

現実/遠隔コミュニケーションにおける実写/VR環境 および人物表示の切替

辻ノ 翔子^{*1}

Switching real/virtual environment and character display in real/remote communication

Shoko Tsujino^{*1}

Abstract — 本研究では、複数の場所を低コストで提供し、それらの環境で現実/遠隔の相手とコミュニケーションをスムーズに実現することを狙い、単一デスク空間において複数作業環境を切り替えるシステムを提案する。本システムはデスクの周りに半透明パーティションを設置し、そこへプロジェクタから仮想空間映像を投影することで、現実空間を含む周辺環境の切り替えを実現する。さらに、提案システムの有効性として、実写/VRの環境および人物表示手法などのアンビエントな情報が会話に与える影響について検証した。

Keywords : 単一空間の複数環境切替, 音源定位, 半透明パーティション, 遠隔コミュニケーション, 裸眼立体視

1. はじめに

学習や会議などの各作業は、それぞれに適した異なる場所で行うことが多い。環境を作業に応じて適切に変化させることによって、リフレッシュや集中力向上の効果が与えられると言われている^{[1][2][3][4]}。実際に一部の企業や研究室では、社員のワークスタイルによって、オフィス内にカジュアル空間や、カジュアルなミーティングルーム、プレイルームなどを設けている例も少なくない。例えば、Googleのスイス支社では、社内に様々なタイプのミーティングルームが用意されており、ハンモックに座りながらのミーティングが可能なカジュアルな会議室や、ゴシック調の家具がそろえられた厳かな会議室、また、洞窟の中を模したユニークなタイプの会議室もある。会議室以外にも仕事の合間のリフレッシュに利用するマッサージルームやフィットネスルーム、ビリヤードやゲームができる娯楽用の設備も完備されている。しかし、個人では作業や気分に応じた環境を別々に用意することは物理面、コスト面からみても難しく、また複数の環境間を移動するには移動のためのコスト、時間がかかるといった問題が挙げられる。また、作業環境の中には個人の作業環境だけでなく複数人のコミュニケーションを取り巻く環境もある。会議室や居酒屋、カジュアル空間など、会話の雰囲気や内容に合わせたコミュニケーションの場が存在する。また、会議とカフェでの団欒が異なる^[5]ように、相手との関係性や作業内容、会話内容に応じて適切な環境が必要である。

そこで本研究では、複数の場所を低コスト、省スケー

スで提示し、それらの環境で現実/遠隔の相手とコミュニケーションをスムーズに実現することを狙い、単一デスク空間を複数作業空間へ切り替える手法を提案する。普段の環境を作業や気分に合わせて環境へ変化させることで作業効率の向上や気分のリフレッシュを狙う。また、コミュニケーション時の環境をテーマや共同作業に合わせたものに変化させることにより、円滑なコミュニケーションや共同作業のパフォーマンス向上が期待される。

本システムはデスクの周りに半透明パーティションを設置し、そこへプロジェクタから仮想空間の映像を投影することで、現実空間を含む周辺環境の切り替えを実現する。また、作業環境の中には、他者とのコミュニケーションを含む作業環境もあると考え、本システムの投影する環境要因の一つとして遠隔のコミュニケーション用のモードを追加した。切り替わる環境のデザインについてはB3佐々木が担当し、本システムを用いた共食環境に関してはM2何が担当する。本誌では、このシステムを用いた現実/遠隔コミュニケーションでの実写/VR(virtual reality)の環境および人物表示を実装した。さらに、提案システムの有効性として、実写/VRの環境および人物表示手法などのアンビエントな情報が会話に与える影響について検証した。

2. 関連研究

2.1 現実/遠隔コミュニケーション

遠隔コミュニケーションは、電話の発明によりリアルタイム性が往生した後、テレビ通話により映像情報を伝える方法や、インターネットや情報通信技術の

^{*1} 関西大学 総合情報学部 総合情報学科

^{*1} Kansai University, Faculty of Informatics

発達による Skype¹などの多地点遠隔隔会議システムの普及、資料共有、没入環境を用いた対話^[6]、対面対話のようなロボットを用いたノンバーバル情報の伝達^{[7][8][9]}、といった具体的情報を含む対面コミュニケーションを模す形へと、爆発的に発展を遂げている。テレプレゼンス（遠隔存在感）を実現し、コミュニケーションのリアリティを追求する研究の中で、電話で実現した時間的同期に加え、空間的同期を高める手法が広まったのは、初期のテレビにおける映像通信の不自然さや心理的抵抗が基になったとも考えられる。実際に FTF（Face To Face）会話と比べ CMC（Computer Mediated Communication）では、会話形式に慣れるまで違和感が生じる^[10]。このような遠隔コミュニケーションにおいて、会話が中心の会議だけでなく、繋がり感^{[11][12][13]}や共食^{[14][15][16]}といった共に過ごす感覚を提供するための検討もある。このように、人間は会話以外にも様々な日常的行為に通じたやり取りを行っており、アンビエントな情報も、コミュニケーションにおいて重要な要素となっていることが窺える。よって、従来のような音声や動画だけでなく、相手のカメラ越しの位置や距離、存在感など音声や映像以外の情報を共有するシステムを目指す。

2.2 エージェントを用いたコミュニケーション

通信技術が発展し、コミュニケーションのあり方も多様化していく中で、エージェントを絡めたコミュニケーションについて多く研究されている^[17]。本田ら^[18]はオンライン会議では、雰囲気などの非言語情報が欠落しており、各参加者が1つの画面上に区切られて別々に表示されるために同じ場を共有している実感が湧きにくいと述べている。これに対して渡辺ら^[19]は、ビデオ通話を行う際に使用者の代替として仮想エージェントが音声だけでなく、うなずきや手振りなどの動作、表情による感情表現を行う Interactor を提案した。他者をリアルな実写ではなく、仮想エージェントで示すことは、会話の雰囲気の把握を容易にし、テレビ会議における自分が写されることでの抵抗感^[20]を減らす可能性があると考え、提案システムには相手の表示に仮想エージェントを用いる方針とした。また、今井ら^[21]は人対人のコミュニケーションにエージェントを介在させることで、会話での対人緊張の軽減が可能であると示唆している。そこで、コミュニケーションの相手が職場の上司など立場が異なる場合や、初対面のような親密性が低い相手の場合、緊張感や抵抗感を与える^[22]可能性があり、これらの場合にも会話相手をエージェントに置き換えることは効果的だと考えた。

2.3 多重空間環境切替

空間/環境切り替えには、プロジェクションや HMD（ヘッドマウントディスプレイ）を用いることで新たな空間の創造^[23]や、季節や天気などの自然現象を仮想的に演出される^[24]といったものがある。

