

車いす使用者の段差移動動作における筋負担による評価

車いす使用者 筋電図 筋負担 正会員 ○市田 登*1 同 久保田 一弘*2
段差 同 布田 健*3 同 萩原 一郎*4
同 直井 英雄*5

1. 研究目的

身障者・高齢者等、生活の基盤として車いすを利用せざるを得ない人々は、年々増加傾向にある。この様な状況に対し、近年、ハートビル法をはじめ、交通バリアフリー法等により、車いす移動時の斜路や段差等バリアに関する設計基準も整備されている。しかし、それらバリアの根拠は必ずしも明確には示されていない。

本研究は、このうちの段差を対象に、こうした法的基準が車いす使用者の移動上の負担とどの程度整合しているのかを、筋電計で捉えられる筋負担を指標として検証しようとするものである。

2. 実験内容

(1) 実験諸元

- a. 実験日時：2007年9月10、11日
- b. 実験場所：独立行政法人 建築研究所
- c. 被験者数：本学の男子学生3人
- d. 実験装置：本実験は、表1に示す高さ（高低差）と形状のマトリックスにより得られた全43パターンの段差装置を木材を組み合わせて製作し行った。図1に実験の概略図を示す。段差は建物の内部・外部をいとわない全ての空間を想定している。なお、本実験では、JIS T9201規格に基づいた、日進医療器株式会社製の自走式車いすを使用した。
- e. 使用機器：筋電の計測には株式会社トライアスの TRIAS システムを採用した。



図1. 実験概念図および実験の様子

(2) 実験方法

- a. 筋電の測定部位
図2に示すように予備実験、文献等を参考に、上肢の手根屈筋、上腕二頭筋、上腕三頭筋、三角筋の計4箇所を筋電の測定部位とした。また、被験者には予備実験において段差乗り越えに必要な力の感覚を確認し、余分な力を使わないよう配慮してもらい、疲労等を考慮し実験間隔を十分に取るようにした。なお、表1中の「走行不可」の表記は、その段差パターンで数回試行しても乗り越える事が出来なかった事を表している。

- b. 筋電の測定および分析方法
表1に示す形状1から10について順次高さを変えて、それぞれの段差パターンにつき3回試行し測定を行った。測定した筋電(図3)は波形の整流化を行い、整流した波形から段差乗り越え時の筋電最大値および筋電積分値を検出した。なお、筋電積分値は、段差乗り越え始め(前輪が段差にさしかかる時)から乗り越え終了(後輪が段差を乗り越えた時)までを波形と同期させた動画との比較により慎重に抽出し、3回の平均値を採用した。

表1. 実験に使用した段差一覧(形状と高低差のマトリックス)

	10mm	20mm	40mm	60mm	80mm	120mm	160mm	200mm	備考
1		※1	走行 不可	走行 不可					法的基準の最大段差 20mm
2			走行 不可	走行 不可	走行				矩勾配 (45° の勾配)
3					走行 不可	走行 不可			1/2 勾配 (≒ 27°)
4				※2					1/3 勾配 (≒ 18°)
5					※3				1/4 勾配 (≒ 14°)
6						※4			1/5 勾配 (≒ 11°)
7	20mm 20mm		走行 不可	走行 不可					出隅部に10mmの面取り
8	10mm 10mm		走行 不可	走行 不可	走行 不可				出隅部に20mmの面取り
9	2H		走行 不可	走行 不可	走行 不可	走行 不可	走行 不可		1/2 勾配 (曲線)
10	4H								1/4 勾配 (曲線)



図2. 筋電の測定箇所

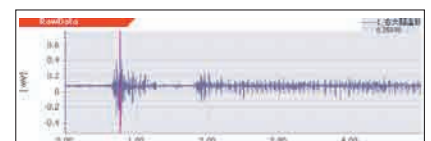


図3. 筋電計測定データ例

3. 実験結果及び考察

(1) 筋電積分値と筋電最大値の試行ごとのばらつき

図4に、被験者Aが1/5の勾配を120mm上る実験について、筋電積分値と筋電最大値の試行ごとのばらつきを例示する。筋電最大値については、測定部位や試行ごとにばらつきがみられるが、段差を乗り越えるという一連の動作における筋電積分値は、試行ごとのばらつきが少ない。この結果より、形状および高低差の異なる段差パターンについて筋負担を定量的に分析するには、筋電積分値を比較することが適当であると考え、以降は筋電積分値の結果を元に考察を進める。

