

令和 6 年 6 月 17 日現在

機関番号：12612

研究種目：若手研究

研究期間：2021～2023

課題番号：21K17841

研究課題名（和文）心の働きを自然に伝える遠隔コミュニケーション支援インタフェースの開発

研究課題名（英文）Remote communication support interface of naturally conveys the work of the mind

研究代表者

松野 省吾（Matsuno, Shogo）

電気通信大学・大学院情報理工学研究科・准教授

研究者番号：60836245

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,600,000円

研究成果の概要（和文）：計測した生体情報から使用者の感情や態度の変化を推定し、感性情報としてコミュニケーションにフィードバックを与えることで非言語インタラクションを活性化し、情報の相互共有とコミュニケーションの質的向上を促進するようなヒューマンインタフェースの実現を目指し、遠隔コミュニケーションにおける感性情報伝達の定量的な評価指標の確立とそれを用いて仮想空間におけるコミュニケーションを支援する入力インタフェースの開発を行った。

研究成果の学術的意義や社会的意義

パンデミックにより遠隔コミュニケーションの重要性が増した現代において、仮想空間におけるコミュニケーション手段の重要性は高まっている。仮想空間では現実空間と遜色のないコミュニケーションを期待されるが、現実には技術的制約から現実のような繊細な感情の機微を伝えることは困難である。本研究の成果として、眼球運動を計測することで集中、緊張といった心理状態の推定が可能であることを明らかにしたため、仮想空間におけるコミュニケーションデザインにおいて、随意的なコマンドによる感情表現をせずとも非随意的な生理指標によって感情表現を行うことで、自然なコミュニケーションを促進する効果を期待できる。

研究成果の概要（英文）：We developed a human interface for remote communication that activates nonverbal interaction and promotes mutual sharing of information and qualitative improvement of communication by estimating changes in the user's emotions and attitudes based on measured biometric information and providing feedback to communication as sensory information. Moreover, we established a quantitative evaluation index of emotional information transfer in remote communication and developed an input interface that supports communication in a virtual space using the index.

研究分野：感性情報学

キーワード：視線計測 コミュニケーション支援 マルチモーダルインタフェース パーチャルリアリティ 共感性

## 1. 研究開始当初の背景

社会における働き方改革の取り組みに加え、新型コロナウイルスの感染拡大に伴い、従来の集約型オフィスでの働き方から個々の作業員に時間的・空間的な裁量を預けたテレワークを行う企業が急速に増えている。また、大学などの教育機関においても、with コロナの教育・授業では教室という同じ空間を共有しないオンライン授業の活用はもはや必須である。特に、バーチャルリアリティ（以下、VR）技術は多人数での時空間の共有のみならず、現実空間のような場所依存の拘束条件なく、身体的な空間共有を実現する技術としてますます注目されている。VR技術の発展により、ヒトはVR空間に自身のアバターを投影し、没入することで空間内の自律エージェントや他者のアバターと身体的な空間を共有した社会的コミュニケーションを行えるようになった。例えば、社員はVR空間にあるオフィスに出社し、現実世界には企業活動のメインとなるオフィスを持たない企業なども既に登場している。

一方で、Zoom疲れや対話品質の劣化のような、遠隔コミュニケーション特有の問題が表面化している。こうした社会情勢の急激な変化から、遠隔コミュニケーションの洗練化は喫緊の課題である。中でも特に重要なのは非言語情報の伝達である。メラビアンの法則によると、現実世界の対面コミュニケーションにおいて、話し手が聞き手に与える影響の実に93%が非言語情報であるという。上述した「Zoom疲れ」などの問題においても、態度や感情といった、感性情報の相互共有が難しいことが主要な原因ではないかとの指摘もある。仮想空間においても同様であり、VRデバイスのハードウェア的制約から、仮想空間で取り得る表現や伝達できる非言語情報は大きく制限されており、現実における直接的な対面コミュニケーションと同等の表情豊かな情報伝達は難しいのが現状である。この問題が解決されない限り、仮想空間では現実空間と同等の密度を持った情報の相互共有は実現されない。

そこで、現実空間と遠隔・仮想空間のコミュニケーションにおける、非言語インタラクションや感性情報の違いを明らかにし、遠隔チャネルを用いた場合に補足すべき非言語情報の整理と提示方法を検討する必要がある。具体的には、コミュニケーションのチャネルが話者の非言語インタラクションにどのような影響を与えているか観測・整理するとともに、話者の感情の変化パターンを生理情報から評価、推定できるようにモデル化する。そして欠落した非言語情報に対応する感情の変化パターンを感性情報として定義し、定量的な指標として確立する。その後、欠落した非言語情報に対応する感性情報を、フィードバックする感性インタフェースを試作し、遠隔・仮想空間におけるコミュニケーションの質的向上を試みる。

