

令和 5 年 6 月 19 日現在

機関番号：82611

研究種目：基盤研究(A)（一般）

研究期間：2019～2022

課題番号：19H01092

研究課題名（和文）手指を用いた巧緻運動の神経基盤とその機能再建

研究課題名（英文）A neural mechanism for skillful hand movement

研究代表者

関 和彦（Seki, Kazuhiko）

国立研究開発法人国立精神・神経医療研究センター・神経研究所 モデル動物開発研究部・部長

研究者番号：00226630

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 35,000,000円

研究成果の概要（和文）：本研究においては、霊長類の中枢神経系が、どのように感覚・運動に関わる無数の時空間的な組み合わせを作り出して、巧緻運動を実現しているのか、またそれらが脳神経障害や疾患によってどのように変化するのか、実験的なアプローチによって解明することを目的とした。この目的達成のために、(1) 中枢神経系細胞による筋シナジー表現の理解、(2) 感覚フィードバック信号による中枢神経系神経回路の駆動様式の解明、(3) 脳卒中モデルサルルの作出と利用、という3つの具体的目標に対して研究を行った。その結果、大脳皮質、赤核、脊髄における筋シナジー表現を解明し、感覚フィードバックが脊髄反射や上行路を駆動する機構などを解明した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

手指を用いた運動の巧みさ（巧緻性）はヒトを含めた霊長類がその進化によって獲得した機能である。この手指の巧緻性は人間の日常生活を様々な局面で支えているため、脳卒中などによる巧緻性の低下は、患者の生活の質を著しく低下させる。手指の巧緻性は、手のもつ複雑な筋骨格構造によって実現している。霊長類は手指に27種類の筋肉、18個の関節を有し、それによって生み出される膨大な数の時空間的組み合わせパターンによって多彩な巧緻運動が実現している。本研究は、この手の有する多彩な運動の神経基盤とその異常の一部を解明した点に意義がある。本研究成果は、手指運動の効果的な訓練方法やリハビリテーション戦略の検討に寄与する。

研究成果の概要（英文）：In this study, we aimed to elucidate through experimental approaches how the primate central nervous system creates myriad spatiotemporal combinations of sensory and motor cues to achieve fine motor control, and how these combinations are altered by the CNS disorders and diseases. To achieve this goal, we set three specific goals: (1) to understand the representation of muscle synergy by central nervous system, (2) to elucidate the driving mechanisms of central nervous system neural circuits by sensory feedback signals, and (3) to create and utilize a monkey model of stroke. As a result, we elucidated muscle synergy representations in the cortex, red nucleus, and spinal cord, and the mechanisms by which sensory feedback drives spinal reflexes and ascending tracts.

研究分野：神経生理学

キーワード：巧緻性 手指 脊髄反射 随意運動 霊長類

## 様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

手指を用いた運動の巧みさ(巧緻性)はヒトを含めた霊長類がその進化によって獲得した機能である。この手指の巧緻性は人間の日常生活を様々な局面で支えているため、脳卒中などによる巧緻性の低下は、患者の生活の質を著しく低下させる。手指の巧緻性は、手のもつ複雑な筋骨格構造によって実現している。霊長類は手指に27種類の筋肉、18個の関節を有し、それによって生み出される膨大な数の時空間的組み合わせパターンによって、「手話」や「楽器演奏」などの多彩な巧緻運動が実現している。また、手指には膨大な数の感覚受容器が存在し、それらからの豊富なフィードバック情報の時空間的な組み合わせが、やはり巧緻運動の制御に用いられている。しかし、生体の感覚運動系が有する超多自由度の制御における神経基盤は不明であった。

### 2. 研究の目的

そこで、本研究においては、霊長類の中樞神経系が、どのように感覚・運動に関わる無数の時空間的な組み合わせを作り出して、巧緻運動を実現しているのか、またそれらが脳神経障害や疾患によってどのように変化するのか、実験的なアプローチによって解明することを目的とした。この目的達成のために、(1)中樞神経系細胞による筋シナジー表現の理解、(2)感覚フィードバック信号による中樞神経系神経回路の駆動様式の解明、(3)脳卒中モデルサルへの作出と利用、という3つの具体的目標を設定して研究を進めた。

