

令和元年6月6日現在

機関番号：12608

研究種目：新学術領域研究（研究領域提案型）

研究期間：2014～2018

課題番号：26112004

研究課題名（和文）行動と脳の神経活動を結ぶ数理計算モデル技術

研究課題名（英文）Mechanisms underlying the functional shift of brain neural circuitry for behavioral adaptation

研究代表者

小池 康晴（KOIKE, YASUHARU）

東京工業大学・科学技術創成研究院・教授

研究者番号：10302978

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 55,300,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、学習や発達の過程での回路の遷移や損傷・障害からの回復の際の回路再編に關与する神経機構を明らかにする研究に応用するために、数理モデルを用いた解析技術を開発した。運動と同時に計測された脳波から信号源を推定し推定された信号源の同期性から、自由度を減らすシナジーという概念を適用し、運動を解析することが可能となった。また、MRIなどを用いた信号でも、大規模な神経回路の機能的な結合だけでなく効果的な結合を抽出し因果性を解析することも可能となった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

行動適応を担う神経回路の機能シフト機構を理解するためには、実際の神経活動と行動の間にある複雑な神経回路の構造や環境・身体ダイナミクスを考慮に入れた因果関係を解析できる技術が必須である。本研究では、筋骨格系モデルを用いることで、運動と脳活動の間のダイナミクスを考慮に入れ、脳全体の活動を非侵襲で計測することにより、脳卒中のリハビリテーションにおける脳活動の変化などにも適応できる技術開発を行った。

研究成果の概要（英文）：In this research, analysis technology using mathematical model is developed in order to clarify the neural mechanism involved in circuit transition in the process of learning and circuit reorganization in recovery from disability. Using synergy concept, many degrees of freedom for brain activities which is measured during motor task was reduced and it became possible to analyze the movement. In addition, it has become possible to analyze not only functional connections but also effective connections of large-scale neural network using time series data like MRI bold signals, EEG signals, and so on.

研究分野：計算論的神経科学

キーワード：神経科学 リハビリテーション 解析・評価 モデル化

## 1. 研究開始当初の背景

大規模な神経回路システムを構成する脳の動作原理を理解するには、その出力である筋骨格系の運動指令および、実際に生じる運動を説明できる計算モデルが必要である。近年、国内外でブレイン・マシン・インタフェースと呼ばれる脳活動から直接運動を推定しロボットなどを操作する研究が行われている。これらの研究では、運動を生成する身体については考慮されていない。一方、我々のグループでは身体を考慮に入れ、一次運動野の活動から筋肉の活動である筋電図を推定しロボットを動かすことに成功している (Shin et al. 2012, Kawase et al. 2012)。また、運動指令である筋電図を推定するためには、冗長な筋肉に対して制約条件などを用いて不良設定問題を解くことが行われているが、我々は、機械学習の技術を用いて最適化問題を解くことなく筋電図を推定することに成功した (Kambara et al. 2013)。運動指令の情報表現、発現機構、運動計画、運動学習などは全て、運動関連領野だけで無く、体性感覚のフィードバックや環境からの入力情報により計算される。しかし、このような運動の生成メカニズムはまだ解明されていない問題であり、これらの問題を解決するためには脳全体を同時に計測し、解析することが重要である。精度の高い筋骨格系モデルを計算機シミュレーションによって制御するためには、運動関連領野だけで無く、運動学習に必要な小脳、大脳基底核など大規模な神経回路の計測、数理モデルによる解析などを利用し、システムとしての脳の解明に結びつける。

## 2. 研究の目的

本研究では、数理モデルを用いた解析技術を、学習や発達の過程での回路の遷移や損傷・障害からの回復の際の回路再編に関与する神経機構を明らかにする研究に応用する。

行動適応を担う神経回路の機能シフト機構を理解するためには、実際の神経活動と行動の間にある複雑な神経回路の構造や環境・身体のダイナミクスを考慮に入れた因果関係を解析できる技術が必須である。筋骨格系モデルは身体運動の基盤であり、神経活動と行動を繋ぐものである。筋骨格系モデルを基にしたデータ解析により、原因と結果を身体のダイナミクスを介して解析することにより、環境との相互作用を含む行動と脳の大規模な神経回路との動的な関係を計算論的モデルを基に定量的に解析することを目的としている。

