

令和 6 年 6 月 14 日現在

機関番号：14401

研究種目：基盤研究(A) (一般)

研究期間：2019～2023

課題番号：19H01121

研究課題名(和文) 身体意識の拡張技術

研究課題名(英文) Technology for Embodiment of Augmented Human

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

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 34,500,000円

研究成果の概要(和文)：身体意識の拡張対象として「身体構成」「視覚」「触覚」「統一意識」に取り組んだ結果、「統一意識」を構成する4階層統合の自己組織的必然性から演繹するように、「視覚における運動視と両眼視の統合による立体空間知覚の成立機序」「触覚における温覚、冷覚、痛覚の統合による皮膚表面連続の統合と内挿/外挿の成立機序」「身体構成における追加身体との力学的統合による協調運動計画成立の機序」について、感覚統合の順応獲得のメカニズムと短期/中期/長期記憶のメカニズムの共通性を見いだすことが出来た。

研究成果の学術的意義や社会的意義

身体意識の変容と順応の過程から、感覚統合の順応獲得のメカニズムと短期/中期/長期記憶のメカニズムの共通性を見いだすことが出来たことは、脳の学習メカニズムにおける知覚の形成と記憶の形成を統一的に理解できるようになったことを意味する。記憶術としての既存ノウハウをバーチャルリアリティでの没入やトレーニングの設計に活かせるようになるなど、ヒト及びAIの学習促進に寄与する原理が新たに解明されたものと考えられる。

研究成果の概要(英文)：As a result of working on 'body composition', 'vision', 'tactile' and 'unified consciousness' as extended objects of body consciousness, as deduced from 'the self-organised necessity of the four-level integration that constitutes unified consciousness', we investigated 'the mechanism of the establishment of three-dimensional space perception by the integration of motion and binocular vision', 'the mechanism of the establishment of the integration and interpolation/extrapolation of skin surface sequences by the integration of warm, cold and pain sensations in tactile', and 'the mechanism of the establishment of coordinated movement plans by the mechanical integration with additional bodies in body composition'. The commonality between the adaptation acquisition of sensory integration and the short/medium/long-term memory could be found in 'the mechanism of the establishment of the co-ordinated motion plan by the mechanical integration with the additional body in the body composition'.

研究分野：人間情報工学

キーワード：人間拡張技術 身体性 テレイグジスタンス 記憶モデル ニューロフィードバック

1. 研究開始当初の背景

人の身体図式は生得的な特徴を備えているとはいえ、不変のものでは無く、発達や受傷の過程などを経て変容することが知られている。身体の機能拡張技術においては知覚能力や効果器としての四肢の追加・増強の試みは多くあるが、これらの追加要素を新たな身体として認識し行動を決定する「身体意識」そのものを高いリアリティを伴って拡張する明確な方法論については未だ語られていない。本研究では身体拡張技術の観点からこの「身体意識」の変容を狙う。感覚伝送と身体応答計測、ニューロフィードバック技術を駆使して、身体拡張に伴う身体意識の拡張の可能性について解明し、身体意識の再構築を実現する誘導・制御技術について開発を行う。

2. 研究の目的

人の身体図式は生得的な特徴を備えながらも不変のものでは無く、発達や受傷の過程などを経て変容する。本研究では、この身体像の可塑性への理解不足が従来人間機能拡張技術が「ヒトになじみきれない『デバイス』」と化す主たる要因であると捉え、身体拡張技術の観点からこの「身体意識」の変容を狙う方針で研究を進めた。感覚伝送と身体応答計測、ニューロフィードバック技術を駆使して、身体拡張に伴う身体意識の拡張の可能性について解明し、その知見をもとに身体意識の再構築を実現する誘導・制御技術についての開発を行う。理想的にヒトになじみきった時、デバイスという概念は透明化して消失し、新しい身体の一部となる。「身体意識」の解明と再構築に関する知見は「身体像と外界像からなる世界像に対する意識としてのリアリティ＝臨場感」成立の機序の解明につながり、統合化知覚の代表格としての「自己意識」の解明においても大きな意味を持つ貢献となることが期待される。