佐藤らは^[1]HMD を用いて視環境が人間の心理に影響を与えるか検証した。その結果、視環境を適切に変化させることで、疲れにくさや疲れた際の回復効果、作業の成績に効果があることを示した。

高田ら^[25]は、デスクワークと遠隔会議の参加における多重ワーク環境下の会議内容の理解度や、デスクワークの作業効率の向上を目指すシステムを提案した。会議のアジェンダを前もって作業者に提示しておき、それぞれの議題にデスクワークか会議閲覧のどちらかの作業をメインで行いたいかを設定し、それらの優先度に応じた作業環境がトピックが変わるたびに自動的に作成、提供される手法を提案した。評価実験を通じて、作業環境を切り替えることで、会話の効率が下がることなく、会議内容の理解度が上がるなどの効果が確認された。

関戸ら^[26]は、小空間においての天井の高さの違いが、実験参加者に与える部屋の印象や、気分の変化、同室者へ抱く印象に変化を与えることを示した。このことから、視環境の違いにより対象者の気分や印象を変化できることが示唆され、複数空間の切り替えが効果的である感想性が期待される。

本研究で提案するシステムは、ウェアラブルな装置を用いることなく、デスク周りに設置したパーティションに映る環境を切り替えることでの作業効率の向上やヒアリング効果を与えるシステムを提案する。遠隔相手とのコミュニケーションモードに関しても上記と同じ効果を期待している。

2.4 空間共有および没入感

デバイスを介したコミュニケーションと対面でのコミュニケーションはコミュニケーション相手への印象にギャップが生じる^{[27][28]}。それを補うため、空間共有や没入感といった手法が提案されている^{[29][30]}。遠隔で共同作業を実現する共有環境として、没入的な VR 空間の体験環境を扱う研究がある^[31]。CAVE^[32]、ILLUMIROON^[33]や inForm^[34]、および 3D 映像遠隔システム^[35]などは、自分の環境と相手の環境、および VR オブジェクトを空間的に共存させる。

吉田らは、仮想エージェントをユーザの視点位置に応じた見え方で描画する SCoViA（Special Communicative Virtual Agent）システムを提案し^[36]、ユーザの視点位置に合わせた 3DCG 描画によって、エージェントと実世界物体に向けた視線方向を特定できることを示した^[37]。本研究でもこの手法を取り入れ、相

1: <http://skype.com>

手のエージェントを没入的に提示することとした。

空間への没入感は、視覚だけでなく聴覚を利用したものも多く提案されている [38] [39]。阿部ら [40] は、ユーザを遠隔コミュニケーションに没入させる臨場感を作るために、サイバースペース概念を導入し、仮想音場空間を複数のユーザで共有することにより、様々なコミュニケーションを可能にするシステム「バーチャルカクテルパーティ (VCP)」を提案した。VCP はインタラクティブな音場空間を拡張し、複数のユーザで共有するインタフェース MISF (Multi-user ISF) を用いて実装した。仮想空間内におけるユーザ位置の更新を実現し、位置に対応した音声を各ユーザのヘッドフォンに伝えられる。本提案においても、設定したユーザの位置情報をマルチスピーカーによる音場生成により与えることで、視覚だけでなく音響的にもコミュニケーションの臨場感の実現を目指す。

本研究で提案している遠隔コミュニケーションにおいても、没入的な共有環境を実現するため、あたかも現実空間の複数切り替えのように見せかけるために半透明パーティションをポリッドスクリーンにより構成した。また、運動視差による裸眼立体視をスクリーンに投影し、相手ユーザや環境空間およびオブジェクトの視覚的共有を実現する。相手の音響を相手位置に応じて立体的に反映することでも共有感を高める効果を期待する。視覚的、聴覚的に空間の共有感を提示するアプローチは NTT の kirari [41] と類似しているが、kirari がスポーツ観戦や遠隔での講演などの大規模な空間共有が目的なのに対し、本システムは個人デスクのような狭小空間での使用を主な目的としている。環境切り替えや会話環境における会話相手の様相を切り替えることにより、単一のデスク空間にいるユーザの気分切り替えや作業効率の向上、コミュニケーションの支援を狙う。

3. システム

3.1 システム概要

本システムは、単一デスクにおける環境の切り替えや、現実/遠隔でのコミュニケーションの形態に応じた環境の切り替えを行い、共作業の効率化やコミュニケーションの支援を行うことを目的とし、遠隔の会話相手との空間的な共有環境および、会話内容や気分に応じた周辺環境を実現する機能を実装した。本システムの図を図 1, 2 に示す。

3.2 システムフロー

本システムのシステムフローを図 3 に示す。利用を開始するとまず、個人空間としての利用かコミュニケーションとしての利用かモード選択を行う。個人利用モードを選択した場合、環境の描画が開始する。環

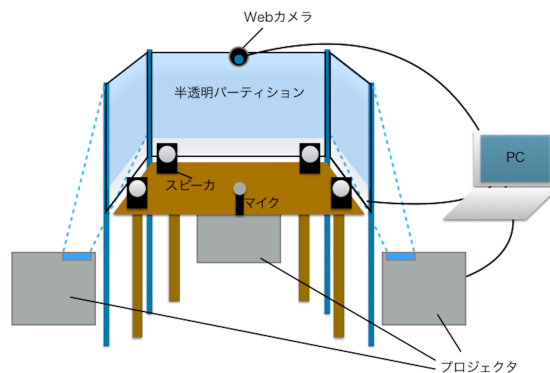


図 1 システム概要

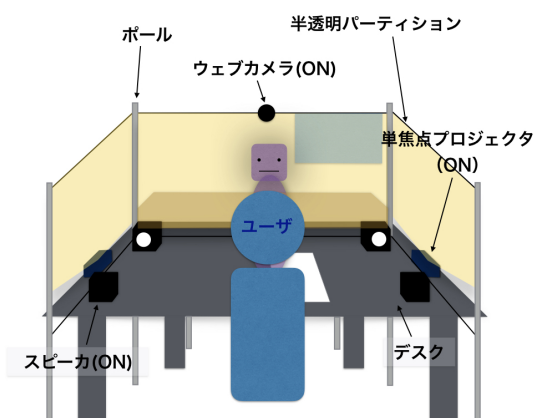


図 2 システム利用図

境は PC の入力ではほかの環境と切り替えることができる。コミュニケーションモードを選択した場合、環境の描画は個人モードと同じく PC の入力から複数に切り替えができる。会話相手の様相は実写かエージェントかを選択ができ、実写を選択した場合、このモードが終了するまでお互いに音声と顔座標、動画を送受信する。音声は顔座標に応じた位置から出力され、動画はクロマキー合成という手法で環境描画と合成されプロジェクタへ出力される。エージェントを選択した場合は、このモードが終了するまで、お互いの顔座標と音声を送受信する。顔座標に応じた位置から音声が出力される。また顔座標に応じた位置へエージェントが描画され環境画像と合成され、プロジェクタから出力される。すべてのモードは PC 入力により終了する。

