

RIIS-RR-29-2
UDC 69.026.1 : 69.026.3 : 159.938

産業安全研究所研究報告

RESEARCH REPORT OF
THE RESEARCH INSTITUTE OF INDUSTRIAL SAFETY

RR-29-2

階段・通路の安全性に関する研究 (第3報)

—階段寸法等に対する心理的評価—

永 田 久 雄*

労働省産業安全研究所
MINISTRY OF LABOUR
THE RESEARCH INSTITUTE OF INDUSTRIAL SAFETY

* 土木建築研究部 Architectural Research Division

階段・通路の安全性に関する研究(第3報)

—階段寸法等に対する心理的評価—

永 田 久 雄*

Accident Prevention on Walkways and Stairways Third Report Psychological Assessment to Stair Dimensions

The previous report: an experimental study of human motion on stairs, was carried out based on the statistical research on stair accidents, and then the characteristics of the following fundamental factors of stair accidents, that is, slipping, stumbling and miss-footing came to light. But no distinct relations between dimensions of tread and rise with those fundamental factors of stair accidents could be shown, because human motion changes on stairs to various stair dimensions, were smaller than individual differences and variations of walking speed.

This report was studied not by objective observations of human motion, but by psychological method on subjects' estimations. Many optimum dimensions of tread and rise are recommended from past studies. However, the study connected with psychological pressure - which were dealt with in this report - for many combinations of tread and rise could not be found, and those studies put stress not on a safety walk in descent, but mainly on a comfort walk in ascent.

Each of twenty students and aged men estimated 42 combinations of tread and rise for four items, namely, height of rise, width of tread, hardness to walk and instability to walk on verbal category judgement, and some of them also evaluated walking velocity and handrail height. The students group only assessed various dimensions of nonskid edge of tread by the Scheffé-Nakaya's paired comparison method. Furthermore easy terms to express the psychological magnitude or degree and psychological numerical relations among Japanese terms were investigated on the preference questionnaires of 50 persons of different sexes antecedently to the psychological experiments.

Main results obtained are as follows:

- 1) Optimum dimensions for tread and rise exist in a definite combination; tread - 28 cm and rise - 18.5 cm for students, 30 cm and 18 cm for aged men. Psychological pressure increases as measurements deviate from this combination.
- 2) Descent average time for one stride in neutral on verbal scale is 1.11 sec. for students and 1.41 sec. for aged men. Linear relations between terms on verbal scale and the stride times are clearly shown.
- 3) General handrail height is recommended between 80 cm and 90 cm. Suitable handrail height will be changed depending on stature and the usage of the handrail.
- 4) A longer width of nonskid edge is better and the rise from the floor of a tread to the top of nonskid edge is recommended within 4 mm.

1. 緒 言

階段災害の調査結果を基に前報¹⁾では階段昇降時の歩行分析を行い、滑り、つまづき、踏み外しの災害要因の特性を明らかにすることができた。しかしながら、踏面・蹴上寸法差と災害要因との明確な関連を見出すに至らなかった。その理由は、階段寸法差による昇降動作の変動が少なく、かつまた個人差、昇降速度差による災害要因の特性差が大きいためであった。本報では階段寸法差との関連を明らかにするために、動作を客観的に分析するのではなく、被験者の判断に基づく心理学的方法に拠った。

階段諸寸法に関する研究は、古くからあり多くの推奨値および算定式が提案されているが、主に安全性の観点からの心理学的な研究は見出せない。大部分の研究は階段を昇る場合の疲労に重点を置いているが、本報では昇降時の特に降りる時の安全性に主眼を置いている。安全寸法は総合的に決定されるべきものであるから、被験者の判断による心理的評価寸法^{*1)}をそのまま安全寸法として扱うことは妥当ではない。また、安全寸法とするまえに、事故の生起率、受傷率が少なくなることの実証が必要である。故に心理的評価寸法は安全寸法ではなく、その寸法を決定するためのあくまでも基礎資料としての意味がある。しかし、本報では心理的負担の少ない寸法ほど安全寸法に近いという考え方をしている。

評価対象としたのは、踏面寸法、蹴上(けあげ)寸法、階段手摺高、段鼻(踏面先端)部用の滑り止め材の形状と寸法および踏面勾配である。また、階段災害に深い関連のある歩行速度や、高齢者に関しても心理評価実験を行った。

2. 心理学的評価方法

歩行者が種々の寸法等に対して感じる心理負担の

- *1) 本報では「評価」を「評定」と「産定」とに区別して使いわけている。ここで評定とはある刺激(状態)に対する用語又は数値で表現させる方法であり、産定とはある用語又は数値から逆に刺激(状態)を産出させて表現させる方法と定義している。
- *2) 踏面最先端部から手摺上部までの鉛直高さ

大きさを客観的に知ることは非常に難しい。たとえ数値によって示したとしても、それはその方法によってのみ得られた心理的側面であり、心理的負担度を完全に把握できるものではない。しかし、現在開発されている心理学の数量化の方法を検討して階段昇降時の心理学的評価に適用することは、少なくとも単なる被験者の直感的判断からすぐに結論を出す方法に比べれば、数段優れた方法と考えられる。そこで、本報では言語評定法に使う用語に関して検討したのち、「歩きづらさ」、「不安感」、「高さ」、「広さ」、「速さ」、「歩行度」、「安定度」などについて実験項目に応じて系列範ちゅう法(数値尺度法)、一対比較法によって尺度構成を行った。以下に、一対比較法及び評価に使った用語について述べる。

2. 1 一 対 比 較 法 (シェフェ・中屋の方法)

用語、滑り止め材、踏面勾配の評定に使った一対比較法とは、試料群から2つを対にして取り出して相互比較を行わせて、あらかじめ決められた方法で評点を付けさせ、次に、残りの総ての一対組合せについても評定させ、全被験者の評定データから試料相互の心理的な関係づけを行う方法である。以下に更に詳しく記述する。

今、試料 S_i が試料 S_j に比べ、心理的評定にどの程度の差があるかを評点(数値)で与えるものとし、それが被験者 k によってなされた評点を X_{ijk} ^{*3)}とする。但し、 $i=j$ の場合 $X_{ijk}=0$ 、 $X_{jik}=-X_{ijk}$ とする。

ここで、 t 個の試料について n 人の被験者によってなされた比較結果を基に、それぞれの比較結果 X_{ijk} の最確値を推定してみる。

今、評点 X_{ijk} が次のような各部分から構成されていると考える。

$$(a_i - a_j) + (\beta_{ik} - \beta_{jk}) + \gamma_{ij} + \epsilon_{ijk}$$

但し、

a_i 又は a_j : 評点のうち、試料 S_i 又は 試料 S_j のみに関係する部分

- *3) 心理的評定においては、 S_i と S_j を観察する順序が変わると比較の結果が異なることがあるが、この場合は、順序が変わっても同じ結果が得られるものとしている。

階段・通路の安全性に関する研究（第3報）

β_{ik} 又は β_{jk} : 評点のうち、試料 S_i と被験者 k 又は試料 S_j と被験者 k との組合せに関する部分

γ_{ij} : 評点のうち、試料 S_i と試料 S_j との組合せに関する部分

ϵ_{ijk} : 誤差、統計的に互に独立で正規分布 $N(0, \sigma^2)$ に従う。

更に、 $\sum_{i=1}^t a_i = 0, \sum_{i=1}^t \beta_{ik} = 0, \sum_{k=1}^n \beta_{ik} = 0$

$\gamma_{ji} = -\gamma_{ij}, \sum_{j=1}^t \gamma_{ij} = 0$ とする。

以上のようにすると、 $a_i, \beta_{ik}, \gamma_{ij}$ の最確値およびこれらで構成される X_{ijk} の各効果の最確値は、

$$Q = \sum_i \sum_{j=1}^t \sum_{k=1}^n (\epsilon_{ijk})^2 = \frac{1}{2} \sum_i \sum_{j=1}^t \sum_{k=1}^n (\epsilon_{ijk})^2$$