3. 研究の方法

(1) 身体意識の拡張技術

身体の拡張に伴って身体の認識をも拡張することは本研究の起点でもあった。中でも追加四肢によって身体構成を拡張し、随意的な身体自由度数を向上させようとする試みは身体拡張技術の根底にある目的であるが、先行技術の多くでは追加身体の随意制御のために自己身体の既存自由度を投射することで、従来身体の自由度を減じるものや、これを避けるために追加身体に自律性を持たせることで、逆に随意性を減じるものが大半であった。それ故に自己身体性図式形成に関する現象研究を、各種モダリティを軸に再検証することを目指し、研究を推進した。

つまり制御技術は「制御対象を制御する意図」を身体応答から推定することで制御を実現する技術である。この際の身体応答は意識下応答であるため、検出に際しては既存の身体自由度の随意性を制限する必要は無く、追加身体の動作意図に対応する身体応答は随意性身体応答の補集合である意識下身体応答として身体の冗長自由度の中から抽出・推定されることになる。また、新たな追加身体としての遠隔型のハンドーアイシステムを想定し、これを介した没入作業環境を開発し、スケール変換と速度変換を制御軸に置いた身体拡張技術について開発と検証を行った。

さらに、ラバーハンドイリュージョン効果の再定義を試みた。これまでの順応段階では、感覚伝送と意図推定制御によって、感覚情報の把握と、運動の随意性については、RHI 研究と同等の自己所有感・自己主体感計測を基準とした場合、RHI 実験と同様の「筆でこする」「指でなぞる」といった視覚と触覚の統合刺激によって自己所有感が、能動的／受動的な運動の再現性によって自己主体感が十分な強度で生じるものの、両者の統合指標としての能動的な自己位置再現においてその順応量が最大でも 60%程度に縮退することが確認されている。そこで比較的少数の経皮電極によって EEG 計測可能な Mismatch Negativity (MMN) を用い、Extra Body に対する視覚—触覚刺激の整合／不整合をオドボール課題化して提示する。これによって Extra Body に対する視覚—触覚刺激の感覚統合を計測し、身体意識の拡張を試みた。加えて、前庭感覚再現を用いた身体意識の拡張技術として、前庭電気刺激手法における頭蓋電流経路仮説の提案と電流印可時間プロファイルの設計と効果実証を行った。

(2) 視空間意識の拡張技術

視空間を構成するオプティカルフローはその不連続性から図地の境界を、自己運動印象＝ベクトル知覚から自己と世界の別を、それぞれ知覚することによって立体的な視空間の認識をもたらす。こうした身体意識の定義は、視覚と触覚による Agency と Ownership の定義を物理てがかりに基づく計算理論において推し進めたものであり、身体意識の生成過程においてこれらの分類と構成が自己組織的に生じることが期待されている。本年度はこれを VR 環境において

再現することによって本研究の最終年度の総括的検証とすることを狙った。立体的な視空間の認識は D.Marr の Vision の影響から両眼視によるものと捉えられがちであるが、発達過程においては運動視による立体視の獲得がこれに先んじる。両眼融像と同様に視野内に複数の異なる速度でがかりがある場合、これらを統合して単一の自己運動認識＝ベクシオンを知覚することが、運動視差による立体空間知覚には必須である。このベクシオン融像とでも呼ぶべき処理過程を工学的に利用することによって、能動的な視点運動にトラッキングしたかのようなバーチャルなベクシオンを誘導することが可能となる。

運動視による空間知覚の拡張。運動視による視空間の形成に際しては、網膜上に分布する一群のオプティカルフローを、図と地の二群に分離し、このうち地のフロー群を静止世界に対する自己視点運動の反作用として解釈可能な自己運動感（ベクシオン）を定めることで視空間を運動視差によって定量的に構築することが可能になる。視覚上のオプティカルフロー中に複数の異なる自己運動でがかりが存在する際に、これらが合成された単一の自己運動感（ベクシオン）は安定的に知覚されるのか？これが空間意識の拡張技術の通奏低音としての問いである。そこで従来の運動視知覚研究に加えて、運動立体視と両眼立体視の等価性を斜視者の両眼融合への可能性検証として実施した。

