主観的評価に基づく踏面・蹴上寸法の検討

階段の安全性からみた踏面・蹴上寸法の評価に関する研究 その3

CONSIDERATION OF DIMENSIONS OF TREAD AND RISE BASED
ON SUBJECTIVE EVALUATION

Evaluation of combinations of tread and rise in regard to safety on stairs Part 3

永田久雄*

Hisao NAGATA

Pedestrians are liable to have accidents while descending stairs, because of unsuitable dimensions in the tread and rise. The dimensions of tread and rise are considered to be evaluated by pedestrians themselves. In this paper, the sensory tests for difficulty in descending stairs were applied to evaluate many combinations of tread and rise. The results of sensory tests were quantified by one of the psychometric methods, specifically the method of successive categories. Ten young males (average ages 21.0), ten young females (19.7) and ten male elderly subjects (71.2) assessed 42 combinations of tread and rise in descending stairs. The female group wore 4 types of footwear, differing in the heel height. Dimensions of tread and rise with less difficulty in descending stairs existed in definite combinations, around 29 ~ 30 cm tread and 18 cm rise for lower heels, and around 30 cm tread and 15.5 cm rise for higher heels. Psychological pressures increased as measurements deviated from these combinations of tread and rise. A practical value index is suggested in this paper.

Keywords: stairs, accidents, stair dimensions, footwear, elderly people

階段, 事故, 階段寸法, 履物, 高齢者

1. 緒言

既報(その1)⁵⁾では, 歩行動作分析から踏面・蹴上寸法を決定する際には, 靴裏接地寸法, 履物のヒール高さを考慮すべきであることを明らかにした。前報(その2)⁶⁾では, 階段下降時の視覚判断エラーに着目し, 大腿部による踏面への視野の遮蔽率を用いて, 急勾配の階段の危険性の評価法を提示し, 踏面の見え幅から, 踏面の死角部分の寸法, 靴裏接地寸法を考慮した必要踏面寸法の算定式を提示した。本論(その3)では, 歩行負担の少ない寸法ほど, 踏み外し, つまずきの危険がより少なくなるといった考え方に基づいて, 幅広い範囲の踏面・蹴上の組合せ寸法の評価に関して論じることとする。

階段歩行時の身体エネルギー消費量に関する最近の論文によれば, エネルギー消費量は歩行速度差により顕著に変化するが^{7), 8)}, 通常の階段歩行速度の条件下では, 踏面・蹴上寸法を変化させてもエネルギー消費量にほとんど差をもたらさないとされている⁹⁾。また, 斜路

より階段の方が危険性が高いにもかかわらず, エネルギー消費量の観点から見ると, 階段の方がより効率的であると言った結果が得られている¹⁰⁾。このようにエネルギー消費量などから寸法を評価すると, 僅かな寸法差や, 階段が潜在しているつまづき, 踏み外しによる転落事故の危険性を覆い隠してしまうことになる。そこで, 本論では, 僅かな寸法差を明確にすることに主眼を置いていることから, 生体負担の測定値に基づく評価法でなく, 被験者自身の判断による心理的な歩行負担の観点から踏面・蹴上寸法を評価する方法を用いることにする。

2. 既往の研究と研究範囲

踏面・蹴上寸法のあり方については, 欧米を中心として17世紀から現在まで引き続き議論されてきた¹¹⁾。日本においても, 今までに多くの研究者が踏面・蹴上について研究し, 提案をなしてきた^{12)~19)}。既往の踏面・

本論文の内容は, 日本建築学会大会学術講演会¹⁾, 研究所所報²⁾, 日本人間工学会学術講演会³⁾, Proc. of the 9th Congress of International Ergonomics Association⁴⁾において発表した内容を再検討しまとめたものである。

* 労働省産業安全研究所 主任研究官・博士(工学) Senior Research Official, Research Institute of Industrial Safety of the Ministry of Labour, Dr. Eng.