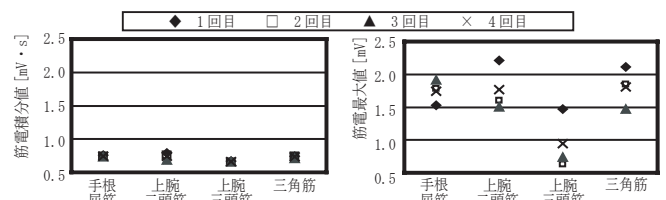


図4. 筋電積分値(左)と筋電最大値(右)の測定部位・試行回別のばらつき

(2) 垂直段差の高低差と筋電積分値との関係

図5に垂直段差(形状1)の高低差と筋電積分値の関係を示す。個人差はあるが、高低差が大きくなれば比例的に

筋負担も増している。段差が無い場合に比べて、10mmの段差を乗り越える場合、20mmの段差を乗り越える場合に、筋電積分値がそれぞれ3倍、5倍以上になっている。40mmの段差は3名とも乗り越えられなかった為30mm、25mmを追求したが、同様に走行不可であった。垂直段差は自走式車いす利用者の移動にとっては、たとえ小さな段差でも大きな障害となり、法的基準値の最大段差20mmが自力で移動できる限界高さとしても妥当であることが明らかになった。

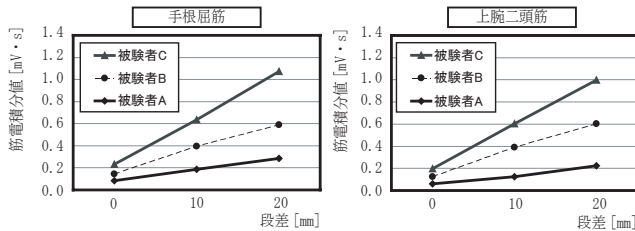


図5. 垂直段差の高低差と筋電積分値との関係

(3) 段差形状と筋電積分値の関係

図6に、各段差形状における高低差と筋電積分値の関係を示す。高低差20mmの垂直段差の出隅部を矩勾配45度でカットした形状2では、いずれの測定部位の筋電積分値も垂直段差形状1に比べて30%程度減少した。この結果から、出隅部をカットすることで筋負担が減少することが明らかになった。また、同じ1/4勾配の形状5(直線型)と形状10(曲線型)を比較した場合、同じ高低差であっても曲線型の筋電積分値は直線型の約1.5倍の値を示した。同様に、1/2勾配の形状3(直線型)と形状9(曲線型)の比較では、前者が60mmまで上れたのに対して後者は走行不可であった。緩和材として使用するミニスロープの勾配にもよるが、段差形状は、曲線形状よりも直線で繋ぐ方が走行性の面でも、筋負担においても良い結果となった。

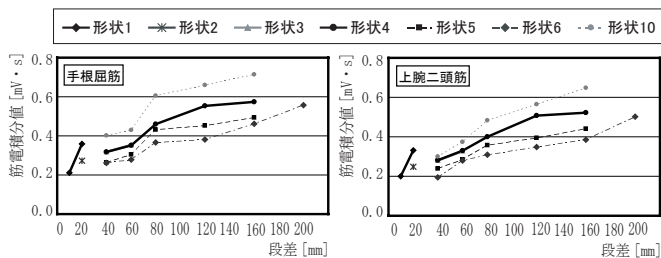


図6. 段差形状と筋電積分値の関係

(4) 段差形状と筋電最大値との比較

図7に各段差形状における高低差と筋電最大値の関係を示す。図6の筋電積分値は各形状とも段差が高くなるにつれて比例的に緩やかな増加傾向にあるのに対して、筋電最大値は試行ごとのばらつき同様に、形状や段差高さに関わらず不規則なデータとなった。

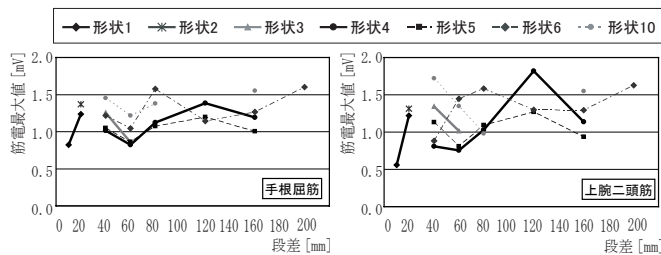


図7. 段差形状と筋電最大値の関係

(5) 小さな高低差の緩和勾配による筋電積分値と心理評価

図8に、表2に示す小さな高低差の緩和勾配3パターン(1/5勾配、1/4勾配、1/3勾配)の筋電積分値の一覧を示す。筋電積分値では各パターンで大きな差は見られないが、補助的に行った心理評価では勾配の緩い1/5勾配の方が、1/4および1/3勾配に比べ「苦しい」又は「少し苦しい」という評価となった。1/5勾配では、車いす自体の勾配が傾斜と同じ勾配のまま走行しなければならぬため、心理的に負担が増す要因となっていると考えられる。