(3) 触空間意識の拡張技術

身体意識を規定する自他境界線として皮膚触覚は第一義的な侵襲の有無を司る。皮膚感覚を形成する触覚器は広大な皮膚面積を連続な知覚として埋めるには不十分な空間離散的分布を持ち、知覚上の信号処理によってこれらの間隙を埋める必要性を抱えている。生理学的には不連続な感覚器の分布を信号処理によって補間する過程において、触覚は様々な錯覚を伴っている。本研究では感覚器の離散距離が最も大きい温冷覚について、温冷刺激下における温度知覚境界の拡張現象の実現を試みた。

(4) 世界像を形成していく意識の生成モデル

身体意識を形成するには意識上に統一的な世界像とこれに対峙する自己身体像を確立することが必要となる。全脳にわたる意識の統一については Tononi らの情報統合理論 (IIT) が著名であるが、同モデルは活動同期率の評価指標であり、脳の計算理論としての機能モデルではない。そこで本研究では、「脳全域にわたり統一的に保持される身体意識」を想起記憶として数理的に記述・記録する数理モデル化を、スツルムリウビル型連想記憶回路を用いて検証を行ってきた。

当該モデルは、脳の計算モデルにおいてその挙動を時間解像度で見た場合、以下の4つの階層が想定されることを仮定している。

1. インパルス列 (～kHz). ※シナプス可塑性のモデル
2. インパルス密度で表された入力 x と $u = \sum w \cdot x$ で書かれる結合 w と細胞活性 u .
3. 定在波の成立と消滅 (～1-20Hz)
4. w の等価更新周期 \equiv バッチ学習の周期 (～0.1-1.0Hz)

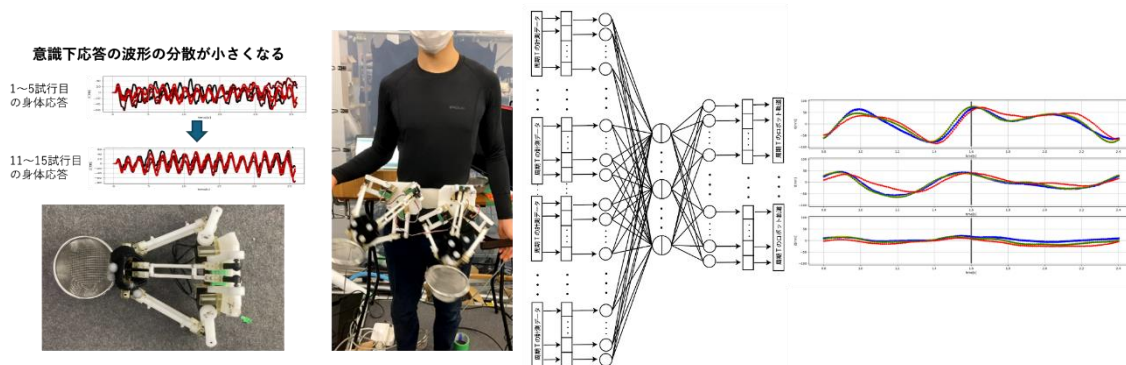
同モデルの自己組織化過程において上記4階層の自己身体意識を含む世界像を自律学習的に形成することを試みた。定在波の成立と消滅は、スツルムリウビル定理による自由エネルギー過程として説明可能であり、結合重み w の等価更新周期、すなわちバッチ学習の周期は連想記憶学習過程であると仮定し、定在波の成立消滅過程の時間発展を観察した。

4. 研究成果

(1) 身体意識の拡張技術

ラバーハンド錯覚(RHI)は Agency (自己主体感) と Ownership (自己所有感) の違いを再定義した近年の身体意識を代表する研究であると言える。しかし、その検証に採用される効果には説明が未だ不十分なものも多い。本研究課題遂行中に検証実験を進めた「他の四肢の動きを拘束しない第3, 第4の腕の随意制御」について制御可能性について整理した。この過程で身体意識の変容をもたらす順応プロセスについて、主に RHI のように短期的に生じる順応と、反転眼鏡のように長期の順応を伴うものの二つの階層があることに着目し、身体意識の変容可能性の方法論を整理した。

