

接近インタラクションによる オフィス/在宅拠点間のコミュニケーション促進手法の提案

辻 真彦^{†1} 深沢 彩花^{†2} 千明 裕^{†1}

概要: 近年、コロナ流行の影響を受け、企業のテレワークや学校のリモート授業が急速に普及した。しかし、テレワークでは社員間の交流の質・頻度が低下する傾向があり、これに起因した様々な負の影響が危惧される。本研究では、テレワークと出社勤務の混在したハイブリッドワーク環境下において、オフィスと在宅の離れた社員同士がより高頻度・高品質なコミュニケーションができることを目的に、リアルとバーチャルのオフィスを交錯させたコミュニケーション促進手法を提案する。このうち、本誌ではオフィス拠点の提案手法について述べる。オフィス拠点と在宅拠点の社員のアバターが存在するバーチャルオフィスを構築し、オフィス拠点の社員の接近動作に合わせて、バーチャルオフィス上の仮想カメラを移動させることで、運動視差を発生させるインタラクションを提案する。この接近時のインタラクションにより、ソーシャルプレゼンスの向上を狙う。また接近時のインタラクションを出社した複数の社員に適用可能とするための機能を提案する。まずは提案手法のプロトタイプを作成し、少人数での主観評価を行い、提案手法の有効性を確認した。評価結果より、提案手法によってオフィス拠点の複数人の社員がより高いソーシャルプレゼンスを感じられることを確認した。

1. 背景と目的

近年、コロナ流行の影響を受け、企業のテレワーク、学校のリモート授業が急速に普及した。またコロナ収束後もテレワークは一定比率で継続して残ることが予想されている[1]。今後は、テレワークと現地出社勤務が混在するハイブリッドワークと呼ばれる勤務形態が主流になると言われている。しかし、テレワークでは社員間のコミュニケーションの質・頻度が低下する傾向がある。これにより社員間の信頼関係構築の場の減少や合意形成時の納得感の低下等、様々な負の影響が危惧される[2]。

一方で、GPU や高速通信、センシング技術等の様々な技術の高度化に伴い、古くからあるバーチャル空間を作る試みは、近年「メタバース」や「デジタルツイン」と呼ばれ期待されている[3]。

そこで我々は、バーチャル空間上にバーチャルオフィスを構築し、それを介することでハイブリッドワーク環境下の遠隔地間の社員同士がより高頻度・高品質なコミュニケーションができる世界を目指す。バーチャル空間上のバーチャルオフィスにはすべての拠点の社員のアバターが同一空間に存在する。オフィス拠点では、このバーチャルオフィスと交錯するスポットを構築し、出社した社員が気軽に立ち寄ってバーチャルオフィスのアバターとコミュニケーションを行うことができる。在宅拠点は、専用設備を必要とせず、一般的な PC 上でバーチャルオフィス上の他の社員を確認し、気軽に話しかけることができることを目指す。

このうち、本誌ではオフィス拠点の提案システムについて述べる。オフィス拠点には複数人の社員が存在し、在宅拠点には一人の社員が存在する。それぞれの拠点は複数あることを想定するが、本誌では各拠点が1つのケースを検討する。

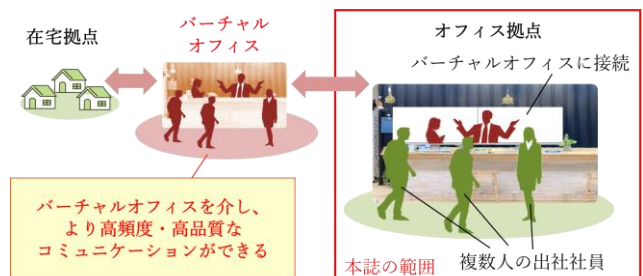


図1: 目指す世界

2. 従来研究

2.1 ソーシャルプレゼンス

コミュニケーションにおいては、言語情報の他に非言語的シグナル(表情・仕草など)が重要と言われている。しかし、通信メディアを介した遠隔拠点間のコミュニケーションでは、これらの非言語的シグナルが再現できず、コミュニケーションの不全が起り、信頼関係が構築しにくいと言われている[2]。

