

ロフト用はしごの使用時筋負担から見た評価

はしご 階段  
筋負担 筋電計

正会員 ○石山 祐己\*<sup>1</sup> 正会員 久保田 一弘\*<sup>2</sup>  
正会員 垂井 健吾\*<sup>3</sup> 正会員 布田 健\*<sup>4</sup>  
正会員 萩原 一郎\*<sup>5</sup> 正会員 直井 英雄\*<sup>6</sup>

1. 研究目的

居住空間内等において、はしごは階段を設置する空間を十分に確保できない場所で高低差を移動する手段として用いられることがある。しかし使用時の負担に関して、まだ十分な研究がされていない。本研究では住宅で用いられるロフト用はしごに注目し形状、勾配の違いが筋負担にどのような影響を及ぼすかを定量的に比較・評価することで、ロフト用はしごを設計に用いる際に参考にする基礎資料を作成することを目的とする。

2. 実験概要

2-1. 実験装置

既製品のはしご勾配、寸法と  $2R + T$  (R : 蹴上、T : 踏面) をパラメータとして得られる踏み板間隔よりモデル化したはしごを装置として可能な勾配及び踏み板間隔寸法を導き出し、3種類のはしごを3パターン勾配で配置したものを実験対象として使用した(表1)。本実験では勾配の違いから生じる踏み板間隔の誤差が実験結果に影響を及ぼさないものと考え、踏み板間隔を 210 mm、280 mm、335 mm とし実験を行った(図1)。はしごの材料は形状の統一を図るため単管パイプから製作した。なお、比較のため建築基準法限界の階段も測定対象とした。

2-2. 被験者

本学建築学科の男子学生 6 名とした。

2-3. 実験方法

i) 実験手順：被験者には、両足をそろえた状態からスタートの合図で右足を踏み出し、5 歩目で両足をそろえて静止させた。

ii) 筋電計による測定：測定部位(図2)に表面筋電計を貼付け、スタートから 10 秒間筋電の測定を行い図4のような波形データを得た。

iii) 下肢関節角度の測定：被験者には観測点として左右の膝、踝に観測印をつけ、観測点を追跡することにより下肢関節角度(図3)を測定した。

iv) 昇りやすさについてのアンケート調査：被験者には実験終了後、昇りやすさについて、勾配 60 度、踏み板間隔 280 mm のはしごを基準とし、「とても昇りやすい」から、「とても昇りにくい」まで -2 から +2 までの 5 段階でアンケートをとった。

表1 実験対象ロフト用はしごの勾配、踏み板間隔単位 [mm]

RT の関係		勾配	緩い勾配 60 度	通常勾配 75 度	急勾配 90 度
狭い歩幅 2R+T=450	R		175	199	225
	T		101	53	0
	$\sqrt{R^2+T^2}$		202	205	225
自然歩幅 2R+T=600	R		234	265	300
	T		135	71	0
	$\sqrt{R^2+T^2}$		270	273	300
広い歩幅 2R+T=750	R		291	331	375
	T		168	89	0
	$\sqrt{R^2+T^2}$		336	341	375