## 2. 研究の目的

本研究は非言語インタラクションを感性情報によって活性化する感性インタフェースの基盤技術開発である。計測した生体情報から使用者の感情や態度の変化を推定し、感性情報としてコミュニケーションにフィードバックを与えることで非言語インタラクションを活性化し、情報の相互共有とコミュニケーションの質的向上を促進するようなヒューマンインタフェースには類例に乏しい。現状の仮想空間におけるコミュニケーションは言語情報が中心であり、非言語情報はユーザの操作によるアバターの動作や抽象化されたアイコンの発信のように自覚的な行動に限定される。もし、現実空間でヒトが行うように、雰囲気や感情を非随意的に読み取り、感性情報の自然な発信ができれば、「目は口ほどにものを言う」という諺のような、現実世界と遜色のない、密度の高い社会的コミュニケーションを実現できる。その結果、仮想空間は多人数であっても身体的移動を伴わずに空間の共有を可能とし、テレワークや遠隔授業における課題である対話品質のクオリティを改善できる。のみならず、身体的障害により移動に困難を伴う人の意思伝達支援や、現実世界では困難である仮想空間ならではの感性情報の可視化・直接的伝達の可能性など、次世代のテレコミュニケーションの基礎技術を開発することを目的とする。

## 3. 研究の方法

本研究では、1. 遠隔コミュニケーションにおける感性情報伝達の定量的な評価指標の確立、2. 仮想空間におけるアバターを介した遠隔コミュニケーションの質的向上の2段階の研究目標を実施する。

第一段階として、現実空間と遠隔・仮想空間におけるコミュニケーションを比較し、非言語インタラクションの整理と感性情報伝達のモデル化、およびその評価指標の確立を試みる。ヒトの感性を客観的に評価するには生体情報の中から感性に対応する情報を抽出しなければならない。ところが、個人差や慣れなどの要因により「ヒトの平均」に対する分散が大きく、単一の情報源から感性情報を精密に抽出することは難しい。そのため、生理・行動・心理といった、複数の情報源を組み合わせた包括的評価を行う必要がある。これまでの生理心理学的な知見に基づき、実験を通してコミュニケーション時の感性情報抽出を試みる。比較実験として幾つかの情報伝達課題をチャネルごとに実施し、生理・行動・心理の各種生体情報を取得する。具体的には、行動情報として、実験の映像記録から、発話内容、発話回数、仕草を収集し、心理情報として実験後のヒアリングを実施する。そして、生理情報として、同期測定可能な、視線軌道、瞳孔反応、瞬

目、発汗、脈波、鼻部皮膚温、体動（加速度）を測定する。得られた生体情報からチャンネル間の差異を確認するとともに、感情の変化を捉えるために有効な情報源を明らかにする。第二段階として、生体情報をリアルタイムに計測し、構築した感性情報伝達モデルから感性情報を推定し、非言語情報としてフィードバックする感性ヒューマンインタフェースのプロトタイプを構築する。本研究の第一段階で解明した感性情報伝達に有効な情報源を活用し、遠隔コミュニケーションの質的な向上を図る。具体的には、主として第一段階で用いた計測システムを流用し、これを遠隔コミュニケーションに用いるデバイスと連動させることで、計測した生体情報に基づく感性情報の状態変化をアバターのエフェクト・モーションとして自律的に可視化することで、話者の非言語インタラクションを発生させるヒューマンインタフェースを開発する。また、遠隔コミュニケーションにおける情報伝達課題による被験者実験によって開発したヒューマンインタフェースを評価する。

#### 4. 研究成果

##### 1. 遠隔コミュニケーションにおける感性情報伝達の定量的な評価指標の確立について

視線計測装置を用いた被験者実験を通して一定の知見を得た。実験は20～30歳までの健常成人6名を対象とし、心理的な駆け引きを想起するような単純なカードゲーム課題を30分間程度実施してもらった。実験で取得した心理指標（アンケート評価）と計測した生理指標のうち、瞳孔反応、瞬目、脈波の値において主観による集中度合いと生理指標が同方向に変化する傾向があることを確認した。また、生理指標として瞬目を計測するにあたり、随意性瞬目と自発性瞬目の変化特徴と個人差の傾向を実験により分析し、自動識別するためのアルゴリズムを開発した。実験の結果、随意性瞬目の識別には瞬目波形の形状積分値を特徴量とした分類が有効であり、先行研究で用いられていた瞬目持続時間、瞬目時振幅値の何を用いた場合にも識別が困難である被験者に対しても提案アルゴリズムを用いると有効に推定できることを確認した。さらに、3Dモーションキャプチャーを使用して各身体部位の動作データを組み合わせた機械学習モデルを作成することで各身体部位の分類結果を比較し、部位ごとの精度に与える個人差の影響を分析した。

