

自動車制動への応用を目的とした下肢筋電測定

Electromyogram measurement of lower extremity aimed at applications to vehicle braking

○大場裕哉*, 西本哲也**

○Yuya Oba*, Tetsuya Nishimoto**

*日本大学大学院, **日本大学工学部

* Graduate school of engineering, Nihon University,

** College of engineering, Nihon University

キーワード: 下肢筋 (Lower extremity), 筋電図(Electromyogram), ヒューマンマシン
インターフェイス (human-machine-interface)

連絡先: 〒963-8642 郡山市田村町徳定字中河原1番地 日本大学工学部 機械工学科
バイオメカニクス研究室 西本哲也, Tel:(024)956-8777, Fax:(024)956-8642, E-mail: tnishi@mech.ce.nihon-u.ac.jp

1. 緒言

近年,自動車交通事故による死亡者数は年々減少傾向にあるものの,事故の発生件数は依然として高水準を保っている。また,高齢者の交通事故死亡者数は年々増加傾向にあり,死亡者数は更に増加していくことが懸念される⁽¹⁾。そのため,運転支援手法を確立し,交通事故を未然に防ぐことが重要な課題の1つである。

本研究では事故の発生危険状況時の動作において,実際の身体運動が行われる前にドライバの生体信号は先行的に反応する⁽²⁾という点に着目した。実験では実車を用いての踏み換え実験と自動車のアクセル,ブレーキを剛体面で仮想したリジッドペダルを用いての踏み換え

実験を行い,その時の下肢筋群の筋電位を測定した。これによりペダルの踏み換え時において優位となる筋肉を抽出することが出来た。

2. 実験方法

2.1. 実車実験装置

踏み換えには実車のアクセルとブレーキペダルを用いた。また,エンジンを始動させたまま実験を行うことで,ブレーキペダルの反発力を一定とした。実車実験の状況を Fig.1 に示す。

2.2. リジッドペダル実験装置

踏み換え実験には実車のアクセルとブレーキペダルを剛体面で仮想したリジッドペダルを用いた。実験状況を Fig.2 に示す。

2.3. 実験条件

下肢筋の筋電位測定はペダルを踏み換えるために足を背側方向に曲げる際に活動する前脛骨筋(Tibialis anterior : TA), 股関節を曲げて大腿部を持ち上げ足を他のペダルに移動する時に活動する大腿直筋(Rectus femoris : RF), 大腿で筋が太い内側広筋(Vastus medialis : VM), 前脛骨筋に類した機能を持つ長腓骨筋(Peroneus longus : PL)の4箇所を選定した。筋電電極間は2.5cmとし、骨上にアース電極を貼付することで筋電位を測定した。被験者は運転免許所有の20代男性4名である。

計測した筋電位データは解析用にフィルタ処理し、積分筋電図を作成して筋反応を評価した。これは表面筋電図を用いて動作分析をする際にはその平均振幅が対象になるため⁽⁴⁾である。筋電位データからモーションアーティファクトや高周波ノイズを除去するためバンドパス、バターワースフィルタを用いた。フィルタ条件は次数2, 遮断周波数は $f_L=10\text{Hz}$, $f_H=350\text{Hz}$ で設定した。次に、平滑化を行い、積分筋電図を作成するため、過去の文献⁽⁵⁾を参考にローパス、バターワースフィルタを用いた。フィルタ条件は次数2, 遮断周波数は $f_L=2.4\text{Hz}$ である。

2.4. 実験手順

実験における踏み換え動作は、赤信号で停車することを想定したゆっくり踏み換える動作と、子供や自転車の飛び出しを回避するために急停車することを想定した素早く踏み換える動作の2種類で、筋電位と踏み換え時間の測定を行った。以下に実車実験の手順を示す。

実車実験

- ①計測開始から30秒は何もせずに安静にする。
- ②アクセルペダルに足を置く。
- ③LED点灯で素早くあるいはゆっくりブレーキに踏み換える。(3回繰り返す)

リジッドペダル実験の手順は実車実験のI.と同様である。



Fig.1 実車実験装置

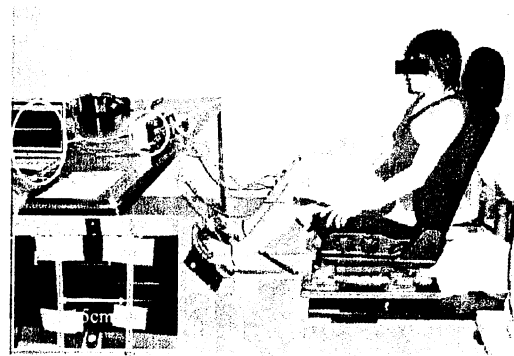


Fig.2 台上試験装置

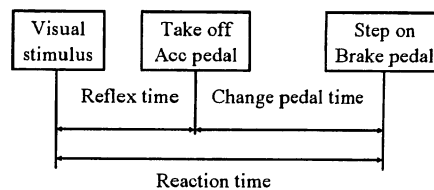


Fig.3 反応時間定義図

Table.1 実車実験における反応時間

Volunteer	Mean reflex time(s)	Mean change pedal time(s)	Mean response time(s)
①	0.262	0.171	0.431
②	0.243	0.149	0.392
③	0.228	0.204	0.431
④	0.220	0.145	0.429
Mean	0.238	0.167	0.421