## 3. 研究の方法

「大規模データ解析手法の開発」として、運動関連領野、あるいは、運動学習に関係していると考えられている大脳基底核などの部位での情報処理機構を明らかにする。運動前野、補足運動野や一次運動野は、運動関連領野と呼ばれ、それぞれの領野で異なる情報処理が行われていると考えられている。大規模神経回路モデルを解析するために、fMRIなど空間分解能の高い計測手法から場所の情報を特定し、その情報を事前知識として用いてEEG、ECoGなど時間分解能の高いデータを用いて神経活動を推定し、推定された神経活動を用いて、実際の運動軌道や力の軌道を推定する。

さらに、腕の運動や力を発生させるために必要な筋肉の活動を予測するために、「多自由度ダイナミクスモデルを作成」し、制御対象の順モデルや逆モデル、フィードバック制御器を、教師あり学習、強化学習などを用いて学習させ、運動の計算機シミュレーションモデルを作成する。

さらに、「損傷モデル機能回復・代償神経回路網の解析」を行うために、伊佐グループで計測されたサル障害後のデータを用い、作成した多自由度腕のダイナミクスモデルを制御対象として、順モデルやフィードバック制御器などの計算モデルのモジュールに脳の領野を当てはめ、そのモジュール毎に入出力信号を解析し、各領野を改変したときのモデル動物の行動などを予測するモデルを作成する。また、筒井グループで計測された認知行動課題中の前頭連合野、それと機能的関連のある高次運動野や後連合野のECoGデータを、文脈情報を入力とした計算機シミュレーションにより解析する。

## 4. 研究成果

平成 26 年度は、手指の運動を対象に、fMRI 画像から得られた賦活領域と解剖画像を用いて、運動に関連する運動関連領野の信号源を脳波から推定した。変分ベイズ法を用いた信号源推定法を用いて、屈曲・伸展、屈曲の強と弱、伸展の強と弱の違いを分離する識別器を機械学習により獲得させ、そのときの識別器の重みの特徴から、識別に有効な領域を調べたところ、中心溝近辺の手指領域に信号源が選ばれていることを確認した。また、身体のダイナミクスを考慮に入れた筋骨格系モデルを作成するために、肩 3、肘 1 自由度のモデルを作成し、各 22 個の筋肉の張力から関節トルクを計算し、そのトルクを元に運動を生成するモデルを作成し人の運動の特徴である、ほぼ直線で、一つの頂点を持つ釣り鐘型の速度波形を示すことを確認した。

平成 27 年度は、大規模データ解析手法の開発では、タスクを実行中の運動関連領野の情報表現とそのデータを変換するアルゴリズムを解析するために、脳波から信号源を推定し信号源から

タスクのパラメータを推定するデコーダの重みを解析することで、領野間のネットワークを解析する手法を開発した。解析の結果、タスクに関連していると思われる所から、脳の広い領域に関係する部位が広がっていることが分かった。脳のどこでどのような情報が表現されているかを解析するためにも有効な手段であるといえる。また、多自由度腕のダイナミクスモデルを用いて力場を学習する前後で、内部モデルに相当するモジュールである、順モデルの予測、フィードバックコントローラの実出力、逆モデルの実出力などの運動関連パラメータがどのように変化するかを解析した。制御対象や環境の事前知識を必要とせず、軌道と力を同時に学習できるモデルであるため、このような複雑な環境におけるシミュレーションが可能となった。その結果、内部モデルに相当するモジュールは力場の状態を学習していることが分かった。

