

コミュニケーションを拡張する“超現実テレプレゼンス”の提案

横山正典^{†1} 鈴木啓太^{†2} 木下由貴^{†2} 望月崇由^{†1} 山田智広^{†1} 櫻井翔^{†2}
鳴海拓志^{†2} 谷川智洋^{†2} 廣瀬通孝^{†2}

異なる場所にいる人同士が同じ場所に対話しているかのような体験を実現する技術であるテレプレゼンスの研究が進められている。本稿では、人の非言語メディアを拡張することでF2Fでは生じ得ない心理効果を伴う遠隔コミュニケーションを実現する“超現実テレプレゼンス”を提案する。超現実テレプレゼンスの具体例として、視線の指向性の制御、Social Touchの心理効果の制御、Proxemicsに基づく対面距離の制御を行うテレプレゼンスインタフェースを示し、今後の課題、想定される適用例、今後の展望について述べる。

A Proposal for “Surreal Telepresence” Augmenting Communications

MASANORI YOKOYAMA^{†1} KEITA SUZUKI^{†2} YUKI KINOSHITA^{†2}
TAKAYOSHI MOCHIZUKI^{†1} TOMOHIRO YAMADA^{†1} SHO SAKURAI^{†2}
TAKUJI NARUMI^{†2} TOMOHIRO TANIKAWA^{†2} MICHITAKA HIROSE^{†2}

Telepresence research that brings the experience, which people in different places feel like they are interacting in a same place, into reality is advanced. In this paper, we propose “Surreal Telepresence” that brings telecommunication with the psychological effects which aren't provided in face to face situation into reality. And we indicate three ideas of Surreal Telepresence: control of the psychological effects of Social Touch, control of the directivity of eye-gaze, and Proxemics based control of the interpersonal distance between the operator and the local user. At the end of this paper, we describe the challenges for the future, the envisioned applications of Surreal Telepresence, and the future work.

1. はじめに

電話やスマートフォンが普及したことにより、人はお互いの間の距離を気にかけることなくコミュニケーションを行うことが当たり前となった。現在はテキストや画像、音声による遠隔コミュニケーションが一般的であるが、映像などのより豊富な情報を活用した遠隔コミュニケーションであるテレプレゼンスの研究が進められている[1]。

テレプレゼンスの研究は幾つかの観点で取り組まれている。その一つは臨場感コミュニケーションである。これは、3次元映像や大画面高精細映像、3次元音響再生などを用いて、遠隔地にいるオペレータが現地を高い臨場感を伴って体験できることを目指した研究である[2]。

現地対話者に対して、遠隔地のオペレータがあたかも現地にいるかのような存在感を実現する研究も進められている。オペレータをリアルに再現したロボットを活用する手法[3]や、映像中のオペレータの動作と連動したディスプレイの動作によって存在感を向上させる手法などが提案されている[4]。

また、よりインタラクションにフォーカスしたテレプレゼンスである Mobile Remote Presence (MRP) の研究も存在する[1]。近年ではスマートフォンやタブレット PC を活用した MRP が登場し、アメリカを中心に実用レベルでも活

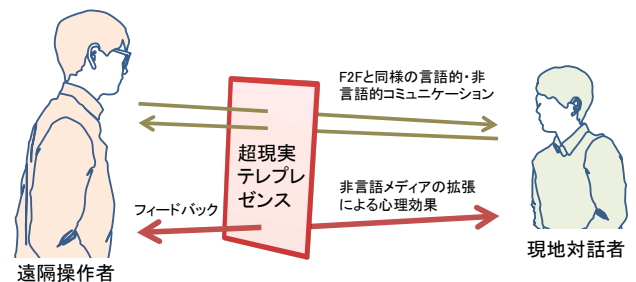


図 1 超現実テレプレゼンスの概要
Figure 1 Overview of Surreal Telepresence.

