

令和 6 年 5 月 26 日現在

機関番号：14401

研究種目：若手研究

研究期間：2020～2023

課題番号：20K14693

研究課題名（和文）機能的電気刺激を用いて求めた運動モデルのヒト運動制御戦略理解への活用方法検討

研究課題名（英文）Explorer of the use of motor models obtained using functional electrical stimulation for understanding human motor control strategies

研究代表者

松居 和寛 (Kazuhiro, Matsui)

大阪大学・大学院基礎工学研究科・助教

研究者番号：00868870

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,300,000円

研究成果の概要（和文）：本研究課題は、電気刺激を用いて得られるヒトの運動モデルの利用方法を検討したものであり以下のような成果が得られた。1)運動モデルを筋電図駆動アバターの制御モデルに利用した新しいリハビリテーションを提案した。2)開発したアバターを用いてヒトの知覚特性を調べた。3)電気刺激により得られる運動モデルをサルコペニア等の疾患に利用できる可能性を示した。4)運動モデルに関する知覚特性調査として、触覚刺激の提示方法を検討し、触覚刺激がどう知覚に作用するかを調べた。5)干渉波刺激を用いない深部筋刺激手法を提案した。6)脊髄損傷患者を対象とした噛みしめ動作をインタフェースとした機能的電気刺激治療技術を開発した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究課題により得られた電気刺激を疾患の検査に使用するという知見は、今後運動モデルを新しいPersonal Health Recordsとして運動器ヒューマンデジタルツイン実現に活用するという試みにつながると考える。また得られた運動モデルをアバターに移植して体験するというメタバースにおける新しいリハビリテーションが提案できる。これらは、今後リハビリテーション(予防医学における三次予防)とヘルスケア(一次・二次予防)のシナジーを創出することにつながると考える。

研究成果の概要（英文）：In this research project, we investigated the use of human motor models obtained by electrical stimulation and obtained the following results: 1) We proposed a new rehabilitation method using motor models as a control model for EMG-driven avatars. 2) We investigated human perceptual characteristics using the developed avatar. 3) We showed the possibility of using motor models obtained by electrical stimulation for diseases such as sarcopenia. 4) As an investigation of the perceptual characteristics relate to the motion model, we investigated the method of presenting haptic stimuli and how haptic stimuli affect perception. 5) We proposed a deep muscle stimulation method without using interference wave stimulation. 6) We developed the clenching movement interface in spinal cord injury patients.

研究分野：リハビリテーション工学

キーワード：機能的電気刺激 内部モデル バイオフィードバック 筋電図 触覚提示 仮想現実/拡張現実 メタバース リハビリテーション

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、研究者個人に帰属します。

## 様式 C - 19、F - 19 - 1 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

ヒトの身体運動において、その冗長な自由度に対してヒトの中枢神経系がどのような戦略で運動指令を決定しているのか、という問いが存在する (ill-posed problem (Kurosawa K, et al, Trans. Reha. Eng., 2005)、あるいはベルンシュタイン問題(Bernstein NA, 1967))。このヒトの運動制御戦略を解明するためにこれまでも多くの研究が行われ、特にヒトの軌道生成時の筋活動や骨格運動のふるまいについて様々な報告がある。その中でもヒトがの運動コマンドとして生成する仮想軌道は、実際の軌道(実現軌道)に対して N 形に曲がっていることを明らかにした Gomi らの報告は有名である(Gomi H, Kawato M, Science, 1996)。またこの報告の中で、運動コマンドと同時に、運動中の関節剛性が調整されていることも示されている。

しかしながら、この実現軌道と運動コマンドを紐づける運動モデルは現在存在しない。また、運動モデルを得られたとして、運動中の関節剛性調整に伴い運動モデルを定義するパラメータは変化する(モードが変化する)と予想される。関節剛性の変化に伴い運動モデルのパラメータをどのように変更すべきか、も検討する必要がある。

そのために、本研究はヒトが軌道生成タスクを実現しようとする際の運動コマンド(Gomi らは平衡点をその指標としている)と実現軌道を結びつける運動モデル獲得を目指し、筋協調を考慮した機能的電気刺激(Functional electrical stimulation: FES)を用いる。

