

# 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みでの伝達が参加者に与える影響の調査

芦沢 優介<sup>1,a)</sup> 川口 一画<sup>1</sup>

受付日 2016年3月4日, 採録日 2016年8月1日

**概要:** 複数人で会話を行う時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, オンライン会議において, 会話相手の映る参加者側のビデオウィンドウのみから, 会話相手の自分自身に対する直視および会話相手の視線回避, すなわち会話相手が自分自身を直視しているか否かを理解することは難しい. そのため, 我々はオンライン会議において会話相手が自分自身を直視しているか否かのみを伝達する手法を実装した. 本手法では, オンライン会議での会話相手が画面を直視している時に, 参加者側の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, 会話相手が「どこを見ているか」ではなく, 会話相手が「自分自身を直視しているか否かのみ」の限定的な情報伝達がオンライン会議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, 会話相手が自分自身を直視しているか否かのみでの伝達が会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を向上させる傾向が確認された.

**キーワード:** オンライン会議, 相互注視, 視線回避

## Investigation of the Effects of Communicating only Whether or not the Interlocutor Gazes at Oneself on Participants in Online Conferences

YUSUKE ASHIZAWA<sup>1,a)</sup> IKKAKU KAWAGUCHI<sup>1</sup>

Received: March 4, 2016, Accepted: August 1, 2016

**Abstract:** Mutual gaze and gaze aversion are nonverbal information obtained from gaze that play an important role in multi-person conversations. However, in online conferences, it is difficult to understand whether the interlocutor is gazing directly at oneself and whether he/her is averting his/her gaze, i.e., whether or not the he/she is gazing directly at oneself, only from the video window on the participant's side. Therefore, we implemented methods for conveying only whether or not the interlocutor is gazing directly at oneself in online conferences. In our method, the size of the video window or the opacity of the color of its frame on the participant's side increases when the interlocutor is gazing directly at the screen. In this study, we conducted an experiment to clarify the effects of our method on online conferences by limiting the communication to "whether or not the interlocutor is gazing directly at oneself" rather than "where the he/she is looking". Although the number of participants and their attributes were limited, the experimental results showed that conveying only whether or not the interlocutor is gazing directly at oneself tended to improve the ease of noticing changes in his/her gaze and the smoothness of turn-taking.

**Keywords:** online conference, mutual gaze, gaze aversion

### 1. はじめに

複数人で会話を行う時に重要な役割を果たす非言語情報として, 視線が挙げられる [1]. この視線から得られる

<sup>1</sup> 筑波大学  
University of Tsukuba, Tsukuba, Ibaraki 305-8573, Japan  
<sup>a)</sup> ashizawa@iplab.cs.tsukuba.ac.jp

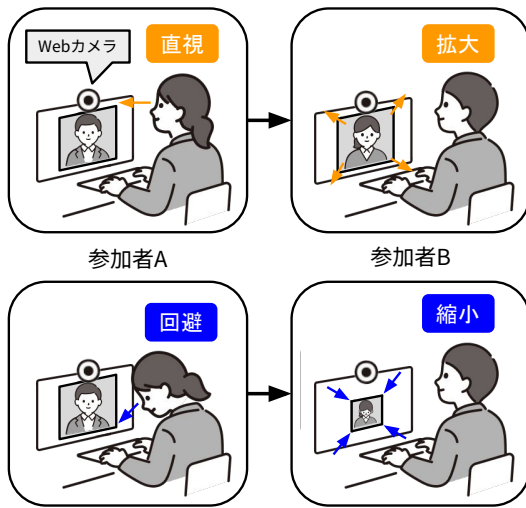


図 1 ビデオウィンドウの大きさを変更する場合の提案手法の概要. 参加者 A が画面を直視している時には, 参加者 B 側のビデオウィンドウが大きく表示される. 参加者 A が画面から目をそらしている時には, 参加者 B 側のビデオウィンドウが小さく表示される.

Fig. 1 Overview of this Method when changing the size of the video window. When the participant A is gazing directly at the screen, the video window on the participant B's side is displayed in a large size. When the participant A is averting his/her gaze from the screen, the video window on the participant B's side is displayed in a small size.

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) および視線を会話相手からそらすことである視線回避 (gaze aversion) がある. 相互注視は自分自身の発言の終了を会話相手に伝達するために行われる [2]. また, 視線回避は発言内容を考えるため [2], [3], [4], [5], 会話全体の親密さを調整するため [2], [6], および会話の場を保持するため [2] に行われる.

しかし, オンライン会議において, 会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, 会話相手が自分自身を直視しているか否かを理解することは難しい. 対面形式の会話では, 各参加者は会話相手が自分自身を直視しているか否かを理解しやすく, かつそのことが相互注視の成立につながる [7], [8]. 相互注視は会話中の話者の決定 [8], [9], [10], [11], 各参加者の会話に対する興味度および関心度の理解 [12], ならびに参加者間の社会的な繋がり の構築 [13], [14] に寄与することが示されている. そのため, 会話を行う上で, 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, 会話相手が自分自身を直視しているか否かの理解が重要であると考えられる. 一方, オンライン会議では, 会話相手が自分自身を直視しているか否かを理解することは難しい. そのため, オンライン会議では, 話者

交替の円滑さ, 会話相手の社会的存在感, および会議の満足度が低下する [7], [8].

この課題を解決するために, 我々はオンライン会議において会話相手が自分自身を直視しているか否かのみを伝達する手法 (以降, 提案手法) を実装した. 提案手法では, 会話相手が自分自身を直視しているか否か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. 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 に示す. SizeChange 手法は, 2 人 1 組のオンライン会議において, 会話相手が画面を直視している時に, 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 手法での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, オンライン会議の参加者は会話相手が自分自身を直視しているか否か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, 会話相手が自分自身を直視しているか否かのみを伝達するという新規性を持つ手法として, これら 2 つの手法を提案手法とする.

