

令和 7 年 6 月 5 日現在

機関番号：32692

研究種目：基盤研究(B)（一般）

研究期間：2022～2024

課題番号：22H03998・23K25252

研究課題名（和文）筋シナジー解析に基づき随意運動を促すリズミカル正常歩行のためのリハビリ方策の提案

研究課題名（英文）Proposal of rehabilitation strategy for rhythmic normal gait to promote voluntary movement based on muscle synergy analysis

研究代表者

しゃ 錦華 (She, Jinhua)

東京工科大学・工学部・教授

研究者番号：10257264

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 11,700,000 円

研究成果の概要（和文）：本研究は、脳卒中後片麻痺患者を対象としたリズミカルな正常歩行のためのリハビリ方法を考究した。まず、健常者と患者の歩行とペダリング実験を行い、それぞれの運動パターンを取得し、運動データと表面筋電データを融合した下肢活動のモデリングを行った。次に、ペダリング運動用下肢リハビリーション機器の開発を行い、ペダリング運動における表面筋電信号高精度抽出法も併せて提案し、筋シナジーのリハビリへの応用に関して検討した。一方、制御理論の立場から、等価入力外乱手法を発展させ各種外乱の推定・抑制の性能向上を図り、繰返し制御を空間領域に拡張し、ペダリング運動制御に直接対応できるようにした。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究では、各種工学技術を導入し下肢動作における筋活動の検討を行った。筋シナジーを表現する筋骨格シミュレーターにより解析し、それを基に制御理論をリハビリ方策に導入して感覚運動協調訓練を効果的に行なった。学術的意義として、ヒトの運動制御メカニズムの理解を深め、人間と機械のインタラクションを促進し、ロボットによる定量的かつ再現性の高いデータが収集可能になり、臨床研究の精度を向上させることができた。また、繰返し制御やアクティブ外乱抑制などの制御理論の研究促進と応用分野の拡大につながった。社会的意義として、理学療法士の負担低減、在宅・遠隔リハビリの実現、健康寿命の延伸と医療費削減に寄与することができた。

研究成果の概要（英文）：This study devised rehabilitation methods for rhythmic normal gait in post-stroke hemiplegic patients. First, we conducted walking and pedaling experiments on normal subjects and patients to obtain their respective movement patterns, and modeled lower limb activity by fusing the movement data with surface electromyography data. Next, we developed a lower limb rehabilitation device for pedaling exercise and presented a high-precision extraction method of surface electromyography signals during pedaling exercise, and discussed the application to muscle synergy to rehabilitation. On the other hand, from the standpoint of control theory, we improved the equivalent-input-disturbance approach to enhance the performance of estimation and suppression of various disturbances, and extended the repetitive control to the spatial domain so that it can be directly applied to pedaling motion control.

研究分野：リハビリロボット

キーワード：筋シナジー 隨意運動 ペダリング 歩行パターン sEMG（表面筋電） 筋骨格モデル 等価入力外乱 手法 繰返し制御

様式 C-19、F-19-1（共通）

1. 研究開始当初の背景

歩行機能は日常生活で欠かせない重要な機能である。歩行機能回復または維持のために、患者の様々な下肢関節障害に適切に対処するリハビリを行う必要がある。本研究グループは、福祉・介護現場の研究においてリハビリ歩行訓練の解析と関連装置の開発を行ってきた。その中、歩行運動とペダリング運動の筋シナジー類似性を検証し、安全性が高く患者自身が行いやすい座位のペダリング運動を患者個々人の身体条件に上手く適合することが出来れば、歩行時に必要な筋肉機能を効果的に鍛えることが可能であることに気づき、今まで検討されていなかった以下の問題

- 正常歩行に相当する座位のペダリング運動における下肢動作と筋活動の表現の在り方とはなにか。
- 患者の歩行パターンを健常者のものに近づくために、どのようなリハビリ方策を設計すればよいか。
- そのリハビリ方策を実現するロボットとその制御はどのようにすればよいか。

を解決するため、本研究をスタートした。

2. 研究の目的

本研究は、脳卒中後片麻痺患者を対象としたリズミカルな正常歩行のためのリハビリ方法を考究する。リハビリでは予め設定される正常歩行における下肢動作に対応する筋活動の規範パターンと患者の歩行パターンとの差分を解消するリハビリ方法が施される。本研究は、効果的なリハビリの設計が可能となるよう、この差分を研究代表者が考案した筋シナジー解析法を用いた筋骨格モデルで表現することで定量的分析が可能とする方法を提案する。次に、この差分をリハビリ過程で低減する方法として、座位のペダリング訓練を導入し、このペダリングの支援力/負荷の可変制御機構に研究代表者が考案した繰返し制御理論を導入し、下肢のアンバランスのある患者があたかもリズミカルペダリングを行っているとの疑似感覚を覚えさせることにより、リハビリで重要な随意運動を効果的に引き出す方法を導入する。さらに、歩行とペダリング実験により提案手法の有効性を検証する。

