

超小型電気自動車の操舵補助システム
(生体情報を用いた基礎的検討)

Steer-by-Wire System for Ultra-Compact Electric Vehicle

(Fundamental Consideration on Operating System Using EMG)

- 劉曉俊（東海大）
- 梅本貴史（東海大）
- 加藤英晃（東海大）
- 成田正敬（東海大）
- 森山裕幸（東海大）

Xiaojun LIU, Tokai University
Takafumi UMEMOTO, Tokai University
Hideaki KATO, Tokai University
Masataka NARITA, Tokai University
Hiroyuki MORIYAMA, Tokai University

Abstract: Nowadays, ultra-compact electric vehicles have been increasingly demanded because of environmental issues and the aging of the society. We aim to design and manufacture a Steer-by-wire system to control the driver's seat when the driver's entire body is on the active seat suspension system. In addition, we also aim to develop an intelligent seat that can provide an optimal driving environment in accordance with changing conditions by monitoring the driver's physical condition by the system on the basis of various biological signals. In this study, we carry out a driving experiment of an ultra-compact electric vehicle with the SBWS to evaluate changes in the operational feel perceived by drivers by means of a questionnaire on subjective evaluation or surface EMG, and collect basic data used to improve the operability.

Key Words: Steer-by-Wire, Steering Reaction Force, Ultra-Compact Electric Vehicle, Operation Feeling

1. 緒言

超小型電気自動車は取り回しの良さから高齢者など運転弱者にやさしい乗り物とされている。しかし運転者や周囲に対する安全性の確保は十分ではなく、中でも「操作性」の対策は喫緊の課題である。コスト削減と装備簡素化のため超小型電気自動車はパワーステアリングも搭載されておらず、低速や停車時におけるステアリングホイール操作では多大な肉体的負担が生じ、危険運転につながる。

当研究グループでは従来のステアリングホイールから機械的に操作力を伝達する舵取り機構を見直し、ステアバイワイヤシステムを採用することを提案している⁽¹⁾。またステアリングホイールにおけるドライバーの操作感覚と肉体的負担を筋電位から評価し、運転者の操作負担をより軽減できかつ高度な運転技量を持たずとも車両の運転が可能にするシステムの構築と運転者一人一人と運転環境に適した操作量および反力を自在に設定する制御システム⁽²⁾を開発することが目標である。本報告ではその初期段階として運転者の意思を筋電位から車両側に伝え、制御する操縦システムを検討していく。

2. 筋電位の計測方法

運転者が自動車を運転するときの筋活動については様々な報告がされてきたが⁽³⁾、どの筋肉がどの程度働くかについてはステアリングホイールを回す状況によって異なる。過去の検討における予備実験に加え運転操作に関する文献⁽⁴⁾により Fig. 1 に示す三角筋前部が最も筋活動が活発であることに着目し対象とした。筋電位を測定するための電極は Fig. 2 のように鎖骨にアースとなる電極を三角筋前部にプラス極とマイナス極を貼り付けた。筋電位は Grove-EMG 検出器により増幅後、Arduino UNO R3 を介してサンプリ

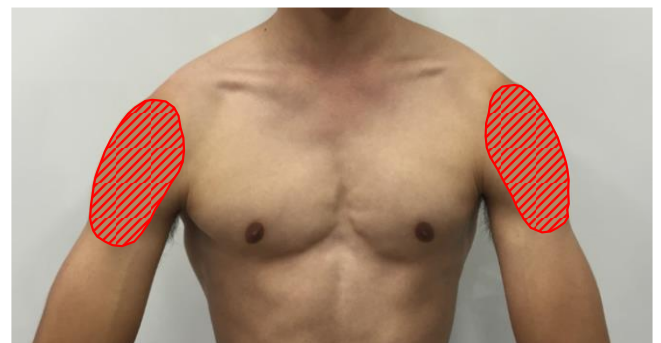


Fig. 1 Deltoid front



Fig. 2 Photograph of pasting position of electrode

ング周波数 10Hz で記録した。なお電極は日本光電工業株式会社製の心電図モニタ用ディスク電極を用いた。

3. システム概要および実験装置

本実験では実車両における検討の前段階として操舵用サ

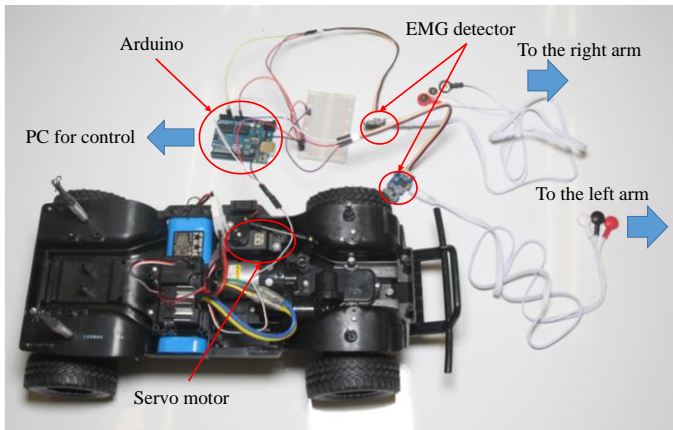


Fig. 3 Overview of the control system

ーボモータおよび駆動用 DC モータを有するラジコン（タミヤ XB トヨタ FJ クルーザー）を用いて基礎的な検討を行う。操舵デバイスは制御が容易なことから、本ラジコンに純正に搭載され、発信機（プロポ）により制御されているサーボモータを用いることとした（Fig. 3）。

