

補助事業番号 2023M-386

補助事業名 2023年度 利用者の意図と環境認知による動作自動生成機能を持つ義手の開発 補助事業

補助事業者名 電気通信大学 脳・医工学研究センター 姜銀来

1 研究の概要

近年、様々な高機能義手が開発されてきたが、普及率が低く中止率が高いという課題が解決されないままである。切断部位と残存筋の状況に起因する筋電信号の不足と不安定により、義手の機能を発揮できないことは主な要因である。本研究は、人の意図に沿って動作する従来の義手の概念を超え、自ら動作を生成できる知的パートナーとなる義手を提案し、そのための要素技術を開発した。

2 研究の目的と背景

本研究の目的は、筋活動を確実に計測できるセンサの開発、生体信号の不足を自律制御で補う制御系の実装、および利用者の生活環境における動作生成との三つのアプローチを組み合わせることで、義手を智能化する要素技術の開発である。

指先や掌を含む上肢は、人と世界との相互作用において不可欠な役割を果たしているため、失った上肢の機能を再建する義手は、切断者に強いニーズがある。しかし、近年、医工学の発展により複数の動作自由度を持つ様々な高機能義手が開発されたが、実際切断者に使用されているのは極めて少なく、希望と現状のギャップは開いたままである。高機能の義手を普及するために、本研究の着想に至った。

3 研究内容

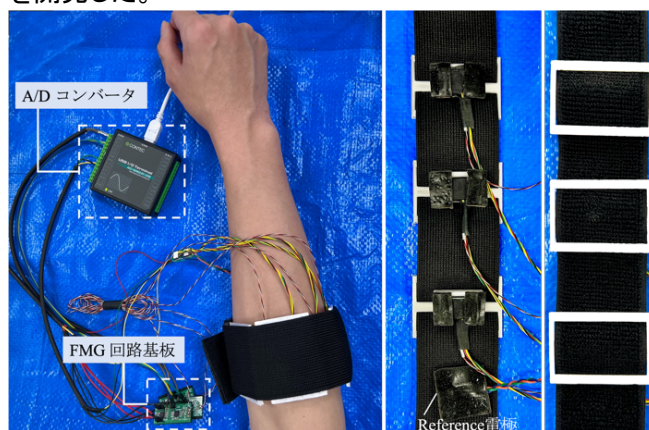
本事業は、下記の3課題と評価実験を行った。

<http://www.hi.mce.uec.ac.jp/jiang/projects.html>

<http://www.hi.mce.uec.ac.jp/jiang/papers.html>

【課題1】利用者の負担を増やさずに異種信号を計測できる生体センサ

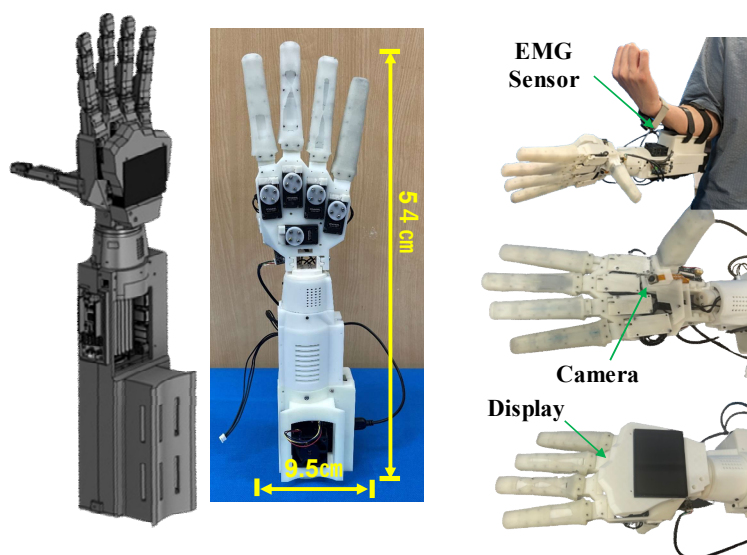
筋収縮に伴う表面筋電図sEMGと筋隆起を反映するFMG (Force Myography) を計測できる小型軽量なセンサを開発した。



3チャンネルの sEMG-FMG センサーバンド

【課題2】直感性を確保した義手の半自律制御

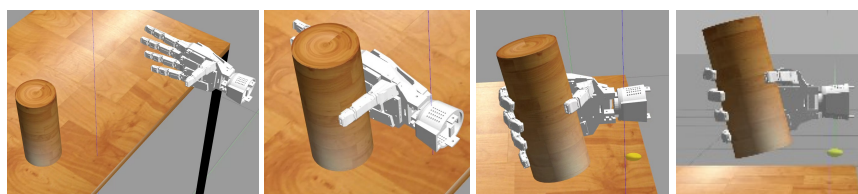
義手動作の基本命令を行うための生体信号を計測し、動作の実行は義手の自律制御で行う動作生成機能を開発した。



カメラ付き筋電義手

【課題3】仮想空間を介した動作生成

仮想空間に義手を再現し、仮想空間上のシミュレーションにより、より効率的に物体把持の姿勢と動作を探索可能にした。



仮想空間における義手の把持動作の探索

最後は、上記3課題の成果を統合した義手を構築し、被験者実験で有用性を評価した。

4 本研究が実社会にどう活かされるか—展望

本研究提案の義手の制御アーキテクチャを実現すれば、既存の義手にも適用でき、義手メーカーおよび販売業者との共同で事業化することも想定されている。さらに、義肢は人と共存するロボットの先駆として位置づけられているため、生活支援ロボットへの実装も考えられる。