なお, 本研究に類似する研究として, オンライン会議の参加者の視線方向を伝達するための研究 [15], [16], [17], [18] がある. これらの研究では, 会話相手が「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, 会話相手が「自分自身を直視しているか否か」のみを伝達するため, この検出および伝達は容易である. 会話中の視線の役割 [3] を考慮すると, 会話相手が自分自身を直視しているか否かのみを伝達は話者交替の円滑さ, 会話相手の社会的存在感, および会議の満足度の向上につながると思われる. そのため, 本研究では, 会話相手が自分自身を直視しているか否かのみを伝達するオンライン会議に与える影響を明らかにすることを目的とする. なお, 提案手法は会話相手が自分自身を直視しているか否かのみ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, 会話相手が自分自身を直視しているか否か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, 会話相手の社会的存在感, および会議の満足度の向上につながると思った.

## 2. 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会話相手が自分自身を見ているか否か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, オンライン会議の参加者の視線方向を伝達する研究な

らびに会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会話相手の視線回避の伝達に特化した研究を示す。これにより、本研究および関連研究の差分を示す。

## 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、会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、会話相手との距離感に影響を与える [19]。また、話者は、自分自身の発言を終了する時に、相互注視を会話相手と行う [2]。より良い相互注視を可能にすることにより、オンライン会議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 [7]。一方、視線回避とは、会話において、視線を会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 [20]。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 [2], [3], [4], [5]。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 [2], [6]。また、会話が一時停止している時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 [2]。

本研究では、オンライン会議において、会話相手が自分自身を直視しているか否かのみ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、オンライン会議における理解が困難である、会話相手が自分自身を直視しているか否かを伝達する。

## 2.2 オンライン会議の参加者の視線方向の伝達

オンライン会議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 [15] 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、各参加者の会議への関心度が高くなることが示された。Sakashita ら [16] は、会話相手の顔映像表示用のディスプレイおよび会話相手の頭の動きの連動により、会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、各参加者が会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 [17] 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。Verteggal ら [18] 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会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言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、会話相手が「どこを見ているか」の伝達ではなく、会話相手が「自分自身を直視しているか否か」のみの伝達を行う。また、その限定的な情報伝達がオンライン会議に与える影響を明らかにすることを目的とする。

## 2.3 会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会話相手の視線回避の伝達に特化した研究

会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 [21] 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会話相手の視線方向を一致させることにより、オンライン会議の参加者間の相互注視を支援する手法を示した。Xu ら [22] 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、オンライン会議の参加者間の相互注視を支援する手法を示した。Qin ら [23] は、会話相手側のWebカメラから取得した顔映像に映る会話相手の目を自分自身を直視している時の目に置換することにより、オンライン会議の参加者間の相互注視を支援する手法を示した。

また、会話相手の視線回避の伝達に特化した研究も複数ある。Overdeest ら [24] は、会話相手の装着している視線計測装置から取得した会話相手の視線回避の方向に会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、対面している会話相手の視線回避を伝達する手法を示した。Andrist ら [20] は対面している会話相手と相互注視を行うための顔追跡動作およびその会話相手との会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。

本研究では、会話相手が自分自身を直視しているか否かのみを伝達することにより、これらの手法と同じく、会話相手の自分自身に対する直視および会話相手の視線回避を伝達する。

## 3. 実装

本研究では、オンライン会議におけるビデオウィンドウの枠の色またはビデオウィンドウの大きさの変更により、会話相手が自分自身を直視しているか否かを伝達する手法を実装した。本章では、提案手法を導入したオンライン会議システムの構成（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参加者側のビデオウィン

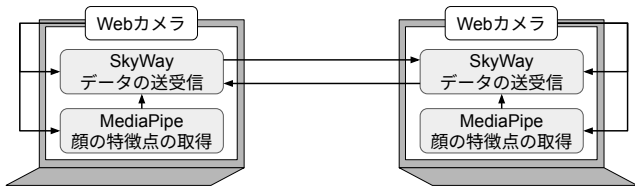


図 2 本システムの構成.  
Fig. 2 Our System configuration.

ドウの大きさの変更方法を示す.

### 3.1 システム構成

本システムの構成を図 2 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, および会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, 我々は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 [25] の JavaScript SDK を用いた. また, 頭部方向を推定するために, 我々はオープンソースのフレームワークである MediaPipe [26] を用いた. MediaPipe を用いることにより, Web カメラから取得した会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.

### 3.2 参加者側のビデオウィンドウの枠の色または参加者側のビデオウィンドウの大きさの変更方法

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参加者側のビデオウィンドウの大きさを変更するために, 飯塚 [27] の実装を参考にした. 具体的には, まず, MediaPipe の Face Mesh [28] 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通りである.

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

その後, 顔の中心点  $g_c$  から, 取得した 478 点のうち, 正面を向いた時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参加者側のビデオウィンドウの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 に示すように, SizeChange 手法の場合には, 会話相手側の Web カメラのある方向および会話相手の頭部方向間の角度が小さい時ほど, 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会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 4 に示す. この時, 参加者側のビデオウィンドウの大きさまたは参加者側のビデオウィンドウの枠の色を変更するために, 会話相手の視線方向ではなく, 会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 [29] ためである. また, 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参加者側のビデオウィンドウの枠の色の不透明度の変更に対して, 我々は 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, SizeChange 手法では, 各参加者が会話相手の顔映像を常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, 高さ 600 px としている. 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, 高さ 750 px としている. 想定するディスプレイの解像度は  $1920 \times 1080$  である. FrameChange 手法では, Zoom [30] を用いたオンライン会議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, 参加者側の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. さらに, ビデオウィンドウの枠の太さを 10 px としている. また, ビデオウィンドウの枠の色の不透明度の最小値を 0.0, 最大値を 1.0 としている.