ここで $ijk = X_{ijk} - (a_i - a_j) - (\beta_{ik} - \beta_{jk}) - \gamma_{ij}$

上式で Q を最小ならしめる条件、つまり誤差の自乗値を最小にする条件から求められる。

$\frac{\partial Q}{\partial a_i} = 0$ より a_i の最確値 \hat{a}_i は、

$$\frac{\partial Q}{\partial a_i} = - \sum_{j=1}^t \sum_{k=1}^n (X_{ijk} - (a_i - a_j) - (\beta_{ik} - \beta_{jk}) - \gamma_{ij}) = 0$$

$$= - \sum_{j=1}^t \sum_{k=1}^n X_{ijk} + t \cdot n \cdot a_i = 0$$

$\therefore \hat{a}_i = \frac{1}{t \cdot n} \sum_{j=1}^t \sum_{k=1}^n X_{ijk}$ となる。

同様に、 $\frac{\partial Q}{\partial \beta_{ik}} = 0, \frac{\partial Q}{\partial \gamma_{ij}} = 0$ より最確値 $\hat{\beta}_{ik}, \hat{\gamma}_{ij}$ は、

$$\hat{\beta}_{ik} = \frac{1}{t} \sum_{j=1}^t X_{ijk} - \hat{a}_i$$

$$\hat{\gamma}_{ij} = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n X_{ijk} - (\hat{a}_i - \hat{a}_j)$$

a_i 又は a_j は、個々の試料のみに関係し、他試料との関係や被験者との関係が除去されているので、これを主効果と称し、 β_{ik} 又は β_{jk} は被験者に関係しているのでこれを個人差効果と称し、 γ_{ij} は2個の試料の組合せに関係しているので、これを組合せ効

果と称する。

X_{ijk} の構造式の中で個人差効果が無視できるほど小さいと考えられるならば、評点 X_{ijk} は各試料の平均的心理度合の差のみで表わすことができる。故に、最小自乗法的な最確値 \hat{a}_i によって試料 S_i の心理度合を代表することができる。ここで個人差効果、組合せ効果の有意性の検定は、分散分析法によって行う。主効果のみに有意性が認められたら、各主効果の信頼区間を学生化された範囲により求め、主効果の最確値相互間の差の有意性を検定する。

一対比較法は感覚差の少ない試料に関して尺度化を可能にする利点があるが、しかし試料数が多くなると比較する対が $\frac{1}{2} \cdot t \cdot (t-1)$ の割合で増し、それともなると多くの実験労力と時間を必要とするようになる。また得られた結果は試料が互いに依存し合ったものであるから、試料をひとつでも除くと総ての試料の数値が変わってしまう。 $\sum_{i=1}^t a_i = 0$ の式より一般に、心理度合の高い試料を除くと全体的に数値は高くなり、低い試料の場合はその逆の効果が現われるという特性がある。故に、得られた結果の相対関係に着目して分析をしてゆく必要がある。

分散分析にあたっては F 分布検定を行っているが、厳密には効果が算術的に加算できるものではない。¹¹⁾ 従って心理実験データの分析に関しては不確定な要素が多いため、F 分布による有意差検定にあたっては、危険率 (1%, 5%) のみによって仮説の採択、棄却を行うべきでない。組合せ、個人差効果が有意であると数学的に採択されたとしても、主効果が充分に有意でありかつ、組合せ、個人差効果の全体誤差に占める寄与率が少ない場合は、その有意差を無視できると考えられる。

2. 2 尺度と用語

総ての心理的反応は実験者が提示した用語を通して回答させているが、その用語に数値を附与して用語間の等間隔性および連続性を仮定すると、あとは数理的な操作のみで結果を得ることができる。故に、言葉に数値を附与し数学的な処理をするにあたって

* 4) 母集団分布が正規分布すると仮定すれば最小自乗法で求めたものは、最尤法の結果と一致する。

* 5) 詳細な計算方法については文献 9), 10) を参照されたい。

1 被験者から「感じた度合」を色々と答えてもらうときに、次のような質問をすることがよくあります。「どのように感じますか、次の5つのなかから選んで下さい。

(なんともない), (**多少** 感じる), (感じる), (**大いに** 感じる), (**とびぬけて** 感じる)
 次のように質問された場合は、 にどのような言葉が与えられるとあなたは最も答やすいですか。例にしたがって下のにその言葉を書き入れて下さい。参考に種々の言葉を下の枠内に示してあります。

例 「疲れを感じますか」という質問に対して、
 なんともない, **多少** 疲れる, 疲れる, **大いに** 疲れる, 疲れる | **とびぬけて**

- a) 「歩きにくいですか」
 なんともない, 歩きにくい, 歩きにくい, 歩きにくい, 歩きにくい
- b) 「昇降していて不安ですか」
 なんともない, 不安, 不安, 不安, 不安
- c) 「この手すりは高いですか」
 なんともない, 高い, 高い, 高い, 高い

すこし	かなり	まったく
ちょっと	そうとう	非常に
いづらか	とても	けたはずれに
やや	だいぶ	極めて
わずかに	大変	とほうもなく
若干	大いに	極端に
心もち	えらく	絶大に
多少	すごく	甚大に
	おおいに	とびぬけて
	はなはだ	がまんできないほど

Fig.1 The preference questionnaires for Japanese terms of a verbal category scale
 言語尺度用語に関するアンケート

言葉の意味する度合を、比較して下さい。AがBより大きいときは、**A**—Bとして下さい。等しい場合はA Bとして下さい。

(例)
 すこし **非常に** ……「非常に」の方が意味する度合が大きい。
極端に わずかに ……「極端に」 " " "
 すこし 心もち ……等しい場合。

- | | | | |
|------|------|------|------|
| すこし | 多少 | 心もち | わずかに |
| やや | ちょっと | すこし | いづらか |
| 心もち | やや | いづらか | やや |
| いづらか | わずかに | ちょっと | 多少 |
| 多少 | やや | やや | わずかに |
| わずかに | ちょっと | 多少 | 心もち |
| 心もち | いづらか | すこし | ちょっと |
| やや | すこし | いづらか | 多少 |
| わずかに | 多少 | わずかに | すこし |
| いづらか | ちょっと | 心もち | ちょっと |
| すこし | 心もち | | |

かなり	とほうもなく	だいぶ	かなり
極端に	とても	とても	非常に
すごく	だいぶ	そうとう	とほうもなく
とても	かなり	極端に	すごく
極めて	極端に	そうとう	かなり
そうとう	だいぶ	極端に	非常に
とても	とほうもなく	極めて	すごく
かなり	すごく	だいぶ	とほうもなく
極めて	とても	そうとう	極めて
かなり	極端に	非常に	とほうもなく

Fig.2 The preference questionnaires for Japanese terms by the paired comparison method (1)
 一対比較法による用語のアンケート (1)

- | | |
|--------|------|
| そうとう | とても |
| とほうもなく | 極めて |
| とても | だいぶ |
| だいぶ | 非常に |
| 極端に | そうとう |
| 非常に | かなり |
| 極めて | だいぶ |
| とほうもなく | すごく |
| とても | すごく |
| 極端に | だいぶ |
| 非常に | 極めて |
| そうとう | すごく |
| 非常に | すごく |
| とほうもなく | 極端に |
| 非常に | そうとう |
| 極めて | かなり |

年齢および性別を記入して下さい。
 年齢 _____ 性別 男・女
 御協力ありがとうございました。

Fig.3 The preference questionnaires for Japanese terms by the paired comparison (2)
 一対比較法による用語のアンケート (2)

階段・通路の安全性に関する研究(第3報)

Table1 Preferable Japanese terms express psychological magnitude
表現しやすい用語

Magnitude of meanings	Order	Hardness to walk	Instability to walk	Height of handrail	Total	
					Term	Ratio(%)
Small	1	すこし	すこし	すこし	すこし	46
	2	やや	やや	やや	やや	18
	3	ちょっと	多少	ちょっと	ちょっと	11
Middle	1	かなり	かなり	かなり	かなり	41
	2	とても	とても	だいぶ	だいぶ	18
	3	だいぶ	だいぶ	とても	とても	17
Large	1	非常に	非常に	非常に	非常に	47
	2	極めて	極めて	極端に	極めて	11
	3	とても	極端に	極めて	極端に	11

