

令和元年5月12日現在

機関番号：14401

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2014～2018

課題番号：26280076

研究課題名(和文) ソーシャルテレプレゼンスのためのロボットエンハンスドディスプレイ

研究課題名(英文) Robot-Enhanced Displays for Social Telepresence

研究代表者

中西 英之 (Nakanishi, Hideyuki)

大阪大学・工学研究科 准教授

研究者番号：70335206

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 12,400,000円

研究成果の概要(和文)：ロボットは自らの物理的に実体化された身体運動によって遠隔地にいる会話相手の身体動作を提示することができ、接触インタラクションの再現が可能である。ディスプレイは遠隔地にいる会話相手の今現在の外見を提示することができる。これら2つのインタフェースの融合に向けて本研究では、身体動作の提示や接触インタラクションの再現に不可欠となる最小限の身体部位をロボット化し、それをディスプレイ上で映像として表現されている会話相手の身体に接合することを試みた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究では視聴覚メディア研究と触覚メディア研究の2つの研究分野を融合することによって新たな知見を生み出すことに成功した。具体的には、視聴覚インタフェースと触覚インタフェースを一つのインタフェースとして統合する手法や、遠隔地にいる他者とのメディアを介した空間共有に関する人間の認知的特性を明らかにすることができた。その結果、これまでに無いソーシャルテレプレゼンス創出能力を有するメディアが実現可能となった。

研究成果の概要(英文)：A robot can use its embodied physical movements for presenting a remote conversation partner's bodily movements and also reproducing haptic interaction. A display can present a remote conversation partner's current appearance. To integrate these two interfaces, this study tried to make a minimum robotic body part that is necessary to present bodily movements and reproduce haptic interaction, and concatenate it with a conversation partner's body that is visualized on a display.

研究分野：ヒューマンコンピュータインタラクション

キーワード：テレプレゼンス ロボット ビデオ会議

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19、CK - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

ソーシャルテレプレゼンスとは遠隔地の会話相手とあたかも同じ部屋にいると感じる感覚であり、遠隔会議で対面会議を代替する際に重要となる。この感覚には会話相手の映像が大きな役割を果たし、視線が一致する時や映像が等身大である時に強まるため、それらを可能にするディスプレイが過去に盛んに研究された。映像を表示するディスプレイ以外にソーシャルテレプレゼンス創出手法として研究されている代表的なものが遠隔操作人型ロボットである。ディスプレイとは異なりロボットは、身体動作を物理的な動きで提示でき、さらに擬似的な身体接触を可能にするが、会話相手（操作者）の今現在の外見をリアルタイムで提示することはできないという問題があり、ディスプレイを越えるのは困難である。操作者に酷似する外見を持つロボット（アンドロイド）は、あくまで姿形を静的に模しているだけで、外見をリアルタイムで提示できるわけではないため、映像よりも写真に近いと言える。ロボットは物理的動作提示や擬似的身体接触を可能にする一方、外見提示能力で劣る。そこで本研究では、ロボットの物理的身体とディスプレイ上の映像的身体を融合することで双方を上回るメディアを開発することを試みた。ディスプレイとロボットを合体させたメディアの例としてはテレプレゼンスロボットがある。これはディスプレイを台車ロボットに乗せて移動可能にしたものであり、ディスプレイとロボットの融合における重要な第一歩であるが、本格的な融合からは程遠い。まず、ディスプレイの移動は身体全体の移動に対応しており、ジェスチャーなどで発生する身体動作は従来通り映像のみで表現するしかない。また、動作提示以外の重要なロボットの利用法である身体接触の再現が試みられていない。本研究では、より密に映像的身体と物理的身体を融合させる手法を開拓した。

2. 研究の目的

遠隔操作人型ロボットは、遠隔地にいる会話相手の身体動作を物理的実体の運動を通して提示するため、映像には真似の出来ない迫真性を創出することが可能で、擬似的な身体接触をも可能にする。一方で、カメラ映像を表示するディスプレイは、会話相手の今現在の実際の外見をリアルタイムで提示するという、ロボットには真似のできない情報伝達を可能にする。本研究では、身体動作の提示や身体接触の再現に不可欠となる最小限の身体部位のみをロボット化し（例：握手用ロボットハンド）、それをディスプレイ上で映像として表現されている身体に接合するアプローチによって（例：肘から先の映像を消去し、その位置に駆動機構によってロボットハンドの付け根を移動させる）、これら 2 種類のメディアの長所を併せ持つ新たなメディアを創造する。

