

# フラットな対話の実現を目的として 話者のマスク処理と声質変換を用いた AR 匿名化システム

相原拓実 滝田巧平 平井辰典<sup>1</sup>

**概要**：2022年現在、会議などに代表される人と人の対話は、オンライン、対面、ハイブリッドなどの様々な形態で実施されている。ユーザはそれぞれのニーズやシーンに合わせて会議への参加形態を選べるようになってきている。しかし、多くの会議には、発言者が偏ってしまうことや全体の意向に反する発言が憚られることなどの問題点があり、オンライン、対面を問わずどの会議形態でも人間関係や社会的立場に起因する不均衡が見られ、このような問題は、会議の質を損ね、生産性を下げる原因になるとも考えられる。そこで、本研究では、会議などに代表される対話時の社会的立場の差によって起こる対話の質の低下を防ぐことを、目的として、話者の外見のマスク処理とリアルタイム声質変換を用いた匿名化システムを提案する。評価実験を通して、匿名化システム自体の質と匿名化システムが対話に与える影響を測り、対面形式で参加者が2人のみの会議において参加者を匿名化することに成功した。本論文の最後では、提案システムの応用可能性について議論する。

**キーワード**：拡張現実、会議、匿名化、コミュニケーション

## 1. はじめに

2022年現在、会議は様々な形態を持つようになった。通常の対面会議に加え、PCやモバイル端末を利用したオンライン会議や、対面とオンラインを融合したハイブリッド会議、そしてバーチャル空間を利用したVR会議などが普及している。それぞれが異なるメリット・デメリットを有しており、シーンに合わせて利用していくことで快適な会議を行うことができる。しかし、これらには共通した複雑な人間関係から生まれる問題がある。具体的には、鶴の一声という慣用句があらわすように、社長の発言と新入社員の発言は社長のほうが高い影響力を持つことである。それは発言内容よりもその人物を評価していることで発言の本質的な評価が行われないという問題点である。これはある人物を評価する際にその人が持つ特徴によって評価が左右されてしまうというハロー効果[7]や権威者がAを主張するならAは正しいといった誤謬の1種である権威論証[9]によって発言内容への評価に影響を与えていると考えられている。これらのバイアスは会議の発言内容の精査に関して重大な影響を与え、会議の質を損なう危険性がある。この会議の根底にある問題を解決する方法としてイギリスの国立国際研究所が実施している「会議の参加者とその参加者は発言者の身元や情報について秘匿にする」というチャタムハウスルール[13]というものがある。このルールを用いることで会議参加者の身辺情報について秘匿することで関連な会議をもたらす、情報の共有がスムーズに行われるという効果が期待できる。チャタムハウスルールは個人として発言をすることができ、特定を禁止することで所属する組織にそぐわない発言も可能になる。しかし実際の会社のような限定された組織の会議において会議参加者の社

会的な立場がもともと周知されている場合は、組織の意向、つまり上司や管理者といった人々の意見に反するような発言は憚れる。すると、このルールは拘束力をあまり発揮せず、例えば、チャタムハウスルールを宣言していても会議上のマナーやモラルといった扱いになってしまう点で問題がある。

そこで社会的な立場が明らかに意識される場合においても参加者が平等に会議に参加できるようにAR技術を用いることで対面会議の参加者を匿名化する処理システムを提案する。リアルタイムで外見と声に処理を加えることで、会議参加者の匿名化を実現する。それにより会議参加者の社会的立場の差異を意識せず、会議に比較的にリラックスして臨むことができるシステムになると言える。また匿名化の効果については、野口らの「採用面接におけるデジタルカメンを用いた面接官の印象調査」によると、人間は相手の顔の印象によって緊張度が左右されることが示されている[2]。つまり、外見情報を除去してしまえばどんな人物であろうと顔の印象に左右されることがなく会議を行えるのではないかと考察している。

本研究では、チャタムハウスルールの目指すような関連な会議を実現するための匿名化システムを提案する。

## 2. 関連研究

本章では、1章で挙げた問題に対して、なぜ本システムではAR技術を用いてシステムの実装を行ったのかを、関連研究を挙げながら詳述していく。

まず、対面会議と比較してWeb会議では会話のテンポの悪さや心理的な距離感を感じやすい。そういった心理的な距離感を解消するための方法として遠隔地にいる人間が目の前にいるような感覚を増幅させるといったテレプレゼンスを向上させる技術が多くみられる。例えば、Misawaらが

