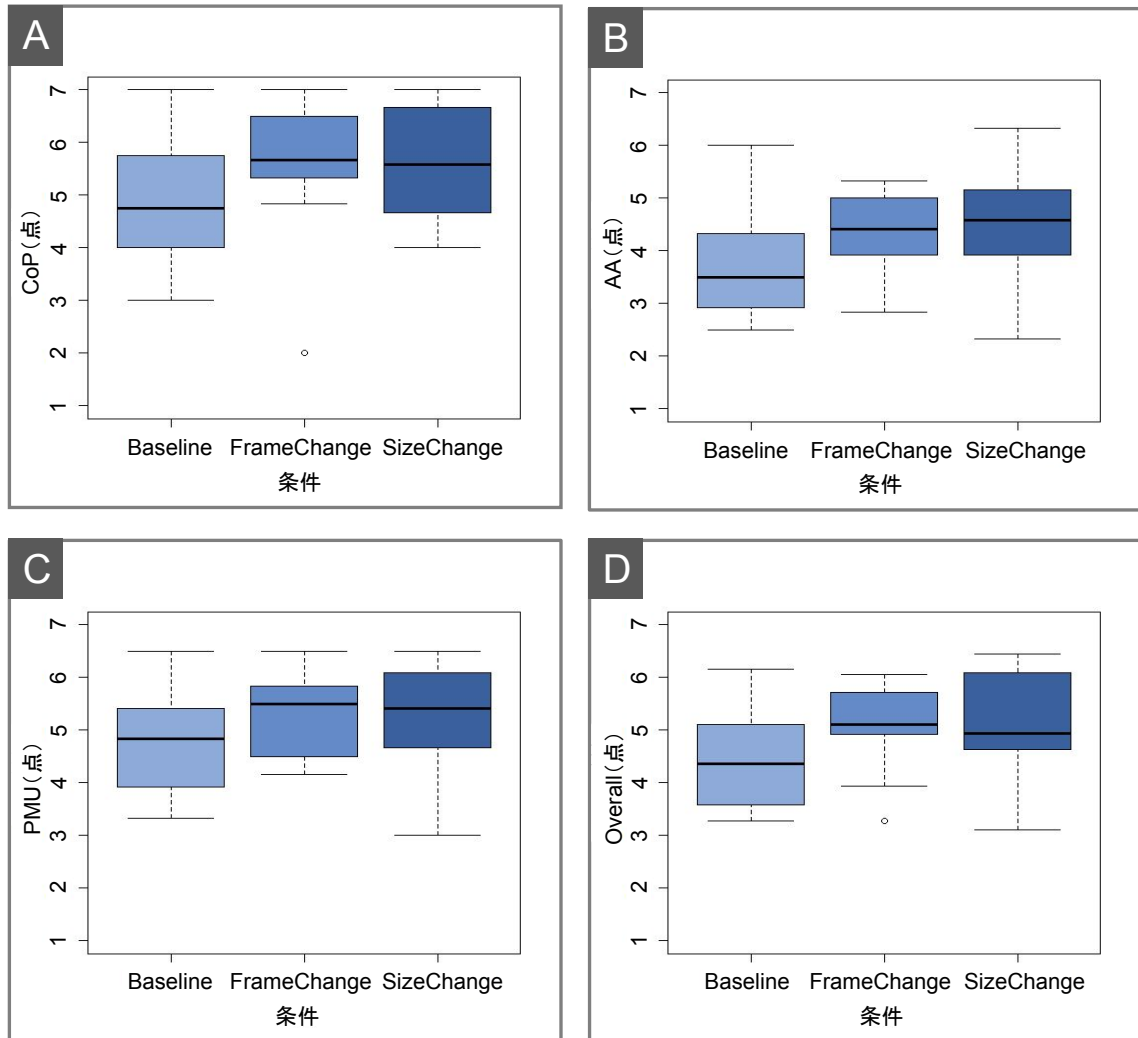


図 4.11: 会議中の社会的存在感を測定するためのアンケートの結果. (A) Co-presence. (B) Attentional Allocation. (C) Perceived Message Understanding. (D) Overall.

会議に対する印象を測定するためのアンケート

会議に対する印象を測定するためのアンケートの結果を図4.12に示す。この指標に関して、正規性が認められたことから二元配置分散分析を行った結果、各項目において、すべての条件間および題材間に有意差は示されなかった。

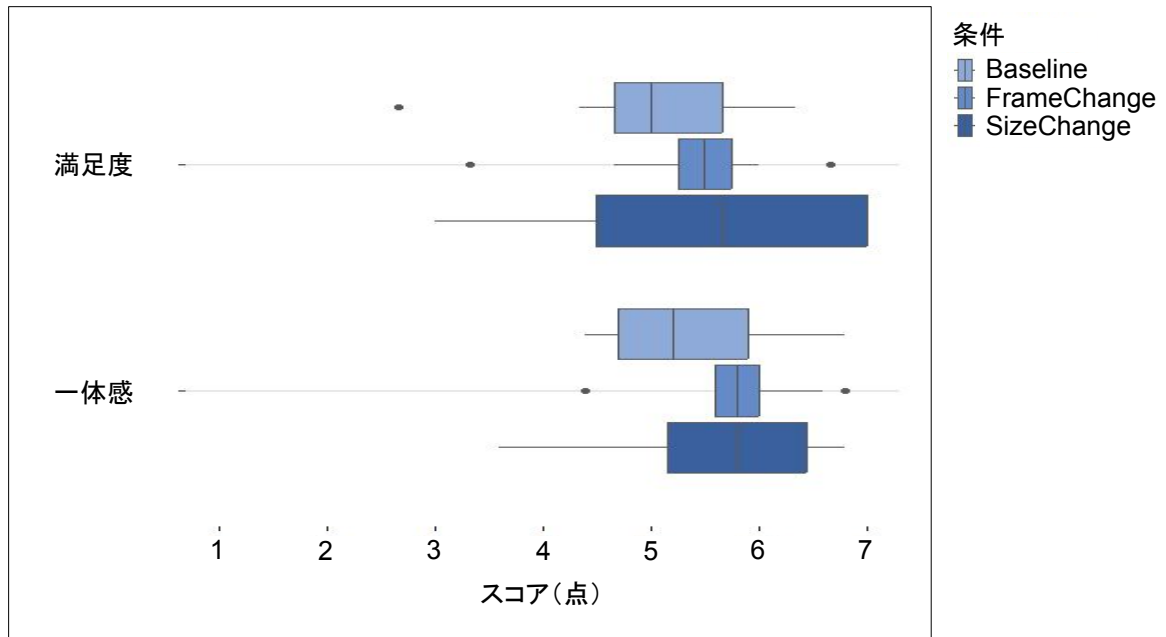


図 4.12: 会議に対する印象を測定するためのアンケートの結果.

各条件の好みの順位を測定するためのアンケート

各条件の好みの順位を測定するためのアンケートの結果を図 4.13 に示す。この指標に関して、Friedman 検定を行った結果、すべての条件間に有意差は示されなかった。

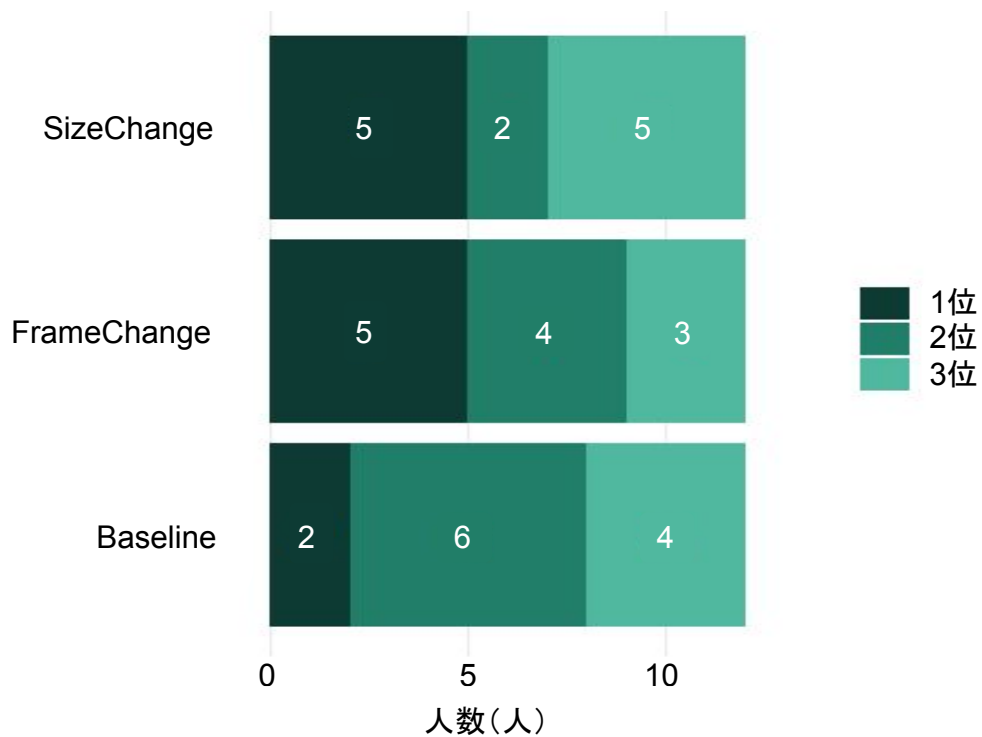


図 4.13: 各条件の好みの順位を測定するためのアンケートの結果。グラフ内の数字は度数を示す。

4.9 考察

本節では、4.2 節に示した各仮説に関する考察を示す。

4.9.1 H1. 対話相手の視線の変化の気づきやすさに関する考察

図 4.5 より、会議中に相互注視していた時間の割合において、FrameChange 条件および SizeChange 条件では Baseline 条件よりも会議中に相互注視していた時間の割合が有意に低くなった。この理由は、対話相手の視線の変化を周辺視野から読み取りやすくなることにより、対話相手の直視および視線回避を理解するために、対話相手を直視する時間が短くなったためであると考えられる。これに関して、「FrameChange 条件では、視覚情報に集中していなくても、対話相手の視線が分かりやすかった」(P5) および「SizeChange 条件では、別のところを見ている時、対話相手が自分自身を見たことに気づきやすかった」(P3) などの意見が得られた。図 4.9 より、会議中における対話相手の視線の変化の気づきやすさを測定するためのアンケートの Q1.「会話相手の見ている方向の変化に気付いた」および Q2.「会話相手が自分の方を見ている時、それが容易に分かった」において、FrameChange 条件および SizeChange 条件では Baseline 条件よりもスコアが有意に高くなった。また、このアンケートの Q3.「会話相手が自分の方を見ている時、目が合っているように感じた」において、FrameChange 条件では他の 2 条件間よりもスコアが有意に高くなった。これに関して、「Baseline 条件では、対話相手の視線を感じにくい」(P7)、「FrameChange 条件では、対話相手の視線を自然に感じる事ができた」(P7)、および「SizeChange 条件では、対話相手の動きをなんとなく察知できた」(P6, P8) などの意見が得られた。一方、図 4.4 および図 4.6 より、会議中に視線をそらした状態から対話相手を直視した状態に切り替えた回数および会議中に対話相手を直視していた時間の割合では、各条件間に有意差は示されなかった。この理由は、FrameChange 条件および SizeChange 条件では、対話相手の視線の変化に気づいたとしても、そのことが対話相手への直視を促すとは限らないためであると考えられる。これに関して、「FrameChange 条件では、一定間隔で明滅をただ繰り返しているようにも見えたため、注意はそれほど惹かれなかった」(P11) および「ウィンドウのサイズの変化に対して気が向かないことがかなりあった」(P12) などの意見が得られた。

これらの結果より、FrameChange 条件および SizeChange 条件は Baseline 条件よりも対話相手の視線の変化に気づきやすさに寄与することが示された。一方、仮説 H1. では、SizeChange 条件において FrameChange 条件よりも対話相手の視線の変化により気づきやすくなると考えた。しかし、本実験では、FrameChange 条件が SizeChange 条件よりも対話相手の視線の変化の気づきやすさに寄与することが示された。そのため、仮説 H1. は一部支持された。

4.9.2 H2. 話者交替の円滑化に関する考察

図 4.10 より、会議中における話者交替の円滑さを測定するためのアンケートの Q4.「話者が変わる時、話し始めが会話相手とぶつかった」および Q5.「話者が変わる時、話し始めが会話

相手とぶつかったことがストレスに感じた」において、SizeChange 条件では Baseline 条件よりもスコアが有意に低くなった。これに関して、「SizeChange 条件では、自分自身の話したいタイミングで話したら、衝突も起きずに普通に話せた気がする」(P2, P12) および「Baseline 条件では、他の 2 条件よりも、発話の衝突回数が多いように感じた」(P3, P4) などの意見が得られた。一方、話者交替の円滑化に関するその他の評価指標では、各条件間に有意差は示されなかった。この理由は話者交替の円滑さが、視覚情報による影響だけではなく、聴覚情報による影響も受けているためであると考えられる。これに関して、「『視線を向ける→話始める』ではなく、『話始める→視線を向ける』という順番だったため、話始めのタイミングが分かりにくかった」(P3) および「会話中に、視覚情報をそこまで意識しなかったような気がする」(P5) などの意見が得られた。