### 3. 研究の方法

#### (1) 中樞神経系細胞による筋シナジー表現

本項目では脊髄・赤核・大脳皮質一次運動野における premotor ニューロンが表現する筋シナジーとその違いを明らかにする。そのため手指筋から体幹筋まで広い範囲の筋が使われる reach-and-grasp 行動課題をマカクサルに行わせ、皮質運動野及び赤核のニューロン活動を記録し、筋電図の spike-triggered averaging によって運動ニューロンに投射のある premotor ニューロンを同定する。一方、同時に記録した筋電図活動を非負値行列分解法(NNMF)を用いて筋シナジーの空間及び時間要素に分解し、それぞれ premotor ニューロンの投射パターンと発火活動を比較する。

#### (2) 感覚フィードバック信号による中樞神経系神経回路の駆動様式の解明

本項目では、まず、手指筋への脊髄反射を中継する脊髄介在ニューロンの随意運動遂行時における活動を記録・評価する技術開発を行う。サルに手首屈曲運動を訓練し、手指筋感覚神経にカフ電極を埋入して電気刺激を与え、応答する脊髄介在ニューロンを一次介在ニューロンとして同定する。当該神経細胞のうち、上記の spike-triggered averaging 法によって筋への出力効果が確認された神経細胞を脊髄反射関連ニューロンと同定し、運動課題の各位相における発火パターンの変化を類別化する。また同様な方法を用いて、脊髄だけでなく感覚上行路の中継核である楔状束核からの記録技術を確立し、感覚フィードバック信号が初期リレー核でどのような修飾を受けるのか、末梢刺激による誘発電位の振幅変化を指標に定量化する。また、光刺激によって、中樞神経系活動を駆動する末梢神経系を選択的に刺激するための、技術開発を行う。

#### (3) 脳卒中モデルサルの作出と利用

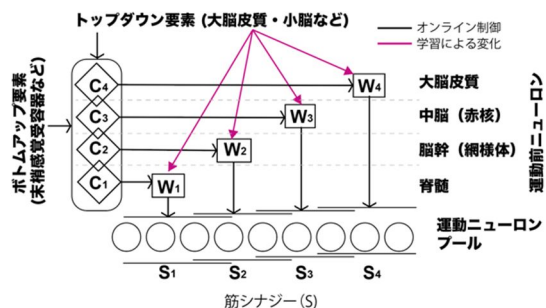
本項目では、感覚運動系の異常が上記(1)(2)に与える影響を調べるため、マーモセットを対象に技術開発を行う計画であった。麻酔下の個体を対象にローズベンガルを静注して、その後経頭蓋的に光照射を行い光血栓を作成する。本研究では個体間で再現性の高い領域に脳卒中を引き起こす必要があるため、光の照射角度・面積・時間、ローズベンガルの流量などを工夫することによって、上記再現性が保証される最適な照射パラメータを決定する事にした。そして最適化された方法で個体を作成し、作出された個体の表現型について、特に行動解析、損傷部位の個体間共通性及び個体差について定量化し、その背景を分析する計画であった。

### 4. 研究成果

#### (1) 中樞神経系細胞による筋シナジー表現

把持課題を行っているサルの脊髄の運動前細胞と12種類の手指筋の活動を同時に記録した結果、

脊髄の運動前ニューロンが複数の手の筋肉(神経細胞 1 個あたり  $2.5 \pm 1.9$  個)に対して発散的な促進効果を持つことを発見した。次に、記録した EMG 活動から非負値行列分解アルゴリズム(non-negative matrix factorization: NNMF)を用いて 3 種類の筋シナジーを推定した。両者を比較すると、運動前神経が筋シナジーの形成に関わっていることを明確に示していた。同様の解析を赤核及び大脳皮質における premotor ニューロンにおいて比較すると、脊髄は手の複数の筋肉の興奮性協調を、赤核は手指筋と近位筋など部位的に離れた筋間の強調を、さらに大脳皮質は個々の筋の独立制御に関係している事を示唆していた。そして実験結果をまとめたモデルを提案した(右図)<sup>3)</sup>。また、これらの筋シナジーの線形和によって筋活動が形成されている実験的証拠<sup>6)</sup>を示した。さらに、筋シナジーの神経表現と手指運動の運動学的特徴の関係性を解明する基盤となるモデルを構築した<sup>3)</sup>。