### 2. 研究の目的

以上を背景とし、運動モデル獲得を通じて以下の 3 点を達成することを研究開始当初の目的とした。

- 1) 運動モデルの利用可能性を拡大しヒトの運動制御研究を推進する一助にする
- 2) 運動モデルと脳機能との関連を見出しニューロリハビリテーションに応用していく
- 3) より高い治療効果が期待できる FES 治療を実現する

### 3. 研究の方法

それぞれの目的に対して以下のような手法で研究を進めた。

- 1) 運動モデルの利用可能性を拡大しヒトの運動制御研究を推進する一助にする
  - ・ 電氣的筋拮抗比 (EAA 比)、電氣的筋拮抗和 (EAA 和) という概念を FES に取り入れて運動モデルを導出し、得られる運動モデルの利用可能性を検討した。
- 2) 運動モデルと脳機能との関連を見出しニューロリハビリテーションに応用していく
  - ・ ニューロリハビリテーションへの応用として、得られた運動モデルを筋電図(EMG)駆動アバターの制御に活用し、仮想/拡張現実 (VR/AR) をプラットフォームとした EMG バイオフィードバック (EMG-BFB) システムを開発してリハビリテーションへの応用可能性を検討した。
  - ・ 治療効果を高めるために、運動モデルと関連した知覚特性への介入ができるよう触覚提示の導入も検討した。
- 3) より高い治療効果が期待できる FES 治療を実現する
  - ・ FES の適用範囲を拡大するため、電極の貼り付け位置、刺激方法を工夫することによる深部筋への刺激手法を検討した。
  - ・ 新たな FES 治療の可能性を探るため、噛みしめ動作をインタフェースとした FES を開発・評価した。

### 4. 研究成果

それぞれの目的に対して得られた成果を記載する。

- 1) 運動モデルの利用可能性を拡大しヒトの運動制御研究を推進する一助にする
  - ・ EAA 和によって、EAA 比に対する出力特性がどのように変化するかを調査し、運動モデルの精緻化を目指し、ヒト肘関節 1 自由度運動を対象に EAA 和や関節角度に依存した運動モデルの変化傾向の基礎的な知見を得た (国内発表 3 件、国際発表 2 件、国内出願 1 件)。

- ・ 簡便なモデル導出に関する検討を行い、手関節を対象を限定し、特定のEAA和におけるEAA比に対する手先力の応答特性を身体機能の検査(疾患の診断)に利用できる可能性を検討し、サルコペニアの診断に応用できる可能性を示した(図書1件,国際誌1件,国内発表1件)。
- ・ 対象疾患例として人工膝関節全置換術を挙げ、歩行と膝関節運動モデルとの関係を調査する足掛かりとするために、加速度センサによる歩行評価を進めた(国内誌3件,国内発表2件)。

## 2) 運動モデルと脳機能との関連を見出しニューロリハビリテーションに応用していく

- ・ EMG 駆動アバターを用いた EMG-BFB について、これまでロボットを用いて行われていた誤差強調療法に相当する誤差学習が生じる可能性を示した(国内誌1件,国内発表10件,国際発表1件,国内出願1件,外国出願1件)。
- ・ EMG 駆動アバターを用いて、「自身の実身体よりもはやく運動する身体」を体験した際の知覚特性について明らかにし、開発したアバターが認知科学実験において新たな実験パラダイムを提案できる可能性を示した(国際誌1件,国際発表1件)。
- ・ 知覚特性への介入として、触覚提示に関する研究を実施した。また仮想空間内でのタスク実行時に触覚フィードバックがあることで知覚特性が向上し、またフィードバックから離脱した際に効果が残存することを示した(国内誌1件,国内発表5件,国際発表1件)。

## 3) より高い治療効果が期待できる FES 治療を実現する

- ・ ヒト頸部を対象に、電極の貼り付け方法と刺激方法によって、従来の干渉波刺激手法とは異なる手法で深部筋を刺激することができることを示した(国内発表1件,国内出願1件,外国出願1件)。
- ・ 脊髄損傷患者を対象とした噛みしめ動作をインタフェースとした FES 治療技術を開発した(国際誌1件,国内発表1件)。