平成 28 年度は、大規模データ解析手法の開発では、タスクを実行中の運動関連領野の情報表現を調べるために、脳波から推定した信号源が活動するパターンを詳細に解析した。脳の関連する領域は広範囲に広がるため、運動関連領野の局所的な活動パターンだけでなく、離れた領域での活動パターンを解析した。その結果、離れた領域での同期した活動が確認され、運動に関連した広範囲な脳活動を解析する手法の開発につながる成果が得られた。また、多自由度腕のダイナミクスモデルを用いた大規模データの解析手法の開発では、筋骨格系モデルを用いた運動タスクにおいて新たな筋シナジーを獲得する過程を、筋電図や手先の力を計測し解析した。平成 29 年度は、大規模データ解析手法の開発では、指の運動タスクを行っているときの運動関連領野の活動から運動を識別するデコーダの作成において、昨年までに行ってきた信号源推定だけでなく、対規模ネットワークを解析するための信号源シナジーという新しい考え方を取り入れ、推定精度をより高めたデコーダを作成することができた。また、多自由度腕のダイナミクスモデルを用いた大規模データの解析手法の開発では、筋シナジーを用いた腕の運動制御モデルを作成し、手首と指の動きの識別を可能とした。また、脳波から信号源を推定し、さらに、信号源同士の同期的な活動を信号源シナジーとしてデコーダを作成した結果、信号源を単独で用いるよりも、指の運動方向識別において精度が高くなることが分かった。回路シフトの動態を調べる上でも、信号源単体の活動変化だけでなく、ネットワークとしての活動変化を可視化することができた。

平成 30 年度は、運動を生成する運動野の活動を定める脳部位を調べるために、非線形モデルによるネットワーク解析を行った。また、これまで動物実験で行われていたリーチングタスクと脳活動の関係を脳波から計算した信号源によって解明する新たな解析手法を開発している。指の運動データと脳波から推定した信号源から、指の運動を推定するだけでなく、外部座標系の位置か内部座標系の関節角度や筋活動などの次元でデコーダが作成できるかを検討した。その結果、内部座標系と外部座標系で異なるネットワークが存在することを示唆するデータが得られた。

これらの成果から、同時に計測された脳全体の信号を、非侵襲計測である脳波から信号源を推定し推定された信号源の同期性から、自由度を減らすシナジーという概念を適用し、運動を解析することが可能となった。また、MRIなどを用いた信号でも、大規模な神経回路の機能的な結合だけでなく効果的な結合を抽出し因果性を示すことも可能となった。

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 (計 13 件)

- ① N. Yoshimura, A. Nishimoto, A. N. Belkacem, D. Shin, H. Kambara, T. Hanakawa, Y. Koike, Decoding of covert vowel articulation using electroencephalography cortical currents, *Frontiers in Neuroscience*, 査読有, 10(175), 2016, 1-15
- ② Z. Kalanyu, D. Shin, H. Kambara, N. Yoshimura, Y. Koike, Individual weight perception from motion on a slope, *Scientific Reports*, 査読有, 6:25432, 2016, 1-11
- ③ T. Kawase, N. Yoshimura, H. Kambara, Y. Koike, Controlling an electromyography-based power-assist device for the wrist using electroencephalography cortical currents, *Advanced Robotics*, 査読有, 31, 2016, 88-96
- ④ Y. Nakanishi, T. Yanagisawa, D. Shin, H. Kambara, N. Yoshimura, M. Tanaka, R. Fukuma, H. Kishima, M. Hirata, Y. Koike, Mapping ECoG channel contributions to trajectory and muscle activity prediction in human sensorimotor cortex, *Scientific Reports*, 査読有, 7:45486, 2017, 1-13
- ⑤ A. M. Tobar, R. Hyoudou, K. Kita, T. Nakamura, H. Kambara, Y. Ogata, T. Hanakawa, Y. Koike, N. Yoshimura, Decoding of Ankle Flexion and Extension from Cortical Current Sources Estimated from Non-invasive Brain Activity Recording Methods, *frontiers in Neuroscience*, 査読有, 11(733), 2018, 1-12
- ⑥ L. Minati, M. Frasca, N. Yoshimura, Y. Koike, Versatile locomotion control of a hexapod robot using a hierarchical network of non-linear oscillator circuits, *IEEE Access*, 査読有, 6, 2018, 8042-8065