3. 研究の方法

本研究の目的を達成するために、以下のように研究を行った。

- 座位ペダリングのリハビリモデルの構築 計測した表面筋電(sEMG)より筋シナジーを解析し、さらに、筋シナジーと運動データを融合して、個々人の身体能力と訓練動作パターンとの関係をモデリングし、その関係を明らかにした。
- ペダリング運動用下肢リハビリテーション機器を開発し、ペダリング運動のリアルタイム制御系を構築した。
- 筋骨格系シミュレーターを開発し、先に確立したモデルを用いて、リハビリのための回転型ペダリング運動における筋シナジーを解析し、歩行運動の筋シナジーに近づけるペダリングの運動負荷の印加法を検討した。
- 実験結果を基に、ペダリング運動による脳卒中患者の歩行回復訓練における筋シナジーを分析し、異常な歩行パターンを認識し、sEMG信号に基づき特徴の解釈可能性を分析した。
- 繰返し制御理論を空間領域に拡張し、高精度のペダリング運動制御を実現した。
- 等価入力外乱手法を非線形システムに拡張し、人間・機械システムに対応できるようにし、ペダリング運動時に生じる各種非線形特性、モデリング誤差と外乱を抑え、システムのロバスト性を向上した。
- 得られた成果を拡張し、手首振戦抑制可能な外骨格の人間-ロボット相互作用制御装置を試作した。

4. 研究成果

本研究は、国際専門誌に論文22本を掲載し、国際・国内会議で36件発表し、図書2冊および図書の章節3件を出版した。その中、国際会議で、2022年に CLAWAR Association the 1st Prize Paper Award, 2023年に Highly Commended Paper of Industrial Robot and CLAWAR2023, 2024年に Best paper presentation

ex aequo for Track 8 at HSI2024 と CLAWAR Association Best Technical Paper Award, Session Best Presentation Award of ISCIIA & ITCA 2024 と Young Research Award of ISCIIA & ITCA 2024, および Best Student Paper Award of IEEE CyberSciTech 2024 を受賞した。

(1) 生体信号処理とそれを用いた運動機能のモデリングについて

表面筋電図 (sEMG) 信号は微弱な非定常電気信号であり、筋活動を調べることができる。しかし、sEMG 信号にベースラインノイズ、運動アーチファクト、電力線干渉や、その他多くの種類のノイズが混在している。その信号の前処理は非常に重要である。我々は、適応ノイズを用いた相補的アンサンブル経験的モード分解 (combination of complementary ensemble empirical mode decomposition with adaptive noise, CEEMDAN) と区間全変動 (interval total variation, ITV) を組み合わせて sEMG 信号のノイズ除去性能を改善した。

また、XGBoost という強力な機械学習アルゴリズムを用いて膝周囲の筋肉の sEMG 信号を分類し、変形性膝関節症患者を健常者との区別を行い、サポートベクターマシンおよびディープニューラルネットワークに比べて、高い精度と優れた分類性能を持つことを検証した。

さらに、sEMG 信号と運動信号を融合して、下肢ペダリング踏力を推定するニューラルネットワークモデルの作成に成功した（図 1）。このモデルはペダリング制御に重要な意味を持っている。

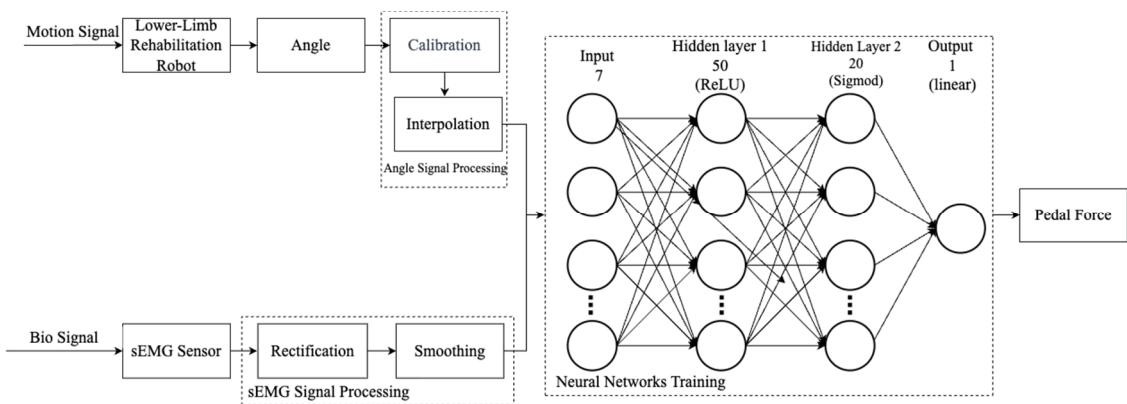


図 1 踏力推定モデル

(2) 制御手法の研究について

リハビリテーションの効率向上と安全性確保を実現するために、研究代表者の提案した「等価入力外乱」手法と「繰返し制御」をペダリング運動に拡張した。具体的に、一般化拡張状態推定器と比較することにより、等価入力外乱手法の特徴を明かにした。さらに、等価入力外乱手法の推定誤差原因を分析し、それを有限時間制御や計測ノイズ存在時の外乱抑制を実現した。一方、外乱抑制性能を高めるために、パラレル等価入力外乱推定器、積分器チェーンやスライディングモードを融合した制御性能向上を図った。また、この手法を離散時間システムおよび特異システムにも拡張した。ペダリング運動は空間で行うことに注目し、従来の時間領域における繰返し制御をペダル角度に関する空間領域に拡張し、空間領域におけるシステム設計法を確立した。これらの研究により、従来の時間領域に行ってきたペダリング制御は、空間領域で実現し、個々人の状況と環境に臨機応変に対応可能かつリハビリテーション効率の大幅向上などが実現できる新しいリハビリテーション制御系の構築が可能となった。