## 4. 評価実験

我々は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オンライン会議の参加者間の話者交替, オンライン会議の質, およびオンライン会議での会話相手の存在などに与える影響を明らかにするための実験 (以降, 本実験) を行った. 本章では, 本実験での実験条件, 仮説, 実験参加者, 実験タスク, 実験手順, および評価項目を示す. なお, 我々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上で本実験を行った.

### 4.1 実験条件

本実験では, オンライン会議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

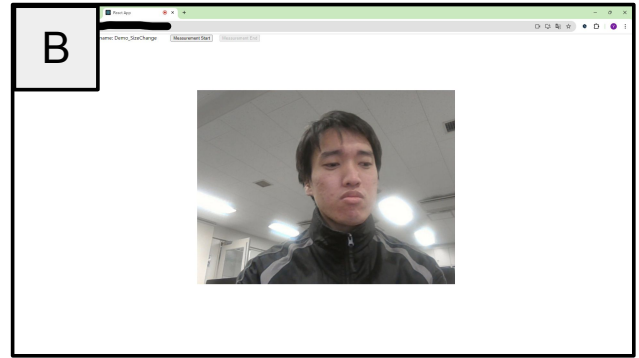
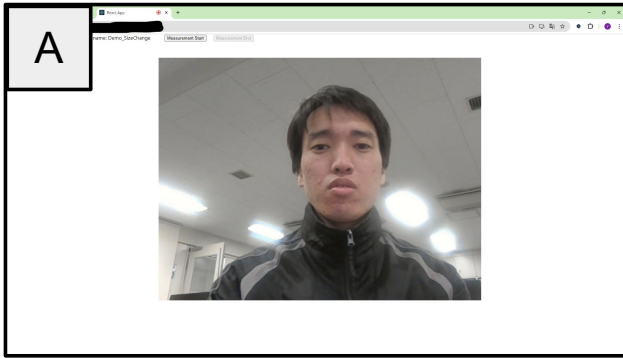


図 3 SizeChange 手法を用いた時の参加者側の画面. (A) 画面を直視している時に伝達される映像. (B) 画面から目をそらしている時に伝達される映像.

Fig. 3 Screen on the participant's side when he/she uses SizeChange method. (A) Image conveyed while gazing directly at the screen. (B) Image conveyed while averting his/her gaze from the screen.

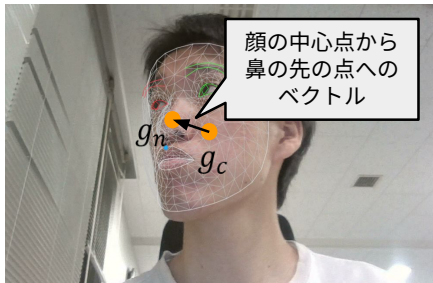


図 4 参加者側のビデオウィンドウにおける会話相手の顔の中心点  $g_c$ , 鼻の先の点  $g_n$ , および顔の中心点から鼻の先の点へのベクトル.

Fig. 4 The center point of the interlocutor's face in the video window on the participant's side,  $g_c$ , the tip point of their nose,  $g_n$ , and the vector from the center point to the tip point.

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会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会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 5 に示す. なお, 提案手法のうちの 1 つである SizeChange 条件では, 3.2 節に示したように, 参加者側のビデオウィンドウの大きさの最小値が幅 800 px, 高さ 600 px であり, かつ大きさの最大値が幅 1000 px, 高さ 750 px であった. そのため, 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, 高さ 675 px とした.

#### 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. 会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. 会話相手の社会的存在感が向上する

H4. 会議の質が向上する

仮説 H1. について, 会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思った. 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, 会話相手の視線の変化により気づきやすくなると思った.

仮説 H2. について, 会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, 会話相手の視線の変化に気づきやすくなることにより, 会話相手と相互注視を行う時間および会話相手を直視する時間が増加する. このことが会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 条件の順に会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会話相手の社会的存在感の向上は会議の質に影響すると考えられる. そのため, SizeChange 条件, FrameChange 条件, Baseline 条件の順に会議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. 彼らの内訳は男性 10 人, 女性 2 名, 平均年齢 22.3 歳 ( $SD = 1.37$ ) であった. この時, 初対面であることおよび会話相手が異性