これに対し、「ソーシャルプレゼンス」と呼ばれる通信メディアを使用している2人間における「その場にいる」という感覚の質や状態を表す考え方がある。ソーシャルプ

†1 日本電信電話(株) 人間情報研究所

†2 東京工業大学 工学院

プレゼンスは、通信メディアの種類によって高低があり、テキストや音声よりも映像のあるコミュニケーションの方がソーシャルプレゼンスは高いと言われている。ソーシャルプレゼンスが高いと社会的で温かみを感じる人が多く、ソーシャルプレゼンスが低いと人間味がないと感じる人が多いと言われている[4].

2.2 ソーシャルプレゼンスを高める要素/設備

ソーシャルプレゼンスを高める要素として、対向拠点の対話者がいる空間の構造(スケール/見た目)を再現させることや、インタラクションを再現させることがある。

例えば、空間構造を再現した事例として、対向拠点の他者との間で視線を一致させることでソーシャルプレゼンスを向上させている[5]. また平田らは遠隔地と現地の両方に、円形上に配置したディスプレイで囲まれた同一の空間を用意し、互いの拠点の様子を映して同期させることで、遠隔地の他者との空間上のサイズ/位置を再現した[6]. インタラクションを再現した事例として、現地ユーザのディスプレイへの接近動作に連動して対向拠点の他者を映すカメラを前進させ、カメラの映像に運動視差を生じさせることでソーシャルプレゼンスを向上させた[7]. 石井らは、現地ユーザの視点位置に応じて、対向拠点の他者を映すカメラ視点を左右方向に動かすことでソーシャルプレゼンスを向上させた[8].

ソーシャルプレゼンスを高める設備として、空間に専用装置を設けるものと、ユーザに専用デバイスを装着させるものがある。例えば、メディアスペースと呼ばれる研究分野では、空間に専用のコミュニケーション空間/設備を構築する必要があるが、ユーザは専用デバイスの装着が不要である傾向がある。また VR 空間に VR ゴーグル/コントローラで没入する WorkRooms[9]等のツールでは、ユーザは VR ゴーグルのような専用デバイスを装着する必要はあるが、空間に専用設備は不要である。

3. 要件定義

我々の目的は、オフィス/在宅の社員がより高頻度・高品質なコミュニケーションができることである。我々の目的とオフィス/在宅環境の性質から以下の要件を定義する。

- 要件①: 高品質なコミュニケーションを行うために、ソーシャルプレゼンスを向上させること。
- 要件②: 高頻度なコミュニケーションを行うために、ユーザの負荷が小さく、定常的に本システムを利用できること。
- 要件③: 在宅拠点には作業用デスク等の限定的なスペースしかないことから、大掛かりな装置の設置/スペースは不要とすること。

- 要件④: オフィス拠点には複数の社員が出社するため、複数人がコミュニケーションに参加でき、かつソーシャルプレゼンスの向上を感じられること。

4. 提案手法

本誌ではオフィス拠点に対し、要件①~④を満たす遠隔拠点間のコミュニケーション促進手法を提案する。

要件①のソーシャルプレゼンスを向上させるため、本誌では相手に接近する際に生じる運動視差に着目する。このとき、要件②のオフィス拠点のユーザ負担は小さくする必要があるので、社員は VR ゴーグル等の専用デバイスを装着せず、代わりにオフィス空間に専用装置を設ける。また要件③の通り在宅拠点には専用設備/スペースを不要とする。運動視差はカメラ視点の移動により発生させることができるが、そのためにはカメラの移動機構/スペースが必要であり、大掛かりなシステム構築が必要であった[7]. すなわち、一方の拠点にはユーザが接近動作をするための移動スペース、他方にはカメラを移動させる機構/スペースが必要であった。両拠点にスペースが必要だが、我々は要件③の通り在宅拠点には専用設備/スペースを不要としたい。そこで、オフィス拠点と在宅拠点の社員のアバターが存在するバーチャルオフィスを構築し、オフィス拠点の社員の接近動作に合わせて、バーチャルオフィス上の仮想カメラを在宅拠点アバターに接近移動させることで運動視差を発生させるインタラクションを提案する。提案手法では、在宅拠点にカメラの移動機構/スペースを必要とせずバーチャルオフィス上で運動視差を発生させることができる。