これらの結果より、SizeChange 条件が Baseline 条件よりも話者交替の円滑さに寄与することが示された。一方、Baseline 条件および FrameChange 条件間ならびに FrameChange 条件および SizeChange 条件間では、話者交替の円滑化に関する評価指標において有意差は示されなかった。そのため、仮説 H2. は一部支持された。

4.9.3 H3. 対話相手の社会的存在感の向上に関する考察

図 4.11 より、会議中の社会的存在感を測定するためのアンケートの各項目において、各条件間に有意差は示されなかった。そのため、仮説 H3. は支持されなかった。仮説 H3. では、対話相手の視線の変化に気づきやすくなることにより、対話相手と相互注視を行う時間および対話相手を直視する時間が増えるため、対話相手の社会的存在感が向上すると考えていた。しかし、FrameChange 条件および SizeChange 条件では、Baseline 条件よりも対話相手の視線の変化に気づきやすい傾向が確認されたにもかかわらず、対話相手の社会的存在感の向上に寄与することは示されなかった。そのため、対話相手の視線の変化の気づきやすさが対話相手の社会的存在感に与える影響は小さいと考えられる。これに関して、「FrameChange 条件では、SizeChange 条件よりも、視覚的に気は惹かれなかった」(P10) および「SizeChange 条件では、対話相手の視線が向いているかは明らかだったが、注意が惹かれるのは最初だけだった」(P11) などの意見が得られた。

4.9.4 H4. ビデオ通話の質の向上に関する考察

図 4.8, 図 4.12, および図 4.13 より、会議中に出されたアイデアの数、会議に対する印象を測定するためのアンケート、および各条件の好みの順位を測定するためのアンケートの各項目において、各条件間に有意差は示されなかった。そのため、仮説 H4. は支持されなかった。仮説 H4. では、対話相手の視線の変化に気づきやすくなることが話者交替の円滑化および対話相手の社会的存在感の向上につながることであり、ビデオ通話の質が向上すると考えていた。しかし、FrameChange 条件および SizeChange 条件では、Baseline 条件よりも対話相手の視線の変化に気づきやすい傾向が確認されたにもかかわらず、ビデオ通話の質の向上に

寄与することは示されなかった。そのため、対話相手の視線の変化の気づきやすさがビデオ通話の質に与える影響は小さいと考えられる。これに関して、「会議が円滑に進んだかどうかは、ウィンドウの表示形式よりも、アイデアを出しやすいお題かどうかの影響されやすいと感じた」(P8) および「課題が難しかったため、お互いに目を合わせずに考え込む時間が発生した」(P12) などの意見が得られた。

4.9.5 考察のまとめ

ここまで示した結果およびその考察より、対話相手の視線の変化の気づきやすさに関する仮説 H1. および話者交替の円滑化に関する仮説 H2. は一部支持された。一方、対話相手の社会的存在感の向上に関する仮説 H3. およびビデオ通話の質の向上に関する仮説 H4. は支持されなかった。

これらのことから、対話相手の直視および視線回避の強調表示が対話相手の視線の変化への気づきやすさおよび話者交替の円滑さの向上に寄与することが示された。同様のことはビデオ通話の参加者の視線方向を伝達する研究 [21, 22] においても示されたが、この非言語情報のみの限定的な情報伝達が上記の影響を与えることを示した研究は存在しない。このことが本研究の新規性である。また、Zoom [35] および Microsoft Teams [52] などのツールを用いたビデオ通話に提案手法を導入することにより、各参加者の視線方向を正確に検出および伝達することなく、このときと同様の効果を得ることができる可能性がある。このことが本研究の有用性である。

4.10 制約および改善指針

本節では、本実験の制約および改善指針を示す。

4.10.1 実験設定上の課題

本実験の制約として、実験設定上の課題がある。本実験では、実験設定上の課題として、以下の4つがあげられる。

1つ目は実験参加者数および実験参加者の属性である。本実験の参加者数は6組12人と比較的少なかった。さらに、本実験の参加者は、機縁募集により任意で募集された、同世代の6組12人である。また、本実験の参加者のうち、男性が10人かつ女性が2人であったため、実験参加者の性別が偏っていた。これらのことから、本実験では、実験参加者の性格特性および性別などによる影響の分析は行っていない。本実験において行った半構造化インタビューの結果からこれらの影響を読み取ることはできなかったが、これらの属性は提案手法を用いたビデオ通話に影響を与える可能性がある。そのため、性別および年齢の偏りのない、本実験よりも多くの実験参加者数に対して実験を行うことによりこれらの影響を今後明らかにする必要がある。

2つ目は実験タスクの内容である。本実験では、実験タスクとして、アイデアを出す会議である創造会議を各実験参加者に7分間行ってもらった。このとき、実験タスクにおける会議の題材として、創造会議に関する関連研究 [39] を参考に、靴下、鍋、および箸を用いた。これに関して、「『鍋』という話題が『靴下』という話題よりも難しかった」(P11) および「課題が難しかったため、お互いに目を合わせずに考え込む時間が発生した」(P12) などの意見が得られた。また、4.8.1 節および 4.5 節に示したように、会議中に相互注視していた時間の割合ならびに会議中における話者交替の円滑さを測定するためのアンケートの Q8 および Q9 において、議題間に有意差が示された。そのため、議題の種類が実験結果に与える影響を小さくするために、会議の題材を考慮した実験タスクを今後検討する必要がある。

3つ目は実験環境においてディスプレイの中央に配置された小型 Web カメラである。本実験では、各参加者が対話相手を実際に直視しているときに対話相手側のビデオウィンドウの大きさまたは枠の色を変更するために、外付けの小型 Web カメラである好感度 WEB カム [37] を各参加者のディスプレイの中央付近に配置した。これに関して、「普段の会議では、対話相手の顔の映るディスプレイの位置とカメラの位置が少しズレているため、対話相手と目線が合っていないように感じるが、今回の場合には、対話相手と目線がつねに合っているため、少し気まずい」(P8) および「ディスプレイの中央にあるカメラが結構気になってしまう」(P9) などの意見が得られた。そのため、ビデオ通話の各参加者が気にならないようにカメラの配置方法を今後検討する必要がある。

4つ目は提案手法における直視の推定精度である。提案手法では、視線の推定精度には限界がある [34] ことから、対話相手の視線方向ではなく、対話相手の頭部方向に着目している。しかし、ビデオ通話の参加者の視線方向および頭部方向がつねに一致するとは限らない。本実験において、参加者が目を閉じたときには、視線方向を推定できなかったため、視線方向および頭部方向が一致していたかは不明である。さらに、本実験において、参加者が視線をそらしたときおよび顔を伏せたときには、参加者の視線方向および頭部方向が一致していなかった。そのため、本実験の実験設計では、参加者の視線方向を厳密には推定できていなかった。また、本実験では、各参加者のラップトップ PC の画面上に小型 Web カメラが配置されていたため、画面を直視していたとしても、参加者は対話相手ではなくその Web カメラを直視していた可能性がある。これらより、提案手法による直視の推定精度には制約がある。

4.10.2 提案手法の改善

本実験の改善方針として、提案手法の改善がある。提案手法を改善するために、以下の2つの改善方法を検討している。

1つ目はビデオウィンドウの大きさの変更における離散変化の導入およびビデオウィンドウの枠の色を変更するときに用いる枠の色の調整である。提案手法では、大きさの急激な変化を防ぐために、ビデオウィンドウの大きさまたは枠の色の変更に対して、10点移動平均を用いた。これに関して、「議論の内容よりも、ウィンドウの動きが気になった」(P1, P5, P6, P11) および「少しの視線の変化によりウィンドウが変わってしまうため、煩わしかった」(P1, P3, P6) などの意見が得られた。そのため、閾値による離散変化を導入することにより、対話相手

の視線の変化の気づきやすさを維持しながら、ビデオウィンドウの大きさまたは枠の色の変化が気にならない程度にそれらの変化を円滑にすることを検討している。また、本実験では、Zoom [35] を用いたビデオ通話における発話者の映るビデオウィンドウの枠の色が緑色に変化することから、FrameChange 条件におけるビデオウィンドウの枠の色を緑色にした。これに関して、「FrameChange 条件では、背景色と枠の色の組合せにより得られる効果が変化すると感じた」(P6) および「違う色の方が分かりやすいと思った」(P10) などの意見が得られた。Zoom [35] を用いたビデオ通話における背景色は黒色であるのに対して、図 4.1 に示したように、本実験において行われたビデオ通話における背景色は白色であった。これにより、ビデオウィンドウの枠の色の変化に気づきにくかった可能性がある。そのため、ビデオウィンドウの背景色を黒色にすることまたは枠の色を白色の補色である黒色にすることを検討している。

2 つ目は対話相手の発話も考慮したビデオウィンドウの大きさまたは枠の色の変更である。本実験では、SizeChange 条件においてビデオウィンドウの大きさを、FrameChange 条件においてビデオウィンドウの枠の色を、対話相手側の Web カメラのある方向および対話相手の頭部方向間の角度に基づいてそれぞれ変更した。これに関して、「『視線を向ける→話始める』ではなく、『話始める→視線を向ける』という順番だったため、話始めのタイミングが分かりにくかった」(P3) という意見が得られた。そのため、対話相手側の Web カメラのある方向および対話相手の頭部方向間の角度だけではなく、対話相手の発話も考慮したビデオウィンドウの大きさまたは枠の色の変更を検討している。

4.10.3 提案手法の拡張

本実験の改善方針として、提案手法の拡張がある。提案手法を拡張するために、以下の 2 つの拡張方法を検討している。

1 つ目は 3 人以上のビデオ通話への提案手法の適用である。本実験では、実装が容易であるため、2 人 1 組のビデオ通話を対象とした。これに関して、「より人数が増えたときにどうなるか気になった」(P3, P5, P9, P11, P12) および「より人数が増えたときには、SizeChange 条件は有効なのではないかと思った」(P6) などの意見が得られた。そのため、3 人以上のビデオ通話に対して提案手法を適用するための実装を行うことを検討している。たとえば、対話相手が 4 人である場合には、画面を 4 分割した上で、その領域に収まる範囲内でビデオウィンドウの大きさまたは枠の色を変更することを検討している。また、ビデオウィンドウの大きさまたは枠の色を決めるときには、参加者側から見たときに対話相手の映るビデオウィンドウのある方向および対話相手の頭部方向間の角度を用いることを検討している。

2 つ目はビデオ通話の参加者自身の顔映像の表示である。本実験では、対話相手に集中しやすくするために、対話相手の映るビデオウィンドウのみを各参加者のラップトップ PC の画面上に表示した。これに関して、「普段のビデオ通話では自分自身の顔映像も映っているため、自分自身の顔映像を表示してほしい」(P7, P11) という意見が得られた。そのため、対話相手の映るビデオウィンドウだけではなく、ビデオ通話の参加者自身の映るビデオウィンドウも表示することを検討している。

第5章 3人1組でのビデオ通話への拡張

4章では、実装が容易であることから、2人1組でのビデオ通話における提案手法の効果を検証するための実験内容および結果を示した。2人1組でのビデオ通話では、参加者は発話を行う話し手または発話を受ける受け手のどちらかであるため、会話中の各参加者の役割（以降、参与役割）が比較的分かりやすい[53]。一方、3人以上でのビデオ通話では、話し手および受け手だけではなく、会話に参加しているが発話を受けていない傍参与者および会話を聞いているだけの傍観者も存在するため、参与役割が分かりにくい[32, 53]。そのため、提案手法を拡張し3人以上のビデオ通話において用いることにより、2人1組で用いる場合よりも、話者交替の円滑化、対話相手の社会的存在感の向上、およびビデオ通話の質の向上などに大きく貢献できると考えられる。そのため、本研究では、2人1組でのビデオ通話における提案手法を3人1組でのビデオ通話に拡張した。本章では、3人1組でのビデオ通話における提案手法（以降、拡張版提案手法）の実装内容ならびに拡張版提案手法の試行的評価の概要および結果を示す。

5.1 実装

FrameChange手法における緑色の枠の変化を強調するために、提案手法では、図5.1に示すように、各参加者の映るビデオウィンドウを黒色背景の前面に配置する。具体的には、自分自身の顔映像を画面左上に、他者の顔映像を画面右上および画面下部中央の計3箇所に配置する。画面下部中央のウィンドウは、画面を左右に2分割かつ上下に4分割したときに得られる交点のうち、最も下の点を中心とする。これら3つのウィンドウの枠の色または大きさは、3章に示した方法により、各領域に収まる範囲内で変化する。なお、自分自身の顔映像を表示する理由は本実験において「普段のビデオ通話と同じく、自分の顔も表示してほしい」という意見が得られたためである。

