

補助事業番号 2022M-272

補助事業名 2022年度アバターロボットを用いたテレイマージョン技術の開発補助事業

補助事業者名 慶應義塾大学 大学院システムデザイン・マネジメント研究科 教授 小木哲朗

1 研究の概要

本研究では、アバターロボットを使用することで、遠隔地のユーザがあたかも現場にいるようなテレイマージョン感覚を伴って、現場の人間とのコミュニケーションを行うことを可能にした。この際、360度カメラ映像とHMDを用いることで臨場感の高い視聴覚情報の伝送を行い、ジェスチャ認識に基づいたアバターロボットの直感的な制御を実現した。また音声認識に基づき自動翻訳を含めたロボットの発話機能を実現した。これらの要素技術に基づいたアバターロボットを用いたテレイマージョンシステムを開発し、実証実験を通して提案システムの有効性を示した。

2 研究の目的と背景

コロナ禍あるいはアフタコロナ時代において、在宅ワークやオンライン会議が増大してきたが、現状で使用されているオンラインシステムは映像通信を用いた会話が中心で、現場での作業環境を共有したコミュニケーションは困難で、利用できる業種が制限されているのが現状である。本研究では、アバターロボットを使用することで、会話を行うだけでなくジェスチャにより、現実世界の対象物や環境を共有した遠隔コミュニケーションを実現し、今後増大が予想される在宅ワークに対して、業種による制約を超えた普及が可能になり、働き方改革の大きな進展に寄与することを目的としている。

3 研究内容

(URL) <https://lab.sdm.keio.ac.jp/ogi/research.html>

(完了報告URL) https://lab.sdm.keio.ac.jp/ogi/research/avatar_robot/index.html

(1)アバターロボットの3次元視聴覚情報の伝送技術の開発

アバターロボットとしてソフトバンクのPepperを使用した。アバターロボット側では、360度カメラとしてリコーのTHETA Vを用いて全周映像を撮影・送信し、遠隔ユーザ側では受信した映像をOculus Quest2のHMDを使用して見回す方法を用いた。また360度映像の送受信にはSkyWayを用い、WebRTCによるP2Pでの通信を行い、受信した360度映像はA-Frameで構築された仮想球モデルにビデオテクスチャとして貼り付けることで、HMDを用いた見回しを可能にした。

(2)ジェスチャに基づいた直感的なアバターロボットの制御技術の開発

遠隔ユーザの直感的なアバターロボット制御を実現するために、遠隔ユーザのジェスチャをMicrosoft Kinectのセンサで計測し、計測された関節角に従ってアバターロボットの動作を制御する方法を開発した。この際、人間とアバターロボットPepperでは、腕の関節の自由度や動作範囲が異なるため、ユーザの各関節角度は算出するが、ロボット側で使用可能な自由度と可動範囲に

制限を付けてアバターロボットの動作を制御する方法を用いた。

(3)アバターロボットを介した音声会話技術の開発

遠隔ユーザの会話音声をアバターロボットに発話させるため、Web Speech APIを用いて音声認識、テキスト情報への変換を行った。テキストに変換された音声情報はサーバを介してアバターロボットに渡され、アバターロボットは人工の音声を使用して発話を行う。これは、使用したロボットPepperから人間の音声が出力されると違和感があったためであり、一度テキストに変換することで、自動翻訳の処理を介して、日本語と英語の変換を行ってロボットに発話させることが可能になった。

(4)要素技術に関する検証実験の実施と評価

開発を行ったアバターロボットを用い、テレマージョン感覚を生成できるか確認するための検証実験を行った。実験では、現場のユーザとアバターロボットを介して対象物の指差し確認を行ってもらった。その結果、遠隔ユーザはロボットに対し、身体所有感、運動主体感、プロテウス効果等を感じ、ロボットよりも自分自身が現場のユーザと同じ場所において、協調作業を行っている感覚を得ていることが示された。

