

平成 30 年 6 月 11 日現在

機関番号：14401

研究種目：基盤研究(A) (一般)

研究期間：2015～2017

課題番号：15H01699

研究課題名(和文) 意識下応答を活用したシームレス機能拡張インタフェース：バーチャルサイボーグの研究

研究課題名(英文) Research of virtual cyborg as augmented human interface using subconscious responses

研究代表者

前田 太郎 (MAEDA, TARO)

大阪大学・情報科学研究科・教授

研究者番号：00260521

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 32,400,000円

研究成果の概要(和文)：新たに追加された人工肢体に対して自己身体を拡張する『自己身体像の変容』を確認した。さらに使用者に「変容した身体の運動」をイメージさせることで「変容した身体の運動意図」を生成させ、これを意図推定技術である「つもり制御」によって追加身体の制御入力として利用することで、「追加された身体を、既存の身体の転移イメージとしてではなく、既存身体と協調した新たな身体の運動イメージとして直観的に操ることが可能な、「自己主体感と自己所有感の共存したバーチャル身体動作の実現」について、試作されたウェアラブルロボットを用いた作業実験と心理物理実験によって検証した。

研究成果の概要(英文)：By our technology as extension of the human body, it has shown "virtual body ownership changes to a new image including artifacts" rather than "the ownership feeling transfers to artifacts" which has been confirmed in the previous research. Our technology is constructed by transmitting tactile stimuli and estimating human behavioral intentions. For estimating human behavioral intentions, by using "physical response under conscious" which is easier to measure than biological information such as brain waves, it is possible to estimate the acceleration response of the shoulder or the knee which is not the subjective movement part in the original limb movement. The presence or absence of the intention of the additional body motion was detected, and the added motion intention of the body was estimated using this.

研究分野：人間情報工学

キーワード：人間機能拡張 自己主体感 自己所有感 サイボーグ バーチャルリアリティ 意識下応答 感覚伝送
随意操縦

1. 研究開始当初の背景

近年、複雑化する機械システムに対してより高い利便性と安全性を求めて車の自動操縦に代表されるように自律制御への要求が高まりつつある。この際には利用者の意図を反映した随意性を自動システムと共存させるための方法論が大きな課題となる。ヒトが機械システムに対して意図を反映させるにあたっては、複雑な操作システムや装置の応答にヒトが習熟するのではなく、あたかも自己の身体機能が拡張されたかのような自然さでもって上記の随意状態から自動状態までをシームレスに実現するインタフェースの実現が望まれる。研究代表者らはこれまで **Norbert Wiener** に端を発する「人間機械論」の観点から、人間の特性を生かして身体機能を拡張するインタフェース技術に取り組んでいる。これまでの研究成果から、ヒトの随意行動のシステムは行動意図を決定する意識上のシステムと、この意図と整合性をもって行動を実施する意識下のシステムから構成されており、工学的なデバイスによって錯覚現象を生じさせることでこの意識下システムを介して行動を誘導し、意識上システムへの注意負荷なしに利用者の行動を支援出来ることが実証されている。元来ヒト自身の持つ意識下システム自体、その機能は意識上に負担をかけることなく半自動的に信号処理や身体制御を行うという半自律システムである。そこで、新たに同様の応答を行う半自動システムを工学的に追加し、これを人の意図に応じた **Agency** をもって連動させることが出来れば、工学システム側の機械学習とヒト自身の持つ順応学習能力によって、これを新たな身体の一部として認識させ、複雑な操作負担無しに随意に操れるようになる。