つもり制御技術は「制御対象を制御する意図」を身体応答から推定することで制御を実現する技術である。この際の身体応答は意識下応答であるため、検出に際しては既存の身体自由度の随意性を制限する必要は無く、追加身体の動作意図に対応する身体応答は随意性身体応答の補集合である意識下身体応答として身体の冗長自由度の中から抽出・推定されることになる。下図に示した腹部追加腕のつもり制御では、全身の運動から追加腕の動作意図を推定することで他の身体部位の随意運動を阻害することなく追加腕の操作意図を約 80%の確率で推定することに成功した。さらに、遠隔型のハンドーアイシステムにおけるスケール変換においては、フォロワー機構の等価比重の軽減によって、等スケールでの追従性の不足を補う要素を検証した。加えて速度変換によって小さな身体動作で等価的な動作を可能にするという拡張身体の動きの軽快化の効果についても検証した(平山, 他, VR 学会大会, 2021)。



また、身体性図式形成過程である RHI 条件付けの効果を Mismatch Negativity (MMN)によって計測した結果、皮膚上摺動刺激の視触覚異方位刺激において MMN の上昇を認めたことから、従来の視触覚同時性に加え、視覚・触覚間における運動方位の等方位性が統合手がかりとして利用されていることが明らかになった(Miyamoto, et. al., Augmented Human, 2020)。研究当初計画していた身体図式変容を目的としたニューロフィードバック技術は、当該 MMN 計測と併用して実施する予定であった。しかし、前記のつもり制御技術における「制御対象を制御する意図」と解釈可能な身体運動の収束現象が観察された。このことから、実現手法は異なるものの、拡張身体部位を用いたニューロフィードバックは等価的に実現可能性が示されたといえる。加えて、前庭感覚再現のため前庭電気制御手法の拡張として、頭蓋に貼付する電極間ショートによる回り込み電流抑制手法(原, 他, TVRSJ, 2022)と、前庭電気刺激における時間分割提示型刺激法(原, 他, TVRSJ, 2022)をそれぞれ提案した。これらの成果は、前庭器官近傍の電流印可量の制御に必須となる頭蓋電流経路仮説の妥当性が示されたという意味で、有用性の高い成果が得られたといえる。

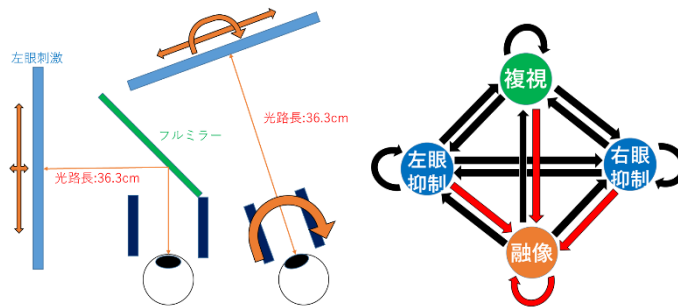
以上の結果から、自己身体性の変容と再構築には、記憶における短期記憶、中期記憶、長期記憶と同様にこれらに相当する保持時間と定着期間が見受けられることが明らかになった。特に RHI における Proprioceptive Drift の効果量がこの短期記憶性と中期記憶性の変容過程を示し、これに対して反転眼鏡のような長期記憶性の変容が必須な課題では自己身体意識の希薄化と感覚運動性の酔い現象を生じることを、神経可塑性による順応の観点から記憶モデルと同様に統一的に説明できる可能性が示唆された。

(2) 視空間意識の拡張技術

本来受動的な運動視提示しかできない二つの視点映像間において輝度混合比率の実時間制御によって追加的な視点運動てがかりを生成し、これをカメラ視点の運動てがかりとベクシオン融像させることによって、任意のベクシオン知覚を設計・誘導した(Furukawa, et. al., Journal of Vision, 2021)。本年度の成果としては視点移動と輝度混合において逆位相の往復運動てがかりをベクシオン融合させることで、実際には往復運動し続けている視点映像に静止視点印象を与える検証実験に成功した(李, 他, 日本 VR 学会, 2022)。この技術を用いれば Google Street View のような受動運動視による観察環境において、等価的に能動運動視を再現することができ、奥行き量に不定性のないリアルな空間知覚を再現することができる。