(5)実証実験による評価

開発システムの有効性評価を行うため、新入生に対する研究紹介を遠隔からアバターロボットを使用して行う実証実験を行った(図1)。実験におけるアンケート結果からは、遠隔ユーザは自分自身が新入生と同じ場所にいる感覚が得られていたが、現場の新入生は遠隔ユーザより目の前のロボットと会話を行っている感覚を得ていたことが示され、遠隔ユーザがロボットとして現座のユーザとコミュニケーションを取っていたことが示唆された。



図1. アバターロボットを研究紹介に利用した実証実験の様子

4 本研究が実社会にどう活かされるか—展望

アバターロボットを用いたテレマージョンが実現されることで、近年増加してきたテレワークにおいて、単なるオンライン会議だけではなく、現場で空間共有型のコミュニケーションや協調作業が可能になり、モノづくり現場や案内等のサービス業等、テレワークの

領域が大きく拡大されることが期待される。また、身体障害者がアバターロボットの身体を使用して仕事を行うことが可能になる等、今後の多様な働き方の実現に大きく寄与することが期待される。

5 教歴・研究歴の流れにおける今回研究の位置づけ

研究代表者は、VRを用いた高臨場感通信技術であるテレ-immersionの研究を長く続けているが、一方で2019年度のJKA補助事業として、ロボットを使用した多言語コミュニケーション技術の開発を行った。本研究は、これらの技術を結びつけることで、コミュニケーションロボットをアバターとして、現実世界における人とのテレ-immersion型のコミュニケーションを実現したものである。これにより、遠隔の利用者がアバターロボットを介して、臨場感の高い空間共有型のコミュニケーションを行うことが可能になった。

6 本研究にかかわる知財・発表論文等

- 1) Yuki Kida, Kei Matsuoka, Tetsuro Ogi: Necessary Requirements of Avatars for Remote Communication in Real Space, The 25th International Conference on Network-Based Information Systems (NBIS 2022/INVITE 2022), pp.354-364, Osaka (Online), 2022.
- 2) 木田勇輝、李書界、高柳直歩、上田雄斗、松岡慧、小木哲朗: ロボットアバターを用いた没入型テレ-immersionシステムの構築、第49回テレ-immersion技術研究会、福江、2023.
- 3) Yuki Kida, Kei Matsuoka, Tetsuro Ogi: Evaluation of Conveying Spatial Information by Pointing Gestures of a Tele-immersion Robot Avatar, International Conference on Design and Concurrent Engineering 2023 & Manufacturing Systems Conference 2023 (JSME iDECEN/MS2023), Yokohama, 2023.
- 4) Yuki Kida, Shujie Li, Yuto Ueda, Naoto Takayanagi, Kei Matsuoka, Tetsuro Ogi: Evaluation of User's Psychological Sense in Tele-Immersion Robot Avatar, The 26th International Conference on Network-Based Information Systems (NBIS 2023/INVITE 2023), pp.325-333, Chiang Mai, 2023.
- 5) 小木哲朗、宮地英生、江原康生、石田智行: テレ-immersion×コミュニケーション、第28回日本バーチャルリアリティ学会大会論文集、1B3-01、東京、2023.

7 補助事業に係る成果物

(1) 補助事業により作成したもの

- ・上記の発表論文
 - ・360度カメラとHMDを使用した画像通信プログラム
 - ・ジェスチャによるPepper制御プログラム
- 等

(2)(1)以外で当事業において作成したもの
なし

8 事業内容についての問い合わせ先

所属機関名： 慶應義塾大学大学院 システムデザイン・マネジメント研究科

(ケイオウギジユクダイガクダイガクイン システムデザイン・マネジメントケンキュウカ)

住 所： 〒223-8526

神奈川県横浜市港北区日吉4-1-1

担 当 者： 教授 小木 哲朗(オギ テツロウ)

担 当 部 署： メディアシステム研究室(メディアシステムケンキュウシツ)

E - m a i l: ogi@sdm.keio.ac.jp

U R L: <https://lab.sdm.keio.ac.jp/ogi/>