

令和元年6月17日現在

機関番号：16101

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2016～2018

課題番号：16K00274

研究課題名(和文) 身体的引込動作により遠隔者とのかかわりを実感させる遠隔会議用インタフェース

研究課題名(英文) Remote communication interface to support the feeling of relationship through embodied entrainment

研究代表者

伊藤 照明 (ITO, Teruaki)

徳島大学・大学院社会産業理工学研究部(理工学域)・准教授

研究者番号：90284306

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,500,000円

研究成果の概要(和文)：動いている物体の物体座標系にタブレットの動きを同期させることでタブレット画面内の対象物の動きを強調させる臨場感創出法に基づき、遠隔者の頭部動作に応じたタブレットの位置決め技術とその動作制御技術の開発、遠隔者との会話に応じて連動することにより距離を隔てた身体的引き込みのための動作制御技術の開発を行い、その有効性の検証により相手とのかかわりを感じさせるインタフェースの基盤を構築することができた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究は、遠隔にいる人の存在感を感じ、その人との“かかわり”を実感しながら話ができる遠隔会議システムの構築を目指し、タブレット型端末とそれを把持して自律的に動作させるロボットアームから構成される新しいコミュニケーションシステムARM-COMSの開発に取り組んだ。その結果、遠隔者の動きに合わせるタブレット制御を介して、遠隔者との身体的引き込みによる“かかわり”を表現するための基礎を構築することができた。

研究成果の概要(英文)：Based on the realism creation method, which emphasizes the movement of an object shown on a tablet screen by synchronizing the movement of the tablet with the object coordinate system of the moving object, this study developed the positioning/motion control technology of ARM-COMS according to the head movement of a remote person, implemented the motion control technology for embodied entrainment between physically different locations using the remote conversation, and verified its effectiveness through basic experiments. As a result, a primary foundation for the interface to feel the relationship with a remote person was built.

研究分野：協調工学

キーワード：ヒューマンインタフェース コミュニケーションロボット かかわり 身体的引き込み 運動強調ディスプレイ ロボットアーム ジェスチャ

1. 研究開始当初の背景

遠隔映像と音声通信を取り入れた遠隔コミュニケーション支援技術が実用化され多くの人に利用されている。その一方で、その場の雰囲気や話者の存在感が伝わらない、相手とのかかわり合いを感じないという問題が指摘されており、解決案のアイデアが提案されている。ロボットなどを介して遠隔者の存在感を示すアイデアが提案され、従来とは異なる新しい遠隔会議システムが報告されている。しかし、遠隔会議における相手あるいはその分身として目の前にいるロボットとの“かかわり”を感じる場を提供する技術については、まだ実装には至っていない。こうした未解決の技術に対する解決案を見出すために、申請者らは、情報呈示を行うディスプレイを物理的に動かす運動強調ディスプレイに着目した。これは、動いている物体の物体座標系にディスプレイの動きを物理的に同期させることで映像内の動きを強調した臨場感創出法であり、映像だけでは伝わらない臨場感の提示効果が認められている。本研究では、この運動強調ディスプレイのアイデアを応用し、物理的な動作を通じて、ディスプレイに呈示されている対象物や人物との“かかわり”を実感させることを目指すこととした。すなわち、情報端末として使用する際には操作者との心理的な距離を考慮した配置を行うことで、タブレット端末との“かかわり”を実感させる機能(T2)を実装する。また遠隔会議端末として使用する際には、遠隔者の動作や会話に応じて遠隔者の映像を示すタブレット端末の位置と動きを制御し、遠隔者に対する身体的引き込み現象を生じさせることで、遠隔者との“かかわり”を実感させる機能(T3,T4)を実装する。ここでは、タブレット端末に物理的な動きを付与するロボットアームとタブレット端末を統合した遠隔会議システム ARM-COMS(ARm-supported eMbodied COmmunication Monitor System)用プロトタイプを試作し(T1)、動作計測実験を通じてその制御法を研究し、上記2種類の機能実装を目指す。

2. 研究の目的

本研究では、遠隔にいる人があたかもその場にいるかのような存在感を感じ、その人との“かかわり”を実感しながら話ができる遠隔会議システムの構築を目指し、タブレット型端末とそれを把持して自律的に動作させるロボットアームから構成される新しいコミュニケーションシステム ARM-COMS(ARm-supported eMbodied COmmunication Monitor System)を開発することを目的とする。研究背景で述べた実装機能に対応して、5つの研究目標を設定した。すなわち、課題 T1:ARM-COMS プロトタイプシステム作製、課題 T2:“かかわり”を表現するための空間配置制御法の開発、課題 T3:遠隔者との“かかわり”を感じさせるための、位置決め制御法の開発、課題 T4:遠隔者の動きに合わせるタブレットの動きによる引き込み現象を通じて、遠隔者との“かかわり”を表現するための動作制御法の開発、そして課題 T5:ARM-COMSの効果検証である。