<sup>1</sup> 駒澤大学  
Komazawa University, Setagaya, Tokyo 154-8525, Japan

提案した ChameleonMask という仮面型のモニタに遠隔地にいる人間を映し出すことによって映し出された人間がその場にいるような感覚を受けテレプレゼンスの向上を可能にする研究がある[8]。これにより、遠い場所にいる人間と対面で話しているかのような感覚を得ることができる。また坂本らによる遠隔の人にそっくりなロボットを用意し遠隔地から動きを同期させることによってその人が別空間にいても同じ空間でふるまっているような感覚を得るといった方法[6]や田中らによるズームイン・ズームアウトや移動ディスプレイを用いることで遠隔地の人間の動きに合わせてカメラ映像を動かすことでテレプレゼンスが向上する技術 [1] などが挙げられる。ほかにも拡張現実的方法では、濱上らのドアコム AR[3]という現実の枠に遠隔地の映像を出力し、窓枠を超えるなどといった表現を行うことで遠隔地にいる人物に隣人感を付与しテレプレゼンスの向上を図るものがある。このように Web 会議のテレプレゼンスの向上には多くの方法が試されている。

対面会議に匿名化システムを導入するための具体的な方法として XR 技術の利用を検討している。XR 技術は様々なシーンにおいて利用されており、コミュニケーションや作業支援、ゲームなど様々な分野で効率的に情報を提示することでインタラクティブなコンテンツやコミュニケーションを実現する効果的な方法と言える。例えば、Kidoらによる減損現実 (DR) を用いて特定のオブジェクトを背景に溶け込ませることで、オブジェクトをリアルタイムに消すという技術[5]や、VRChat 社が提供している自分でアバターを作成しバーチャル空間で人々とコミュニケーションをとることができる VRChat[17]といったソーシャル VR が、あげられる。また Rivu らの提案する会話中の対面者の顔を認識し身元情報やプロフィールを AR 技術によって表示させることで会話を援助するという技術がある[10]。上記で挙げた研究、中でも AR 技術は情報の重畳や除去を行うことでコミュニケーションや作業支援などを実現しているということが共通している。つまりユーザのニーズに対して情報を提示、または排除することでユーザの様々な体験を向上させることができる技術であると、言える。我々の研究の匿名化処理について AR 技術によるリアルタイム性の高い情報の重畳、除去利用できると考えた。

### 3. 匿名化システムについて

#### 3.1 概要

この章では、匿名化システムについて具体的なシステム内容について記述する。匿名化システムは対面会議に参加者すべてが平等に参加できるシステムを指しており、ここで触れている匿名化システムとは会議参加者や発言者を特定困難にする処理のことを指す。

前述したように社会的立場の異なる人が集まる会議において発言内容の本質的な評価が困難であるという問題が顕在

しており、その問題に対して会議の参加者とその参加者は発言者の身元や情報について秘匿にするというチャタムハウスルールを用いることで関連な議論を促すことを可能としている。しかし、チャタムハウスルールは参加者が、受け取る情報の誰が発言したかということについて触れてはいけませんが、会議参加者が事前に分かってしまっている場合において、秘匿にすることが困難となる。具体的には、会社の会議の際、社長の顔は多くの社員が知っており、その社長が会議に参加すると委縮してしまう社員は多く、彼らは発言しづらくなってしまふ。これは「心理的安全性」が担保されておらず、非難や、罰を与えられると思込込でしまっているのが原因である[12] つまり参加者同士で面識がある場合の会議においては、例えチャタムハウスルールに拘束力があろうと、役職についていないような社員からすれば、チャタムハウスルールはモラルやマナーの規定程度にとどまってしまうと言える。

そこで我々が提案する匿名化システムを用いて目の前にいる人間を特定できるような声、外見情報を除去することで現実世界における参加者があらかじめわかっているような会議でも関連な会議が行えるような効果を、期待している。

具体的なシステムとしては外見情報を秘匿化するリアルタイムマスキングと発言者の声質変換という2つの処理を同時に行う。外見のマスキングはスマートフォンのカメラから得た映像内に映りこんだ人体をリアルタイムで検出し、検出された座標にマスキング画像をレンダリングすることで実現している。声質変換はマイクを通して行い基本周波数とスペクトル包絡を抽出し数値を操作することで、声質変換を行っている。