さらに今後の展望として、

- ・ 運動モデルを Personal Health Records として取得しそれを運動器ヒューマンデジタルツインとしてストレージする
  - ・ 治療に適した運動器ヒューマンデジタルツインをアバターに移植することで現在の自身とは異なる身体を体験しメタバース空間においてリハビリテーションが可能となる
- ということを目指し、リハビリテーション(予防医学における三次予防)とヘルスケア(一次・二次予防)のシナジーを創出するための新しい研究コンセプトを提案し、社会実装に向けて積極的に取り組んだ(図書1件,招待講演3件,イベント出展3件,受賞2件)。

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計8件（うち査読付論文 7件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 3件）

1. 著者名 松居 和寛, 濱 拓弥, 岡田 耕太郎, 平井 宏明, 西川 敦	4. 巻 144
2. 論文標題 ラップトップPCと振動子による自動ラバーハンド錯覚誘起に関する研究	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 電気学会論文誌C (電子・情報・システム部門誌)	6. 最初と最後の頁 459-160
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1541/ieejeiss.144.459	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 Ando Tetsuya, Okamoto Yuto, Matsui Kazuhiro, Atsumi Keita, Taniguchi Kazuhiro, Hirai Hiroaki, Nishikawa Atsushi	4. 巻 42
2. 論文標題 内部モデルの再学習を目的とした仮想現実空間における視覚的筋電図バイオフィードバックシステムの開発	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 Journal of the Robotics Society of Japan	6. 最初と最後の頁 283 ~ 286
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7210/jrsj.43.283	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 SUZUKI Yuya, MATSUI Kazuhiro, ATSUUMI Keita, TANIGUCHI Kazuhiro, HIRAI Hiroaki, NISHIKAWA Atsushi	4. 巻 13
2. 論文標題 Feasibility of Human Wrist-joint Neuromuscular System Identification Method Using Functional Electrical Stimulation in Clinical Examinations	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 Advanced Biomedical Engineering	6. 最初と最後の頁 205 ~ 213
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.14326/abe.13.205	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 Okamoto Yuto, Matsui Kazuhiro, Ando Tetsuya, Atsumi Keita, Taniguchi Kazuhiro, Hirai Hiroaki, Nishikawa Atsushi	4. 巻 10
2. 論文標題 Pilot study of the relation between various dynamics of avatar experience and perceptual characteristics	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 PeerJ Computer Science	6. 最初と最後の頁 e2042 ~ e2042
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7717/peerj-cs.2042	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 大西邦博, 松居和寛, 岩城啓好	4. 巻 45
2. 論文標題 変形性膝関節症患者における歩行再現性と身体機能の関連性	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 臨床バイオメカニクス	6. 最初と最後の頁 TBD
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	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 大西邦博, 松居和寛, 秋本剛, 河村顕治	4. 巻 44
2. 論文標題 人工膝関節全置換術患者の杖歩行自立日数には年齢および術前の歩行変動性に関連性がある	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 臨床バイオメカニクス	6. 最初と最後の頁 135-140
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	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 -

1. 著者名 大西邦博, 松居和寛, 秋本剛, 河村顕治	4. 巻 43
2. 論文標題 3軸加速度計による術後2週までの人工膝関節全置換術患者の体幹動揺性と運動機能の縦断調査	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 臨床バイオメカニクス	6. 最初と最後の頁 155-161
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	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 Matsui Kazuhiro, Suzuki Yuya, Atsumi Keita, Nagai Miwa, Ohno Shotaro, Hirai Hiroaki, Nishikawa Atsushi, Taniguchi Kazuhiro	4. 巻 22
2. 論文標題 Earable (OMEGA): A Novel Clenching Interface Using Ear Canal Sensing for Human Metacarpophalangeal Joint Control by Functional Electrical Stimulation	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Sensors	6. 最初と最後の頁 7412 ~ 7412
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/s22197412	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31件（うち招待講演 3件 / うち国際学会 5件）