- ⑦ N. Yoshimura, H. Tsuda, T. Kawase, H. Kambara, Y. Koike, Decoding of finger movement in humans using synergy of EEG cortical current signals, Scientific Reports, 査読有, 7:11382, 2017, 1-11
- ⑧ N. Yoshimura, O. Koga, Yu Katsui, Yousuke Ogata, H. Kambara, Y. Koike, Decoding of emotional responses to user-unfriendly computer interfaces via electroencephalography signals, ACTA IMEKO, 査読有, 6(2), 2017, 93-98
- ⑪ A. Takagi, H. Kambara, Y. Koike, Reduced Effort Does Not Imply Slacking: Responsiveness to Error Increases With Robotic Assistance, NEURAL SYSTEMS AND REHABILITATION ENGINEERING, 査読有, 26(7), 2018, 1363-1370
- ⑫ G. Ganesh, K. Nakamura, S. Saetia, A. M. Tobar, E. Yoshida, H. Ando, N. Yoshimura, Y. Koike, Utilizing sensory prediction errors for movement intention decoding: A new methodology, SCIENCE ADVANCES, 査読有, 4: 0183, 2018, 1-8
- ⑬ A. M. Tobar, Y. Ogata, K. Kita, T. Nakamura, H. Kambara, T. Hanakawa, Y. Koike, N. Yoshimura, Effect of the EEG sensor number on the current-source decoder performance based on a variational bayesian method (VBMEG), International Journal of Engineering Research and Allied Sciences (IJERAS), 査読有, 03(05), 2018, 25-29
- ⑭ H. Kim, N. Yoshimura, Y. Koike, Classification of Movement Intention Using Independent Components of Premovement EEG, frontiers in Human Neuroscience, 査読有, 13(63), 2019, 1-10
- ⑩ L. Minati, N. Yoshimura, M. Frasca, S. Drożdż, Y. Koike, Warped phase coherence: An empirical synchronization measure combining phase and amplitude information, Chaos: An Interdisciplinary Journal of Nonlinear Science, 査読有, Chaos 29, 021102, 2019, 1-13

[学会発表] (計 47 件)

- ① Y. Koike, Prediction of upper arm motion based on computational model, 1st Clinical Movement Analysis World Conference, 2014.10.3, ANGELICUM CONGRESS CENTRE (Italy)
- ② A.N. Belkacem, N. Yoshimura, D. Shin, H. Kambara, Y. Koike, Eye-movement-based Communication System A Comparison between Classification of Eye Movements Using EOG and EEG Sensors, 電子情報通信学会ニューロコンピューティング研究会, 2014.10.8, 大阪電気通信大学 (大阪府)
