

令和 4 年 6 月 23 日現在

機関番号：25301
 研究種目：基盤研究(C) (一般)
 研究期間：2019～2021
 課題番号：19K12082
 研究課題名(和文) 目鼻口を用いた身体的引き込み動作で遠隔者とのかかわりを実感させるインタフェース

研究課題名(英文) An interface to feel the relationship with a remote person by entrainment interaction using information from the eyes, nose and mouth

研究代表者
 伊藤 照明 (ITO, TERUAKI)
 岡山県立大学・情報工学部・教授

研究者番号：90284306
 交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,400,000円

研究成果の概要(和文)：対面コミュニケーションで使用されるノンバーバル情報である頭部身体動作で運動強調ディスプレイを制御し、その動きで遠隔者とのかかわりを実感する手法を提案した。本研究では、視線計測による眼球運動情報(目)、画像解析による頭部動作情報(鼻)、およびシグナル解析による音声情報(口)を頭部身体運動と併用した制御法の開発を行った。その結果、遠隔者とのかかわりを感じる身体的引き込み動作を確認することができた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究は、遠隔コミュニケーションシステムにおいて、遠隔者の分身として目の前で動作する運動強調ディスプレイという極めてユニークな提案を行っており、学術的に独創性の高い研究である。ディスプレイを通じた会話では、話者の存在感が伝わらない、場の雰囲気共有できない、遠隔者とのかかわり合いを感じないといった根本的な問題に対する取り組みとして、学術的・社会的に意義が深いものである。

研究成果の概要(英文)：This study proposed a method to control the motion emphasis display by the head and body movement, which is nonverbal information used in face-to-face communication, and to feel the relationship with a remote person by the movement. This study developed a control method using eye movement information (eyes) by eye movement measurement, head movement information (nose) by image analysis, and voice information (mouth) by signal analysis in combination with head body movement. As a result, entrainment interaction that feels the relationship with the remote person was recognized.

研究分野：ヒューマンインタフェース

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 臨場感コミュニケーション

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、研究者個人に帰属します。

1. 研究開始当初の背景

遠隔映像と音声通信を介した遠隔コミュニケーションシステムが実用化し、多くの人に利用されるようになった。その一方で、ディスプレイを通じた会話では、話者の存在感が伝わらない、場の雰囲気共有できない、遠隔者とのかかわり合いを感じないといった根本的な問題が指摘されている。相手のぬくもりや親しみを感じるような遠隔コミュニケーションを実現するためには、こうした根本問題の解決が求められている。

一般的な動画配信で解決できる問題に対しては、解決の糸口を探る新しい研究が報告されている。例えば、遠隔操作によるテレプレゼンスロボット(Beam)や、首の動きを模倣して動く首型ロボット(Kubi)が実用化されている。こうしたロボットに対して遠隔者がリモコン操作で自己表現をすることで、通常の遠隔会議にはない存在感を遠隔の場で示せることが報告されている。また、アバターアイデアを取り入れた遠隔会議システムでは、スクリーン投影された人の動きと、スクリーン自体の物理的な運動との相乗作用により、会話者の動作がより明確に観測者に知覚される効果により、場の雰囲気を伝えることに成功している。その一方で、遠隔コミュニケーションにおける相手の分身として目の前で動作するロボットとの対面コミュニケーションにおいては、相手との“かかわり”を感じる場を提供することのできる技術についても盛んに研究が行われている。

こうした背景を踏まえて、先行研究では遠隔者とのかかわりに関する問題に焦点を当て、運動強調ディスプレイを介した遠隔コミュニケーションシステム (ARM-COMS: ARm-supported eMbodied COmmunication Monitor System) を提案した。その結果、身体的引き込みの効果を確認し、遠隔者とのかかわりを感じる機能実装の可能性を示した。しかし、頭部動作駆動方式による運動強調ディスプレイの弱点と無動作状態への対応に関する課題が下記の通り明らかとなった。