表現用語の相互関係について、できる限り明確にしておく必要がある。

尺度と用語に関する研究は、Jones⁶⁾らが系列範ちゅう法で食品に対する嗜好度を測定する形容詞、副詞51語について、吉川⁶⁾らが数値線上に大きさを記入

する方法で70語について行った。⁷⁾本報では、不安度、歩きづらさ等を評価するのに使い易い表現用語および数量的な大きさに関して男女50名(平均年齢 34.2歳, S. D. 15.2歳)について、アンケート方式によって調査した。Fig. 1~3にアンケートの内容を示す。

Table2 Analysis of variance
分散分析表
Group A wordings

Factor	Ss	Df	Ms	Fo	Pr
M	886.03	8	110.75	..502.35	58.9
MxI	252.42	392	0.64	.. 2.92	11.1
Int	60.07	28	2.15	.. 9.73	3.6
Error	302.48	1372	0.22		
Total sum	1501.00	1800			

Group B wordings

Factor	Ss	Df	Ms	Fo	Pr
M	117.28	6	19.55	.. 83.14	19.5
MxI	292.29	294	1.01	.. 4.30	38.2
Int	5.62	15	0.37	.. 1.59	0.3
Error	172.81	735	0.24		
Total sum	593.0	1050			

M : main effect
MXI: individual effect in main effect
Int : interaction effect
Ms : unbiased variance
Fo : variance ratio

Ss: sum of squares . : 5% significance level
Df : degree of freedom .. : 1% significance level
Pr : ratio of the pure sum of squares to the total (%)

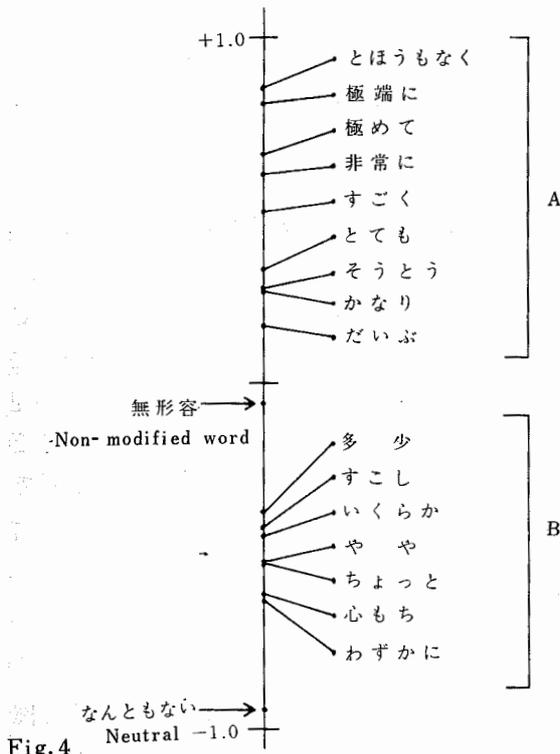


Fig. 4

Psychological correlations of Japanese adverbial wordings by the paired comparison method

一対比較法による表現用語の関係

使い易い表現用語を「歩きづらさ」、「不安度」、「手摺高」の各項目ごとに空欄に記入させる方法によっている。その結果を項目別に割合の大きい用語から順に第3番目までをTable 1に示した。表現程度小のグループの場合は、「少し」、「やや」が多く好んで使われ、表現程度中の場合は「かなり」、「だいふ」などであり、程度大の場合は「非常に」、「極めて」などであった。^{*6)}

用語の数量的関係を調べた吉川らの方法は、予備調査の結果、多くの用語に対しては有用な手法であるが、アンケート方式では回答者にかなりの迷いを生じさせ判断が難しいことが分かったため、表現程度が大のグループA（語い9語）と、小のグループB（7語）とに別けて3段階評価の一対比較判断を行わせた。比較して等価と感じた場合は、評点0、その用語の意味する程度が他より大の場合+1、小

*6) 厳密には評価する対象によって、同じ表現用語であっても使われ方やその意味する度合も変るが、本報では個人差等と比べると僅少であると考えられるので無視した。

Table 3 Verbal scale and score
言語尺度と評点

Score	Terms
0	なんともない (neutral)
± 1	少し (slightly) -----
± 2	-----
± 3	かなり (pretty) -----
± 4	非常に (very)

'-----' indicates high or low, fast or slow etc.

の場合-1として一対比較を行わせた。

分散分析の結果をA群、B群ごとにTable 2に示した。F分布による分散比の検定ではいずれの効果も有意となっている。特にB群の主効果における個人差効果が大きいこと、主効果相互の差が少ないことから、用語の比較判断が難しいことが分かる。A群においては個人差、組合せ効果は、主効果の分散比、寄与率と比較して小さいことから、主効果への個人差効果等による影響は少ない。A群の用語はB群と比較して心理的に大きい度合を表現する用語であると考えられる。この関係があると仮定して数量化し表現用語間の関係をFig. 4に示した。図の中位点は、無修飾の場合である。「かなり」という修飾語の使い方は、研究者によってまちまちであるが「非常に」とは明らかに区別して用いるべきである。言語範ちゅう判断による心理実験では、使い易さを考慮に入れてTable 3に示す数値尺度を使用することにした。表中の破線部には評価する対象に応じて「高い」、「歩きづらい」などの言葉が入る。ここで正負の記号は、例えば「高い」を正の点数とすれば、「低い」を負数で表わす時に使う。この数値尺度の等間隔性を十分に保障する結果が、一対比較法によって得ることはできないが、評価用語間の等間隔性を仮定し、Table 3の尺度を間隔尺度として使用する。このことより、この尺度による評価データの加減計算が可能となる。本報ではこの尺度上の用語にTable 3のような点数を附して評価データの数学的な処理を行っている。

*7) 本報では、高い、広い、歩きづらい、不安度などがくる。これらの無修飾語は従来の心理実験での使われ方からA群とB群の間に位置すると考えられる。

Table 4 Symbols and dimensions of tread and rise
踏面と蹴上寸法

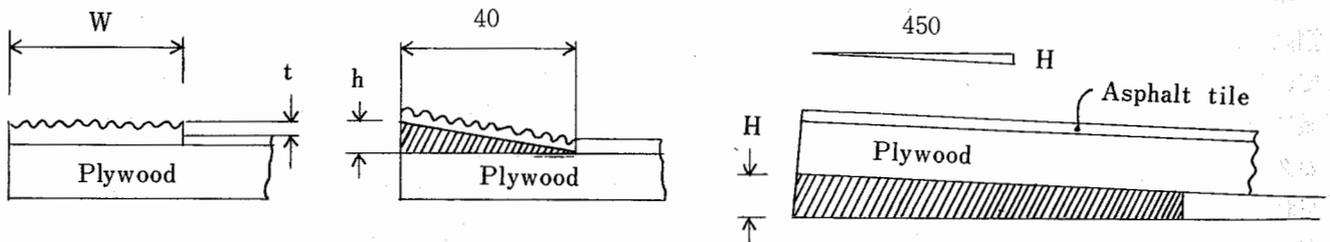
Symbol	Tread (cm)	Rise (cm)
D ₁	31	14
D ₂	28	17
D ₃	25	20
D ₄	22	23

3. 心理実験装置及び方法

3. 1 実験装置

踏面と蹴上の組合せ寸法を自由に変えられる実験用階段を使用した。^{*8)} 階段幅90cmの踏段には寸法(45×45×1.5cm)の床材を2面ならべて取り付けられる。手摺高は2.5cm 間隔に高さを変えることができる。手摺には太さφ50のステンレス管を使用した。