本研究ではこのような工学的な身体機能の拡張を「バーチャルサイボーグ」と定義し、利用者に機械操作を意識させることなく自己身体に如く直観的な随意性を持って複雑な工学システムをも操れるインタフェース技術を実現することを狙う。この「バーチャルサイボーグ」の基盤となる研究代表者らのこれまでの成果として **JST・CREST** における「パラサイトヒューマン」と科研費基盤(A)における「つもり制御」の研究がある。「パラサイトヒューマン」ではウェアラブル技術によって装着者の身体性を介して装着者の行動モデルを機械学習と装着者自身の行動学習の双方から適応的に統合し、意識上・意識下双方随意自動機械人間ヒト自身操縦機械自動運転コマンド入力型ロボット自律型アンドロイド人-機械随意-自動のシームレスな融合の必要性他人テレグジスタンス視覚情報操作の応答を利用して人間-機械間の協調動作を実現させることで、感覚-運動情報の計測とその解析、五感体験や行動スキルの記録・伝送・再生に主眼を置いたインタフェースであったのに対して、「バーチャルサイボーグ」では同種の技術・情報を利用し

つつ工学的に拡張された機能の操作に対して身体性を介した自然で直観的な適応を可能にすることに主眼を置いたインタフェースを構築する。一方「つもり制御」の要諦は操作者の意識下応答を利用した「つもり=行動意図」の機械学習的な推定技術である。本研究ではこれを用いて「バーチャルサイボーグ」におけるバーチャルな「意識下行動システム」を構成する。「つもり制御」では自由度や各種パラメータの不一致を行動意図レベルでの一致によって整合性をもった操作の随意性 (**Agency**) として確立させることに主眼を置いた制御法であったのに対して、「バーチャルサイボーグ」では「バーチャル意識下システム」による **Agency** の確立によって工学システム自体に対して自己身体感覚 (**Ownership**) を伴う拡張された身体性をもたらす、利用者にとって自己の身体性が投影された直観的でシームレスな機能拡張インタフェースの実現を狙う。

2. 研究の目的

本提案では、身体性を介して意識下応答から行動意図を推定することで自己の身体性が投影された操作インタフェースを構築し、随意性と自立性の共存した身体機能の工学的拡張を実現する。

まず没入的な **VR・テレグジスタンス** 環境を用いて、実時間的な感覚-運動過程において身体性を基盤とした随意性 (**Agency**) と自己身体性 (**Ownership**) についてその成立条件を求め、それを維持可能な身体変容の許容性について時間的・空間的なパラメータを変容させた条件下において心理物理的手法を用いて定量的に検証する。

この検証結果を基に「第三の腕」のような新たな工学的制御対象に対して「つもり抽出」技術を用いた意図推定によって「バーチャル意識下システム」を構築し、これを拡張された身体の一部として許容しつつ機械システムとユーザーが相互に適応学習を行うことで、詳細な動作意図に完全対応する随意動作から概略的な意図に合目的に対応する半自動動作までをシームレスに操作が可能であるかどうかを被験者実験によって検証する。

また上記システムの開発に必須となる意識下応答からの意図推定技術の向上についても並行して研究を進める。テレグジスタンスのように四肢身体への対応性を活用したインタフェースでは、従来四肢身体に対応しない意図の反映が困難であり、背景意図の反映はもとより視野のモード変更やロボットの追従制御のオンオフといった単純なスイッチ操作すら音声認識などの技術に頼るなど、本来の直観性を生かし切れなかった。本研究ではこの問題解決に関して従来の身体動作に現れ難い意図の推定に用いる身体応答としてこれまでも活用してきた脳波等による **BCI** や意識下ニューロフィードバ

ック技術に加えて、口腔内の応答を活用した発話以前状態の意図推定を行う。この抽出情報は言語化される以前の意識下システムの応答であると期待されることからシステム全体の意図推定精度の向上が期待されるだけでなく、ヒトの意思決定システムの機序についても解析的な知見が得られるものと期待される。

3. 研究の方法

まず最初に、自己身体の拡張可能性を検討するために、自己所有感/自己主体感の研究パラダイムを利用して、従来確認されている「既存自己身体の所有感の人工物への転移」ではなく、「新規に追加された人工物に対して自己身体としての所有感を得る『自己身体像の変容』可能性」の検証を行う。この検証結果に伴って解明した所有感/主体感の生成/消滅条件を基準に、これらを誘導するために有用となるマルチモーダルな感覚の伝送・提示の要素技術についても開発を進める。