3.3 ハードウェア構成

本システムは、以下のハードウェアを用いて図 4 のように構成される。

- ノート PC (Windows 8, CPU : intel®Core™i5-3337U, 1.80GHz, RAM : 4.00GB, ディスプレイサイズ 11.6 インチ)
- 半透明パーティション ²
- 単焦点プロジェクタ (RICOH, PJ WX4141, 輝

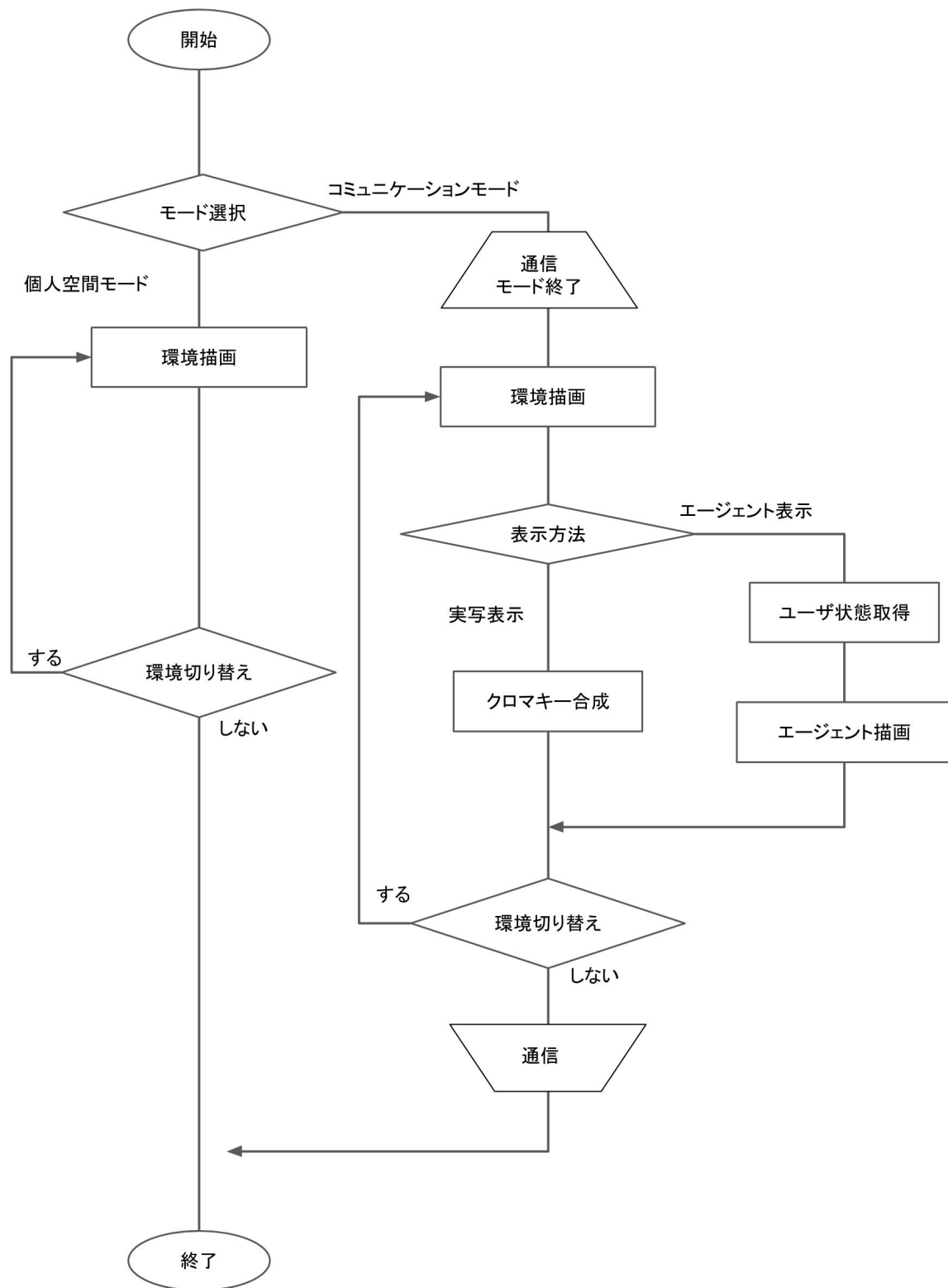


図3 システムフロー

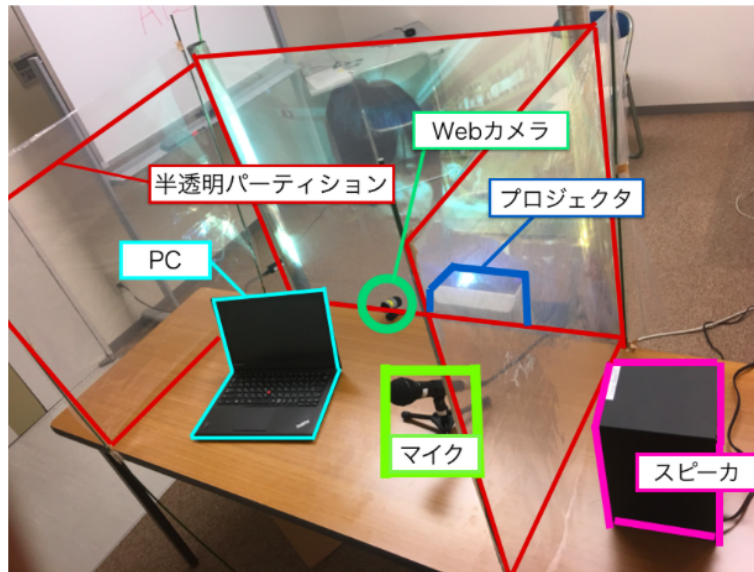


図4 ハードウェア構成

度 3300lm, コントラスト比 5000:1)

- ラウドスピーカ (ヤマハ, MSP3, 周波数特性 65Hz-22kHz),
- マイク (ソニー, ECM-PCV80U, 周波数特性 80Hz-15kHz),
- カメラ (Microsoft, H5D-00019, 画像解像度 1280×720px)

半透明パーティションとは、農業用のポリエチレンシートを二本のポールにシワがないよう貼り付けたものである。環境の表示方法として、モニタに映像を表示する方法も存在するが、本システムでは半透明である事でモニタなどの圧迫感の軽減を考慮した。また、パーティションに映像を投影しないことで、現実空間の対面相手とコミュニケーションを取ることも可能であるため、半透明パーティションを用いた。デスクの左右と前面に設置し、そこに背面から背景やエージェントの映像をプロジェクションすることで、環境の切り替えを行う。また、デスクの四隅にスピーカを設置し、コミュニケーション相手の存在感を与えるため、相手音声を相手映像の位置に応じたところへの音源定位を行う。