運動視による視空間の形成に際しては、網膜上に分布する一群のオプティカルフローを、図と地の二群に分離し、このうち地のフロー群を静止世界に対する自己視点運動の反作用として解釈可能な自己運動感(ベクシオン)を定めることで視空間を運動視差によって定量的に構築することが可能になることを示した。

実際に斜視によって両眼融像ができない観察者も能動/受動のいずれの運動視においても立体的な空間把握を行うことは可能である。さらに視軸補正光学系(右図)によって実験的に斜視者に両眼視を促した場合、両眼融像と視差検出は再現し、視差領域を形状として認識することは可能であること、しかしその視差量を奥行き量として認識することは難しいことが確認された。これは運動視と両眼視の同時刺激状態での感覚統合による空間知覚への発達的な獲得機会の不足によるものと考えられるため、融像保持状態における運動視の繰り返し刺激によって両眼視による奥行き知覚機能を追加獲得可能である可能性が示唆された(横山, 他, 日本視覚学会, 2023)。



(3) 触空間意識の拡張技術

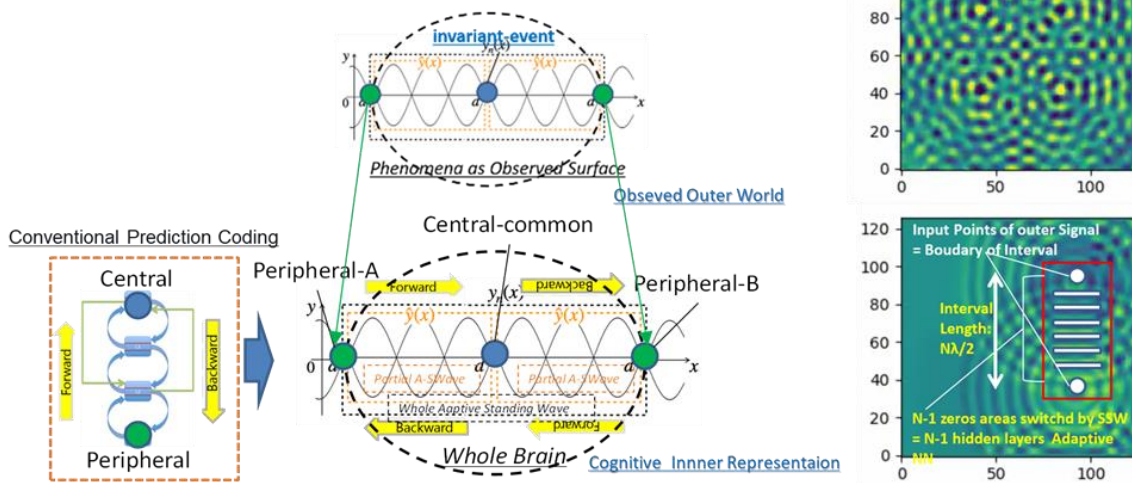
触空間意識の拡張技術として、感覚器の離散距離が最も大きい温冷覚について、身体意識上の皮膚表面での連続性の再構築のメカニズムの解明を行った。その結果、表皮上近傍に温冷刺激対を接触させることで、物理刺激部位を越えて温覚が空間的に拡大されて知覚されるという温度知覚における外挿現象が生じることを発見した。皮膚上で空間離散構造を有する温点・冷点が空間連続な知覚として形成される過程において、これまで内挿現象や灼熱間報告などが知られていた一方で、世界に先駆けて温度知覚の外挿性を報告するという、独自性の高い成果が得られた(Hua, et. al., IEEE ACCESS, 2024)。