3. 研究の方法

遠隔者との“かかわり”を実感できる遠隔会議システムの実装を目指して、下記にあげる T1-T5の課題に取り組み、その有効性について検証する。(課題 T1) ARM-COMS の設計・試作：アームとタブレット統合機構を設計し、ARM-COMS 試作、(課題 T2) AP(自律配置)機能：タブレットとの“かかわり”を実感させる配置アルゴリズムの開発、(課題 T3) AEP(自律位置決め)機能：遠隔者との“かかわり”を実感させる空間配置アルゴリズムの開発、(課題 T4) AEM(自律動作)機能：遠隔者との“かかわり”を実感させる引き込み動作アルゴリズムの開発、(課題 T5) ARM-COMS 有効性評価：ユーザーが実感する“かかわり”に関する検証実験。これらの課題への取り組みにより、遠隔者との“かかわり”を実感できる遠隔会議システムの基盤を構築する。

4. 研究成果

【平成28年度】

平成28年度は3次元動作計測システムの導入および課題 T1 のハードウェア開発を中心とした実施計画を作成した。計画に従って本助成により3次元計測システムを導入し、計測実験装置環境を構築した。さらに、ARM-COMS 制御プログラムの開発・評価のための実験データ計測環境を整備した。また、課題 T1 においては、予備研究として作製したコンセプト試作機を見直すところから始めた。そのため、決定論的設計手法に基づき、ARM-COMS ロボットアーム装置の設計仕様を再度詳細に検討し、試作機のメカニズム設計およびハードウェア作製・動作確認までを行った。また、ARM-COMS 試作機のメカニズムを制御するソフトウェアプログラム仕様検討、センサー・アクチュエータの実装、回路構成部品の設計・実装、試作機にインストールした。その結果、人の動きを用いた ARM-COMS 制御システムを構築した。

ARM-COMS システムに目標とするような自律的な動作を実装するには、ロボットアームそのものが十分な動作を行うことができる制御法の確立が大きな意味を持つ。ARM-COMS で制御のトリガーとなる身体動作は首である。しかし、評価用という観点からは首の動きでは小さな動きの表現となる。そこで、本研究ではロボットアーム動作に着目し、ハンドジェスチャを模倣した動きを行うプログラムを開発し、その評価を行うこととした。つまり、手の動きによるハンドジェスチャを参照データとして使用し、ロボットアームをジェスチャに追従させる試験装置を用いて、ロボットアームによるハンドジェスチャの表現力を見ることとした。その結果、ハンド

ジェスチャを認識するトラッキングセンサから得られるアルタイムデータを用いて、同様の動きを模倣することができた。また、磁気センサを用いた動作解析を行った結果、ロボットアームの動きを定量的に評価することができた。

【平成29年度】

平成28年度の取り組みで測実験装置環境およびARM-COMS制御プログラムの開発・評価のための実験データ計測環境が整備できたことから、平成29年度は、課題T3及び課題T4を中心に取り組んだ。

課題T4は、遠隔会議の際にタブレット端末に遠隔者が乗り移っているような動きをタブレット端末で表現するための機能である。頭部動作データをリアルタイムで取得し、タブレットの動きをそれに連動させる機能を実装した。そのため、磁気センサ、ジャイロセンサ、加速度センサなどを被験者に装着し、正確な動作制御を行う方式とした。しかし、実際の運用で身体的に物体を装着することは好ましくない。そこで、カメラからの画像をトリガーとして被験者の顔画像を取得し、顔の向きとその動きの取得データをリアルタイムに用いることでARM-COMSを制御する仕組みを構築した。さらに、遠隔会議用途で用いるために、通信用サーバを介したネットワーク通信によるARM-COMS制御を行う方式による機能を実装した。

課題T3では、遠隔者との“かかわり”の場を提供する空間配置アルゴリズム開発である。これは、課題T4で実装するARM-COMS制御方式を応用し、遠隔会議における遠隔者のアバターとしての制御ではなく、RM-COMSがローカルな相手との応答において行う自律的な動作として実装する方式とした。そのため、ローカルな対話者の音声に反応する機構を開発し、遠隔者の動きと連動させるための基礎を開発した。