用されるようになってきた[5][6]。

上記の従来研究に共通したモチベーションは、いかに Face to Face (F2F) のコミュニケーションに近づけるかにあると言える。しかし、F2F を遠隔コミュニケーションの理想とするだけでなく、テレプレゼンスというインタフェースが人と人の間に介入することで、コミュニケーションに関わる多くの要素を拡張することができるはずであり、F2F を超える利便性を遠隔コミュニケーションにおいて実現することができるはずである。

本稿では、人の非言語メディアを拡張することでF2Fでは生じ得ない心理効果を伴う遠隔コミュニケーションを実現する“超現実テレプレゼンス”のコンセプトについて述べ、そのバリエーションを示した後に、具体例として視線の指向性制御、Social Touch[7]による心理効果の制御、Proxemics[8]に基づく対面距離制御を行う超現実テレプレ

^{†1} NTT サービスエボリューション研究所
NTT Service Evolution Laboratories
^{†2} 東京大学
The University of Tokyo

表 1 超現実テレプレゼンスのバリエーション

Table 1 Variation of Surreal Telepresence.

	身体接触	人体	パラランゲージ	目	動作	対人空間	沈黙	時間	色彩
個人・状況による 違いの補完	Social Touchによる心理効果の制御				Smart Face				
人類が持ち得ない 機能の付加				視線の指向性 制御	Proxemicsに基づく対面距離の 制御				

ゼンスを提案し、超現実テレプレゼンスの可能性について議論する。

2. 超現実テレプレゼンス

超現実テレプレゼンスの概要を図1に示す。第1章で述べたとおり、従来のテレプレゼンス研究では、現地の臨場感やユーザの存在感、インタラクションなどの観点で F2F に近づけることが主な目的とされてきた。それに対して、超現実テレプレゼンスは、テレプレゼンスというインタフェースを通して人の非言語メディアを拡張することで、F2F では生じ得ない心理効果を伴う遠隔コミュニケーションを実現するテレプレゼンスである。

遠隔地において人の持つ機能を拡張する研究はこれまでも行われてきた。例えば、館らは人の大きさや感覚器を拡張する拡張型トレイグジスタンスを提案している[2]。また、身体増強を実現するための研究領域も存在し、主観的な視点だけでなく第三者視点も体験可能とする技術などが研究されている[9]。拡張型トレイグジスタンスや身体増強の研究は、どちらも個人内に閉じた、いわばイントラパーソナルな拡張に焦点を当てているといえる。

これに対し、超現実テレプレゼンスは、相手から見た自分の拡張であり、すなわちインターパーソナルな拡張であるといえることができる。

超現実テレプレゼンスが実現できれば、実際のコミュニケーションを、ユーザが理想とするコミュニケーションにより近づけることができ、より聴者からのフィードバックを引き出す遠隔プレゼンや、より生徒のモチベーションを高める遠隔授業、より患者のストレスを低減する遠隔診療などが実現できると考えられる。

3. 超現実テレプレゼンスのバリエーション

表 1 に超現実テレプレゼンスのバリエーションを示す。超現実テレプレゼンスのバリエーションを考える観点の一つとして、拡張する非言語メディアの種類が挙げられる。非言語メディアの種類は、人体（性別、年齢、体格など）、動作（ジェスチャ、表情など）、目（視線など）、パラランゲージ（はなしことばに付随する音声上の性状と特徴）、沈黙、身体接触、対人的空間、時間、色彩の9つに分類できると言われている[10]が、これら9つの非言語メディアはそれぞれ多くの要素を持っており、また非言語メディア同

士が密接に関係しあっているため、非言語メディアの組み合わせの数などを考えると、超現実テレプレゼンスのバリエーションは多数存在すると考えられる。

もうひとつの超現実テレプレゼンスのバリエーションを考える観点として、個人・状況による違いを補完するものであるか、人類が持ち得ない機能を付加するものという分類がある。

個人・状況による違いを補完するものとは、例えば、性別や年齢、文化、あるいは雑談や会議、講演などの状況やその時々的心境が異なることによって生じる非言語メディアの個人間の違いを補完するものを指す。個人・状況による違いを補完する例として、中里らが提案した Smart Face がある[11]。これは、遠隔会議における参加者の表情を制御することでアイディエーションの効率を向上させるものである。