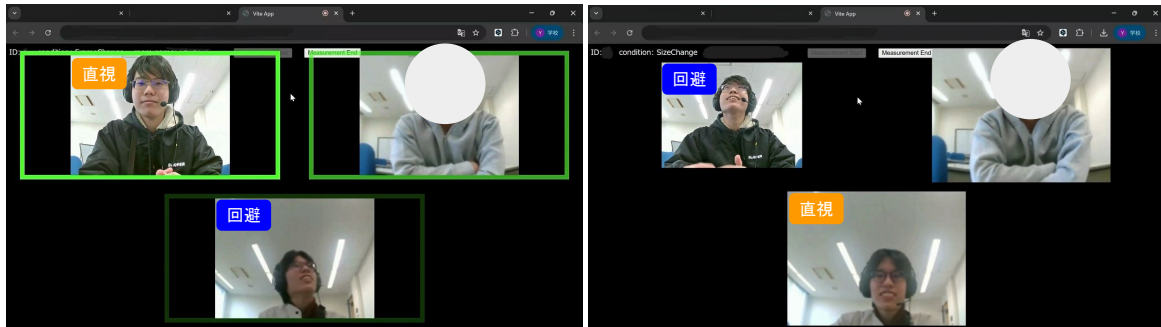


図 5.1: 拡張版提案手法を用いたときのラップトップ PC の画面。左側：FrameChange 手法を用いたときの画面。右側：SizeChange 手法を用いたときの画面。個人情報保護の観点より、一部参加者の顔画像には匿名化処理を施している。

5.2 拡張版提案手法の試行的評価

本研究では、拡張版提案手法の試行的評価（以降、パイロットスタディ）も行った。本節では、パイロットスタディの概要および結果を示す。

5.2.1 概要

パイロットスタディの概要は 4.1 節～4.7 節に示した本実験の内容と基本的に同じである。そのため、本節では、本実験の内容との変更点のみを示す。

4.1 節に示した理由より、拡張版提案手法のうちの一つである SizeChange 手法では、各参加者の映るビデオウィンドウの大きさの最小値を幅 414 px および高さ 233 px，最大値を幅 526 px および高さ 296 px にしている（図 5.1 右側）。そのため、Baseline 条件および FrameChange 条件における各参加者の映るビデオウィンドウの大きさを幅 470 px および高さ 264 px にした（図 5.1 左側）。想定するディスプレイの解像度は 1920×1080 である。また、拡張版提案手法のうちの一つである FrameChange 手法では、各参加者の映るビデオウィンドウの枠が実際に表示されているビデオウィンドウよりも外側に表示されている。この理由は枠に内接するように表示されるべき各ビデオウィンドウが 4.4 節に示した外付けの Web カメラのアスペクト比に合わせて縮小されてしまったためである。

パイロットスタディの参加者はボランティアとして参加した研究室内の大学生・大学院生 1 組 3 人（以降、P13-P15）であった。彼らの構成は男性 3 人，平均年齢 22.7 歳 ($SD = 1.15$) であった。なお、P13-P15 のうち、P13 および P15 は本実験にも参加していた P5 および P4 と同一人物である。

パイロットスタディにおいて用いたラップトップ PC は Gen 11 (Intel (R) Core (TM) i7-1195G7, Intel (R) Iris (R) Xe Graphics, 32 GB, 14 型 16:9, 1920×1080) である。また、パイロットスタディでは、各参加者の音声の個別取得によりデータ分析を容易にできるようにするために、各参加者にヘッドホンを着用してもらった。

パイロットスタディでは、お題の難易度をできる限り同じにするために、会議の題材を靴下、ヘルメット、および箸とした。このとき、関連研究 [39] および本実験において「鍋」というお題が他のお題よりも難しかった」という意見を出した P9 および P11 の意見を参考にした。

パイロットスタディの評価指標に関して、4.7 節に示した 10 項目に加えて、各参加者にヘッドホンを着用してもらったことにより取得しやすくなった会議中の発話数を会話分析から得られる指標として追加した。話者交替が円滑になると、自分自身の発話するべきタイミングが明確になるため、会議中の各参加者の発話が増加すると考えた。なお、データの分析時には、パイロットスタディ中に撮影したビデオ映像を集計した。

5.2.2 結果

本節では、パイロットスタディにおいて得られた結果を示す。なお、今回のパイロットスタディの参加者は 1 組 3 人と少なかったため、統計的な解析を行わず、分析結果のみを示す。

会話分析

本節では、会話分析から得られた結果を示す。今回のパイロットスタディでは、参加者3人のうち、1人以上を見つめているときに、各参加者は直視しているとみなしている。また、会話分析では、会議開始から最大5秒間のログデータが欠損していたため、会議開始から5秒後以降から会議終了までの時間を分析対象とした。

会議中に視線をそらした状態から会話相手を直視した状態に切り替えた回数を図 5.2 に示す。この図より、SizeChange 条件では他の2条件よりも会議中に視線をそらした状態から会話相手を直視した状態に切り替えた回数が多いことが示唆された。

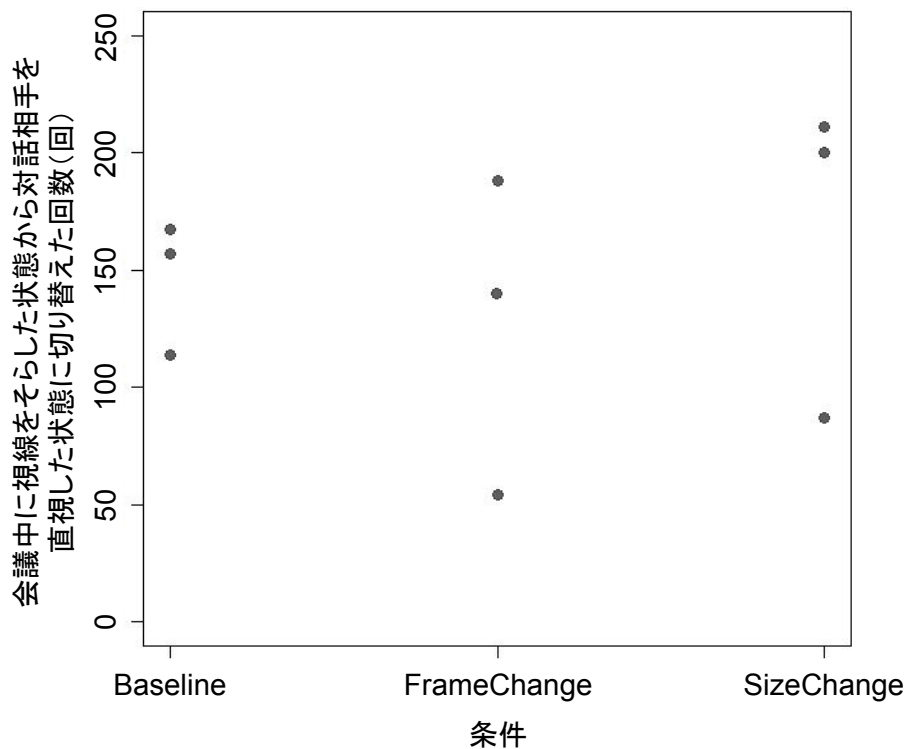


図 5.2: 会議中に視線をそらした状態から対話相手を直視した状態に切り替えた回数.

会議中に相互注視していた時間の割合を図 5.3 に示す。この図より、SizeChange 条件では他の 2 条件よりも会議中に相互注視していた時間の割合が高いことが示唆された。なお、今回のパイロットスタディでは、3 人の参加者のうち、2 人以上の参加者が他の参加者を直視しているときに相互注視していたと定義している。

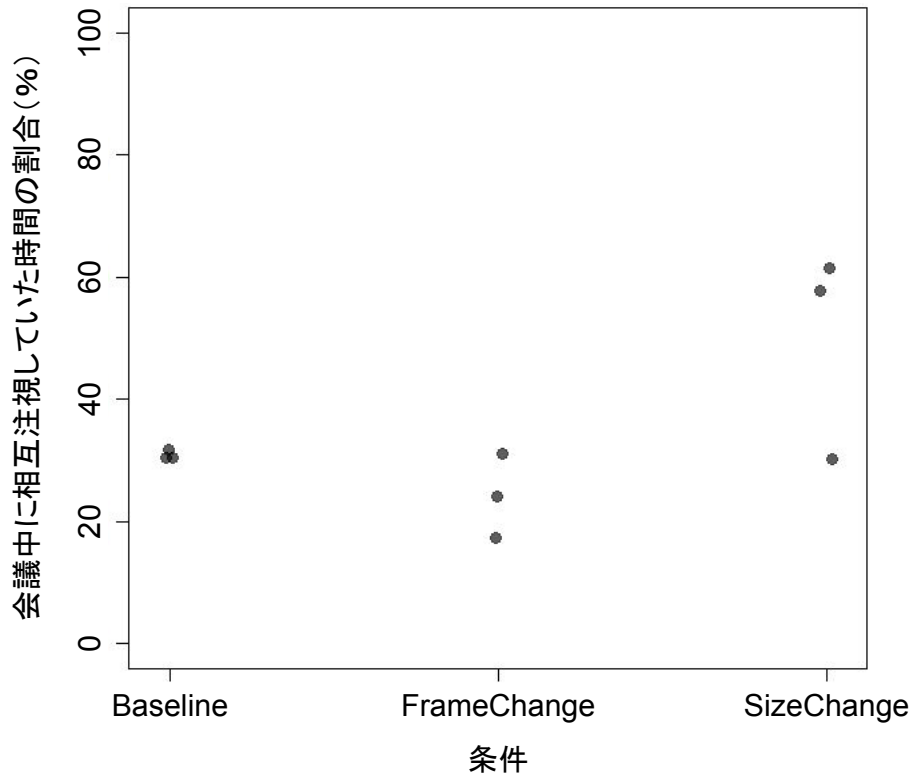


図 5.3: 会議中に相互注視していた時間の割合。

会議中に会話相手を直視していた時間の割合を図5.4に示す。この図より、SizeChange条件では他の2条件よりも会議中に会話相手を直視していた時間の割合が高いことが示唆された。

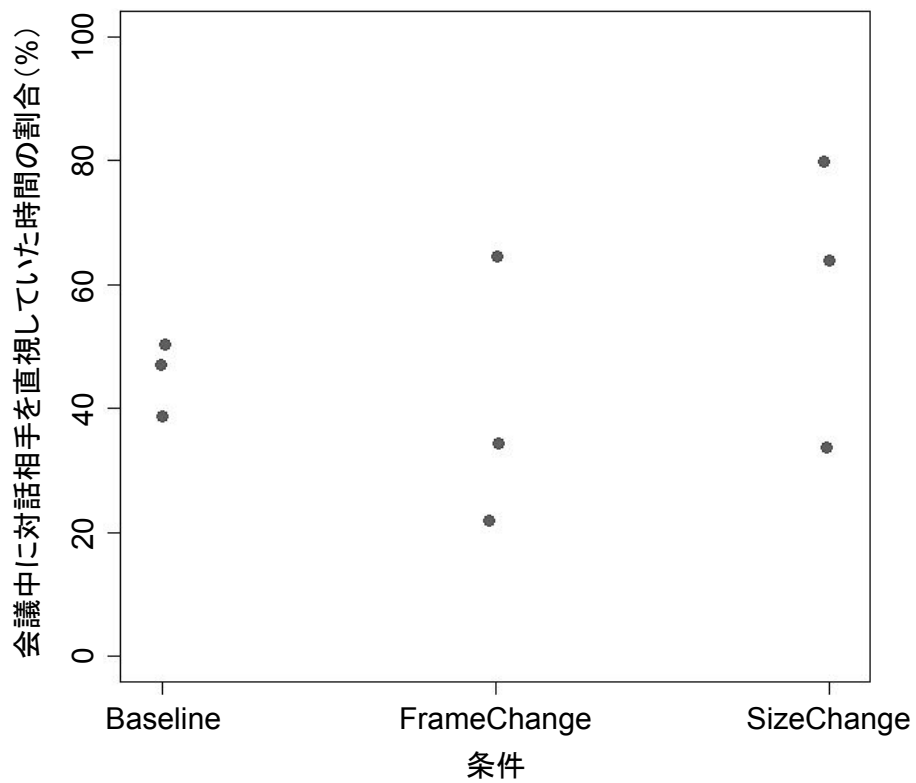


図 5.4: 会議中に対話相手を直視していた時間の割合.

会議中の発話数を図 5.5 に示す. この図より, 各条件における会議中の発話数は同程度であることが示唆された.