3.4 ソフトウェア構成

本システムの、環境の描画、切り替えの設定、エージェント描写は Processing3.2.4³を用いた。コミュニケーションの相手をエージェントに置き換えない場合も環境の切り替えを可能にするため、相手の様相が実写の場合はクロマキー合成を行なった。(図6) また、SCoViA システムを導入することで裸眼立体視映像の

描画を行った。音源定位では FaceAPI⁴で相手の顔座標を取得し、Pd-extended0.43.4⁵と連携することで音の位置をリアルタイムに移動させることを実現した。ソフトウェア構成図を図5に示す。

3.4.1 SCoViA システムの導入

本システムでは、エージェントをユーザの視点位置に応じた見え方(裸眼立体視)で描画する SCoViA^[36]を導入し、会話相手エージェントを描画する。これにより裸眼立体視によるリアリティを生み、空間共有感につながることを狙う。この手法では FaceAPI も導入し、ユーザ顔座標及び方向を取得する必要がある。取得したユーザの顔座標と顔方向データをもとに、バーチャルカメラを配置し、3D エージェントの顔向きを変化させる。このエージェントの顔向きの変化は、ユーザとバーチャルカメラの動きをシンクロさせることで、ユーザが左右からディスプレイを見ても平面に映った3D 映像を見ている感覚ではなく、実空間の延長を見ているような視覚提示を実現する。

3.4.2 相手ユーザ位置に応じた音源定位

本システムでは、相手の位置に応じた場所から相手の音声を出すための処理も行うことで相手との空間共有感を付与する。それにはまず、会話相手の位置を取得するために相手 PC で FaceAPI を利用し、得た顔座標を TCP/IP 通信を通してユーザ側の Processing へ送る。その後、受け取った座標を LR の比率に変換し、その数値を Pd-extended へ送る。相手の音声は Skype を通して取得し、Pd-extended で座標と組み合わせ、ラウドスピーカから出力する。LR の音量比を制御す

² ポリッドスクリーン <http://polidscreen.com/>
³ <https://processing.org/>

⁴ <https://azure.microsoft.com/ja-jp/services/cognitive-services/face/>
⁵ <https://puredata.info/downloads/pd-extended>

ソフトウェア構成

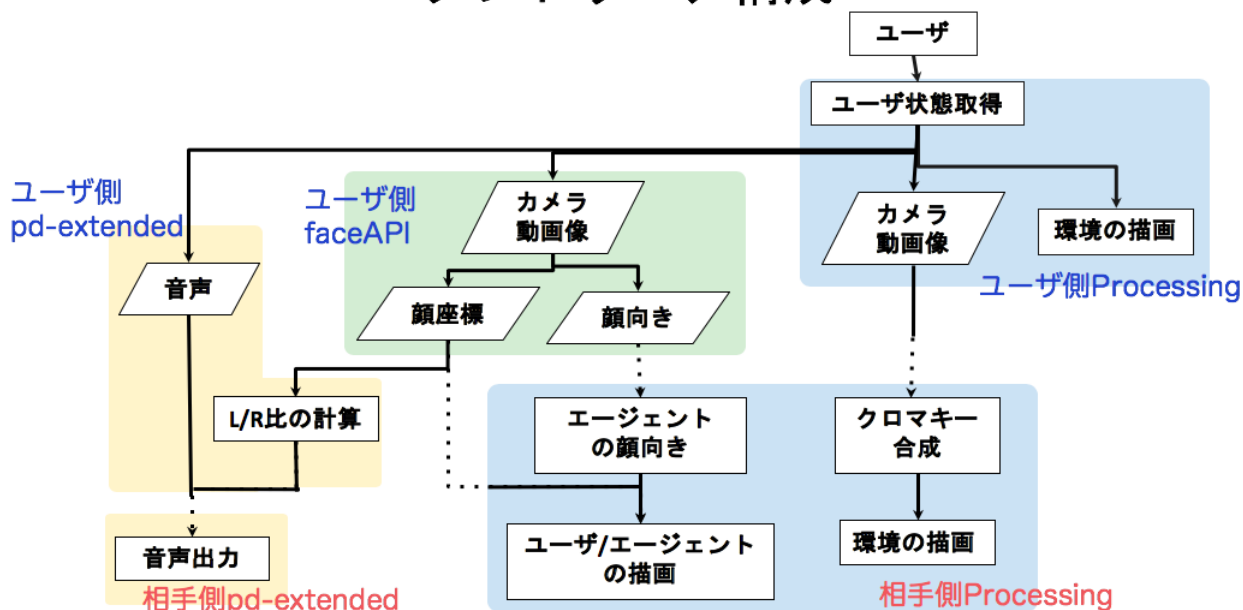


図5 ソフトウェア構成

ることと両耳間強度差⁶を作るとともに、時間遅れ制御により両耳間時間差⁷を表現し、音源を定位する。



図6 クロマキー合成

3.4.3 クロマキー合成

実写相手とのコミュニケーション環境では、遠隔相手側の背景映像をシステムにて提示する背景環境とするために、クロマキー合成を用いる。そのため wire-

cast⁸を用いてユーザ映像からユーザ領域部分を切り出し、設定した仮想環境の背景と組み合わせる(図6)。話題や共作業に適した環境にすることで遠隔の相手とも空間共有感を持つことができ、共同作業の効率化や会話のスムーズさの向上、およびそれらによる共感的なやりとりを実現することが期待される。

4. 実験

4.1 実験概要

本実験は半透明パーティションを用いた遠隔コミュニケーションでの、会話相手と会話環境の様相がユーザに与える影響を検証する。実験機材、システムは3節で述べたものを基準に、仮想環境の描画、対話相手の実写/エージェント表示と、それぞれの切り替えを行った。実験参加者は、図7の部屋の半透明パーティションをセットしたデスクの前に座った状態で実験を行う。実験が始まると、実験参加者の前面の環境が現実空間（半透明パーティションに何も映さない状態）から仮想空間（パーティションに環境、対面人物の映像を写す状態）に様相を変える。仮想空間に環境が切り替わると、実験参加者は用意された台本の通りにパーティションに映された相手と台本通りの擬似的なコミュニケーションを行う。3分間の模擬会話のあと、5段階の質問項目に回答してもらう。本実験では実験参加者1人につき、会話とアンケートを4回繰り返した。