#### 3.2 使用したヘッドマウントディスプレイについて

本研究では、開発にスマートフォンを使用しており、図1に示すスマートフォンを差し込むタイプのヘッドマウントディスプレイを用いて開発を行った。また、本研究では、対面会議を想定しており、図2に示すイメージ図のように装着型のデバイスを付けて行う。



図 1 使用したヘッドマウントディスプレイ

(<https://trees-to-the-woods.com/884/vr-tamanishitakunaru/>から引用[16])



図 2 会議のイメージ図

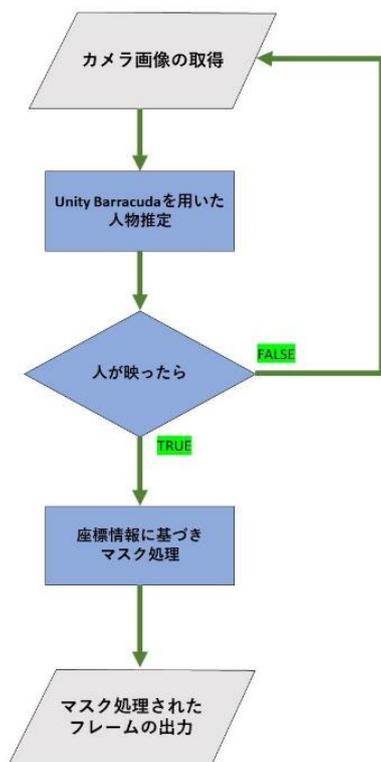


図 3 マスク処理の流れ

### 3.3 具体的なアルゴリズムについて

処理の流れは図 3 のフローチャートのようにスマートフォンのカメラを利用して、フレームごとにカメラ画像を取得する。そこから Unity Barracuda の機械学習推論エンジンを用いて人物推定を行い、その領域をマスク処理するという一連の流れをとっている。

外見のマスクングには Dan らが開発した BodyPix[14] というセグメンテーションの分野の機械学習アルゴリズムを用いている。BodyPix の具体的なアルゴリズムは

1. ピクセル単位で人物か背景（人物以外）を区別し閾値にそって 0 から 1 のスコアで抜き出しを行う。
2. 抜き出された部分が、人体のどのパーツであるかを判断し評価を行う。



図 4 BodyPix を用いた人体検出の様子

(<https://blog.tensorflow.org/2019/11/updated-bodypix-2.html> から引用[15])



図 5 BodyPix を用いて左の男性について匿名化システムを行っている様子

というものである。また図 4 に示した BodyPix による人物検出のように、このモデルは高精度で検出可能なものである。またこのモデルのリアルタイムに複数人を検出可能という特徴から本研究の匿名化システムの外見のマスクングに適したものであるため、このモデルを採用した。また実際にスマートフォンを通してシステムを起動した様子を図 5 に示す。

また、匿名化システムの機能の 1 つである声質変換には現在機械的な変換方法として、声色と声の高さに注目し変換を行っている。具体的なアルゴリズムは、

1. マイクから入力された音声から基本周波数とスペクトル包絡を抽出
2. それぞれについて調節を行い、声の高さと声色の変換を行う

基本周波数は声の高さに関わっており、その周波数の高さを表す数値を操作することで、声の高さを調節することができる。またスペクトル包絡とは、声道の長さに対応しており、それは声色に作用する。スペクトル包絡への操作は、声道の長さを短くする加工である。つまりスペクトル包絡の全体の数値を減少させることで、声色を調節することができる[4]。例えば男性の声から女性の声に変換するには、基本周波数を増加させて図 6 に示すようなスペクトル包絡を減少させることで変換が可能になる。