- ③ 小池康晴, 脳波と運動制御, 第44回日本臨床神経生理学会学術大会, 2014.11.21, 福岡国際会議場 (福岡県)
- ④ 奥下竜太郎, 吉村奈津江, 神原裕行, 辛徳, Abdelkader Nasreddine Belkacem, 小池康晴, 脳波を用いた手指の動作識別, 電子情報通信学会ニューロコンピューティング研究会, 2014.11.21, 東北大学 (宮城県)
- ⑤ 古賀理, 吉村奈津江, Abdelkader Nasreddine Belkacem, 辛徳, 神原裕行, 小池康晴, 脳波を用いた感性の定量化と応用に関する基礎検討, 電子情報通信学会ニューロコンピューティング研究会, 2014.11.21, 東北大学 (宮城県)
- ⑥ Y. Koike, H. Kambara, N. Yoshimura, Neural representations of wrist motion in human motor cortices, システム脳神経科学とリハビリテーション研究会 (SNR2015), 2015.3.11, 国立障害者リハビリテーションセンター (埼玉県)
- ⑦ Y. Koike, Brain-machine interface for forces and motion based on musculo-skeletal model, 2015 International Workshop on Clinical Brain Neural-Machine interface Systems (CBMI2015), 2015.3.14, 全社協灘尾ホール (東京都)
- ⑧ H. Kambara, Hirokazu Tanaka, Makoto Miyakoshi, Scott Makeig, Directional tuning patterns in human EEG during wrist movement, 21st Annual Meeting of The Organization for Human Brain Mapping (OHBM2015), 2015.6.15, Hawaii (USA)
- ⑨ 神原裕行, 川瀬利弘, 辛徳, 吉村奈津江, 小池康晴, 三次元空間の到達運動学習・制御モデル, 電子情報通信学会ニューロコンピューティング研究会, 2015.6.25, 沖縄科学技術大学院大学 (沖縄県)
- ⑩ 川瀬利弘, 小池康晴, 神作憲司, BMIによるニューロリハビリテーションと日常動作補助のための外骨格ロボット: EMGとSSVEPを用いたハイブリッド制御の脳卒中患者による使用, 第38回日本神経科学大会 (Neuro2015), 2015.7.29, 神戸国際会議場 (兵庫県)
- ⑪ Alejandra Mejia Tobar, Rikiya Hyoudou, Kahori Kita, Tatsuhiro Nakamura, H. Kambara, T. Hanakawa, Y. Koike, N. Yoshimura, Muscle Activity Reconstruction for Ankle Flexor and Extensor, 第38回日本神経科学大会, 2015.7.30, 神戸国際会議場 (兵庫県)
- ⑫ K. Zintus-art, H. Kambara, D. Shin, N. Yoshimura, Y. Koike, Reversing Weight-Perception in Motion on Slope, 37th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society, 2015.8.29, Milano (Italy)
- ⑬ H. Kambara, N. hama, T. Kawase, N. Yoshimura, Y. Koike, Learnig time-to-contact in ball catching without haptic information, The 45th annual meeting of the Society for Neuroscience (SfN), 2015.10.21, Chicago (USA)