### (2) 感覚フィードバック信号による中枢神経系神経回路の駆動様式の解明

まず、脊髄反射回路が、皮質運動指令の最小限の関与のもとで、随意的な手指の筋活動を生成できることを明らかにした。具体的には、霊長類が自発的に手首を動かす際に、閉ループの正帰還反射作用を介在する興奮性の脊髄介在ニューロン群を発見した。これらの介在ニューロンの活動電位は手首伸筋の活動を発生させ、その筋活動は今度は同じ介在ニューロンの発火率を増大させた。この反射ループは、単純なネットワークシミュレーションにより、運動開始前に下降指令が筋活動の大きさと持続時間を予測的に割り当てた場合に独立して機能することを示していた。そして実験によって、反射ゲインは将来の運動の成否と関連することが明らかになった。この結果は、随意運動中の筋活動は、基本的に脊髄反射ループによって生成される可能性があることを示すものである。さらにこのような感覚運動連関における、脊髄ループと皮質ループの相違について報告した<sup>8)</sup>。

次に、光遺伝学による末梢神経活動の修飾技術を開発した<sup>9)</sup>。ラットの感覚神経細胞に遺伝子導入を行うため、蛍光タンパク遺伝子を組み込んだアデノ随伴ウイルス (AAV) ベクターを末梢神経(座骨神経)に注入した。AAV6 および AAV9 それぞれの指向性を確認した所、AAV6 では小型の感覚神経細胞に指向性を持ち、AAV9 は中型から大型の感覚神経細胞に指向性を持つことが確認された。その後、生理学的実験によって、電気刺激に相当する神経活動が感覚神経細胞の軸索より記録された。光刺激に対する感覚神経細胞の応答の特徴から、主に触覚や筋感覚を支配する神経細胞が選択的に刺激されていると考えられた。そして、誘発された感覚信号は、脊髄内の神経回路を介して運動神経を興奮させることが示された。その他、霊長類の末梢感覚神経における AAV ベクターの指向性に関する研究成果<sup>4, 5)</sup>を発表した。

### (3) 脳卒中モデルサルへの作出と利用

4 頭のコモンマーモセットに上述の方法で運動野に血栓梗塞を形成し、形成前と形成後 8 週間までの間にいくつかの行動テストを系統的に行って、回復の時間経過の特徴を調べた<sup>1)</sup>。ケージ内において行動とリーチングから把握への移動を評価した結果、動物間で一貫した運動障害が確認された。特に、到達運動と把持運動の成績は、病巣形成後 4 週間まで悪化し続けた。また、ケージ内運動と把持運動については、動物間で一貫した回復の時間経過が確認された。例えば、ケージ内動作のスコアは、すべての動物で病巣形成後 3 週間で完全に回復し、把持動作のパフォーマンスは 4 週間から 8 週間で部分的に回復した。また、リーチング動作の回復にはより長い時間経過が観察された。これらの結果から、各運動における回復速度の違いは、各運動を適切に実行するために皮質の制御がどの程度必要であるかに影響される可能性があることが示唆された。この他に、脳卒中患者のリハビリテーション評価における筋シナジー解析の有効性を示す研究報告を行った<sup>2)</sup>。

- 1) Kosugi A, Saga Y, Kudo M, Koizumi M, Umeda T, Seki K: Time course of recovery of different motor functions following a reproducible cortical infarction in non-human primates. *Front Neurol.* 2023; 14: 1094774
- 2) Funato T, Hattori N, Yozu A, An Q, Oya T, Shirafuji S, Jino A, Miura K, Martino G, Berger D, Miyai I, Ota J, Ivanenko Y, d'Avella A, Seki K: Muscle synergy analysis yields an efficient and physiologically relevant method of assessing stroke. *Brain Commun.* 4(4), 2022, fcac200
- 3) Saito T, Ogihara N, Takei T, Seki K: Musculoskeletal modeling and inverse dynamic analysis of precision grip in the Japanese macaque. *Front. Syst. Neurosci.*, 10 Dec 2021
- 4) Kudo M, Wupuer S, Kubota S, Seki K: Distribution of Large and Small Dorsal Root Ganglion Neurons in Common Marmosets. *Front. Syst. Neurosci.* 02 Dec 2021
- 5) Kudo M, Wupuer S, Fujiwara M, Saito Y, Kubota S, Inoue K, Takada M, Seki K: Specific gene expression in unmyelinated dorsal root ganglion neurons in nonhuman primates by intra-nerve injection of adeno-associated virus 6 vector. *Mol. Ther. : Methods and Clinical Development*, 6 Aug 2021
- 6) Cheung VCK, Seki K : Approaches to Revealing the Neural Basis of Muscle Synergies: A Review and A Critique. *J. Neurophysiol.* 17 March 2021
- 7) Yaron A, Kowalski D, Yaguchi H, Takei T, Seki K : Forelimb force direction and magnitude independently controlled by spinal modules in the macaque. *PNAS* 117(44): 27655 - 27666, 15 October 2020
- 8) Oya T, Takei T, Seki K: Distinct sensorimotor feedback loops for dynamic and static control of primate precision grip. *Commun. Biol.* 3(156), 2020
- 9) Kubota S, Sidikejiang W, Kudo M, Inoue KI, Umeda T, Takada M, Seki K: Optogenetic recruitment of spinal reflex pathways from large-diameter primary afferents in non-transgenic rats transduced with AAV9/Channelrhodopsin 2. *J. Physiol.* 2019

