



Title	小型レーシングカーにおけるドライバーのブレーキ操作の定量評価に基づく車両開発
Author(s)	中西, 哲也
Citation	平成27年度学部学生による自主研究奨励事業研究成果報告書. 2016
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/54686
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

平成 27 年度学部学生による自主研究奨励事業研究成果報告書

ふりがな 氏 名	なかにし てつや 中西 哲也	学部 学科	工学部 応用自然科学 科	学年	2 年
ふりがな 共 同 研究者名	はらだ せな 原田 勢那	学部 学科	工学部 応用理工学科	学年	2 年
					年
アドバイザー教員 氏名	吉田 憲司	所属	大阪大学工学研究科		
研究課題名	小型レーシングカーにおけるドライバーのブレーキ操作の定量評価に基づく車両開発				
研究成果の概要	ドライバーのブレーキ操作時に使用する筋肉の部位及び役割の把握を行い、それに基づいた操作性の評価を行った。またそれに基づく操作性の良いペダル設計を行った。				

1. 緒言

1.1 研究目的

我々は学生フォーミュラ大会への参戦を主な活動目的として、そのための小型レーシングカーの開発を行っている(Fig.1)。車を速くするためには、重量や剛性のような性能の問題も重要であるが、車はドライバーが操作を行うものであるため、ドライバーが意図した通りに車を操作することも非常に重要な問題である。車の操作で最も難しいと言われているのがブレーキ操作であり、これは学生フォーミュラ車両でも同様であり、タイムへの寄与度も高いことが分かっている。しかし、自動車メーカーにおいても人の操作について定量的な評価はまだ十分になされていない。そこで、Fig.2のようなドライバー姿勢において、ブレーキ時のドライバーの操作特に筋肉の特性を考慮したうえで扱いやすいブレーキ開発を行うことを考えた。ドライバーのブレーキ操作に対する評価を行い、定量的評価に基づいた扱いやすいブレーキの開発を行うことを目指した。



Fig.1 学生フォーミュラ車両(OF-15)

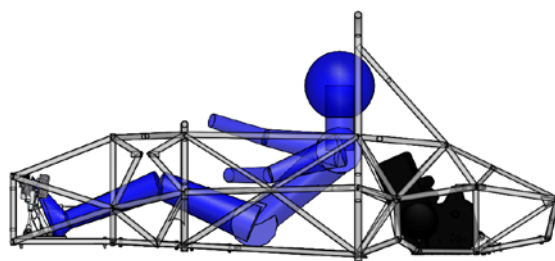


Fig.2 ドライバー姿勢

1.2. 研究概要

生体信号機器を用いてドライバーのブレーキ操作時の筋電位を測定することにより、ブレーキ操作時に使用している筋肉の部位および役割についての分析を行う[1][2]。また、ブレーキにおいては急ブレーキのような強く踏み込む操作から、緩やかな減速をしたい時の軽く踏む操作まで使用するブレーキ圧は様々である。それらのブレーキ圧によって使用する筋肉の部位や、ブレーキ圧の調整の際に使用する筋肉の部位を分析する。

次にブレーキの「操作性」をドライバーが求めるブレーキ圧に対して、誤差なくそのブレーキ圧にすることが出来ると定義する。操作性の評価について、目標とするブレーキ圧を定め、設定したブレーキ圧の対しドライバーがどの程度の精度で調節できるかの実験を行い、目標値と実測値の誤差の大きさによって評価する。

2. ブレーキ操作の定量評価

2.1. 生体信号機器を用いた筋電位の測定

ドライバーの操作に対して定量的評価を行うために、操作時に使用する筋肉の動きを測定することを考える。そこで筋肉の動き、特に筋電位を測定し評価することで目的を達成できると考えた。筋電位とは、筋肉を動かすときに生じる電圧のことであり、この電圧を測定することにより筋肉の活動量を測定している。生体信号機器は、被験者の皮膚に調べたい筋肉の筋と最も伸縮する部位に電極を直接貼り付けることで、その2つの部位の電位を測定し、それらの電位差を読み取っている。ただし測定される筋肉の活動量は人体の疲れや精神状態にも左右されることに注意する必要がある。

2.2 ブレーキ操作時の使用筋肉

ドライバーのブレーキ操作時に使用している筋肉の部位と役割を明らかにする。使用していると推測される筋肉(Table.1)を考え、これらの筋肉が実際に使われているかを測定した。