3. 研究の方法

(1) 物理的身体のみによるインタラクションでは、身体動作のキャプチャデータを遠隔地のロボットの動作に反映させるだけである。この単純な仕組みが、映像的身体との融合によって次のように複雑化する。まず、遠隔地のロボットの動作を映像に含めると、それを操作している（動作がキャプチャされている）ユーザへの視覚フィードバックが生じる。また、遠隔地の会話相手の動作を映像に含めると、ロボットと会話相手の身体動作の同期を示す視覚情報が生じる。この視覚フィードバック及び視覚情報それぞれの有無によって 4 通りのインタフェースが考えられるため、どれがソーシャルテレプレゼンスにとって最適なのかを本研究では明らかにする。

(2) 少なくとも手などの身体接触に係わる部位はロボットとして実体化する必要があるのに加え、身体接触とは関係無くとも実体化が有効と思われる部位があり（視線を強調するための眼球の実体化など）、身体の各部分を自由自在に実体化できることが望ましい。そのためには、各種身体部位ロボットとその周辺の映像を滑らかに繋ぐ方法が求められる。滑らかに繋ぐには、映像中の身体動作に同期してロボットが動くだけでなく、ディスプレイにロボットが接合されている位置や角度を動的に変化させる必要がある。そこで本研究では、ディスプレイに接合可能で、さらに接合位置と接合角度を変更可能な身体部位ロボットを開発する。

(3) 単純に遠隔地の様子を表示するビデオ会議型のディスプレイでは、会話相手とは常に正対の位置関係にあり、その相手との間にあるディスプレイ面という仕切りによって、相手と同じ空間にいるという感覚が希薄化する。背景差分などで抽出した相手の映像を自室の映像に重畳表示するミラー型ディスプレイでは、自分の身体と相手の身体の間にはディスプレイ面があるという状態ではなくなるので、空間共有感が強まり、それがソーシャルテレプレゼンスに貢献する可能性がある。そこで本研究では、ビデオ会議型のみならずミラー型のディスプレイをロボットで拡張する手法も明らかにする。

4. 研究成果

(1) 遠隔握手における視覚フィードバック（自分の身体動作に従って遠隔地の身体部位ロボットが動く様子のカメラ映像）及び視覚情報（目の前にある身体部位ロボットの動作の引き金になっている遠隔地の会話相手の身体動作のカメラ映像）の効果を明らかにした。

(2) ディスプレイとロボットを組み合わせると一つの身体を表現しようとする際の直列的および重畳的接合法について検討するために、映像的身体と物理的身体の間の一貫性が保たれるようにディスプレイの側面、前面、背面それぞれへロボットを接合することの効果を確認した。

(3) ディスプレイ上の身体映像の動きに合わせてロボット化された共有オブジェクトが動くことによって、遠隔にいるはずの相手が自分の目の前のオブジェクトに触れているかのように感じさせ、それによって目の前の空間と遠隔の空間が重畳しているような感覚にさせることの効果を明らかにした。

(4) ミラー型ディスプレイを用いることによって、会話相手と向かい合っている状態ではなく隣り合っている状態を作り出すことや、ディスプレイにロボットを接合することなくロボットでディスプレイを拡張することの効果を明らかにした。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 20 件)