アルゴリズム評価およびユーザビリティ評価に関して連携研究者との議論により得られた知見に基づいて、これまでに実装した試作機を用いて、その有効性評価を行った。被験者として、日本人に加えてマレーシア人協力者に協力を得て行った結果、文化の違いによる動作の違いが認められるとともに、被験者の動きを解析するためのデータ計測方法の見通しを立てることができた。

【平成30年度】

音声と映像による遠隔コミュニケーションシステムが実用化され、普及する一方で、その場の雰囲気や話者の存在感が伝わらない、相手とのかかわり合いを感じないという根本的な問題が指摘されている。その解決策として、首の動きを模倣した動作をタブレット端末に行わせるロボットなどの出現で、遠隔者の存在感を示すアイデアが提案され、従来とは異なる新しい遠隔会議システムが報告されている。しかし、そうしたロボットを通じて、相手との“かかわり”を感じる場を提供する技術については、まだ実装には至っていない。

本研究では、物理的にディスプレイを動かす運動強調ディスプレイに着目している。これは、動いている物体の物体座標系にディスプレイの動きを同期させることで映像内の動きを強調した臨場感創出法で、映像だけでは伝わらない臨場感の提示効果が報告されている。このアイデアを応用して“かかわり”を実感させるために設定した5つの課題を通じて研究に取り組んだ。まず、予備研究のコンセプト機に決定論的設計手法を適応し、ARM-COMSロボットアーム装置の設計仕様を検討し、ハードウェア作製と動作確認を行った。そして、遠隔者の動作や会話に応じて遠隔者の映像を示すタブレット端末の位置制御と動作制御に取り組み、遠隔者間での身体的引き込みのための動作プログラムを作製した。ローカルな対話者の音声に反応する機構を追加し、遠隔者の動きと連動させるための基礎機能を開発した。実験、解析、そしてユーザビリティ評価を行い、遠隔者間での身体的引き込みの発生を通じて相手とのかかわりを感じさせるインタフェースの可能性を確認することができた。なお、ARM-COMSをIT機器として使用する際の利用者とタブレット間の自律位置決め機能によるかかわりについては、今後の課題として取り組む予定である。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 1 件)

1. Teruaki Ito and Tomio Watanabe: Cyber-physical motion of digital human model for connected society, International Journal of the Digital Human, Vol.2, No.1, 57-69, 2018. (DOI: 10.1504/IJDH.2018.10016770). (査読有)

〔学会発表〕(計 22 件)

1. Effendi Mohamad, Mohd Soufhwee Abd Rahman, Azrul Azwan Abd Rahman, Teruaki Ito, Framework of Andon Support System in Lean Cyber-Physical System Production Environment, 生産システム部門研究発表講演会 2019, No.404, 2019年3月.

2. Teruaki Ito: IoT/AI approach towards understanding and utilization of tacit welding knowledge, Proceedings of Japanese-German Symposium on IoT design, systems and applications 2018, 9, Duisburg, Nov. 2018.