(4) 世界像を形成していく意識の生成モデル

本研究では、Eigenfunction Synchronicity Model (EMS:固有関数同期性モデル)を提案した(前田, 他, JNNS, 2021 など)。脳の皮質構造が持つ振動場としての性質(Wilson, Cowan, 1973)がスツルムリウビルの定理を満たすことから、その固有関数根で記述される定在波の成立と、その節位置と境界条件の間の再現性から「脳全体にわたる連想記憶回路」として機能することを仮説したモデルを提案した(Maeda, et. al., Neuroscience, 2021)。

感覚-運動入出力によって繋がれた外界と内界に相同な波面が再合成されることで内界(脳内)に世界像が成立する。外界の不変現象は内界においても不変表象としての恒常性を維持する(下図左)。この恒常性は定在波の節部分でのゼロ化学習が双方向多層パーセプトロンと等価な構造でマルチモーダルな入出力間全域に写像関数を獲得することによって実現されることが示された(下図右)。

Kirchhoff theorem recombines external events into internal representations.



5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計9件（うち査読付論文 9件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 6件）

1. 著者名 Hua Junjie, Furukawa Masahiro, Maeda Taro	4. 巻 -
2. 論文標題 Extrapolation of Thermal Sensation: Warm-cold Stimulus Pair Elicits a Sense of Warmth Outside the Stimulus	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 IEEE Access	6. 最初と最後の頁 1~1
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/ACCESS.2024.3392276	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 原 彰良、渡邊 理翔、古川 正紘、前田 太郎	4. 巻 27
2. 論文標題 GVSにおける前庭感覚提示の際の電極間ショートによる回り込み電流抑制手法の提案	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 日本バーチャルリアリティ学会論文誌	6. 最初と最後の頁 201~209
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.18974/tvrsj.27.3_201	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 原 彰良、渡邊 理翔、古川 正紘、前田 太郎	4. 巻 27
2. 論文標題 時間分割提示型前庭感覚刺激による前庭感覚方位提示ディスプレイの拡張	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 日本バーチャルリアリティ学会論文誌	6. 最初と最後の頁 210~217
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.18974/tvrsj.27.3_210	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 Alex Ming Hui Wong, Masahiro Furukawa, Taro Maeda	4. 巻 Volume 9, Issue 12
2. 論文標題 Robustness of Rhythmic-Based Dynamic Hand Gesture with Surface Electromyography (sEMG) for Authentication	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Electronics 2020	6. 最初と最後の頁 21;34
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/electronics9122143	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 Hiroki Miyamoto, Akiyoshi Hara, Masahiro Furukawa, Hideyuki Ando, Taro Maeda	4. 巻 Article No.: 15
2. 論文標題 Mismatch negativity for visuo-tactile inconsistency in rubber hand illusion paradigm	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Augmented Humans 2020	6. 最初と最後の頁 1;4
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1145/3396339.3396391	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 Hiroki Miyamoto, Akiyoshi Hara, Masahiro Furukawa, Hideyuki Ando, Taro Maeda	4. 巻 15
2. 論文標題 Mismatch negativity for visuo-tactile inconsistency in rubber hand illusion paradigm	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 AH '20: Proceedings of the 11th Augmented Human International Conference	6. 最初と最後の頁 1-4
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1145/3396339.3396391	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 Akiyoshi Hara, Tomoki Nishimura, Hiroki Miyamoto, Masahiro Furukawa and Taro Maeda	4. 巻 1
2. 論文標題 Estimating the Current and the Future Intention with Tsumori Control	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 IEEE/SICE International Symposium on System Integration	6. 最初と最後の頁 596 - 600
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/SII46433.2020.9026305	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 Alex Ming Hui Wong, Masahiro Furukawa, Hideyuki Ando, Taro Maeda	4. 巻 1
2. 論文標題 Dynamic Hand Gesture Authentication Using Electromyography (EMG)	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 IEEE/SICE International Symposium on System Integration	6. 最初と最後の頁 300 - 304
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/SII46433.2020.9026294	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 Tomoki Nishimura, Akiyoshi Hara, Hiroki Miyamoto, Masahiro Furukawa and Taro Maeda	4. 巻 1
2. 論文標題 Mutual Prediction Model for Predicting Information for Human Motion Generation - IEEE Conference Publication	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 IEEE/SICE International Symposium on System Integration	6. 最初と最後の頁 687 - 692
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/SII46433.2020.9026182	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25件 (うち招待講演 2件 / うち国際学会 8件)