頭部動作駆動方式の弱点: 実験中に行う恣意的で明白な動作については検出可能であり、その検出データを用いた ARM-COMS 制御の可能性については確認できた。一般的に、対面会話の場合は、対面相手のごく僅かな身体動作であっても非常に繊細に感じ取り、そのフィードバックが相手に返され、結果として身体的引き込み動作として発現する。対して、モニタを介した通常の遠隔コミュニケーションでは、会話中に身体を大きく動作させることは稀であり、検出が困難な微妙な動きを用いた強調動作制御が求められることになる。

無動作状態の対応: 運動強調ディスプレイは、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する臨場感創出法で、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。ARM-COMS ではこの方式を応用し、ディスプレイ内の人の動きから得られる頭部動作に同期して、ディスプレイの物理動作が制御される。そのため、頭部動作が検出されない場合は運動強調が行われない。一般の対面会話の場合、聞き手側にお辞儀等の大きな身体動作がない場合でも、生体反応としての息遣いや瞬きなど聞き手としての応答を感じて会話をしている。しかし、制御駆動元となる人がほとんど動かずに静止状態の場合、ディスプレイの物理動作は行われず、聞き手としての応答が行われない状態が続く。つまり、頭部動作駆動型では、遠隔にいる聞き手側に大きな身体動作が行われない場合、ARM-COMS を介した身体的引き込み動作の効果を引き出すことは困難である。

そこで本研究では、物理的な身体運動を直接利用せずに、人の生体情報(目・鼻・口)を利用することで間接的に身体動作と関連づける。つまり遠隔側では視線計測による眼球運動情報(目)と画像解析による頭部動作情報(鼻)を、また手元のディスプレイ対面側では、シグナル解析による音声情報(口)を検出し、それら3種類の入力合成信号で運動強調ディスプレイを制御し遠隔者とのかかわりを感じる身体的引き込み動作についての研究に着手した。

2. 研究の目的

先行研究では頭部動作駆動(IMAGE)を前提に運動強調ディスプレイ制御に取り組んだ。その結果明らかとなった明らかになった課題は次の2点である。すなわち、頭部動作駆動方式の弱点および無動作状態の対応である。

頭部動作駆動方式の弱点とは、検出が困難な微妙な動きを用いた強調動作制御ができないことである。無動作状態とは、制御駆動元となる人がほとんど動かずに静止状態の場合、ディスプレイの物理動作は行われず、聞き手としての応答が行われない状態が続くことである。これら2つの課題に取り組むため、本研究では物理的な身体運動を直接利用せずに、人の生体情報、つまり眼球運動情報(GAZE)と音声情報(VOICE)を利用することで間接的に身体動作と関連づけることで運動強調ディスプレイを制御する方式の提案を目的とする。

3. 研究の方法

上述した2つの課題、すなわち頭部動作駆動方式の弱点および無動作状態の対応に取り組むため、本研究では物理的な身体運動を直接利用せずに、人の生体情報、つまり眼球運動情報(GAZE)と音声情報(VOICE)を利用することで間接的に身体動作と関連づける。つまり、遠隔者の明白な

動作に対する頭部動作計測データ(IMAGE)に加えて、明白な動作検出ができない場合でも、視線計測による眼球運動計測データ(GAZE)を利用した間接的な運動強調制御を行うことで、リモートインタラクション機能を実装する。また、遠隔者の運動動作とは別に、ローカル側での発話者の音声データ(VOICE)を利用して、対話応答性の良いローカルインタラクション機能を実装する。そして、こうした複数の入力信号を組み合わせ、身体的引き込み動作を引き起こす運動強調を可能とする ARM-COMS 制御方式アルゴリズムを開発する。