1. 田中 一晶, 大城 健太郎, 山下 直美, 中西 英之. 遠隔窓口システム: 手書きの紙書類共有によるソーシャルテレプレゼンスの強化. 情報処理学会論文誌, Vol. 60, No. 2, pp. 411-418, 2019. 査読有
2. 田中 一晶, 西村 庄平, 耿 星, 中西 英之. 空間の移動感と物体の共有感による鏡型ビデオ会議のソーシャルテレプレゼンスの強化. 情報処理学会論文誌, Vol. 60, No. 2, pp. 419-428, 2019. 査読有
3. Kana Kushida and Hideyuki Nakanishi. PopObject: A Robotic Screen for Embodying Video-Mediated Object Presentations. International Conference on Collaboration Technologies (CollabTech2018), pp. 200-212, 2018. Best Paper Award. DOI: 10.1007/978-3-319-98743-9_16 査読有
4. Masaya Iwasaki, Jian Zhou, Mizuki Ikeda, Tatsuyuki Kawamura and Hideyuki Nakanishi. A Customer's Attitude to a Robotic Salesperson Depends on Their Initial Interaction. International Conference on Robot and Human Interactive Communication (RO-MAN2018), pp. 300-305, 2018. DOI: 10.1109/ROMAN.2018.8525772 査読有
5. Yuya Onishi, Kazuaki Tanaka and Hideyuki Nakanishi. Spatial Continuity and Robot-Embodied Pointing Behavior in Videoconferencing. International Conference on Collaboration and Technology (CRIWG2017), pp. 1-14, 2017. Best Student Paper Award. DOI: 10.1007/978-3-319-63874-4_1 査読有
6. Hideyuki Nakanishi, Kazuaki Tanaka, Ryoji Kato, Xing Geng and Naomi Yamashita. Robotic Table and Bench Enhance Mirror Type Social Telepresence. International Conference on Designing Interactive Systems (DIS20017), pp. 779-790, 2017. DOI: 10.1145/3064663.3064709 査読有
7. 田中 一晶, 加藤 良治, 中西 英之. 鏡型ビデオ会議における視触覚相互作用によるソーシャルテレプレゼンスの強化. 情報処理学会論文誌, Vol. 58, No. 5, pp. 946-954, 2017. 査読有
8. Yuya Onishi, Kazuaki Tanaka and Hideyuki Nakanishi. Embodiment of Video-mediated Communication Enhances Social Telepresence. International Conference on Human-Agent Interaction (HAI2016), pp. 171-178, 2016. DOI: 10.1145/2974804.2974826 査読有
9. Shuichi Nishio, Hideyuki Nakanishi and Tsutomu Fujinami. Editorial: Investigating Human Nature and Communication through Robots. Frontiers in Psychology, 7:1784, 2016. DOI: 10.3389/fpsyg.2016.01784 査読無
10. 田中 一晶, 山下 直美, 中西 英之, 石黒 浩. 自律・遠隔操作の曖昧化によるロボット操作者との対話感覚の創出. 情報処理学会論文誌, Vol. 57, No. 4, pp. 1108-1115, 2016. 査読有
11. Kazuaki Tanaka, Naomi Yamashita, Hideyuki Nakanishi and Hiroshi Ishiguro. Teleoperated or Autonomous? How to Produce a Robot Operator's Pseudo Presence in HRI. International Conference on Human-Robot Interaction (HRI2016), pp. 133-140, 2016. DOI: 10.1109/HRI.2016.7451744 査読有
12. 大西 裕也, 田中 一晶, 中西 英之. 身体映像の部分的実体化によるソーシャルテレプレゼンスの強化. 情報処理学会論文誌, Vol. 57, No. 1, pp. 228-235, 2016. 査読有
13. 田中 一晶, 中西 英之, 石黒 浩. ロボット会議: 物理的実体を介した身体動作の提示によるソーシャルテレプレゼンスの強化. 情報処理学会論文誌, Vol. 57, No. 1, pp. 209-217, 2016. 査読有
14. Kazuaki Tanaka, Hideyuki Nakanishi and Hiroshi Ishiguro. Physical Embodiment can Produce Robot Operator's Pseudo Presence. Frontiers in ICT, Vol.2, No.8, 2015. DOI: 10.3389/fict.2015.00008 査読有
15. Kazuaki Tanaka, Hideyuki Nakanishi and Hiroshi Ishiguro. Appearance, Motion, and Embodiment: Unpacking Avatars by Fine-grained Communication Analysis. Concurrency and Computation: Practice and Experience, 2015. DOI: 10.1002/cpe.3442 査読有
16. 田中 一晶, 和田 侑也, 中西 英之. 遠隔握手: ビデオ会議と触覚提示デバイスの一体化によるソーシャルテレプレゼンスの強化. 情報処理学会論文誌(推薦論文), Vol. 56, No. 4, pp. 1228-1236, 2015. 査読有
17. Kazuaki Tanaka, Hideyuki Nakanishi and Hiroshi Ishiguro. Comparing Video, Avatar, and Robot Mediated Communication: Pros and Cons of Embodiment. International Conference on Collaboration Technologies (CollabTech2014), CCIS 460, pp. 96-110, 2014. DOI:

10.1007/978-3-662-44651-5_9 査読有

18. Yuya Onishi, Kazuaki Tanaka, and Hideyuki Nakanishi. PopArm: A Robot Arm for Embodying Video-Mediated Pointing Behaviors. International Conference on Collaboration Technologies and Systems (CTS2014), pp. 137-141, 2014. DOI: 10.1109/CTS.2014.6867556 査読有
19. 中西 英之. 最新ロボット事情 第 42 回 ソーシャルテレプレゼンスのための遠隔握手用ロボットハンドの開発. ロボコンマガジン 2014 年 7 月号, オーム社, No. 94, pp. 102-105, 2014. 査読無
20. Hideyuki Nakanishi, Kazuaki Tanaka and Yuya Wada. Remote Handshaking: Touch Enhances Video-Mediated Social Telepresence. International Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI2014), pp. 2143-2152, 2014. Honorable Mention Award. DOI: 10.1145/2556288.2557169 査読有

