

Research Reports of the Research Institute  
of Industrial Safety, RIIS-RR-92, 1993  
UDC 159.952:612.843.6:614.821:69.026.1

## 視覚判断エラー面から見た階段踏面・けあげの安全寸法\*

永田久雄\*\*

### Safety Dimensions of Tread and Rise of Stairs in Considering Visual Perceptive Errors\*

by Hisao NAGATA\*\*

*Abstract;* A man seldom looks intently at his feet during walking, except when he wants to avoid an obstacle or a muddy pool. Usually he walks rhythmically while looking at the road surface a few meters ahead. But, sometimes, man becomes absent-minded or distracted while walking, with the result that he stumbles over even small projections or falls down when he mistakenly presumes that there is another step. There are many cases of such kinds of accidents. When descending a stairway, he slows down the pace of his walk just before he takes his first step, in order to adjust his pace to the width of the steps of the staircase, and walk down at an even pace. If the staircase is sloped gently he can see the bottom of it while watching his downward target. However, if the staircase is steep, he can not see anything downward until he arrives at the top of it, so he finds it difficult to adjust his pace. In fact, there are many cases of accidents which occur around this spot. In this paper, relations of dimensions of tread and rise, and human peripheral vision in descending stairs, were theoretically analyzed. A theoretical method for obtaining the required dimensions of a tread was suggested.

Pedestrians, in descending stairs, are usually looking down the stairs to insure a safer footing on a tread. If the pedestrians vision to their foot is obstructed in descending, they are considered to be liable to stumble. His field of view is limited by part of his body, though people are not usually aware of this fact. For example, while going downstairs, the step on which someone wants to set his foot is temporarily out of his view due to the motion of his thigh. Two male subjects participated in the experiments. The human peripheral vision in descending stairs was analyzed in 24 different combinations of trad and rise. The ratio of vision screened by thigh movements was suggested for evaluating dimensions of tread and rise in regard to human peripheral vision.

*Keywords;* Stairs, Accidents, Human error, Dead angle.

## 1. 緒 言

労働災害の原因究明において、ハード側に原因が

\*本論文の要旨は、日本建築学会計画系論文報告集<sup>1)</sup>(1993年)において発表した内容に加筆したものである。

\*\*土木建築研究部 Construction Safety Research Division

捜し出せない場合、その最終的な災害原因を人間側の不注意、ミスとして処理し、災害防止対策が充分に行われない場合が多々ある。また、システムの自動化や、技術の高度化にも拘らず、人間側のエラーにより重大災害を引き起こす例が見られるようになってきた。そこで、人間の心理、生理、行動にまで一歩

踏み込んで、災害要因の解明、災害防止に人間側の視点に立った研究手法を導入する必要が叫ばれている<sup>2)</sup>。特に、人間特性のなかでもヒューマンエラーに関する研究が、最近、心理学者を中心に盛んになされ、ヒューマンエラーの定義、分類がなされている<sup>3)</sup>。しかし、具体的なヒューマンエラーの防止対策には、個々の災害のメカニズムを詳細に検討してゆく必要がある。そこで、よく耳にする身近な階段転落事故を取り上げて、歩行時のヒューマンエラー、特に、視覚判断エラーの観点から階段の安全寸法について論じることにした。

階段歩行において前方や足元への視野が不十分であると、歩行リズムを乱したり、踵を引っかけたり、足を踏み外して、転落事故を誘発すると推察される。特に本論では、階段を下降する際に視野が遮られて生じる視覚判断エラーによるつまずき、踏み外しに起因する事故に着目して、踏面寸法（段の幅）、けあげ（段の高さ。以下、蹴上と記す。）のあり方について論じ、階段設計寸法の安全面からの基礎的な考え方を提示しようとするものである。

