

令和 6 年 6 月 25 日現在

機関番号：82611

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：19H05724

研究課題名（和文）身体変容への超適応の神経機構の解明

研究課題名（英文）Hyper-adaptability to altered musculoskeletal system: cortical and subcortical mechanism.

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） 72,400,000円

研究成果の概要（和文）：研究期間中、筋シナジーの複雑な様式とその背景メカニズムを解明し、脊髄や脳幹レベルでの神経細胞の感覚運動連関機構を明らかにした。マカクサル腱再配置術式を開発し、筋シナジー解析で中枢神経系の構造再編成とその時定数を推定した。さらに、筋シナジーの可塑的変化の神経基盤として感覚予測誤差や感覚抑制に注目し、中枢神経系の各領域で異なった感覚運動変換過程が存在することを示した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

ヒトの一生の中で私達の身体は様々な理由により変容してゆく。私達が、その変化した身体構造を使って日常生活を過ごすことができるのは、身体運動を制御する脳神経系構造の再構成が起きているからである。しかし、その神経メカニズムは本研究の開始時点では十分明らかにされていなかった。本研究で発見した複雑な中枢神経系の適応パターン、つまり、早いダイナミクスと遅いダイナミクスが相互作用しながら変化してゆく変容は、上記の身体変容に対する脳神経構造の再編成パターンの多くを内包していると思われる。したがって、本研究で提案されたモデルによって、疾患や障害からの回復過程を評価することにより、新たな介入方法の開発が期待できる。

研究成果の概要（英文）：During the study period, the complex modalities and background mechanisms of muscle synergy were elucidated and the neuronal sensorimotor linkage mechanisms at the level of the spinal cord and brainstem were clarified. A macaque tendon relocation technique was developed and muscle synergy analysis was used to estimate the structural reorganization of the central nervous system and its time constant. Furthermore, we focused on sensory prediction errors and sensory inhibition as the neural basis of plastic changes in muscle synergy, and showed that different sensory-motor conversion processes exist in different regions of the CNS.

研究分野：神経生理学

キーワード：マカクサル 可塑性 筋シナジー 筋電図 筋再配置

## 様式 C - 19、F - 19 - 1 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

本研究では、主に超適応の生体構造の再構成の観点から、急激な筋骨格構造の改変に伴う脳神経機能の適応様式を調べ、その背景にある原理の解明を行うこととした。例えば身体の障害や疾病などによってヒトの筋骨格系構造が急激に変化する場合がある。しかし、そのような状態でも短時間のリハビリテーション訓練などによって意図したとおりに運動を行うことができるのは、身体運動に関わる脳神経構造が、変化した身体に適応して再構成されているからである。しかし、超適応時の脳神経構造の再構成のメカニズムは明らかでない。そこで、本研究ではヒトと筋骨格構造が類似しているサルを対象に、筋再配置手術によって急激に身体構造を変化させ、それに対する中枢神経系の適応を神経細胞レベルで神経生理学的に評価することを計画した。そして得られた生理学的知見を B02 項目で行われる緩徐な時間経過で起こる身体変容の超適応の数理モデル、及びサルの筋骨格系シミュレーションにおける学習制御モデルと統合することにより、身体変容に対する生体構造の再構成における共通原理を解明することとした。

### 2. 研究の目的

ヒトの一生の中で、私達の身体は様々な理由により変容してゆく。発達や加齢による緩徐な変容もあれば、事故や疾患などによる急激な変化も考えられる。私達が、その変化した身体構造を使って日常生活を過ごすことができるのは、身体運動を制御する脳神経系構造の再構成が起こっているからである。しかし、その神経メカニズムは現在まで明らかでない。その理由は、身体変容を引き起こす実験方法が存在しなかったためである。そこで本計画研究では急激な身体変容の研究のための実験パラダイムを確立し、身体変容に対する超適応時の脳神経構造再編メカニズムとその背後にある原理について明らかにすることを目標にした。

### 3. 研究の方法

本研究では、新学術領域「身体性システム」で開発してきた筋再配置動物モデル(適応モデル・超適応モデル)を用いて、身体構造の急激な変化に対する超適応過程の背景にある脳神経構造の再構成メカニズムを明らかにし、その数理モデル化によって身体変容への超適応の背景にある共通原理を明らかにする。まず、腱再配置の適応モデル動物、超適応モデル動物においてそれぞれ2頭の動物における筋電図記録を解析し、それによって筋シナジー構造の変化を定量化する。(1)外科的手術:まず筋電図埋め込み手術:手指筋・手首筋・肘筋を対象とし合計24の筋に筋電図電極を埋め込む手術を行う。腱再配置手術:手外筋のうち、手指屈筋(浅指屈筋)と手指伸筋(総指伸筋)の腱遠位部を切断し、それらを交差縫合する。