[学会発表](計 34 件)

1. 岩崎 雅矢, 周 剣, 池田 瑞, 小池 祐輝, 大西 裕也, 河村 竜幸, 中西 英之. 人の振る舞いへの気付きの表出によるロボットのソーシャルプレゼンスの強化. インタラクシオン 2019, pp. 38-47, 2019.
2. 岩崎 雅矢, 小池 祐輝, 大西 裕也, 中西 英之. 相互注視誘発型見返し行動によるロボットの社会的プレゼンスの向上. 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オン, 2018-HCI-179, No. 14, 2018.
3. 周 剣, 岩崎 雅矢, 金 延儒, ガイレンベルグ ミシェル, 池田 瑞, 河村 竜幸, 中西 英之. 訪問客のエンゲージメントに基づいた接客ロボットの社会的応答. 第 32 回人工知能学会全国大会, 3C2-OS-14b-01, 2018.
4. 邱 弘楊, 木根 諒, 櫛田 佳那, 中西 英之. 遠隔餌やりによる飼い主の存在感の再現. 信学技報 ヒューマンコミュニケーション基礎, Vol. 118, No. 49, HCS2018-31, pp. 215-220, 2018.
5. 田中 一晶, 西村 庄平, 耿 星, 中西 英之. 鏡型ビデオ会議における空間の移動感と物体の共有感の強化. 情報処理学会インタラクシオン 2018, pp.81-89, 2018.
6. 大西 裕也, 小峯 俊彦, 中西 英之. 腕を実体化する身体拡張型ビデオ会議による同室感の強化. インタラクシオン 2018, 3B45, 2018.
7. 周 剣, 岩崎 雅矢, 河村 竜幸, 中西 英之. 実店舗における接客ロボットが会話を開始するタイミングの検討. HAI シンポジウム 2017, G-19, 2017.
8. 大西 裕也, 田中 一晶, 中西 英之. 映像から身体が出現する実体重畳型ビデオ会議による同室感の強化. HAI シンポジウム 2017, G-10, 2017. 学生奨励賞
9. Yuya Onishi, Kazuaki Tanaka, and Hideyuki Nakanishi. Appearance of Physical Embodiment in Overlay-Type Videoconferencing. HAI2017 Workshop on Next Generation Human-Agent Interaction (NGHAI2017), 2017.
10. 大城 健太郎, 田中 一晶, 中西 英之. 遠隔地間での紙資料受け渡し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オン 2017, pp. 87-96, 2017. インタラクティブ発表賞 (一般投票)
11. 野村 和裕, 猪股 誠至, 中西 英之. 身体映像に接した物体移動による遠隔地間での空間共有. インタラクシオン 2017, pp. 868-871, 2017. インタラクティブ発表賞 (一般投票)
12. 猪股 誠至, 中西 英之. 手動操作の印象を与える遠隔物体操作システムによる空間共有会話. HCG シンポジウム 2016, B-9-5, 2016.
13. 西村 庄平, 中西 英之. 物体を介した温もりの伝達による遠隔存在感の創出. HCG シンポジウム 2016, B-9-4, 2016. 学生優秀インタラクティブ発表賞
14. 大城 健太郎, 田中 一晶, 中西 英之. 遠隔地間における紙資料受け渡しによる対話相手の存在感の強化. HCG シンポジウム 2016, B-5-3, 2016. 最優秀インタラクティブ発表賞
15. 大西 裕也, 田中 一晶, 中西 英之. 遠隔指示において実体はどこまで必要なのか? HAI シンポジウム 2016, G-10, 2016.
16. Kana Kushida and Hideyuki Nakanishi. A Telepresence System Using a Flexible Textile Display. Demonstration Track of the International Conference on Multimodal Interaction (ICMI2016), pp. 412-413, 2016.
17. 野村 和裕, 中西 英之. 物体移動再現と身体動作提示による遠隔地間物体共有. 第 30 回人工知能学会全国大会, 1G3-5in1, 2016.
18. 猪股 誠至, 大西 裕也, 中西 英之. 対面会話感覚創出のための回転物体遠隔操作システム. 第 30 回人工知能学会全国大会, 1E2-4in1, 2016.
19. 櫛田 佳那, 中西 英之. 立体感を付与する変形スクリーンによる存在感の創出. 第 30 回人工知能学会全国大会, 1E3-3in2, 2016.
20. 田中 一晶, 加藤 良治, 中西 英之. 鏡型ビデオ会議による空間の視触覚的合成. 情報処理学会インタラクシオン 2016, pp. 38-46, 2016.
21. 耿 星, 田中 一晶, 中西 英之. 同期回転テーブルと鏡映像の連動による遠隔相席感の創出. インタラクシオン 2016, pp. 900-901, 2016. インタラクティブ発表賞 (一般投票)
22. 大城 健太郎, 田中 一晶, 中西 英之. 遠隔地間における紙文書授受感覚の再現. 第 29 回人工知能学会全国大会, 1N3-4in, 2015. 全国大会優秀賞