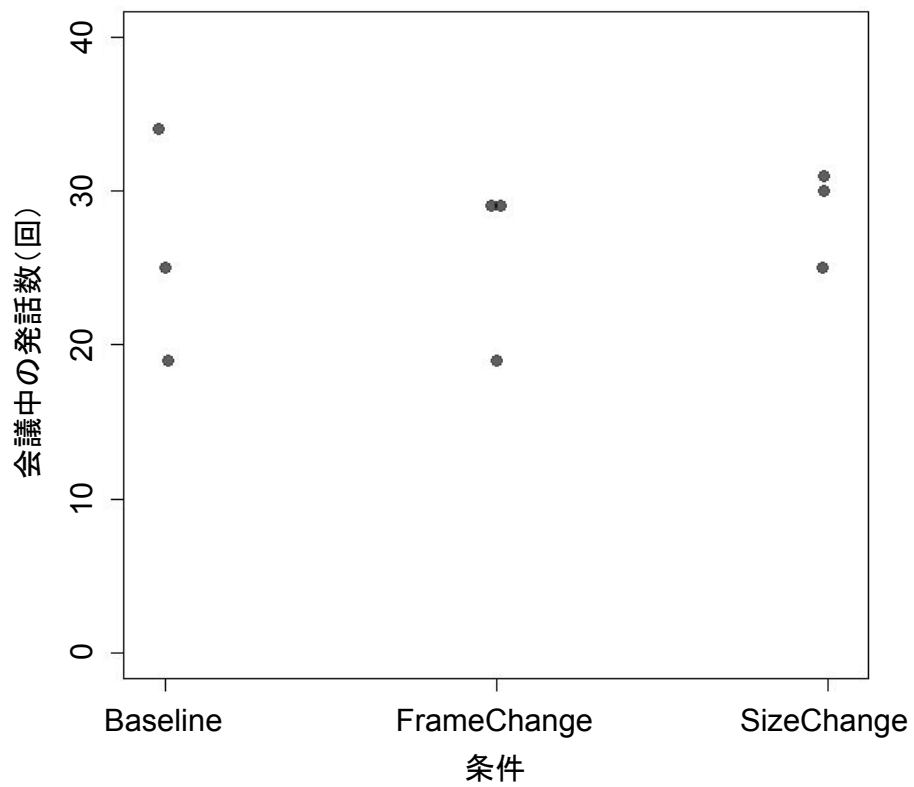


図 5.5: 会議中の発話数.

会議中の沈黙時間の割合は Baseline 条件において 44.9%, FrameChange 条件において 33.7%, SizeChange 条件において 44.0%である。この結果より, FrameChange 条件では他の 2 条件より会議中の沈黙時間の割合が小さいことが示唆された。会議中に出されたアイデアの数は Baseline 条件において 17 個, FrameChange 条件において 13 個, SizeChange 条件において 11 個である。この結果より, Baseline 条件, FrameChange 条件, SizeChange 条件の順に会議中に出されたアイデアの数が多いことが示唆された。

アンケート

会議中における会話相手の視線の変化の気づきやすさを測定するためのアンケートの結果を図 5.6 に示す。この図より、Q1.「会話相手の見ている方向の変化に気づいた」において、FrameChange 条件では他の 2 条件よりもスコアが高いことが示唆された。また、Q2.「会話相手が自分の方を見ている時、それが容易に分かった」および Q3.「会話相手が自分の方を見ている時、目が合っているように感じた」において、FrameChange 条件および SizeChange 条件では Baseline 条件よりもスコアが高いことが示唆された。

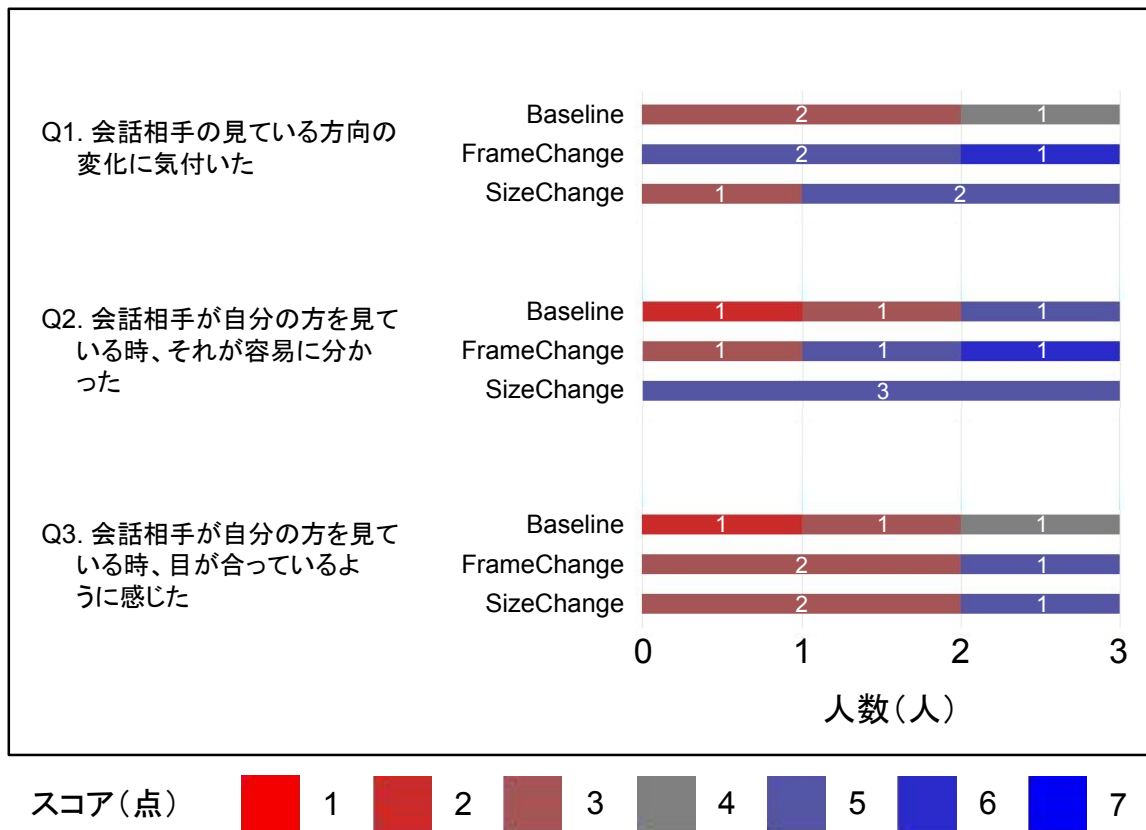


図 5.6: 会議中における対話相手の視線の変化の気づきやすさを測定するためのアンケートの結果。グラフ内の数字は度数を示す。

会議中における話者交替の円滑さを測定するためのアンケートの結果を図 5.7 に示す。この図より、Q4.「話者が変わる時、話始めが会話相手とぶつかった」、Q5.「話者が変わる時、話始めが会話相手とぶつかったことがストレスに感じた」、Q6.「話者が変わる時、話始めることなく、沈黙が発生した」、および Q7.「話者が変わる時、話始めることなく、沈黙が発生したことがストレスに感じた」において、FrameChange 条件では他の 2 条件よりもスコアが低いことが示唆された。また、Q8.「スムーズに議論が進んだ」および Q9.「議論に集中できた」において、FrameChange 条件および Baseline 条件では SizeChange 条件よりもスコアが高いことが示唆された。

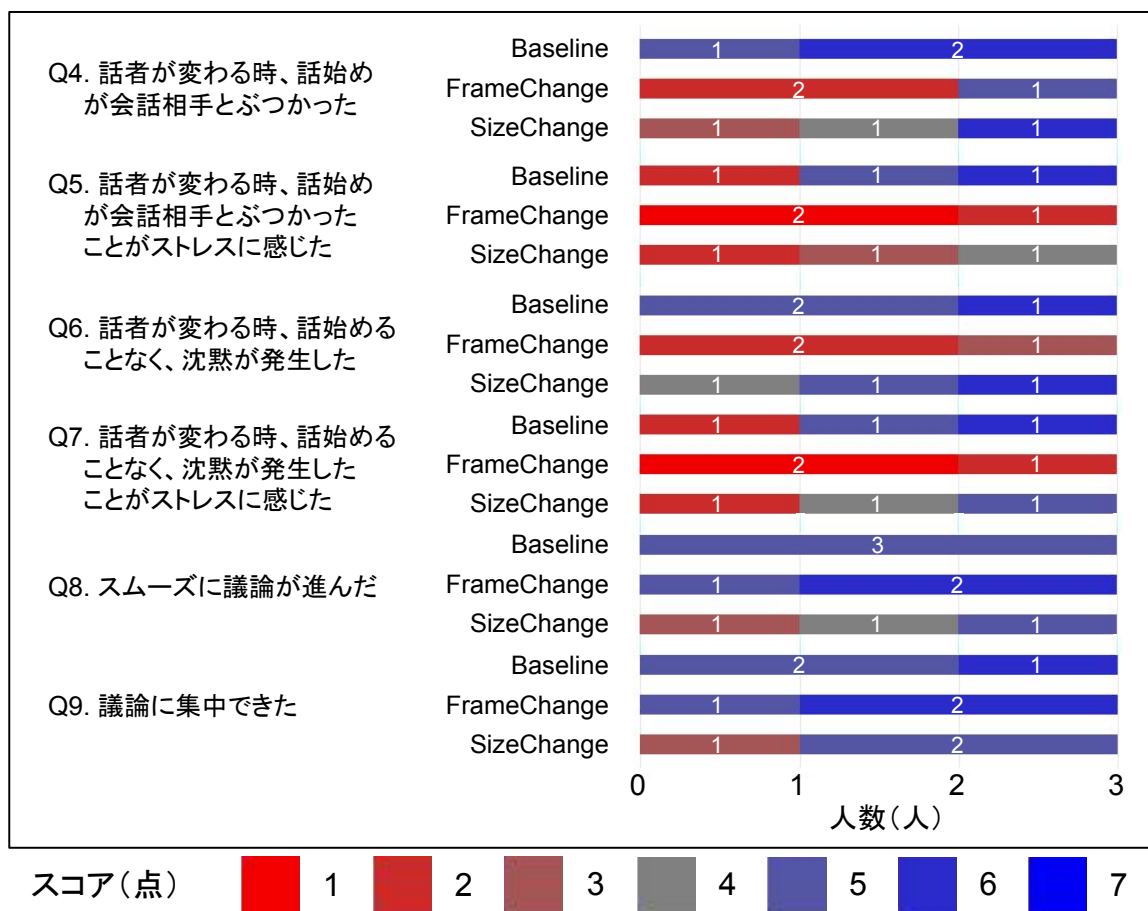


図 5.7: 会議中における話者交替の円滑さを測定するためのアンケートの結果。グラフ内の数字は度数を示す。

会議中の社会的存在感を測定するためのアンケートの結果を図 5.8 に示す。この図より、各項目において、FrameChange 条件では他の 2 条件よりもスコアが高いことが示唆された。

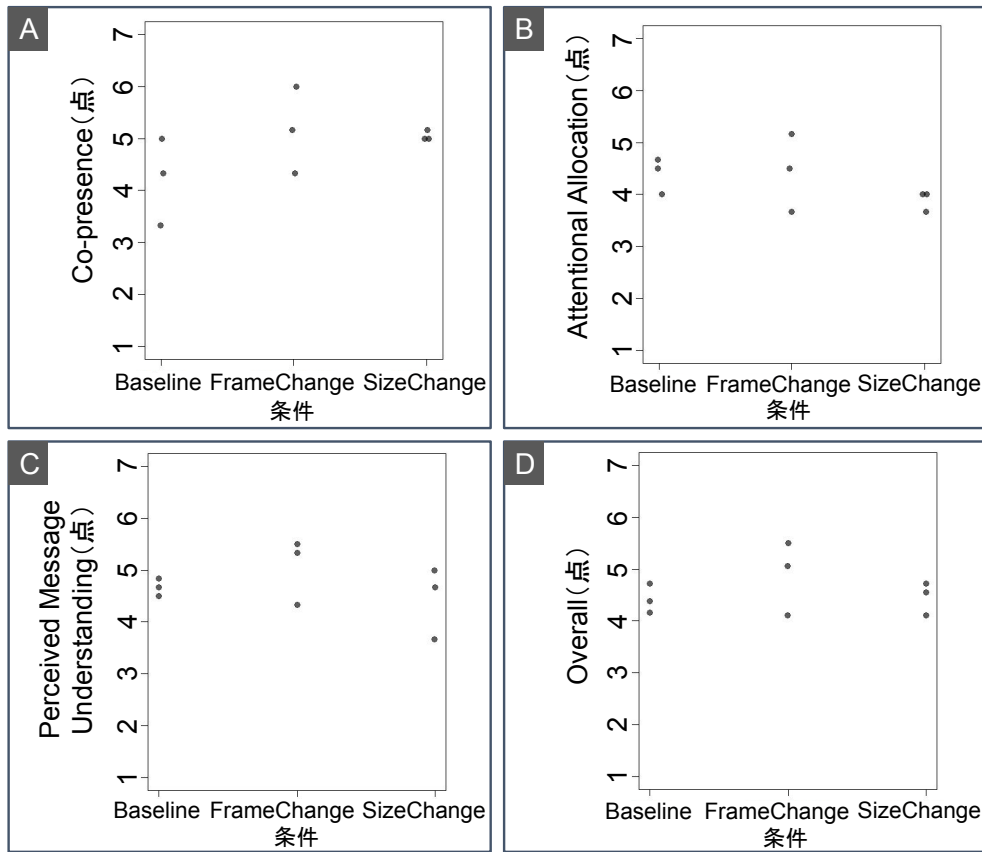


図 5.8: 会議中の社会的存在感を測定するためのアンケートの結果。(A) Co-presence. (B) Attentional Allocation. (C) Perceived Message Understanding. (D) Overall.