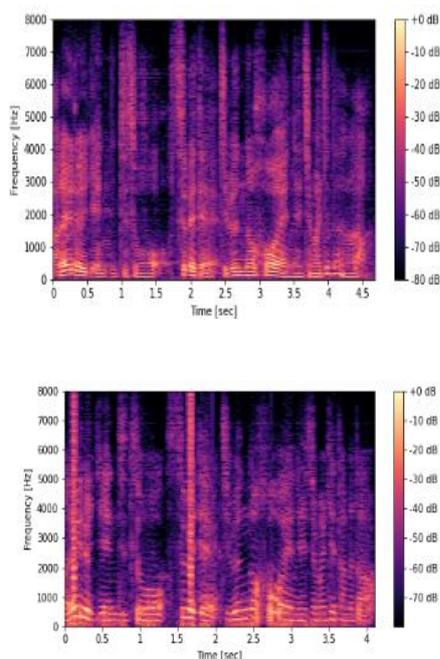


図6 スペクトル包絡を変換している様子  
 (左: 変換前, 右: 変換後)

## 4. システムの評価

本研究では開発した匿名化システムを2つの評価実験を用いて評価を行った。本論文では1つ目の評価実験を匿名化システム評価実験1とし、2つ目の評価実験を匿名化システム評価実験2と呼ぶ。

匿名化システム評価実験1では、「匿名化システムが対面で存在する人間をどれだけ匿名化することができるか」ということに焦点を当てて評価を行った。匿名化システム評価実験1では匿名化システムの質を図ることで参加者が平等に参加できる会議を実現できるだけの匿名性を担保できているのかを調べるために行っている。匿名化システム評価実験2では「匿名化システムは発言内容に影響を与えるかどうか」ということに焦点を当てて実施した。

## 5. 匿名化システム評価実験その1

### 5.1 概要

匿名化処理評価実験1では、「匿名化処理が対面で存在する人間をどれだけ匿名化することができるか」ということに焦点を当てて、評価を行った。つまり、匿名化処理評価実験1では匿名化処理の質を図ることでチャタムハウスルールを、参加者が明らかになっているような会議でも実現できるだけの匿名性を担保できているのかを調べるために行っている。

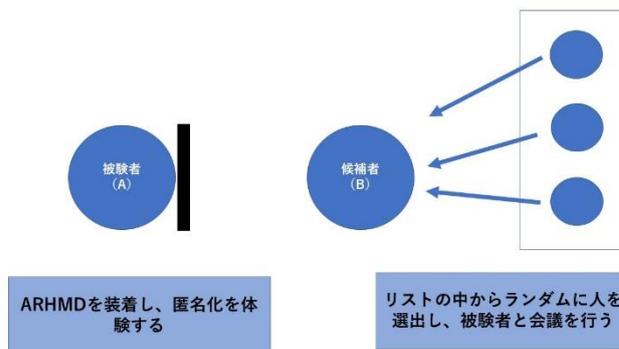


図7 評価実験の概要

### 5.2 評価手法について

図7に示すように、デバイスは1台のみで被験者に装着してもらい、図7内のBにあたる候補者の声質変換も行うため候補者にはマイクを通して発言を行ってもらう。また使用しているBodyPixの精度を高めるため、図7のBに当たる人物は長い髪などをまとめてもらい、薄着の体の輪郭が分かりやすい格好で実験を行った。

具体的な評価方法は以下の通りである。

1. まず被験者(A)を会議室に入れ、デバイスを装着して待機させておく
2. この時、被験者に装着しているデバイスのカメラを起動させないことで外部の情報が見えない目隠しの状態を作る。
3. 次に別室にいる候補者(B)を無作為に選び会議室に入れる。
4. その状態でデバイスのカメラを起動させて匿名化システムを実行することで被験者にとっては完全に見えない状態から、対面に匿名化システムされた候補者が見えるようになる。その状態でディベートを行ってもらう。
5. ディベート終了後、対面に座る候補者(B)が候補者名簿の誰なのかを当ててもらおう。

以上のような手順で評価を行った。また、ディベートの議題は誰でも話せるような内容のものを用意し、ここでは会議の質よりも匿名化システムによって候補者の匿名化ができるかという点に絞った。

### 5.3 条件について

今回の参加者は面識のある6人参加してもらい、その中から2名被験者を無作為に選んで実験を行った。残りの4人のうち、さらに2人無作為に選んで、先ほど選ばれた2人と対話をしてもらった。