4. 研究成果

令和元年度は本研究で用いるロボットハードウェア開発を中心として実施した。まず先行研究で作製したコンセプト試作機を見直すところから始めた。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・動作確認を行った。その結果、ハードウェア構成は、サーボモータをアクチュエータとする5軸構成とし、デスクトップに設置できるように、高さ・幅・奥行きともに500mm以内の筐体となる仕様とした。また、筐体にはアクチュエータに加えて、カメラ、マイク、スピーカを含めてSBC(シングル・ボード・コンピュータ)で制御する仕様として設計した。SBCはUbuntuをOSとして搭載し、ROS(ロボット・オペレーティング・システム)をロボット開発用のソフトウェアプラットフォームとして構築した。しかし、タブレットを把持してロボットアームを動作させると、タブレット画面を常に正面に配置するような制御をすることが困難であることが分かった。そこで1軸追加した6軸構成で設計をし直した。

ロボットは2台作成し、ROSを搭載したサーバーを介して、それら2台のロボットが制御される仕組みとして構築した。タブレットをロボットに把持させ、ROSによってアーム動作ができることを確認した。しかし、アクチュエータ構成を5軸から6軸と変更したことにより、シミュレーションモデルを介した制御までは至っていない。

令和2~3年度は、本研究で用いるロボットハードウェアの動作確認と、制御方式の検討について取り組んだ。一般的に、人間同士の対面会話の場合、対面相手のごく僅かな身体動作であっても非常に繊細に感じ取り、そのフィードバックが相手に返され、結果として身体的引き込み動作として発現する。この身体動作を利用して運動強調ディスプレイを制御することで、遠隔者の存在をより身近に感じられるようにすることに取り組んでいる。ただし、会話中に頭部を大きく動作させることは稀であり、検出が困難な微妙な動きを用いた強調動作制御が求められることになる。そこで、本研究では、物理的な身体運動を直接利用せず、人の生体情報(目・鼻・口)を利用することで間接的に身体動作と関連づける。

頭部の動きを取り入れるために、顔の画像検出を行い、鼻を中心とした顔の動きを検出し、その動きによって強調ディスプレイを連動させる仕組みを作った。鼻にマーカー有り・無し両方の動作検出の実験を行い、いずれの場合も画像処理による顔の動き検出を用いて強調ディスプレイを制御することができた。ただし、微妙な動作をディスプレイ動作で確認するためには、バイアス電圧を加えて動作拡大をする必要があった。しかし、顔の動作を全て反映すると、ディスプレイが常時動いた状態となり、本来の目的である遠隔会議に支障となることから、閾値を設けた処理で対応した。

音声情報(口)を取り入れるため、ローカル側の音声によるディスプレイ動作の仕組みについて検討した。これはリモート側の参加者の動作が検出できない使えない場合でも、ローカル側の音声反応を利用することで、遠隔者とのかかわりを感じる身体的引き込み動作を連動させるためである。そこで、音声認識による情報検出を試み、AIスピーカ、コミュニケーションロボットなどを用いたインタラクションの検証を行ない、基礎データを得ることができた。

遠隔コミュニケーションシステムの普及により明らかになっている基本的な問題、すなわち遠隔者の存在感が感じられない、場の雰囲気共有できない、遠隔者とのかかわりが感じられない等の問題に対し、とくに遠隔者とのかかわりの問題を中心に取り組んだ。そのため、対面コミュニケーションで使用されるノンバーバル情報としての頭部身体動作に着目し、運動強調ディスプレイによってその動作を表現することで遠隔者とのかかわりを実感するための手法を提案した。しかし、制御駆動元となる人がほとんど動かずに静止状態の場合、ディスプレイの物理動作は行われず、頭部動作駆動方式による運動強調ディスプレイの弱点と無動作状態への対応に関する課題が明らかとなった。一般の対面会話の場合、聞き手側にお辞儀等の大きな身体動作がない場合でも、生体反応としての息遣いや瞬きなど聞き手としての応答を感じて会話をしていることから、本研究では、物理的な身体運動に加えて、人の生体情報(目・鼻・口)を利用する手法を提案した。つまり遠隔側では視線計測による眼球運動情報(目)と画像解析による頭部動作情報(鼻)を、また手元のディスプレイ対面側では、シグナル解析による音声情報(口)を検出し、それら3種類の入力合成信号で運動強調ディスプレイを制御し遠隔者とのかかわりを感じる身体的引き込み動作に利用する方法を提案した。この提案を具現化するために、本研究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を開発した。頭部動作情報に加えて、リモート・ローカルの音声情報を統合利用することで、無動作状態への対応に関する課題に対する解決案を示すことができた。運動強調ディスプレイを介した遠隔コミュニケーションにおいて、身体的引き込みの効果を確認し、遠隔者とのかかわりを感じる機能実装の可能性を示すことができた。眼球運動情報を動作解析に用いることで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。

