

令和 6 年 6 月 18 日現在

機関番号：12605

研究種目：新学術領域研究（研究領域提案型）

研究期間：2019～2023

課題番号：19H05727

研究課題名（和文）生体構造の再構成に関わる潜在回路に基づく超適応メカニズムのモデル化

研究課題名（英文）Systems modelling of hyper-adaptation mechanism for reconstruction of neural structure

研究代表者

近藤 敏之（Kondo, Toshiyuki）

東京農工大学・工学（系）研究科（研究院）・教授

研究者番号：60323820

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 106,300,000円

研究成果の概要（和文）：本研究は、システム工学の立場から生体構造の再構成を構成論的に明らかにすることを目的とし、（1）脳活動データの統計的モデル化と解釈性確保、（2）グレイボックスモデリングと加齢シミュレーション、（3）ロボット介入型運動学習、に関する研究に取り組んだ。（1）では、テンソル分解による低次元構造の抽出と動的グラフ構造推定を組み合わせた手法を開発し、その妥当性を神経科学班のデータで検証した。（2）では、筋骨格系と脳内ネットワークのグレイボックスモデルを構成し、シミュレーションによりその妥当性を検証した。（3）では、人とロボットをVR技術で結合した系で運動学習実験を行い、学習が促進される条件を明らかにした。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究では、脳内神経構造に内在する低次元構造の時間的変化（例えば、運動学習の前後や障害の前後）を可視化する手法、脳内運動制御構造を数理モデルとして構成し、シミュレーションする技術、人の運動学習・機能回復過程に介入するロボット技術を開発した。これらの波及効果として、Systems Neurorehabilitationという新たな学際研究領域の創成につながると期待される。

研究成果の概要（英文）：The purpose of this study was to constructively clarify the reconstruction of brain structures from the standpoint of systems engineering, and addressed (1) statistical modeling and ensuring interpretability of long-term multimodal data, (2) gray-box modeling and aging simulation, and (3) motor learning through robotic intervention. In (1), we developed an analytical method that combines the extraction of low-dimensional structures by Tensor decomposition and dynamic graph structure estimation (TVGL), and verified its validity using brain activity data provided from the neuroscience group. In (2), we constructed a gray-box model of musculoskeletal and brain network models, and verified its validity by simulation experiment. In (3), we conducted motor learning experiments using a system in which a human and a robot were combined using VR and robotic technology, and clarified the conditions under which learning is facilitated.

研究分野：身体教育学

キーワード：テンソル分解 動的グラフ構造解析 筋骨格モデル 運動学習

## 1. 研究開始当初の背景

本研究は、領域が着目する「生体構造の再構成」の観点から、脳の超適応機構の数理モデル化とその応用技術の開発に取り組むことを想定し計画された計画研究である。脊椎損傷や脳卒中・パーキンソン病などの脳神経疾患に起因する脳・身体の急激な変化、高齢化にともなう脳・身体機能の低下等に対し、我々の脳は時として驚異的な適応を示すが、そのメカニズムは必ずしも明らかではない。運動機能回復を望む者にとって限られた回復の機会を最善のものとするため、回復を予測できる程度にこの脳の適応メカニズムをモデル化することが期待される。

A01 伊佐らのサルを対象とした生理学実験や、A01 内藤らによる人の fMRI 研究から、この適応過程は通常の前測誤差を低減する「適応」とは異なり、内発的に動機づけられた探索的行動が、残存する感覚運動制御の潜在回路を広汎に脱抑制することで神経回路構造を再構成し、新たな行動遂行則を獲得するプロセスであることが示唆されている。また姿勢制御において、認知課題が同時に与えられた場合に一般にみられる姿勢優先戦略が、高齢者では失われることが報告されており(Shumway-Cook et al., 1997)、これは機能的抑制の減退が一因と考えられる。

このように、様々な病態において、超適応に関する現象が報告されているが、生理学的アプローチのみでは現象論に留まり、そのメカニズムを理解するまでには至っていない。脳のような大規模かつ複雑なネットワークシステムの適応過程を解明するには、現象を必要最小限の自由度でモデル化し、計算機シミュレーションによりモデルの挙動を検証する構成論的研究手法が有用であり、これにより生理学的理解を深化することが期待できる。またこのような脳の超適応機構をシステム工学的にモデル化することは、適応的な人工物を設計する上でも有益な知見になると考えられる。