(3) 下肢リハビリテーションシステムについて

利用者の身体状況に適応するために、左右独立の回転ペダル機構を開発した（図 2）。筋シナジーと余弦類似度を用いて歩行とペダリング運動（図 3）の類似性を評価し、実験結果を用いて歩行リハビリテーションにおけるペダリング運動の有効性を明らかにした。また、ペダリング運動が歩行への類似性をさらに向上させるために、フーリエ級数を用いてペダル負荷と回転角度の関係を初めて提案した。実験結果から、一定のペダル負荷に比べて、本研究で提案した可変負荷は、リハビリテーション効率を向上させる可能性があることが明らかになった。この下肢リハビリテーションシステムは、従来のものと違い、左右が独立しており、様々な患者に対応できる。また、ペダル負荷はペダル

の回転角度に応じて可変であり、それぞれの角度に応じて対応する歩行筋を効率よく鍛えることができるという、現在の下肢リハビリテーションシステムにはない大きな特徴を持っている。

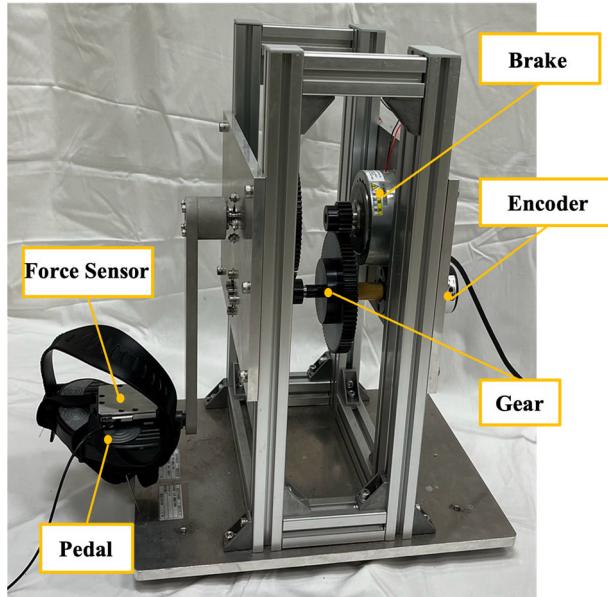


図2 下肢リハビリテーション片足モデル



図3 ペダリング実験

(4) 上肢振戦抑制システムについて

上肢振戦は、患者の日常生活や社会生活に支障をきたす場合がある。その治療は主に薬物療法と外科治療が挙げられている。しかし、薬物療法では副作用があり、外科手術は高額の上に危険性もある。本研究では、適応フィルターと等価入力外乱手法を用いて患者の随意動作と振戦を分離することに成功した。振戦抑制手首外骨格実験装置を（図4）試作し、リハビリ現場での臨床実験で7割以上の振戦抑制効果が得られた（一例を図5に示す）。これにより、従来にない上肢振戦抑制システムが開発された。

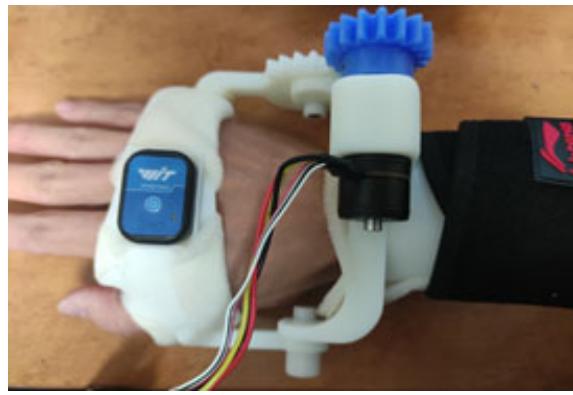
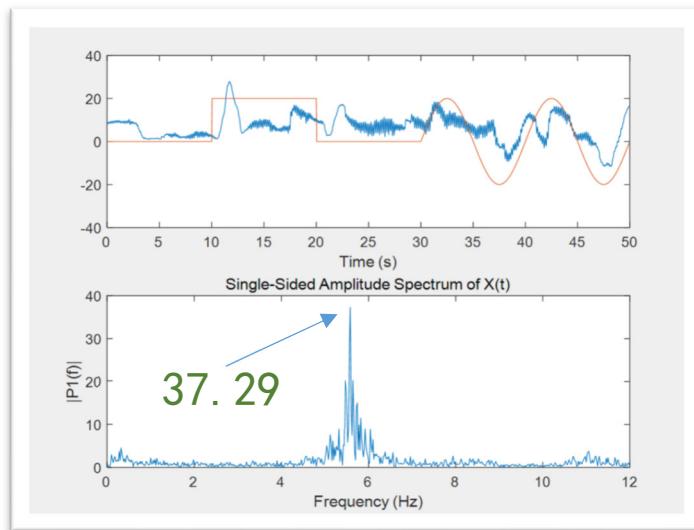
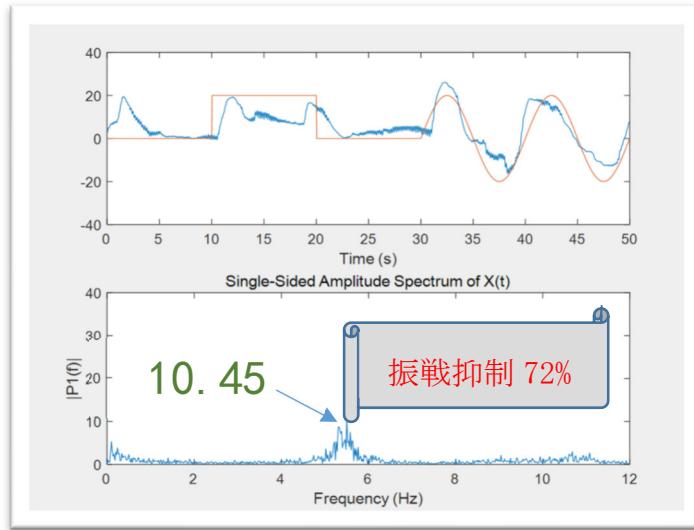