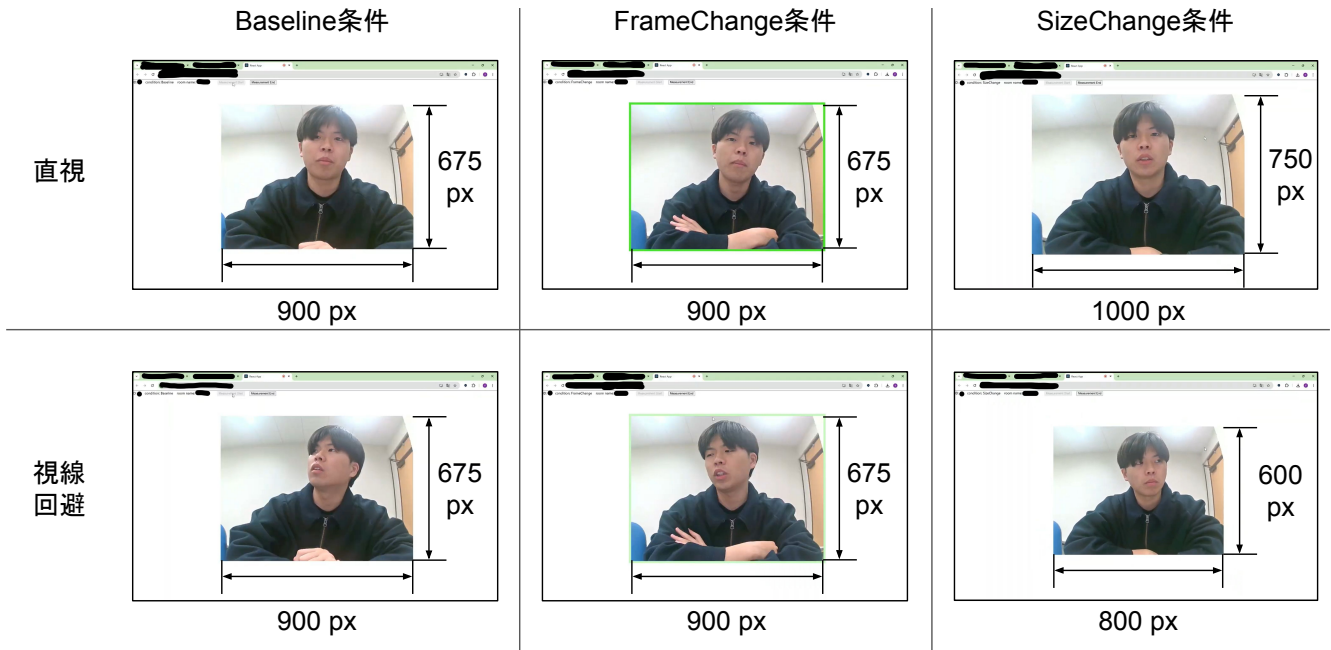


図 5 本実験において用いた各条件でのラップトップ PC の画面。  
 Fig. 5 Displays of laptop PCs for each condition used in our study.

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、我々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 条件全てを行った。なお、我々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 6 に示す。4.5 節に示す実験タスク中には、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, 32.0 GB) である。さらに、各実験参加者が会話相手を実際に直視している時に会話相手側のビデオウィンドウの枠の色または会話相手側のビデオウィンドウの大きさを変化させるために、外付けの小型 Web カメラである好感度 WEB カム [31] をディスプレイの中央付近に配置した。この時、参加者側のビデオウィンドウに映る会話相手の顔がこの 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 5cm ずらした。また、図 6 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時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での題材が描かれた紙を配置した。

#### 4.5 実験タスク

本実験では、2 人 1 組の実験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 [32] を参考に、会議の題材を靴下、鍋、および箸とした。

実験タスクを行う時には、図 6 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、我々は本システムを用いて会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

本実験の手順は以下の通りである。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、性別およびオンライン会議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上で 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。この時、実施する条件に対応する本システムの説明、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

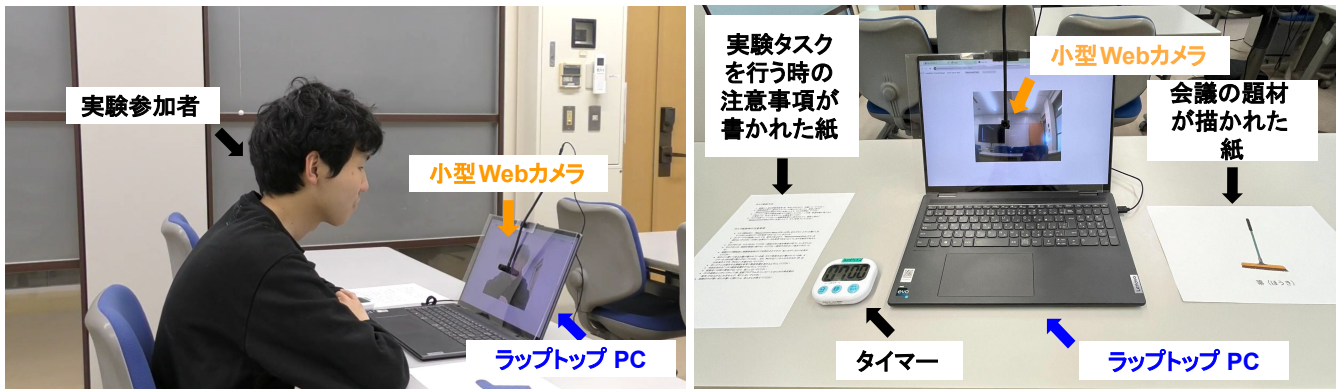


図 6 本実験の環境。左側：横から撮影された環境。右側：ユーザ視点から撮影された環境。

Fig. 6 Environment of our study. Left: The environment taken from the side. Right: The environment taken from users' point of view.

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13項目を評価指標として用いた.

- 仮説 H1. を評価するための指標
  - 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
  - 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
  - 会議中での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
- 仮説 H2. を評価するための指標
  - 会議中の沈黙時間の割合
  - 会議中での話者交替の円滑さを測定するためのアンケート
- 仮説 H3. を評価するための指標
  - 会議中の社会的存在感を測定するためのアンケート
- 仮説 H4. を評価するための指標
  - 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
  - 各条件の好みの順位を測定するためのアンケート

上記の評価指標のうち, 会議中に視線をそらした状態から会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, および会議中に会話相手を注視

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出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.

会議中での会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 [33]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, 本研究で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. 会議中での話者交替の円滑さを測定するために, 飯塚ら [34]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, Harm ら [35]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, 本研究で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. 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 [36]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, 本研究で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. 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.