#### (2)行動タスク

サルは目前にある2種類のオブジェクトを順番に精密把握によって把握し、さらに0.5秒間ひっぱり続けることによって報酬が得られる。上記の手術1前に課題訓練を完成させ、手術1の後、1ヶ月程度のコントロールデータを記録する。手術2の後もタスク成績が術前程度に回復し、さらに筋シナジーの変化がこれ以上認められなくなる時点まで継続する。

#### (3)筋シナジー評価

筋シナジーの評価は、従来申請者らが用いてきた非負値行列分解(NNMF)また特異値分解などの方法を用いて行う。筋活動及び筋シナジー評価方法については、船戸(B02)と連携して開発した新解析方法など用いて領域間連携で行う。

上記によって、筋シナジーを構成する時間変動、空間パタンの適応・超適応の変化の時定数などが明らかになる。前述のように筋再配置では、任意の運動コマンドに対する感覚フィードバックの変化、その結果としての感覚予測誤差を、サルに気づかれる事なく操作している。そこで、この感覚予測誤差に対する中枢神経系の神経細胞レベルでの適応メカニズムを神経生理学的に明らかにする。

#### 脊髄レベル

申請者が開発してきた、サル脊髄ニューロン慢性活動記録方法を発展させ、同時に多数の神経細胞記録を行う技術を開発する。つまり、可動式36チャンネル電極を個々の横突起に固定し、多様な種類の神経細胞の活動を同時記録する。神経細胞の同定は末梢神経刺激及び個々の筋への出力チェックによって行い、特に感覚予測誤差を反映する抑制性介在ニューロンと大脳皮質から入力を受ける運動指令関連ニューロンの活動を記録する。多極記録法は伊佐(A01)、筒井(A03)、高草木(A04)と連携して行う。

#### 脳幹レベル

末梢の感覚受容器で生まれた感覚フィードバックは脊髄と脳幹(楔状束核)に直接投射する。また脳幹には、運動野を含む皮質から直接投射を受ける。図5はサル楔状束核に逆行性トレーサー注入によって証明した皮質脳幹ニューロンである。中心溝を中心に多くの投射細胞の存在が確認できる。そこで、多極電極を用いて、楔状束核から上記運動タスク遂行中の細胞活動を記録する。神経細胞の同定は末梢神経刺激と皮質刺激によって行い、脊髄と同様、感覚予測誤差と皮質投射を表現する神経細胞を記録対象とする。

#### 大脳皮質レベル

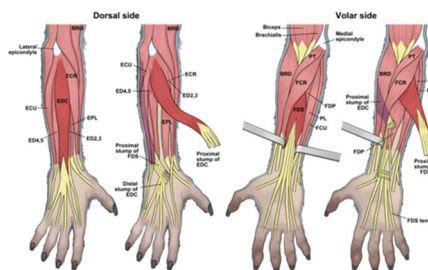
運動前野、一次感覚運動野、高次感覚野に ECoG 電極を埋め込み、A) 感覚誘発電位マップ ( 感覚神経刺激による誘発電位の皮質マップ )、B) 運動誘発電位マップ ( ECoG 刺激による筋電図誘発電位マップ )、C) ECoG 電極間のタスク中の結合度マップ、これら 3 種類のマップの超適応による変化を明らかにする。ECoG 記録は伊佐 ( A01 )、電極間結合度のマップ構成は伊佐 ( A01 )、矢野 ( B02 ) と連携して行う。

#### 4 . 研究成果

研究期間中に、筋シナジーの複雑な様式の定量化とその背景メカニズムを解明し、また超適応の基盤となる脊髄や脳幹レベルでの神経細胞レベルでの感覚運動連関機構を解明するなど、目標を達成した。

( 1 ) 本研究課題により得られた成果

右図に示すように、まずマカクサルを対象とした腱再配置の術式を開発し( 論文投稿中 ) 筋シナジー解析( *PNAS*, 2020 ; *Brain Comm*, 2022 ) による中枢神経系の構造再編成及びその時定数を推定した。腱再配置による劇的な感覚運動連関への介入は、早い時定数の変化を誘発し、誘発された変化が十分大きい場合に、遅いダイナミクスの変化を誘発した。またその遅い時定数の変化が蓄積して閾値に到達した場合、新たな早い時定数の変化を生み、それが新たな遅い時定数の変化を誘発する現象を定量化した。つまり、身体改変への中枢神経系の適応は異なった時定数を有する変化の連鎖モデルで説明できることを示した。



またこのような感覚運動変換過程の可塑性の基盤となる神経メカニズムを解明した。脊髄においては、固有感覚入力の変化の際の感覚予測誤差の増大が、シナプス前抑制によって( *Nat Comm*, 2023 ) また脳幹においては楔状束核における感覚ゲーティング( *Cell Reports*, 2024 ) によって、それぞれ対応できる可能性を示した。さらに大脳皮質においては、一次運動野、一次感覚野各領域に、それぞれ異なった感覚運動変換過程が存在することを、局所フィールド電位および ECoG 信号の解析から明らかになった。