今後の課題として、眼球運動情報を制御に利用すること、人の生体情報（目・鼻・口）を統合的に利用すること、遠隔コミュニケーションにおける身体的引き込みについての検証実験を行うことなどが挙げられる。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計8件（うち査読付論文 7件/うち国際共著 1件/うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Ito Teruaki, Oyama Takashi, Watanabe Tomio	4. 巻 12766
2. 論文標題 Smart Speaker Interaction Through ARM-COMS for Health Monitoring Platform	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Lecture Notes in Computer Science	6. 最初と最後の頁 396 ~ 405
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/978-3-030-78361-7_30	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Ito Teruaki, Oyama Takashi, Watanabe Tomio	4. 巻 12424
2. 論文標題 Speech Recognition Approach for Motion-Enhanced Display in ARM-COMS System	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Lecture Notes in Computer Science	6. 最初と最後の頁 135 ~ 144
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/978-3-030-60117-1_10	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Oyama Takashi, Ito Teruaki	4. 巻 1202
2. 論文標題 Motor Control of Hand Force for Visual Indicator Without Hand Displacement	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Advances in Industrial Design	6. 最初と最後の頁 907 ~ 912
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/978-3-030-51194-4_117	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 ITO Teruaki, RAHMAN Mohd Soufhwee ABD, MOHAMAD Effendi, RAHMAN Azrul Azwan ABD, SALLEH Mohd Rizal	4. 巻 14
2. 論文標題 Internet of things and simulation approach for decision support system in lean manufacturing	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Advanced Mechanical Design, Systems, and Manufacturing	6. 最初と最後の頁 0027 ~ 0027
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1299/jamdsm.2020jamdsm0027	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Ito Teruaki, Kimachi Hiroki, Watanabe Tomio	4. 巻 11570
2. 論文標題 Combination of Local Interaction with Remote Interaction in ARM-COMS Communication	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Human Interface and the Management of Information. Information in Intelligent Systems	6. 最初と最後の頁 347 ~ 356
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/978-3-030-22649-7_28	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Hamid Rahimah Abdul, Ito Teruaki	4. 巻 11
2. 論文標題 Shape definition and parameters validation through sheet metal feature for CNC dental wire bending	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 International Journal of Computer Aided Engineering and Technology	6. 最初と最後の頁 763 ~ 763
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1504/IJCAET.2019.102519	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 伊藤照明	4. 巻 54
2. 論文標題 アクティブディスプレイのためのロボットアームインタラクション	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 設計工学	6. 最初と最後の頁 729-734
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Ito Teruaki, Kamat Seri Rahayu	4. 巻 12
2. 論文標題 A proposal of integrated worker-monitoring system towards ergonomic manufacturing environment	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 International Journal of Agile Systems and Management	6. 最初と最後の頁 437 ~ 437
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1504/IJASM.2019.104596	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