会議に対する印象を測定するためのアンケートの結果を図 5.9 に示す。この図より、各項目において、FrameChange 条件および Baseline 条件では SizeChange 条件よりもスコアが高いことが示唆された。

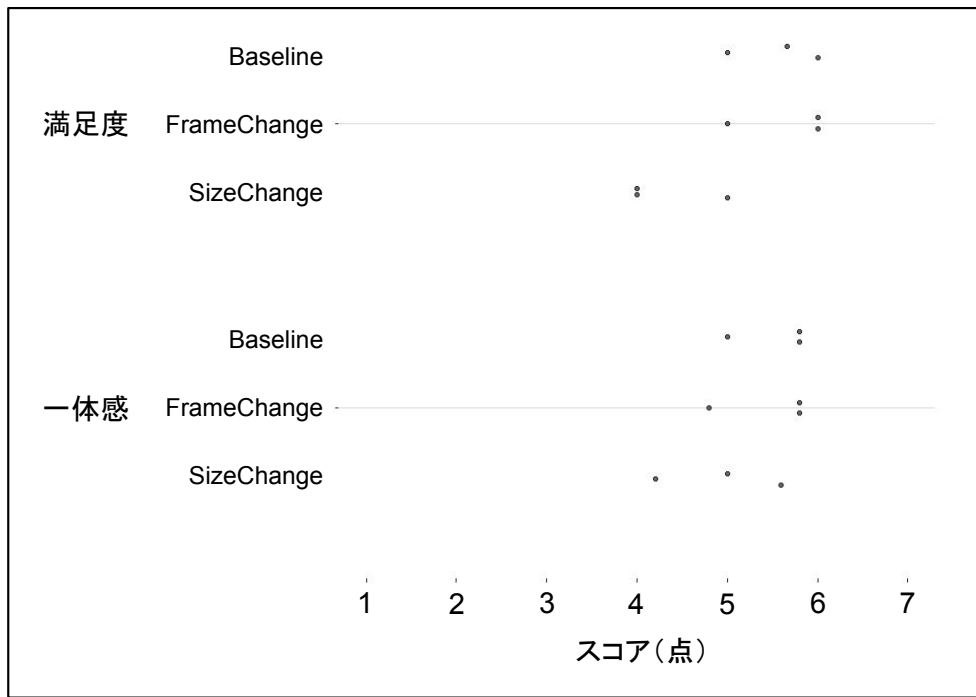


図 5.9: 会議に対する印象を測定するためのアンケートの結果。

各条件の好みの順位を測定するためのアンケートの結果を図 5.10 に示す。この図より、パイロットスタディの参加者 3 人全員が FrameChange 条件を最も好ましい条件と判断したことが示唆された。

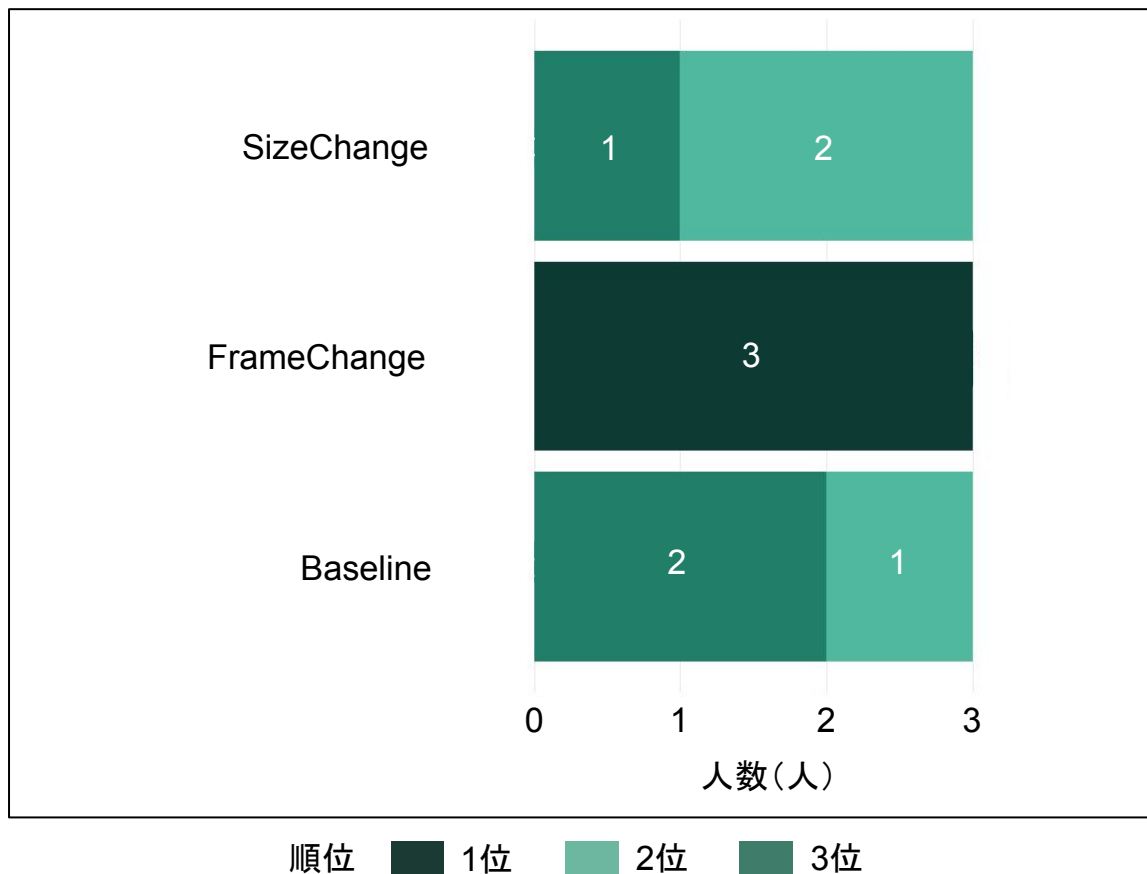


図 5.10: 各条件の好みの順位を測定するためのアンケートの結果。グラフ内の数字は度数を示す。

5.3 考察

本節では、パイロットスタディの結果より、対話相手の視線の変化の気づきやすさ、話者交替の円滑さ、対話相手の社会的存在感、およびビデオ通話の質に関して考察する。

5.3.1 対話相手の視線の変化の気づきやすさに関する考察

会議中に視線をそらした状態から会話相手を直視した状態に切り替えた回数（図 5.2）より、SizeChange 条件において他の 2 条件よりもこの回数が多いことが示唆された。会議中

に相互注視していた時間の割合および会議中に対話相手を直視していた時間の割合の結果（図 5.3, 図 5.4）より、SizeChange 条件において他の 2 条件よりもこれらの割合が高いことが示唆された。会議中における会話相手の視線の変化の気づきやすさを測定するためのアンケートの Q1.「会話相手の見ている方向の変化に気づいた」、Q2.「会話相手が自分の方を見ている時、それが容易に分かった」、および Q3.「会話相手が自分の方を見ている時、目が合っているように感じた」の結果（図 5.6）より、FrameChange 条件および SizeChange 条件において Baseline 条件よりも各スコアが高いことが示唆された。これらに関して、「FrameChange 条件では、完全にこちらを向いているときと向いていないときの違いが分かりやすかった」（P13）および「SizeChange 条件では、相手の目線が変化した瞬間に気づきやすかった」（P13）などの意見が得られた。これらの結果より、SizeChange 条件、FrameChange 条件、Baseline 条件の順に対話相手の視線の変化の気づきやすさに寄与する可能性が示唆された。一方、4 章に示した評価実験では、FrameChange 条件、SizeChange 条件、Baseline 条件の順に対話相手の視線の変化の気づきやすさに寄与することが示された。そのため、提案手法を 3 人 1 組で用いる場合には、2 人 1 組で用いる場合よりも、対話相手の視線の変化への気づきやすさが改善される可能性がある。

5.3.2 話者交替の円滑さに関する考察

会議中の沈黙時間の割合の結果（図??）より、FrameChange 条件において Baseline 条件よりもこの割合が小さいことが示唆された。会議中における話者交替の円滑さを測定するためのアンケートの Q4.「話者が変わる時、話始めが会話相手とぶつかった」、Q5.「話者が変わる時、話始めが会話相手とぶつかったことがストレスに感じた」、Q6.「話者が変わる時、話始めることなく、沈黙が発生した」、および Q7.「話者が変わる時、話始めることなく、沈黙が発生したことがストレスに感じた」の結果（図 5.7）より、FrameChange 条件において他の 2 条件よりも各スコアが低いことが示唆された。これらに関して、「FrameChange 条件では、話者の交替をスムーズにかつストレスなくできた。つねに誰かが話している状態を維持できたと思う」（P15）という意見が得られた。一方、同アンケートの Q4. および Q5. の結果より、SizeChange 条件において FrameChange 条件よりも各スコアが高いことが示唆された。同アンケートの Q8. 「スムーズに議論が進んだ」および Q9. 「議論に集中できた」の結果より、SizeChange 条件において他の 2 条件よりも各スコアが低いことが示唆された。これらに関して、「SizeChange 条件では、大きさが頻繁に変わって集中できなかったため、会話内容を一部聞き逃している気がする」（P14）および「SizeChange 条件では、相手も集中していないように感じて、自分も集中できなかったように感じた」（P15）などの意見が得られた。各条件における会議中の発話数の結果（図 5.5）より、各条件におけるこの数は同程度であることが示唆された。これらの結果より、FrameChange 条件は Baseline 条件よりも話者交替の円滑さに大きく寄与する可能性が示唆された。加えて、SizeChange 条件は他の 2 条件よりもこの項目に寄与できない可能性も示唆された。一方、4 章に示した評価実験では、SizeChange 条件は Baseline 条件よりも話者交替の円滑さに寄与することのみが示された。そのため、提案手法を 3 人 1 組で用いる場合には、2 人 1 組で用いる場合と同様に、話者交替の円滑さが改善される可能性がある。

また、拡張版提案手法の1つである SizeChange 手法を話者交替の円滑さの向上につなげるために、その改善指針として、閾値による離散変化の導入を検討している。

5.3.3 対話相手の社会的存在感に関する考察

会議中の社会的存在感を測定するためのアンケートの CoP の結果（図 5.8 (A)）より、FrameChange 条件および SizeChange 条件において Baseline 条件よりも各スコアが高いことが示唆された。これに関して、「FrameChange 条件では、自分が話している時に相手の枠が薄くなると、ちょっと悲しい気分になった」（P15）および「SizeChange 条件では、相手が片手間に会議に参加している印象を受けた」（P15）などの意見が得られた。一方、同アンケートの各項目の結果より、FrameChange 条件および SizeChange 条件の各スコアは同程度であることが示唆された。これらの結果より、FrameChange 条件および SizeChange 条件は Baseline 条件よりも対話相手の社会的存在感の向上に寄与する可能性が示唆された。加えて、FrameChange 条件および SizeChange 条件における対話相手の社会的存在感の向上への寄与度合いは同程度である可能性も示唆された。一方、4 章に示した評価実験では、対話相手の社会的存在感の向上への寄与度合いにおいて差は示されなかった。そのため、提案手法を 3 人 1 組で用いる場合には、2 人 1 組で用いる場合よりも、対話相手の社会的存在感が改善される可能性がある。

5.3.4 ビデオ通話の質に関する考察

各条件の好みの順位を測定するためのアンケートの結果（図 5.10）より、パイロットスタディの参加者 3 人全員が FrameChange 条件を最も好ましい条件と判断した。一方、会議に対する印象を測定するためのアンケートの各項目の結果（図 5.9）より、FrameChange 条件および Baseline 条件において各スコアが同程度であることならびに SizeChange 条件において FrameChange 条件よりも各スコアが低いことが示唆された。また、会議中に出されたアイデアの数は Baseline 条件、FrameChange 条件、SizeChange 条件の順に多い。これらの結果より、FrameChange 条件および Baseline 条件におけるビデオ通話の質の向上への寄与度合いは同程度である可能性が示唆された。加えて、SizeChange 条件は他の 2 条件よりもこの項目に寄与できない可能性も示唆された。一方、4 章に示した評価実験では、ビデオ通話の質の向上への寄与度合いにおいて差は示されなかった。そのため、提案手法を 3 人 1 組で用いる場合には、2 人 1 組で用いる場合と同じく、ビデオ通話の質が改善される可能性を現時点では期待できない。

5.3.5 考察のまとめ

ここまで示した考察より、拡張版提案手法は、2 人 1 組版の提案手法よりも、対話相手の視線の変化の気づきやすさおよび対話相手の社会的存在感の向上に大きく寄与する可能性が示唆された。また、2 人 1 組版の提案手法と同様に、話者交替の円滑さに寄与する可能性も