上記の一連の研究によって、身体改変による筋活動の制御機構とそのトリガーとしての体性感覚信号の処理機構の変化などが明らかになってきた。今後は、このような運動制御機構と感覚情報処理機構の連関プロセスについて、特に、筋活動と感覚受容器活動の連関という観点から更なる解析が必要となる。

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計14件（うち査読付論文 13件／うち国際共著 3件／うちオープンアクセス 10件）

1. 著者名 Kubota Shinji, Sasaki Chika, Kikuta Satomi, Yoshida Junichiro, Ito Sho, Gomi Hiroaki, Oya Tomomichi, Seki Kazuhiko	4. 巻 43
2. 論文標題 Modulation of somatosensory signal transmission in the primate cuneate nucleus during voluntary hand movement	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 Cell Reports	6. 最初と最後の頁 113884 ~ 113884
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.celrep.2024.113884	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 Tomatsu Saeka, Kim GeeHee, Kubota Shinji, Seki Kazuhiko	4. 巻 14
2. 論文標題 Presynaptic gating of monkey proprioceptive signals for proper motor action	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Nature Communications	6. 最初と最後の頁 6537
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41467-023-42077-w	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 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 -

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 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 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 該当する

1. 著者名 Oya Tomomichi、Takei Tomohiko、Seki Kazuhiko	4. 巻 3
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 Oya Tomomichi、Takei Tomohiko、Seki Kazuhiko	4. 巻 3
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 0
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 Umeda Tatsuya, Koizumi Masashi, Katakai Yuko, Saito Ryoichi, Seki Kazuhiko	4. 巻 197
2. 論文標題 Decoding of muscle activity from the sensorimotor cortex in freely behaving monkeys	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 NeuroImage	6. 最初と最後の頁 512 ~ 526
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.neuroimage.2019.04.045	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 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 -

[学会発表] 計39件 (うち招待講演 16件 / うち国際学会 25件)

1. 発表者名 Philipp R, Ohta N, Takayama Y, Hara Y, Funato T, Seki K
2. 発表標題 Neural adaptation in response to a tendon cross-union of an antagonistic muscle pair in the forearm of the macaque: An EMG and EGoG study
3. 学会等名 第46回日本神経科学大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Ota N, Philipp R, Hara Y, Funato T, Seki K
2. 発表標題 Analysis of muscle activity related to long-term adaptation after tendon-transfer in a macaque monkey
3. 学会等名 NCM2023 (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Seki K
2. 発表標題 Muscle synergy analysis yields an efficient and physiologically relevant way of assessing stroke
3. 学会等名 26th Thai Neuroscience Society International Conference (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Seki K
2. 発表標題 Centrally generated presynaptic inhibition selectively modulates proprioceptive and tactile reafferent signals at the spinal cord of behaving monkeys
3. 学会等名 Motor Control: Spinal Circuits and Beyond2023 (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Yoshida J, Kubota S, Seki K
2. 発表標題 Development of a novel behavioral task paradigm for somatosensory-guided motor learning in macaque monkeys
3. 学会等名 2nd International Symposium on Hyper-Adaptability 2023 (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Philipp R, Uchida N, Ohta N, Oya T, Hara Y, Funato T, Seki K
2. 発表標題 Neural Adaptation in Response to Tendon Transfer in the Primate Forearm
3. 学会等名 2nd International Symposium on Hyper-Adaptability 2023 (国際学会)
4. 発表年 2023年



1. 発表者名 Seki K
2. 発表標題 Neural adaptation to a physically-modified body in non-human primates
3. 学会等名 2nd International Symposium on Hyper-Adaptability 2023 (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Seki K
2. 発表標題 Somatosensory gain modulation in primate hand movement
3. 学会等名 Sensorimotor circuits for limb control (招待講演)
4. 発表年 2024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 Kubota S, Sasaki C, Kikuta S, Oya T, 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 - Salk Institute for Biological Studies, (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Philipp R, Uchida N, Hara Y, Funato T, Seki K
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 Neuroscience 2022 (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 Neuroscience 2022 (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Kubota S, Sasaki C, Kikuta S, Oya T, Seki K
2. 発表標題 Gating of proprioceptive signals in the primate cuneate nucleus during voluntary hand movement
3. 学会等名 Neuroscience 2022 (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 関和彦
2. 発表標題 筋シナジー及びその制御の神経機構
3. 学会等名 第20回日本神経学療法学会学術大会 (招待講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 関和彦
2. 発表標題 パネルディスカッション3「骨を繋ぎ、稼働させる筋と腱を俯瞰する」
3. 学会等名 第40回日本骨代謝学会（招待講演）
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 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 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」
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	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	1st International Symposium on Hyper-Adaptability (国際学会)
4. 発表年	2021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	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 (招待講演)
4. 発表年	2020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（招待講演）
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（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 (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 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 (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

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