〔学会発表〕 計18件（うち招待講演 3件 / うち国際学会 3件）

1. 発表者名 Teruaki Ito, Takashi Oyama, Tomio Watanabe
2. 発表標題 Smart Speaker Interaction Through ARM-COMS for Health Monitoring Platform
3. 学会等名 International Conference on Human-Computer Interaction (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 三澤 秀斗、大山 剛史、Effendi MOHAMAD、伊藤 照明
2. 発表標題 対話型ロボットの動作に対する感性評価のためのシミュレーションモデル
3. 学会等名 第31回設計工学・システム部門講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 伊藤照明
2. 発表標題 無疲労 LED 照明による感性認知
3. 学会等名 2020年度日本機械学会年次大会（招待講演）
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 大山剛史、中川千怜、伊藤照明
2. 発表標題 触覚デバイスによる粘性力場がフィッツの法則に与える影響
3. 学会等名 2020年度(第70回)電気・情報関連学会中国支部連合大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 伊藤 照明, 定金 賢吾, 大山 剛史
2. 発表標題 スマートスピーカーインタフェースを介した健康管理 IoT システム
3. 学会等名 2020年度(第70回)電気・情報関連学会中国支部連合大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 大山剛史、伊藤照明
2. 発表標題 反復タッピング運動においてフィッツの法則に影響を与えるパラメータ
3. 学会等名 第30回設計工学システム部門講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Ito Teruaki, Oyama Takashi, Watanabe Tomio
2. 発表標題 Speech Recognition Approach for Motion-Enhanced Display in ARM-COMS System
3. 学会等名 International Conference on Human-Computer Interaction (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Oyama Takashi, Ito Teruaki
2. 発表標題 Motor Control of Hand Force for Visual Indicator Without Hand Displacement
3. 学会等名 International Conference on Applied Human Factors and Ergonomics (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Effendi MOHAMAD , Mohd Azizi TUKIRAN , Teruaki ITO , Mohamad Ridzuan JAMLI , Nor Akramin MOHAMAD , MohdRizal SALLEH , Rahmi YUNIAR
2. 発表標題 Improving Overall Equipment Effectiveness Using Lean Six Sigma in Lube Blending Plant: A Case Study
3. 学会等名 第30回設計工学システム部門講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Effendi Mohamad, Mohammad Afif Embok Resa, Teruaki Ito, Syed Rose Al-Jeffry Syed Mohd Aris
2. 発表標題 Optimizing the Changeover of Pressure Die Casting Machine by Implementing Single Minute Exchange of Die
3. 学会等名 生産システム部門研究発表講演会2020
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 伊藤照明
2. 発表標題 ゆらぎによる無疲労LED照明
3. 学会等名 第24回岡山リサーチパーク研究・展示発表会（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 伊藤照明
2. 発表標題 協調工学から感性情報工学へ
3. 学会等名 日本機械学会 2019年度 年次大会（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 難波 裕昌, 大山 剛史, 伊藤 照明
2. 発表標題 上肢運動における順ダイナミクスモデルの学習
3. 学会等名 第21回IEEE広島支部学生シンポジウム (HISS)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 曾根海斗, 大山 剛史, 伊藤 照明
2. 発表標題 運動制御における相互作用トルクの影響
3. 学会等名 第21回IEEE広島支部学生シンポジウム (HISS)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 田中理沙, 大山 剛史, 伊藤 照明
2. 発表標題 物理動作を伴うタブレットによる親和性向上の試み
3. 学会等名 第21回IEEE広島支部学生シンポジウム (HISS)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 橋本淳平, 大山 剛史, 伊藤 照明
2. 発表標題 運動習慣動機付けのための呈示情報効果に関する考察
3. 学会等名 第21回IEEE広島支部学生シンポジウム (HISS)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 江草亜美, 大山 剛史, 伊藤 照明
2. 発表標題 触覚を伴う複合型仮想空間内運動における視覚情報の影響
3. 学会等名 第21回IEEE広島支部学生シンポジウム (HISS)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 大山剛史, 伊藤照明
2. 発表標題 上肢運動における相互作用トルクに着目した運動軌跡の解析
3. 学会等名 日本機械学会設計工学システム部門講演会 2019
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------