##### 2. 仮想空間におけるアバターを介した遠隔コミュニケーションの質的向上について

視線計測装置を搭載したヘッドマウントディスプレイを使用してバーチャル環境におけるユーザの視線と瞬目を計測し、心理状態を推定する基礎的な入力インタフェースを作成した。開発したインタフェースでは斜め方向の視線移動と随意性瞬目を能動的な眼球運動と定義し、入力操作に用いる。その一方で短距離の視線移動や自発性瞬目を非随意的な眼球運動として検出し、その頻度の変化から心理状態を推定する。5自由度の入力操作と並行して心理指標としての眼球運動と自発性瞬目を計測するアルゴリズムを開発し、95%程度の精度でリアルタイムに並行して検出できることを実験によって確認した。また、心理状態の基本的な推定手法として、自発性瞬目の生起頻度から覚醒レベルの推定を試みるアルゴリズムを検討した。覚醒レベル変動の兆候として、まぶたの時間的な揺らぎや、左右での瞼の動作のずれが生じることが指摘されているため、これらを提案システムを用いて計測することが可能であるかを検証した。また、開発した計測手法を応用して、作業者にとってわかりやすい情報提示システムとして、組立作業台の天板に埋め込まれたLCDディスプレイが上で実装可能なカメラベースの注視点推測システムを提案した。

本研究では、当初想定していた研究計画のうち、最も基礎的な計測システムの開発とそれを用いた心理指標の分析は完了したものの、当初予定していた心拍や発汗といった眼球近傍以外の生理指標の組み込みやVR空間上でのフィードバックの影響評価は着手できていない。そのため、感性インタフェースとして実際に機能させるにあたっては、被験者実験によるフィードバック効果の評価を実施する予定である。

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計3件（うち査読付論文 3件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 山田 孟, 杉 正夫, 長野 真大, 中嶋 良介, 仲田 知弘, 松野 省吾, 岡本 一志, 山田 哲男	4. 巻 34
2. 論文標題 水平作業台ディスプレイにおける作業者の注視点推定システム	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 日本設備管理学会誌	6. 最初と最後の頁 8-14
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 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 Sato Hironobu, Abe Kiyohiko, Matsuno Shogo, Ohyama Minoru	4. 巻 144
2. 論文標題 Performance Improvement of 3D-CNN for Blink Types Classification by Data Augmentation	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 IEEJ Transactions on Electronics, Information and Systems	6. 最初と最後の頁 328 ~ 329
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1541/ieejeiss.144.328	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 Sato Hironobu, Abe Kiyohiko, Matsuno Shogo, Ohyama Minoru	4. 巻 143
2. 論文標題 Detailed Analysis of Blink Types Classification Using a 3D Convolutional Neural Network	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 IEEJ Transactions on Electronics, Information and Systems	6. 最初と最後の頁 971 ~ 978
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1541/ieejeiss.143.971	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 -

〔学会発表〕 計6件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 2件）

1. 発表者名 Shogo Matsuno
2. 発表標題 Detection of Voluntary Eye Movement for Analysis about Eye Gaze Behaviour in Virtual Communication
3. 学会等名 HCI International 2023 (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 川根龍人, 伊集院大将, 杉正夫, 中嶋良介, 仲田知弘, 岡本一志, 松野省吾, 山田哲男
2. 発表標題 3次元モーションデータの深層学習による作業者分類の精度に関する一考察
3. 学会等名 2023年度精密工学会春季大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 長野 真大, 石田 和貴, 中嶋 良介, 仲田 知弘, 松野 省吾, 岡本 一志, 山田 周歩, 山田 哲男, 杉 正夫
2. 発表標題 水平作業台ディスプレイのための複数カメラに基づく視線位置推定システム
3. 学会等名 2023年度精密工学会春季大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Matsuno Shogo, Niiura Daiki, Abe Kiyohiko
2. 発表標題 Gaze Direction Classification Using Vision Transformer
3. 学会等名 IIAI-AAI-Winter 2023 (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 阿部清彦, 佐藤寛修, 松野省吾, 大山実
2. 発表標題 視線入力インタフェース向け遠隔実験システム
3. 学会等名 2021年度電気学会電子・情報・システム部門大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 佐藤寛修, 阿部清彦, 松野省吾, 大山実
2. 発表標題 3次元畳み込みニューラルネットワークによる瞬目種類識別の検討
3. 学会等名 2021年度電気学会電子・情報・システム部門大会
4. 発表年 2021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
研究協力者	阿部 清彦  (Abe Kiyohiko)	東京電機大  (32657)	
研究協力者	佐藤 寛修  (Sato Hironobu)	東京電機大  (32657)	
研究協力者	大山 実  (Ohyama Minoru)	東京電機大  (32657)	

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
---------	---------