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計12件（うち査読付論文 10件 / うち国際共著 3件 / うちオープンアクセス 9件）

1. 著者名 Saito Tsuyoshi, Ogihara Naomichi, Takei Tomohiko, Seki Kazuhiko	4. 巻 15
2. 論文標題 Musculoskeletal Modeling and Inverse Dynamic Analysis of Precision Grip in the Japanese Macaque	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Frontiers in Systems 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/fnsys.2021.774596	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 Kudo Moeko, Wupuer Sidikejiang, Kubota Shinji, Seki Kazuhiko	4. 巻 15
2. 論文標題 Distribution of Large and Small Dorsal Root Ganglion Neurons in Common Marmosets	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Frontiers in Systems 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/fnsys.2021.801492	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 Kudo Moeko, Wupuer Sidikejiang, Fujiwara Maki, Saito Yuko, Kubota Shinji, Inoue Ken-ichi, Takada Masahiko, Seki Kazuhiko	4. 巻 23
2. 論文標題 Specific gene expression in unmyelinated dorsal root ganglion neurons in nonhuman primates by intra-nerve injection of AAV 6 vector	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Molecular Therapy - Methods & Clinical Development	6. 最初と最後の頁 11 ~ 22
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.omtm.2021.07.009	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 Cheung Vincent C. K., Seki Kazuhiko	4. 巻 125
2. 論文標題 Approaches to revealing the neural basis of muscle synergies: a review and a critique	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Neurophysiology	6. 最初と最後の頁 1580 ~ 1597
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1152/jn.00625.2019	査読の有無 無
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 Oya Tomomichi, Takei Tomohiko, Seki Kazuhiko	4. 巻 3(156)
2. 論文標題 Distinct sensorimotor feedback loops for dynamic and static control of primate precision grip	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Communications Biology	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/s42003-020-0861-0	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 Omata Daiki, Hagiwara Fumiko, Munakata Lisa, Shima Tadimitsu, Kageyama Saori, Suzuki Yuno, Azuma Takashi, Takagi Shu, Seki Kazuhiko, Maruyama Kazuo, Suzuki Ryo	4. 巻 109
2. 論文標題 Characterization of Brain-Targeted Drug Delivery Enhanced by a Combination of Lipid-Based Microbubbles and Non-Focused Ultrasound	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Pharmaceutical Sciences	6. 最初と最後の頁 2827 ~ 2835
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.xphs.2020.06.008	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 Yaron Amit, Kowalski David, Yaguchi Hiroaki, Takei Tomohiko, Seki Kazuhiko	4. 巻 117
2. 論文標題 Forelimb force direction and magnitude independently controlled by spinal modules in the macaque	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Proceedings of the National Academy of Sciences	6. 最初と最後の頁 27655 ~ 27666
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1073/pnas.1919253117	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 Cheung Vincent C. K., Seki Kazuhiko	4. 巻 125
2. 論文標題 Approaches to revealing the neural basis of muscle synergies: a review and a critique	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Neurophysiology	6. 最初と最後の頁 1580 ~ 1597
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1152/jn.00625.2019	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 Kubota Shinji, Sidikejiang Wupuer, Kudo Moeko, Inoue Ken ichi, Umeda Tatsuya, Takada Masahiko, Seki Kazuhiko	4. 巻 597
2. 論文標題 Optogenetic recruitment of spinal reflex pathways from large diameter primary afferents in non transgenic rats transduced with AAV9/Channelrhodopsin 2	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 The Journal of Physiology	6. 最初と最後の頁 5025 ~ 5040
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1113/JP278292	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 Azim Eiman, Seki Kazuhiko	4. 巻 8
2. 論文標題 Gain control in the sensorimotor system	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Current Opinion in Physiology	6. 最初と最後の頁 177 ~ 187
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.cophys.2019.03.005	査読の有無 無
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 Funato Tetsuro, Hattori Noriaki, Yozu Arito, An Qi, Oya Tomomichi, Shirafuji Shouhei, Jino Akihiro, Miura Kyoichi, Martino Giovanni, Berger Denise, Miyai Ichiro, Ota Jun, Ivanenko Yury, d'Avella Andrea, Seki Kazuhiko	4. 巻 4
2. 論文標題 Muscle synergy analysis yields an efficient and physiologically relevant method of assessing stroke	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Brain Communications	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) 10.1093/braincomms/fcac200	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 Kosugi Akito, Saga Yosuke, Kudo Moeko, Koizumi Masashi, Umeda Tatsuya, Seki Kazuhiko	4. 巻 14
2. 論文標題 Time course of recovery of different motor functions following a reproducible cortical infarction in non-human primates	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Frontiers in Neurology	6. 最初と最後の頁 1094774
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3389/fneur.2023.1094774	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 -

