

## 筋電信号を利用した電動車いす制御 Electric Wheelchair Control Using EMG Signal

加藤 善行† 高野 博史† 中村 清実†  
Yoshiyuki Kato Hironobu Takano Kiyomi Nakamura

### 1. はじめに

電動車いすはジョイスティックを用いることで体力の衰えた人でもわずかな力で操作可能であり、介護機器としての需要が高まっている。しかし、ジョイスティックの操作ができないほど重篤な障害をもつ人や、手を使えない人、脳性麻痺患者には電動車いすの使用は困難である。これまでに音声[1]や首の筋電[2]による代替入力装置によって操作可能な電動車いすが開発されている。これらの入力装置は、ユーザが音声を発声し始めてから車いすが駆動するまでに時間がかかる問題や、安全確認をする際に顔の向きを変えることによって車いすが意図しない動作をするなどの問題があった。そこで本研究では、肩から先の腕と手を失うなどの障害のため、電動車いすの操作をジョイスティックではできない人を対象に、肩の僧帽筋の筋電位を用いて電動車いすを操作する手法を提案した。

### 2. システム構成

電動車いす制御システムは、アンプ一体型筋電センサ(MES-01)、AD/DA変換カード(CSI-360116)、制御信号生成用PC(Let's note CF-Y7)、電動車いす(IMASEN EMC-230)で構成されている。システム構成を図1に示す。次に、電動車いす制御の流れを説明する。まず、右肩と左肩を運動させることにより発生した僧帽筋の筋電位をそれぞれの肩に装着した筋電センサで取得する。この筋電センサでは、内蔵された電極間差動増幅器により筋電信号を1200倍に増幅する。増幅された筋電信号は16bit AD変換器を介して、サンプリング周波数1kHzでPCに取り込まれる。取得した筋電波形に対して全波整流、平滑化の処理をする。この平滑化された筋電信号の強度が任意の閾値を超えた場合、その信号が測定されたチャンネルによって、車いすを制御するための命令を判断する。PCより電動車いすを操作するための命令である2つの制御電圧をDA変換器を介して、電動車いすのモータへ出力する。

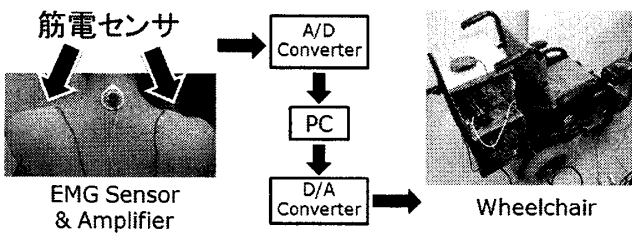


図1 システム構成

### 3. 筋電信号による電動車いす制御

†富山県立大学大学院工学研究科  
Graduate School of Engineering, Toyama Prefectural University

### 3.1 制御ソフトウェア

本研究では、AD変換された筋電信号にPC上で全波整流、平滑化を行い、平滑化後の電圧値によって任意の制御信号を電動車いすに出力するソフトウェアを開発した。開発した制御ソフトウェアでは、制御信号を出力する処理と並行して、平滑化処理後のデータのファイル出力、平滑化処理された筋電波形のリアルタイム表示も行っている。PC上に表示される平滑化処理後の筋電波形を図2に示す。図2の上側の波形は右肩の筋電波形で、下側の波形は左肩の筋電波形である。縦軸は筋電の電圧値であり、0Vの筋電位を基準電圧2.5Vで、正の筋電位を2.5Vよりも高い値で、負の筋電位を2.5Vよりも低い値で表している。横軸は時間であり、1目盛1sで10sまで表示されている。10sまで描画されると再び0sから描画されるようになっている。