示唆された。一方、2人1組版の提案手法と同じく、拡張版提案手法がビデオ通話の質の向上に寄与する可能性は小さいことも示唆された。なお、今回のパイロットスタディの参加者は1組3人と少なかったため、この結果は人数不足であり参考程度の結果である。そのため、より多くの参加者に対する拡張版提案手法の評価実験において上記結果を確認することが今後必要である。

第6章 おわりに

本研究では、ビデオ通話において対話相手の直視および視線回避を強調表示する手法を実装した。提案手法では、対話相手が画面を直視している時には、参加者側のビデオウィンドウの大きさまたは枠の色の不透明度を大きくした。また、対話相手が画面から目をそらしている時には、参加者側のビデオウィンドウの大きさまたは枠の色の不透明度を小さくした。

また、2人1組でのビデオ通話において、対話相手の直視および視線回避の度合いという限定的な情報伝達がビデオ通話に与える影響を明らかにするために、提案手法を含む以下の3つの条件を比較する実験を行った。

- 参加者側のビデオウィンドウの枠の色および大きさを固定する条件
- 参加者側のビデオウィンドウの枠の色が対話相手の頭部方向に合わせて変化する条件
- 参加者側のビデオウィンドウの大きさが対話相手の頭部方向に合わせて変化する条件

実験の結果、参加者の人数および属性には制約があったが、対話相手の直視および視線回避の強調表示が対話相手の視線の変化への気づきやすさおよび話者交替の円滑さの向上に寄与することが示された。

また、3人以上の状況を想定して、3人1組でのビデオ通話用に提案手法を拡張した。この拡張版提案手法のパイロットスタディを行った結果、拡張版提案手法は2人1組版の提案手法よりも、対話相手の視線の変化の気づきやすさおよび対話相手の社会的存在感に大きく寄与する可能性が示唆された。加えて、2人1組版の提案手法と同様に、話者交替の円滑さに寄与する可能性も示唆された。

なお、本実験では、実験設定において制約があったため、実験設定を見直した実験を今後行う必要がある。また、今後の研究では、パイロットスタディにおいて得られた結果を基に、ビデオウィンドウの大きさを変更する提案手法の改善を行う。

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およびご指導をいただきました。心から感謝いたします。特に、指導教員である川口一画先生には、研究の進め方、論文執筆、および発表の方法などの研究に関することのみならず、日常生活における研究の心構えおよび進路などの多岐にわたるご指導をいただきました。多くの成長の機会を与えていただいたことに深く感謝申し上げます。また、研究内容・研究生活・進路などに関して相談したときには、つねに親身になって、些細な疑問点や不安点にも快くご対応いただきました。先生の熱心なご指導により、これまでの研究成果の発表および本論文の執筆を行うことができました。ここに深く感謝の意を示します。

さらに、研究生活では、インタラクティブプログラミング研究室の後輩、同輩、および先輩方にも大変お世話になりました。特に、COMMUNICATION チームの皆様には、チームゼミにおいて、多大なご意見および助言をいただきました。研究室の皆様のおかげで、3年間充実した研究生活を送ることができました。重ねて深く感謝申し上げます。

また、実験実施時には、長時間の実験にもかかわらず、お忙しい中多くの方々に協力していただきました。実験参加者の協力なしでは、本研究を進めることはできませんでした。重ねて深く感謝申し上げます。

最後に、学生生活においてお世話になった皆様および著者の学生生活を金銭的・精神的に支えてくれた家族に心から感謝申し上げます。

参考文献

- [1] 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 情報処理学会論文誌, Vol. 53, No. 7, pp. 1797–1806, 2012.
- [2] 土橋克寿. 会議がいちばん多いのは水曜日 Zoom のレポートから見える「働き方」. <https://news.yahoo.co.jp/expert/articles/82c7ef07a26ed6e300e573689ee5471051f5d54e>. LY Corporation, 最終閲覧日: 2026年2月4日.
- [3] 経済産業省. 通商白書 2021 (PDF 版) 第1部 我が国を巡る経済情勢と今後の通商を巡るトレンド 第1章 コロナショック後の世界経済 第2節 通商を巡る国際潮流. <https://www.meti.go.jp/report/tsuhaku2021/pdf/01-01-02.pdf>. 経済産業省, 最終閲覧日: 2026年2月4日.
- [4] Marjorie Fink Vargas. Louder Than Words: An Introduction to Nonverbal Communication. Iowa State University Press, 1986.
- [5] Albert Mehrabian. Silent Messages. Wadsworth Publishing Company, 1972.
- [6] Nathan John Emery. The eyes have it: The neuroethology, function and evolution of social gaze. Neuroscience & Biobehavioral Reviews, International Behavioral Neuroscience Society, Vol. 24, No. 6, pp. 581–604, 2000.
- [7] Adam Kendon. Some functions of gaze-direction in social interaction. Acta Psychologica, Elsevier B.V., Vol. 26, pp. 22–63, 1967.
- [8] Michael Argyle and Mark Cook. Gaze and Mutual Gaze. Cambridge University Press, 1976.
- [9] Dekel Abeles and Shlomit Yuval-Greenberg. Just look away: Gaze aversions as an overt attentional disengagement mechanism. Cognition, Elsevier B.V., Vol. 168, pp. 99–109, 2017.
- [10] Arthur M. Glenberg, Jennifer L. Schroeder, and David A. Robertson. Averting the gaze disengages the environment and facilitates remembering. Memory & Cognition, The Psychonomic Society, Vol. 26, No. 4, pp. 651–658, 1998.
- [11] Adam Kendon. Functions of gaze in social interaction: Communication and monitoring. Journal of Nonverbal Behavior, Springer Nature, Vol. 10, No. 2, pp. 83–101, 1986.

- [12] Holger Regenbrecht and Tobias Langlotz. Mutual gaze support in videoconferencing reviewed. Communications of the Association for Information Systems, AIS Electronic Library, Vol. 37, No. 1, pp. 965–989, 2015.
- [13] Ellen A. Isaacs and John C. Tang. What video can and cannot do for collaboration: A case study. Multimedia Systems, Springer Nature, Vol. 2, No. 2, pp. 63–73, 1994.
- [14] Roel Vertegaal. The GAZE groupware system: mediating joint attention in multiparty communication and collaboration. In Proceedings of the 1999 Conference on Human Factors in Computing Systems, CHI '99, pp. 294–301. Association for Computing Machinery, 1999.
- [15] 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 2001 Conference on Human Factors in Computing Systems, CHI '01, pp. 301–308. Association for Computing Machinery, 2001.
- [16] Janet Bavelas, Linda Coates, and Trudy Johnson. Listener responses as a collaborative process: The role of gaze. Journal of Communication, Wiley Online Library, Vol. 52, No. 3, pp. 566–580, 2002.
- [17] Catharine Oertel and Giampiero Salvi. A gaze-based method for relating group involvement to individual engagement in multimodal multiparty dialogue. In Proceedings of the 2013 International Conference on Multimodal Interaction, ICMI '13, pp. 99–106. Association for Computing Machinery, 2013.
- [18] Cameron Teoh, Holger Regenbrecht, and David O'Hare. Investigating factors influencing trust in video-mediated communication. In Proceedings of the 2010 Australian Conference on Computer-Human Interaction, OzCHI '10, pp. 312–319. Association for Computing Machinery, 2010.
- [19] Philipp Müller, Michael Xuelin Huang, Xucong Zhang, and Andreas Bulling. Robust eye contact detection in natural multi-person interactions using gaze and speaking behaviour. In Proceedings of the 2018 Symposium on Eye Tracking Research & Applications, ETRA '18, pp. 31:1–31:10. Association for Computing Machinery, 2018.
- [20] Chandan Kumar, Bhupender Kumar Saini, and Steffen Staab. Enhancing online meeting experience through shared gaze-attention. In Proceedings of the 2024 Conference on Human Factors in Computing Systems-Extended Abstracts, CHI EA '24, pp. 128:1–128:6. Association for Computing Machinery, 2024.
- [21] Mose Sakashita, E. Andy Ricci, Jatin Arora, and François Guimbretière. RemoteCoDe: Robotic embodiment for enhancing peripheral awareness in remote collaboration tasks.

- Proceedings of the ACM on Human-Computer Interaction, Association for Computing Machinery, Vol. 6, No. CSCW1, pp. 63:1–63:22, 2022.
- [22] Rikuto Iitsuka, Ikkaku Kawaguchi, Buntarou Shizuki, and Shin Takahashi. Multi-party video conferencing system with gaze cues representation for turn-taking. In Proceedings of the 2021 Conference on Collaboration Technologies and Social Computing, pp. 101–108. Springer-Verlag, 2021.
- [23] 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 2003 Conference on Human Factors in Computing Systems, CHI '03, pp. 521–528. Association for Computing Machinery, 2003.
- [24] Michael Argyle and Janet Dean. Eye-contact, distance and affiliation. Sociometry, American Sociological Association, Sage Publications, Incorporated., Vol. 28, No. 3, pp. 289–304, 1965.
- [25] Sean Andrist, Xiang Zhi Tan, Michael Gleicher, and Bilge Mutlu. Conversational gaze aversion for humanlike robots. In Proceedings of the 2014 Conference on Human-Robot Interaction, HRI '14, pp. 25–32. Association for Computing Machinery, 2014.
- [26] Naoki Mukawa, Tsugumi Oka, Kumiko Arai, and Masahide Yuasa. What is connected by mutual gaze? user's behavior in video-mediated communication. In Proceedings of the 2005 Conference on Human Factors in Computing Systems-Extended Abstracts, CHI EA '05, pp. 1677–1680. Association for Computing Machinery, 2005.
- [27] L.-Q. Xu, A. Loffler, P. J. Sheppard, and D. Machin. True-view videoconferencing system through 3-D impression of telepresence. BT Technology Journal, Kluwer Academic Publishers, Vol. 17, No. 1, pp. 59–68, 1999.
- [28] Yalun Qin, Kuo-Chin Lien, Matthew Turk, and Tobias Höllerer. Eye gaze correction with a single Webcam based on eye-replacement. In Proceedings of the 2015 Conference on International Symposium on Visual Computing, pp. 599–609. Springer Nature, 2015.
- [29] Nathalie Overdeest, Rakesh Patibanda, Aryan Saini, Elise Van Den Hoven, and Florian 'Floyd' Mueller. GazeAway: Designing for gaze aversion experiences. In Proceedings of the 2024 Conference on Human Factors in Computing Systems-Extended Abstracts, CHI EA '24, pp. 177:1–177:6. Association for Computing Machinery, 2024.
- [30] NTT docomo Business. Skyway – NTT ドコモビジネスが提供する WebRTC アプリ開発者向けマルチプラットフォーム SDK&API. <https://skyway.ntt.com/>. NTT docomo Business, 最終閲覧日：2026年2月4日.
- [31] Google. MediaPipe solutions guide | Google AI Edge | Google AI for developer. <https://ai.google.dev/edge/mediapipe/>. Google, 最終閲覧日：2026年2月4日.

- [32] 飯塚陸斗. 多人数ビデオ会議における話者交替のための参与役割提示手法, 修士論文, 筑波大学大学院システム情報工学研究群, 2022.
- [33] Google. Face landmark detection guide | Google AI Edge | Google AI for developer. https://ai.google.dev/edge/mediapipe/solutions/vision/face_landmarker. Google, 最終閲覧日: 2026年2月4日.
- [34] Anna Maria Feit, Shane Williams, Arturo Toledo, Ann Paradiso, Harish Kulkarni, Shaun Kane, and Meredith Ringel Morris. Toward everyday gaze input: Accuracy and precision of eye tracking and implications for design. In Proceedings of the 2017 Conference on Human Factors in Computing Systems, CHI '17, pp. 1118–1130. Association for Computing Machinery, 2017.
- [35] Zoom. Meet face-to-face from any device | Zoom. <https://explore.zoom.us/en/products/meetings/>. Zoom Communications, 最終閲覧日: 2026年2月4日.
- [36] 高橋誠. 会議の進め方. 日本経済新聞出版社, 1987.
- [37] PLANEX COMMUNICATIONS. スマカメ 就活リモート会議カメラ「好感度 WEB カム」. <https://www.planex.co.jp/products/usb-cam02/>. PLANEX COMMUNICATIONS, 最終閲覧日: 2026年2月4日.
- [38] 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 情報処理学会論文誌, Vol. 40, No. 10, pp. 3752–3761, 1999.
- [39] Arnold Meadow and Sidney Jay Parnes. Evaluation of training in creative problem solving. Journal of Applied Psychology, American Psychological Association, Vol. 43, pp. 189–194, 1959.
- [40] 櫻井翔, 中里直人, 吉田成朗, 鳴海拓志, 谷川智洋, 廣瀬通孝. 表情変形フィードバックによる遠隔協調作業における創造力向上支援 (特集 教育・訓練・支援). 特定非営利活動法人日本バーチャルリアリティ学会 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, Vol. 20, No. 4, pp. 323–332, 2015.
- [41] Naoto Nakazato, Shigeo Yoshida, Sho Sakurai, Takuji Narumi, Tomohiro Tanikawa, and Michitaka Hirose. Smart Face: Enhancing creativity during video conferences using real-time facial deformation. In Proceedings of the 2014 Conference on Computer-Supported Cooperative Work & Social Computing, CSCW '14, pp. 75–83. Association for Computing Machinery, 2014.
- [42] Creative Huddle Limited. The Alternative Uses Test. <https://www.creativehuddle.co.uk/post/the-alternative-uses-test>. Creative Huddle Limited., 最終閲覧日: 2026年2月4日.