4. ラジコンを用いた操舵実験

4.1 実験方法

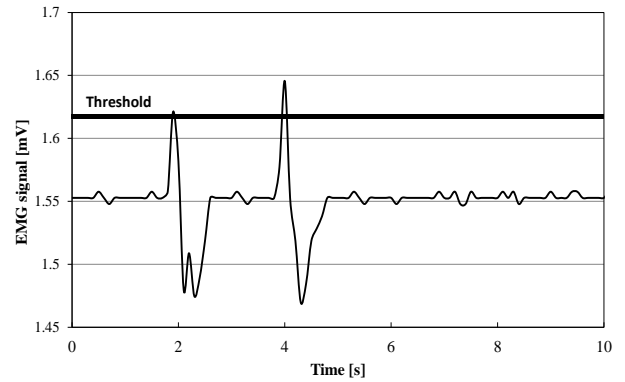
本実験では筋電位 2ch によるラジコンを用いた操舵実験を行った。システムは安静時の筋電位を 5 秒間測定し、最大値を閾値と設定した。操舵の動作において筋活動する時、筋電位が閾値より大きい場合を 1 回とカウントしサーボに舵角を切る指令を送る。本手法は右腕を挙げる時に右操舵を行い、反対に左腕を挙げる時に左操舵を行う。右腕を上げて右腕三角筋前部から信号を出すと制御計算で+1 が出力されサーボモータに操舵指令を送りタイヤの舵角が右に 10° 変化し、再度右腕三角筋前部から信号を出すと制御計算で+1 が出力され、合計で+2 となり舵角が 20° に変化する。なお、左右 20° 最大舵角とするため、もう一度信号を出した場合であっても計算で+1 は出力されず 20° 以上の舵角にならないように設定した。反対に左腕を上げて左腕三角筋前部から信号を出すと制御計算で-1 が出力され合計が+1 となりタイヤの舵角が 10° に戻るように設定した。

4.2 実験結果

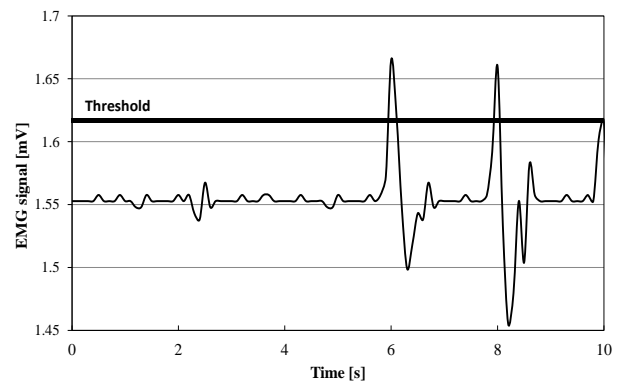
Fig. 4 に左右三角筋前部の筋電位と制御により得られた操舵角を示す。同図より初めに右腕三角筋前部から筋電位信号を出力し設定した閾値を超えると、それと同時にタイヤの舵角が 10° 変化していることが確認できる。また再度右腕三角筋から筋電位信号を出力し閾値を超えると、更に 10° 曲がり舵角が 20° になる。次に、左腕三角筋前部からの筋電位信号を出力し設定した閾値を超えるとタイヤの舵角が逆方向に 10° 変化している。再度左腕三角筋前部からの筋電位信号を出力し設定した閾値を超えると更に 10° 変化し舵角を 0° に戻すことが確認できた。

5. 結言

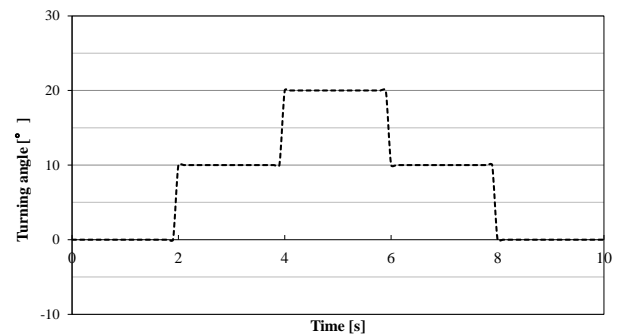
本報告では著者らが以前より検討を行っている超小型電気自動車のステアバイワイヤシステムの発展として、三角筋前部の筋電位信号を検知してタイヤの舵角を変化させるシステムの提案を行った。またその基礎的な検討としての最も簡易的なシステムとして、ラジコン車両を用いた実験を行い両腕にて検出した筋電位を利用して、左右に一定舵角で操舵させるシステムを構築し、所望の制御が行われるこ



(a) EMG signal of right arm



(b) EMG signal of left arm



(c) Turning angle

Fig. 4 Time histories of the EMG and turning angle

とを確認した。なお本検討は初期段階であることから 1 回毎に設定した角度のみに操舵角を変更することが可能なシステムとなっている。今後の展望としてより詳細にスムーズな操舵ができるようにシステムの高級化を目指す予定である。具体的には記録した EMG 原波形に対して RMS などにて信号処理を行い、さらに運転者の筋電位発揮に対する個人差を考慮し最大筋力の割合にて整理する計画である。

参考文献

- (1) 鎌田他，日本機械学会論文集 C 編，68-665 (2002)，220-227.
- (2) 池上他，自動車技術シリーズ 8，自動車の人間工学技術(2008).
- (3) 高橋他，ドライバの筋活動に基づく車線維持操舵支援制御の研究.
- (4) Meghan E.Vidt 他，Journal of Biomechanics 45 (2012) 334-341.