これに対し本研究では、「超適応の基盤は神経系の脱抑制機構である」という仮説を立てて、①高次元脳計測データの低次元動的構造解析、②転倒可能性を考察するための運動シミュレーション、③ロボット介入型運動学習により、運動学習・機能回復過程に関連する脳機能解析手法と高い解釈性を備え、生理学的にも妥当な超適応モデルのシステム工学的構築に取り組む。

## 2. 研究の目的

本計画研究では、「広汎な脳領域においてみられる脱抑制が生体構造の再構成による超適応機構の基盤である」という仮説を、システム工学の立場から構成論的に明らかにすることを目的とする。具体的には、以下の3つの課題について取り組む。

【課題1: 長期マルチモーダルデータの統計的モデル化と解釈性確保】

【課題2: グレイボックスモデリングと加齢シミュレーション】

【課題3: 協調運動学習実験によるモデルの妥当性検証】

これらの課題に取り組み、その成果を総合することによって、障害からの回復に関する長期マルチモーダルデータの解析手法と高い解釈性を備え生理学的にも妥当な超適応モデルを実現し、領域研究の推進に貢献する。

## 3. 研究の方法

課題1について、研究代表者の近藤と研究分担者の矢野、宮下は、A01 伊佐ら、A02 関らから提供されるサルや人の脳活動・筋活動などの長期データに確率的潜在変数モデル(ガウシアングラフィカルモデル)を適用することで、データの背後にある生理学的構造を解釈・可視化することを試みる。これまでに開発した単一モダリティ時系列データの統計的モデル化手法(Ishitsubo et al., 2018)を、脳波・筋電図・手先軌道を含む複数種類の信号の同時分析へと拡張することにより、推定精度と解釈性の向上を目指す(マルチモダリティ解析)。また、皮質脳波から脳内の広汎な脱抑制構造の長期的変容を定量化するため、これらを統合した脳波・筋電同時解析手法を確立する。

課題2について、研究分担者の千葉は、高齢者にみられる機能的抑制の減退を解明するため、運動・認知間のリソース配分などの臨床医学に基づく知見(Woollacott, et al., 2002 など)に加えて、リソース制限や抑制強度などの未知パラメータを仮設することで、脳内ネットワークモデルを構成する(グレイボックスモデリング)。脳内ネットワークモデルと筋骨格系モデルを統合して、姿勢制御シミュレータを B04 太田らと協調して構築する。健常若年者と健常高齢者に立位姿勢維持と計算課題のマルチタスク実験を行い、その結果をもとに脳内ネットワークモデルの未知パラメータを推定する。若年者と高齢者のリソース量や抑制強度を比較し、若年者に見られる姿勢優先戦略が高齢者には見られず、それが機能的抑制の減退によるものであることを検証する。

課題3について、研究代表者の近藤は、研究協力者の稲邑、須藤とともに、VR・ロボット技術を用いて脳と身体の関係を変更可成な実験系を構築し、生体構造の再構成が必要となる運動学習課題を設計する。これを用いて健常若年者・高齢者を対象とした協調運動学習実験を行う。実験条件下で十分に運動課題を訓練させた後、条件を急峻/緩やかに変化させた際の運動成績の再適応時間から制御構造の再構成過程を評価する。この運動成績と学習中の脳活動・筋活動・視線データなどのマルチモーダルデータの関係、若年者と高齢者の結果を比較・解析するこ

とで、脱抑制と制御構造の再構成が促進される運動課題について、A01 内藤らと共同して明らかにする。

#### 4. 研究成果

##### 4.1 課題1（長期マルチモーダルデータの統計的モデル化と解釈性確保）の成果

研究分担者の矢野、宮下と近藤は、テンソル分解（PARAFAC）による低次元構造の抽出と、時変動的グラフ構造推定法（Time-varying Graphical Lasso: TVGL）を組み合わせた解析手法を開発した(計測と制御, 2022)。その妥当性、有効性を真値が評価可能な人工データで検証した後に、計画研究 A01（相澤）、公募研究 A05（松本班）からそれぞれ運動下マウスの神経スパイクと、ヒト睡眠脳波の提供を受けて解析を行った。