図4 試作した上肢振戻抑制システム



(a)



(b)

図5 振戻抑制実験 (a) 実験装置装着前, (b) 実験装置装着後

5. 主な発表論文等

[雑誌論文] 計22件 (うち査読付論文 21件 / うち国際共著 21件 / うちオープンアクセス 3件)

1. 著者名 Zhao Juan, She Jinhua, Wang Dianhong, Wang Feng	4. 卷 26
2. 論文標題 Extreme Gradient Boosting for Surface Electromyography Classification on Time-Domain Features	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of Advanced Computational Intelligence and Intelligent Informatics	6. 最初と最後の頁 722 ~ 730
掲載論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子) 10.37965/jait.2022.0121	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 Chugo Daisuke, Muramatsu Satoshi, Yokota Sho, She Jin-Hua, Hashimoto Hiroshi	4. 卷 2
2. 論文標題 Stand-Up Assistive Devices Allowing Patients to Perform Voluntary Movements Within the Safety Movement Tolerance	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of Artificial Intelligence and Technology	6. 最初と最後の頁 164-173
掲載論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s00034-022-02108-1	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 Zong Xiaofeng, Wang Feng, She Jinhua, Zhao Juan	4. 卷 41
2. 論文標題 Denoising Method for Surface Electromyography Signals Combining CEEMDAN and Interval Total Variation	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Circuits, Systems, and Signal Processing	6. 最初と最後の頁 6493 ~ 6512
掲載論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.isatra.2022.05.030	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 Yin Xiang, Shi Yuntao, She Jinhua, Zhang Ying	4. 卷 131
2. 論文標題 Designing low-pass filter in equivalent-input-disturbance compensator for improving disturbance-rejection performance	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 ISA Transactions	6. 最初と最後の頁 339 ~ 348
掲載論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/TIE.2022.3169843	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 Mei Qicheng、She Jinhua、Wang Feng、Nakanishi Yosuke	4.巻 70
2.論文標題 Disturbance Rejection and Control System Design Based on an Improved Equivalent-Input-Disturbance Approach	5.発行年 2023年
3.雑誌名 IEEE Transactions on Industrial Electronics	6.最初と最後の頁 2876 ~ 2886
掲載論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/TIE.2022.3169843	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 She Jinhua、Miyamoto Kou、Han Qing-Long、Wu Min、Hashimoto Hiroshi、Wang Qing-Guo	4.巻 10
2.論文標題 Generalized-Extended-State-Observer and Equivalent-Input-Disturbance Methods for Active Disturbance Rejection: Deep Observation and Comparison	5.発行年 2023年
3.雑誌名 IEEE/CAA Journal of Automatica Sinica	6.最初と最後の頁 957 ~ 968
掲載論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/JAS.2022.105929	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 Xie Mingyuan、She Jinhua、Liu Zhen-Tao、Yang Zhaozui	4.巻 27
2.論文標題 A Real-Time Voluntary Motion Extraction Method Based on an Adaptive Filter	5.発行年 2023年
3.雑誌名 Journal of Advanced Computational Intelligence and Intelligent Informatics	6.最初と最後の頁 372 ~ 377
掲載論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子) 10.20965/jaciii.2023.p0372	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 Mei Qicheng、She Jinhua、Wang Feng、Wu Min、Wang Qing-Guo、Nakanishi Yosuke	4.巻 28
2.論文標題 Performance Enhancement for an Equivalent-Input-Disturbance-Based Control System Using a Sliding-Mode Controller	5.発行年 2023年
3.雑誌名 IEEE/ASME Transactions on Mechatronics	6.最初と最後の頁 1456 ~ 1465
掲載論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/TMECH.2022.3226445	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 Yin Xiang、She Jinhua、Liu Zhen-Tao、Xiong Yonghua	4.巻 53
2.論文標題 Disturbance Suppression and System Design Based on Parallel-Equivalent-Input-Disturbance Approach	5.発行年 2023年
3.雑誌名 IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics: Systems	6.最初と最後の頁 3654 ~ 3665
掲載論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/TSMC.2022.3229713	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 Ao Xiaohu、Wang Feng、Wang Rennong、She Jinhua	4.巻 3
2.論文標題 Muscle synergy analysis for gesture recognition based on sEMG images and Shapley value	5.発行年 2023年
3.雑誌名 Intelligence & Robotics	6.最初と最後の頁 495 ~ 513
掲載論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子) 10.20517/ir.2023.28	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 該当する