#### 5. 実験結果および考察

本章では, 本実験において得られた結果およびその考察を示す. 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) [37] 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 [38] を用いた。この時、正規性が認められなかった 2 要因のデータに対して、ART を行った上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 [37]。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みなした。多重比較を行う時には、Bonferroni 補正の元で行った。さらに、統計解析を行う時には R [39] 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。

### 5.1 H1. 会話相手の視線の変化の気づきやすさに関する評価結果および考察

会話相手の視線の変化の気づきやすさに関する評価結果を図 7 に示す。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。会議中に相互注視していた時間の割合に関して、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、Baseline 条件-FrameChange 条件間 ( $p = 0.0105$ ) および Baseline 条件-SizeChange 条件間 ( $p = 0.0012$ ) に有意差が示された。また、ART-C を各議題間に行った結果、靴下-鍋間 ( $p = 0.0033$ ) および靴下-箸間 ( $p = 0.0400$ ) に有意差が示された。会議中に会話相手を直視していた時間の割合に関して、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。会議中での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-Q3 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、Baseline 条件-FrameChange 条件間 ( $p = 0.0002$ ;  $p = 0.0018$ ) および Baseline 条件-SizeChange 条件間 ( $p = 0.0003$ ;  $p = 0.0007$ ) に有意差が示された。また、Q3 において、Baseline 条件-FrameChange 条件間 ( $p = 0.0040$ ) および FrameChange 条件-SizeChange

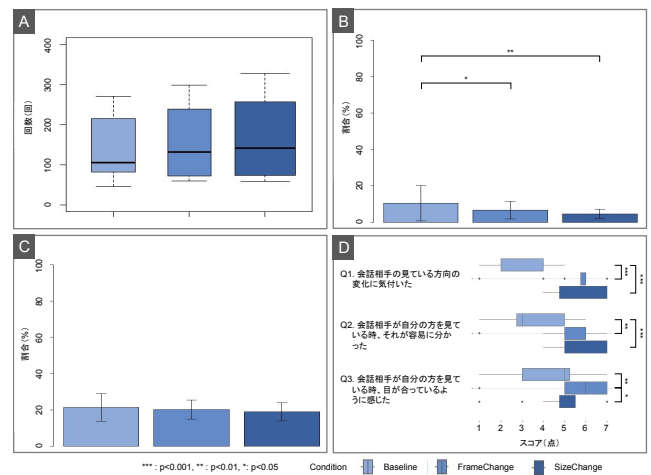


図 7 会話相手の視線の変化の気づきやすさに関する評価結果。(A) 会議中に視線をそらした状態から会話相手を直視した状態に切り替えた回数。(B) 会議中に相互注視していた時間の割合。(C) 会議中に会話相手を直視していた時間の割合。(D) 会議中での会話相手の視線の変化の気づきやすさを測定するためのアンケートの結果。エラーバーは標準誤差を示す。

Fig. 7 The results of the evaluation of the ease of noticing changes in the gaze of the interlocutor. (A) The number of times participants switched from averting gaze to gazing directly at their interlocutor during conference. (B) The percentage of time spent in mutual gaze during conference. (C) The percentage of time spent gazing directly at the interlocutor during conference. (D) The results of the questionnaire about noticing changes in the gaze of the interlocutor. Error bars represent standard deviations.

条件間 ( $p = 0.0185$ ) に有意差が示された。

これらの結果より、仮説 H1. は一部支持された。図 7 の (B) より、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短くなりやすい傾向が確認された。この理由は、会話相手の視線の変化に気づきやすくなることにより、視線をそらしていたとしても、会話相手が自分自身を直視していることを理解しやす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、会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、会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。また、図 7 の (D) より、FrameChange 条件および SizeChange 条件では、Baseline 条件よりも、会話相手の視線の変化に気づきやすい傾向が確認された。これに関して、「Baseline 条件では、会話相手の視線を感じにくい」(P7)、「FrameChange 条件では、会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、会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 7 の (A) および (C) より、会議中に視線をそらした状態から会

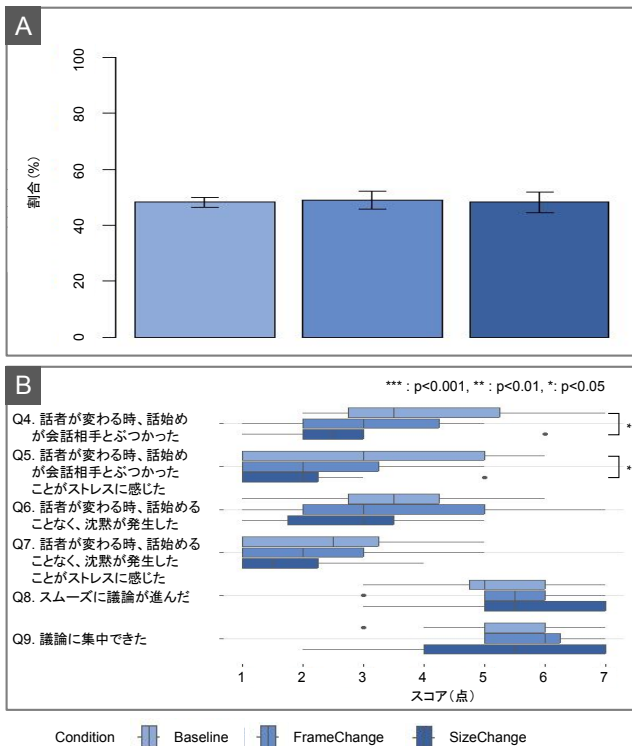


図 8 話者交替の円滑化に関する評価結果. (A) 会議中の沈黙時間の割合. (B) 会議中での話者交替の円滑さを測定するためのアンケートの結果. エラーバーは標準誤差を示す.

Fig. 8 The results of the evaluation of turn-taking in online conferences. (A) The results of silence time during conference. (B) The results of the questionnaire about the smoothness of turn-taking during conference. Error bars represent standard deviations.