次に、使用者に「変容した身体の運動」をイメージすることによる「変容した身体の運動意図」を生成させ、これを意図推定技術である「つもり制御」によって追加身体の制御入力として利用することで、「追加された身体を、既存の身体の転移イメージとしてではなく、既存身体と協調した新たな身体の運動イメージとして直観的に操る」ための技術を確立する。これらの運動意図の推定には、脳波などの生体情報よりも計測が容易な「意識下での身体応答」を用いることで、本来の四肢動作において主体的動作部位ではない肩や膝の加速度応答から、追加身体の動作意図の有無を検出し、これを用いて追加された身体の動作意図を推定し、同時に推定と制御の遅れ時間を補償できるだけの「未来動作予測器」を構築する。

追加身体としては3自由度ロボットを用いてウェアラブルな追加腕を作成し、胸部皮膚表面に装着することで「第3の腕」を構築した(図1)。この追加腕に対して、対象物に接触する手先の2次元的な振動を装着した胸部皮膚表面に伝達・再現する「なぞり触覚」伝送を実現することで、所有感と主体感を両立させる「バーチャル身体」の実現を狙った。



図1 触覚伝送を伴うバーチャル身体としての「第3の腕」製作機[B26].

随意性によって自己主体感を付与した追加身体に対して、触覚フィードバックを付与することで自己所有感を惹起させ、自己所有感と自己主体感の揃った自己身体としての

条件を整えることで「追加された身体もまたバーチャルな自己の一部である」とする自己身体像の変容としての「バーチャルサイボーグ」技術の成立を目指す。検証課題として「なぞり触覚」

を「第3の腕」において実現する触覚伝送技術を実現する(図2)[B27].

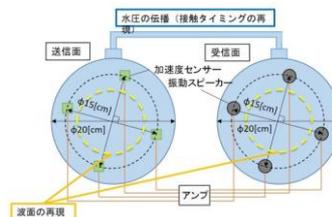


図2: なぞり触覚を伝送可能な波面再構成型触覚伝送装置

4. 研究成果

初年度である平成27年度にはまず没入的なVR環境を構築し、この環境を用いて実時間的な感覚-運動過程において身体性を基盤とした随意性(Agency)と自己身体性(Ownership)についてその成立条件を検証した。本研究では自己身体の拡張のために自己身体像の変容の可否を確認するために腹部中央から突起状の「第3の腕」に相当する部位が生じるか否かを検証した。触覚刺激と視覚刺激の同期刺激と非同期刺激によってラバーハンドと同様のシーケンスにおいて変容を促進した結果、主観応答および皮膚抵抗変化によって自己所有感領域の変容を確認した[A1]。従来のラバーハンド研究と異なり生来存在しない3本目の突起物を身体から生えた自己であると認識させることに成功した点は、自己所有感の生成/消滅を支配する新たな条件の検証として貴重な成果である。この成果については後に日本バーチャリアリティ学会大会論文誌において論文賞を受賞している。

さらに自己主体感を伴う新たな運動部位として「第3の腕」をロボット技術を用いて製作し、その制御技術には身体の意識下応答を用いた意図推定技術である「つもり制御」を用いて自己主体感を維持するための運動イメージと身体応答の対応関係を機械学習的に抽出した[B16]。

またスケール変換トレイグジスタンスを介した一人称体験での物理定数変動に対する適応の検証[B4]については「自他融合感生成」と「速度変調」を同居させた視覚刺激の生成とそれを用いた行動誘導実験に成功した点が大きな成果である[B5]。ここで活用した4ストローク刺激は往復的な仮現運動生成条件下での輝度反転との組み合わせ刺激によって生じる錯覚現象であり「位置移動を伴わない速度印象」を生じさせることが出来る現象である。この現象によって誘導される行動の応答特性は自己主体感の成立条件と強く関わっているものと考えられる。

さらに同年度の成果から自己所有感覚の変化についてはその本質が「自他境界面の変容」にあり「自他境界面の内外での空間認識様式の違い」の側面が明らかになりつつある

ことから、この現象を知覚心理学的に実証する実験を進めた[B11].