4.1 提案機能①接近インタラクション

オフィス拠点には、バーチャルオフィスを投影するディスプレイ、社員の接近を検知する深度カメラ、対話用のマイク/スピーカを設置する。オフィス拠点の社員がディスプレイに接近すると、深度カメラで社員の接近動作を検知し、バーチャルオフィス上の仮想カメラを同期移動させることで運動視差のある映像をディスプレイに投影する。この接近動作を起因としたインタラクションにより、バーチャルオフィス上の運動視差を生じさせ、ソーシャルプレゼンス

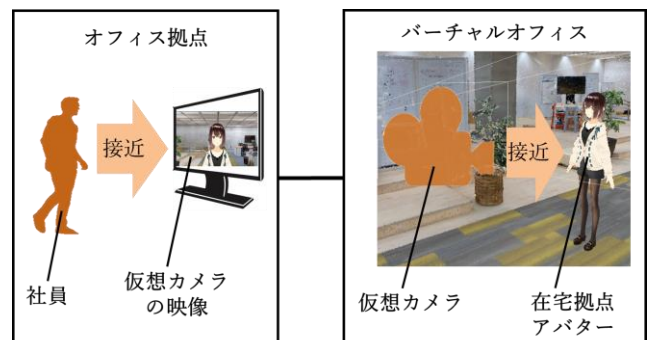


図 2: 接近インタラクションのイメージ

の向上を狙う。なお、在宅拠点はバーチャルオフィスと接続できる一般的な作業用 PC(音声入出力有り)が最低限必要である。

次に要件④の通り、出社した複数の社員に対し、接近インタラクションを提供する必要がある。従来、視点映像のような出力は、1つのディスプレイで複数人分を提供することが難しい。これは人によって視点位置/視点映像が異なるためである。ここで、我々の提案する接近インタラクションでは、ユーザの接近に合わせて仮想カメラの視点位置を移動させるが、接近時以外は仮想カメラの視点位置を移動させる必要が無い。そこで、ユーザの位置/接近動作の状態に応じて仮想カメラ/ディスプレイの制御権を複数人のうちから自動的に選定/付与することで、複数人の視点映像を切り替え表示できる制御権選定機能を提案する。この機能により、例えば後からコミュニケーションに参加してきたオフィス拠点社員にも接近インタラクションによるソーシャルプレゼンスの向上が期待できる。

4.2 提案機能②制御権選定機能

オフィス拠点には複数人の社員が出社することから、出社している複数の社員に接近インタラクションを提供する必要がある。そこで、深度カメラの検知範囲を「接近中エリア」と「接近済みエリア」に分け、接近中エリアにいる社員複数人の中から仮想カメラの制御権を付与する対象を選定する機能を提案する。制御権を得た社員は接近中エリア外に移動すると制御権を失う。また接近中エリアに複数人が存在する場合は、最初に接近中エリアに入った社員に制御権を付与する。



図3：制御権選定機能のイメージ

提案手法は、接近インタラクションによりディスプレイに運動視差のある映像を投影することで、ソーシャルプレゼンスを向上(要件①)させる。オフィス拠点の社員は VRゴーグル等のデバイスの装着は不要であり、いつでも気軽に立ち寄ってバーチャルオフィスのアバターとコミュニケーションを行うことができる(要件②)。接近インタラクションの制御対象はバーチャルオフィス上の仮想カメラであり、在宅拠点のカメラは移動が不要である。これにより在

宅拠点には一般的な作業用 PC(音声入出力有り)のみが必要であり、特別な装置は必要としない(要件③)。また、制御権選定機能により、接近インタラクションを複数人から選択的に提供できる(要件④)。