睡眠脳波の解析では、睡眠ステージに対応する低次元グラフ構造が時間窓ごとに抽出され、睡眠ステージごとに特徴的な空間特徴（脳波電極配置）、周波数特徴を可視化できることを確認した（図1、2）。この成果は、計測自動制御学会の自律分散システム・シンポジウムなどで口頭発表するとともに、論文誌に投稿中である。また、運動下マウスの神経スパイクについても同様に可視化に取り組んでおり、現在も継続して解析を進めているところである（図3）。

このように、神経科学データへの理解に向けた新たな構造解析・可視化手法を開発することにより、領域の研究推進に貢献した。

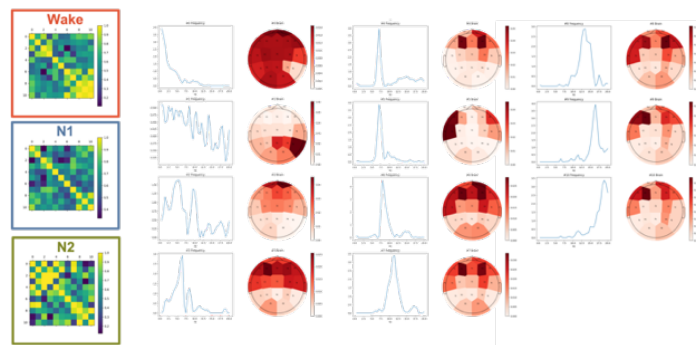


図1 睡眠脳波に対する動的グラフ構造推定

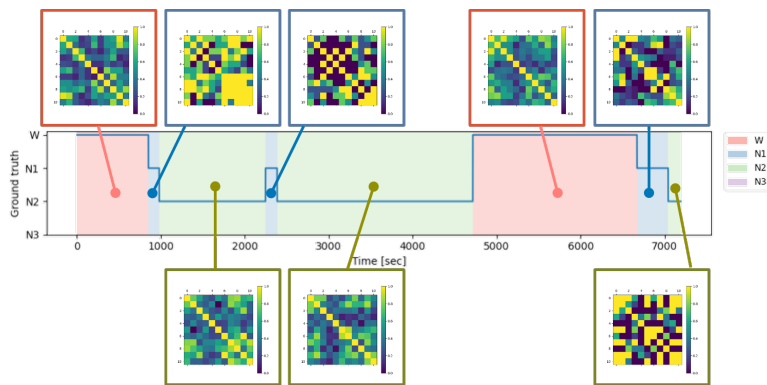


図2 推定された低次元構造の動的変化と睡眠ステージの対応関係

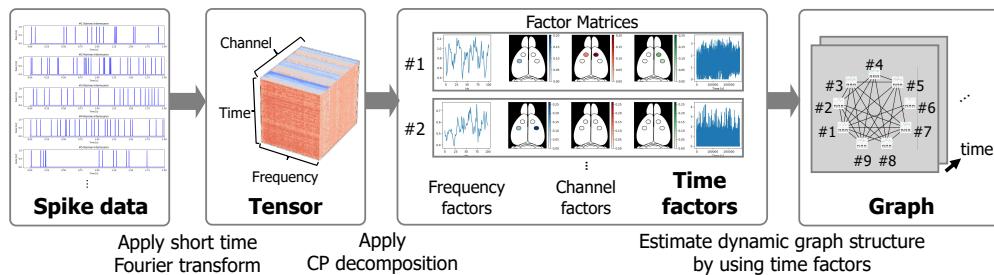


図3 運動下マウスの神経スパイクデータに対する動的グラフ構造推定

##### 4.2 課題2（グレイボックスモデリングと加齢シミュレーション）の成果

研究分担者の千葉は、人の立位姿勢制御メカニズム理解のために、神経系の機能・構造を制御器に組み込み、神経科学の知識を構造化して、筋骨格モデルを介することで、人が実現している立位姿勢制御を再現可能とした（図4）。これは、運動指令の生成、下降路を通じた伝達、運動生

成を一貫して記述する制御モデル構成によるものである。神経科学・システム工学双方が理解し得る知識の構造化を経てシステム構築を行うことの有効性を示した。

転倒可能性を考察するための運動シミュレーション研究では、姿勢制御・歩行・歩行開始動作のシミュレーション環境を構築し、被験者実験の結果からモデルを検証した(Front. Comput. Neurosci. 2023) (A04,B04 との連携の成果)。歩行開始動作における足圧中心の移動が転倒可能性を高める仮説を得た。