### 5.4 結果

ディベート後に行った匿名化システム評価実験1の方法の5番で行った候補者を当てるクイズの結果は、表1に示すように2人の被験者を対象として、それぞれ1回ずつ、

表 1 匿名化システム評価実験 1 の方法 5 の正答率

参加人数	正答数
2 人	2 回中 0 回正解

合計 2 回クイズを実施した。結果としては被験者どちらも対面で会話している候補者を当てることができなかった。このことから匿名化ができていていることが分かる。

また、被験者からの意見に声質から男女を判別できなかったために話し方の癖から男性か女性かを絞ったというものがあつた。話し方の癖は匿名化を阻む要因であり、誰が話しているかわかってしまう恐れがあり、この点についても加工や処理を加えていく必要があると言える。

## 6. 匿名化システム評価実験その 2

### 6.1 概要

本研究で行った匿名化システム評価実験の 1 つである匿名化システム評価実験 2 では「匿名化システムは発言内容に影響を与えるかどうか」という部分に焦点を当てて評価を行った。2 人による対面でのディベート形式の会議を行った。また、評価を被験者に直接ヒアリングするフィードバック形式だけではなく、会話の発言量や長さ、そして沈黙回数やその長さに注目してデータを分析していく。これらのデータを抽出することで、会話の発言量からその人の活発さを測ることができ、また、沈黙からはその人のアイデアを考える時間や心理的状態などを測ることができると考えた。

### 6.2 評価方法や条件について

匿名化システム評価実験 2 の手順としては、

1. まずは被験者に匿名化システムデバイスを付けた状態で、社会的立場が比較的高い人とディベートを行う。
2. この時、発言量と 1 度の発言の長さを記録する。
3. ディベート終了後、デバイスを外した状態で、別の議題でディベートを行う。
4. 終了後、発言量と一度の発言の長さを比較する。

以上の手順をとり、これによって立場が異なる人が参加した際、発言に良い影響を与えることができるかどうかを測ることができると考えた。また、条件としてお互いを知っており、社会的立場が異なっている人同士でディベートを行う。この時、片方が人が相手に意見することが憚れるような関係にある人を対象にする。つまり、高い立場の人と低い立場の人での会議になるようにする。匿名化システム評価実験 2 では社会的立場が高い人として所属しているゼミの先生に協力してもらい、被験者は先生とあまり交流がなく、話すときに緊張してしまうような下級生 A, B, C, D の 4 人を対象に実験を行った。匿名化システム評価実験 2 では匿名化システム評価実験 1 と異なり対話の相手が先生であることをあらかじめ被験者に伝えてある。

表 2 匿名化システム評価実験 2 のフィードバック

被験者	フィードバック内容
1	匿名化処理を行っていない状況では、反論が行いにくい。 心理的なプレッシャーが大きい 比較的、匿名化処理を行っているほうが反論を行いやすい。
2	顔はあまり見えておらず、声質変換によって心理的プレッシャーが和らいだ。
3	デバイス付けているとき、表情が見えず、話しにくかった
4	付けているときのほうが話しやすく楽だった

### 6.3 結果について

表 2 に匿名化システム評価実験 2 で得られたフィードバックを示す。この結果から、匿名化システムのためのデバイスを付けているときの方が比較的プレッシャーが和らぎ、楽に会話ができたとする人が多く見受けられた。しかし、4 番の「匿名化システムを行うデバイスを付けているとき、表情が見えず、話しにくかった」という意見を回答した人もいた。本研究で開発した匿名化システムの機能は外見情報をすべて除去しており、心理的プレッシャー和らげることもできる一方で、会話に必要な表情などの情報も必要以上に取り除いてしまっていることが示されている。

### 6.4 匿名化システム評価実験 2 のデータについて

匿名化システム評価実験 2 において、匿名化システムを行うデバイスを付けている状態の方が話しやすいと感じた人が多かったという結果を受け、発言回数や発言量、そして沈黙回数についてのデータを分析した。表 4 には被験者それぞれ匿名化システムの利用前後における発言長と回数の比較を被験者ごとにまとめられている。各被験者 2 つずつ行っており、1 回目が匿名化システムなし、2 回目を匿名化システムありとして表にまとめている。また太字で示している部分は今回、匿名化システムを利用して話しやすくなったと感じた被験者を指している。本研究で行った匿名化システム実験 2 では、あまり発言回数とその長さに影響を匿名化システムが影響を与えることはなかった。