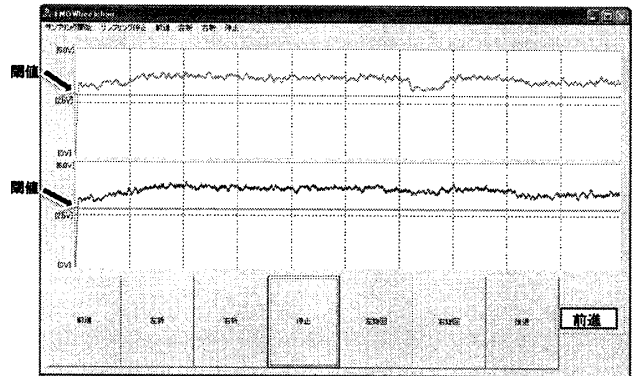


図2 平滑化処理後の筋電波形

### 3.2 閾値設定

本研究の閾値とは、電動車いすが動作し始めるのに必要な平滑化処理後の筋電信号の最小値である。本システムは安全性を重視しているが、閾値が適切な値に設定されていない場合、操作性が低下するだけでなく誤動作の原因となる。また、不意の動作により電動車いすが誤動作することがあってはならない。よって、適切な閾値の設定を行う必要がある。設定する閾値の最適値を求めるために、被験者には制御信号を出すための動作とそれ以外の動作を行ってもらい、これらの動作を行った時の筋電波形を測定した。確認する動作内容は、(1)左右の肩を上げる動作、(2)左右の安全確認、(3)首を回す動作、(4)首を左右に傾ける動作の4つである。動作(1)は制御信号を出すための動作、動作(2)~(4)はそれ以外の動作である。被験者には、これらの動作を自然と行いそうな範囲で行ってもらった。動作(2)~(4)はすべて首を動かす動作である。表1に動作(1)の最大値、動作(2)~(4)の最小値と各被験者の閾値を示す。これらの動作では、平滑化後の信号強度が表1に示す動作(2)~(4)の最大値が動作(1)の最小値を超えることはなかった。このことから、首を自然に動かす安全確認程度の動作

であれば問題無く、電動車いすの操作を行えると考えられる。表1の閾値は、動作(1)の最小値と動作(2)~(4)の最大値の中で最も大きい値との中間値に設定した。

表1 (1)~(4)の平滑後の筋電信号の最小(大)値と閾値[V]

被験者	A		B		C	
	右肩	左肩	右肩	左肩	右肩	左肩
動作(1) V <sub>min</sub>	2.637	2.604	2.691	2.719	2.631	2.685
動作(2) V <sub>max</sub>	2.553	2.564	2.659	2.572	2.536	2.548
動作(3) V <sub>max</sub>	2.559	2.582	2.565	2.650	2.561	2.606
動作(4) V <sub>max</sub>	2.561	2.550	2.520	2.547	2.567	2.550
閾値	2.60	2.59	2.67	2.68	2.60	2.65

### 3.3 制御信号生成法

次に、電動車いすの制御信号生成法について述べる。まず、停止時に両肩の僧帽筋の平滑化後の信号強度が任意の閾値を超えた場合、前進をする。同様に、右肩か左肩どちらか片方の信号強度が閾値を超えた場合は、それぞれ右折と左折をする。これらの動作は信号強度が維持され、閾値を超えている間のみ継続される。従って、信号強度が閾値を下回ると電動車いすは停止する。図2では右肩の筋電、左肩の筋電の信号強度がともに閾値を超えているため、電動車いすは前進をしている。