蹴上寸法に関する研究報告のなかにも主観的な評価法を用いた結果が報告されている。代表的な研究者として、Ward (1967)ら²⁰⁾が挙げられるであろう。彼らは、12組の直階段を 62 歳以上 78 歳以下の高年齢被験者 45 人(男 20 人, 女 25 人)に順位づけ法で「昇降するの楽(ease)で、快適(comfort)で、安全(safety)な階段」を評価させた。次に、Irvine (1990)ら²¹⁾は、踏面・蹴上寸法を「好ましい(preferred)寸法」、「容認できる(acceptable)寸法」について昇降別に 19~69 歳の被験者 66 人(男 26 人, 女 40 人)に評価させた。しかし、いずれの研究報告においても、実験寸法範囲が狭いために踏面・蹴上の組合せ寸法の全体的な傾向を明確に知ることができない。また、女子のハイヒール着用時の転落事故が多いことから、履物のヒール高さ別の特性について論じる必要があるが、既往の論文には見あたらないのである。そこで、本論では女子の履物のヒール高さを含めて幅広い範囲の実験寸法について論じることとする。

ただし、本論では、狭い踏面、高い蹴上、ヒールの高い歩きにくい履物がどの程度までの歩行負担を強いているかに、焦点をあてているために、「快適性」、「歩きやすさ」を問題とするのではなく、「歩きづらさ」に焦点を絞っている。なお、階段事故のほとんどが下降中に発生していることから^{22)~24)}、階段下降時の歩行のみについて論じている。また、各段の踏面・蹴上寸法が一定な直階段を対象とし、寸法の不規則な螺旋階段などは研究対象外としている。

3. 実験方法

(1) 踏面・蹴上寸法

本論においても、前報⁹⁾と同様に、電動ジャッキ(最大出力 2 トン)の駆動力により踏面・蹴上寸法を自在に設定できる階段装置(段数 6 段, 階段幅 90 cm)を使用した。本装置を用いたのは、2, 3 分で所要の踏面・蹴上寸法を設定できる利点があることから、性別、履物別、年齢別の数多くの組合せ寸法についての検査を比較的容易に実施することができるためである。そこで、本装置を用いて 42 組の踏面・蹴上の組合せ寸法についての検査を実施した。実験時の蹴上寸法は 7 種(14.0, 15.5, 17.0, 18.5, 20.0, 21.5, 23.0 cm)で、各蹴上ごとに 6 組の踏面寸法をとった。その踏面寸法は階段装置の構造上から各踏面寸法(T)は、蹴上寸法(R)と、 $j=1\sim6$ の組み合わせにより下式のように決定される。

$$T = 3.0 \cdot j + \sqrt{33^2 - R^2} - 11.7 \text{ (cm)} \quad (1)$$

実験に用いた踏面寸法は 15.0 から 36.2 cm の範囲

Table 1 List of subjects

Item	Male		Female
	Young	Elderly	Young
No. of subject	10	10	10
Age	21.0	71.2	19.7
Stature (cm)	171	161	157
Body weight (kg)	60.2	56.0	48.3
Shoe length (cm)	28.1	27.4	23.3 ^{a)}

^{a)}: shoe size (cm)

Table 2 Verbal scale for sensory tests

Symbol	Term	用語	Score
C ₀	Not at all	なんともない	1
C ₁	Slightly difficult	すこし歩きづらい	2
C ₂	Difficult	歩きづらい	3
C ₃	Considerably difficult	かなり歩きづらい	4
C ₄	Very difficult	非常に歩きづらい	5