昇降時の速度は水平方向、水平・垂直の合成方向速度などで表わされるが、本報では1ストライドに^{*9)}要する時間(秒)で表わした。測定は踏面前部を取



W: width of a nonskid nosing h/40: gradient of a nonskid nosing
t: rise from the floor ±H/450: gradient of a tread

Fig.5 Explanation of the tip of a tread
踏面先端部の説明

Table 5 Dimensions of nonskid nosings and tread gradients
滑り止め材寸法と踏面勾配

Nonskid nosing	Length	mm	0, 20, 30, 40, 50, 60
	Rise	mm	0, 2, 4, 6, 8
	Gradient	1/40	0, 2, 4, 6, 8
Tread	Gradient	1/450	±0, ±5, ±10, ±15

*8) 前報²⁾に実験用階段の説明を記してある。

*9) 片側の足が踏面に接してから、その足が次の踏段に接するまでの1周期を意味している。ここで単位は秒である。

りつけた2組のφ10光電管のon-off信号を基に電子計算機とのon-line方式によって行った。サンプリングレートは500個/秒である。

3. 2 踏面・蹴上の設定寸法

実験時に使用した階段寸法の一部は記号化してTable 4に示した。本報では以下この実験階段寸法を記号で表わしている。踏面・蹴上寸法評価の心理実験では42組の寸法組合せについて行った。それぞれの組合せ寸法は、実験用階段の構造上から次式で与えられる。

$$\text{蹴上 } H = 1.5 \cdot i + 12.5 (\text{cm}) \quad i = 1 \sim 7 \quad (1)$$

$$\text{踏面 } W = 3.0 \cdot j + \sqrt{33.0^2 - H^2} - 11.7 (\text{cm}) \quad (2) \\ j = 1 \sim 6$$

蹴上はモートル・シリンダーによって電氣的な操作のみで所要の寸法に設定できる。踏面寸法は蹴上寸法の動きにつれて変動するために一定の広さを保持できない。そのために実験時の蹴上寸法は7種であるが、踏面寸法は42種である。

3. 3 実験用床材

滑り止め材の寸法、形状の対比較実験では種々の白色系アスタイル貼りの床板を用意した。滑り止め材の幅は6種(床からの出2mm)、滑り止めの勾配と床からの出はそれぞれ5種(幅4cm)、踏面勾配は7種である。段鼻部の形状をFig・5に、滑り止め材寸法、踏面勾配をTable5に示した。滑り止め材の材質は塩化ビニール樹脂で、形状はピッチ4mm、深さ2mmの山形である。踏面の勾配を変えるのに実験用床板の下に更に傾斜をつけた板を取り付けた。実験では正負の勾配7種について行った。ここで段鼻部が高い場合が正で、その逆が負である。

3. 4 実験方法

被験者は男子学生10名(平均年齢21.0歳, S. D. 1.6歳)と男子高齢者10名(平均年齢71.2歳, S. D. 3.5歳)の計20名である。実験は5名単位に4グループに別けて行った。被験者リストをTable 6に示す。各グループごとにTable 7に示す実験項目について心理評価実験を行った。高齢者に関しては、Table 7の2.a及び4の全項目について実験を行っていない。1.aと2.aを除いて他の実験項目については、日を替えて繰り返し実験を行った。履物は皮靴である。

実験は第1グループが1979年8月15日~24日、第2グループが1980年3月10日~19日、第3グループ

Table 6 List of male subjects
男子被験者リスト

Group	Subject	Age	Stature (cm)	Weight (kg)	Shoe length h(cm)
1	1	25	173	52	28.0
	2	22	168	53	28.1
	3	20	172	65	28.5
	4	19	164	51	27.0
	5	21	171	51	27.0
2	6	20	173	64	28.0
	7	20	168	59	27.7
	8	21	177	73	28.8
	9	22	172	66	28.1
	10	20	172	68	29.3
3	11	67	160	43	28.5
	12	71	163	67	27.6
	13	72	157	50	25.5
	14	75	165	55	29.0
	15	67	167	58	27.5
4	16	74	165	53	28.0
	17	73	170	65	29.0
	18	76	158	50	26.5
	19	72	153	55	25.0
	20	65	152	64	27.0

Table 7 Experimental items and number of subjects
実験項目と被験者数

		Experiment head	Students	Aged men
1	a	Ordinary walking velocity	10	10
	b	Walking velocity and terms	10	10
2	a	Handrail height and terms	5	—
	b	Optimum handrail height	10	10
3	a	Tread and rise	10	10
4	a	Length of a nonskid nosing	5	—
	b	Rise from the floor	10	—
	c	Gradient of a nonskid nosing	10	—
	d	Gradient of a tread	10	—

が1980年4月7日~11日そして第4グループが1980年4月14日~18日にかけて行った。

被験者は実験室外に待機させ1人ずつ室内に入れて実験を行った。被験者相互に心理的に影響しあうのを避けるため、待機中に実験に関する会話をすることを禁じた。次に実験項目別に実験方法について記述する。

階段・通路の安全性に関する研究（第3報）

3. 4. 1 歩行速度

実験寸法 ($D_1 \sim D_4$) の設定順序は各被験者グループごとに不規則に変えた。「速くも遅くもない」中位の速さで、手摺を使わずに昇降を10回行わせて、その時のストライド時間をそれぞれ測定した。

寸法 D_3 での速度感覚とストライド時間との関係を評定法と産定法で調べた。評定法ではメトロノームの音を昇降直前に聞かせそのリズムでの昇降後に速度の評定をさせた。メトロノームの1拍の間隔は0.2~0.75秒でその間を約 $\frac{1}{20}$ 秒ごとに11に別けて、不規則に被験者に聞かせた。約11回の昇降後に休憩を取らせる方法で3回繰り返し、更に日を替えて再度実験を行った。産定法ではTable 3の用語を使って被験者に指示し昇降させ、その時のストライド時間を測定した。産定法では、「非常に遅く(速く)」は指示していない。不自然にゆっくりと歩行したり、極限に近い危険な速さで昇降しようとする傾向が見られたためである。

3. 4. 2 手摺高

第1グループの被験者5名のみTable 3の数値尺度で手摺高を昇降別に評定させた。階段寸法 $D_1 \sim D_4$ の総てについてそれぞれ10回の手摺高の評定を行わせた。手摺高の設定順序は不規則に行った。

次に、寸法 D_1, D_4 について「高くも低くもない」

歩きづらさ、不安度(降りる時のみ)^{*10)}、踏面の広さ、蹴上の高さの4項目について42組の踏面・蹴上寸法について、昇降別に数値尺度で評定させた。第1グループの被験者のみに通常歩行時と早足歩行時に別けて評定させたが、降りる時の不安度のみの評点が全体に高くなるが、他の評定には顕著な差が見られなかったことと、速く昇降することに気を取られて寸法の評定がまきらわしくなるようなので、他のグループについては通常歩行時のみで評定させた。実験組合せ寸法の設定順序は、3.2の(1),(2)式でまず j を適当に決定してから、次に不規則に i を変えて行った。

3. 4. 4 滑り止め材

Table 8 に示す5点法による一対比較判断によって滑り止め材の寸法を昇降別に評定させた。評定の内容は「歩行度」と「安定度」に関してである。階段は滑り止め材の幅については寸法 D_3 と D_1 を、他は寸法 D_3 のみを設定した。滑り止め材の幅は15組、床からの出と勾配については、それぞれ10組の一対比較判断を行わせた。

3. 4. 5 踏面の勾配

滑り止め材と同じ一対比較判断法によって昇降別に「歩行度」、「安定度」に関して評定させた。階段は寸法 D_3 に設定した。組合せ数は21組である。

Table 8 Words and scores for the paired comparison
一対比較のための言語と評点

Score	-2	-1	0	1	2
Easiness to walk	Hard to walk	Slightly hard	Neutral	Slightly easy	Easy to walk
Stability to walk	Unstable to walk	Slightly unstable	Neutral	Slightly stable	Stable to walk