一方で、沈黙時間とその回数については有意なデータが見られた。その結果を示していく。まず、被験者 A の匿名化システムの有無によって沈黙回数とその時間の変化を比較してみると、沈黙秒数の平均の差は 7 秒ある事が分かる。また被験者 B も 2.2 秒の差があり、このグラフから匿名化システムを行うことで相手の顔の表情などを気にすることなく発言を行いやすくなっていることが分かる。対して、C は発言の際、詰まる事はあっても、反論や主張ができずに沈黙してしまうことはなかった。以上の結果を踏

表 3 沈黙回数と沈黙時間のまとめ

被験者	沈黙回数	沈黙時間(秒)	平均沈黙時間
A-1 回目	5	[10, 15, 7, 12, 2]	11
A-2 回目	2	[2, 5]	3.3
B-1 回目	3	[3, 7, 3]	4.2
B-2 回目	2	[2, 2]	2
C-1 回目	0	[0]	0
C-2 回目	0	[0]	0
D-1 回目	3	[2, 4, 2]	2.67
D-2 回目	0	[0]	0

まえ、このシステムを通して話しやすくなったと感じた被験者に対してこのシステムが有効であるということが示された。

## 7. 考察

匿名化システム評価実験 1 において、被験者が対面に座る候補者を当てるクイズやフィードバックから現時点のシステムでは対面 1 人であれば匿名化を可能とした。て会議の促進の有効性を確かめられた。加えて、匿名化システム評価実験 2 でも本システムの匿名化によって発言がしやすくなるなどの良い影響が確認できた。

その一方で、匿名化システムによって表情が読み取れなくなる問題点も指摘された。匿名化システムを体験している被験者が話し出しのタイミングがつかむことができず、進行係に声をかけてもらうことで話し始める場面が見られ、表情が読み取れないことによって円滑なコミュニケーションを妨げられているということが考えられる。本研究で開発したシステムでは対面会議のメリットの相手の反応や空気感を受け取りやすく、円滑なコミュニケーションが行えるという強みが減少している。2 種類の匿名化システム評価実験を通して、匿名化システムと会話のテンポをスムーズに行うことが両立させることが困難であるという大きな課題が見つかった。この問題の解決策として 2 つの方法を考えている。1 つ目は AR 空間内にユーザが利用する挙手ボタンやコミュニケーションツールを実装することで意思疎通を円滑にするという方法である。この方法は、挙手機能をはじめとした一般的な Web 会議システムに実装されているコミュニケーションをサポートするための機能を匿名化システム内に導入することで実現可能である。

2 つ目の方法として検討しているのは、匿名化システムをただのマスク処理ではなく、他の人物の顔に変換する処理にするという方法である。別の顔に変換後、自身の顔の動きと連動させることで、ユーザの表情による意思の

伝達を図るというものを考えている。ここでいう他の人物とは特定の誰かを指すものとは限らず、顔画像変換やアバター化などによって、自分が話しているながらも、周りから見ると自分以外の別人が話しているように見えるということ想定している。これは、関連研究について記述した 2 章で挙げた Misawa らの ChameleonMask のテーマである自身の身体と顔の分離の試みに近い[8]。

また、匿名処理評価実験 2 の被験者が対面に座る候補者をだれか当てるクイズのフィードバックから得られた、声質から男女が分からなくても、話し方で男女がどうか絞ることができた。これは声質変換の問題点であると考えている。ここでいう話し方の癖とはいわゆる「僕」や「私」などといった 1 人称の種類や語尾の伸ばし方などであり、その癖が顕著に出ていて、そこから判別が比較的容易になってしまっていることが匿名化システム評価実験 2 から示された。また、話し方の癖だけではなく話す内容の構成や論理展開の仕方によって個人が特定される可能性もある。この点についても現在の声質変換の方法を発展させた匿名化システムの一機能として、話し方の癖も含めて、匿名化していく必要があると考えている。

## 8. 最後に

本論文では、2022 年多様化した会議が抱える人間関係から生じる対話の不均衡を回避するための匿名化システムを提案した。対面会議参加者が明らかな場合においても、参加者の立場が平等になり、フラットな会議を可能とする処理システムを実装した実験を通して本研究の目的である組織内で参加者が平等に参加できる会議を実現可能性の高さも示唆された。しかし、考察や実験の結果を受け、新たな問題点も浮上してきている。無論、システムやハードウェアの限界があるため、それらを考慮しつつ、考察で挙げた問題らに対して新たな方法をとる必要がある。