〔学会発表〕 計32件（うち招待講演 11件 / うち国際学会 20件）

1. 発表者名 Kikuta S, Kubota S, K, Confais J, Yaron A, Oya T, Seki K
2. 発表標題 Sensory gating of cortical area 3a during a motor task in the monkey
3. 学会等名 NEURO2022
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Kosugi A, Saga Y, Kudo M, Koizumi M, Umeda T, Seki K
2. 発表標題 Different time course of recovery in reaching and grasping movement after reproducible cortical infarction in non-human primate
3. 学会等名 NCM meeting 2022 (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 関和彦
2. 発表標題 無意識下でつながる感覚と運動
3. 学会等名 さきがけ「生体多感覚システム」領域公開シンポジウム（招待講演）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Seki K
2. 発表標題 Spinal motor modules for primate arm and hand movement
3. 学会等名 WCB2022（招待講演）（国際学会）
4. 発表年 2022年



1. 発表者名 Seki K, Kikuta S, Kubota S, Confais J, Yaron A, Oya T
2. 発表標題 Proprioceptive sensory attenuation in area 3a during voluntary movement and action observation in macaque
3. 学会等名 Society for Neuroscience 2022 (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Roland Philipp, Naoki Uchida, Yuki Hara, Tetsuro Funato, Kazuhiko Seki
2. 発表標題 Neural adaptation in response to tendon cross-union of an antagonistic muscle pair in the primate forearm
3. 学会等名 Society for Neuroscience 2022 (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Shinji Kubota, Chika Sasaki, Satomi Kikuta, Tomomichi Oya, Seki K
2. 発表標題 Gating of Somatosensory Signals in the Primate Cuneate Nucleus During Voluntary Hand Movement
3. 学会等名 Motor Systems Symposium 2022 (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Seki K
2. 発表標題 Sensory gain modulation at the primate cuneate nucleus; top-down and bottom-up neural mechanisms.
3. 学会等名 NCM2021 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Kubota S, Sasaki C, Ito S, Gomi H, Oya T, Seki K
2. 発表標題 Modulation of somatosensory signal transmission in the primate cuneate nucleus during voluntary hand movement.
3. 学会等名 NCM2021 (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Seki K
2. 発表標題 Elucidation of neural mechanisms of hyper-adaptability to body change
3. 学会等名 1st International Symposium on Hyper-Adaptability (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Roland Philipp, Naoki Uchida, Yuki Hara, Tetsuro Funato, Kazuhiko Seki
2. 発表標題 Hyper-adaptation after tendon transfer of upper limb: Neural mechanisms inducing hyper-adaptation
3. 学会等名 1st International Symposium on Hyper-Adaptability (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Philipp R, Uchida N, Hara Y, Funato T, Seki K
2. 発表標題 Hyper-adaptation after tendon transfer of upper limb: Neural mechanisms inducing hyper-adaptation
3. 学会等名 第44回日本神経科学大会 シンポジウム「脳の超適応」(国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 関和彦
2. 発表標題 マカクサルの上肢筋腱移植手術に伴う中枢神経系の長期適応様式
3. 学会等名 令和3年度 京都大学 霊長類研究所 共同利用研究会 (招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 関和彦
2. 発表標題 随意運動の制御における脊髄神経回路の新機能
3. 学会等名 日本脊髄外科学会 (招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Alvaro Costa, Massimo Sartori, Qi An, Kazuhiko Seki, Andrea d`Avella, Diego Torricelli, Yuri Ivanenko, Andres Ubeda, Fady Alnajjar, Emel Demircan, Juan C. Moreno, Shingo Shimoda
2. 発表標題 Bio-Electrical Signals for Motor Control in Robotics: Standardization of Muscle Synergy Analysis