中位の高さを昇降別に全被験者に産定させた。

3. 4. 3 踏面・蹴上寸法評定

*10) 評価対象に「歩きやすさ」、「安心度」を取り入れなかったのは系列範ちゅう法による場合は好適性よりむしろ難易性の評価のがより寸法効果のみを明らかにすることができるためである。

階段・通路の安全性に関する研究 (第3報)

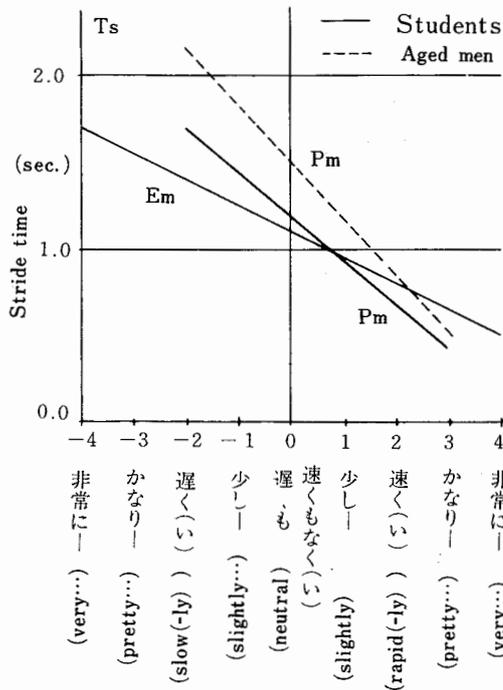


Fig. 6 Stride time vs, wordings to express speed; data of both directions included vid. Table 10
Pm: production method Em: estimation method
ストライド時間と用語 (昇降とも)

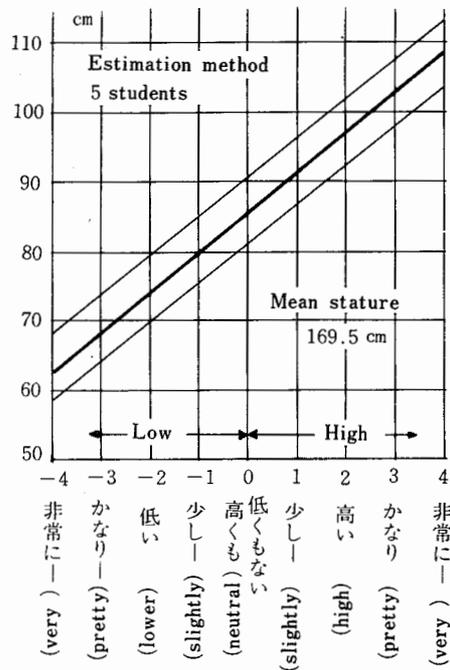


Fig. 7 Handrail height vs. wordings; all data included vid. Table 11.
手摺高と用語 (すべてのデータを含む)

Table 12 Handrail height vs. wordings to express height by stair dimensions
階段寸法別の手摺高と用語

Direction	Dimension	Hr = a · wp + b (cm)				
		a	b	r	s	h
Ascent	D ₁	5.94	86.6	0.90	4.6	50
	D ₂	6.44	88.1	0.90	4.7	"
	D ₃	5.75	87.8	0.89	4.8	"
	D ₄	6.21	90.0	0.91	4.3	"
Descent	D ₁	5.59	86.9	0.91	4.4	"
	D ₂	6.20	89.3	0.91	4.3	"
	D ₃	5.30	90.1	0.88	4.9	"
	D ₄	5.81	92.7	0.88	5.1	"
All data		5.72	85.5	0.89	4.8	400

Hr: height of hand rail

4. 心理実験結果及び考察

4. 1 歩行速度

中位の速さでの学生群, 高齢者群別のストライド時間の結果をTable 9に示した。Table 10には各階段寸法ごとにTable 9より水平, 垂直方向及び合成

方向成分の歩行速度 (km / h) を計算して示した。Table 9より学生群の昇りでは, 寸法 D₂でストライド時間が最も少なく (正規分布検定, 危険率 1%), 降りでは寸法 D₃で少なくなる。ただし降りの寸法 D₃と D₂の間に有意差はない (危険率 5%)。高齢者群の昇りでは, 寸法 D₂で最も少なくなるが寸法 D₃とのみ有意差がない (危険率 5%) が, 他寸法とは有意差がある (危険率 1%)。降りでは, 寸法 D₂,

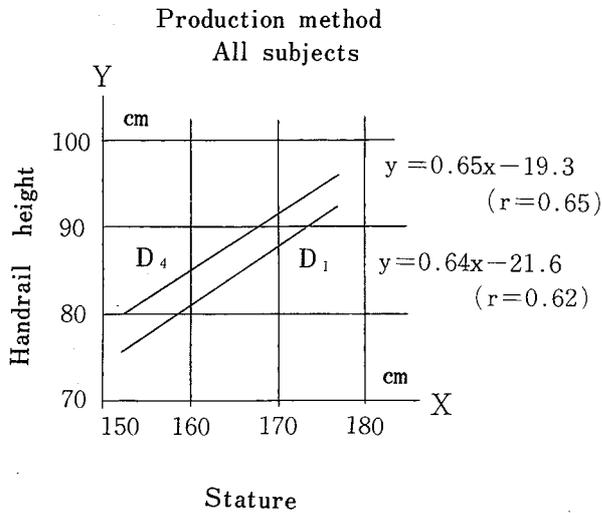


Fig. 8 Stature vs. preferable handrail height ; data of both directions included
身長と好適手摺高

D_3 で少なくなり、それぞれ寸法 D_1 と D_4 との間に有意差がある(危険率1%)。学生群では降りの方が速くなるが、高齢者群では昇降差は僅少である。また、高齢者群と学生群を比較すると高齢者群のが昇降速度は遅い。ちなみに、成人男子の平地歩行時のストライド時間は、1.0秒ほどである。¹²⁾

ストライド時間と表現用語との関係を回帰式でTable 11に示した。産定法、評定法のいずれの方法でも高い相関関係がある。学生群の結果には評定法と産定法による差が見られる。評定法の場合は、Fig 6にある図からも分るように回帰式の勾配が緩い。同じ表現度合の用語でもストライド時間が心理実験方法によって変わってきている。評定法ではストライド時間が0.5秒程度の時が「非常に速い」と感じ、1.7秒程度の時が「非常に遅い」と感じている。

4. 2 手摺高

手摺高を評定させた結果を階段寸法別、昇降別にTable 12に示した。Fig. 7は寸法別データをすべて一括して計算した回帰直線である。手摺高と用語

の間には高い相関関係がみられる。寸法 D_1 から D_4 になるほど、つまり階段勾配が急になるほど、「高くも低くもない(評点 $a = 0$)」時の手摺高が高くなってゆく傾向が見られる。その時の昇降別による手摺高の差も大きくなっている。

Fig. 8は身長と「高くも低くもない」手摺高との関係である。学生・高齢者・昇降別の区別なくすべて一括してグラフ化した。身長と手摺高には相関関係が見られる(危険率1%)。図より身長が10cm違うと手摺高は6.5cmほど変わってくる。階段勾配が急になるほど手摺高が高くなっている。身長が同じ場合は、図から寸法 D_1 と D_4 による差は約3.3cmである。手摺高は階段寸法より身長によってかなり変わってくるのが分る。

4. 3 踏面・蹴上寸法

評定結果に昇降差があったのは、学生群の踏面の広さの評定のみである(1.0~1.8cm)。降りでは、昇りより広い踏面を好み、階段勾配が急になるほど昇降差が大きくなる傾向が見られた。ここでは、昇降時のデータを合わせて結果をまとめた。Fig. 9は実験組合せ寸法(42組)ごとの昇降時の評定値を平均化して、更に全体で平滑化して、高齢者群、学生群別に得た図である。Fig. 9の高さ、広さの評定分布図から、特に高齢者群では同じ踏面の広さでも蹴上が高くなるにつれて「狭い」と感じるようになる。学生群では、同じ蹴上の高さでも踏面が広くなると、「低い」と感じるようになる。Fig. 9で昇降時に歩きづらさが最小になるのは、学生群では踏面寸法が28.0cm、蹴上寸法が18.5cmであり、高齢者群では、踏面が30.0cm、蹴上が18.0cmほどである。また、この組合せ寸法はFig. 9の評定分布図の踏幅と蹴上高さの評点0の交点とほぼ一致している。