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会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、会話相手の視線の変化に気づいたとしても、そのことが会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。

## 5.2 H2. 話者交替の円滑化に関する評価結果および考察

話者交替の円滑化に関する評価結果を図 8 に示す。会議中の沈黙時間の割合に関して、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。会議中での話者交替の円滑さを測定するためのアンケートの結果に関して、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 および Q5 において条件間 ( $p = 0.0424$ ;  $p = 0.0432$ ) に、Q8 および Q9 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、Baseline 条件-SizeChange 条件間 ( $p = 0.0491$ ;  $p = 0.0443$ ) に有意差が示された。また、ART-C を各議題間に行った結果、Q8 および Q9 において靴下-鍋間 ( $p = 0.0111$ ;  $p = 0.0009$ ) に、Q9 において靴下-箸間 ( $p = 0.0254$ ) にそれぞれ有意差が示された。

これらの結果より、仮説 H2. は一部支持された。図 8 の (B) より、SizeChange 条件では、Baseline 条件よりも、話者が変わる時に話始めが会話相手とぶつかりにくい傾向が確認された。これに関して、「SizeChange 条件では、会話相手の注意を強く感じることができた」(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。これに関連して、『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。

## 5.3 H3. 社会的存在感の向上に関する評価結果および考察

社会的存在感の向上に関する評価結果として、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 9 に示す。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。

この結果より、仮説 H3. は支持されなかった。仮説 H3. では、会話相手の視線の変化に気づきやすくなることにより、会話相手と相互注視を行う時間および会話相手を直視する時間が増えるため、会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 条件よりも会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関わらず、会話相手と相互注視を行う時間および会話相手を直視する時間には影響がなかった。その結果、これら 2 つの条件において、会話相手の社会的存在感が向上することは示されなかったと考えられる。そのため、会話相手の視線の変化の気づきやすさが会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、視覚的に気は引かれなかった」(P10) および「SizeChange 条件では、会話相手の視線が向いているかは明らかだったが、注意が引かれるのは最初だけだった」(P11) などの意見が得られた。

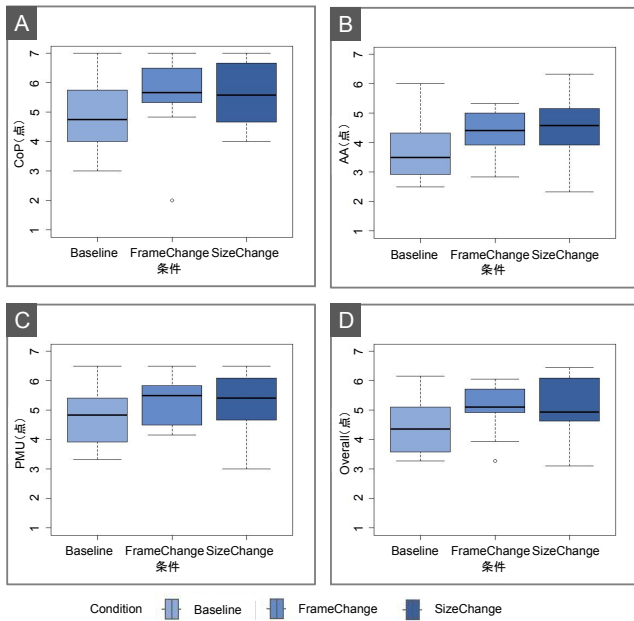


図 9 会議中の社会的存在感を測定するためのアンケートの結果. (A) Co-presence. (B) Attentional Allocation. (C) Perceived Message Understanding. (D) Overall.

Fig. 9 The results of the questionnaire about social presence. (A) Co-presence. (B) Attentional Allocation. (C) Perceived Message Understanding. (D) Overall.

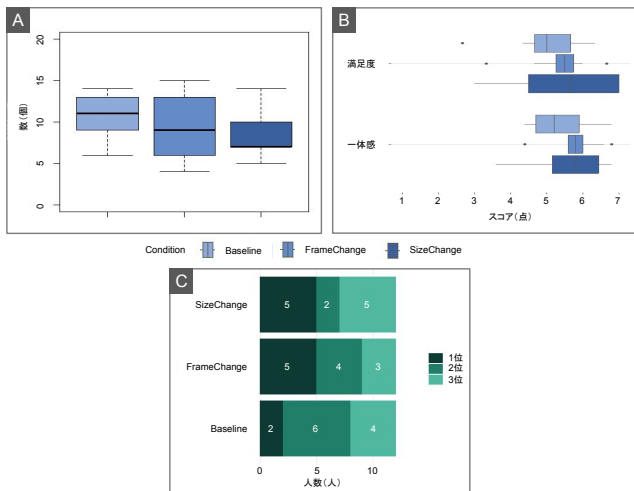


図 10 会議の質の向上に関する評価結果. (A) 会議中に提案されたアイデアの数. (B) 会議に対する印象を測定するためのアンケートの結果. (C) 各条件の好みの順位を測定するためのアンケートの結果.

Fig. 10 The results of the evaluation of the ease of noticing changes in the gaze of the interlocutor. (A) The results of ideas proposed during conference. (B) The results of the questionnaire about the impression of the conference. (C) The results of the questionnaire about preference ranking.