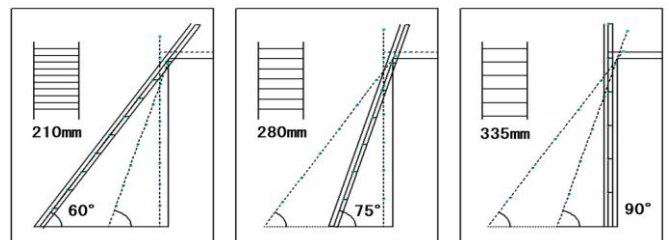


図1 実験装置略図

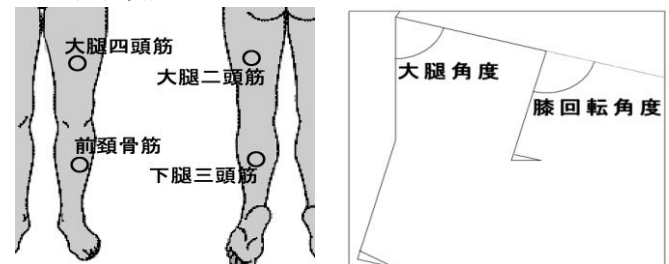


図2 筋電測定部位

図3 測定した下肢関節角度

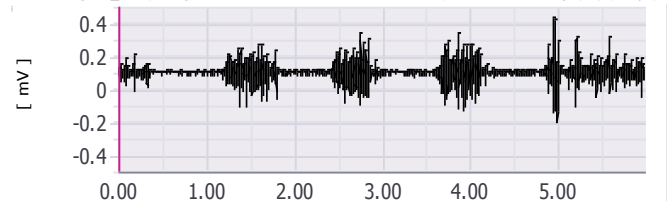


図4 筋電計波形データの一例

2-4. 実験場所

(独)建築研究所ユニバーサルデザイン実験棟で行なった。

3. 実験結果及び考察

3-1. 測定データの検討

本実験データのばらつきの程度を検討するために基準化した分布(図5)を求めた。これを見ると平均値に対し ±1 割程度のばらつき幅に納まっている。

### 3-2. 勾配・踏み板間隔と総和筋電積分値との関係

i) 同じ移動距離（はしごに沿った距離）での総和筋電積分値を踏み板間隔・勾配で比較すると、踏み板間隔の変化でははっきりとした結果が得られなかった。勾配別では各踏み板間隔でおおよそ 75 度勾配が最も少なく、90 度で最も大きくなる傾向が見られた。

ii) 高さ 1m あたりの総和筋電積分値を勾配・踏み板間隔別にみると、60 度勾配で総和筋電積分値が大きく、75・90 度では違いがみられなかった(図 6)。また踏み板間隔が大きくなると、積分値が小さくなる傾向がみられた。高さ 1m あたりの積分値で勾配 60 度のはしごが大きいのは、はしごの段数が多いためであると考えられる(図 7)。

### 3-3. 勾配・踏み板間隔と下肢関節角度との関係

勾配および踏み板間隔寸法別に大腿角度および膝回転角度を比較した結果、踏み板間隔が広がるほど下肢関節角度が大きくなる傾向がみられた(図 8)。勾配別では僅かではあるが、勾配が急になるほど下肢関節角度が小さくなる傾向がみられた。

### 3-4. 各はしごの官能評価結果について

調査結果では勾配が急になるほど昇りにくく感じるという評価を得た(図 9)。踏み板間隔においては勾配が同じならば、自然歩幅 280mm から得た踏み板間隔がもっとも昇りやすく感じ、210、335 mmでは昇りにくく感じる結果となった。また筋電積分値と官能評価の関係は本実験では得ることができなかった。

### 3-5. 階段とはしごの比較

i) 実験結果より 56 度の階段が最も高い筋電量を示し次に 60 度勾配はしごが高い値を示した(図 10)。これは、3-2 と同様に高さ 1m あたりの段数が、階段が最も多く、次に 60 度勾配のはしご共に最も多く、75・90 度勾配が少ないことが要因と考えられる。

ii) 既往研究の階段と本実験の自然歩幅における下肢関節角度は、階段、はしごの境目に値の大きな変化がある共に勾配が増えるに従って僅かに小さくなる傾向が見られた(図 11)。

### 4. まとめ

今回の実験の結果、勾配では 75 度、踏み板間隔では広い歩幅から導き出した 335 mm が最も筋負担が少ないと考えられ、官能評価から考察すると自然歩幅からの 280mm が最も昇りやすいという評価を得た。

