

## 生体信号により電動車いすを操縦するためのデバイスの開発

## Development of a Control Device for Electric Wheelchair on the Basis of Biosignal

○ 小西遼一 (法政大院) 石井千春 (法政大)

Ryoichi KONISHI, Hosei University

Chiharu ISHII, Hosei University

**Abstract:** In this study, a control device and a control system for an electric wheelchair on the basis of user's biosignal were developed to assist disabled people such as persons with spinal cord injury. The control device can be easily attached to a joy-stick of the ready-made electric wheelchair and control the joy-stick by motor actuation. The electric wheelchair is navigated based on the surface electromyogram (SEMG) of the user. The SEMGs of four muscles, which are the neck, both sides of shoulder and the cheek, are measured. By identifying the SEMGs, seven patterns of the navigation of the electric wheelchair are possible, which are advance, back, stop, right turn, left turn, right back turn, and left back turn. Thus, the user can navigate the electric wheelchair by his/her own intention. In order to verify the developed control device and control system for the electric wheelchair, navigation experiment was carried out.

**Key Words:** Electric wheelchair, surface electromyogram (SEMG), control device

## 1. 緒論

電動車いすは手でジョイスティックを操作して操縦することが多く、脊髄損傷等で腕を動かすことが困難な人には、操縦が難しいと考えられる。そこで、操縦者の生体信号を測定して、電動車いすの操縦、または操縦者の補助を行った研究例がある。文献 1)では操縦者の頭部から 13 チャンネルの脳波を測定し、脳波信号により電動車いすの操縦を行っている。文献 2)では、低価格かつ脱装着が簡易な脳信号インタフェースを用いて電動車いすの方向入力を行い、電動車いすの制御を行っている。

本研究では筋電位を用い、電動車いすを操縦することを目的とする。そこで、電動車いすを操縦するための操縦デバイスの製作、および生体信号に基づく操縦デバイスの制御システムの構築を行った。なお、操縦デバイスは市販されている既存の電動車いすに簡易に装着可能なものとした。

## 2. 操縦デバイス

本研究では、スズキ株式会社製電動車いす(型式 MC3P4)に取り付け可能な操縦デバイスを製作した。図 1 に電動車いすの外観と製作した操縦デバイスを示す。

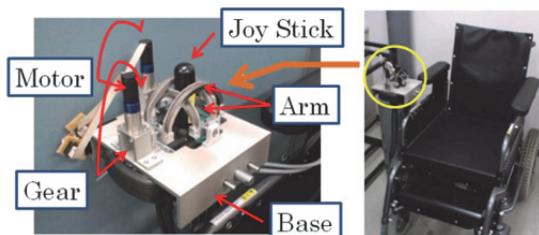


Fig.1 Electric wheelchair and built control device

操縦デバイスの動作原理は次の通りである。電動車いすのジョイスティックを挟むように半円弧状のアームを 2 本ずつ、前後と左右の 2 方向に配置する。各方向のアームをモータによって駆動させることにより、アームがジョイスティックを任意の角度に傾ける。デバイスと電動車いす動作の対応関係を図 2 に示す。デバイスの装着は、ベース部分がコの字型であり、両側からねじ機構により固定具をジョイスティックのある箱体に押し付ける形で固定する。デバイス全体の寸法は、150W×140D×127H(mm)と小型である。

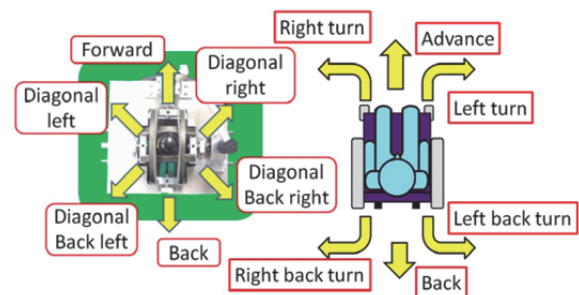


Fig.2 Corresponding operation

## 3. 生体信号による制御

## 3-1 信号測定箇所

本研究で提案する操縦システムは、腕など身体の一部の行使が制限される人、頸髄損傷のレベルが C6 以上といった麻痺高位者が操縦者になると想定している。本研究では、操縦者が随意に生体信号を発生させることにより、操縦者の意思を反映させ、電動車いすの操縦が行えるようにする。麻痺高位者でも比較的、機能が残存する筋肉として、頸、両肩、頬を測定箇所と決定した。この測定箇所は、腕・脚が切断等で活用できない人でも筋電位を発生することができる。各チャンネルの測定箇所を図 3 に示す。

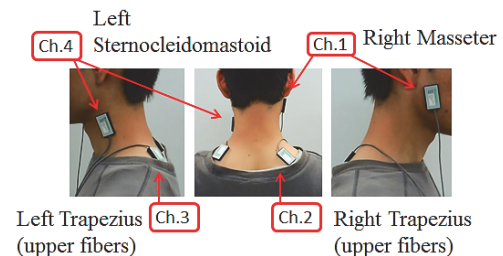


Fig.3 Measurement positions of SEMG

## 3-2 測定信号の処理方法

使用する生体信号には、積分筋電位を用いる。積分筋電位は、表面筋電位の整流値を区間ごとに積分して求めた値である。筋の活動状態を評価する指数であり、筋自体の活動が大きければ大きい値となる。表面筋電位を積分筋電位に変換する式は、次式で与えられる。

$$iEMG_j = \int_{t-\Delta t}^t |SEMG_j| dt \quad (1)$$

ここで、 $iEMG_j$ は積分筋電位、 $SEM G_j$ は測定した表面筋電位、 $j$ は測定箇所各チャンネル番号である。  $\Delta t$ は積分区間であり、取得するサンプルデータの数を意味する。