今回、個人・状況による違いを補完する新たな例として、Social Touch による心理効果の制御について述べる。Social Touch は利他的な行動の誘発などの心理効果がある[7]と言われており、遠隔コミュニケーションにおいても Social Touch を導入するための研究が進められている[12]。本稿では性別の違いにより本来生じないはずの Social Touch の心理効果を、性別に関わる情報を変換することで引き出す超現実テレプレゼンスを提案する。

人類が持ち得ない機能を付加するものとは、人の身体に備わっていない機能や要素を新たに追加するものを指す。その例として本稿では、視線の指向性制御と、Proxemics に基づく対面距離制御を提案する。

視線には相手の注意を誘導したり、相手にとっての自分の信頼度を向上させる等、多くの心理効果があることが知られており[13]、テレプレゼンスにおいて視線を正確に再現するための研究が行われている[14]。本稿では人の目と同じ指向性の高い視線と、平面ディスプレイなどに代表される指向性の低い視線の両方の利点を活かした超現実テレプレゼンスを提案する。

対面距離も Social Touch や視線と同様に、コミュニケーションにおける重要な要素のひとつであることが知られており[8]、テレプレゼンスにおける F 陣形などの研究がなされてきた[15]。本稿では、オペレータと現地対話者がそれぞれ別々に維持しようとする対面距離を、同時に実現するための超現実テレプレゼンスを提案する。

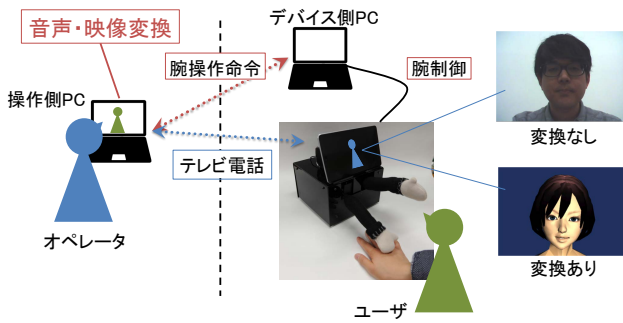


図 2 Social Touch による心理効果の制御

Figure 2 Control of the Psychological Effects of Social Touch.

4. Social Touchによる心理効果の制御

Social Touch は、利他的な行動の誘発、承諾率の向上、ストレスの低減などの効果が知られているが[7]、これらの心理効果は人の持つ属性に影響をうけることが知られており、例えば、性別の組み合わせによっては効果が弱かったり、逆効果になったりすることが報告されている[12].

筆者らは、対話者の性別に関わる主な情報である映像と音声を変換し、見かけ上の性別を変更することで、同性同士でも Social Touch による心理効果を生じさせることができると考えた。VR 空間上のアバターを操作するユーザの心理状態はアバターの外見に影響を受けることが知られているためである[16]。人は実際の相手が誰であるかを知っていても、自分の目の前に存在する相手のテレプレゼンスの外見に影響を受けてしまうと考えられる。

そこで筆者らは、図2のようなプロトタイプを構築した。見かけ上の性別を変更する際には、ディスプレイに表示されているオペレータの映像を性別の異なる人物のCGに置き換え、オペレータの音声のピッチの調整を行う。また、このプロトタイプには映像中の人物の身体の延長としての物理的なロボットアームが備えられている。オペレータがスイッチを押すことでロボットアームを動かすことができ、所望のタイミングで Social Touch を行うことができる。また、オペレータ自身が Social Touch を行うタイミングを決定するだけでなく、システムが自動的に Social Touch を行うタイミングを決定するアルゴリズムについても検討していく予定である。

現在は、F2F において Social Touch の心理効果が生じない男性同士でもこのプロトタイプを使用することによって Social Touch の心理効果を引き出すことが可能であるかについて実験を進めているところである。

5. 視線の指向性制御

従来のテレプレゼンスでは、現地対話者の視線や立ち位置を変更してもテレプレゼンスの平面ディスプレイに表示されるオペレータの視線が常に現地対話者を追従してくる



図 3 視線の指向性制御

Figure 3 Control of the Directivity of Eye-Gaze.