の 42 組となる。提示は、踏面寸法を決定してから、次に無作為に蹴上寸法を変えて行った。床仕上材は、白色系アスタイルで、段鼻用すべり止め材は取付けていない。

(2) 検査方法

被験者は、男子学生 10 名、男子高年齢者 10 名、女子学生 10 名の計 30 名である。高年齢者としては、65 歳以上 76 歳以下の男子成人を対象としたが、日常生活において歩行に障害をきたしていないことを条件とした。ただし、男子の履物は日常生活で使用している革靴を使用した。女子の履物はスリッパと、サイズ 24.5 cm のローヒール(ヒール高さ 1 cm)、中ヒール(ヒール高さ 4.5 cm)、ハイヒール(ヒール高さ 9 cm)の 4 種類の履物を用意した。平均体重、平均身長、男子の平均靴サイズ、女子の平均靴長を Table 1 に示す。ここで、女子 10 名の靴サイズは 22.5 cm から 24.0 cm の範囲内であり、実験用靴サイズ(24.5 cm)は被験者にとってやや大きめとなっているが、同じサイズの靴であっても足に合わないといったことや、小さな靴を無理に履かせるといったことを避けることができる。また、靴ずれなどを避けるために、本実験では、評価にあたって、長時間にわたって履き続ける状況を作り出さないように配慮した。また、女子被験者には、スカートなどによる足もとへの視野の遮蔽効果を除くために、トレーニングウェアを着用させた。実験は 5 名単位に被験者層別に 2 グループに分けて行い、被験者は実験室外に待機させ、1 人ずつ室内に入れて検査を行い、下降時の「歩きづらさ」を 42 組の踏面・蹴上寸法について Table 2 の用語により評価させた。

4. 階段下降時の寸法評価結果

(1) 男子若年者層

検査結果の概要を知るために、各寸法ごとの男子被験者全員のカテゴリ判断結果に含まれる、歩きづらさを感じている範疇 (C_1, C_2, C_3, C_4) の構成割合(%)を円の大きさに示し、その分布図を Fig. 1(a) に示す。ここで、数値が小さいほど歩きづらさが少なくなることを意味する。この図から、歩きづらさが最小になる領域が、踏面寸法 30 cm、蹴上寸法 18 cm を中心とした範囲にわたって存在している。

正規偏差量を基に尺度化する系列範疇法²⁵⁾を用いて判断結果の分析を行った。尺度化された評価値から分散分析を行った結果を Table 3 に示す。寸法差、個人差

のいずれにも有意差が見られる。全分散への寄与率は寸法差の 66.4 % に対して、個人差の占める寄与率は、6.2 % である。寸法差に対する個人差の割合は少ないことから、踏面・蹴上寸法差を比較検討するには充分であると判断した。そこで、計算機(ソフトは、Visual Numerics社製の PV-WAVE を使用した。)を用いてコンターラインを描かせたのが Fig. 2 (a) である。

踏面・蹴上寸法面上で歩きづらさが最小となる領域が存在する。ただし、図中の分布線のうち破線で示すのは、各範疇 (C_1, C_2, C_3) の尺度値を表している。Fig. 1(a) で得られたのと同様に踏面寸法が約 25 cm 以下の範囲では、等値線が立ち上がり傾向を示しており、蹴上寸法の高低にかかわらずに踏面寸法が狭くなるほど歩きづらさが増加している。Fig. 2(a) で歩きづらさが小さい領域は、Fig. 1(a) の分布図における最小領域とほぼ一致

Fig. 1 Distribution of the circles indicating the percentile ratio of the sum of C_1, C_2, C_3 and C_4 judgments to all of the judgments at each combination of tread and rise

Table 3 Analysis of variance for young subjects' assessments

Factor	Degree of freedom	Unbiased variance	Variance ratio	Contribution ratio (%)
Main effect	41	15.25	25.8	66.4
Individual effect	9	6.82	11.5	6.2
Error	369	0.591		

Table 4 Analysis of variance for elderly subjects' assessments

Factor	Degree of freedom	Unbiased variance	Variance ratio	Contribution ratio (%)
Main effect	41	15.25	24.3	64.2
Individual effect	9	7.18	13.7	7.6
Error	369	0.524