1. 発表者名 松居 和寛, 安藤 哲也, 岡本 湧人, 平井 宏明, 西川 敦
2. 発表標題 誤差学習を目的とした筋電図操作一人称アバターの開発
3. 学会等名 第28回日本基礎理学療法学会学術大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 大西邦博, 松居和寛, 中谷亮誠, 岩城啓好, 河村顕治
2. 発表標題 変形性膝関節症患者における歩行再現性と身体機能の関連性
3. 学会等名 第50回日本臨床バイオメカニクス学会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 岡田耕太郎, 松居和寛, 厚海慶太, 谷口和弘, 平井宏明, 西川敦
2. 発表標題 仮想空間における空間知覚の研究 二種のディスプレイの比較と触覚フィードバックによる介入効果の検証
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 松居和寛, 安藤哲也, 岡本湧人, 平井宏明, 西川敦
2. 発表標題 筋電図インタフェース一人称アバター体験を用いたニューロリハビリテーションの提案
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 松居和寛, 安藤哲也, 岡本湧人, 平井宏明, 西川敦
2. 発表標題 筋電図操作一人称アバター体験による誤差学習におけるアフターエフェクト
3. 学会等名 第21回日本神経理学療法学会学術大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 鈴木雄也, 松居和寛, 厚海慶太, 谷口和弘, 平井宏明, 西川敦
2. 発表標題 Feasibility of human wrist-joint neuromuscular system identification method using functional electrical stimulation in clinical examinations
3. 学会等名 生体医工学シンポジウム2023
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 岡田 耕太郎, 松居 和寛, 厚海 慶太, 谷口 和弘, 平井 宏明, 西川 敦
2. 発表標題 ディスプレイを介した仮想空間における空間知覚の研究 触覚フィードバックによる空間知覚への介入効果の検証
3. 学会等名 ロボティクス・メカトロニクス講演会2023
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 松居 和寛, 濱 拓弥, 岡田 耕太郎, 平井 宏明, 西川 敦
2. 発表標題 振動子とラップトップ PC を用いた自動ラバーハンド錯覚誘起システムの開発と評価
3. 学会等名 第62回日本生体医工学会大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名	Yuto Okamoto, Kazuhiro Matsui, Tetsuya Ando, Keita Atsumi, Kazuhiro Taniguchi, Hiroaki Hirai, Atsushi Nishikawa
2. 発表標題	Relation between delay and sense of agency related to avatar experience using arbitrary dynamics
3. 学会等名	EMBC2023, 45th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (国際学会)
4. 発表年	2023年

1. 発表者名	Tetsuya Ando, Yuto Okamoto, Kazuhiro Matsui, Keita Atsumi, Kazuhiro Taniguchi, Hiroaki Hirai, Atsushi Nishikawa
2. 発表標題	Visual EMG Biofeedback System in a Virtual Reality Space for Relearning Internal Models -Case Studies Focusing on Equilibrium Point Velocity
3. 学会等名	SII2023, 2023 IEEE/SICE International Symposium on System Integrations (国際学会)
4. 発表年	2022年～2023年

1. 発表者名	Iori Kikuchi, Kazuhiro Matsui, Keita Atsumi, Kazuhiro Taniguchi, Hiroaki Hirai, Atsushi Nishikawa
2. 発表標題	Study of Pseudo-Haptics Mathematical Modeling
3. 学会等名	SII2023, 2023 IEEE/SICE International Symposium on System Integrations (国際学会)
4. 発表年	2022年～2023年

1. 発表者名	松居和寛
2. 発表標題	メタバースにおけるニューロリハビリテーション
3. 学会等名	第2回 Laboratory of NeuroPhysiotherapy オープンセミナー (招待講演)
4. 発表年	2022年～2023年

1. 発表者名 大西邦博, 松居和寛, 石田徳磨, 河村顕治
2. 発表標題 人工関節膝関節全置換術患者の杖歩行自立日数は術前の歩行変動性、心理社会的要因、運動機能のどれに關与するのか？
3. 学会等名 第49回日本臨床バイオメカニクス学会
4. 発表年 2022年～2023年