ように見える現象である“モナリザ効果”[17]が生じることにより、F2F のようにオペレータの視線を正確に示すことができなかった。この問題を解決するために、人と同じ凸型の物理的な眼球装置をスクリーンに埋め込むなどの方法により人の目と同じ指向性を実現する手法が提案されてきたが[14]、従来のテレプレゼンスのようなモナリザ効果が生じる視線、すなわち指向性の低い視線にも有効な点があったと考えられる。例えば、従来のテレプレゼンスの視線は、授業やプレゼンなどの一対多のコミュニケーションにおいて、一度に多くの人に対してアイコンタクトを取ることが可能であったはずであり、それによって話者に対する信頼度の向上や聞き手からのフィードバック量の向上といった心理効果を引き出すことが可能であったと考えられる。指向性の高い視線と低い視線という2種類の利点を同時に実現するような手法はこれまでに存在しなかった。

そこで筆者らは、人と同様に指向性の高い視線を提示可能な凸型の目と、“Hollow Mask 錯視”[18]によって指向性の低い視線を提示することが可能な凹型の目をダイナミックに切り替えることができる装置を開発した(図3)。オペレータは、ボタン操作によりコミュニケーションの状況に応じて2種類の目を切り替えることが可能である。

例えばオペレータは、この装置を使用することで、プレゼン中は凹型の目を使用し、多くの観客の注意をひきつけ、質疑応答では、凸型の目を使用することで誰と会話をしているかを明確に周囲に伝えることが可能となる。オペレータのボタン操作だけでなく、2種類の目の制御を自立的に行うためのアルゴリズムについても今後検討していく。

2種類の目は視線の指向性が異なる以外にも心理効果において異なる特性を持っている可能性が考えられるため、今後は実際の授業やプレゼンにおいてこの装置を使用し、その心理効果について調査を行う必要があると考えている。

6. Proxemicsに基づく対面距離の制御

インタラクションに特化したテレプレゼンスであるMRPを使用中に、オペレータのパーソナルスペースが現地対話者によって侵害される事象が頻繁に発生することが最近の研究で報告されている[19]。これは、オペレータと現地対話者の各々が維持しようとする対面距離が異なることが原因と考えられる。

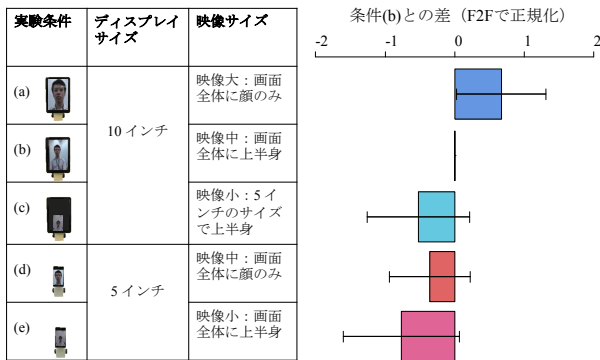


図 4 対面距離の実験結果

Figure 4 Experimental Results of Interpersonal Distance.

MRP における対面距離を扱った研究としては、F 陣形に着目した MRP と現地対話者とのインタラクションの評価を行ったものが存在するが[15]、現地対話者とオペレータの対面距離の制御に関わる研究は行われていない。

上記の課題を解決するためには、オペレータと現地対話者の対面距離を独立に制御することが必要となる。MRP の装置が位置を移動することにより対面距離の調整を行う場合、オペレータと現地対話者の両方の対面距離が変化してしまう。オペレータと現地対話者の対面距離を独立に制御するには、位置の移動による調整とは別に、片方のユーザにだけ影響を与える要素が必要である。

Reeves らは、ディスプレイに表示される人物像の映像サイズを拡大・縮小することは、ディスプレイの閲覧距離を変更することと同様に、人物像に対する記憶の増強や印象の増強を生じさせることを報告しており[20]、映像サイズの拡大・縮小と位置の移動には Proxemics の観点で共通する心理的特性がある。