⁶ ひとつの音源から発する音の左右の耳における強度の差
⁷ ひとつの音源から発する音の左右に耳に届く時間の差

⁸ <https://www.telestream.net/wirecast/>

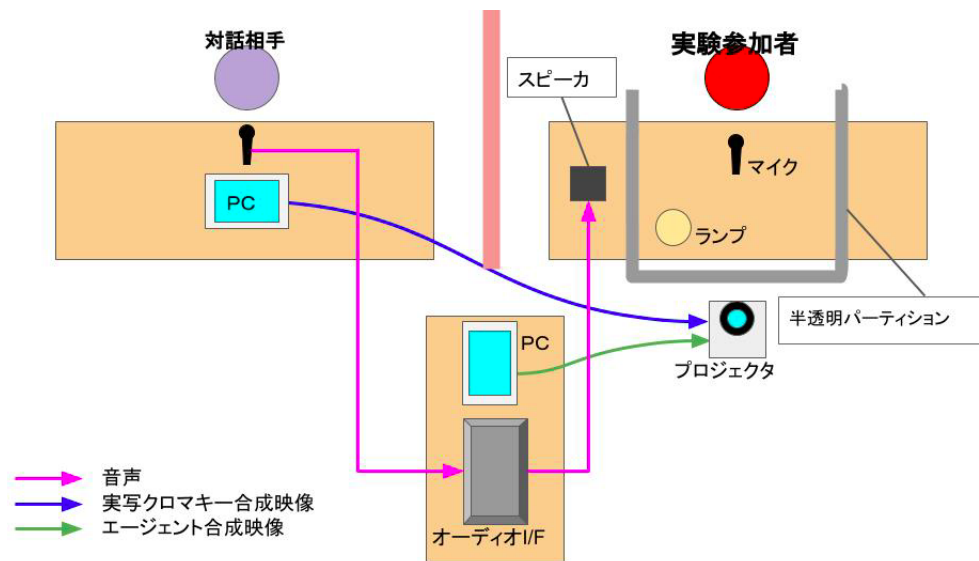


図7 実験環境を上から見た図



図8 実写

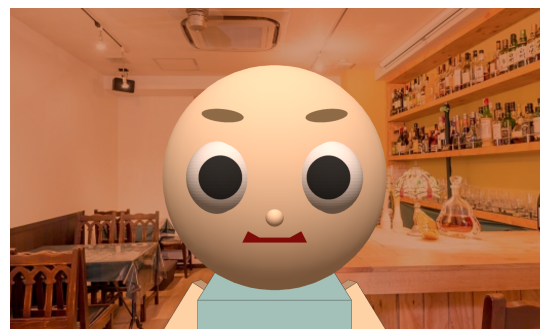


図9 エージェント

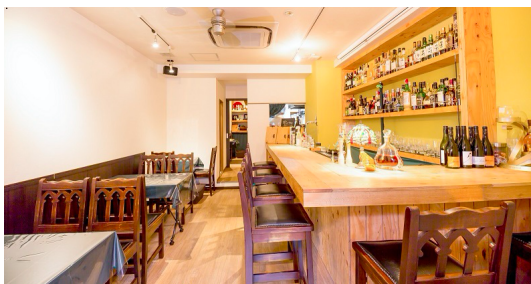


図10 カジュアル空間



図11 シリアス空間

4.2 実験内容

4.2.1 実験条件

実験条件を、以下の通り2要因2水準、合計4条件の被験者内実験計画として設定した。

要因A 会話相手の様相

a1 実写 (図8)

a2 エージェント (図9)

要因B 会話環境 (図11)

b1 カジュアル空間 (図10)

b2 シリアス空間 (図11)

4.2.2 仮説

実験システムを介して会話を行う上で、会話相手の様相が実写よりエージェントの方が話しやすく、リラックスした状態で会話を行うことができ、また現実空間から仮想空間への切り替わりを認知できると仮定した。会話環境では、カジュアル空間の場合はくだけた態度でカジュアルな会話をしやすく、リラックスして会話が行えるのではないかと仮定した。本実験の仮説は以下の通りである。

表1 アンケート項目

Q1	環境の切り替わりに違和感があった
Q2	くだけた態度で会話しやすかった
Q3	試行中リラックスした気分になった
Q4	会話環境が適切だと感じた
Q5	相手に気恥ずかしさを感じた
Q6	会話をする状況に緊張をした（セリフを正しく読むという状況ではない）
Q7	現実空間と仮想空間の切り替わりによって気分も切り替わった
Q8	この形態の仮想空間で会話を続けたいと思う
Q9	現実空間と仮想空間の違いをはっきりと感じた

1. 会話相手の様相が実写よりエージェントの方が話しやすい
2. 会話相手の様相が実写よりエージェントの方がリラックスする
3. 会話相手の様相が実写よりエージェントの方が気恥ずかしくない
4. 会話相手の様相が実写よりエージェントの方が現実環境から仮想環境への切り替わりを認知できる
5. オフィス環境よりカジュアル空間環境のほうがくだけた態度でカジュアルな会話ができる

4.2.3 実験参加者

20歳–30歳の日本語を母国語とする聴覚に異常がない男女24名（男女12名ずつ、平均年齢23.29、標準偏差2.44）が実験に参加した。

4.2.4 環境構築

本実験は本学高槻キャンパス TR101 教室で行った。

4.2.5 検証方法

実験参加者に質問項目（表1）に MOS（mean opinion score）法に従って5段階評価（5. 強くそう思う、4. ややそう思う、3. どちらともいえない、2. あまりそう思わない、1. 全くそう思う）で回答させた。Q1, Q7, Q9 は現実空間から仮想空間への環境の切り替わりについてを検証し、Q4 は設定された仮想環境についてを検証する。また、Q5 は実験中に会話相手へ抱いた印象を検証する。Q2, Q3, Q6, Q8 は実験での体験を通して感じた印象についてを検証する。

4.3 実験結果

各質問項目に対する回答値の平均とその標準誤差を図12に、分散分析（有意水準 $\alpha = 0.05$ ）の結果を表2に示す。設問1, 4, 6, 7, 8, 9の条件において有意差が認められなかった。また、全ての評価項目において交互作用は得られなかった。よって、仮説(4)「会話相手の様相が実写よりエージェントの方が現実環境から仮想環境への切り替わりを認知できる」は支持されなかった。

まず、会話相手の様相に関する結果として、設問5「相手に気恥ずかしさを感じた」の評価項目において、

会話環境にかかわらず有意差が見られ、仮説(3)の「(3) 会話相手の様相が実写よりエージェントの方が気恥ずかしくない」は支持された。

次に、会話を行う環境に関する結果として、設問2「くだけた態度で会話しやすかった」、設問3「試行中リラックスした気分になった」の評価項目においては、カジュアル空間 (b1) とシリアス空間 (b2) において有意差が見られ、仮説(1)「会話相手の様相が実写よりエージェントの方が話しやすい」仮説(2)「会話相手の様相が実写よりエージェントの方がリラックスする」は支持されなかったが、仮説(5)「(オフィス環境よりカジュアル空間環境のほうがくだけた態度でカジュアルな会話ができる」は支持された。