1. 発表者名 松居和寛, 安藤哲也, 岡本湧人, 平井宏明, 西川敦
2. 発表標題 内部モデルの再学習を目的とした VR による EMG-BFB- プロトタイプによる健常者での筋電図学的検討 -
3. 学会等名 第20回日本神経理学療法学会学術大会
4. 発表年 2022年～2023年

1. 発表者名 松居和寛
2. 発表標題 リハビリテーションとヘルスケア, リハビリテーションとメタパース
3. 学会等名 第101回バイオメクフォーラム21 (招待講演)
4. 発表年 2022年～2023年

1. 発表者名 安藤哲也, 岡本湧人, 松居和寛, 厚海慶太, 谷口和弘, 平井宏明, 西川敦
2. 発表標題 内部モデルの再学習を目的とした仮想現実空間における視覚的筋電図バイオフィードバックシステムの開発 プロトタイプを用いた健常者におけるケーススタディ
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～2023年

1. 発表者名 岡本湧人, 安藤哲也, 松居和寛, 厚海慶太, 谷口和弘, 平井宏明, 西川敦
2. 発表標題 内部モデルの再学習を目的とした仮想現実空間における視覚的筋電図バイオフィードバックシステムの開発 ヒト肘関節運動における平衡点の挙動に与える影響の検討
3. 学会等名 第61回日本生体医工学会大会
4. 発表年 2022年～2023年

1. 発表者名 菊池伊於里, 松居和寛, 厚海慶太, 谷口和弘, 平井宏明, 西川敦
2. 発表標題 頭部前方位姿勢の予防および改善を目的とした電気刺激システムの開発 頸部深部筋選択刺激手法の開発と制御法の比較検討
3. 学会等名 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会2022
4. 発表年 2022年～2023年

1. 発表者名 安藤哲也, 岡本湧人, 松居和寛, 厚海慶太, 谷口和弘, 平井宏明, 西川敦
2. 発表標題 内部モデルの再学習を目的とした仮想現実空間における視覚的筋電図バイオフィードバックシステムの開発 ヒト肘関節剛性に与える影響の検討
3. 学会等名 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会2022
4. 発表年 2022年～2023年

1. 発表者名 松居和寛, 平井宏明, 西川敦
2. 発表標題 機能的電気刺激により取得したヒト肘関節運動モデルを用いた筋電図による運動予測手法の検討
3. 学会等名 第60回日本生体医工学会大会
4. 発表年 2021年～2022年

1. 発表者名 松居 和寛, 安藤 哲也, Gong Shuogang, 永井 美和, 平井 宏明, 西川 敦
2. 発表標題 筋協調を考慮した筋電図バイオフィードバックシステムの連続的な入力における角度計算精度検証
3. 学会等名 第10回日本支援工理学療法学会 2021年12月4日
4. 発表年 2021年～2022年

1. 発表者名 松居 和寛, 安藤 哲也, Gong Shuogang, 永井 美和, 平井 宏明, 西川 敦
2. 発表標題 内部モデルの再学習を目的としたモデルベースの筋電図バイオフィードバックシステムに関する提案
3. 学会等名 第19回日本神経理学療法学会学術大会
4. 発表年 2021年～2022年

1. 発表者名 松居和寛
2. 発表標題 表面筋電図および機能的電気刺激を用いた新しいバイオフィードバックシステムの研究
3. 学会等名 第6回 大阪大学豊中地区研究交流会 (招待講演)
4. 発表年 2021年～2022年

1. 発表者名 奥野真輝, 松居和寛, 下城拓真, 厚海慶太, 谷口和弘, 平井宏明, 西川敦
2. 発表標題 二次元視覚情報下でのヒトの奥行き知覚能力の分析と触覚フィードバックの意義
3. 学会等名 第39回日本ロボット学会学術講演会
4. 発表年 2021年～2022年