### 4. システムの性能評価実験

評価実験を、20歳代の健康な男性3名を被験者とし、大学廊下内に設けた図3に示すコースで行った。3.2節で示した方法により、各被験者の制御信号を生成するための閾値を設定した。表1のように閾値を設定したが、悪い姿勢をすると、誤動作をすることがあった。例えば、片肩のみに力を入れたいが力みにより他方の肩にも力が入ったり、猫背のような悪い姿勢をしたりすると筋電信号の強度が閾値を超えてしまい、誤動作をすることがあった。そこで電動車いすを操作する際に被験者に一定の条件を課した。被験者にはなるべく肩の力を抜いて楽な状態で、背筋を伸ばした姿勢で実験を行ってもらった。実験課題は、停止状態から前進→(右折 or 左折)→前進→停止までの動作を1試行とした。動作のパターンは右折と左折で2パターンあり、交互にそれぞれ5試行ずつ行った(3名×2パターン×5試行=30試行)。この課題をジョイスティック操作および筋電位入力操作で行い、それぞれについて走行時間を計測した。また、電動車いすが操縦者の意図する動作を正確に実行しているかを検証した。被験者にはその時に意図している動作を口で言ってもらった。また、図2の右下のテキストボックスに示すように、その時点で出力されている制御信号による動作を表示した。被験者の意図する動作とPCのディスプレイに表示されている動作とが一致しているかを調べることにより、筋電位入力操作の誤入力回数を測定した。表2に各操作による動作時の走行時間の平均と標準偏差を、表3に筋電位入力操作の誤入力回数を示す。表2より、各被験者の各操作における平均走行時間は、ジョイスティック操作では13.64~15.90秒、筋電位入力操作では13.82~15.65秒であり、ほとんど差はなかった。また、各被験者の各操作における標準偏差は、ジョイスティック操作では0.34~1.30秒、筋電位入力操作では0.18~0.87秒であり、こちらもほとんど差はなく、毎回一定の時間内で走行がで

きた。次に、表3より誤入力がほとんどないことが分かる。被験者Cの左折動作時に誤入力が発生したのは、閾値が適切に設定されていなかったためだと考えられる。そこで、閾値を設定し直し走行してみると、誤入力はなくなり安定した走行を行うことができた。さらに閾値が正確に設定されていれば誤入力もなく、幅2.3mの通路であってもUターンなどの操作をスムーズにできた。

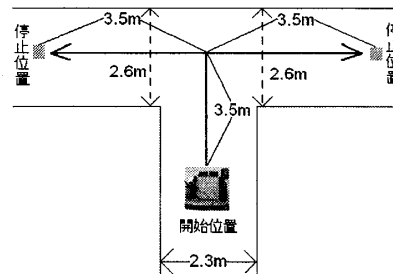


図3 走行コース

表2 走行時間の平均と標準偏差[sec]

被験者	動作	ジョイスティック		筋電位入力	
		平均	標準偏差	平均	標準偏差
A	右折	15.12	0.69	15.03	0.59
	左折	15.90	0.34	13.97	0.69
B	右折	14.12	0.40	15.65	0.73
	左折	13.64	1.04	14.19	0.18
C	右折	13.83	0.96	13.88	0.87
	左折	14.56	1.30	13.82	0.74
全試行		14.53	1.16	14.42	0.95

表3 筋電位入力操作時の誤入力回数[回]

被験者	動作	試行				
		1	2	3	4	5
A	右折	0	0	0	0	0
	左折	0	0	0	0	0
B	右折	0	0	0	0	0
	左折	0	0	0	0	0
C	右折	0	0	0	0	0
	左折	0	0	1	2	0

### 5. おわりに

本研究は、両肩の筋電位で電動車いすを制御するシステムを開発した。性能評価実験を行った結果、閾値さえ適当な値に設定できれば、ジョイスティックとほぼ変わらない操作性が得られることが分かった。今後の課題として、閾値の設定方法が挙げられる。筋電信号の強度は電極の貼り方により変化するため、毎回閾値の設定を行わなければならない。今後、自動で閾値を設定する手法の開発が必要である。

#### 参考文献

- [1]水口 正治, 西森 雅人, 村井 彰, 齊藤 剛史, 尾崎 知幸, “音声命令による電動車椅子の操作”, 信学技報, Vol.108, No.66 SP2008-9, pp.49-54 (2008).
- [2]高津 岳志, 関 啓明, 渡辺 大輔, 神谷 好承, 正津 正利, 前川 満良, “首の筋電位を利用した電動車いすの操作システムの開発”, 精密工学会学会学術講演会講演論文集, pp.617 (1999).