5 教歴・研究歴の流れにおける今回研究の位置づけ

申請者の研究分野はリハビリテーションロボティクスであり、博士後期課程から主に人間の運動感覚機能の計測・理解・支援に関する研究開発に関して探求を行っている。2014年から、筋電義手の高機能化と実用化に向けて研究を実施してきた。本研究は、特に日常生活で筋電義手の使用困難の課題に着目し、高機能義手の普及を目指して、義手の機構とヒューマンインターフェースの開発に取り組んだものである。

6 本研究にかかわる知財・発表論文等

【特許出願：1件】

- [1]. 重力補償装置、及びマニピュレーター，特願2024-146862，姜銀来，王軼焯，電気通信大学，2024.

【ジャーナル論文7本】

- [1]. 柿野和真，山野井佑介，東郷俊太，横井浩史，姜銀来，伸縮機構を備えたロボティック・フィンガーの開発，日本ロボット学会誌，vol. 41，no. 10，p. 885-888，2023.
- [2]. Peiji Chen, Ziye Li, Shunta Togo, Hiroshi Yokoi, and Yinlai Jiang, A Layered sEMG-FMG Hybrid Sensor for Hand-Motion-Recognition From Forearm Muscle Activities, IEEE Transactions on Human-Machine Systems, vol. 53, no. 5, pp. 935-944, Oct. 2023.
- [3]. WANG Yiwei, 李文揚，東郷俊太，横井浩史，姜銀来，3M3Dワイヤ干渉駆動に基づくヒューマノイド腰関節の開発，日本ロボット学会誌，Vol. 42, No. 1, 78-81, 2024.
- [4]. Yiwei Wang, Wenyang Li, Shunta Togo, Hiroshi Yokoi, and Yinlai Jiang, A 3-DOF Coupled Tendon-Driven Humanoid Waist, Advanced Robotics, vol. 37, no. 23, pp. 1495-1506, 2024.
- [5]. Yiwei Wang, Kazuma Kakino, Wenyang Li, Shunta Togo, Hiroshi Yokoi, and Yinlai Jiang, A robot hand for versatile grasping with tendon-driven telescopic fingers, IEEE Robotics and Automation Letters, vol. 9, no. 3, pp. 2957-2964, 2024.
- [6]. Peiji Chen, Wenyang Li, Yifan Tang, Shunta Togo, Hiroshi Yokoi, and Yinlai Jiang, Intra- and Inter-Channel Deep Convolutional Neural Network with Dynamic Label Smoothing for Multichannel Biosignal Analysis, Neural Networks, vol. 183, no. 106960, March 2025.
- [7]. Kaho Umeda, Yinlai Jiang, Hiroshi Yokoi, Shunta Togo, Repetitive Control of Robotic Joint with Variable Impedance Utilizing Agonist-Antagonist Muscle Pair Structure Based on Virtual Trajectories, IEEE Access, vol. 13, pp. 16866-16878, January 2025.

【国際学会論文5件】

- [1]. Yifan Tang, Jiayi Wang, Peiji Chen, Wenyang Li, Haokang Xu, Shunta Togo, Hiroshi Yokoi, Yinlai Jiang, A Strain Gauge Based FMG Sensor for sEMG-FMG Dual Modal Measurement of Muscle Activity Associated with Hand Gestures, The 16th International Conference on Intelligent Robotics and Applications, No.98, Hangzhou, China, July, 2023.
- [2]. Kiyoka Arai, Masao Sugi, Hiroshi Yokoi, Lin Wang and Yinlai Jiang , Comparison of Bipolar and Monopolar Electrode Configurations for FES on Biceps Brachii, the 45th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society, No.121, July 2023
- [3]. Josef Da Silva Bernardo Neto, Wenyang Li, Shunta Togo, Hiroshi Yokoi and Yinlai Jiang, Model-based Tension And State Estimation For Sensorless Tendon-Driven Mechanisms, The IEEE International Conference on Advanced Robotics and Mechatronics (ICARM), MoPMA3.4 , July 2024.
- [4]. Yue Liu, Hiroshi Yokoi, Masao Sugi, Yinlai Jiang , An adaptive filter for surface EMG measurement during FES, The 2024 IEEE International Conference on Cyborg and Bionic Systems (CBS 2024), pp.218-222, November, 2024.
- [5]. Peiji Chen, Dian Li, Yifan Tang, Shunta Togo, Hiroshi Yokoi and Yinlai Jiang, "Dynamic Label Smoothing Strategy for Biosignal Classification," 2024 IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing (ICASSP), pp. 1556-1560, April 2024.

7 補助事業に係る成果物

(1)補助事業により作成したもの

生体信号を計測するセンサとカメラ付き義手

<http://www.hi.mce.uec.ac.jp/jiang/projects.html>

8 事業内容についての問い合わせ先

所属機関名： 電気通信大学(デンキツウシンダイガク)

住 所: 〒182-8585

東京都調布市調布ヶ丘1-5-1 東4号館603号室

担 当 者: 教授 姜銀来(ジャンインライ)

担 当 部 署: 脳・医工学研究センター(ノウ・イコウガクケンキュウセンター)

E - m a i l: jiang.yinlai@uec.ac.jp

U R L: <http://www.hi.mce.uec.ac.jp/jiang/index.html>

<http://www.hi.mce.uec.ac.jp/jiang/projects.html>