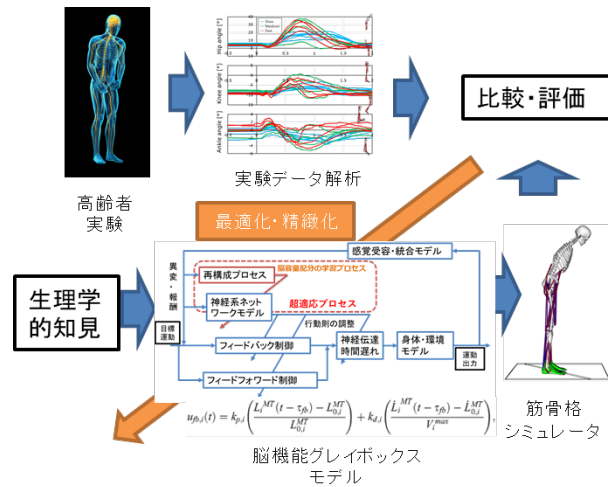


図4 筋骨格シミュレータと脳機能グレイボックスモデルによる構成論モデル

また、研究代表者の近藤は、生体構造の動的変化を構成論的にモデル化し、その振る舞いをシミュレーションで検証するため、動的ニューロンの力学モデルを微分方程式でモデル化し、その疎結合ネットワークにより、脳内神経構造の構成論的モデルを構築した(図5)。同モデルの妥当性をグレイボックスモデリングにより検証するため、生体の実データとのデータ同化を行った。てんかん患者の脳波データを再構成することで有効性を検証した(Sci Rep, 2020)。加えて、構築したモデルで人工的に脳波信号時系列を生成することで、元データをデータ拡張し、これを深層ニューラルネットワークを用いた脳波パターン識別の教師あり学習に適用することで、識別率の工場が図れることを確認した(未発表)。

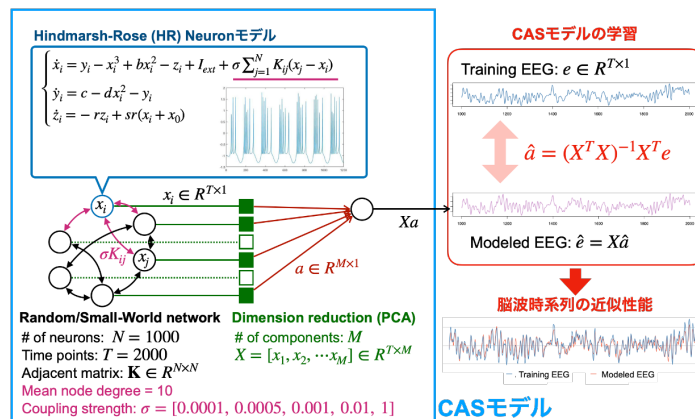


図5 CASモデルによる人工脳波の生成モデル

以上のように、脳内神経ネットワークの数理モデルを構成論的に構築してシミュレーションを行うことにより、超適応現象の理解を深めるとともに、グレイボックスモデリングの要素技術を研究開発することで、システム工学分野に技術的な深化をもたらした。

#### 4.3 課題3 (協調運動学習実験によるモデルの妥当性検証) の成果

研究代表者の近藤は、人の適応力を高める運動課題を探索するため、VR と力覚提示ロボットを組み合わせたロボット介入型運動学習実験に取り組み、学習が促進される条件を明らかにした(Front Neurorob, 2021)。ヒトとロボットの協調運動学習実験においては、学習者に対して常に最適な運動軌道で支援するロボットよりも、学習者の運動技能レベルに合わせて支援量を調節する技能レベル整合 (skill-level matching)モデルによるロボティック介入が、学習者のその後の適応力(Adaptability)を高めることなどを示唆する結果を得ている(図6)。この成果は、日本ロボット学会誌の解説記事として掲載された。