次年度の平成 28 年には初年度で確認された自己所有感の生成機序の知見をもとに自己身体変容と両立させた人工的な拡張身体の構築とその随意制御による自己主体感の付与について研究を進めた。拡張身体として体幹中央に増設された第三の腕を想定し、ロボットアームとして構築した試作機を意識下の身体応答を用いた意図推定技術「つもり制御」を利用した機械学習によって、明示的な操作手段や操作コマンドを要することなく、あたかも運動神経で接続された自己身体のように動作させることを確認した。

このために、全身の予備挙動を計測した結果、高い相関値を示し、かつ四肢動作において主体的動作部位ではない肩や膝の加速度応答から、第三腕の動作意図の有無を検出し、これを用いてロボットアームの動作意図を推定し、同時に遅れ時間を補償できるだけの「未来動作予測器」を構築した。

その結果、第三の腕を用いたリズムゲームの実施課題において、概ね一分節分の時間遅れ(約 1.2 秒分)を補償して 80%の動作的中率を分節単位での動作意図推定として実現している[B16][B17][B18].

また同アームに対して自己所有感を統合するために用いる触覚伝送には液体バッグを用いた波面再構成技術を開発し、その接触面内でのなぞり方向の伝送と弁別が可能であることを検証した[B20]. 特に、皮膚の 2 次元的な広がりや伝送する触覚伝送は、自他境界面を代表する皮膚の空間的トポロジーを脳内に構築させる点において、自己所有感の構築において支配的な知覚手がかりとなると考えられるため、その方位・極性弁別と時間応答の検証を徹底した。

最終年度となる平成 29 年度では実作業可能な「第 3 の腕」となるロボットアームと触覚フィードバック系の検証を進め、バーチャルサイボーグとして完結したシステムの一例を構築することを目指した。

初年度の成果として転移から変容へ拡張された自己所有感の付与条件は、ラバーハンドイリュージョンに代表される運動静止状態での議論への対応として同様の状態での確認に限定されていた。従来の身体変容の受容条件を随意的能動運動状態にまで拡張し、自己主体感(Agency)との両立によるバーチャルサイボーグの実現を成立させるために、これら主体感と所有感の要素を含む統合的な課題動作として「なぞり動作」を採り上げた。なぞり動作の再現のための触覚フィードバックには皮膚接触インピーダンスを改善した波面再構成デバイスを用いてなぞり運動情報のフィードバックを実現し、自己主体感と自己所有感の両立を図ることで追加されたロボット機械腕の自己身体化を実現する。なぞり動作の再現のための触覚フィードバックには皮膚接触インピーダンスを改善

した波面再構成デバイスを用いてなぞり運動情報のフィードバックを実現した。Ownership 生成のために必要となる時間同期となぞり方向について、波面再構成による 2 次元的な広がりを持った再現性を持つなぞり触覚の伝達機構の開発に成功した[B26].

これと並行して行われた経皮電気刺激によるマルチモーダルな感覚の再現技術の開発については、触覚と味覚の再現については大きな進捗があった。特に味覚に関して従来は連続的な抑制効果と瞬間的な増強効果のみが確認されていたものを連続的な増強効果を得ることに成功している[A3][A4]. 触覚に関しても、機能的電気刺激による筋収縮と指先の振動感覚を時間差をもって刺激することで、バーチャルな空中接触感を生成することに成功している[A5]. これらと並行して検証された「瞼を閉じていても光が見える錯視刺激」をもたらす新しい電気刺激についても方向誘導に利用可能なレベルのインタフェースとして開発に成功している[A2].