急ブレーキ時の
踏み換え時間

Table.2 台上実験における反応時間

Volunteer	Mean reflex time(s)	Mean change pedal time(s)	Mean response time(s)
①	0.243	0.161	0.405
②	0.266	0.126	0.392
③	0.231	0.181	0.412
④	0.271	0.173	0.444
Mean	0.253	0.160	0.413

2.5. 反射, 反応, 踏み換え時間

LED 点灯からアクセルペダルを離すまでを反射時間, アクセルペダルを離してからブレーキペダルを踏むまでを踏み換え時間, LED 点灯からブレーキペダルを踏むまでを反応時間と定義した. Fig.3 に定義図を示す.

3. 解析結果

3.1. 実車実験における筋電と踏み換え動作

Table.1 に素早く踏み換える実験で得られた反射, 反応, 踏み換え時間を示す. 各被験者の平均で LED 点灯からアクセルを離すまでが 0.238 秒, アクセルを離してからブレーキを踏むまでが 0.167 秒, LED 点灯からブレーキを踏むまでが 0.421 秒であった.

Fig.4, 5 にはゆっくり踏み換えた時の積分筋電と素早く踏み換えた時の積分筋電を示した. ゆっくり踏み換えた時と素早く踏み換えた時では筋電位に差が生じている. これは素早く踏み換えた時の筋活動がゆっくり踏み換えた時よりも活発であることを表している. 筋肉の反応時間において最もアクセル OFF から早く反応する筋肉は筋電反応時間の平均が 0.018 秒の前脛骨筋であり, 他の被験者においても同様に筋電反応のピーク点がアクセルを離す前, もしくはアクセルを離す近傍にみられた.

3.3. 踏み換え方による筋電反応の違い

Fig.6 には被験者 2 の素早い踏み換え時の積分筋電を示している. Fig.5 には被験者 1 の積分筋電を示しているが, 被験者 1 のように計測した 4 つの筋活動を確認することが出来たパターンや, 被験者 2 のように計測した 4 つの筋の中で前脛骨筋しか活動を確認することが出来ないパターンもあった. これは踏み換え方法の違いが筋電反応に現れているといえる. このように筋電反応を分類したが, どのパターンでも前脛骨筋の反応が確認できる.