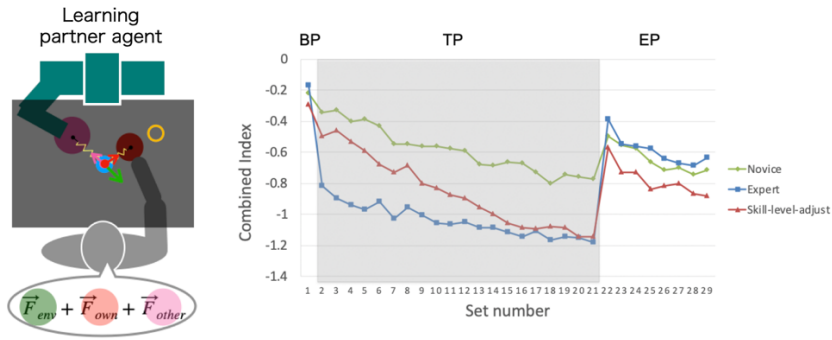


図6 ヒトとロボットの協調運動学習

また、臨床医学の観点からは、手指運動量を計測するウェアラブルデバイスを開発し、麻痺患者の日常生活下の手指使用量と臨床評価指標の関係を明らかにした(J NeuroEng Rehabil, 2023)。これらの波及効果として、Systems Neurorehabilitation という新たな学際研究領域の創成につながると期待される

以上のように、本研究では、生体にみられる超適応現象においてみられる「生体構造の再構成」の構成論的理解に向けて、3つの具体的目標を立てて研究に取り組み、当初目的を概ね達成した。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計25件（うち査読付論文 25件／うち国際共著 10件／うちオープンアクセス 16件）

1. 著者名 Altukhaim Samirah, George Daniel, Nagaratnam Kiruba, Kondo Toshiyuki, Hayashi Yoshikatsu	4. 巻 14
2. 論文標題 Enhancement of sense of ownership using virtual and haptic feedback	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 1-10
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1038/s41598-024-55162-x	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 該当する

1. 著者名 Yamamoto Naoya, Matsumoto Takato, Sudo Tamami, Miyashita Megumi, Kondo Toshiyuki	4. 巻 20
2. 論文標題 Quantitative measurement of finger usage in stroke hemiplegia using ring-shaped wearable devices	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation	6. 最初と最後の頁 1-9
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1186/s12984-023-01199-4	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 Omura Yuichiro, Togo Hiroki, Kaminishi Kohei, Hasegawa Tetsuya, Chiba Ryosuke, Yozu Arito, Takakusaki Kaoru, Abe Mitsunari, Takahashi Yuji, Hanakawa Takashi, Ota Jun	4. 巻 17
2. 論文標題 Analysis of abnormal posture in patients with Parkinson's disease using a computational model considering muscle tones	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Frontiers in Computational Neuroscience	6. 最初と最後の頁 1-13
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.3389/fncom.2023.1218707	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 Niiyama Saki, Yano Shiro, Kondo Toshiyuki	4. 巻 34
2. 論文標題 Cerebral Activity-Based Quantitative Evaluation for Attention Levels	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of Robotics and Mechatronics	6. 最初と最後の頁 739 ~ 745
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.20965/jrm.2022.p0739	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 Matsuda Eiko, Misawa Daichi, Yano Shiro, Kondo Toshiyuki	4. 巻 34
2. 論文標題 Olfactory Cues to Reduce Retrograde Interference During the Simultaneous Learning of Conflicting Motor Tasks	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of Robotics and Mechatronics	6. 最初と最後の頁 746 ~ 755
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.20965/jrm.2022.p0746	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 Etoh Hitohiro, Omura Yuichiro, Kaminishi Kohei, Chiba Ryosuke, Takakusaki Kaoru, Ota Jun	4. 巻 -
2. 論文標題 Motion Generation of Anticipatory Postural Adjustments in Gait Initiation	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Proc. 2022 IEEE 22nd International Conference on Bioinformatics and Bioengineering (BIBE)	6. 最初と最後の頁 103-106
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/BIBE55377.2022.00029	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 Etoh Hitohiro, Omura Yuichiro, Kohei, Kaminishi, Chiba Ryosuke, Takakusaki Kaoru, Ota Jun	4. 巻 -
2. 論文標題 Investigation of a Method to Extend a 2-Dimensional Gait to 3-Dimensions in a Human Musculoskeletal Model with 70 Muscles	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Proc. 2022 International Symposium on Micro-NanoMechatronics and Human Science (MHS)	6. 最初と最後の頁 1-5
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/MHS56725.2022.10092017	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 Yamamoto Naoya, Matsumoto Takato, Sudo Tamami, Miyashita Megumi, Kondo Toshiyuki	4. 巻 -
2. 論文標題 Ring-shaped wearable device for logging finger usage in daily life	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Proc. 2022 International Symposium on Micro-NanoMechatronics and Human Science (MHS)	6. 最初と最後の頁 1-6
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/MHS56725.2022.10092178	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 Nishimura Kotaro, Saracbasi Ozge Ozlem, Hayashi Yoshikatsu, Kondo Toshiyuki	4. 巻 35
2. 論文標題 Cooperative visuomotor learning experience with peer enhances adaptability to others	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Advanced Robotics	6. 最初と最後の頁 835 ~ 841
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1080/01691864.2021.1913445	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