Fig. 2 Contours of values obtained by the method of successive categories

している。

(2) 高齢者層

若年者層と同様にして、評価結果の概要を知るために、実験寸法ごとに、歩きづらさを感じている範疇 (C_1, C_2, C_3, C_4) の構成割合 (%) を円の大きさで区別し、その分布図を Fig. 1(b) に示す。この図から、歩きづらさが最小になる領域が、踏面寸法 30 cm, 蹴上寸法 18 cm を中心とした範囲にわたって存在している。

系列範疇法により求めた各寸法の判断の尺度値から分散分析を行った結果を Table 4 に示す。寸法差、個人差のいずれにも有意差が見られるが、全分散への寄与率は、寸法差の 64.2 % に対して、個人差の占める寄与率は、7.6 % である。Fig. 2(b) の分布図では、若年者層の結果と同様に、踏面・蹴上寸法面上で歩行負担が最小となる領域が存在し、踏面寸法が狭い範囲では、等値線が立ち上がり、蹴上寸法の高低にかかわらず踏面寸法が狭くなるほど歩きづらさが増加している。Fig. 2(b) で歩きづらさが小さい領域は、Fig. 1(b) の構成割合の分布図の最小領域とほぼ一致している。

(3) 女子若年者層

女子被験者全員の下降時の各寸法の歩きづらさに関する履物別尺度値の実験寸法全体の総和差を Fig. 3 に示す。図の縦軸は、スリッパ着用時の 42 組の寸法評価値の総和を基準にして、そこからの差によって描いている。ハイヒール歩行の評価値の総和差が、他の履物と比較してその差が明らかに大きい。そこで、ハイヒールを除いた他の履物間については、分散分析を実験寸法ごとの評価値を用いて試みると、履物間に有意差あるとは認められない (F 値: $0.33 < F(2, 82; 0.001)$)。そこで、履物別の尺度値をハイヒールとそれ以外の履物に二分して論じることにする。履物のヒール高さの違いをみるために、ローヒールとハイヒール着用時の評価判断値のうち、歩きづらさを感じている範疇 (C_1, C_2, C_3, C_4) の構成割合 (%) を基にして分布図を描き、Fig. 4 に示す。この

図から、狭い踏面寸法領域では、蹴上寸法にかかわらず、歩きづらさが増している。歩きづらさが最小になる領域が、ローヒールでは踏面寸法 29 cm, 蹴上寸法 18 cm の近傍を中心としており、ハイヒール歩行では、踏面寸法 30 cm, 蹴上寸法 15.5 cm の近傍を中心として存在することが確認できる。

各寸法の評価値から分散分析を行った結果を Table 5, Table 6 に示す。寸法差、個人差のいずれにも有意差が見られるが、全分散への寄与率は、寸法差のローヒールの 61.1 %, ハイヒールの 54.3 % に対して、個人差は、ローヒール、ハイヒールともに約 9 % である。Fig. 5 の分布図では、いずれの場合においても、踏面・蹴上寸法面上で歩きづらさが最小となる領域が存在し、踏面寸法が狭い範囲では、等値線が立ち上がり、蹴上寸法の高低にかかわらず踏面寸法が狭くなるほど歩きづらさが増加している。Fig. 4 で歩きづらさが小さい領域は、Fig. 5 の最小領域とほぼ一致している。

ハイヒール着用時の階段下降歩行では、他の履物での歩行と比較して、いずれの踏面・蹴上寸法であっても、歩きづらさの度合いが増している。ハイヒールとローヒールに分けて、歩きづらさを感じている範疇 ($C_1, C_2, C_3,$

Fig. 3 Differences between total values of differing heel heights and that of slippers

Fig. 4 Distribution of the circles indicating the percentile ratio of the sum of C_1, C_2, C_3 and C_4 judgments to all of the judgments at each combination of tread and rise

Table 5 Analysis of variance for female subjects' assessments with low heels

Factor	Degree of freedom	Unbiased variance	Variance ratio	Contribution ratio (%)
Main effect	41	11.18	21.8	61.1
Individual effect	9	7.68	15.0	9.0
Error	369	0.512		