1.著者名 Gao Fang、Chen Wenbin、Wu Min、She Jinhua	4.巻 20
2.論文標題 Output-Feedback Control in Nonlinear Singular Systems With Exogenous Disturbance Based on State Decomposition Technique	5.発行年 2024年
3.雑誌名 IEEE Transactions on Industrial Informatics	6.最初と最後の頁 1952 ~ 1962
掲載論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/TII.2023.3283543	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 Yin Xiang、Shi Yuntao、She Jinhua、Wang Hanping	4.巻 54
2.論文標題 Equivalent Input Disturbance-Based Control: Analysis, Development, and Applications	5.発行年 2024年
3.雑誌名 IEEE Transactions on Cybernetics	6.最初と最後の頁 2654 ~ 2667
掲載論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/TCYB.2023.3306879	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 Wang Zewen、She Jinhua、Wang Feng、Zhao Juan、Sato Daiki	4.巻 29
2.論文標題 Further Result on Reducing Disturbance-Compensation Error of Equivalent-Input-Disturbance Approach	5.発行年 2024年
3.雑誌名 IEEE/ASME Transactions on Mechatronics	6.最初と最後の頁 1385～1396
掲載論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/TMECH.2023.3303029	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 Kuroda Shigeki、She Jinhua、Nakamuro Sota、Wang Rennong、Chugo Daisuke、Ishiguro Keio、Sakai Hironi、Hashimoto Hiroshi	4.巻 28
2.論文標題 Selecting Pedal Load for Lower-Limb Rehabilitation Based on the Combination of Muscle Synergy and Fourier Series	5.発行年 2024年
3.雑誌名 Journal of Advanced Computational Intelligence and Intelligent Informatics	6.最初と最後の頁 595～605
掲載論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子) 10.20965/jaciii.2024.p0595	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 Xie Mingyuan、She Jinhua、Liu Zhen-Tao、Li Dan-Yun	4.巻 71
2.論文標題 Online Estimation of Moment of Inertia Incorporating Disturbance Estimation	5.発行年 2024年
3.雑誌名 IEEE Transactions on Industrial Electronics	6.最初と最後の頁 7610～7620
掲載論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/TIE.2023.3314912	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 Yin Xiang、Shi Yuntao、She Jinhua、Mei Qicheng、Zhou Lan	4.巻 71
2.論文標題 Improving Equivalent-Input-Disturbance Approach via Modifying a Disturbance-Estimation Algorithm	5.発行年 2024年
3.雑誌名 IEEE Transactions on Industrial Electronics	6.最初と最後の頁 11283～11293
掲載論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/TIE.2023.3329201	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 Xie Mingyuan、She Jinhua、Liu Zhen-Tao、Yang Zhaohui、Sato Daiki	4.巻 29
2.論文標題 A Tremor-Suppressing Strategy Based on the Equivalent-Input-Disturbance Approach	5.発行年 2024年
3.雑誌名 IEEE/ASME Transactions on Mechatronics	6.最初と最後の頁 3971 ~ 3980
掲載論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/TMECH.2024.3375911	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 Mei Qicheng、She Jinhua、Long Fei、Shen Yanjun	4.巻 71
2.論文標題 Performance Enhancement for Systems With Disturbances and Measurement Noise by Modified Equivalent-Input-Disturbance Approach	5.発行年 2024年
3.雑誌名 IEEE Transactions on Industrial Electronics	6.最初と最後の頁 14516 ~ 14525
掲載論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/TIE.2024.3376789	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 Xie Mingyuan、She Jinhua、Liu Zhen-Tao、Sato Daiki、Kawata Seiichi	4.巻 21
2.論文標題 A Discrete-Time Equivalent-Input-Disturbance Approach Based on Joint Minimum-Variance Unbiased Disturbance and State Estimation	5.発行年 2025年
3.雑誌名 IEEE Transactions on Industrial Informatics	6.最初と最後の頁 1843 ~ 1852
掲載論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/TII.2024.3488794	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 Wang Zewen、She Jinhua、Sato Daiki、Kawata Seiichi	4.巻 21
2.論文標題 Robust Disturbance-Rejection Design for Systems With Uncertainties, Disturbances, and Noise	5.発行年 2025年
3.雑誌名 IEEE Transactions on Industrial Informatics	6.最初と最後の頁 2134 ~ 2143
掲載論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/TII.2024.3495754	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 Jiang Ruoyu, She Jinhua, Yin Xiang, Wu Lulu, Wang Feng, Kawata Seiichi	4. 卷 147
2. 論文標題 Vibration Suppression Based on Improved Adaptive Optimal Arbitrary-Time-Delay Input Shaping	5. 発行年 2025年
3. 雑誌名 Journal of Dynamic Systems, Measurement, and Control	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) 10.1115/1.4067652	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 Wang Hantao, She Jinhua, Wang He, Kawata Seiichi, Iwasaki Makoto	4. 卷 72
2. 論文標題 Disturbance Rejection and Performance Improvement for Control Systems Using a Finite-Time Equivalent-Input-Disturbance Approach	5. 発行年 2025年
3. 雑誌名 IEEE Transactions on Industrial Electronics	6. 最初と最後の頁 5365 ~ 5375
掲載論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/TIE.2024.3472309	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

[学会発表] 計38件 (うち招待講演 2件 / うち国際学会 36件)