最後に、本提案システムにはまだまだ改善の余地がある一方で、改善を加えていくことで今後の新しい時代の強力な会議ツールとして利用されていく可能性があると考えている。本システムを利用する事が参加者の質を高め、闊達な会議になることへ導き、そして、日本がより素晴らしいアイデアをもって成長する社会になることを期待している。

## 9. 参考文献

- [1] 田中 一昌, 加藤 慶, 中西 英之, 石黒 浩 (2011) 移動の表現方法: ズームカメラと移動ディスプレイによる社会的テレプレゼンスの向上」情報処理学会論文誌 Vol. 53 No. 4 1393-1400
- [2] 野口 紅葉, 竹川 佳成, 徳田 雄嵩, 杉浦 裕太, 正井, 克俊, 平田 圭二 (2021) 「採用面接におけるデジタルカメラを用いた面接官の印象調査」エンターテインメン

トコンピューターシンポジウム 2021

- [3] 濱上 宏樹, 吉野隆 (2018) 「ドアコム AR : ポータルを用いた空間接続表現方法による対話相手の存在感の強化」情報処理学会 インタラクション 2018
- [4] 森勢 将雅 (2018) 「音声パラメータのデザイン - 近く情報を操作可能な音声合成に向けて -」日本音響学会誌 74 巻 11 号 p. 608-612
- [5] Daiki Kido, Tomohiro Fukuda, and Nobuyoshi Yabuki (2020). “Diminished reality system with real-time object detection using deep learning for onsite landscape simulation during redevelopment” Environmental Modelling & Software Volume 131 Article 104759
- [6] Daisuke Sakamoto, Takayuki Kanda, Tetsuo Ono, Hiroshi Ishiguro, and Norihiro Hagita (2007). “Android as a telecommunication medium with a human-like presence” 2007 2nd ACM/IEEE International Conference on Human Robot Interaction
- [7] Edward L Thorndike (1915). “A constant error in psychological ratings” Journal of Applied Psychology
- [8] Kana Misawa (2015). ” Chameleon Mask: Embodied Physical and Social Telepresence using Human Surrogates” Siggraph Asia’15: Emerging Technologies, Kobe, Japan.
- [9] Merrilee H. Salmon (2006). Introduction to Logic and Critical Thinking Version 1. 4 p.206, Matthew J. Van Cleave
- [10] Radiah Rive, Yasmeeen Avdrabou, Ken Pfeuffer, Augusto Esteves, Stefanie Meitner, Florian Alt (2020). “StARe:Gaze-Assisted Face-to-Face Communication in Augmented Reality”
- [11] 文部科学省 今後の国立大学法人等施設の設備拡充に関する調査研究協力者会議(2020)「コロナ対応の現状、課題、今後の方向性について」 Access 21/12/19  
[https://www.mext.go.jp/content/20200924-mxt\\_keikaku-0001010097\\_3.pdf](https://www.mext.go.jp/content/20200924-mxt_keikaku-0001010097_3.pdf)  
Access 21/12/19
- [12] リクルートマネジメントソリューションズ (2017) 「RMS Message 組織の成果や学びにつながる 心理的安全性のあり方」 Vol. 48 Part1 [https://www.recruit-ms.co.jp/research/journal/pdf/j201711/m48\\_all.pdf](https://www.recruit-ms.co.jp/research/journal/pdf/j201711/m48_all.pdf)  
Access 21/12/19
- [13] Chatham House-International Affairs Think Tank Logo  
<https://www.chathamhouse.org/about-us/chatham-house-rule>  
Access 21/11/18
- [14] Dan Oved (2019). “[Updated] BodyPix: Real-time Person Segmentation in the Browser with TensorFlow.js”  
<https://blog.tensorflow.org/2019/11/updated-bodypix-2.html>  
Access 21/12/15
- [15] Trees to The Woods (2020) 「100 均のダイソーで買える！スマホで VR 体験. VR ゴーグル【レビュー】」
- <https://trees-to-the-woods.com/884/vr-tamanishitakunaru/>
- [16] VRChat Inc. (2021) “VRChat” <https://hello.vrchat.com/>  
Access 21/12/20