そこで、対面距離を制御する要素として映像サイズを検討することとした。映像サイズを調整することでユーザが維持する対面距離を変化させることができれば、MRP に表示されるオペレータの映像サイズとオペレータ側の操作端末に表示される現地対話者の映像サイズを調整することで、オペレータと現地対話者の対面距離を独立に制御することが可能になると考えられる。

しかし、タブレット PC やスマートフォンのような小型のディスプレイに表示される映像サイズを調整することで現地対話者が維持する対面距離が変化するかどうかは不明である。従来研究では、コミュニケーションにおける視線の高さは説得力に影響することが知られているが[21]、ロボットの背丈を数十センチ変更しても対面距離に影響を与えなかったという例もある[22]。そこで、タブレット PC とスマートフォンを使用した MRP の映像サイズの変更によって現地対話者が維持する対面距離が変化するか否かについて実験を行った[23]。

10 人の現地対話者がテーブルに置かれている MRP に対

面して座り、別室にいるオペレータに対して、MRP を介して自分の好きなことについての説明を 1 分間行った。実験課題は 5 条件に対して一回ずつ行われた。現地対話者は、MRP の前に座るとき、自分で椅子を適切と思う位置に置くように教示された。対人距離として固定カメラから撮影された映像のピクセル数を計測した。1 ピクセルは実測値の 2mm に対応していた。

実験の結果、図 4 のように、タブレット PC やスマートフォンのような小型のディスプレイにおいて、対面距離は映像サイズに影響を受ける傾向があることが示唆された。この結果から、位置の移動に加えて、ディスプレイに表示されるオペレータの映像サイズを調整することによって、現地対話者が維持しようとする対面距離を変更することが可能であると考えることが出来る。

今後は、実験の更に詳細な解析と、システムの構築を行い、評価を行っていく予定である。

7. 超現実テレプレゼンスの可能性

超現実テレプレゼンスのコンセプトを具現化する例として、Social Touch の心理効果制御、視線の指向性制御、Proxemics に基づく対面距離の制御を行うインタフェースを示した。これらのシステムを活用することにより、様々なシーンにおいてよりユーザの意図を反映したコミュニケーションが実現可能になると考えられる。例えば、Social Touch の心理効果を制御できれば、遠隔診療において、患者のストレスを低減しながら、医者の方意図通りに患者に対して薬を飲むなどのルーチンを習慣的に行うモチベーションを持たせることが出来るかもしれないし、遠隔での指導において、F2F よりも生徒のやる気を引き出すことが可能になるかもしれない。また、プレゼンや授業において、視線の指向性を制御することにより、オペレータの狙い通りに聴者の注意を引いたり、より聴者からのフィードバックを引き出したりすることが可能になることも考えられる。さらに、オペレータと現地対話者で別々に対面距離を調整することが出来るようになれば、あらゆるコミュニケーションにおいて F2F よりもストレスの少ない対話が可能になるかもしれない。

さらに、これらを個別に利用するだけでなく、組み合わせることによってより高い心理効果を引き出すことが可能になると考えられる。また最終的には、本稿で提案したものの以外の非言語メディアについても超現実テレプレゼンスを構築し、それらを組み合わせることができれば、F2F の場合よりも対話者の意図が伝わる遠隔コミュニケーションを実現することができると考えられる。

以上のように、超現実テレプレゼンスが構築できれば、F2F よりもユーザの理想に近い遠隔コミュニケーションを実現することが出来るかと筆者らは考えている。

8. おわりに

本稿では、超現実テレプレゼンスのコンセプトについて述べ、そのバリエーションを示し、個人・状況による違いを補完する例として Social Touch による心理効果の制御を、人類が持ち得ない機能を付加する例として、視線の指向性制御と Proxemics に基づく対面距離制御を提案した。