3. 末海 拓己, 伊藤 照明: 頭部動作を用いたロボット制御におけるローカルインタラクシヨ

- ンの導入, 日本機械学会・第 28 回設計工学システム部門講演会 2018・講演論文集, 2204-1-2204-6, 2018 年 11 月.
- 4 . Effendi MOHAMAD, Shariful Redzuan NAQUIDDIN, Nor Akramin MOHAMAD, Muhamad Arfauz A RAHMAN, Mohd Amri SULAIMAN, Mohd Rizal SALLEH, Dani YUNIAWAN and Teruaki ITO: Development of a Simulation Based Kanban System for Lean Practitioners, 日本機械学会・第 28 回設計工学システム部門講演会 2018・講演論文集, No.2202, 2018 年 11 月.
- 5 . 末海 拓己, 伊藤 照明: 自動溶接機モデルを用いた IoT 実装方式の検討, 日本機械学会年次大会 2018・講演論文集, No.S141003, 1-4, 2018 年 9 月.
- 6 . Teruaki Ito : Green manufacturing and its applications, The 2nd International Conference on Eco Engineering Development (ICEED 2018), IOP Conference Series: Earth and environmental science, Sep. 2018. (Keynote Speaker)
- 7 . Teruaki Ito and Seri Rahayu KAMAT : Development of Working Posture Monitoring System for Ergonomic Manufacturing Work Environment, Proceedings of the 25th International Conference on Transdisciplinary Engineering (TE2018), 421-428, Modena, Jul. 2018.
- 8 . Teruaki Ito, Hiroki Kimachi and Watanabe Tomio : Experimental Observation of Nodding Motion in Remote Communication Using ARM-COMS, Lecture Notes in Computer Science, No.LNCS 10904, 194-293, Las Vegas, Jul. 2018. (DOI: 10.1007/978-3-319-92043-6_17)
- 9 . Teruaki Ito, Seri Rahayu KAMAT, Minoru FUKUMI, and Mohammad Firdaus ANI : Development of Working Posture Monitoring System for Ergonomic Manufacturing Work Environment, Proceedings of the 25th International Conference on Transdisciplinary Engineering (TE2018), pp.421-428, Modena, Jul. 2018.
- 10 . 末海 拓己, 花崎 昭彦, 伊藤 照明: AR を用いた自動溶接機モニタリングシステムの開発, 日本機械学会生産システム部門研究発表講演会 2018・講演論文集, Vol.18, No.4, 63-64, 2018 年 3 月.
- 11 . 伊藤 照明 : Motion Control から考える懐の深い設計, 27 2017, Vol.17, No.32, 2017 年 9 月.
- 12 . Kimachi Hiroki and Teruaki Ito : Head Motion Display for Remote Collaboration in Concurrent Engineering -Development of Face-image Pan-Title Display-, Proceedings of International Conference on Design and Concurrent Engineering Conference 2017 & Manufacturing Systems Conference 2017, Vol.17, No.205, 12-1-12-6, Osaka, Sep. 2017.
- 13 . 末海 拓己, 伊藤 照明, 渡辺 富夫 : MQTT を用いた遠隔動作通信によるロボットアーム制御, 日本機械学会・第 27 回設計工学システム部門講演会 2017・講演論文集, Vol.17, No.32, 1206-1-1206-7, 2017 年 9 月.
- 14 . 伊藤 照明 : 機械工学年鑑: ヒューマンインタフェース・感性設計, 日本機械学会年鑑, 2017 年 8 月.
- 15 . Teruaki Ito and Watanabe Tomio : Eye-Tracking Analysis of User Behavior with an Active Display Interface, Advances in Intelligent Systems and Computing, Vol.585, 72-77, Los Angeles, Jul. 2017. (DOI: 10.1007/978-3-319-60495-4_8)
- 16 . Teruaki Ito and Watanabe Tomio : Image-based active control for AEM function of ARM-COMS, Lecture Notes in Computer Science, No.LNCS 10273, 529-538, Vancouver, Jul. 2017. (DOI: 10.1007/978-3-319-58521-5_41)
- 17 . Teruaki Ito : Activities in Japan with regard to supporting SME, CeBIT2017 - IoT Expert Conference, Hannover, Mar. 2017.
- 18 . 伊藤 照明, 川上 祐輝, 渡辺 富夫 : ロボットアームを用いたハンドジェスチャ追従動作の実装と評価研究, 日本機械学会設計工学システム部門講演会 2016・講演論文集, Vol.16, No.3103, 1-8, 2016 年 10 月.
- 19 . Teruaki Ito, HAMID Abdul Rahimah and Tetsuo Ichikawa : Collaborative Design and Manufacturing of Prosthodontics Wire Clasp, Proceedings of the 23th ISPE International Conference on Concurrent Engineering, 421-428, Curitiba, Oct. 2016. (DOI: 10.3233/978-1-61499-703-0-421)
- 20 . Teruaki Ito and Watanabe Tomio : Emotional entrainment enhancement using an active display interface, Advances in Affective and Pleasurable Design, Vol.483, 563-569, Orlando, Jul. 2016. (DOI: 10.1007/978-3-319-41661-8)
- 21 . Teruaki Ito and Watanabe Tomio : Motion control algorithm of ARMCOMS for entrainment enhancement, Lecture Notes in Computer Science, No.LNCS 9734, 339-346, Toronto, Jul. 2016. (DOI: 10.1007/978-3-319-40349-6_32)
- 22 . MAHAROF Madihah, Teruaki Ito, JAMALUDIN Zamberi and 渡辺 富夫 : Development of a local interaction module for ARM-COMS, 日本機械学会中国四国支部・第 54 期総会・講演会講演論文集, Vol.165, No.1, 503, Mar. 2016.

6 . 研究組織

(1)研究分担者

研究分担者氏名：

ローマ字氏名：

所属研究機関名：

部局名：

職名：

研究者番号（8桁）：

(2)研究協力者

研究協力者氏名：

ローマ字氏名：

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。