5. プロトタイプ構築

提案手法のプロトタイプとして、図4に示すシステムを構築した。

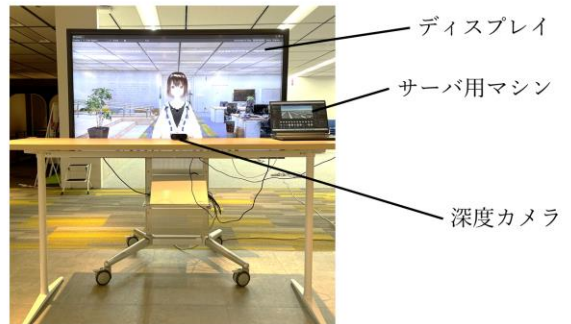
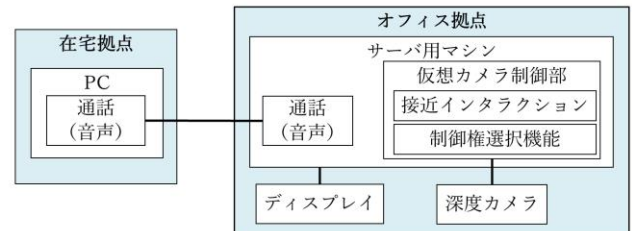


図4：機能ブロック/プロトタイプ構成

オフィス拠点側には、バーチャルオフィスを映すディスプレイと深度カメラ、対話用のマイク/スピーカ、提案機能を提供するサーバ用マシンを設置する。深度カメラは Azure Kinect DK [10]を用いた。深度カメラの正面方向半径2m以内を接近済みエリア、半径2m~4mを接近中エリアとした。対話用のマイク/スピーカはサーバ用マシンに備え付けのデバイスを用いた。在宅拠点側には、音声のみの対話アプリが動作するPCを用意した。

6. 主観評価

6.1 主観評価の概要

提案手法の有効性を確認するため、プロトタイプを用いた以下の2つの主観評価を行った。なお本誌で評価するソーシャルプレゼンスとは「遠隔拠点側の対話者と同じ空間にいるような感覚」とする。

(1) 提案する接近インタラクションによるソーシャルプレゼンスの向上効果の評価

接近インタラクションでは、バーチャルオフィス上での運動視差を生じさせる。バーチャルオフィス上の運動視差でもソーシャルプレゼンスを向上させられるかを確認する

ため、被験者 8 名（男女、20～50 代）を対象に主観評価を行った。

主観評価では、被験者がディスプレイに接近すると、バーチャルオフィス上の仮想カメラがアバターに接近する。その際、仮想カメラの接近方法を 3 パターン用意し、それぞれのパターンに対し「在宅拠点のユーザと同じ空間にいるように感じたか？」のアンケート（4 段階評価）と自由回答をヒアリングした。

- パターン 1：仮想カメラをズームさせ、アバターに近づく
- パターン 2：仮想カメラを前後方向に移動させ、アバターに近づく
- パターン 3：仮想カメラを前後+左右方向に移動させ、アバターに近づく



図 5：接近イメージ図

(2) 提案する制御権選定機能による複数人のソーシャルプレゼンスの向上効果の評価

制御権選定機能では、仮想カメラの制御権を付与する対象を切り替えることで、複数人に接近インタラクションを提供する。ソーシャルプレゼンスの向上効果を損なうことなく、複数人に接近インタラクションを提供できるかを確認するため、被験者 8 名（男女、20～50 代）を対象に主観評価を行った。

主観評価では、以下のシナリオを 1 人目、2 人目として体験してもらい、「在宅拠点のユーザと同じ空間にいるように感じたか？」と「2 人目接近時のディスプレイの表示に違和感があったか？」とのアンケート（4 段階評価）と自由回答をヒアリングした。

- シナリオ：1 人目がディスプレイに接近すると、仮想オフィス内の仮想カメラがアバターに接近する。その後、2 人目がディスプレイに接近すると、仮想カメラが初期位置に戻り、アバターに接近する。