1. 発表者名 加藤拓実, 原 彰良, 古川正紘, 前田太郎
2. 発表標題 相対奥行き知覚から絶対奥行き知覚への相互変換の検証
3. 学会等名 第28回日本バーチャルリアリティ学会大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 横山喜大, 前田太郎
2. 発表標題 斜視における片眼抑制を解消した両眼融像状態の安定化
3. 学会等名 日本視覚学会2023年夏季大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 西尾 直樹, 前田 太郎, 田中 靖人
2. 発表標題 Eigenfunction Synchronicity Modelにおける直交補空間学習による事変現象の安定的な時不変表象化 - 時間連続事象中で時間離散化された情報のゼロ表現の有用性 第10報
3. 学会等名 NEURO2022 (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Junjie Hua, Masahiro Furukawa, Taro Maeda
2. 発表標題 The central Mechanism Underlying Extrapolation of Thermal Sensation
3. 学会等名 Asia Haptics2022 (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 李伯昂, 古川正紘, 前田太郎
2. 発表標題 静止印象をもたらす運動立体視による空間知覚
3. 学会等名 第27回日本バーチャルリアリティ学会大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 古川 正紘、館 暉、南澤 孝太、前田 太郎
2. 発表標題 今あらためてメタバースを考える メタバース設計論の構築にむけて
3. 学会等名 第27回日本バーチャルリアリティ学会大会 (招待講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 野嶋 琢也、稲見 昌彦、前田 太郎、田中 孝之
2. 発表標題 「超人」から「人間拡張」へ : 人間拡張研究のこれから
3. 学会等名 第27回日本バーチャルリアリティ学会大会 (招待講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Junjie Hua, Masahiro Furukawa, Taro Maeda
2. 発表標題 Extrapolation of Thermal Sensation and A Neuron-Like Model Based on Distribution Difference and Interactions of Thermoreceptors
3. 学会等名 World Haptics 2021 (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 T.Maeda, N.Nishio
2. 発表標題 A Whole Brain Synchronicity Neural Computing Model -Part 1
3. 学会等名 Neuroscience2021 (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 N.Nishio, T.Maeda
2. 発表標題 Two Types of Nerve Fields Realize Recall of Associative Memory on the Whole Brain-A Whole Brain Synchronicity Neural Computing Model Part 2-
3. 学会等名 Neuroscience2021 (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Masahiro Furukawa; Teppei Matsuoka; Taro Maeda
2. 発表標題 The effect of high fps on vision in visual presentation under active motion
3. 学会等名 Vision Sciences Society 2021 (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Akiyoshi Hara; Taro Maeda; Yasuto Tanaka; Hiroyuki Fujie; Masahiro Furukawa
2. 発表標題 Does the difference in cranial current path change the torsional impression and behavior Galvanic Vestibular Stimulation? OPEN ACCESS
3. 学会等名 Vision Sciences Society 2021 (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 平山 智貴, 宮本 拓, 松岡 哲平, 大石 つぐみ, 古川 正紘, 前田 太郎
2. 発表標題 スケールダウン環境下へのスキル伝達 -拡張トレイグジスタンスへの挑戦 第2報-
3. 学会等名 第26回日本バーチャルリアリティ学会大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 渡邊 理翔, 原 彰良, 古川 正紘, 前田 太郎
2. 発表標題 GVSにおける加速度感覚提示の際の電極間ショートによる回り込み電流の抑制手法の提案
3. 学会等名 第26回日本バーチャルリアリティ学会大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 前田 太郎, 西尾 直樹