ここで、Fig. 9はTable 3の数値尺度で示された点数以外の小数がついた値は、実際には用語と対応が取れていない補間法によって得られた計算上の値である。そこで、次に各実験組合せ寸法の全データ中で評点0以外の含まれる割合を基にして作図してFig. 10に示した。本来なら被験者、実験回数による判断の差がなければ、狭い範囲に集中するはずで

階段・通路の安全性に関する研究 (第3報)

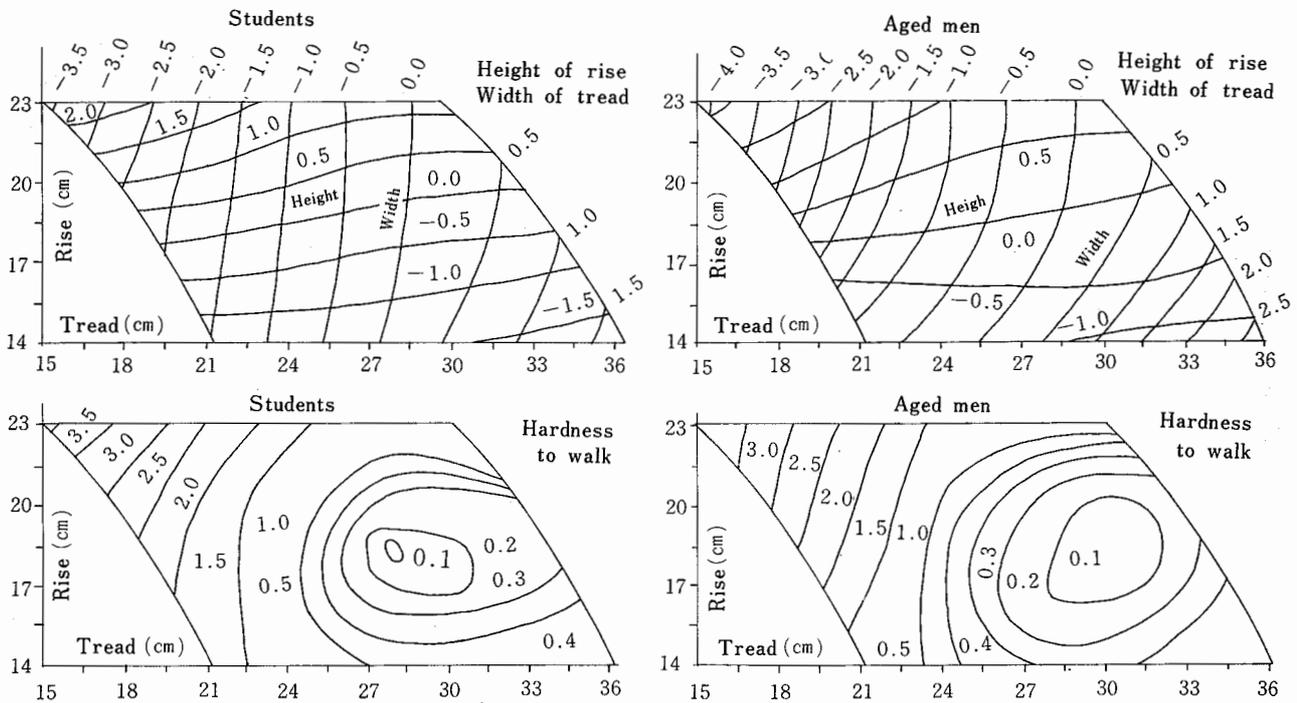


Fig. 9 Distribution figure of tread and rise assessed by verbal scale; rise--high(+)-or low(-); tread--wide(+)-or narrow(-), vid. Table 3

言語尺度による階段寸法評価分布図

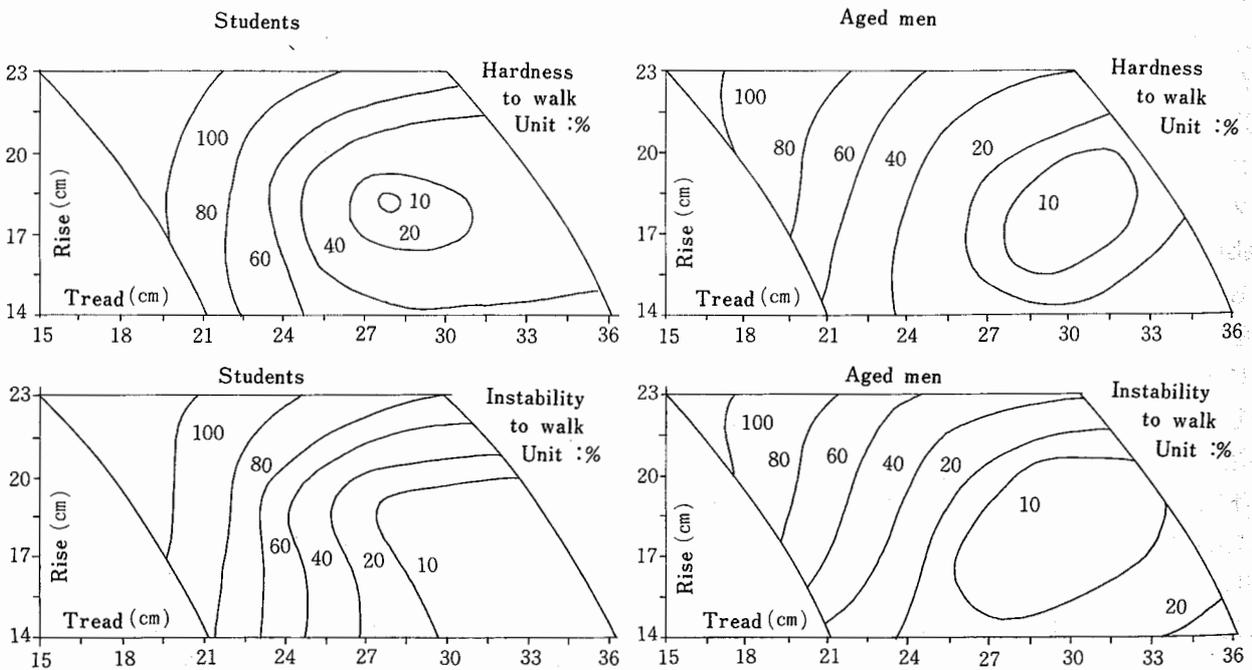


Fig. 10 Distribution figure of tread and rise by the ratio of the neutral number to the other wordings.