本研究では、表面筋電位は1ms毎に測定を行い、PC内にデータとして取り込む。  $\Delta t$ は、積分区間を0.1sとするため、サンプル数を100個として計算を行った。

### 3-3 操縦デバイスの制御システム

図4に、本研究で使用するシステムの構成を示す。制御システムは、生体信号の測定器（表面筋電計）、AD/DA変換器、ノートパソコン、操縦デバイスから構成される。



Fig.4 Configuration of the control system

電動車いすの制御の流れは次のようにする。積分筋電位に変換された各信号において、20mVを閾値として設定し、閾値を超えた信号の測定箇所に応じて、表1に示すように電動車いすの動作を判断し、操縦デバイスを駆動するモータの目標値を決定する。また、目標角度に追従するように、操縦デバイスの各モータに対してPID制御を行う。

Table 1 Corresponding action and target values

	Action	Front-back motor target value [rad]	Right-left motor target value [rad]
ch.1	Stop	0.00	0.00
ch.2 and ch.3	Advance	0.55	0.23
	Back	-0.49	0.25
ch.2 only	Right turn	0.25	-0.31
	Right back turn	-0.25	-0.31
ch.3 only	Left turn	0.25	0.53
	Left back turn	-0.25	0.53
ch.4	Switching of advance and back	-	-

電動車いすの操縦に関しては、以下の規則を設ける。

- ①次に信号が閾値を超えるまでは、前に判断された動作を行うよう目標値を保持する。
- ②複数のチャンネルにおいて、信号が同時に閾値を超えた場合、安全のため停止するよう目標値を決定する。
- ③緊急停止ができるように、頬の筋肉(ch.1)の信号が閾値を超えた場合、停止するよう目標値を決定する。
- ④頸の筋肉(ch.4)により、電動車いすの前進と後退の切り替えを行う。

図5に各チャンネルの信号と電動車いすの動作の対応を示す。

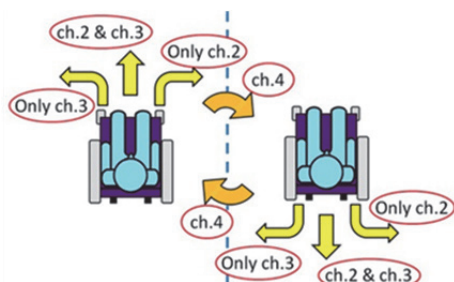


Fig.5 Corresponding channel and action

## 4. 動作実験

### 4-1 実験概要

製作した操縦デバイス、およびその制御システムによる電動車いすの操縦性を検証するため、電動車いすの進行方向に複数の障害物を置き、それらの回避を行えるかを検証した。障害物には直径43cm、高さ43cmの丸パイプ椅子を3個使用した。被験者は20代男性1名とし、図6に示すコースを障害物に当たらないよう走行した。比較のため、ジョイスティックによる操作と、操縦デバイスによる操作をそれぞれ7回行った。

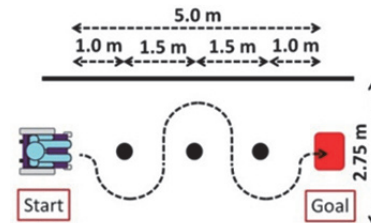


Fig.6 Outline of experiment

### 4-2 実験結果

実験結果を表2に示す。

Table 2 Experimental results

	Control by joy-stick		Control by device	
	Result	Time[s]	Result	Time[s]
1	○	36.41	○	68.90
2	○	37.72	○	73.76
3	○	36.63	○	70.77
4	○	42.13	○	74.25
5	○	37.31	○	72.60
6	○	43.65	○	82.11
7	○	37.35	×	-

ジョイスティックによる操作よりも時間はかかるものの、開発した操縦デバイスおよび制御システムを利用することにより、頸・肩・頬といった首回りの筋肉の筋電位の測定により電動車いすの操縦を行うことができた。

## 5. 結論

本研究では、生体信号に基づき電動車いすを操縦するための操縦デバイスの製作、および操縦デバイスの制御システムを構築した。電動車いすの操縦実験を行い、提案した操縦デバイスと制御システムの有効性を検証できた。

今回の実験結果から、操作性と所要時間について改善が必要と考えられる。今後の課題として、制御システムの改良による、電動車いすの操作性の向上が挙げられる。また、脳波や眼電位といった、他の生体信号の利用、およびそれらの組み合わせによる操作性の向上なども検討できる。

## 参考文献

- (1) K. Tanaka, K. Matsunaga, Electroencephalogram-Based Control of an Electric Wheelchair, IEEE TRANSACTIONS ON ROBOTICS, Vo.21, No.4, AUGUST 2005.
- (2) 茨木仁希, 中村恭之, 脳信号収集ワイヤレスヘッドセットを用いた電動車椅子ロボットの制御, ロボット・メカトロニクス講演会講演概要集, 2A1-C06, 2013