Table 1 測定部位

	正面	裏面
ひざ上	大腿直筋・外側広筋	大腿二頭筋・半腱様筋
ひざ下	前脛骨筋・長指伸筋	腓腹筋(2か所)・ヒラメ筋

測定の結果は Fig.2 および Fig.3 のようになった。

測定結果に基づいて測定した各筋肉の役割を考察する。

- ①.弱いブレーキ圧においては、ふくらはぎの筋肉を中心に使用しており、強弱の調整もこの筋肉が行っている。しかし、1.2~1.6[V]付近からは、ふくらはぎに合わせて、ふとももの筋肉を使用し始めている。ブレーキの操作として、ブレーキの圧の強弱に対して、ふくらはぎ中心に行うペダル操作と、ふともも全体までを使用するペダル操作の二つの段階に分かれることが考えられる。
- ②. ふくらはぎ裏の筋肉において、ブレーキ圧に対して、平均の筋電位及び最大の筋電位においても、線形的に反応している。今回の使用ブレーキ圧の範囲においては、強弱の調整に最も影響している筋肉であると考えられる。
- ③. 正面膝下の筋肉については、強弱の調整には、あまり寄与していないことが考えられる。

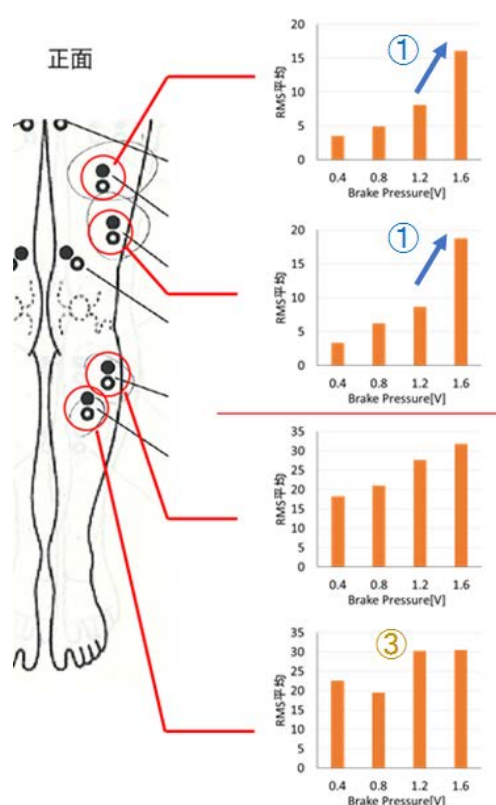


Fig.2 実験結果(正面)

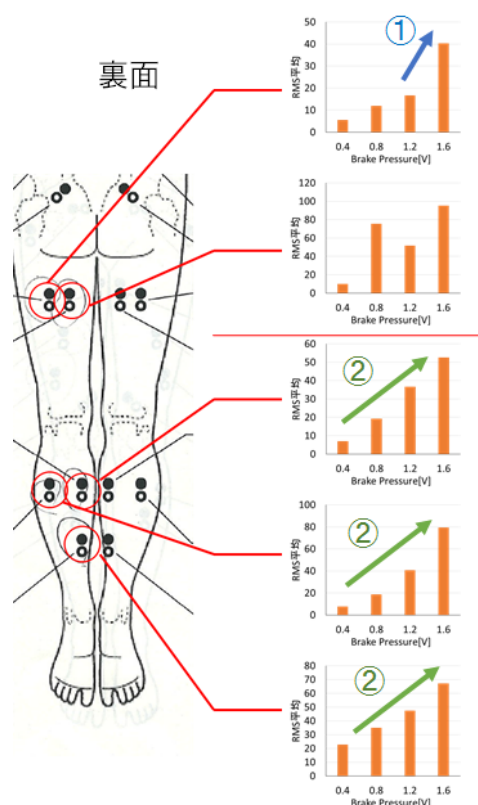


Fig.3 実験結果(裏面)

2.3 ブレーキの操作性と使用筋肉

ブレーキの操作性に対して定量的な評価を行う方法として、筋肉の使用負荷領域とペダル操作（目標との誤差）の相関関係の評価を行う。被験者に目標のブレーキ圧を伝え、そのブレーキ圧を目標に被験者がペダル操作を行う。その際の目標のブレーキ圧と結果の誤差の大きさを評価する。このとき、被験者には習熟のための練習時間を取るとともに、1回毎に結果をフィードバックすることで、被験者の習熟効果の影響を小さくする。

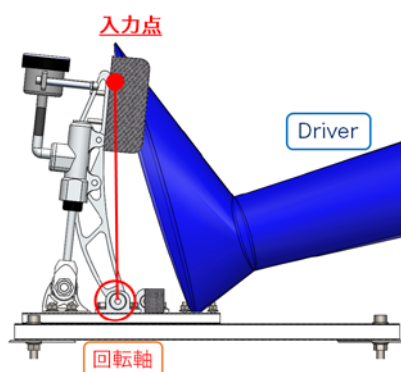


Fig.3 ペダル側面 CAD 図

次の式を用いて、誤差及び標準偏差についての評価を行う。

$$\text{Error} = \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |x_i - T| \right) / T \quad , x_i : \text{測定値} \quad T : \text{目標値} \quad (1)$$

$$\sigma = \frac{1}{T} \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - T)^2} \quad T : \text{目標値} \quad (2)$$