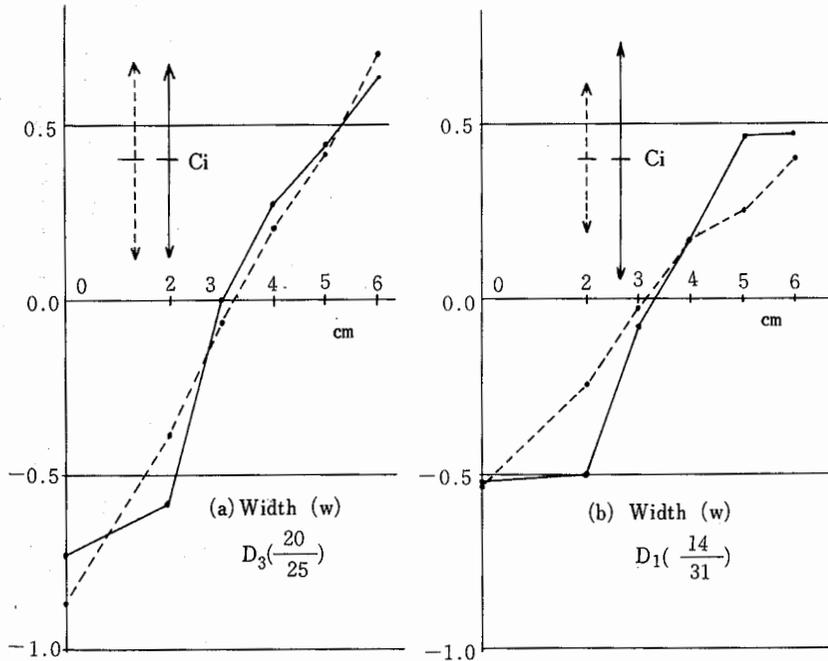
中位点の占める割合による階段寸法評価分布図

Factor	Stability		Easiness	
	Fo	Pr	Fo	Pr
M	..66.46	74.4	..68.16	66.4
M×I	-2.38	6.3	..5.24	16.8
Int.	1.98	2.2	2.03	2.0

Factor	Stability		Easiness	
	Fo	Pr	Fo	Pr
M	..46.07	56.2	..29.87	57.8
M×I	..6.02	25.0	..2.39	11.1
Int.	1.03	0.1	1.25	1.0

Factor	Descent	
	Fo	Pr
M	..129.17	74.8
M×I	..2.59	8.3
Int.	..3.61	2.3

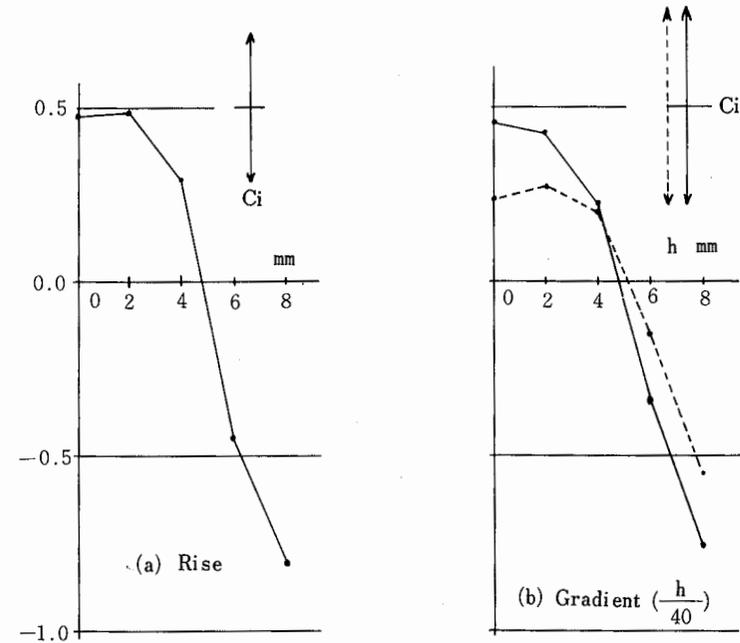
Factor	Descent		Ascent	
	Fo	Pr	Fo	Pr
M	..49.89	61.6	..23.33	36.6
M×I	1.63	7.1	..2.62	23.8
Int.	0.87	..0.3	0.41	..1.5



— : easiness to walk Ci : confidence interval
 - - - : stability to walk (95% confidence coefficient)

Fig.11 Psychological estimation of the width of nonskid nosings by the paired comparison method ; upper tables show the analyses of variance, vid. Table 2.

一対比較法による滑り止め材の幅の評定
 分散分析表を上に表示した, Table 2 参照



- - - : easiness to ascend stairs.
 — : easiness to descend stairs.

Fig.12 Psychological estimations of the rise and the gradient of nonskid nosings by the paired comparison method in the D_3 dimensions.

一対比較法による滑り止め材の厚さと勾配(階段寸法 D_3)

階段・通路の安全性に関する研究（第3報）

あるが、実際には広い範囲にわたっている。特に高齢者群では、その傾向が顕著である。これは高齢者群の評価判別が学生群より安定せず劣っているためであると推察される。Fig.10から実験寸法範囲内で不安を感じる割合が1割以下になる寸法範囲は、学生群では踏面寸法が28.5cm以上で、蹴上寸法が20cm以下である。高齢者群の場合は歩きづらさが最小になる寸法を中心にして不安度の割合が増している。学生群では蹴上が20cm以下の場合、踏面が広がっても不安の割合が1割以下であるが、高齢者の場合は、踏面寸法が33cm、蹴上寸法が14cmぐらいから2割程度の不安を感じるようになってきている。歩きづらさの分布傾向は、Fig.9,10ともにほぼ一致している。

4. 4 滑り止め材

「安定度」に関した一対比較判断には、滑り止め材の幅の評定を除いて、他には十分な寸法差が見られなかった。また、昇降別に評定を行わせたが滑り

Factor	Stability		Easiness	
	Fo	Pr	Fo	Pr
M	26.69	25.4	53.60	45.7
M × I	5.46	39.7	3.88	22.5
Int.	1.16	0.4	1.65	1.4

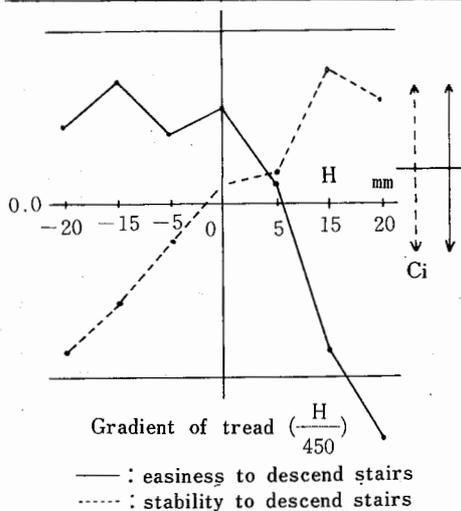


Fig.13 Psychological estimations of gradients of tread by the paired comparison method in the D₃ dimensions.

一対比較法による踏面勾配の評定(階段寸法D₃)

止め材の勾配の評定を除いて、顕著な昇降差が見られなかった。ここでは、滑り止め材の勾配の評定を除いて、降りる時のみの一対比較判断結果について述べる。各試料の主効果の最確値の計算にあたっては、2回の実験データの平均を採った。結果をFig.11, Fig.12に示した。図中には各分散比、寄与率(%)を並記した。以下に各項目ごとに記述する。

4. 4. 1 幅 (w)

Fig.11より歩行度、安全度ともに主効果は高度に有意であり、候人差効果は歩きやすさに関して寸法D₃で有意であり、安定度に関して寸法D₁で有意である(危険率5%)。ただし、組合せ効果には有意性が見られない。階段寸法の差による主効果の最確値は、信頼区間の幅が広くかつ個人差が認められるが、Fig.11(b)の直線がFig.11(a)より傾きが緩いことや、寸法D₁の主効果の不偏分散が階段寸法D₃の値より減じていることより、階段勾配が緩くなると滑り止め材の寸法差を見分けにくくなっていると推察される。

4. 4. 2 床から滑り止め材上端までの寸法 (t)

Fig.12から床からの出が高くなるほど、歩行度に関する主効果の最確値は減じている。床からの出が0, 2, 4mmでは、ほぼ同じ心理度合であることから、出が4mm以上になると平らな踏面でないと感じ、同時に歩きづらさが増していると推察される。

4. 4. 3 滑り止め材の勾配 (h/40)

昇降時の歩行感に関した一対比較判断の結果をFig.12(b)に示した。滑り止め材の厚さとほぼ同じ傾向であり、先端部が床面から高くなるほど主効果の最確値が減じて、歩きづらくなっている。また、昇りより降りの方がはっきりとした傾向が現われている。これは、滑り止め材の先端部が降りる時は靴裏で十分に踏みつけられるが、昇りでは滑り止め材の先端部が靴裏の土踏まず近くで踏みつけられるため

に、明確にその差を感じる事ができないためであると推察される。滑り止め材の勾配は降りでは床からの出によって評定されており、滑り止め材に勾配をつけても心理的効果が少ないと考えられる。

