

令和 4 年 6 月 27 日現在

機関番号：82404

研究種目：若手研究

研究期間：2018～2021

課題番号：18K18425

研究課題名（和文）中枢性運動障害者の不随意運動を含む動作からの随意運動抽出手法の開発

研究課題名（英文）Development of the voluntary movement extraction method from the movement including the involuntary movement of the person with diseases of the central nervous system

研究代表者

高嶋 淳 (Takashima, Atsushi)

国立障害者リハビリテーションセンター（研究所）・研究所 福祉機器開発部・研究員

研究者番号：90711284

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,200,000円

研究成果の概要（和文）：本研究は、重度肢体不自由者の電動車椅子操作を随意に行うことができるようにする方法を検討、開発することを目的としている。この目的達成を目指し、第1に、頸髄損傷者の電動車椅子コントローラのジョイスティック位置の最適化法を提案した。第2に、実験から得られた示唆を元に、反力を提示するコントローラを2機種を設計・製作した。試作1号機は機構と機能実現をコンセプト実証を目指し作製し、試作2号機は1号機をもとに実用を目指し改良を施し実用可能な大きさと機能を実現した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究で開発した力覚提示ジョイスティックは、重度肢体不自由者に対して電動車椅子操作中にどのような力をどの方向に発揮しているのかを知ることができる。従来、電動車椅子操作が難しい重度肢体不自由者に対しては自力での移動を断念し、介護者による移手段しか実現できなかったところ、本ジョイスティックを使うと、どのような動作ができていて、どのような動作ができないのか、また、どうすれば操作できるようになるのかがわかり、重度肢体不自由者の電動車椅子への適用が広がると考えられる。これにより重度肢体不自由者の社会参加を助けることにつながると考える。

研究成果の概要（英文）：The purpose of this study is to investigate and develop a method to enable a person with severe physical disability to operate a power wheelchair voluntarily. To achieve this goal, first, we proposed a method to optimize the joystick position of a power wheelchair controller for a person with cervical cord injury. Second, based on the suggestions obtained from the experiments, we designed and fabricated two types of controllers that present reaction force. Prototype 1 was fabricated to demonstrate the mechanism and functionality of the controller as a proof of concept, and Prototype 2 was based on Prototype 1 and improved for practical use to achieve a practical size and functionality.

研究分野：福祉工学

キーワード：重度肢体不自由者 電動車椅子 反力提示デバイス

## 1. 研究開始当初の背景

身体障害者の内、肢体不自由者が約半数を占め、最も割合が多い。その原因をみると、18歳未満は脳性麻痺が約半数、18歳以上は脳血管障害が最も多く、脳の損傷による肢体不自由、すなわち中枢性運動障害のある者が大多数を占め、相対的な労働力低下が懸念される超高齢化社会ではその対策が急務である。その対策の一つとして、障害者自身の自立が必要不可欠であり、国は障害者自立支援法を制定するなど障害者の社会進出を促進している。障害者が自立するためには、なによりもまず障害者自身の意思を的確に他者や機器に伝達できることが必要不可欠である。IT技術の進歩により肉体力労働以外の働き方も確立されてきた現在において、IT機器の使用が可能となれば、障害者、特に若年者の社会進出に対して効果が大きいと考える。

## 2. 研究の目的

本研究は、脳神経系障害による重度の中枢性運動障害がある者に対し、能動運動を阻害し、QOLを低下させる能動運動に付随する非周期的な不随意運動に着目し、随意運動の分離・抽出手法構築を目的とする。重度の中枢性運動障害者の随意運動抽出を困難としている点として、1. 随意運動成分の大きさ、2. 非周期性、3. 定量的計測困難さ、がある。本研究では、中枢性運動障害者の四肢を用いたリーチング課題に対して、バーチャルリアリティ (VR) 装置による視覚情報を改変することにより、その時の運動変化を表面筋電位センサと上記 IMU を併用した定量的な計測を実施し、視覚情報の改変の有無による動作の差に対して、動作変化成分の適応同定システムによるモデル化をすることで、随意運動を抽出する。

当初このように予定をしていたが、COVID-19の発生により予定の大幅な変更を余儀なくされた。本研究の対象者となっている重度の中枢性運動障害者は心肺機能も健常者に比べて弱く、COVID-19の影響を強く受けることが予想されたため、まん延防止等重点措置などが終了するまでの間被験者実験は中止し、開発品の機能評価と改善のみとした。また、開発品は消毒が困難なため、性能評価は、被験者実験は使わず簡易な計測実験のみとした。

したがって本研究の目的は、反力の提示および操作状態が記録できる、電動車椅子コントローラの設計・製作とした。

## 3. 研究の方法

研究の目的を達成するために以下の2つを実施した。

1. 頸髄損傷者のコントローラ位置によるジョイスティック操作範囲の変化計測と解析
2. 反力の提示および操作状態が記録できる、電動車椅子コントローラの設計・製作

### 3.1. 頸髄損傷者のジョイスティック位置による操作範囲の変化計測と解析

2の設計要件を得るために頸髄損傷者の電動車椅子コントローラのジョイスティック操作解析と電動車椅子コントローラの力学特性の計測を行った。

頸髄損傷者の車椅子のコントローラとしてよく用いられるヤマハ社製ジョイユニット X plus のコントローラを対象として計測を行った。頸髄損傷者のジョイスティック操作の記録には、光学式モーションキャプチャおよびビデオカメラを用いた。被験者の肩、上腕、前腕、ジョイスティック先端およびジョイスティック土台に反射マーカを取り付けた。