3. 学会等名 2021 IEEE/RSJ International conference on intelligent robots and systems (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 関和彦、高木周、東隆、丸山和雄、鈴木亮
2. 発表標題 生物の感覚運動機能を左右する閉ループ神経回路とその非侵襲的制御.
3. 学会等名 第43回日本神経科学大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 関和彦
2. 発表標題 自由行動下における皮質脳波から筋活動情報を解読する 野生型及び脳梗塞モデルサルにおける検討例
3. 学会等名 第22回日本ヒト脳機能マッピング学会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Yaron A, Kowalski D, Yaguchi H, Takei T, Seki K
2. 発表標題 Are primates just big frogs? Forelimb force direction and amplitude are independently controlled by spinal motor modules.
3. 学会等名 Neuromatch meeting (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 関和彦
2. 発表標題 霊長類は単なる巨大化したカエルか？神経プリミティブ仮説の再検討
3. 学会等名 Motor Control 研究会第1回オンライン講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 内田 直輝, Roland Philipp, 大屋 知徹, 原 友紀, 船戸 徹郎, 関 和彦,
2. 発表標題 筋シナジー解析による身体変化に対する神経適応機能の解明
3. 学会等名 計測自動制御学会 システム・情報部門 学術講演会2020
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Seki K
2. 発表標題 Modular control of limb movement: from neural correlates to clinical relevance
3. 学会等名 WORKSHOP on NEUROROBOTICS (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Seki K
2. 発表標題 Neural adaptation to surgical relocation of primate hand muscles
3. 学会等名 Tokyo Hand Meeting(NCM Ancillary Meeting) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Seki K
2. 発表標題 Spinal and cortical neural mechanism for active inference in volitional movement
3. 学会等名 The Satellite Meeting/29th NCM Annual Meeting (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Umeda T, Koizumi M, Katakai Y, Saito R, Seki K
2. 発表標題 Decoding muscle activity using electrocorticographic signals in freely behaving marmosets
3. 学会等名 29th NCM Annual Meeting (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Oya T, Takei T, Seki K
2. 発表標題 Emergence of spinomuscular and corticomuscular loops in dynamic vs. static phases of precision grip
3. 学会等名 29th NCM Annual Meeting (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yaron A, Yaguchi H, Kowalski D, Takei T, Seki K
2. 発表標題 Linear summation of spinally-induced forearm force field in macaque monkeys
3. 学会等名 29th NCM Annual Meeting (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Seki K
2. 発表標題 Gain control of spinal proprioceptive reflex in awake, behaving monkeys
3. 学会等名 Neuroscience 2019 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Seki K, E. Azim
2. 発表標題 Mini-symposium "Gain Control in the Sensorimotor System: From Neural Circuit Organization to Behavioral Function"
3. 学会等名 Neuroscience 2019 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 関 和彦
2. 発表標題 協調的筋活動を作り出す神経機構
3. 学会等名 第58回日本運動障害研究会（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 梅田 達也, 小泉 昌司, 片貝 祐子, 齋藤 亮一, 関 和彦
2. 発表標題 自由行動下における皮質脳波から筋活動のデコーディング
3. 学会等名 第42回日本神経科学大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 工藤もゑこ, Wupuer Sidikejiang, 井上 謙一, 高田 昌彦, 関 和彦
2. 発表標題 後根神経節（DRG）細胞への細胞種特異的遺伝子導入法：齧歯類と霊長類における比較
3. 学会等名 第42回日本神経科学大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 内田直輝, Roland Philipp, 大屋知徹, 船戸徹郎, 関和彦
2. 発表標題 筋電解析による身体変化に対する神経適応メカニズムの解明
3. 学会等名 第13回Motor Control研究会
4. 発表年 2019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 分担 者	舩戸 徹郎  (Funato Tetsuro)  (40512869)	電気通信大学・大学院情報理工学研究所・准教授    (12612)	

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