1. 著者名 Sakabe Naoko, Altukhaim Samirah, Hayashi Yoshikatsu, Sakurada Takeshi, Yano Shiro, Kondo Toshiyuki	4. 巻 15
2. 論文標題 Enhanced Visual Feedback Using Immersive VR Affects Decision Making Regarding Hand Use With a Simulated Impaired Limb	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Frontiers in Human Neuroscience	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3389/fnhum.2021.677578	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 該当する

1. 著者名 Nakayashiki Kosei, Tojiki Hajime, Hayashi Yoshikatsu, Yano Shiro, Kondo Toshiyuki	4. 巻 15
2. 論文標題 Brain Processes Involved in Motor Planning Are a Dominant Factor for Inducing Event-Related Desynchronization	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Frontiers in Human Neuroscience	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3389/fnhum.2021.764281	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 該当する

1. 著者名 Saracbasi Ozge Ozlem, Harwin William, Kondo Toshiyuki, Hayashi Yoshikatsu	4. 巻 15
2. 論文標題 Mutual Skill Learning and Adaptability to Others via Haptic Interaction	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Frontiers in Neurobotics	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3389/fnbot.2021.760132	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 該当する



1. 著者名 Etoh Hitohiro, Omura Yuichiro, Kaminishi Kohei, Chiba Ryosuke, Takakusaki Kaoru, Ota Jun	4. 巻 -
2. 論文標題 Proposal of a Neuromusculoskeletal Model Considering Muscle Tone in Human Gait	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Proc. of the 2021 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics (SMC)	6. 最初と最後の頁 289 ~ 294
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/SMC52423.2021.9658889	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 近藤 敏之	4. 巻 61
2. 論文標題 脳活動に内在する動的構造の推定と構成論的モデル化	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 計測と制御	6. 最初と最後の頁 276 ~ 281
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.11499/sicejl.61.276	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 Nguyen Phuong Thi Mai, Hayashi Yoshikatsu, Baptista Murilo Da Silva, Kondo Toshiyuki	4. 巻 10
2. 論文標題 Collective almost synchronization-based model to extract and predict features of EEG signals	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41598-020-73346-z	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 該当する

1. 著者名 Yano Shiro, Hayashi Yoshikatsu, Murata Yuki, Imamizu Hiroshi, Maeda Takaki, Kondo Toshiyuki	4. 巻 11
2. 論文標題 Statistical Learning Model of the Sense of Agency	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Frontiers in Psychology	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3389/fpsyg.2020.539957	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 該当する

1. 著者名 Li Xinzhe, Mota Bruno, Kondo Toshiyuki, Nasuto Slawomir, Hayashi Yoshikatsu	4. 巻 15
2. 論文標題 EEG dynamical network analysis method reveals the neural signature of visual-motor coordination	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 PLOS ONE	6. 最初と最後の頁 e0231767
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1371/journal.pone.0231767	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 該当する

1. 著者名 Kondo Toshiyuki, Hayashi Yoshikatsu	4. 巻 38
2. 論文標題 Human-Robot Cooperative Motor Learning	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of the Robotics Society of Japan	6. 最初と最後の頁 895 ~ 900
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7210/jrsj.38.895	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