Table 6 Analysis of variance for female subjects' assessments with high heels

Factor	Degree of freedom	Unbiased variance	Variance ratio	Contribution ratio (%)
Main effect	41	10.70	16.2	54.3
Individual effect	9	8.47	12.8	9.3
Error	369	0.660

a) Female group with low heels

b) Female group with high heels

Fig. 5 Contours of values obtained by the method of successive categories

C₄)の構成割合を基にして描いた Fig. 4, Fig. 5 の分布曲線から判断すると、歩きづらさが最小となる寸法領域は、踏面寸法30cm でハイヒール着用時の方が蹴上が約 2.5 cm ほど低い 約 15.5 cm を中心に分布している。

5. 論考

(1) 既往の研究結果と安全寸法

Table 7 に示されている主観的判断に基づく既往の代表的な推奨寸法と比較すると、ハイヒール歩行時の場合を除いて、本実験によって得られた階段下降時の歩きづらさの最小寸法領域に、他の研究者が提唱した至適踏面・蹴上寸法が包含されている。Templerら²⁶⁾は、業務用の階段事故に限っているがビデオ撮影による 98 にのぼるニアミスを含む階段事故を分析し、その結果から、安全寸法としては踏面寸法 27.9 cm、蹴上寸法 15.2 cm を推奨している。この推奨値は、本実験で得られたハイヒール歩行時の値とほぼ一致する。ハイヒール歩行時の歩行負担の最小となる寸法領域は、踏面寸法は約 30 cm、蹴上寸法は約 15.5 cm である。この寸法はいわゆる至適寸法と言われているものである。この寸法であっても、若年者、高年齢者、女子においても、Fig. 2 と Fig. 5 の結果から範疇 C₁「少し歩きづらい」と 範疇C₀「なんともない」によって構成される範囲内に存在する。このことから、一般の階段の踏面・蹴上寸法を安全の観点から設計するには、不安定で最も危険性の高いハイヒール

Table 7 Recommended dimensions by other researchers

Researcher	Number of dimensions	Number of subjects	Tread (cm)	Rise (cm)
Ward (1967)	12	20 elderly males	29.2	17.8
		25 elderly females	26.7	17.8
Irvine (1990)	19	26 males & 40 females	27.9 ~30.5	18.3

ル歩行に、焦点を合わせて考えるべきであろう。

(2) 踏面・蹴上寸法の評価図

階段歩行中の足関節の回転が制約され、バランスを失いやすい危険なハイヒール歩行に焦点を合わせて、評価図を求めてみる。ハイヒール歩行時の歩きづらさの最小領域の中心が踏面寸法 30 cm、蹴上寸法 15.5 cm であったことから、それぞれの踏面と蹴上寸法との差 (R-15.5) と (T-30) の自乗値を説明変数とし、寸法の評価値を目的変数 y として、重回帰式を求めると、下式になる。

$$y = 0.0140 \cdot (T - 30)^2 + 0.0191 \cdot (R - 15.5)^2 + 1.05 \quad (2)$$

重相関係数 0.947 (F 値: 168.1 > F(2, 39; 0.001)) であり相関が高度に認められかつ、それぞれの回帰係数 (t 値: (踏面部 13.9, 蹴上部 6.7) > t(39; 0.001)) は、意味のある係数であることが確認できる。そこで、この式から指標値を求めるために回帰係数の比を求めると、0.0140 : 0.0191 ≒ 1.0 : 1.364 となる。(2) 式を書き改めて、指標値を求めると下式となる。

$$Dc = (T - 30)^2 + 1.364 \cdot (R - 15.5)^2 \quad (3)$$

Fig. 6 Relations between scaled values and the calculated value indices of dimensions of tread and rise (Dc)