#### 5.4 H4. 会議の質の向上に関する評価結果および考察

会議の質の向上に関する評価結果を図 10 に示す。会議中に提案されたアイデアの数に関して、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。会議に対する印象を測定するためのアンケートの結果に関して、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。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。

これらの結果より、仮説 H4. は支持されなかった。仮説 H4. では、会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会話相手の社会的存在感の向上につながるにより、会議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 条件よりも会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関わらず、会議の質が向上することは示されなかった。そのため、会話相手の視線の変化の気づきやすさが会議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なお題かどうかに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。

#### 5.5 実験と考察のまとめ

ここまで示した結果およびその考察より、会話相手の視線の変化および話者交替に関して、以下の 2 つの傾向が確認された。

- FrameChange 条件および SizeChange 条件では、Baseline 条件よりも、会話相手の視線の変化に気づきやすい傾向
  - SizeChange 条件では、Baseline 条件よりも、話者が変わる時に話始めが会話相手とぶつかりにくい傾向
- 一方、会話相手の存在感および会議の質に関して、会話相手の視線の変化の気づきやすさがこれらに与える影響は小さいと考えられる。

これらのことから、実験参加者の人数および属性には制約があったが、会話相手が自分自身を直視しているか否かのみを伝達した時には、会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が向上する傾向が確認された。同様のことはオンライン会議の参加者の視線方向を伝達する研究 [16], [17] においても示されたが、会話相手が自分自身を直視しているか否かのみ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 [30] および Microsoft Teams [40] などのツールを用いたオンライン会議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、この時と同様の効果を得ることができると考えられる。このことが本研究の

有用性である。

## 6. 制約および改善指針

本章では、本研究の制約および改善指針を示す。

### 6.1 実験設定上の課題

本研究の制約として、実験設定上の課題がある。本研究では、実験設定上の課題として、以下の4つが挙げられる。

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、本研究では、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オンライン会議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。この時、実験タスクでの会議の題材として、創造会議に関する関連研究 [32] 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、5.1 節および 5.2 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での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、各参加者が会話相手を実際に直視している時に会話相手側のビデオウィンドウの大きさまたは会話相手側のビデオウィンドウの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 [31] 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、会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、会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、会話相手と目線が常に合っているため、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、オンライン会議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 [29] ことから、会話相手の視線方向ではなく、会話相手の頭部方向に着目している。しかし、オンライン会議の参加者の視線方向および頭部方向が常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時には、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時および顔を伏せた時には、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、参加者は会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。

### 6.2 提案手法の改善

本研究の改善方針として、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つ目はオンライン会議における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時に用いる移動平均のパラメータおよびビデオウィンドウの枠の色を変更する時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、参加者側のビデオウィンドウの大きさまたは参加者側のビデオウィンドウの枠の色の変更に対して、我々は10点移動平均を用いた。これに関して、本実験において、「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、移動平均のパラメータをより大きくすることにより、会話相手の視線の変化の気づきやすさを維持しながら、参加者側のビデオウィンドウの大きさまたは参加者側のビデオウィンドウの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 [30] を用いたオンライン会議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 条件での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み合わせにより得られる効果が変わると感じた」(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 [30] を用いたオンライン会議での背景色は黒色であるのに対して、図5に示したように、本実験において行われたオンライン会議での背景色は白色であった。これにより、参加者側のビデオ

ウィンドウの枠の色の変化に気付きにくかった可能性がある。そのため、参加者側の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つ目は会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ビデオウィンドウの枠の色の変更である。本実験では、SizeChange 条件において参加者側のビデオウィンドウの大きさを、FrameChange 条件において参加者側のビデオウィンドウの枠の色を、会話相手側の Web カメラのある方向および会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。本研究では、会話相手が自分自身を直視しているか否かのみを伝達がオンライン会議に与える影響を明らかにするために、会話相手の頭部方向のみに基づいて、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した。一方、飯塚 [27] の研究では、3人以上のオンライン会議の各参加者の頭部方向だけではなく、各参加者の発話も含めた複数の非言語情報を基に、各参加者の会話中の役割を推定している。そのため、会話相手側の Web カメラのある方向および会話相手の頭部方向間の角度だけではなく、会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ビデオウィンドウの枠の色の変更を検討している。

### 6.3 提案手法の拡張

本研究の改善方針として、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人以上のオンライン会議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組のオンライン会議を対象とした。これに関して、「より人数が増えた時にどうなるか気になった」(P3, P5, P9, P11, P12) および「より人数が増えた時には、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人以上のオンライン会議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。例えば、会話相手が4名である場合には、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ビデオウィンドウの枠の色を変更することを検討している。また、各参加者側のビデオウィンドウの大きさまたは各参加者側のビデオウィンドウの枠の色を決める時には、参加者側から見た時に会話相手の映るビデオウィンドウのある方向および会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つ目はオンライン会議の参加者自身の顔映像の表示である。本実験では、会話相手に集中しやすくするために、

会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、「自分の映像も映っていると良いと思った。普段のビデオ会議では、自分の映像も映っているはず」(P7, P11) という意見が得られた。そのため、会話相手の映るビデオウィンドウだけではなく、オンライン会議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。

## 7. まとめ

本研究では、オンライン会議において会話相手が自分自身を直視しているか否かのみを伝達する手法を実装した。提案手法では、会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参加者側のビデオウィンドウの枠の色の不透明度を大きくした。また、会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参加者側のビデオウィンドウの枠の色の不透明度を小さくした。

また、会話相手が自分自身を直視しているか否かのみを限定的な情報伝達がオンライン会議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会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会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、会話相手が自分自身を直視しているか否かのみを限定的な情報伝達が会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を向上させる傾向が確認された。

なお、本研究では、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、本実験において得られた結果を基に、提案手法の改善および拡張を行う。