1. 発表者名 Qicheng Mei, Jinhua She, and Yosuke Nakanish
2. 発表標題 Design of an Anti-Windup Equivalent-Input-Disturbance-Approach-Based Control System
3. 学会等名 The 17th IEEE Conference on Industrial Electronics and Applications (ICIEA 2022) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Shigeki Kuroda, Jinhua She, Daisuke Chugo, Keio Ishiguro, Hiromi Sakai, and Hiroshi Hashimoto
2. 発表標題 Muscle Synergy Analysis of Rehabilitation Equipment for Lower-Limb Rotational Pedaling
3. 学会等名 Proceedings of the Fourteenth Japan-China International Workshop on Information Technology and Control Applications (ITCA2022) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1 . 発表者名 Mingyuan Xie, Zhen-Tao Liu, Zhao-hui Yang, and Jinhua She
2 . 発表標題 Real-time Voluntary Motion Extraction Using an Adaptive Filter for a Wrist Tremor Suppression Exoskeleton
3 . 学会等名 Proceedings of the Fourteenth Japan-China International Workshop on Information Technology and Control Applications (ITCA2022) (国際学会)
4 . 発表年 2022年

1 . 発表者名 Daisuke Chugo, Yuya Miyazaki, Satoshi Muramatsu, Sho Yokota, Jin-Hua She, and Hiroshi Hashimoto
2 . 発表標題 Human models simulating the physical conditions of the elderly individual and standing assistance method based on these models
3 . 学会等名 The 25th the International Conference on Climbing and Walking Robots and the Support Technologies (CLAWAR2022) (CLAWAR Association the 1st Prize Paper Award) (国際学会)
4 . 発表年 2022年

1 . 発表者名 Qicheng Mei, Jinhua She, Feng Wang, and Qing-Guo Wang
2 . 発表標題 High-order Equivalent-Input-Disturbance Approach
3 . 学会等名 The 41st Chinese Control Conference (CCC 2022) (国際学会)
4 . 発表年 2022年

1 . 発表者名 Hantao Wang, Jinhua She, Feng Wang, Juan Zhao, and Chuanke Zhang
2 . 発表標題 Nonlinear Equivalent-Input-Disturbance Approach
3 . 学会等名 The 41st Chinese Control Conference (CCC 2022) (国際学会)
4 . 発表年 2022年

1. 発表者名 Tiecheng Liu, Rennong Wang, Jinhua She, Juan Zhao, Hiroshi Hashimoto, and Daisuke Chugo
2. 発表標題 Extraction of main factors affecting muscle fatigue in lower-limb rehabilitation
3. 学会等名 The 41st Chinese Control Conference (CCC 2022) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Wangyang Ge, Juan Zhao, Feng Wang, Chi Xu, Zhaohui Yang, and Jinhua She
2. 発表標題 Experimental Design of Lower-limb Movement Recognition Based on Support Vector Machine
3. 学会等名 The 41st Chinese Control Conference (CCC 2022) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 [28]Mingyuan Xie, Zhen-Tao Liu, and Jinhua She
2. 発表標題 Stable Physical Human-Robot Interaction Control for a Wrist Tremor Suppression Exoskeleton
3. 学会等名 The IEEE 6th International Conference on Industrial Cyber-Physical Systems (ICPS2023) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Hantao Wang, Jinhua She, Feng Wang, and Juan Zhao
2. 発表標題 Disturbance Rejection Using Nonlinear Equivalent-Input-Disturbance Approach
3. 学会等名 The IEEE 6th International Conference on Industrial Cyber-Physical Systems (ICPS2023) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1 . 発表者名 Hao Wu, Feng Wang, Juan Zhao, and Jinhua She
2 . 発表標題 sEMG-based Gesture Recognition by Deep Learning and Data Enhancement
3 . 学会等名 The IEEE 6th International Conference on Industrial Cyber-Physical Systems (ICPS2023) (国際学会)
4 . 発表年 2023年

1 . 発表者名 Wangyang Ge, Jinhua She, Juan Zhao, and Feng Wang
2 . 発表標題 Experimental Design of Lower-Limb Movement Recognition Based on Support Vector Machine
3 . 学会等名 The IEEE 6th International Conference on Industrial Cyber-Physical Systems (ICPS2023) (国際学会)
4 . 発表年 2023年

1 . 発表者名 Yujian Zhou, Jinhua She, Feng Wang, and Makoto Iwasaki
2 . 発表標題 A Model-Predictive-Enabled Equivalent-Input-Disturbance Approach for Disturbance Rejection
3 . 学会等名 The IEEE 6th International Conference on Industrial Cyber-Physical Systems (ICPS2023) (国際学会)
4 . 発表年 2023年

1 . 発表者名 Xiaohu Ao, Feng Wang, Juan Zhao, and Jinhua She
2 . 発表標題 Interpretable Analysis of Feature Importance and Implicit Correlation based on sEMG Gray-Scale Images
3 . 学会等名 The IEEE 6th International Conference on Industrial Cyber-Physical Systems (ICPS2023) (国際学会)
4 . 発表年 2023年

1 . 発表者名 Daisuke Chugo, Yujie Li, Satoshi Muramatsu, Sho Yokota, Jin-Hua She, Hiroshi Hashimoto, Hiroaki Kamishina, and Hiroyuki Hirabayashi
2 . 発表標題 Analysis of Rehabilitation Methods for Small Dogs Based on the Muscular Activity
3 . 学会等名 The IEEE 32nd International Symposium on Industrial Electronics (ISIE2023) (国際学会)
4 . 発表年 2023年

1 . 発表者名 Yujian Zhou, Jinhua She, Feng Wang, and Makoto Iwasaki
2 . 発表標題 Disturbance Rejection for Pedaling Rehabilitation Robot Based on Integration of Equivalent-Input-Disturbance and Repetitive Control Methods
3 . 学会等名 The IEEE 32nd International Symposium on Industrial Electronics (ISIE2023) (国際学会)
4 . 発表年 2023年