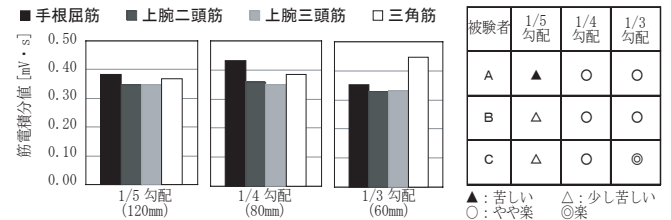


図8. 小さな段差の緩和勾配における筋電積分値と心理評価

(6) 筋電積分値からみた段差高さとの勾配の等価関係

図9は実験で得られた筋電積分値を、その値を示した段差高さとのグラフにプロットし、同じ筋電積分値を直線で結んだ筋電積分値等価線である。手根屈筋では0.40[mV·s]に、上腕二頭筋は0.35[mV·s]に、図中太い直線で示すそれぞれの法的基準の緩和勾配の数値とほぼ同じ数値が表れた。

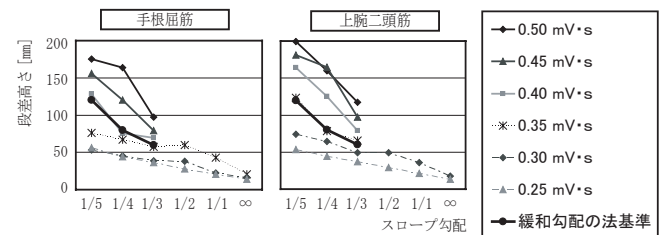


図9. 段差高さとの勾配の筋電積分値等価線

4. まとめ

本実験研究により、段差の高さおよび形状と、筋負担との関係を定量的に把握することができた。特に垂直段差は小さい段差であっても筋負担が大きく、その段差の立上り部に斜材を取り付けるなどの処理を施すことによって筋負担が軽減されることが分かった。また、筋電積分値等価線図から、120mm以下の小さな高低差の緩和勾配(120mm:1/5、80mm:1/4、60mm:1/3)が、実験値により近い値であることから、小さい段差の緩和勾配の規定が筋負担の面からも妥当な数値であることを明らかにした。

なお、本研究の実験を行うにあたり、(独)建築研究所のユニバーサル実験棟をご提供いただいた。また、研究の遂行にあたり、平成19年度卒研生ほか関係諸氏の協力を得た。ここに記して謝意を表す。

参考文献・参考資料

- 1) 糟谷佐紀、他3名「段差通過時の手動車いす駆動力に関する指標化」福祉工学シンポジウム講演論文集 pp. 25-28, 2003
- 2) 米田郁夫:「車いすの工学的基礎」、第12回日本リハビリテーション工学協会車いすSIGテキスト、日本リハビリテーション工学協会車いすSIG、pp. 17-312000
- 3) 長寿社会対応住宅設計マニュアル、国土交通省住宅整備課、(1997)
- 4) 米田郁夫、糟谷佐紀ほか:「手動車いすによる縦断勾配走行時の負担と創作難易度評価」、日本機械学会論文集(C編)、71巻701号、pp. 237-244, 2005
- 5) 山村・直井ほか:「単独での階段降下の可能性について—車いす使用者の階段避難の可能性に関する実験その1」日本建築学会大学学術講演梗概集 pp. 969-972, 2007
- 6) 高齢者・障害者等の移動等の円滑化の促進に関する法律(バリアフリー新法)(2006年6月21日公布、同年12月20日施行)

* 1 東京理科大学 大学院生
* 2 東京理科大学 工学部 補手 工修
* 3 独立行政法人 建築研究所 博士(工学)
* 4 独立行政法人 建築研究所 工博
* 5 東京理科大学 工学部 教授 工博

* 1 Graduate Student, Dept. of Architecture, Faculty of Eng., Tokyo Univ. of Science
* 2 Research Assoc., Dept. of Architecture, Faculty of Eng., Tokyo Univ. of Science, M. Eng.
* 3 Building Research Institute, Dr. Eng.
* 4 Building Research Institute, Dr. Eng.
* 5 Prof., Dept. of Architecture, Faculty of Eng., Tokyo Univ. of Science, M. Eng.