2. 発表標題 全脳にわたって自己組織化する意識上記憶と意識下学習の相互作用モデル: - 時間連続事象中で時間離散化された情報のゼロ表現の有用性 第8報 -
3. 学会等名 第31回 日本神経回路学会 全国大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 西尾 直樹、前田 太郎
2. 発表標題 Eigenfunction Synchronicity Modelがもたらす多層パーセプトロンでの直交補空間学習 -時間連続事象中で時間離散化された情報のゼロ表現の有用性 第9報-
3. 学会等名 第31回 日本神経回路学会 全国大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 前田 太郎、西尾 直樹、Sangwon Lee
2. 発表標題 固有関数によって想起の全域的な同期性を実現する連想記憶回路モデル： - 時間連続事象中で時間離散化された情報のゼロ表現の有用性 第5報 -
3. 学会等名 第30回 日本神経回路学会 全国大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 西尾 直樹、前田 太郎、Sangwon Lee
2. 発表標題 Eigenfunction Synchronicity Modelにおける相互側抑制結合の神経振動場： - 時間連続事象中で時間離散化された情報のゼロ表現の有用性 第6報 -
3. 学会等名 第30回 日本神経回路学会 全国大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Sangwon Lee, Naoki Nishio, Taro Maeda
2. 発表標題 Implementation of Eigenfunction Synchronicity associative memory model: -Utility of zero representation of time-discretized information in time-continuous phenomena Part 7-
3. 学会等名 第30回 日本神経回路学会 全国大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 青戸 誠, 宮本 拓, 古川 正紘, 前田 太郎
2. 発表標題 低遅延化のための連続運動の利用法
3. 学会等名 第25回バーチャルリアリティ学会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 原 直弥, 原 彰良, 古川正紘, 前田太郎
2. 発表標題 味物質選択性を持つ電気刺激手法
3. 学会等名 第25回バーチャルリアリティ学会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Hiroki Miyamoto, Naoki Nebara, Junjie Hua, Masahiro Furukawa, Taro Maeda
2. 発表標題 Wave Field Synthesis on Membrane to Clone Two Dimensional Rubbing Sensation
3. 学会等名 world haptics 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 前田太郎, 西尾直樹
2. 発表標題 定在波の節を情報表現に用いるスツルムリウビル型連想記憶回路モデル: - 時間連続事象中で時間離散化された情報のゼロ表現の有用性 第2報 -
3. 学会等名 第29回 日本神経回路学会 全国大会 (JNNS 2019)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 西尾直樹, 前田太郎
2. 発表標題 スツルムリウヴィル境界値問題の拡張による境界をまたぐ記憶の同時想起： - 時間連続事象中で時間離散化された情報のゼロ表現の有用性 第3報 -
3. 学会等名 第29回 日本神経回路学会 全国大会 (JNNS 2019)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 李祥源, 西尾直樹, 前田太郎
2. 発表標題 スツルムリウビル型連想記憶回路モデルの等価距離空間への変換記述と節の仮定化による記憶容量の増加： - 時間連続事象中で時間離散化された情報のゼロ表現の有用性 第4報 -
3. 学会等名 第29回 日本神経回路学会 全国大会 (JNNS 2019)
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計2件

1. 著者名 青山一真 編著 / 安藤英由樹・玉城絵美・Yem Vibol・高橋哲史・中村裕美・前田太郎・武見充晃・雨宮智浩・河野通就・北尾太嗣	4. 発行年 2024年
2. 出版社 コロナ	5. 総ページ数 176
3. 書名 神経刺激インタフェース	

1. 著者名 【監修】大西公平、内村裕	4. 発行年 2022年
2. 出版社 シーエムシー出版	5. 総ページ数 340
3. 書名 ハプティクスとその応用	

〔出願〕 計1件

産業財産権の名称 経頭蓋電気刺激装置	発明者 前田 太郎, 古川 正 紘, 原 彰良, 松田 一 武輝	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、PCT/JP2023/ 10300	出願年 2023年	国内・外国の別 外国

〔取得〕 計0件

〔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
研究分担者	古川 正紘 (FURUKAWA Masahiro) (40621652)	大阪大学・大学院情報科学研究科・准教授 (14401)	
研究分担者	安藤 英由樹 (ANDO Hideyuki) (70447035)	大阪芸術大学・芸術学部・教授 (34405)	

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