## 2. 基本的な研究手法と研究範囲

踏面・蹴上寸法差から生じる視野の問題以外に、階段歩行時の視覚判断エラーの誘発要因としては、次の事項が挙げられる。

- 歩行者の問題（二重焦点眼鏡、手荷物など）
- 階段管理者の問題（注意を奪うポスター、壁時計の設置など）
- 設計者の問題（まぎらわしい踏面の色と模様、暗い照明、影をつくる照明設備など）

上記の項目のうち既往の階段研究<sup>4)-8)</sup>において、照明、踏面の模様に関する研究がなされている。本論では、上記の手荷物、ポスター、踏面の模様などの視覚判断エラーの個々の誘発要因と寸法要因との関連を解明することに主眼を置くのではなく階段歩行それ自体によって生じる視野に着目して、踏面・蹴上寸法の基本的な評価手法を提示することに主眼を置いている。しかし、既往の論文<sup>9)-12)</sup>の中には、自動車、航空機などの運転操作の特性研究のアイマークカメラを用いた人間工学的な研究手法が多く用いられているが、参考とすべき階段下降時の視野に関する報告は見あたらないのである。

踏面・蹴上寸法が視覚情報をどのように妨げているかを論じる際に、基本的には、階段入り口付近に

おける歩行時の視野と、階段を下降している時の視野に分けて論じることができる。本論では、水平路から直階段を使って階下まで降りる時の視野に着目し、下記の二つのステージに分けている。

- 歩行リズムが合わずに、階段入り口で転落する事故が発生していることから、水平路（床面）から階段降り口に向かって歩行している時の階段降り口への視野を問題とするものである。すなわち、目測によりリズムを整える歩行区間での視野であり、この階段降り口への視野は、単純に数学的手法で一般解が得られる。
- 階段下降中の視覚判断エラーから、つまずき、踏み外しにより転落する事故を想定して、歩行者が階段を降りている時に下段のステップに靴先を載せようとする直前の視野を問題とするものである。実際に足をステップに載せるまでの視野を、歩行者自身に改造したアイマークカメラを取付けて撮影し、その映像を分析することによって、踏面・蹴上寸法との基礎的な関連を究明するものである。特に、歩行者自身の脚の動きと、踏面と足元への視野に着目するものである。

ただし、各段の踏面・蹴上寸法が一定な直階段を対象とし、寸法の不規則な階段、らせん階段などは研究対象外としている。また、階段事故のほとんどが降りる時に発生していることから<sup>13)</sup>、階段の降りる歩行を研究対象としている。

## 3. 階段降り口への視野

歩行者の視野の説明図を Fig. 1 に示す。歩行者が下階に降りようと階段に近づくとつれて、ある地点(Ls)から階段下までの全体像を眺めることができるようになる。その時に、階段全体の視覚情報（階段の開始位置、長さ、広さ、勾配など）から判断して歩行リズムを無意識のうちに整えようとする。視点が図中の A 領域内にあると、階段降り口の位置は察知できても、階段の全体像は全くつかめない。階下まで望めるのは、Fig. 1 で図示してある B 領域内に視点が入った時である。その B 領域内の位置から、初めて踏面先端領域が視野に入ってくる。この時の踏面先端領域の見え方を Fig. 2 に図示する。歩行者が階段を降りる時に、踏面を見下ろすと、踏面先端領域は見えても、Fig. 2 の斜線部の踏面の奥は死角となる。踏面先端領域の見え幅が広いほど、視覚