- ⑬ 小池康晴, ブレインマシンインタフェースとその工学的な応用, 電子情報通信学会音声研究会, 2015. 10. 15, 神戸大学 (兵庫県)
- ⑭ 松村聖司, 川瀬利弘, 木村聡貴, 柏野牧夫, 吉村奈津江, 小池康晴, 跳躍時における下肢部の筋シナジー, 計測自動制御学会システム・情報部門学術講演 2015 (SSI2015), 2015. 11. 19, 函館アリーナ (北海道)
- ⑮ 川瀬利弘, 西村温子, 西本敦子, 里宇文生, 神原裕行, 吉村奈津江, 小池康晴, 片麻痺患者のシナジーによる運動解析, 電子情報通信学会ニューロコンピューティング研究会, 2015. 11. 20, 東北大学 (宮城県)
- ⑯ 小池康晴, 非侵襲脳計測による運動推定, 第59回日本手外科学会学術集会, 2016. 4. 22, 広島国際会議場 (広島県)
- ⑰ Y. Koike, H. Kambara, N. Yoshimura, Force field adaptation using computational model without trajectory planning, Biomechanics and Neural Control of Movement 2016, 2016. 6. 15, Columbus (USA)
- ⑱ T. Kawase, D. Shin, H. Kambara, N. Yoshimura, Y. Koike, Rehabilitation robot using muscle activity and neural decoding, The XXI International Society of Electrophysiology and Kinesiology (ISEK), 2016. 7. 8, Chicago (USA)
- ⑲ S. Saetia, N. Yoshimura, Y. Koike, Human's Episodic Learning: Subsequent Memory Analysis on Large fMRI Dataset, 第39回日本神経科学大会, 2016. 7. 22, パシフィコ横浜 (神奈川県)
- ⑳ T. Kawase, Y. Koike, K. Kansaku, A BMI-based robotic exoskeleton for neurorehabilitation and daily actions: effects of hybrid BMI-based assistance on muscle activities in a stroke patient, 第39回日本神経科学大会, 2016. 7. 22, パシフィコ横浜 (神奈川県)
- ㉑ 川瀬利弘, 小池康晴, 片麻痺患者と健常者のシナジーによる運動解析, 日本運動制御・ニューロリハビリテーション研究会 2016 (JSMC&NR2016), 2016. 7. 31, 淡路夢舞台 (兵庫県)
- ㉒ Keigo Nakamura, Ganesh Gowrishankar, Alejandra Mejia Tobar, Supat Saetia, N. Yoshimura, Eiichi Yoshida, Hideyuki Ando, Y. Koike, Evaluating sensory prediction errors: a new technique for decoding movement intention, 第10回モーターコントロール研究会, 2016. 9. 3, 慶應義塾大学 (神奈川県)
- ㉓ Y. Koike, H. Kambara, N. Yoshimura, Human interface based on Musculoskeletal model, 3rd Tokyo Tech-Uppsala University Joint Symposium, 2016. 9. 13, Uppsala University (Sweden)
- ㉔ Y. Koike, Muscle synergy analysis for motor control, The 23rd International Conference on Neural Information Processing (ICONIP2016), 2016. 10. 20, 京都大学 (京都府)
- ㉕ 小池康晴, 計算機シミュレーションによる位置制御と力制御の運動学習, 第31回生体・生理工学シンポジウム (LE2016), 2016. 11. 3, 大阪国際流通センター (大阪府)
- ㉖ T. Kawase, A. Nishimura, A. Nishimoto, F. Liu, Y. Kim, H. Kambara, N. Yoshimura, Y. Koike, Modulation of muscle synergy activation during arm movements in patients with hemiparesis, The 46th annual meeting of the Society for Neuroscience (SfN), 2016. 11. 12, University of California San Diego, (USA)
- ㉗ A. M. Tobar, R. hyoudou, K. Kita, T. Nakamura, H. Kambara, T. Hanakawa, Y. Koike, N. Yoshimura, Muscle activity reconstruction of ankle flexors and extensors using non-invasive brain activity recording methods, The 46th annual meeting of the Society for Neuroscience (SfN), 2016. 11. 13, University of California San Diego, (USA)
- ㉘ H. Kambara, H. Tanaka, M. Miyakoshi, N. Yoshimura, Y. Koike, M. Scott, Directionally tuned signals in human EEG during step-tracking wrist movement, The 46th annual meeting of the Society for Neuroscience (SfN), 2016. 11. 14, University of California San Diego, (USA)
- ㉙ Y. Koike, Overview of Brain Circulation Program (Program for Advancing Strategic International Networks to Accelerate the Circulation of Talented Researchers), MoBI (Mobile Brain/Body Imaging) Workshop, 2016. 11. 22, University of California San Diego, (USA)
- ㉚ 神原裕行, 吉村奈津江, 小池康晴, 力場適応を行う到達運動学習モデル, 第29回自律分散システム・シンポジウム, 2017. 1. 30, 調布クレストンホテル (東京都)
- ㉛ T. Kawase, A. Nishimura, A. Nishimoto, F. Liu, Y. Kim, H. Kambara, N. Yoshimura, Y. Koike, Relationship between muscle synergies and physical performance in patients with hemiparesis, The 47th annual meeting of the Society for Neuroscience (SfN), 2017. 11. 13, Washington Convention Center (USA)
- ㉜ H. Kim, Y. Koike, Classification of Movement Direction from EEG Signals before Movement, 4th International Conference on Biomedical and Bioinformatics Engineering (ICBBE2017), 2017. 11. 12, Seoul National University (Korea)
- ㉝ N. Yoshimura, H. Tsuda, T. Kawase, H. Kambara, Y. Koike, Brain activity synergy