今後は各具体例で示した提案手法を実現するシステムの実装や評価を行っていくと同時に、別の非言語メディアを拡張する超現実テレプレゼンスについても検討していく。

参考文献

- 1) Kristoffersson, A. et al.: A Review of Mobile Robotic Telepresence, *Advances in Human Computer Interaction*, pp.1-17 (2013).
- 2) 館暉, 佐藤誠, 廣瀬通孝: バーチャルリアリティ学, コロナ社 (2010).
- 3) 田中一晶, 宇野弘晃, 山下直美, 中西英之, 石黒浩: ロボット操作者の偽存在感によるソーシャルテレプレゼンスの生成, *インタラクション 2015*, pp.28-37 (2015).
- 4) Nakanishi, H. et al.: Zoom Cameras and Movable Displays Enhance Social Telepresence, *Proc. SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI'11)*. ACM, pp.63-72, May 2011.
- 5) Double Robotics,
<http://www.doublerobotics.com/>
- 6) ROMO,
<http://www.romotive.com/>
- 7) Thayer, S.: social touching, *Tactual perception: A sourcebook*, pp.263 (1982).
- 8) エドワード・ホール: かくれた次元, 日高敏隆, 佐藤信行 (訳), みすず書房, (2000).
- 9) Higuchi, K. et al.: Flying eyes: free-space content creation using autonomous aerial vehicles, *Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems (CHI'11)*. ACM, (2011).
- 10) マジョリー・F バーガス: 非言語 (ノンバーバル) コミュニケーション, 石丸正 (編), 新潮社, (1987).
- 11) Nakazato, N. et al.: Smart Face: enhancing creativity during video conferences using real-time facial deformation, *Proc. the 17th ACM conference on Computer supported cooperative work & social computing (CSCW'14)*. ACM, (2014).
- 12) Haans, A. et al.: Investigating Response Similarities between Real and Mediated Social Touch: A First Test, *Extended Abstracts on Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI'07)*. ACM, pp.2405-2410, (2007).
- 13) Duncan, S.: On the structure of speaker-auditor interaction during speaking turns, *Language in society* Vol.3, No.2, pp.161-180, (1974).
- 14) 岡島知也, 田中一晶, 中西英之: 相手から見られている感覚を強化する顔映像実体化システムの開発, *インタラクション 2015*, pp.724-725 (2015).
- 15) Kristoffersson, A.: Measuring the quality of interaction in mobile robotic telepresence: a pilot's perspective, *International Journal of Social Robotics*, Vol.5, No.1, pp.89-101, (2013).
- 16) Yee, N.: The Proteus effect: Behavioral modification via transformations of digital self-representation. *Diss. Stanford University*, (2007).
- 17) 佐藤隆夫: モナリザの視線 (特集 絵画をめぐる心理学), *心理学ワールド*, pp.17-20, (2011).
- 18) Gregory, R. L.: *Eye and Brain. The Psychology of Seeing*, Oxford University Press, (1998).
- 19) Takayama, L. and Go, J.: Mixing Metaphors in Mobile Remote Presence, *Proc. SIGCHI Conference on Computer Supported Cooperative Work (CSCW'12)*. ACM, pp.495-504, (2012).
- 20) バイロン・リープス, クリフォード・ナス: 人はなぜコンピューターを人間として扱うのか—「メディアの等式」の心理学, 細馬宏通 (訳), 翔泳社, (2001).
- 21) Huang, W. et al.: Camera Angle Affects Dominance in Video-Mediated Communication, *Proc. SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI'02)*. ACM, pp.716-717, (2002).
- 22) Syrdal, D. S. et al.: A Personalised Robot Companion? - The Role of Individual Differences on Spatial Preferences in HRI Scenarios, *Proc. International Workshop on Robot and Human Interactive Communication (RO-MAN 2007)*, IEEE, pp.26-29, (2007).
- 23) Yokoyama, M. et al.: PoliTel: mobile remote presence system that autonomously adjusts the interpersonal distance, *Proc. the adjunct publication of the 27th annual ACM symposium on User interface software and technology (UIST'14)*. ACM, pp.91-92, (2014).