- [43] 山岡明奈, 湯川進太郎. マインドワンダリングおよびアウェアネスと創造性の関連. 日本社会心理学会 社会心理学研究, Vol. 32, No. 3, pp. 151–162, 2017.
- [44] 中原和洋. 視線情報を用いた拡散的思考タスクにおけるパフォーマンス推定に関する研究. 一般社団法人 人工知能学会 人工知能学会全国大会論文集, Vol. JSAI2019, pp. 4Rin1–4Rin15, 2019.
- [45] 川口一画, 森田智紀, 葛岡英明, 鈴木雄介. ヒューマノイド型頭部を付与したテレプレゼンスロボットの注視提示が遠隔コミュニケーションに与える効果. ヒューマンインタフェース学会 ヒューマンインタフェース学会論文誌, Vol. 20, No. 4, pp. 457–468, 2018.
- [46] 飯塚陸斗, 川口一画. 多人数ビデオ会議における話者交替のための参与役割の提示手法. 情報処理学会 研究報告ヒューマンコンピュータインタラクション, Vol. 2022–HCI–199, No. 31, pp. 1–8, 2022.
- [47] Chad Harms and Frank Biocca. Internal consistency and reliability of the networked minds measure of social presence. In Proceedings of the 2004 International Conference on Presence. Valencia: Universidad Politecnica de Valencia, 2004.
- [48] Wilfried M. Post, Mirjam A. A. Huis in't Veld, and Sylvia A. A. van den Boogaard. Evaluating meeting support tools. Personal and Ubiquitous Computing, Springer Nature, Vol. 12, No. 3, pp. 223–235, 2008.
- [49] Jacob O. Wobbrock, Leah Findlater, Darren Gergle, and James J. Higgins. The aligned rank transform for nonparametric factorial analyses using only ANOVA procedures. In Proceedings of the 2011 Conference on Human Factors in Computing Systems, CHI '11, pp. 143–146. Association for Computing Machinery, 2011.
- [50] Lisa A. Elkin, Matthew Kay, James J. Higgins, and Jacob O. Wobbrock. An aligned rank transform procedure for multifactor contrast tests. In Proceedings of the 2021 Symposium on User Interface Software and Technology, UIST '21, pp. 754–768. Association for Computing Machinery, 2021.
- [51] R Core Team. R: A Language and Environment for Statistical Computing. <https://www.r-project.org/>. R Foundation for Statistical Computing, 最終閲覧日：2026年2月4日.
- [52] Microsoft. Video conferencing, meetings, calling | Microsoft Teams. <https://www.microsoft.com/en-us/microsoft-teams/group-chat-software>. Microsoft, 最終閲覧日：2026年2月4日.
- [53] 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. 日本認知科学会 認知科学, Vol. 11, No. 3, pp. 214–227, 2004.

業績リスト

本論文に関する論文および発表

- 論文誌原著論文
 1. 芦沢優介, 川口一画. オンライン会議における会話相手が自分自身を直視しているか否かのための伝達が参加者に与える影響の調査. 情報処理学会論文誌, 情報処理学会, 2026年1月, 67巻, 1号, 14 pages. (公表予定)
- 査読なし国内会議論文
 1. 芦沢優介, 市川あゆみ, 佐方葵, 川口一画. オンライン会議におけるビデオウィンドウの大きさの変更による直視および視線回避の強調表示手法の実装. 情報処理学会 コラボレーションとネットワークサービスワークショップ 2024 (CN Workshop 2024) 論文集, 情報処理学会, 2024年11月, Vol. 2024, pp. 27-33.

その他論文

- 査読あり国際会議論文
 1. Ikkaku Kawaguchi, Keiichi Ihara, Ayumi Ichikawa, Aoi Sakata, Yusuke Ashizawa, Shintaro Mori, Miki Hasegawa, Kosuke Fujikawa. Hybrid Robot Integrating Physical and Virtual Body Parts: Effects of Head and Arm Modalities on Social Presence. The 13th International Conference on Human-Agent Interaction (HAI 2025), Association for Computing Machinery, November 2025.
 2. Atsushi Orii, Yusuke Ashizawa, Myunguen Choi, Buntarou Shizuki. FlashCue: Momentary Displayed Visual Notifications in Extended Reality. The 37th Australian Conference on Human-Computer Interaction (HCI) (OzCHI '25), 29 November to 3 December 2025, pp. 591-599.
- 査読なし国内会議論文
 1. 芦沢優介*, 守新太郎*, 長谷川実紀, 藤川興昌, 市川あゆみ, 佐方葵, 井原圭一, 川口一画 (*: Authors contributed equally.). 物理的提示とAR提示を併用するハイブリッド型ロボットにおける拡張非言語表現の提案. INTERACTION 2025

- 第 29 回 一般社団法人 情報処理学会シンポジウム, 情報処理学会, 2025 年 3 月, pp. 790–794.
2. 折居 篤, 芦沢 優介, 崔 明根, 志築 文太郎. xR 環境に短時間のみ表示される視覚的な通知の提案. 情報処理学会 研究報告ヒューマンコンピュータインタラクション (HCI), 情報処理学会, 2025 年 6 月, 2025-HCI-213 巻, 15 号, pp. 1–8.

付録A 2人1組でのビデオ通話における評価実験において用いた各種書類

本章では、2人1組でのビデオ通話における評価実験において用いた説明書、実験タスクを行う時の注意事項が書かれた紙、会議の題材が書かれた紙、実験前アンケート、タスク実施後アンケート、および実験後アンケートを示す。

A.1 説明書

事前説明

実験にご参加いただきありがとうございます。
私は、現在、「オンライン会議におけるビデオウィンドウの位置および大きさの変更による非言語情報の理解促進手法」の研究をしています。
今回の実験では、2人1組で、音声通話しながら、創造会議を実施していただきます。具体的には、実験実施者から伝えられた「お題」の新しい用途を7分以内に考えていただきます。

実験条件は以下の3条件です。

- ビデオウィンドウの枠の色および大きさを固定する条件 (**Baseline**条件)
- ビデオウィンドウの枠の色が研究対象者の頭部方向に合わせて変化する条件 (**FrameChange**条件)
- ビデオウィンドウの大きさが研究対象者の頭部方向に合わせて変化する条件 (**SizeChange**条件)

参加・不参加は研究対象者(実験参加者、皆さん)の自由意思で決めることができます。研究の途中でいつでも自由に参加をやめることができます。同意撤回書を記入・提出することにより、同意後も研究対象者自身の自由意思により不利益を受けず、いつでも撤回できます。研究に参加しないことで不利益を受けることはありません。また、分析用データ取得・論文に掲載する用の画像取得のために、タスク中の様子を撮影・録画させていただきます。撮影・録画されたくない場合には、あらかじめ申し出てください。

実験手順は以下の通りです。

1. 事前説明
2. 同意書・承諾書・ビデオ承諾書の記入
3. 実験前アンケートへの回答
4. タスク実施方法の説明・FrameChange条件とSizeChange条件の説明
5. 実験の実施
 - a. 実施する条件の説明
 - b. タスクの実施(7分間)
 - c. タスク実施後アンケートへの回答
 - d. 休憩(約5分間)
6. 実験後アンケートへの回答
7. 半構造化インタビューの実施

ここまでで何か質問があれば、教えてください。

質問が特になければ、次に同意書・承諾書・ビデオ承諾書に記入をお願いします。

その後、実験前アンケートに回答してください。

注意点

各アンケートにおいて、すべての項目が任意回答式になっているため、回答忘れがないようお願いします。

[実験前アンケート](#)

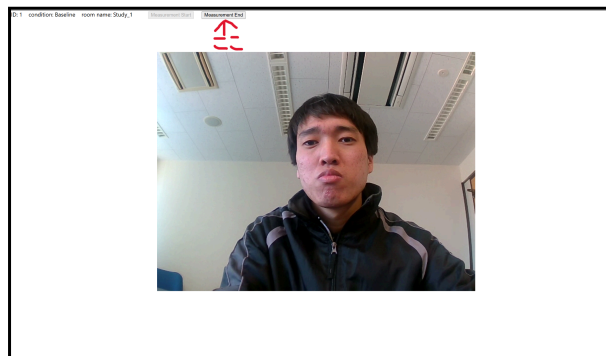
次に、タスク実施方法の説明をします。

タスク実施方法

1. 部屋の入室を実験実施者（私、芦沢）が行うので、待機してください。
2. 実験実施者から渡されたタイマーが残り7分になったら、画面上部の「**Measurement Start**」ボタンを押した上で、タスクを開始してください。



3. タスク（2人1組での創造会議）を7分間行ってください。この時、経過時間が気になった場合には、手元にあるタイマーを適宜見てください。
4. 「タスクを終了してください」と実験実施者から指示されたら、画面上部の「**Measurement End**」ボタンを押した上で、タスクを終了してください。



5. 4. が完了したら、タスク実施後アンケートに回答してください

アンケート回答時の注意点

各アンケートにおいて、すべての項目が任意回答になっているため、回答忘れがないようにお願いします。

タスク実施後アンケート

6. 5. が完了したら、約5分間の休憩です

注意事項

- タスク開始時に、「Measurement Start」ボタンの押し忘れがないようにお願いします（分析に必要なデータを取得できなくなってしまうため）
- タイマーが7分経過したとしても、指示があるまで、「Measurement End」ボタンを押ししないでください（分析に必要なデータを取得できなくなってしまう可能性があるため）
- タスク中には、マスクを外してください（頭部方向の推定精度が低下してしまうため）
- タスク中には、頭部を極端に傾けないでください（頭部方向を正しく推定できないため）
- 実験タスク開始後に実験実施者がドアを開めるのですが、気にせずにタスクを進めてください

- 机の上に置いてあるお題が書かれている紙、タスク実施方法が書かれている紙、タイマーをできる限り動かさないでください。また、PC付近にこれら以外のもの(例:自分自身のスマホ、PCなど)を置かないでください
- 本システムの提示する情報を参考に創造会議を進めるようにしてください
- 司会を決めることなく創造会議を行うようにしてください
- 部屋名には特に意味がないので、気にしないでください
- PCの画面上にポップアップ(例:更新プログラムのインストールのための再起動の案内)が出るかもしれませんが、気にしないでください
- 部屋の中が寒いまたは暑いと感じたら、あらかじめ教えてください

実験において用いる条件の説明

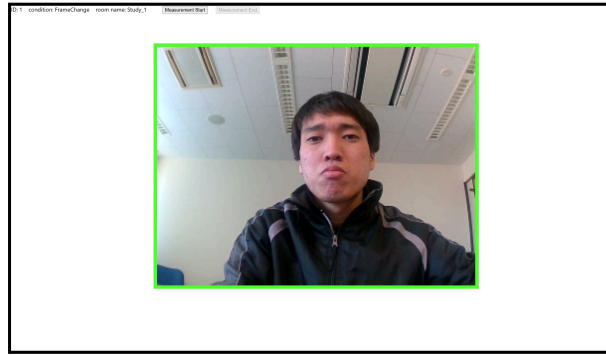
Baseline条件

- ビデオウィンドウの位置:スクリーンの中央に固定
- ビデオウィンドウの枠の色:透明
- ビデオウィンドウの大きさ:固定



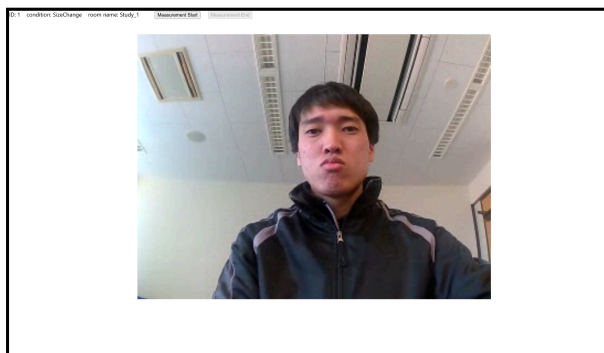
FrameChange条件

- ビデオウィンドウの位置:スクリーンの中央に固定(Baseline条件時の位置と同じ)
- ビデオウィンドウの枠の色:会話相手の頭部方向に合わせて変更
 - 会話相手がカメラを注視している時には、緑色が濃くなる
 - 会話相手がカメラから視線をそらしている時には、緑色が薄くなる
- ビデオウィンドウの大きさ:固定(Baseline条件時の大きさと同じ)



SizeChange条件

- ビデオウィンドウの位置: スクリーンの中央に固定 (Baseline条件時の位置と同じ)
- ビデオウィンドウの枠の色: 透明 (Baseline条件時の枠の色と同じ)
- ビデオウィンドウの大きさ: 会話相手の頭部方向に合わせて変更
 - 会話」相手がカメラを注視している時には、大きくなる
 - 会話相手がカメラから視線をそらしている時には、小さくなる