このとき、誤差及び標準偏差は Fig.4 及び Fig.5 のようになる。横軸を 2.2 節において確認したブレーキ圧に対して線形性の高いヒラメ筋の筋電位の値を用いる。また、筋電位においては最大の値を用いて、誤差及び筋電位はそれぞれの目標の値で、正規化した値を用いている。

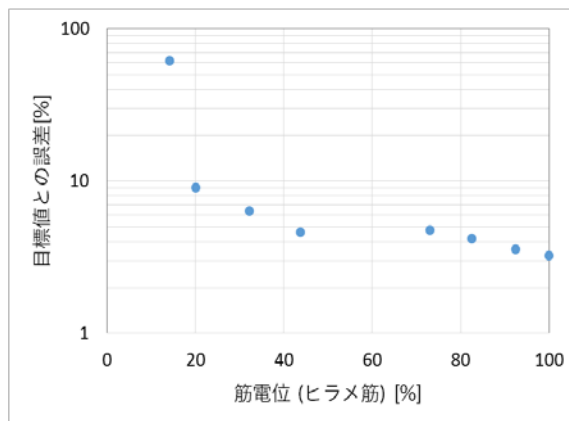


Fig.4 各目標ブレーキ圧に対しての誤差

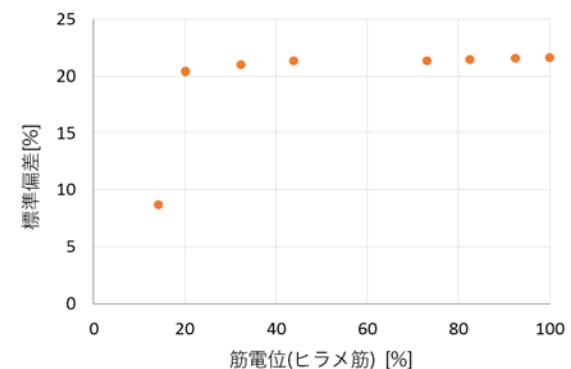


Fig.5 各目標ブレーキ圧における標準偏差

Fig.4 より大きな筋電位の値を取るほど目標値からの誤差が小さくなることから分かる。またその誤差の値は指数関数的に収束していくことがわかる。一方で、Fig.5 における標準偏差については筋電位 20%以降では、ほぼ 21%程度の一定の値を取っている。以上の二点より操作性の良いブレーキとしては、より筋肉を使うように設計する方が良いことが分かった。

しかし、より大きな筋肉を使う場合は疲労が蓄積する問題が考えられるため、出来る限り使用する筋肉を小さくすることが望まれる。そこで、誤差の収束具合をもとに筋電位が 30%以上の領域を使うように設定する。筋電位の下限值及び周回走行において使用するブレーキ圧の範囲からブレーキペダル下のかかとの高さを決定する。以上の方法でドライバーがより操作性の良いブレーキ操作が行えるペダル設計を行った。

3. 結言

本研究により得られた成果を以下に示す。

- (1). ブレーキ時に使用する筋肉の把握を行った。
- (2). それぞれのブレーキ圧に対しての筋肉の使用する特徴を求めた。
- (3). ある程度筋肉を使用する方が目標のブレーキ圧に対して誤差が低いことがわかる。
- (4). 以上をもとに、操作性の良いブレーキのためのペダル設計を行った。
- (5). (1)~(4)の結果を用いて車両開発を行った結果、第 13 回全日本学生フォーミュラ大会において全参加 80 チーム中総合 5 位を獲得した。

参考文献

- [1]臼井志朗, 伊藤宏司, 三田勝己, “生体信号処理の基礎”, オーム社, 1985
- [2]鈴木良次, “生体信号: 計測と解析の実際”, コロナ社, 1989
- [3]三木威勇治, 時実利彦, “筋電図入門”, 南山堂, 1964

4. 謝辞

本研究を進めるにあたりアドバイザー教員である吉田憲司先生には本研究のみならず、学生フォーミュラ活動全般に渡りご協力頂いております。ここに深く感謝申し上げます。また共同研究者である原田勢那君には本研究の遂行に対して多大な協力をいただきました。本当にありがとうございます。

本研究に取り組んだことによる、ものづくりをより深く楽しむ機会を得ることが出来たのは本自主研究奨励事業に携わっている皆様のおかげでございます。ここに大阪大学未来基金に関わっている皆様、また大阪大学の教職員の皆様、そして同基金に寄付をして下さった皆様に厚く御礼申し上げます。