踏面と蹴上寸法の結合値 (Dc 値) は、評価値と対応する指標となりうるものである。ただし、ここで、建築家の実用に供するために、係数を簡略化して下記のように決定した。

$$Dc = (T-30)^2 + 1.5 \cdot (R-15.5)^2 \quad (4)$$

(3)式と(4)式で係数を1.5と丸めたことによる Dc 値の差は、代表的な急階段と緩やかな階段で下記ようになる。

T=15cm R=23cmの時: Dc=(3)式で 302, (4)式で 309

T=30cm R=18cmの時: Dc=(3)式で 8.5, (4)式で 9.4

使用されている階段寸法の多くは、この値の範囲内にはいることから、係数を丸めたことによる誤差は、無視できると考えられる。

次に、(4)式から得た指標値と評価値との対応を Fig. 6 に示す。図から、男子若年者、男子高齢者、女子 (ハイヒール、ローヒール着用) 若年者のいずれにおいても、Dc 値が高くなると、評価値も直線的に増加する対応関係が見られる。このことから、(4)式によって得られる Dc 値を用いてハイヒール以外の他の履物、被験者に対する階段寸法の評価が可能であることが検証できる。

建築家の実用に供するために、(4)式から得られる Dc 値による踏面・蹴上寸法の評価図を Fig. 7 に示す。

(3) 従来の経験則について

本実験から得られた階段踏面・蹴上寸法の評価結果から判断すると、最小となる歩行負担はある特定の寸法領域に収束する傾向がある。このことは、多くの提唱式^{2,7)}のなかで扱われている踏面・蹴上寸法の考え方と対峙するものである。その中で、特に、欧米で古くから支持されている「蹴上を 1 cm 高くすると、踏面寸法を歩幅から 2 cm 引いた長さにする。」という設計思想においては、蹴上を高くすると踏面を狭くすることになり、階段下降時の安全性確保の観点からは、妥当な関係式と

Fig. 7 Contours of the calculated value indices (Dc)

は言い難い。本経験則の欠点は、降りより昇りの歩行を重視していること、梯子段と階段の歩行時の姿勢の向きに違いがあるにもかかわらず、適用を区別していないことなどが挙げられる。このように、本経験則は、階段の降りの安全性の観点からは、明らかに適切とは言えないのである。

(4) 「歩きづらさ」と「視野」に基づく結果の比較

前報⁶⁾の視野研究から、急勾配の階段を改善する場合は、蹴上を低くすることより、踏面を広げる方が、階段踏面への視野がより広がることを理論的に検証したが、歩行時の心理的負担の観点においても、踏面が 25 cm 以下となる寸法範囲では、等値線が立ち上がる傾向を示しており蹴上寸法にかかわらず歩行負担が大きくなっている。つまり、主観的評価に基づく結果においても、踏面が 25 cm 以下となる範囲内では、蹴上を低くすることより踏面寸法を広げるほうが、歩きづらさを減じる効果が大きくなるのである。

視野、落下衝撃エネルギーの観点からは、緩やかな階段勾配の方がより安全と考えられるが、Fig. 7 の分布図に明示されているように、歩行負担が最小となる寸法領域が存在し、その寸法領域から外れるほど、心理的な歩行負担が増し、踏み誤りを誘発しやすくなると考えら

れる。

(5) 踏面の最小寸法

古瀬ら¹⁹⁾は、踏面寸法を少なくとも 21 cm 以上にすべきであると提案している。Irvineら²¹⁾は、踏面寸法を 25.4 cm 以下にすべきでないと提唱している。立位姿勢保持の観点からは、最小の踏面寸法は若年男子の場合で靴長の約 75 % 以上が必要であり、女子では約 90 % となる⁵⁾。高齢者では、階段途中で立ち止まり、休息時の足場を確保することを考慮に入れて 100 % 必要であろう。更に、視野の観点からは、死角を考慮に入れる必要がある。いずれにしても、歩きづらさによって、得られた評価は歩行者の受ける歩行負担の総合的なものと考えられるから、最終的には歩きづらさによって得られた Dc 値と評価図 (Fig. 7) から階段寸法を評価することが可能である。