タスクの実施ありがとうございました。最後に、実験後アンケートと半構造化インタビューへの回答をお願いします。

実験後アンケート

注意点

各アンケートにおいて、すべての項目が任意回答になっているため、回答忘れがないようにお願いします。

半構造化インタビューでは、主に、以下のことに回答していただきます。

半構造化インタビューにおける質問項目

- 好きな条件
 - 1番目に好きな条件は？その理由は？
 - 2番目に好きな条件は？その理由は？
 - 3番目に好きな条件は？その理由は？
- 視線の変化に気づいたか？
 - 各条件において、会話相手の視線の変化に気づきやすかったか？その理由は？
 - Baseline条件
 - FrameChange条件
 - SizeChange条件
- 話者交替が円滑になったか？
 - 各条件において、自分の話すべきタイミングが分かりやすくなったか？その理由は？
 - Baseline条件
 - FrameChange条件
 - SizeChange条件
- 会話相手の存在を感じたか？
 - 各条件において、会話相手の存在を感じやすかったか？その理由は？
 - Baseline条件
 - FrameChange条件
 - SizeChange条件
- その他
 - ビデオウィンドウの枠の色が変化していたことは気になった？その理由は？
 - ビデオウィンドウの大きさが変化していたことは気になった？その理由は？
 - その他に各条件において気になったこと
 - 実験全体を通して感じたこと・気になったこと

A.2 実験タスクを行う時の注意事項が書かれた紙

タスク実施方法

1. 部屋の入室を実験実施者（私、声沢）が行うので、待機しててください。
2. 実験実施者から渡されたタイマーが残り7分になったら、画面上部の「**Measurement Start**」ボタンを押した上で、タスクを開始してください。
3. タスク（2人1組での創造会議）を7分間行ってください。この時、経過時間が気になった場合には、手元にあるタイマーを適宜見てください。
4. 「タスクを終了してください」と実験実施者から指示されたら、画面上部の「**Measurement End**」ボタンを押した上で、タスクを終了してください。

タスク実施時の注意事項

- タスク開始時に、「**Measurement Start**」ボタンの押し忘れがないようにお願いします（分析に必要なデータを取得できなくなってしまうため）
- タイマーが7分経過したとしても、指示があるまで、「**Measurement End**」ボタンを押さないでください（分析に必要なデータを取得できなくなってしまう可能性があるため）
- タスク中には、マスクを外してください（頭部方向の推定精度が低下してしまうため）
- タスク中には、頭部を極端に傾けないでください（頭部方向を正しく推定できないため）
- 実験タスク開始後に実験実施者がドアを開めるのですが、気にせずにタスクを進めてください
- 机の上に置いてあるお題が書かれている紙、タスク実施方法が書かれている紙、タイマーをできる限り動かさないでください。また、PC付近にこれら以外のもの（例：自分自身のスマホ、PCなど）を置かないでください
- 本システムの提示する情報を参考に創造会議を進めるようにしてください
- 司会を決めることなく創造会議を行うようにしてください
- 部屋名には特に意味がないので、気にしないでください
- PCの画面上にポップアップ（例：更新プログラムのインストールのための再起動の案内）が出るかもしれませんが、気にしないでください
- 部屋の中が寒いまたは暑いと感じたら、あらかじめ教えてください

A.3 会議の題材が書かれた紙



靴下



箒 (ほうき)



鍋

A.4 実験前アンケート

実験前アンケート

以下の各項目に回答してください

ashizawa@iplab.cs.tsukuba.ac.jp [アカウントを切り替える](#) 

 共有なし

実験者番号

回答を入力

年齢

回答を入力

性別

男性

女性

どちらでもない

回答しない

オンライン会議の経験

- 毎日行っている
- 週1回程度行っている
- 月1回程度行っている
- 年1回程度行っている
- あまり行わない/行ったことがない

送信

フォームをクリア

Google フォームでパスワードを送信しないでください。

このフォームは 筑波大学システム情報工学研究科コンピュータサイエンス専攻インタラクティブプログラミング
研究室 内部で作成されました。 [フォームのオーナーに問い合わせる](#)

[このフォームが不審だと思われる場合 報告](#)

Google フォーム

A.5 タスク実施後アンケート

タスク実施後アンケート

ashizawa@iplab.cs.tsukuba.ac.jp [アカウントを切り替える](#) 

 共有なし

タスク実施後アンケート

以下の各項目にどの程度当てはまるかを7段階のいずれかで回答してください

会話相手の見ている方向の変化に気付いた

1 2 3 4 5 6 7

全く当てはまらない 非常によく当てはまる

会話相手が自分の方を見ている時、それが容易に分かった

1 2 3 4 5 6 7

全く当てはまらない 非常によく当てはまる

会話相手が自分の方を見ている時、目があっているように感じた

1 2 3 4 5 6 7

全く当てはまらない 非常によく当てはまる

話者が変わる時、話し始めが会話相手とぶつかった

1 2 3 4 5 6 7

全く当てはまらない 非常によく当てはまる

話者が変わる時、話し始めが会話相手とぶつかったことがストレスに感じた

1 2 3 4 5 6 7

全く当てはまらない 非常によく当てはまる

話者が変わる時、誰も話始めることなく、沈黙が発生した

1 2 3 4 5 6 7

全く当てはまらない 非常によく当てはまる

話者が変わる時、誰も話始めることなく、沈黙が発生したことがストレスに感じた

1 2 3 4 5 6 7

全く当てはまらない 非常によく当てはまる

スムーズに議論が進んだ

1 2 3 4 5 6 7

全く当てはまらない 非常によく当てはまる

議論に集中できた

1 2 3 4 5 6 7

全く当てはまらない 非常によく当てはまる

[戻る](#) [次へ](#) [フォームをクリア](#)

Google フォームでパスワードを記憶しないでください。

このフォームは 筑波大学システム情報工学研究科コンピュータサイエンス専攻インタラクティブプログラミング研究室 内部で作成されました。・[フォームのオーナー](#)にお問い合わせる

このフォームが不審だと思われる場合 [報告](#)

Google フォーム

タスク実施後アンケート

ashizawa@iplab.cs.tsukuba.ac.jp [アカウントを切り替える](#)



共有なし

タスク実施後アンケート

以下の各項目にどの程度当てはまるかを7段階のいずれかで回答してください

会議に満足した

1 2 3 4 5 6 7

全く当てはまらない 非常によく当てはまる

会話相手を協力的に感じた

1 2 3 4 5 6 7

全く当てはまらない 非常によく当てはまる

全体を通して満足した

1 2 3 4 5 6 7

全く当てはまらない 非常によく当てはまる

会話相手を信頼できると感じた

1 2 3 4 5 6 7

全く当てはまらない 非常によく当てはまる

会議におけるアイデア出しの進捗に満足している

1 2 3 4 5 6 7

全く当てはまらない 非常によく当てはまる

会話相手と一緒にいると楽しい

1 2 3 4 5 6 7

全く当てはまらない 非常によく当てはまる

会話相手にイラつきを覚えた

1 2 3 4 5 6 7

全く当てはまらない 非常によく当てはまる

会話相手に優しさを感じた

1 2 3 4 5 6 7

全く当てはまらない 非常によく当てはまる

[戻る](#) [次へ](#) [フォームをクリア](#)

Google フォームでパスワードを送信しないでください。

このフォームは筑波大学システム情報工学研究科コンピュータサイエンス専攻インタラクティブプログラミング研究室 内部で作成されました。 - [フォームのオーナーに問い合わせる](#)

[このフォームが不審だと思われる場合 報告](#)

Google フォーム

タスク実施後アンケート

ashizawa@iplab.cs.tsukuba.ac.jp [アカウントを切り替える](#)



共有なし

タスク実施後アンケート

以下の各項目にどの程度当てはまるかを7段階のいずれかで回答してください

私は会話相手に気づいた

1 2 3 4 5 6 7

全く当てはまらない 非常によく当てはまる

会話相手は私に気づいた

1 2 3 4 5 6 7

全く当てはまらない 非常によく当てはまる

会話相手の存在は私にとって明らかだった

1 2 3 4 5 6 7

全く当てはまらない 非常によく当てはまる

私の存在は会話相手にとって明らかだった

1 2 3 4 5 6 7

全く当てはまらない 非常によく当てはまる

会話相手は私の注意を引いた

1 2 3 4 5 6 7

全く当てはまらない 非常によく当てはまる

私は会話相手の注意を引いた

1 2 3 4 5 6 7

全く当てはまらない 非常によく当てはまる

他のことが起きている時に、私は会話相手に容易に注意を逸らされた

1 2 3 4 5 6 7

全く当てはまらない 非常によく当てはまる

他のことが起きている時に、会話相手は私に容易に注意を逸らされた

1 2 3 4 5 6 7

全く当てはまらない 非常によく当てはまる

私は、会議の間、会話相手に集中し続けた

1 2 3 4 5 6 7

全く当てはまらない 非常によく当てはまる

会話相手は、会議の間、私に集中し続けた

1 2 3 4 5 6 7

全く当てはまらない 非常によく当てはまる

会話相手は私の注意を十分に受けなかった

1 2 3 4 5 6 7

全く当てはまらない 非常によく当てはまる

私は会話相手の注意を十分に受けなかった

1 2 3 4 5 6 7

全く当てはまらない 非常によく当てはまる

会話相手は私のことを理解することが難しかった

1 2 3 4 5 6 7

全く当てはまらない 非常によく当てはまる

私の考えは、会話相手に対して、明確であった

1 2 3 4 5 6 7

全く当てはまらない 非常によく当てはまる

会話相手の考えは、私に対して、明確であった

1 2 3 4 5 6 7

全く当てはまらない 非常によく当てはまる

私は会話相手のことを理解しやすかった

1 2 3 4 5 6 7

全く当てはまらない 非常によく当てはまる

会話相手は私をのことを理解しやすかった

1 2 3 4 5 6 7

全く当てはまらない 非常によく当てはまる

私は会話相手のことを理解することが難しかった

1 2 3 4 5 6 7

全く当てはまらない 非常によく当てはまる

[戻る](#) [次へ](#) [フォームをクリア](#)

Google フォームでパスワードを送信しないでください。

このフォームは 筑波大学システム情報工学研究科コンピュータサイエンス専攻インタラクティブプログラミング研究室 内部で作成されました。 - [フォームのオーナーに問い合わせる](#)

[このフォームが不審だと思われる場合 報告](#)

Google フォーム

タスク実施後アンケート

ashizawa@iplab.cs.tsukuba.ac.jp [アカウントを切り替える](#) 

 共有なし

タスク実施後アンケート

以下の各項目に回答してください

今回の条件の良かった点・不満点・改善点

回答を入力

その他に感じたこと・気になったこと

回答を入力

[戻る](#) [送信](#) [フォームをクリア](#)

Google フォームでパスワードを送信しないでください。

このフォームは筑波大学システム情報工学研究科コンピュータサイエンス専攻インタラクティブプログラミング研究室 内部で作成されました。・[フォームのオーナーに問い合わせる](#)

[このフォームが不審だと思われる場合 報告](#)

Google フォーム

A.6 実験後アンケート

実験後アンケート

以下の各項目に回答してください

ashizawa@iplab.cs.tsukuba.ac.jp [アカウントを切り替える](#) 

 共有なし

実験者番号

回答を入力

本実験で用いた3つの条件のうち、一番好きな条件はどれでしたか？

- Baseline条件（ビデオウィンドウの位置および大きさを固定する条件）
- FrameChange条件（ビデオウィンドウの枠の色が頭部方向に合わせて変化する条件）
- SizeChange条件（ビデオウィンドウの大きさが頭部方向に合わせて変化する条件）

その理由

回答を入力

本実験で用いた3つの条件のうち、2番目に好きな条件はどれでしたか？

Baseline条件（ビデオウィンドウの位置および大きさを固定する条件）
 FrameChange条件（ビデオウィンドウの枠の色が頭部方向に合わせて変化する条件）
 SizeChange条件（ビデオウィンドウの大きさが頭部方向に合わせて変化する条件）

その理由

回答を入力

本実験で用いた3つの条件のうち、3番目に好きな条件はどれでしたか？

Baseline条件（ビデオウィンドウの位置および大きさを固定する条件）
 FrameChange条件（ビデオウィンドウの枠の色が頭部方向に合わせて変化する条件）
 SizeChange条件（ビデオウィンドウの大きさが頭部方向に合わせて変化する条件）

その理由

回答を入力

実験全体を通して感じたこと

回答を入力

実験全体を通して気になったこと

回答を入力

送信 フォームをクリア

Google フォームでパスワードを送信しないでください。

このフォームは 筑波大学システム情報工学研究科コンピュータサイエンス専攻インタラクティブプログラミング研究室 内部で作成されました。・フォームのオーナーに問い合わせる

このフォームが不審だと思われる場合 [報告](#)

Google フォーム