6.2 主観評価の結果

(1) 接近インタラクションによるソーシャルプレゼンスの向上効果の評価結果

「在宅拠点のユーザと同じ空間にいるように感じたか？」のアンケートの平均値と標準偏差を図 6 に示す。

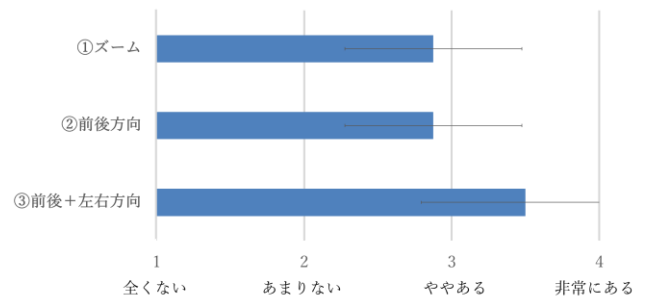


図 6：「在宅拠点のユーザと同じ空間にいるように感じたか？」（1 人を対象）

パターン 1（ズーム）をベースにパターン 2、3 との有意差を確認した（t 検定/有意水準 5%）。パターン 2（前後方向）は、パターン 1（ズーム）との差は見られなかった。パターン 3（前後+左右方向）は、パターン 1（ズーム）よりソーシャルプレゼンスが有意に向上した。

(2) 制御権選定機能による複数人のソーシャルプレゼンスの向上効果の評価結果

「在宅拠点のユーザと同じ空間にいるように感じたか？」のアンケートの平均値と標準偏差を図 7 に示す。

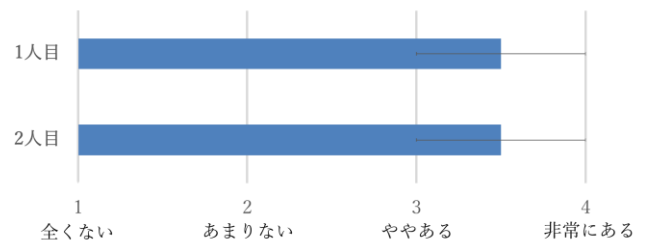


図 7：「在宅拠点のユーザと同じ空間にいるように感じたか？」（2 人を対象）

1 人目と 2 人目のアンケート結果を比較し、有意差を確認した（t 検定/有意水準 5%）。1 人目も 2 人目も、同等のソーシャルプレゼンスを感じる事がわかった。

次に「2 人目接近時のディスプレイの表示に違和感があったか？」のアンケートの平均値と標準偏差を図 8 に示す。

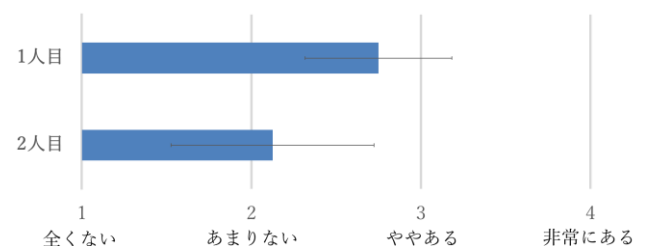


図 8：「2 人目接近時のディスプレイの表示に違和感があったか？」

1 人目と 2 人目のアンケート結果を比較し、有意差を確認した（t 検定/有意水準 5%）。

1人目は2人目よりも、有意に違和感を得ることがわかった。

7. 考察

(1) 接近インタラクションによるソーシャルプレゼンスの向上効果の考察

仮想カメラを前後方向に移動させるだけでも運動視差は生じるため、ソーシャルプレゼンスが向上する可能性があったが、主観評価の結果、仮想カメラのズームと前後移動とで同程度のソーシャルプレゼンスであった。これは、実験時の映像を比較すると、前後移動とズームとの映像の差は小さく(図5)、前後移動だけでは運動視差の効果が出づらかったと考えられる。事実、ほとんどの被験者が「違いがわからなかった」という回答であった。

次に、仮想カメラの移動方向に左右方向を足すと、ソーシャルプレゼンスが有意に向上した。これは左右方向の移動により、より大きな運動視差が生じたためと考えられる(図5)。またその他に、ほとんどの被験者から「リアルに近い動きで接近できてよかった」という回答があった。これは評価時に被験者がディスプレイの斜め前から接近した際、仮想カメラを前後左右方向に動かすことで、リアル空間の接近動作をより高度に再現できたためと考えられる。このことから、運動視差の要素の他に、リアル空間の動作の再現性の要素が影響していると考えられる。