1. 発表者名 Miwa Nagai, Kazuhiro Matsui, Keita Atsumi, Kazuhiro Taniguchi, Hiroaki Hirai, Atsushi Nishikawa.
2. 発表標題 Identification of Metacarpophalangeal Joint Movement Model Using Functional Electrical Stimulation Based on Muscle Synergy Hypothesis---Confirmation of the Three Models of Finger Movement
3. 学会等名 EMBC2020, 42nd Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Shuogang Gong, Kazuhiro Matsui, Ryunosuke Fukui, Hiroaki Hirai, Atsushi Nishikawa
2. 発表標題 Modeling and Stiffness Control of Elbow Joint Movement Using Functional Electrical Stimulation
3. 学会等名 EMBC2020, 42nd Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 永井美和, 松居和寛, 厚海慶太, 谷口和弘, 平井宏明, 西川敦
2. 発表標題 協調的な機能的電気刺激を用いた中手指節関節運動のモデル化
3. 学会等名 第26回ロボティクスシンポジウム
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 下城拓真, 松居和寛, 厚海慶太, 谷口和弘, 平井宏明, 西川敦
2. 発表標題 ヒトの指腹部へ触覚提示を行うデバイスの開発と知覚の定量化
3. 学会等名 第38回日本ロボット学会学術講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 永井美和, 松居和寛, 厚海慶太, 谷口和弘, 平井宏明, 西川敦
2. 発表標題 筋シナジーに基づく機能的電気刺激を用いた中手指節関節運動のモデル化
3. 学会等名 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会2020
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 大野正太郎, 松居和寛, 谷口和弘, 厚海慶太, 永井美和, 平井宏明, 西川敦
2. 発表標題 嘔みしめ動作をインタフェースに用いた機能的電気刺激によるヒト手指関節制御の検討
3. 学会等名 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会2020
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 松居和寛, 福井隆之介, Shuogang Gong, 平井宏明, 西川敦
2. 発表標題 機能的電気刺激 (FES) を用いたヒト関節剛性制御の姿勢依存性の検討
3. 学会等名 第59回日本生体医工学会大会, 2020年5月25-27日
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計2件

1. 著者名 松居 和寛, 井上 達朗	4. 発行年 2024年
2. 出版社 日本医事新報社	5. 総ページ数 380
3. 書名 フレイル・ロコモのグランドデザイン	

1. 著者名 松居 和寛	4. 発行年 2023年
2. 出版社 一般社団法人システム制御情報学会	5. 総ページ数 28
3. 書名 「ヘルスケア・リハビリテーションにおけるセンシング技術およびデータ活用」特集号	

〔出願〕 計5件

産業財産権の名称 ダイナミクス測定装置	発明者 松居和寛, 鈴木雄也, ゴン シュオガン	権利者 大阪大学
産業財産権の種類、番号 特許、特願2023-196677	出願年 2023年	国内・外国の別 国内

産業財産権の名称 深部筋選択刺激を可能とする電気刺激手法	発明者 松居和寛, 西川敦, 厚海慶太, 菊池伊於里	権利者 大阪大学
産業財産権の種類、番号 特許、特願2022-087334	出願年 2022年	国内・外国の別 国内

産業財産権の名称 電気刺激装置及び電気刺激方法	発明者 松居和寛	権利者 大阪大学
産業財産権の種類、番号 特許、PCT/JP2022/4796	出願年 2022年	国内・外国の別 外国

産業財産権の名称 電気刺激装置及び電気刺激方法	発明者 松居和寛	権利者 大阪大学
産業財産権の種類、番号 特許、特願2021-36935	出願年 2021年	国内・外国の別 国内

産業財産権の名称 深部筋選択刺激を可能とする電気刺激手法	発明者 松居和寛, 西川敦, 厚海慶太, 菊池伊於里	権利者 大阪大学
産業財産権の種類、番号 特許、PCT/JP2023/ 17839	出願年 2023年	国内・外国の別 外国

〔取得〕 計0件

〔その他〕

大阪大学大学院基礎工学研究科 身体運動制御学グループ 西川研究室 <a href="http://hmc.me.es.osaka-u.ac.jp/">http://hmc.me.es.osaka-u.ac.jp/</a>
---

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