## 参考文献

- [1] 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.
- [2] Adam Kendon. Some functions of gaze-direction in social interaction. *Acta Psychologica, Elsevier B.V.*, Vol. 26, pp. 22-63, 1967.
- [3] Michael Argyle and Mark Cook. *Gaze and Mutual Gaze*. Cambridge University Press, 1976.
- [4] Dekel Abeles and Shlomit Yuval-Greenberg. Just look away: Gaze aversions as an overt attentional disengagement mechanism. *Cognition*, Vol. 168, pp. 99-109, 2017.
- [5] 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.
- [6] 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.
- [7] 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.
- [8] 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.
- [9] 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.
- [10] 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.
- [11] 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.
- [12] Catharine Oertel and Giampiero Salvi. A gaze-based method for relating group involvement to individual engagement in multimodal multiparty dialogue. In *Proceedings of the 15th ACM on International Conference on Multimodal Interaction, ICMI '13*, pp. 99–106, New York, NY, USA, 2013. Association for Computing Machinery.
- [13] Cameron Teoh, Holger Regenbrecht, and David O'Hare. Investigating factors influencing trust in video-mediated communication. In *Proceedings of the 22nd Conference of the Computer-Human Interaction Special Interest Group of Australia on Computer-Human Interaction, OzCHI '10*, pp. 312–319, New York, NY, USA, 2010. Association for Computing Machinery.
- [14] 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 ACM Symposium on Eye Tracking Research & Applications, ETRA '18*, pp. 31:1–31:10, New York, NY, USA, 2018. Association for Computing Machinery.
- [15] Chandan Kumar, Bhupender Kumar Saini, and Steffen Staab. Enhancing online meeting experience through shared gaze-attention. In *Extended Abstracts of the 2024 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems, CHI EA '24*, pp. 128:1–128:6, New York, NY, USA, 2024. Association for Computing Machinery.
- [16] Mose Sakashita, E. Andy Ricci, Jatin Arora, and François Guimbretière. RemoteCoDe: Robotic embodiment for enhancing peripheral awareness in remote collaboration tasks. *Proceedings of ACM on Human-Computer Interaction*, Vol. 6, No. CSCW1, pp. 63:1–63:22, 2022.
- [17] Rikuto Iitsuka, Ikkaku Kawaguchi, Buntarou Shizuki, and Shin Takahashi. Multi-party video conferencing system with gaze cues representation for turn-taking. In *Collaboration Technologies and Social Computing: 27th International Conference, CollabTech 2021, Virtual Event, August 31 - September 3, 2021, Proceedings*, pp. 101–108. Springer-Verlag, 2021.
- [18] 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*, pp. 521–528. Association for Computing Machinery, 2003.
- [19] Michael Argyle and Janet Dean. Eye-contact, distance and affiliation. *Sociometry, American Sociological Association, Sage Publications, Inc.*, Vol. 28, No. 3, pp. 289–304, 1965.
- [20] Sean Andrist, Xiang Zhi Tan, Michael Gleicher, and Bilge Mutlu. Conversational gaze aversion for humanlike robots. In *Proceedings of the 2014 ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction, HRI '14*, pp. 25–32. Association for Computing Machinery, 2014.
- [21] 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*, pp. 1677–1680. Association for Computing Machinery, 2005.
- [22] L.-Q. Xu, A. Loffler, P. J. Sheppard, and D. Machin. True-view videoconferencing system through 3-D impression of telepresence. *BT Technology Journal*, Vol. 17, No. 1, pp. 59–68, 1999.
- [23] Yalun Qin, Kuo-Chin Lien, Matthew Turk, and Tobias Höllerer. Eye gaze correction with a single Webcam based on eye-replacement. In *International Symposium on Visual Computing*, pp. 599–609. Springer, 2015.
- [24] Nathalie Overdeest, Rakesh Patibanda, Aryan Saini, Elise Van Den Hoven, Florian 'Floyd' Mueller. Gaze-Away: Designing for gaze aversion experiences. In *Extended Abstracts of the 2024 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems, CHI EA '24*, pp. 177:1–177:6. Association for Computing Machinery, 2024.
- [25] NTT Communications Corporation. NTT Communications 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.
- [26] Google. MediaPipe solutions guide | Google AI Edge | Google AI for developer.
- [27] 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.
- [28] Google. Face landmark detection guide | Google AI Edge | Google AI for developer.
- [29] 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 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems, CHI '17*, pp. 1118–1130, New York, NY, USA, 2017. Association for Computing Machinery.
- [30] Zoom. Meet face-to-face from any device | Zoom.
- [31] PLANEX COMMUNICATIONS. スマカメ 就活リモート会議カメラ「好感度 web カム」.
- [32] 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.
- [33] 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.
- [34] 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 (HCI)*, Vol. 2022-HCI-199, No. 31, pp. 1-8, 2022.
- [35] Chad Harms and Frank Biocca. Internal consistency and reliability of the networked minds measure of social presence. In *M Alcaniz Raya B Rey Solaz (Eds.), Seventh Annual International Workshop: Presence 2004*. Valencia: Universidad Politecnica de Valencia, 2004.
- [36] 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.
- [37] Jacob O. Wobbrock, Leah Findlater, Darren Gergle, and James J. Higgins. The aligned rank transform for non-parametric factorial analyses using only ANOVA procedures. In *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems, CHI '11*, pp. 143-146, New York, NY, USA, 2011. Association for Computing Machinery.
- [38] Lisa A. Elkin, Matthew Kay, James J. Higgins, and Jacob O. Wobbrock. An aligned rank transform procedure for multifactor contrast tests. In *The 34th Annual ACM Symposium on User Interface Software and Technology, UIST '21*, pp. 754-768, New York, NY, USA, 2021. Association for Computing Machinery.
- [39] R Core Team. R: A Language and Environment for Statistical Computing.
- [40] Microsoft. Video conferencing, meetings, calling | Microsoft Teams.



**芦沢 優介** (学生会員)

2024年筑波大学情報学群情報科学類卒業。現在、筑波大学大学院博士前期課程情報理工学位プログラム在学中。CSCWに関する研究に従事。情報処理学会学生会員。



**川口 一画** (正会員)

2017年筑波大学大学院システム情報工学研究科知能機能システム専攻博士後期課程修了。博士(工学), 修士(感性科学)。現在、筑波大学システム情報系助教。CSCW, HRIの研究に従事。情報処理学会, ヒューマンインタフェース学会, 感性工学会, ACM 会員。