5. 考察

5.1 実験結果の考察

まず、実験の結果について考察を述べる。設問2, 3の結果より、カジュアル空間がシリアス空間に比べ、くだけた態度で会話ができ、リラックスした気分になる可能性が示された。このことから、会話環境によってユーザの気分や場の雰囲気を変化させられると考えられる。一方で、これらの設問において会話相手の様相に関する有意差は認められなかった。原因として、エージェントに関する予備調査を行わず、エージェントの外観を1種類しか用意しなかったためだと考えられる。今後はエージェントの見た目に関する印象調査を行い、会話内容やエージェントの置き換え元になる人物に応じたエージェントの外観を設定する必要がある。

設問4は両方の要因ともに有意差が見られなかった。その原因として、本実験で用いた台本の内容と環境要因との関連が薄かったためだと考えられる。台本の内容が業務的だとオフィスを、日常的だとカジュアル空間をそれぞれ適切だと感じたのではないかと予想される。

設問5の結果では、会話相手への話しかけやすさやリラックスの状態は関係なく、相手の様相がエージェ

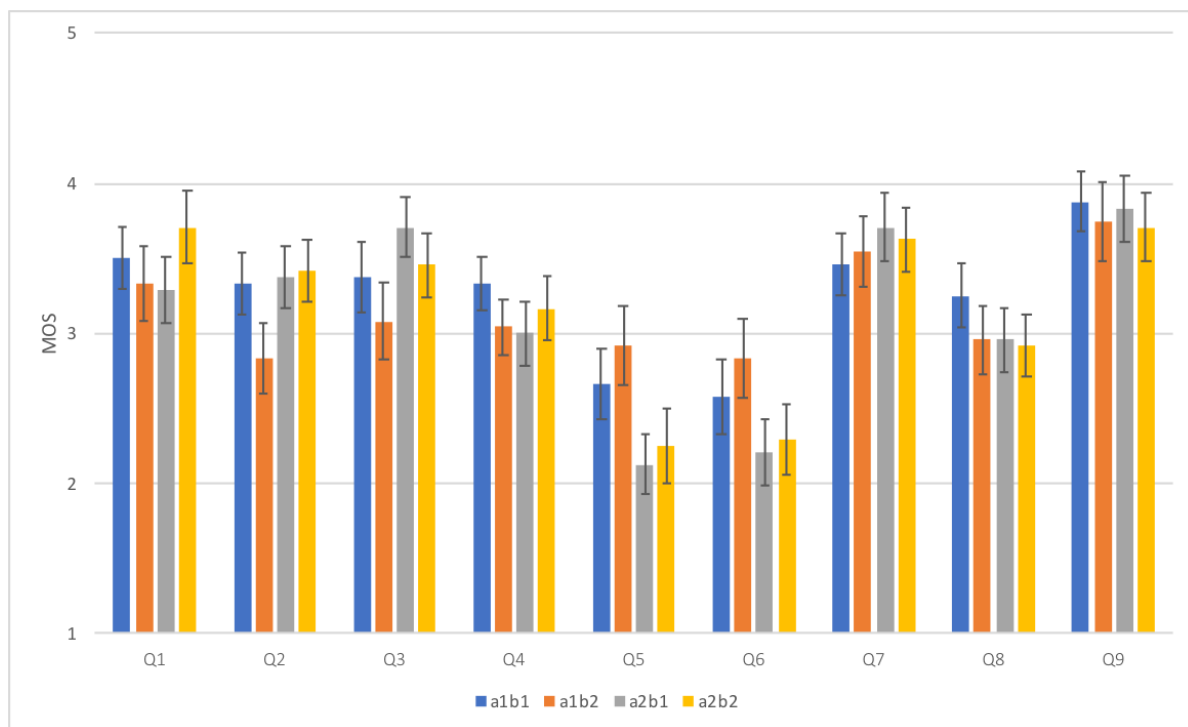


図 12 実験における MOS と標準誤差

表 2 分散分析結果

	Factor A		Factor B		Interaction (AB)	
	<i>F</i>	<i>p</i>	<i>F</i>	<i>p</i>	<i>F</i>	<i>p</i>
Q1	0.204	0.656	0.312	0.582	1.742	0.200
Q2	2.353	0.139	5.810	0.024*	3.242	0.085
Q3	2.979	0.098	4.769	0.039*	0.016	0.901
Q4	0.230	0.636	0.164	0.689	3.225	0.086
Q5	6.719	0.016*	1.959	0.175	0.223	0.641
Q6	3.628	0.069	1.643	0.213	0.228	0.638
Q7	0.489	0.491	0.000	1.000	0.354	0.558
Q8	0.467	0.501	3.172	0.088	1.062	0.314
Q9	0.022	0.883	0.552	0.465	0.000	1.000

* = $p < 0.05$

ントであること自体が、気恥ずかしさを軽減させることができるという結果に繋がったと考えられる。

設問 6 は両方の要因ともに有意差が確認できなかった。その原因として、台本を読むという疑似会話形式では、相手の言葉に対して自身の言葉を考えることや、難しい会話で言葉が詰まるなど、実際の会話での緊張感を感じるポイントが再現できなかったためだと考えられる。

仮説 (4) の「会話相手の様相が実写よりエージェントの方が現実環境から仮想環境への切り替わりを認知できる」について、設問 9 で有意差を確認できなかった。これは実験環境が暗く、現実空間への印象が弱かったためと考える。また空間切り替えの際にエフェクト

を用いなかったため、没入感を阻害してしまった可能性も考えられる。

5.2 本論文全体の考察

次に、システムへのフィードバックに向けた考察を述べる。本実験により、会話環境の違いによりユーザの気分や会話態度が変化することがわかった。また、会話相手の様相を実写でなくすることにより、会話相手へ抱く気恥ずかしさが軽減することが分かった。これらより、遠隔相手と空間を共有する際のエージェント表示の有用性、環境の変化がユーザの気分に影響を与えるということが証明できたと考えられる。一方、システムのうち、音源定位と裸眼立体視においては検証を行っておらず、環境への没入感や相手との空間共有