4. 5 踏面勾配

結果をFig.13に図示した。歩行度、安定度の一対比較判断の評定には個人差が大きい。図から段鼻側が高くなるにつれて歩行度が減じている。この傾向は被験者1人(踏面勾配差による歩きやすさの違いが明確に判別できていない。)を除いて、他の9名全員にみられた。また個人差効果が大きいのは、評点1,2の使い方が被験者によって違っているためである。安定度については、Fig.13のような傾向が被験者7名に見られ、全く逆の傾向を示したのが1名、勾配が評点±0の値を中心にして安定度が減じた被験者が2名いた。このように安定度の判別は個人差が大であるが、一般には図のような傾向があると推察される。

5. 結 語

Fig.9, 10から階段昇降時の歩きづらさが最小になり、かつまた広くも狭くもなく、高くも低くもない寸法は、学生群で踏面28.0cm, 蹴上18.5cm, 高齢者群では30.0cm, 18.0cmである。降りのみを考慮した不安度に関しても、この寸法は最小の10%領域内に入っている。Table 9からストライド時間が最小になるのは、降りの方が寸法 D_2 , D_3 であり、昇りの寸法 D_2 の場合である。この寸法 D_2 は、上記の組合せ寸法に最も近いのである。以上から、上記の組合せ寸法は歩行抵抗が最も少なくなる好適寸法と考えて問題ないであろう。但し、段数が多い階段に関しては更に研究し、この推奨寸法の確認及び検討をする必要がある。

滑り止め材は、幅を広く床からの出を小さくすれば歩きやすくなるし、階段勾配が急なほど滑り止め材の心理的効果が大きくなる。滑り止め材に勾配をつけても歩きやすくなるとは言えない。むしろ、一般に言われているように靴裏接地時に違和感を与えな

いように、床面と滑り止め材の上部をそろえるようにすべきであろう。また、安全性の見地から滑り止め材には、滑り防止の役目と転倒時の衝撃を吸収して受傷率を減少させる役目を負わせる必要がある。

「高くも低くもない」手摺高は身長と使い方によって変わってくる。身長が10cm違うと手摺高が6.5cmほど変わってくる。手摺の使い方には、手を手摺に添えておくだけで十分な場合と、他は体を押し上げたり支えたりするために利用する方法との2通りが実験中に観察された。前者では高めの手摺を後者より好む傾向が見られた。一般には手摺高は80~90cmが推奨できる。但し、この手摺高は墜落防止用(Guard rail)でなくあくまでも手掛かり(Hand rail)としての役割の場合である。

踏面に負の勾配がついていると昇降しやすいが、安定性が一般に減少する。正の勾配がつくと安定性が増すが歩きやすさが減少する。負の踏面勾配は雨水の流れを円滑にするために歩道橋など戸外階段に多く用いられているが、この場合は歩きやすいが安定度がないことが分る。やはり、通常の階段には平らな踏面が推奨できよう。

平衡能力を表わす閉眼片足立ち時間は、20歳過ぎから年齢とともに減少してゆくが¹³⁾、逆に転倒死亡災害は60歳過ぎから増加してゆく¹⁴⁾。このように高齢者は一寸した平衡感覚の狂いが転倒に連なったり、また知覚判別能力が劣っているために、「危険な階段通路」であると前もって認知できずに災害に遭うという根本的な転倒・転落災害起因を抱えている。

本報で使用した数値尺度(Table 3)は、ストライド時間、手摺高との対応が直線的な関係になっており、用語間に等間隔性があると考えられる。数学的に複雑な手法によって心理量の数量化をする前に、表現用語の選択ならびにそれらの相互関係を明らかにしておく事は最も大切な事柄であろう。

心理学的な手法の導入は安全工学者の立場からは、敬遠されがちであるが、特に一対比較法は心理数量化する上で非常に有用な手法であることが分った。しかし、統計的な有意差検定、被験者の個人差の処理の方法は更に検討すべき余地が残されている。

階段・通路の安全性に関する研究（第3報）

謝 辞

実験用滑り止め材の製作に当っては、ナカ工業㈱の小谷彰氏ならびに開発部の方々にお世話になった。また、報告書をまとめるに当り浅学な質問に熱心に答えて下さった農林水産省食品総合研究所の吉川誠次氏には心より深謝する次第であります。

（昭 55. 10. 1 受理）

参 考 文 献

- 1) 木下, 永田, 産業安全研究所技術報告, RIIS - TN - 75 - 9 (1976)
- 2) 永田, 木下, 産業安全研究所研究報告, RIIS - RR - 27 - 3 (1979)
- 3) 日本建築学会編, 建築学便覧, 丸善, pp 1486 - 1487 (1967)
- 4) L.E.Eriksson, "Om trappors bekvämlighet" *Architektur*, 7, pp 193 - 196 (1964)
- 5) E.I.Fresse, "Walkways, stairways, climbs ways", *American Architect*, 3, pp 45 - 48 (1934)
- 6) L.V.Jones et al., "Development of a scale for measuring soldiers' food preferences", *Food Research*, 20, pp 512 - 520 (1955)
- 7) 吉川誠次, 西丸震哉, "嗜好尺度構成の研究", 農林省食品研究所研究報告書, pp 68 - 70 (1959)
- 8) J. P. Guilford (秋重義治監訳), 精神測定法, 培風館, pp 327 - 330 (1976)
- 9) 日科技連官能検査委員会, 新版官能検査ハンドブック, 日科技連 pp 379 - 386 (1978)
- 10) 中屋澄子, "Schefféの対比較法の一変法", 第11回官能検査大会報文集, 日科技連 (1970)
- 11) 田口玄一, 統計解析, 丸善, pp 31 - 32 (1967)
- 12) 人間工学ハンドブック編集委員会, 人間工学ハンドブック, 金原出版, p 339 (1972)
- 13) 東京都立大学身体適性学研究室, 日本人の体力標準値, 不昧堂, pp 222 - 224 (1980)
- 14) 厚生省大臣官房統計情報部, 人口動態統計, (1969 ~ 1978)

産業安全研究所研究報告 RIIS-RR-29-2

昭和56年6月20日 発行

発行所 労働省産業安全研究所

〒108 東京都港区芝5丁目35番1号

電話 (03) 453-8441 番(代)

印刷所 プロ製版印刷株式会社

UDC. 69.026.1 : 69.026.3 : 159.938

階段 通路の安全性に関する研究 (第3報)

—階段寸法等に対する心理的評価—

永田久雄

産業安全研究所研究報告

RIIS-RR-29-2 (1981)

本報では階段の安全歩行に関して心理学的な手法、すなわち系列範ちゅう法や Scheffé・中屋の一対比較法を利用して研究を行った。20名の学生・老人それぞれに、42組の踏面・蹴上寸法の評価や歩行速度、手摺高、踏面先端部の滑り止め材寸法などの評価を行わせた。

最適寸法は学生については、踏面寸法28.0cm、蹴上寸法18.5cmであり、老人については30.0cm、18.0cmであった。この寸法値から外れれば外れるほど、心理的歩行負担は増している。他に種々の心理的評価データを得た。

(図13, 表12, 参14)



UDC 69.026.1: 69.026.3: 159.938

Accident Prevention on Walkways and Stairways (Third Report)

- Psychological Assessment to Stair Dimensions -

H. Nagata

Research Report of the Research Institute of Industrial Safety

RIIS-RR-29-2 (1981)

This report concerning safety walk on stairs utilized the psychological method on subjects' estimations, namely, verbal category judgement and the Scheffé-Nakaya's paired comparison method. Each of twenty students and aged men estimated 42 combinations of tread and rise, walking velocity, handrail height and dimensions of nonskid nosings of tread.

Optimum dimensions are tread-28 cm and rise-18.5 cm for students, and 30 cm and 18 cm for aged men. Psychological pressure increases as measurements deviate from this combination. Various other psychological data were obtained.

(13 figures, 12 tables, 14 references)