(6) 寸法からの安全性確保の限界と手摺の有用性

既報⁵⁾において、急階段においてハイヒール歩行時のつまずきの危険性を歩行軌跡から検証したが、Fig. 6 のハイヒール歩行の分布図においては、Dc 値 = 0 であっても比較的大きな歩行負担を感じており、階段下降中のハイヒール歩行の危険性を指摘せざるをえない。また、緩やかな階段と急階段での立位姿勢保持の実験結果から、階段の踏面・蹴上の寸法差より、年齢層別間の差の方がはるかに大きい。ハイヒールによる転落事故や、高齢者の階段事故を減少させるためには、踏面・蹴上の組合せ寸法だけに依存する安全対策には限界がある。一方、手摺の立位姿勢保持の効果は非常に大きいことから⁵⁾、階段からの転落の危険を回避するために手摺を設置することは安全上から不可欠と言える。

6. 結言

42 組の直階段の踏面・蹴上寸法の主観的評価の尺度化を系列範疇法により行った。実験結果によると、歩きづらさが最小となる寸法領域が男女若年者と男子高齢者でほぼ類似していた。ただし、女子のヒールの高い履物での階段歩行でのみ、より低い蹴上寸法領域に「歩きづらさ」の最小領域が存在しており、他と異なった傾向を示す。階段踏面・蹴上の設計法の基本的な考え方を示すために、階段からの転落事故の多い危険なハイヒール歩行に焦点を絞り、評価指標を求める式と、建築設計家の実用に供するための評価図を提示することができた。

最後に、本論をもって、階段事故調査^{24), 28), 29)}、踏面・蹴上寸法に関する研究^{5), 6)}と継続してきた一連の研究報告を終えるものである。これらの研究を通して、欧州の一建築家が 300 年前に提唱した経験則が、未だ

に、階段設計思想に多大の影響を与えていることに、疑問を感じざるをえない。その経験則の基本となってきたのは、昇りの歩行重視の考えであり、降りの歩行への配慮がなされてきたと言い難いのである。欧米では踏面・蹴上の規制寸法値の設定にこの経験則が利用されており、日本においても、規制値の決定、階段の基本設計思想に、多大の影響を与えてきていることは否めない。階段事故を防止するには、階段を設計する建築家、法的規制をする行政側のそれぞれの立場からの役割を果たすことがなによりも重要であろう。その際に、一連の階段研究が踏面・蹴上寸法のあり方を安全面から再検討する際の基礎資料として生かされれば幸いである。

参考文献

- 1) 永田久雄：階段・通路の安全性に関する研究 第8報－階段寸法等の心理的評価について、日本建築学会大会学術講演梗概集（近畿）計画系，pp.1213～1214，1980
- 2) 永田久雄：階段寸法等に対する心理的評価，階段・通路の安全性に関する研究（第3報），産業安全研究所研究報告，RR-29-2，1981
- 3) 永田久雄：階段寸法の心理的評価－女子の履物別による違いについて，日本人間工学会関東支部大会要旨集，pp.27～28，1981
- 4) Nagata, H.: Quantitative assessment to the dimensions of stairs, Proc. of the 9th Congress of International Ergonomics Association (Bournemouth), pp.928～930，1985
- 5) 永田久雄：階段からの転落要因に関する基礎的な考察，階段の安全性からみた踏面・蹴上寸法の評価に関する研究 その 1，日本建築学会計画系論文報告集，第 439 号，pp.73～80，1992
- 6) 永田久雄：視野に基づく踏面・蹴上寸法の検討，階段の安全性からみた踏面・蹴上寸法の評価に関する研究 その 2，日本建築学会計画系論文報告集，第 444 号，pp.61～66，1993
- 7) Templer, J.A., Corcoran, P.J.: Energy cost and stair design : a preliminary report, Proc. of Conference of Man Transportation Interface (USA), pp.67～86，1974
- 8) Ramanathan, N, L., Kamon, E.: The Application of stair climbing to ergometry, Ergonomics, Vol.17, pp.13～22，1974
- 9) 宇野英隆，古瀬敏：住宅階段利用時のエネルギー負荷に関する検討，日本建築学会論文報告集，第 345 号，pp.115～121，1984
- 10) Corlett, E.N., Hutcheson, C., DeLugan, M.A., Rogozenski, J.: Ramps or stairs - the choice using physiological and biomechanical criteria, Applied Ergonomics, Vol.3, pp.195～201，1972
- 11) Fitch, J.M., Templer, J.A., Corcoran, P.: The dimensions of stairs, Scientific American, Vol.231, pp.82～90，1974
- 12) 奥山美佐雄：階段に関する研究 其の 1 好適なる階段構造に就いての諸考察，労働科学研究，第 14 巻，pp.179～194，1937
- 13) 内田祥哉：蹴上と踏面，建築雑誌，第 72 巻，846 号，pp.