(2) 制御権選定機能による複数人のソーシャルプレゼンスの向上効果の考察

シナリオを1人目として体験した際と2人目として体験した際とで、同程度のソーシャルプレゼンスを感じるということがわかった。これは提案手法によって接近インタラクションを複数人に提供できたと考えられる。

一方で、シナリオを1人目として体験する際、2人目が接近した時のディスプレイ表示に違和感を得やすいことが分かった。これは被験者からは「突然ディスプレイの表示が変わるので、不自然であった。」という回答があった。このことから接近済みのユーザの違和感は、意図しないディスプレイの動きから生じるものであると考えられる。また「ディスプレイの表示が変わる前に、アバターが2人目に手を振ると状況がわかってよい」という回答があった。このことからアバターの動作等により状況を示唆することで、接近済みのユーザの違和感は緩和できる可能性がある。

8. まとめ

本研究では、テレワークと現地出勤勤務の混在したハイブリッドワーク環境下において、オフィスと在宅の離れた社員同士がより高頻度・高品質なコミュニケーションがで

きることを目的に、リアルとバーチャルのオフィスを交錯させたコミュニケーション促進手法を提案した。提案手法では、オフィスに出勤した複数の社員を対象に、接近動作に応じてバーチャルオフィス上の運動視差を生じさせる接近インタラクションを提供する。まずは提案手法のプロトタイプを作成し、少人数での主観評価を行った。主観評価の結果、バーチャルオフィス上でも運動視差を生じさせることで、ソーシャルプレゼンスを向上できることが分かった。またユーザの接近状態に応じてディスプレイの制御権を複数人のうちから選定/付与することで、ソーシャルプレゼンスを下げることなく、接近インタラクションを複数人に提供できることが分かった。

今後の課題として、運動視差以外の要因(リアル空間の動作の再現性)を分析するための追加試験、1人目が感じるディスプレイの違和感を緩和する方法の検討を行う必要がある。またその他、アバターの表現方法や動作等、ソーシャルプレゼンスに影響する要素を分析/検証する必要がある。

謝辞 本研究にご協力頂いた皆様に、謹んで感謝の意を表する。

参考文献

- [1] “令和3年版 情報通信白書” .
<https://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/whitepaper/ja/r03/pdf/index.html>, (参照 2022-12-20).
- [2] Walther, J. B. and Parks, M. R.. Computer-mediated communication and relationships: Handbook of interpersonal communication, 3rd ed., SAGE publications, 2002, p. 529-563.
- [3] “Web3 時代に向けたメタバース等の利活用に関する研究会 (第1回) 資料1-2 事務局資料” .
https://www.soumu.go.jp/main_sosiki/kenkyu/metaverse/01_siryuu.html, (参照 2022-12-20).
- [4] Short, J., Williams, E. and Christie, B.. The social psychology of telecommunications, John Wiley & Sons Ltd, 1976.
- [5] Bondareva, Y. and Bouwhuis, D.. Determinants of Social Presence in Videoconferencing. Proc. AVI 2004 Workshop on Environments for Personalized Information Access, 2004, p. 1-9.
- [6] HIRATA, K. et al.. t-Room: Remote collaboration apparatus enhancing spatio-temporal experiences. Proc. CSCW' 08, 2008.
- [7] NAKANISHI, H. MURAKAMI, Y and KATO, K.. Movable cameras enhance social telepresence in media spaces. In: Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems, 2009, p. 433-442.
- [8] ISHII, R. et al.. MoPaCo: High telepresence video communication system using motion parallax with monocular camera. In: 2011 IEEE International Conference on Computer Vision Workshops (ICCV Workshops). IEEE, 2011, p. 463-464.
- [9] “WorkRooms” .<https://www.meta.com/jp/work/workrooms/>, (参照 2022-12-20).
- [10] “Azure Kinect DK” .<https://azure.microsoft.com/ja-jp/products/kinect-dk/>, (参照 2022-12-20).