1. 著者名 Li Dongdong, Kaminishi Kohei, Chiba Ryosuke, Takakusaki Kaoru, Mukaino Masahiko, Ota Jun	4. 巻 15
2. 論文標題 Evaluation of Postural Sway in Post-stroke Patients by Dynamic Time Warping Clustering	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Frontiers in Human Neuroscience	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3389/fnhum.2021.731677	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 Kaminishi Kohei, Chiba Ryosuke, Takakusaki Kaoru, Ota Jun	4. 巻 90
2. 論文標題 Increase in muscle tone promotes the use of ankle strategies during perturbed stance	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Gait & Posture	6. 最初と最後の頁 67 ~ 72
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.gaitpost.2021.08.003	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 Yozu Arito, Kaminishi Kohei, Ishii Daisuke, Omura Yuichiro, Matsushita Akira, Kohno Yutaka, Chiba Ryosuke, Ota Jun	4. 巻 35
2. 論文標題 Effects of medication and dual tasking on postural sway in Parkinson's disease: A pilot case study	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Advanced Robotics	6. 最初と最後の頁 889 ~ 897
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1080/01691864.2021.1948353	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 Thorne Nicolas, Honisch Juliane J., Kondo Toshiyuki, Nasuto Slawomir, Hayashi Yoshikatsu	4. 巻 13
2. 論文標題 Temporal Structure in Haptic Signaling Under a Cooperative Task	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Frontiers in Human Neuroscience	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3389/fnhum.2019.00372	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 該当する

1. 著者名 Honda Takeru, Mitoma Hiroshi, Yoshida Hirotaka, Bando Kyota, Terashi Hiroo, Taguchi Takeshi, Miyata Yohane, Kumada Satoko, Hanakawa Takashi, Aizawa Hitoshi, Yano Shiro, Kondo Toshiyuki, Mizusawa Hidehiro, Manto Mario, Kakei Shinji	4. 巻 11
2. 論文標題 Assessment and Rating of Motor Cerebellar Ataxias With the Kinect v2 Depth Sensor: Extending Our Appraisal	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Frontiers in Neurology	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3389/fneur.2020.00179	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 Kaminishi Kohei, Chiba Ryosuke, Takakusaki Kaoru, Ota Jun	4. 巻 76
2. 論文標題 Investigation of the effect of tonus on the change in postural control strategy using musculoskeletal simulation	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Gait & Posture	6. 最初と最後の頁 298 ~ 304
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.gaitpost.2019.12.015	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 Kakei Shinji, Honda Takeru, Lee Jongho, Yoshida Hirotaka, Watanabe Masaya, Kondo Toshiyuki, Mitoma Hiroshi, Mizusawa Hidehiro	4. 巻 56
2. 論文標題 Evaluation of Rehabilitation for Upper Limb Ataxia	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 The Japanese Journal of Rehabilitation Medicine	6. 最初と最後の頁 94 ~ 100
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2490/jjrmc.56.94	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17件 (うち招待講演 2件 / うち国際学会 14件)

1. 発表者名 Saki Niiyama, Rie Yoshida, Tamami Sudo, Megumi Miyashita and Toshiyuki Kondo
2. 発表標題 Modulated Brain Networks via Motor Learning
3. 学会等名 2023 International Symposium on Micro-NanoMechatronics and Human Science (MHS2023) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Ozge Ozlem Saracbası, William Harwin, Toshiyuki Kondo, Yoshikatsu Hayashi
2. 発表標題 Sequential Learning: A Pilot Hyperscanning Study
3. 学会等名 The IEEE World Haptics 2023 conference (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Mizuki Miyazawa, Yoshikatsu Hayashi, Tamami Sudo, Megumi Miyashita, Toshiyuki Kondo
2. 発表標題 Hand Velocity in Passive Motor Experience affects Visuomotor Adaptation
3. 学会等名 The 45th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (EMBS) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名	Kohei Kaminishi, Moichi Ishikawa, Tetsuya Hasegawa, Ryosuke Chiba, Arito Yozu, Kaoru Takakusaki and Jun Ota
2. 発表標題	CNN-based analysis of the relationship between DAT SPECT and motor function in patients with Parkinson's disease
3. 学会等名	2023 International Symposium on Micro-NanoMechatronics and Human Science (MHS2023) (国際学会)
4. 発表年	2023年

1. 発表者名	Samirah Altukhaim, Toshiyuki Kondo, Yoshikatsu Hayashi
2. 発表標題	Enhancement of Sense of Ownership and Sense of Agency using Virtual Reality and Haptic Feedback
3. 学会等名	The 44th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (EMBS) (国際学会)
4. 発表年	2022年