感について検証を行う必要があると考える。

6. おわりに

本稿では、遠隔のコミュニケーション相手との共同作業の効率化やコミュニケーションの支援を目的とし、単一デスクにおける現実/遠隔コミュニケーション形態に応じて環境を切り替え、環境を空間的に共有し、会話内容や気分に応じた周辺環境を提示する機能を実装した。また、会話環境や会話相手の様相がユーザの気分を与える影響について検証を行った。その結果、会話環境の違いがユーザの気分を変化させることが分かった。また、相手をエージェントへ置き換えることで、会話相手に抱く気恥ずかしさを和らげる傾向が確認された。しかし、エージェントに置き換えることでの話しかけやすさやリラックスした気分は確認できなかった。

今後は、システムに用いるエージェントについての設計や検証を行い、そのエージェントに自身の表情や感情を表現する手法^[42]を用いることでの齟齬のないコミュニケーション実現を目指す。また、切り替わる環境の種類や、環境切り替えの手法、切り替えエフェクトを多様化することで、直観的操作によるユーザインタラクションの進化や各環境への没入感の増幅、利用シーンの多様化が期待できる。併せて、本システムに気分誘導^{[43][44][45]}や環境構築^{[46][47]}のための音響、シーンに合わせた香り^{[48][49][50]}などの視覚以外の五感情報を組み合わせることで、よりリアルな仮想空間の提示を行い、ユーザの使用用途に適した支援を行うシステムを目指す。

謝辞

研究の推進にあたり、ご指導をいただいた関西大学総合情報学部 米澤朋子教授や同学大学院総合情報学研究科 何一澎氏をはじめとする先輩方、同学総合情報学部 佐々木志織氏をはじめとする同期の皆様に感謝する。また、実験に協力してくださった皆様に深謝する。

参考文献

- [1] 佐藤仁人, 乾正雄, 中村芳樹, 田中千絵美. 教務空間における視環境要因の人間心理に与える影響評価;. 日本建築学会計画系論文報告集, Vol. 405, pp. 29–37, 1989.
- [2] 長谷川祥子, 下村孝. 室内の植物が人間の心身に及ぼす影響に関わる研究の現状と今後の課題. 日本緑化工学会誌, Vol. 39, No. 4, pp. 552–560, 2013.
- [3] 加藤雪枝, 橋下令子, 雨宮勇. 室内空間に対する心理的及び生理的反応. 日本色彩学会誌, Vol. 28, No. 1, pp. 16–25, mar 2004.
- [4] 今西弘子, 生尾昌子, 稲本勝彦, 土井元章, 今西英雄. 植物の存在がオフィスで働く人々に与える心理的效果. 園芸学研究, Vol. 1, No. 1, pp. 71–74, 2002.

- [5] 岸本幸臣, 中西真弓. だんらん空間に関する研究 (第2報). *The Annals of physiological anthropology*, Vol. 10, No. 1, pp. 47–60, 1991.
- [6] 平田圭二. 未来の電話を考える—遠隔コミュニケーションシステム t-room (特集コミュニケーション環境の未来に向けた研究最前線);. NTT 技術ジャーナル, Vol. 19, No. 6, pp. 10–12, 2007.
- [7] Sigurdur O. Adalgeirsson and Cynthia: Breazeal. Mebot: A robotic platform for socially embodied presence;. In *Proceedings of the 5th ACM/IEEE International Conference on Human-robot Interaction*, HRI '10, pp. 15–22, 2010.
- [8] 坂本大介, 神田崇行, 小野哲雄, 石黒浩, 萩野紀博. 遠隔存在感メディアとしてのアンドロイド・ロボットの可能性. 情報処理学会論文誌, Vol. 48, No. 12, pp. 3729–3738, dec 2007.
- [9] 長谷川孔明, 中内靖. テレプレゼンスロボットによる無意識的身ぶりの表出が発話交替に与える影響. 日本機械学会論文集, Vol. 80, No. 819, pp. DR0321–DR0321, 2014.
- [10] 林正和, 植松尚幹, 岩崎昭浩, 小松原明哲. テレビ通信システムにおける会話特質について (2). 人間工学, Vol. 30, No. Supplement, pp. 134–135, 1994.
- [11] Miyajima.A, Itoh.Y, Itoh.M, and Watanabe.T.: Tsunagari communication : The design of the communication environment which aimed at keeping and fostering human relations and a field test for family members living apart;. *Human interface*, Vol. 5, No. 2, pp. 171–180, 2003.
- [12] 坂内祐一, 玉木秀和, 鈴木雄士, 重野寛, 岡田謙一. 実物体を用いた mr 空間での遠隔協同作業. 情報処理学会論文誌, Vol. 48, No. 7, pp. 2465–2476, jul 2007.
- [13] 小木哲朗, 山田俊郎, 栗田裕二, 服部陽一, 廣瀬通孝. 仮想空間共有のためのビデオアバタ技術とその利用法. 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, Vol. 8, No. 1, pp. 37–46, 2003.
- [14] 何一澎, 米澤朋子. 半透明パーティションを用いたデスク周辺 AR 環境切替による共食コミュニケーション支援. 一般社団法人電子情報通信学会, pp. 101–106, 2019.
- [15] Mukawa.N.: Analysis of communication structure in table talk and application to tele-table talk and virtual table talk systems;. *Technical report of IE-ICE. HCS*, Vol. 108, No. 317, pp. 17–18, 2008.
- [16] 塩川拓人, 井上智雄. 遠隔非食事者との擬似共食コミュニケーションのためのインタフェースエージェント surrogate diner. 情報処理学会論文誌デジタルコンテンツ (DCON), Vol. 2, No. 2, pp. 20–28, aug 2014.
- [17] 中西英之, キャサリンイズビスタ, 石田亨, クリフォードナス. 仮想空間内でのコミュニケーションを補助する社会的エージェントの設計. 情報処理学会論文誌, Vol. 42, No. 6, pp. 1368–1376, jun 2001.
- [18] 福井健太郎, 喜多野美鈴, 岡田謙一. 仮想空間を使った多地点遠隔会議システム : e-mulcs. 情報処理学会論文誌, Vol. 43, No. 11, pp. 3375–3384, nov 2002.
- [19] Watanabe.T, Okubo.M, Nakashige.M, and Danbara.R.: Interactor: Speech-driven embodied interactive actor. ;. *International Journal of Human-Computer Interaction*, Vol. 17, No. 1, pp. 43–60, 2004.
- [20] 鎧沢勇. 5. 共通要素技術. テレビジョン学会誌, Vol. 42, No. 11, pp. 1193–1198, 1988.
- [21] 今井順一, 前川光, 芝智偉. 人間同士のコミュニケーションにおいてエージェントの介在が及ぼす影響. 人工知能学会全国大会論文集, Vol. JSAI2014, pp. 2L4OS27a3–2L4OS27a3, 2014.