なお、本研究の遂行にあたっては当時東京理科大学修士学生小林義昌氏、および学部生大森斉氏、竹内裕一氏の協力を得た。ここに記して謝意を表す。

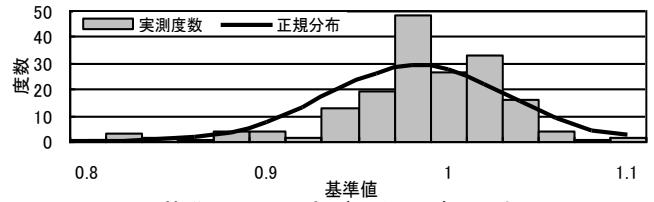


図 5 基準化した測定データのばらつき

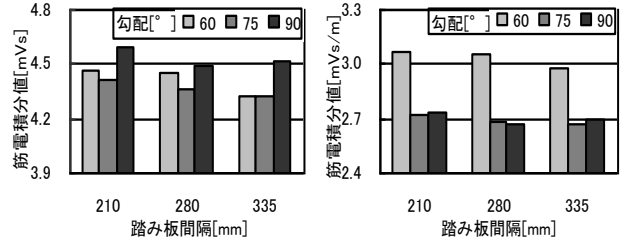


図 6 同じ移動距離の総和筋電積分値

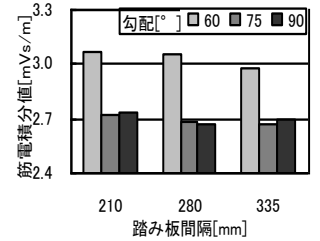


図 7 高さ 1m あたりの総和筋電積分値

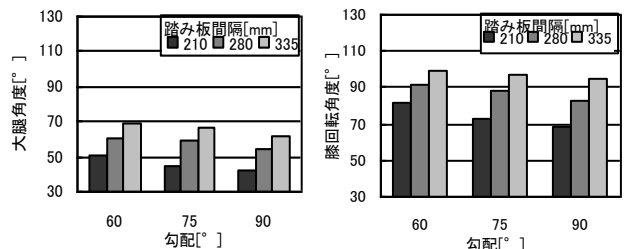


図 8 下肢関節角度測定値

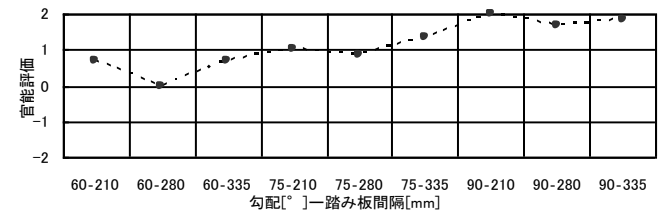


図 9 官能評価の結果(平均)

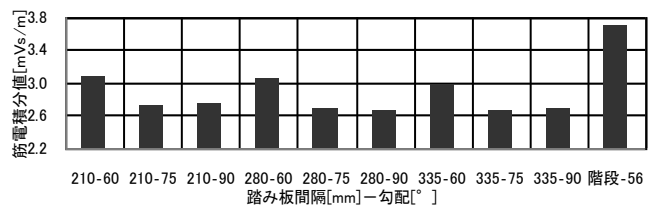


図 10 高さ 1m あたりの総和筋電積分値からみたはしごと階段の比較

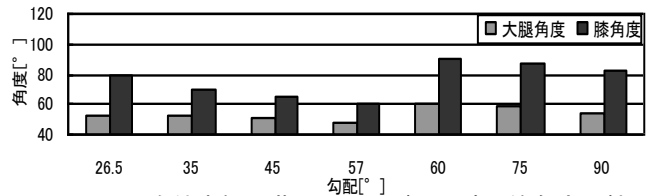


図 11 自然歩幅の階段とはしごの下肢関節角度比較

### 参考文献

- 1) 「表面筋電図」(バイオメカニズム学会編)/東京電気大学出版局
- 2) 「新・徒手筋力検査法」/株式会社協同医書出版社
- 3) 波多野舞子、垂井健吾ほか: 階段の断面形状の違いが歩行動作における筋負担及び下肢関節角度に及ぼす影響  
斜路・階段の移動動作における人体負担に関する実験研究その 1, その 2 日本建築学会大会学術講演梗概集 E-1 pp1001-1004, 2009.

\*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, 非常勤職員, 工修  
\*4 独立行政法人 建築研究所, 博士(工学)  
\*5 独立行政法人 建築研究所 工博  
\*6 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 Part-time Staff Building Research Institute, M. Eng  
\*4 Building Research Institute, Dr. Eng.  
\*5 Building Research Institute, Dr. Eng.  
\*6 Prof., Dept. of Architecture, Faculty of Eng., Tokyo Univ. of Science, Dr. Eng.