また、自己主体感生成に必須の運動制御インタフェースとしては、追加腕の制御を目的として意識下身体応答を利用した機械学習による意図推定器を形成し、主観的な時間遅れを伴わない随意制御を実現した[B27]. 身体動作の構えに相当する意識下応答の加速度計測を行い、過去 2 秒間の加速度を入力として応答時間に約 1 秒先行した予測を 70%程度の正答率で実現させた。この時間遅れの補正した挙動の有無によって、「なぞり触覚」を再現するシステム統合による検証を待たずに、心理物理的な被験者応答実験によって、自己主体感に関する生成・消滅の条件に関する検証を進めることには一定の成功を収めている。特に、追加腕の「バーチャルな肘の挙動」を胸部皮膚への剪断力としてフィードバックする感覚提示系の存在が、バーチャルな上肢の所有感を身体位置感覚の再現として強く惹起することが確認されており、バーチャルな追加身体であっても、能動運動時の体性感覚を時間遅れなくフィードバックすることが変容された身体所有感の生成に本質的に関わるということが証明されている[B26][B27].

この技術成果の応用としては、外耳道に挿入した加速度センサと連動させることで、寝たきりの姿勢から人型ロボット Pepper を操縦して身の回りの単純な世話を要介護者自身の操縦によって実現するためのインタフェースを構築し、複数の作業を使い分けて部屋の中に置かれた任意位置のペットボトルを持ち帰らせる制御に成功しており、随意操縦の是非によって、独立したアバターとしてのロボットに対しても自己主体感が強く発生/消滅することが示唆された[B23].

実験システムの構築の点では、感覚伝達機構の小型化が難航し、能動運動機構に統合させたバーチャルサイボーグとしての第 3 の腕は同年度中の成果として完結したシステム

としては完全な形では稼働できなかった。

このため並行して検証を進めた上記の各種感覚刺激とそれに伴う動作インタフェースの検証によって今後の継続的な成果の統合を検討することで最終年度の成果とした。今後の継続した検証によって、これらの成果の最終的な研究発表を達成する所存である。

5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計 5 件)

- [A1] 松井和輝, 古川正紘, 安藤英由樹, 前田太郎: 生得的でない身体部位追加のための身体像の伸展, 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, Vol.20, No.3, pp.243-252 (2015) 【論文賞】
- [A2] 樋口大貴, 青山一真, 北尾太嗣, 前田太郎, 安藤英由樹: 多電極視神経電気刺激が惹起する眼内閃光の光源位置制御手法, 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, Vol. 21, No. 4 p. 613-616 (2016)
- [A3] 青山一真, 櫻井健太, 前田太郎, 安藤英由樹: 下顎部電気刺激による咽頭への局所的な味覚提示, 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, Vol.22, No.2, pp.145-148 (2017)
- [A4] 櫻井 健太, 青山 一真, 古川正紘, 前田太郎, 安藤英由樹, 連続矩形波陰極電流刺激による塩味および旨味の持続的増強効果, 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, Vol.22, No.2, pp.149-156 (2017)
- [A5] 青山一真, 宮本靖久, 古川正紘, 前田太郎, 安藤英由樹, 電気刺激による空中での物体接触感と硬さの提示, 電子情報通信学会論文誌 D Vol.J101-D No.2 pp.414-422, 発行日: 2018/02/01. Online ISSN: 1881-0225

[学会発表] (計 29 件)

- [B1] Yoshihiko Hatada, Masahiro Furukawa, Hideyuki Ando, Taro Maeda, "An investigation of the relationship between apparent motion velocity and illusion of agency", Vision Sciences Society 2015
- [B2] Wataru Torii, Shinpei Fujimoto, Masahiro Furukawa, Hideyuki Ando and Taro Maeda, Proposal of Techniques to Control Robot Action Consisting of Multiple Segmented Motions Using Recurrent Neural Network with Butterfly Structure, BIOINFORMATICS 2016(7th international conference on bioinformatics models, methods and algorithms), Feb 21-23, 2016 (Rome, Italy) (short paper) (Best Poster Candidate)
- [B3] 前田太郎, 安藤英由樹, トロコイド曲線に沿った車輪走行系における接地面形状の最適化—オムニホイールを用いない全方位移動機構第6報—, ロボティクス・メカトロニクス講演会 2015 (京都: 発表確定: 2015年5月17日)
- [B4] 和田康介, 古川正紘, 安藤英由樹, 前田太郎, "バランス補償装置を用いたスケール変換テレグジスタンスにおける歩行実験",