1 . 発表者名 Ruoyu Jiang and Jinhua She
2 . 発表標題 High Precision Tracking Control Method Based on Model-Following Control and Equivalent-Input-Disturbance
3 . 学会等名 The 3rd International Workshop on Intelligent Systems (IWIS 2023) (国際学会)
4 . 発表年 2023年

1 . 発表者名 Daisuke Chugo, Yao Li, Satoshi Muramatsu, Sho Yokota, Jin-Hua She, and Hiroshi Hashimoto
2 . 発表標題 Assistive Walker Which Stabilizes the User's Posture and Prevent Falls Through Abnormal Gait Pattern Recognition
3 . 学会等名 The 26th issue of the International Conference on Climbing and Walking Robots and the Support Technologies (CLAWAR2023) (Highly Commended Paper of Industrial Robot and CLAWAR2023) (国際学会)
4 . 発表年 2023年

1 . 発表者名 Yuya Miyazaki, Daisuke Chugo, Satoshi Muramatsu, Sho Yokota, Jin-hua She, Keio Ishiguro, and Hiroshi Hashimoto
2 . 発表標題 Muscle Synergy Analysis in Ergometer-Based Gait Recovery Training for Stroke Patients
3 . 学会等名 The 49th Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society (IECON2023) (国際学会)
4 . 発表年 2023年

1 . 発表者名 鄭 盛華 , しゃ 錦華 , 中後 大輔 , 石黒 圭応 , 酒井 弘美 , 橋本 洋志
2 . 発表標題 運動データと表面筋電データを融合した下肢活動の高精度モデリング
3 . 学会等名 第24回計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会 (国際学会)
4 . 発表年 2023年

1 . 発表者名 Pengzu Ren, Daisuke Chugo, Satoshi Muramatsu, Sho Yokota, Jinhua She, and Hiroshi Hashimoto
2 . 発表標題 A Simple Method for Estimating Individuals Muscle Weakness and Propositions for Standing Support Methods Based on the Estimate
3 . 学会等名 2024 IEEE/SICE International Symposium on System Integration (SII2024) (国際学会)
4 . 発表年 2024年

1 . 発表者名 Daisuke Chugo, Yuya Miyazaki, Honoka Kubo, Satoshi Muramatsu, Sho Yokota, Jin-Hua She, Keio Ishiguro, and Hiroshi Hashimoto
2 . 発表標題 Ergometer-Based Lower Limb Rehabilitation Robot for Post-Stroke Hemiplegic Patients with Voluntary Movement Induction using Muscle Synergy
3 . 学会等名 The 16th International Conference on Human System Interaction (HSI2024) (Best paper presentation ex aequo for Track 8 at HSI2024) (国際学会)
4 . 発表年 2024年

1. 発表者名 Daisuke Chugo, Yuya Miyazaki, Honoka Kubo, Satoshi Muramatsu, Sho Yokota, Jin-Hua She, Keio Ishiguro, and Hiroshi Hashimoto
2. 発表標題 Development of Gait Rehabilitation Robot to Promote Voluntary Movements for Normal Walking
3. 学会等名 The 27th International Conference on Climbing and Walking Robots and the Support Technologies for Mobile Machines (CLAWAR 2024) (CLAWAR Association Best Technical Paper Award) (国際学会)
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 [13]Wenhai Wang, Minyuan Xie, Jinhua She, Daisuke Chugo, Keio Ishiguro, Hiromi Sakai, Hiroshi Hashimoto
2. 発表標題 The High-Precision Separation of Pathological Tremor and Voluntary Movement Using a Cascade of -Filter and Extended Kalman Filters
3. 学会等名 ISCIIA & ITCA 2024 (国際学会)
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 Mingyu Peng, Jinhua She, Daisuke Chugo, Keio Ishiguro, Hiromi Sakai, and Hiroshi Hashimoto
2. 発表標題 Prediction of Lower-Limb Pedal Force for Pedaling Movements by sEMG
3. 学会等名 ISCIIA & ITCA 2024 (国際学会)
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 Yue Jing, Jinhua She, Feng Wang, Juan Zhao, and Seiichi Kawata
2. 発表標題 Control Strategy of a Pedal Rehabilitation Robot Based on Admittance Control
3. 学会等名 ISCIIA & ITCA 2024 (国際学会)
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 Yujian Zhou, Jinhua She, Shijie Guo, Feng Wang, Seiichi Kawata, and Makoto Iwasaki
2. 発表標題 Spatial Incremental Model-Predictive Repetitive Control for Rotational Systems
3. 学会等名 ISCIIA & ITCA 2024 (Session Best Presentation Award) (国際学会)
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 Ruoyu Jiang, Jinhua She, Feng Wang, and Seiichi Kawata
2. 発表標題 Vibration Attenuation Based on Model Prediction Control and Equivalent-Input-Disturbance
3. 学会等名 ISCIIA & ITCA 2024 (Young Research Award) (国際学会)
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 Tong Xia, Feng Wang, Seiichi Kawata, Juan Zhao, Jinhua She, and Daisuke Chugo
2. 発表標題 Capturing Spatial Information for sEMG-Based Gesture Recognition Using Graph Attention Networks
3. 学会等名 2024 IEEE Cyber Science and Technology Congress (CyberSciTech 2024) (国際学会)
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 Xiaohu Ao, Jinhua She, Feng Wang, Seiichi Kawata, Edwardo Fumihiko Fukushima, and Jinseok Woo
2. 発表標題 Enhanced Gesture Recognition via Interpretable Temporal Convolutional Networks Utilizing Spatio-Temporal sEMG Features
3. 学会等名 2024 IEEE Cyber Science and Technology Congress (CyberSciTech 2024) (国際学会)
4. 発表年 2024年