- 37 ~ 38, 1957
- 14) 中村幸安: デイテール寸法決定の為の方法論の研究 (第1報 傾斜路, 階段, 梯子), 日本建築学会論文報告集 号外, 9月号, 第528号, 1965
- 15) 上田光雄: 階段式及び算定尺について, 日本建築学会研究報告, 15巻, pp.211 ~ 214, 1951
- 16) 山口静夫: 階段蹴上げと踏み面について, 建築雑誌, 第72巻, 846号, pp.35 ~ 36, 1957
- 17) 若井正一: ヒューマン・サーキュレーションの科学-昇降のしやすさからみた階段, 建築士と実務, 9月号, pp.53 ~ 59, 1981
- 18) 古川修文, 山田水城, 後藤剛史: 小学生を対象とした階段の蹴上げ・踏面寸法と昇降感について, 日本建築学会大会学術講演梗概集 (東北) 計画系, pp.1469 ~ 1470, 1982
- 19) 古瀬敏, 遠藤佳宏, 宇野英隆: 安全性より見た階段の踏面・蹴上の最低寸法について-階段利用時の安全性確保に関する研究, 日本建築学会計画系論文報告集, 第356号, pp.24 ~ 29, 1985
- 20) Ward, J.S., Randall, P.: Optimum dimensions for domestic stairways; a preliminary study, Architects J., Vol. 5, pp.29 ~ 34, 1967
- 21) Irvine, C.H., Snook, S.H., Sparshatt, J.H.: Stairway risers and treads: acceptable and preferred dimensions, Applied Ergonomics, Vol.21, pp.215 ~ 225, 1990
- 22) U.S. Department of Labor, Bureau of Labor Statistics: Injuries resulting from falls on stairs, Bulletin 2214, U.S. Government Printing Office, Washington D.C., 1984
- 23) Hay, T.F., Barkow, B.: A study of stair accidents, Proc. the International Conference on Building Use and Safety Technology (Los Angeles), pp.116 ~ 121, 1985
- 24) Nagata, H.: Occupational accidents while walking on stairways, Safety Science, Vol.14, pp.199 ~ 211, 1991
- 25) J.P. Guildford (秋重義治監訳): 系列範ちゅう法, 精神測定法 (13版), 培風館, pp.276 ~ 301, 1976
- 26) Templer, J., Archea, J., Cohen, H.: Study of factors associated with risk of work-related stairway falls, J. Safety Research, Vol.16, pp.183 ~ 196, 1985
- 27) Eriksson, L.E.: Om Trapporors Bekvämlighet (comfortable light on stairs), Arkitektur, No.7, pp.193 ~ 196, 1964
- 28) 永田久雄: 病院危害情報に基づく階段転落事故の分析, 安全工学, 第31巻, 5号, pp.327 ~ 331, 1992
- 29) 永田久雄: 日本における階段からの転落死亡事故の様相, 日本建築学会計画系論文報告集, 第431号, pp.39 ~ 46, 1992

(1993年7月5日原稿受理, 1993年12月7日採用決定)