- ロボティクス・メカトロニクス講演会 2015
- [B5] 幡田恵彦, 古川正紘, 安藤英由樹, 前田太郎, 自他視野時分割提示時の輝度反転による速度表象, 第20回日本バーチャルリアリティ学会大会, 2015年9月9日-11日
- [B6] 鳥居航, 古川正紘, 安藤英由樹, 前田太郎, マイクロ波を用いた非接触での舌運動計測手法の提案, 第20回日本バーチャルリアリティ学会大会, 2015年9月9日-11日
- [B7] Kenta Sakurai, Kazuma Aoyama, Makoto Mizukami, Taro Maeda, Hideyuki Ando, "Saltiness and Umami Suppression by Cathodal Electrical Stimulation", 1st Workshop on Multi-sensorial Approaches to Human-Food Interaction, 2016
- [B8] Daiki Higuchi, Kazuma Aoyama, Masahiro Furukawa, Taro Maeda and Hideyuki Ando, Position Shift of Phosphene and Attention Attraction in Arbitrary Direction with Galvanic Retina Stimulation,(AH2017, March 2017), Silicon Valley
- [B9] 前田太郎 N-BIC シンポジウム 「計算機科学とサイバネティクス: 人間機械論の復権」@東京フォーラム 2017/2/24
- [B10] 古川正紘, 近藤 大祐, 安藤英由樹, 前田太郎, 深層学習におけるロボットの visio-motor 課題のためのテレグジスタンスによる中間状態の獲得, 第21回日本バーチャルリアリティ学会大会, 2016
- [B11] 堀部和也, 北尾太嗣, 古川正紘, 安藤英由樹, 前田太郎, 身体所有感領域の内外における物体の運動イメージの変容の検証, 第21回日本バーチャルリアリティ学会大会, 2016年9月14日-16日
- [B12] 樋口大貴, 青山一真, 北尾太嗣, 前田太郎, 古川正紘, 安藤英由樹, 網膜電気刺激における電流印加位置と眼内閃光の知覚位置の関係, 第21回日本バーチャルリアリティ学会大会, 2016年9月14日-16日
- [B13] 鳴海拓志, 築瀬洋平, 青山一真(安藤英由樹), "視覚だけじゃないこれからの VR システム", Computer Entertainment Developers Conference (CEDEC) 2016, パシフィコ横浜, 8/24-8/26
- [B14] 水上誠, 青山一真, 古川正紘, 前田太郎, 安藤英由樹, "頭部方向の変化による課題遂行中の認知的負荷への影響", ヒューマン情報処理研究会(HIP), 沖縄産業支援センター, 5月18日(水), 19日(木)
- [B15] 櫻井健太, 青山一真, 前田太郎, 安藤英由樹, "陰極断続電流刺激による味覚の持続的な増強効果", 第21回日本バーチャルリアリティ学会大会, 2016【VR学会大会学術奨励賞】
- [B16] 北尾太嗣, 松井和輝, 前田太郎, "自己身体拡張を実現する身体装着型三本目の腕の設計と制御", ロボティクス・メカトロニクス講演会 2016
- [B17] 北尾太嗣, 根原直希, 古川正紘, 安藤英由樹, 前田太郎, "ひろがりをもった触覚伝送

装置の設計：音響空間再現におけるウーハーとツイーターの役割を転用し、接触面内の触角の時空間パターンの再現を試みる”，第21回日本バーチャルリアリティ学会大会2016