- [22] 加藤由樹, 赤堀侃司. 電子メールを使ったコミュニケーションにおける感情面に及ぼす相手の立場の影響. 日本教育工学会論文誌, Vol. 29, No. 4, pp. 543–557, 2006.
- [23] 野地朱真. 映像プロジェクションによる空間構築. 尚美学園大学芸術情報研究, Vol. 25, pp. 121–130, mar 2016.
- [24] 徳本冬華, 西名大作, 田中貴宏. 雨宿り空間の心理的評価に関する研究. 日本建築学会環境系論文集, Vol. 79, No. 699, pp. 393–402, 2014.
- [25] 高田格, 津村弘輔, 江本啓訓, 岡田謙一. アジェンダと変速再生を用いたデスクワークと遠隔会議参加の多重ワーク支援手法;. ワークショップ 2006 (GN Workshop 2006) 論文集, 第 2006 巻, pp. 85–90, 2006.
- [26] 関戸洋子, 西出和彦, 高橋鷹志. 小空間における天井高変化による心理的影響. 日本建築学会計画系論文集, Vol. 65, No. 531, pp. 133–140, 2000.
- [27] 笠木理史, 大坊郁夫, Masashi Kasagi, Ikuo Daibo, マサシカサギ, イクオダイボウ. Cmc と対面場面におけるコミュニケーション特徴に関する研究. 対人社会心理学研究, Vol. 3, pp. 93–101, 2003.
- [28] 大坊郁夫. ネットワーク・コミュニケーションにおける対人関係の特徴. 対人社会心理学研究, Vol. 2, pp. 1–14, 2002.
- [29] 中野有紀子, 西田豊明. 社会的情報共有のための没入型会話環境の提案. 社会技術研究論文集, Vol. 3, pp. 290–297, 2005.
- [30] 飛田博章. スケッチとペイント手法を利用した対話的 CG による 3 次元シーン製作に関する研究. PhD thesis, 電気通信大学, 2004.
- [31] 竹村治雄. 仮想空間を利用した協調作業環境. 人間工学, Vol. 29, No. 3, pp. 151–155, 1993.
- [32] Carolina Cruz-Neira, Daniel J. Sandin, and Thomas A.: DeFanti. Surround-screen projection-based virtual reality: The design and implementation of the cave;. In *Proceedings of the 20th Annual Conference on Computer Graphics and Interactive Techniques*, SIGGRAPH '93, pp. 135–142, 1993.
- [33] Brett R. Jones, Hrvoje Benko, Eyal Ofek, and Andrew D.: Wilson. Illumiroom: Peripheral projected illusions for interactive experiences;. In *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, CHI '13, pp. 869–878, 2013.
- [34] Sean Follmer, Daniel Leithinger, Alex Olwal, Akimitsu Hogge, and Hiroshi Ishii:. inform: dynamic physical affordances and constraints through shape and object actuation;. In *UIST*, 2013.
- [35] Andrew Jones, Magnus Lang, Graham Fyffe, Xueming Yu, Jay Busch, Ian McDowall, Mark Bolas, and Paul: Debevec. Achieving eye contact in a one-to-many 3d video teleconferencing system:. *ACM Trans. Graph.*, Vol. 28, No. 3, pp. 64:1–64:8, 2009.
- [36] Yoshida.N and Yonezawa.T:. Spatial communication and recognition in human-agent interaction using motion-parallax-based 3dcg virtual agent;. In *Proceedings of the 3rd International Conference on Human-Agent Interaction*, HAI '15, pp. 97–103, 2015.
- [37] 吉田直人, 米澤.朋子. ユーザ視点位置に応じた描画エージェントを用いた実空間内注視コミュニケーションの検証;. 電子情報通信学会論文誌 D, Vol. J99-D, No. 9, pp. 915–925, 2016.
- [38] 岡田耕介, 川口孝幸, 榎本成悟, 伊勢史郎. コンパクトな没入型聴覚ディスプレイの試作と評価. 日本音響学会誌, Vol. 62, No. 1, pp. 32–41, 2005.
- [39] 小木哲朗, 茅原拓朗, 加藤允文, 浅山宏, 廣瀬通孝. 没入型多面ディスプレイのためのインタラクティブ高臨場感音場提示手法. 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, Vol. 8, No. 1, pp. 75–83, 2003.
- [40] 阿部圭一, 大木直人, 寺本邦夫, 岡田謙一, 松下温. Vcp 仮想音場空間を利用したコミュニケーションツール (マルチメディア一般) ;. Technical Report 29(1993-AVM-004), 慶應義塾大学理工学部, 慶應義塾大学理工学部, 慶應義塾大学理工学部, 慶應義塾大学理工学部, mar 1994.
- [41] 高田英明. イマーシブテレプレゼンス技術 “kirari!”. 日本画像学会誌, Vol. 56, No. 4, pp. 366–373, 2017.
- [42] 伊藤冬子, 廣安知之, 三木光範. 雰囲気視覚化機能とアバターの利用による合意形成のためのオンライン会議システム. 人工知能学会全国大会論文集, Vol. JSAI06, pp. 119–119, 2006.
- [43] 松本じゅん子. 音楽の気分誘導効果に関する実証的研究. 教育心理学研究, Vol. 50, No. 1, pp. 23–32, 2002.
- [44] 吉田智大, 吉永真理. 薬局待合室における bgm 聴取が患者の気分に与える影響. *YAKUGAKU ZASSHI*, Vol. 134, No. 8, pp. 901–908, 2014.
- [45] 貫行子, 長田乾, 川上央. 音楽聴取による脳波変動と気分変化、音楽選好と性格特性の関連性. 情報処理学会研究報告音楽情報科学 (MUS) , Vol. 2004, No. 111, pp. 35–40, nov 2004.
- [46] 井上雅裕, 柳井人生, 後藤恵之輔. 長崎市におけるサウンドスケープに関する調査分析. 長崎大学工学部研究報告, Vol. 35, No. 65, pp. 54–58, jul 2005.
- [47] 森勢将雅, 杉林裕太郎, 栗元総太, 西浦敬信. 音像プラネタリウム: 超音波スピーカを利用した 3 次元音場再生方式. 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, Vol. 16, No. 4, pp. 687–693, 2011.
- [48] 重野寛, 本田新九郎, 大澤隆治, 永野豊, 岡田謙一, 松下温. 仮想空間における風と香りの表現手法仮想空間システム friend park. 情報処理学会論文誌, Vol. 42, No. 7, pp. 1922–1932, jul 2001.
- [49] 柳田康幸. 香りの提示とバーチャルリアリティ. 計測と制御, Vol. 43, No. 2, pp. 139–144, 2004.
- [50] 横山智史, 谷川智洋, 広田光一, 廣瀬通孝. ウェアラブル嗅覚ディスプレイによる匂い場の生成・提示 (五感情報インタフェース). 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, Vol. 9, No. 3, pp. 265–274, 2004.