- analysis for motion decoing, 2017.10.3, Kuramae Kaikan (Tokyo)
- ③4 A. M. Tobar, R. Hyoudo, K. Kita, T. Nakamura, H. Kambara, T. Hanakawa, Y. Koike, N. Yoshimura, Multi-Class Decoding of Ankle Movements Usin Non-Invasive Brain Acitivity Recording Methods, 7th Graz Brain-Cmonputer interface Conference, 2017.9.21, Technische Universität Graz (Austria)
  - ③5 H. Kambara, H. Shimizu, A. Takagi, T. Kawase, N. Yoshimura, Y. Koike, Motor learning model adapting to velocity force-field reaching task, 第27回日本神経回路学会全国大会 (JNNS2017), 2017.9.21, 北九州国際会議場 (福岡県)
  - ③6 吉村奈津江, 川瀬利弘, 小池康晴, シナジー解析による運動識別, 第40回日本神経科学大会, 2017.7.20, 幕張メッセ (千葉県)
  - ③7 川瀬利弘, 小池康晴, 神作憲司, BMIによるニューロリハビリテーションと日常動作補助のための外骨格ロボット:肘と手関節に対するEMGとSSVEPを用いたハイブリッド制御, 第40回日本神経科学大会, 2017.7.20, 幕張メッセ (千葉県)
  - ③8 V. Barradas, T. Kawase, Y. Koike, Savings in muscle activation patterns during a virtual surgery task, Society for the Neural Control of Movement 28th Annual Meeting (NCM2018), 2018.5.1, Hilton Santa Fe Buffalo Thunder (USA)
  - ③9 神原裕行, 宮腰誠, 田中宏和, 香川高弘, 吉村奈津江, 小池康晴, ScottMakeig, ジャグリングに関する脳身体運動イメージング, 第12回Motor Control研究会, 2018.8.20, 上智大学(東京)
  - ④0 丸山裕恒, 緒方洋輔, 神原裕行, 小池康晴, 吉村奈津江, 脳波を用いた感情の回帰予測法の検討, 第41回日本神経科学大会, 2018.7.27, 神戸コンベンションセンター (兵庫県)
  - ④1 梅津開人, 小池康晴, 吉村奈津江, CLIS患者の脳波を用いたYes, No想起の識別, 第41回日本神経科学大会, 2018.7.26, 神戸コンベンションセンター (兵庫県)
  - ④2 T. Hayashi, H. Kambara, N. Yoshimura, Y. Koike, Effects of Vibrotactile Stimulations using Condition Based Time Coding for Haptic Information Feedback, The 2nd International Symposium on Embodied-Brain Systems Science (EmboSS2018), 2018.12.6, Senri Life Science Center (Osaka)
  - ④3 K. Okada, T. Matsunaga, Y. Simada, N. Yoshimura, Y. Koike, Hand movement reconstruction system using FES and EMG for hemiplegia patients, The 2nd International Symposium on Embodied-Brain Systems Science (EmboSS2018), 2018.12.5, Senri Life Science Center (Osaka)
  - ④4 Y. Koike, Brain Machine Interface using Non-Invasive Measurement Method, BIT' s 9th Annual World Congress of Neurotalk-2018, 2018.5.16, AVANI Riverside Bangkok Hotel (Thailand)
  - ④5 小関健由, 小池康晴, 歯科技能の感覚的教示システムの開発, 平成30年度生体医歯工学共同研究拠点成果報告会, 2019.3.8, 東京医科歯科大学 (東京都)
  - ④6 小池康晴, 李鍾昊, 筋活動と動きの同時計測による運動関連疾患の診断に関する研究, 平成30年度生体医歯工学共同研究拠点成果報告会, 2019.3.8, 東京医科歯科大学 (東京都)
  - ④7 相澤秀紀, 小池康晴, 緒方洋輔, 吉村奈津江, 神経活動からの睡眠障害の解析, 平成30年度生体医歯工学共同研究拠点成果報告会, 2019.3.8, 東京医科歯科大学 (東京都)

[図書] (計2件)

- ① 小池康晴, ニューロリハビリテーション医学書院, 脳計算論における運動学修理論, 2015, 19
- ② Y. Koike, N. Yoshimura, D. Shin, H. Kambara, Clinical Systems Neuroscience, Springer, Motor Control Theory and Brain-machine Interface, 2015, 14

[産業財産権]

- 出願状況 (計 0件)
- 取得状況 (計 0件)

[その他]

## 6. 研究組織

### (1) 研究協力者

研究協力者氏名: 吉村 奈津江

ローマ字氏名: (YOSHIMURA, Natsue)

研究協力者氏名: 神原 裕行

ローマ字氏名: (KAMBARA, Hiroyuki)

※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。