- [B18] 秋山隼人, 北尾太嗣, 古川正紘, 安藤英由樹, 前田太郎, ”時間補正可能な「つもり」制御系の実現と3本目の腕の制御への応用”, 第21回日本バーチャルリアリティ学会大会, 2016年9月14日-16日
- [B19] 青山一真, 宮本靖久, 古川正紘, 前田太郎, 安藤英由樹, ”電気刺激による空中での物体接触感覚と硬さの提示”, 高知市文化プラザかるぼと, HCG シンポジウム 2016, 2016年12月7日(水)~9日(金)
- [B20] 根原直希, 北尾太嗣, 前田太郎, ”第3の腕で空間をなぞって把握するための触覚伝送”, 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会 2017
- [B21] 竹ノ下, 古川正紘, 前田太郎, ”スキル伝達を目的としたヴァイオリン演奏動作の解析”, 第22回日本バーチャルリアリティ学会大会 2017
- [B22] 華俊杰, 古川正紘, 安藤英由樹, 前田太郎, ”温度感覚を反映する電気信号の解析”, 第22回日本バーチャルリアリティ学会大会(徳島)(2017年9月27日)
- [B23] 三輪 智宏, 北尾 太嗣, 古川正紘, 前田太郎, ”外耳道の加速度を用いた Pepper の随意操縦による介護支援”, 第22回日本バーチャルリアリティ学会大会 2017
- [B24] 櫻井 健太, 青山 一真, 前田太郎, 安藤英由樹, 連続的な味覚増強効果に対する味呈示物質の及ぼす影響, 第22回日本バーチャルリアリティ学会大会 2017
- [B25] 松本 光平, 和田 康介, 黒川 正崇, 古川正紘, 前田太郎, 小型二足歩行レイグジスタンスにおける等価重力条件の効果, 第18回計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会, 2017
- [B26] 宮本 拓, 根原 直希, 原 彰良, 北尾 太嗣, 安藤英由樹, 古川正紘, 前田太郎, 感覚フィードバックのある第3の腕の開発と「つもり制御」による自己主体感, 第18回計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会, 2017
- [B27] 根原 直希, 宮本 拓, 原 彰良, 北尾 太嗣, 古川正紘, 安藤英由樹, 前田太郎, 触覚伝送による第3の腕動作時の身体所有感の生起, 第18回計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会, 2017
- [B28] 原彰良, 前田太郎, ”なぜ臨場感にはマルチモダリティが必要だったか?”, 第11回レイグジスタンス研究会 2017
- [B29] 古川正紘, 身体化のための主体感と所有感の理解と設計, 第3回超人スポーツ研究会, 2017年12月8日, 神戸 KIITO303 室

[図書] (計 2 件)

- [C1] 前田太郎, ヒトの意識下を複製するインタフ

ェース技術：パラサイトヒューマンとつもり制御, ヒューマンインタフェース学会誌, vol.19, No.1, p.24-31, 2017

- [C2] (編) 暦本 純一, (第8節) 前田太郎, 古川正紘 (株)エヌ・ティー・エス, オグメントド・ヒューマン Augmented Human—AI と人体科学の融合による人機一体、究極のIFが創る未来, 第8節 感覚の伝送・拡張・共有技術(pp.293-302) 2018, 512 頁

[産業財産権]
なし

○出願状況 (計 2 件)

名称：味覚電気刺激装置及び味覚電気刺激方法
発明者：安藤英由樹, 青山一真, 櫻井健太, 古川正紘, 前田太郎
権利者：同上
種類：特許
番号：特願 2016-177460
出願年月日：2016年9月12日
国内外の別：国内

名称：深層学習システム、深層学習方法及びロボット
発明者：安藤英由樹, 古川正紘, 前田太郎
権利者：同上
種類：特許
番号：特願 2017-227658
出願年月日：2017年11月28日
国内外の別：国内

○取得状況 (計 0 件)

[その他]
ホームページ等
<http://www-hiel.ist.osaka-u.ac.jp/>
<https://www.youtube.com/user/maedalab>

6. 研究組織

- (1) 研究代表者
前田 太郎 (MAEDA, Taro)
大阪大学・大学院情報科学研究科・教授
研究者番号：00260521
- (2) 研究分担者
安藤 英由樹 (ANDO, Hideyuki)
大阪大学・大学院情報科学研究科・准教授
研究者番号：70447035
- 古川 正紘 (FURUKAWA, Masahiro)
大阪大学・大学院情報科学研究科・助教
研究者番号：40621652

(3) 連携研究者
なし

(4) 研究協力者
なし