被験者は、実験者の口頭指示に基づきジョイスティックを一定方向に倒す。コントローラは、前方に腕を突き出した位置を中心に前後左右上下方向にそれぞれ100mm動かし、操作範囲を記録した。

### 3.2. 反力の提示および操作状態が記録できる、電動車椅子コントローラの設計・製作

1の結果を踏まえ、実験に用いたコントローラの形状とジョイスティック操作に必要な外力を計測を行い、その大きさおよび外力を設計要件とした。

反力を提示するコントローラは、操作者の安全のため以下の特性が必要である。それは、力制御ができること、最大発揮力でも人を傷つけないこと、バックドライバビリティをもつこと、である。

これらを満たす、最大トルクをジョイユニット X plus の最大発揮力である 2[N/mm] 程度の減速機を用いないダイレクトドライブ型のモータを採用した。

#### 4. 研究成果

##### 4.1. 頸髄損傷者のジョイスティック位置による操作範囲の変化計測と解析

###### [成果 1]

頸髄損傷者の電動車椅子コントローラのジョイスティック位置の最適化法を提案した。

計測の様子と最適化結果を図 1 に示す。実験は国立障害者リハビリテーションセンターの倫理審査を受け承認されており、COVID-19 発生の前に実施したものである。被験者は頸髄損傷者でインフォームドコンセントを受けた上で参加している。

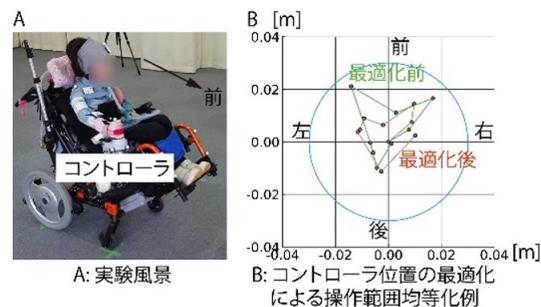


図 1 A. 実験の様子, B. 初期位置での操作範囲と最大操作範囲

実験結果から得られたコントローラの最適位置手を進行方向に平行となるように前方に伸ばした位置から腕の長さに対して 10% 程度内側に入れ、高さは膝と同じになる位置にコントローラを設置すると対象がジョイスティックを動かせる範囲が最大化できることがわかった。

これにより、作製するコントローラは位置を細かく調整する機能を持つか、操作位置に合わせて反力を変化させる機能を持つ必要があることが示唆された。

##### 4.2. 反力の提示および操作状態が記録できる、電動車椅子コントローラの設計・製作

###### [成果 2]

実験から得られた示唆を元に、反力を提示するコントローラを設計・製作をした。試作 1 号機は大きさや発揮力に制限を求めずに機構と機能実現をコンセプト実証を目指し作製した。

作製したコントローラを図 2 に示す。このコントローラは、ブラシレスモータを 3 個直交軸に設置し、出力をジョイスティックに伝達する機構により 2 自由度の力提示が実現できた。

その一方で、モータの大きさによりコントローラの大きさが制限されてしまい、0.20[m] 角と通常の電動車椅子のコントローラの 2 倍程度の大きさとなった。そのため、従来の電動車椅子コントローラに換えて、この試作 1 号機を使用し実験することが困難であることがわかった。



図 2 反力提示コントローラ試作 1 号機

そこで最大トルクを計測した 2[N/mm] であるモータにすることで、モータを小型化し、また、2つ

目のモータを1つめのモータ出力軸に搭載することで伝達機構を廃し全体を試作1号機の約半分に小型化することに成功した(図3).

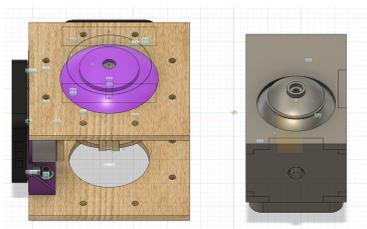


図3 反力提示コントローラ試作1号機と改良型2号機

改良型2号機に対し、反力提示性能を計測し、設計通りの性能が発揮できることを確認した。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 1件／うち国際共著 0件／うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Sato Haruhiko, Kusayanagi Koki, Kondo Yu, Kamide Naoto, Shiba Yoshitaka, Takashima Atsushi	4. 巻 18
2. 論文標題 Knee extensor strength assessed using a vertical squat and a simple geometric model to calculate joint torque: An evaluation of validity and clinical utility	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Geriatrics & Gerontology International	6. 最初と最後の頁 1125 ~ 1131
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1111/ggi.13299	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 -

〔学会発表〕 計3件（うち招待講演 0件／うち国際学会 2件）

1. 発表者名 安達拓生, 高嶋 淳, 倉林 大輔, 眞田 一志, 富安 幸志, 矢田部 あつ子, 鈴木 豊子, 樋口 幸治, 谷本 義雄, 緒方 徹
2. 発表標題 脊髄損傷者の体調理解に向けた生理計測と体調評価指標の解析
3. 学会等名 第33回自律分散システム・シンポジウム
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Masaru Yokota ; Jun Suzurikawa ; Yukiharu Higuchi ; Toshiyo Tamura ; Daisuke Kurabayashi ; Takenobu Inoue ; Toru Ogata ; Atsushi Takashima
2. 発表標題 A trial of linear dynamic model extension to improve prediction accuracy of core temperature change for persons with spinal cord injury
3. 学会等名 2020 IEEE/SICE International Symposium on System Integration (SII) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Takashima Atushi
2. 発表標題 Wheel chair control skill assessment for the persons with severe physical disabilities
3. 学会等名 the 2018 World Congress on Medical Physics and Biomedical Engineering (国際学会)
4. 発表年 2018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
---------	---------