1. 発表者名	Ozge Ozlem Saracbası, William Harwin, Toshiyuki Kondo, Yoshikatsu Hayashi
2. 発表標題	Sequential Learning: A Pilot Hyperscanning Study
3. 学会等名	The IEEE World Haptics 2023 conference (国際学会)
4. 発表年	2022年

1. 発表者名	近藤敏之
2. 発表標題	ロボット・VR技術のリハビリテーションへの活用
3. 学会等名	第40回日本ロボット学会学術講演会オープンフォーラム(招待講演)
4. 発表年	2022年

1. 発表者名 吉田理絵, 須藤珠水, 宮下 恵, 近藤敏之
2. 発表標題 ハプティックデバイスを用いた協調ゲーム課題中の脳活動ハイバースキャンニング
3. 学会等名 第40回 日本ロボット学会学術講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 山本直弥, 近藤敏之
2. 発表標題 脳卒中片麻痺者における課題指向型訓練時の手指使用量－熟練OTと新人OTによる介入での違い－
3. 学会等名 第59回日本リハビリテーション医学会学術集会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Nguyen T.M.P., Minh K.P., Hayashi, Y., Baptista, M.D.S., and Kondo, T.
2. 発表標題 Collective Almost Synchronization Modeling Used for Motor Imagery EEG Classification
3. 学会等名 43rd Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (EMBS) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Nakayashiki, K., Hayashi, Y., Sudo, T., and Kondo, T.
2. 発表標題 Effects of visual feedback on event-related desynchronization during isometric grasping
3. 学会等名 43rd Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (EMBS) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Yoshikatsu Hayashi, Nicolas Thorne, Ozge Ozlem Saracbasi, and Toshiyuki Kondo
2. 発表標題 Temporal structure in haptic interactions and perspective of mutual motor learning for skill transfer
3. 学会等名 The 42th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (EMBS) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Saki Niiyama, Shiro Yano, and Toshiyuki Kondo
2. 発表標題 Identification of the Cerebral Region Responsible for Top-Down Attention Using Near-Infrared Spectroscopy Signal
3. 学会等名 The 42nd Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (EMBS) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Kosuke Sakai, Shiro Yano, and Toshiyuki Kondo
2. 発表標題 Extraction of graphical structure embedded in human periodic motions
3. 学会等名 The 42nd Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (EMBS) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Yuya Yoshikawa, Yoshikatsu Hayashi, Shiro Yano, and Toshiyuki Kondo
2. 発表標題 How Does Intervening Strategy in Cooperative Motor Task Affect Individual Motor Adaptation?
3. 学会等名 The 42nd Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (EMBS) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Hitohiro Etoh, Yuichiro Omura, Kohei Kaminishi, Ryosuke Chiba, Kaoru Takakusaki, Jun Ota
2. 発表標題 Proposal of a Neuromusculoskeletal Model Considering Muscle Tone in Human Gait
3. 学会等名 2021 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics (SMC) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Nguyen Thi Mai Phuong, Xinzhe Li, Yoshikatsu Hayashi, Shiro Yano and Toshiyuki Kondo
2. 発表標題 Estimation of brain dynamics under visuomotor task using functional connectivity analysis based on graph theory
3. 学会等名 The 19th annual IEEE International Conference on Bioinformatics and Bioengineering (BIBE 2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

<p>東京農工大学近藤研究室ホームページ  <a href="https://www.livingsyslab.org/">https://www.livingsyslab.org/</a></p>
---

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	千葉 龍介  (Chiba Ryosuke)  (80396936)	旭川医科大学・医学部・准教授    (10107)	



6. 研究組織（つづき）

	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	矢野 史朗 (Yano Shiro)  (90636789)	東京農工大学・工学(系)研究科(研究院)・助教  (12605)	2019-2020年度
研究分担者	宮下 恵 (Miyashita Megumi)  (60963311)	東京農工大学・工学(系)研究科(研究院)・助教  (12605)	2021-2023年度

	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	林 叔克 (Hayashi Yoshikatsu)	レディング大学・生命工学専攻・准教授	
研究協力者	稲邑 哲也 (Inamura Tetsunari)	玉川大学・脳科学研究所・教授	
研究協力者	須藤 珠水 (Sudo Tamami)	東京農工大学・工学府・特任助教	

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		
英国	レディング大学	アバーディーン大学	