23. 耿 星, 田中 一晶, 中西 英之. 同期回転テーブルによる遠隔相席感の創出. 第 29 回人工知能学会全国大会, 1N3-5in, 2015.
24. 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. 情報処理学会インタラクシオン 2015, pp. 28-37, 2015.
25. 大西 裕也, 田中 一晶, 中西 英之. PopArm: 身体映像の部分的実体化によるソーシャルテレプレゼンスの強化. 情報処理学会インタラクシオン 2015, pp. 38-46, 2015.
26. 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. インタラクシオン 2015, pp. 724-725, 2015.
27. 大西 裕也, 田中 一晶, 中西 英之. PopArm: 映像上の指示動作を実体化するロボットアームの開発. 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オン, 2014-HCI-160, 2014.
28. 宇野 弘晃, 田中 一晶, 中西 英之. テレプレゼンスロボットの自動相槌による遠隔対話経験の想起. 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オン, 2014-HCI-160, 2014.
29. 加藤 良治, 田中 一晶, 中西 英之. RicketyBench: 遠隔地の人が隣に座る感覚を再現する長椅子型遠隔会議システム. 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オン, 2014-HCI-160, 2014.
30. 加藤 良治, 田中 一晶, 中西 英之. RicketyBench: がたつきで人の気配を再現するベンチの開発. 第 28 回人工知能学会全国大会, 3E3-5in, 2014.
31. 大西 裕也, 田中 一晶, 中西 英之. PopArm: ビデオ会議を拡張する遠隔指差しロボットアームの開発. 第 28 回人工知能学会全国大会, 3E3-4in, 2014. 全国大会優秀賞
32. 山口 隆浩, 田中 一晶, 中西 英之. デバイスの身体性と操作者の存在感が接触感覚のリアリティに与える影響. 第 28 回人工知能学会全国大会, 3E3-3in, 2014.
33. 岡島 知也, 田中 一晶, 中西 英之. 眼球ロボットにより視線を提示するスクリーンの開発. 第 28 回人工知能学会全国大会, 3E3-1in, 2014.
34. Kazuaki Tanaka, Hideyuki Nakanishi, and Hiroshi Ishiguro. Robot Conferencing: Physically Embodied Motions Enhance Social Telepresence. Extended Abstracts of International Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI2014 Works in Progress), 2014.

〔図書〕(計 1 件)

1. Hideyuki Nakanishi. System Evaluation and User Interfaces. M. Kasaki, H. Ishiguro, M. Asada, M. Osaka, T. Fujikado Eds., Cognitive Neuroscience Robotics A: Synthetic Approaches to Human Understanding, pp. 153-171, Springer, 2016.

〔産業財産権〕

出願状況 (計 1 件)

名称: 触覚提示システム、触覚提示方法、およびプログラム

発明者: 中西 英之, 田中 一晶, 山下 直美, 大和 淳司

権利者: 国立大学法人大阪大学, 日本電信電話株式会社

種類: 特願

番号: 特願 2015-104373 号

出願年: 2015

国内外の別: 国内

取得状況 (計 2 件)

名称: 顔映像実体化システム, 実体化装置

発明者: 中西 英之, 田中 一晶, 岡島 知也, 山下 直美, 大和 淳司

権利者: 国立大学法人大阪大学, 日本電信電話株式会社

種類: 特許

番号: 特許 6452152 号

取得年: 2018

国内外の別: 国内

名称: 物体受け渡し装置、物体受け渡しシステム

発明者: 中西 英之, 田中 一晶, 大城 健太郎, 山下 直美, 大和 淳司

権利者: 国立大学法人大阪大学, 日本電信電話株式会社

種類: 特許

番号: 特許 6355203 号

取得年: 2018

国内外の別: 国内

6 . 研究組織

(1)研究分担者

研究分担者氏名：山下 直美

ローマ字氏名：YAMASHITA NAOMI

所属研究機関名：日本電信電話株式会社 NTT コミュニケーション科学基礎研究所

部局名：協創情報研究部

職名：主任研究員

研究者番号 (8 桁): 70396141

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。