

超小型電気自動車のステアバイワイヤシステム

（三角筋前部筋電位に関する基礎的考察）

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

(Fundamental Consideration on the Myogenic Potential of the Anterior Deltoid muscle)

○ 梅本貴史（東海大）

劉曉俊（東海大）

加藤英晃（東海大）

成田正敬（東海大）

森山裕幸（東海大）

Takafumi UMEMOTO, Tokai University

Xiaojun LIU, Tokai University

Hideaki KATO, Tokai University

Takayoshi NARITA, Tokai University

Hiroyuki MORIYAMA, Tokai University

Abstract: In these days automobile industry, the request for ultra-compact electric vehicles has been increasing in Japan. In June 2012, guidelines for the introduction of ultra-compact mobility were presented by the Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism, increasing the attention directed toward ultra-compact electric vehicles. Our research group has studied an active seat suspension for ultra-compact electric vehicles and a high-value added driver's seat that enables feedback control by estimating the psychological state of the driver during driving on the basis of biological signals and other parameters. Unlike the system in which tires are steered via a rack-and-pinion mechanism as in conventional vehicles, the SBWS enables tires to be steered through control using electrical signals. In this paper, we focused on the electromyogram (EMG) of the anterior deltoid muscle and operation time of the steering wheel in steering operation.

Key Words: Steer-by-Wire, Muscle Activity, Electric Vehicle, Operability

1. 緒言

近年，新しいモビリティとして超小型電気自動車がいくつかの自動車メーカーから販売されている。しかし超小型電気自動車のステアリング装置にはパワーステアリングをはじめとする運転者の操舵を補助するシステムが実装されていない。そのため路面や車速などの運転状況によっては筋力が低下した高齢者にとってステアリングホイールの操作が負担となり，特に連続した運転操作が必要な場合には疲労の蓄積も懸念される。

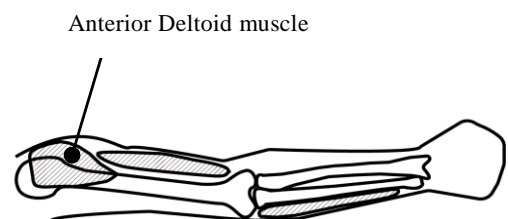
当研究グループでは超小型電気自動車のステアリングにステアバイワイヤシステムを搭載し，負担低減効果に関して継続的に検討を行っている⁽¹⁾⁽²⁾。ステアバイワイヤシステムは，車軸とステアリングホイールが機械的に接続されず，ステアリングホイールの操舵角を舵角センサが読み取り，ワイヤハーネスを介して操舵用のモーターに電気信号として送信することで，車輪を左右に転舵させる操舵システムである。このステアバイワイヤシステムは，ステアリングシャフトやギヤボックスなどの従来のステアリング装置に必要であった部品が不要になり，アクチュエータやセンサなど小規模且つ軽量の部品で構成されるため，車室が狭い超小型電気自動車に適している。また，ステアリングホイールの形状やレイアウトの自由度が広がるほか，ステアリング装置に実装された反力アクチュエータの設定で運転者のステアリングの操作性を自由に制御することができるという利点がある。

ステアリングホイールの操作性に関する先行研究はいくつかの事例があるが⁽³⁾⁽⁴⁾，ステアリング操舵時間に対する運転者の上腕部への負担については十分に検討されておら

ず，操作性向上を考える上で重要な研究課題であるといえる。本検討では三角筋前部の表面筋電位の測定および肩関節モーメントの計算を用いてステアリング操舵角に対する筋負担の基礎的考察を行った。