1 . 発表者名 Jingwen Liu, Juan Zhao, Seiichi Kawata, Feng Wang, and Jinhua She
2 . 発表標題 CPO-VMD Method for Denoising sEMG Signals
3 . 学会等名 2024 IEEE Cyber Science and Technology Congress (CyberSciTech 2024) (IEEE Best Student Paper Award) (国際学会)
4 . 発表年 2024年

1 . 発表者名 Hao Wu, Feng Wang, Juan Zhao, Seiichi Kawata, and Jinhua She
2 . 発表標題 Improving the Adaptability of sEMG-Based Gesture Recognition using Variational Mode Decomposition and Transfer Learning
3 . 学会等名 2024 IEEE Cyber Science and Technology Congress (CyberSciTech 2024) (国際学会)
4 . 発表年 2024年

1 . 発表者名 Renwei Lin, Feng Wang, Seiichi Kawata, Juan Zhao, Jinhua She, and Daisuke Chugo
2 . 発表標題 Reducing the Influence of Individual Variability in sEMG-Based Fatigue Detection Using Transfer Learning
3 . 学会等名 2024 IEEE Cyber Science and Technology Congress (CyberSciTech 2024) (国際学会)
4 . 発表年 2024年

1 . 発表者名 久保 穂佳, 中後 大輔, 村松 聰, 横田 祥, しゃ 錦華, 石黒 圭応, 橋本 洋志
2 . 発表標題 筋シナジーを利用した随意運動誘導による正常歩行機能改善のためのエルゴメータ型下肢リハビリテーションロボット
3 . 学会等名 第25回計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会 (国際学会)
4 . 発表年 2024年

1 . 発表者名 Shijian Li, Daisuke Chugo, Satoshi Muramatsu, Sho Yokota, Jin-Hua She, Hiroshi Hashimoto, Uemura Takashi, Hiroaki Kamishina, Yoshiharu Hata, Takayuki Yamada, and Takahiro Uchida
2 . 発表標題 Analysis of the Musculoskeletal Load Generated when a Small Dog Walks on a Slippery Floor
3 . 学会等名 2025 IEEE/SICE International Symposium on System Integration (SII2025) (国際学会)
4 . 発表年 2024年

1 . 発表者名 Hantao Wang, Jinhua She, Seiichi Kawata, and Makoto Iwasaki
2 . 発表標題 Finite-Time Equivalent-Input-Disturbance Approach
3 . 学会等名 2025 IEEE International Conference on Industrial Technology (ICIT2025) (国際学会)
4 . 発表年 2024年

1 . 発表者名 Jinhua She
2 . 発表標題 Processing and Application of Physiological and Motor Signals in Assistive Robotics
3 . 学会等名 2024 IEEE Cyber Science and Technology Congress (CyberSciTech 2024) (招待講演)
4 . 発表年 2024年

1 . 発表者名 Jinhua She
2 . 発表標題 A methodology for improving tracking precision in servo systems: An equivalent-input-disturbance estimator approach
3 . 学会等名 The 30th ICE IEEE/ITMC Conference (ICE 2024) (International Conference on Engineering Technology and Innovation) (招待講演)
4 . 発表年 2024年

〔図書〕 計3件

1 . 著者名 Bin Xin, Hongbin Ma, Jinhua She, and Weihua Cao Eds.	4 . 発行年 2024年
2 . 出版社 Springer	5 . 総ページ数 415
3 . 書名 Computational Intelligence and Industrial Applications, Part 1	

1 . 著者名 Bin Xin, Hongbin Ma, Jinhua She, and Weihua Cao Eds.	4 . 発行年 2024年
2 . 出版社 Springer	5 . 総ページ数 337
3 . 書名 Computational Intelligence and Industrial Applications, Part 2	

1 . 著者名 Jinhua She, Yasuhiro Ohyama, Weihua Cao, and Yuanqing Xia Eds.	4 . 発行年 2022年
2 . 出版社 Tokyo University of Technology	5 . 総ページ数 285
3 . 書名 Proceedings of the 14th Japan-China International Workshop on Internet Technology and Control Applications	

〔産業財産権〕

〔その他〕

先進メカトロニクス(シャ)研究室 https://www.teu.ac.jp/info/lab/project/es/dep.html?id=22&#20312; 錦華 https://www.teu.ac.jp/info/lab/teacher/es/index.html?id=4

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	酒井 弘美 (Sakai Hiromi) (40624945)	東京工科大学・医療保健学部・教授 (32692)	
研究分担者	橋本 洋志 (Hashimoto Hiroshi) (60208460)	東京都立産業技術大学院大学・産業技術研究科・教授 (22605)	
研究分担者	石黒 圭応 (Ishiguro Keio) (60367430)	東京工科大学・医療保健学部・教授 (32692)	
研究分担者	中後 大輔 (Chugo Daisuke) (90401322)	関西学院大学・工学部・教授 (34504)	

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		
中国	中国地質大学（武漢）	三峡大学	北方工业大学