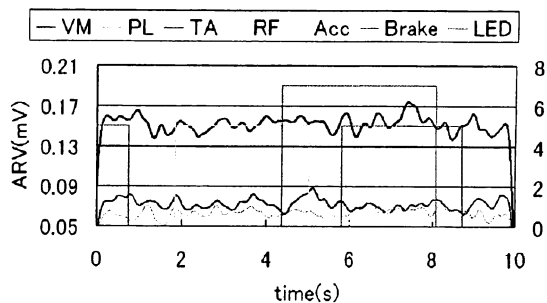


Fig.4 被験者 1 における
ゆっくり踏み換えた時の積分筋電

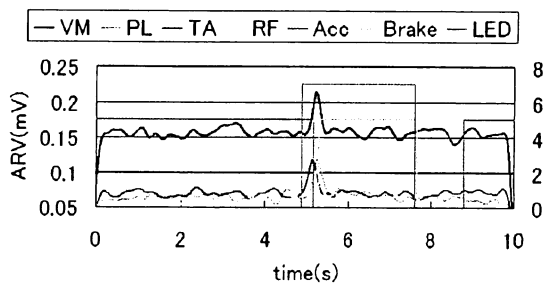


Fig.5 被験者 1 における
素早く踏み換えた時の積分筋電

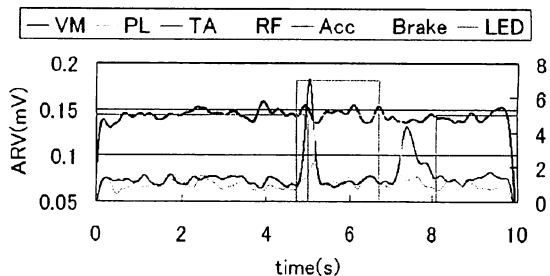


Fig.6 被験者 2 における
素早く踏み換えた時の積分筋電

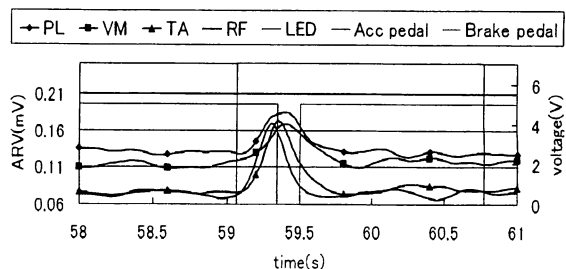


Fig.7 リジッドペダル実験における
素早く踏み換えた時の積分筋電

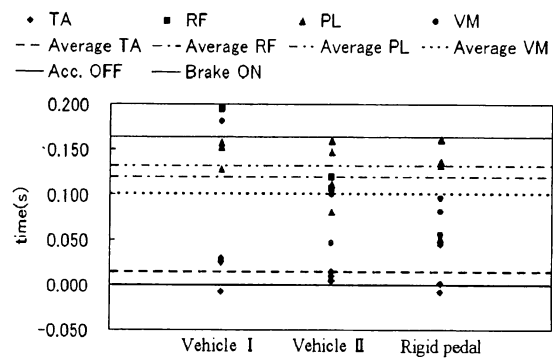
3.4. 実車, リジッドペダル実験の比較

Fig.7 にはリジッドペダル実験における素早い踏み換える実験時の積分筋電を示している。実車, リジッドペダルの両実験とも LED が点灯し, アクセルペダルを離す時に筋電反応が確認できる。反射, 反応, 踏み換え時間については Table.1, 2 に示される実車実験とリジッドペダル実験の反応時間の結果から, 踏み換え反応時間の平均が 0.4 秒程度であり, ほとんど変わらない結果を得ることが出来た。よって, リジッドペダル実験と実車実験では得られる反応時間, 筋電反応に大きな違いがないといえる。

Fig.8 には実車実験における踏み込み量 0% での素早い踏み換え, 踏み込み量 39.2% での素早い踏み換え, リジッドペダル実験での素早い踏み換えで得られた各下肢筋の反応時間の比較を示す。各実験を比較すると, どの実験でも前脛骨筋の反応時間はアクセル OFF に近い値をとっており, 平均で比較しても前脛骨筋のみアクセル OFF の付近で反応している。計測した他の筋はブレーキ ON に近い反応時間を示し, 前脛骨筋が計測した筋の中では最も早い反応を示した。このように, どの実験においても前脛骨筋の反応がアクセル OFF の前後に現れ, 他の下肢筋よりも優位な反応を示す。

4. 結言

本研究では実車ペダルとリジッドペダルを用いた踏み換え実験を実施し, 下肢筋群の筋電図を計測した。実車実験では踏み換え方法により下肢筋電の発生に違いが現れた。しかし, 踏み換え方法の違いを考慮しても前脛骨筋は必ず反応し, さらに反応時間が最も早いことが分かった。また, 実車, リジッドペダルの比較において, 踏み換え時にはどの実験でも前脛骨筋が優位であることを示した。これにより, 前脛骨筋の反応を自動車制御へ応用すれば, 新しい運転支援システムに寄与できる可能性がある。



*Vehicle. I is experiment when volunteers step on accelerator at 0% (in change pedal quickly).
 *Vehicle. II is experiment when volunteers step on accelerator at 39.2% (in change pedal quickly).
 *Rigid pedal is experiment when volunteers step on accelerator (in change pedal quickly).

Fig.8 下肢筋群の反応時間比較

参考文献

- (1)内閣府：交通安全白書平成 18 年度版, p.6, (2006)
- (2)小林隆ほか：制動操作の反射検知に関する研究, 自動車技術会論文集, Vol.35, No.4, October(2004)
- (3)麻生勤：ペダル操作に伴う下肢の筋活動, 自動車研究, 第 7 巻 第 5 号, p.191-p.194(1985)
- (4)木塚朝博, 木竜徹, 増田正, 佐渡山亜兵：表面筋電図, 東京電機大学出版局(2006)
- (5)原良昭, 吉田正樹, 松村雅史, 市橋則明：積分筋電図による筋活動の評価, 電学論 C, 124 巻 2 号, p.431-435(2004)
- (6)朝倉邦造：人間計測ハンドブック, 朝倉書店, p.78-86, p340-344 (2003)
- (7)Frank H. Netter, M.D.：ネッター医学図譜, 筋骨格系 I 学生版, 丸善株式会社(2005)
- (8)大場裕哉, 西本哲也：生体情報による自動車制御を目的とした急制動時の下肢筋電の測定, 自動車技術会春季大会学術講演前刷集, 59-07, p.19-22 (2007)