Fig. 1 Photograph of experimental vehicle



Anterior Deltoid muscle

Fig. 2 Observer muscle

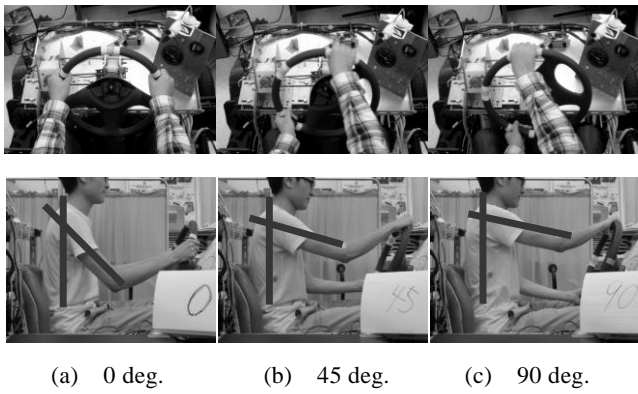


Fig. 3 The angle of shoulder joint

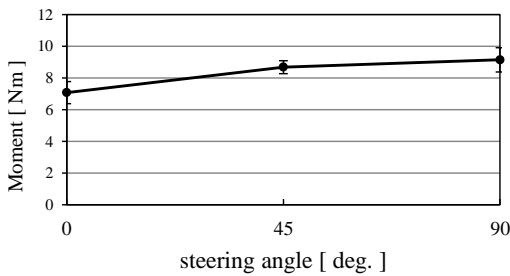


Fig. 4 The relationship between steering angle and moment

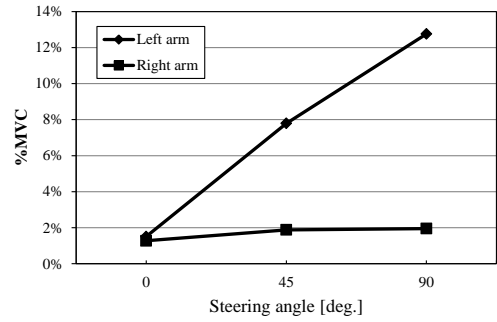
2. 実験概要

2.1 三角筋前部筋電位の測定

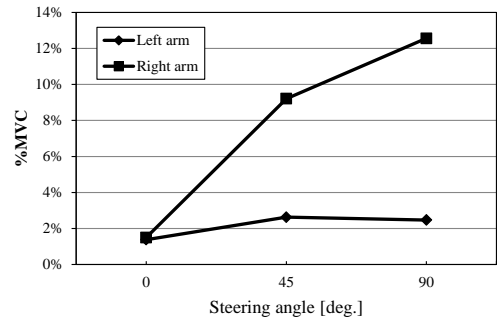
本実験は Fig. 1 に示す実験車両を停車させた状態で、両腕の三角筋前部 (Fig. 2) の表面筋電位を計測した⁽⁵⁾。実験条件としてステアリングを握る位置を変えずに 0°, 45°, 90° の角度でそれぞれ 5 秒間保持し、一つの角度ごとに 10 回、両腕で計 60 回の測定を行った。なお各操舵角の評価値は 10 回の平均値としてステアリング操舵角と筋負担の関係を定量的に評価した。操舵方向は時計方向および反時計方向とし、操舵する舵角は 0° から 90° までとした。三角筋前部の筋電位は、Fig. 3 に示す位置に電極を配置し、Bio Amp ML132 (AD Instruments 社) により増幅後 (High pass 350 Hz, Low pass 10 Hz)、A/D 変換器 (Power Lab ML825 2125, AD Instruments 社) を介してサンプリング周波数 4 kHz で記録し、筋電位原波形に対して 0.1 秒間毎に 0.1 秒区間の二乗平均平方根 (Root Mean Square ; RMS) を算出した。また筋力の発揮には個人差があることから、最大の筋力を発揮した時の筋電位に対する実験時の筋電位の割合を示す %MVC で評価を行った。MVC の測定は被験者が前方を向いた状態で腕を 90° に上げるよう教示し、実験者が被験者の腕を 90° 以上に上がらないよう押さえ、5 秒間測定した。本実験においてステアリングホイールを握る位置は「9 時 15 分」とし、被験者は普通自動車第一種運転免許を有する本大学の学生 6 名である。

2.2 肩関節モーメントの計算による筋負担の推定

三角筋前部に掛かる負担の推定として、運転操作姿勢時の操舵角に対する肩関節の角度 θ を定義した。 θ は Fig. 3 に示すように各操舵角にて被験者にステアリングを把持してもらい、被験者右手方向側面から肩関節部の角度を測定することにより求めた。また肩関節にかかるモーメントは上腕部をモデル化して算出した。



(a) Clockwise



(b) Anticlockwise

Fig. 5 Muscle potential for steering angle

3. 実験結果

ステアリング操作によりステアリングホイールを回転方向に送り込むとき肩関節にかかるモーメントを Fig. 4 に示す。肩関節にかかるモーメントは操舵角が増すにつれて大きくなることが分かった。またステアリングホイールを時計方向、反時計方向に操作したときの三角筋前部の表面筋電位を Fig. 5(a), (b) に示す。時計方向に操作したときの結果を見ると操舵角 0° では左腕と右腕の %MVC の値に差はほとんど生じていないが、45° と 90° では右腕と比較して左腕の値が大きくなった。また反時計方向に操作したときでは、時計方向と同じく 0° では左右の腕に差は生じていないものの、45° および 90° では右腕の %MVC が大きくなった。

4. 結言

本報告では三角筋前部の表面筋電位の測定および肩関節モーメントの計算を用いてステアリング操舵角に対する筋負担の基礎的考察を行った。本検討より運転者はいずれの方向も操舵角が 45° から 90° のときではステアリングホイールを回転させるときにステアリングホイール上部に位置する腕、すなわち時計方向の場合は左腕、反時計方向の場合は右腕をそれぞれ機能させていることが確認できた。

参考文献

- (1) H. Kato, et al., Proc. Sch. Eng. Tokai Univ., Ser. E, Vol. 39, (2013), 67-73.
- (2) H. Kato, et al., Proc. Sch. Eng. Tokai Univ., Ser. E, Vol. 39, (2014), 67-72.
- (3) 倉森他, 自動車技術, Vol. 61, No. 6, (2007), 116-121.
- (4) 倉森他, 自動車技術会論文集, Vol. 41, No. 2, (2010), 489-493.
- (5) 木塚他, 表面筋電図, 東京電機大学出版局, (2006).