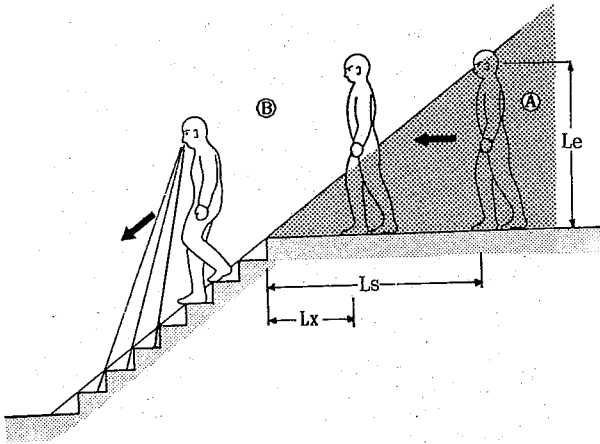


Fig. 1 Peripheral vision in descending stairs  
階段下降時の視野

判断がより正確になると考えられる。一般に、上から  $n$  段目の踏面先端領域の見え幅 (Fig. 2 に図示された  $Tn$ ) と歩行者の視点位置から階段降り口までの水平距離 (Fig. 1 に図示された  $Lx$ ) との関係は、次式のように論理的に導出できる。ただし、 $R$  を蹴上寸法、 $T$  を踏面寸法、 $Le$  を視点の高さとする。

$$\frac{R}{T - Tn} = \frac{Le + R \cdot (n - 1)}{Lx + T \cdot (n - 1)} \quad (1)$$

$$\therefore Lx = \frac{Le \cdot (T - Tn)}{R} - Tn \cdot (n - 1) \quad (2)$$

理論的な関連を知るために、(2) 式で、距離 ( $Lx$ ) を蹴上寸法 ( $R$ ) と踏面寸法 ( $T$ ) の関数と考えて、踏面寸法 ( $T$ ) に関して偏微分すると下式になる。

$$\frac{\partial Lx}{\partial T} = \frac{1}{R} \cdot Le \quad (3)$$

(3) 式より、同一歩行者 ( $Le = \text{一定}$ ) に関しては、距離 ( $Lx$ ) は、踏面寸法 ( $T$ )、各段の見え幅 ( $Tn$ ) にかかわらず、常数 ( $1/R$ ) に比例することになる。つまり、蹴上を一定として、踏面寸法を変化させると、一定の割合で距離 ( $Lx$ ) が変化することを意味している。ただし、蹴上が高い場合には、その変化率は、より小さくなる。

同様に、蹴上寸法 ( $R$ ) に関して距離 ( $Lx$ ) を偏微分すると下式になる

$$\frac{\partial Lx}{\partial R} = \frac{-(T - Tn)}{R^2} \cdot Le \quad (4)$$

(4) 式により、同一歩行者 ( $Le = \text{一定}$ ) に関して

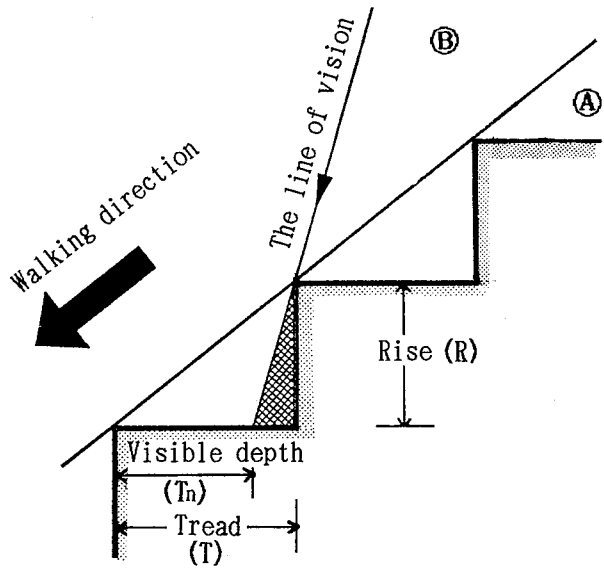


Fig. 2 The line of vision to a tread  
踏面への視線

は、距離  $Lx$  は、踏面の死角部の幅 ( $T - Tn$ ) と蹴上の自乗値の逆数に比例して減じてくる。つまり、踏面を一定として、蹴上を変化させるとその長さに応じて、距離 ( $Lx$ ) が変化するが、その変化率は、踏面が狭く、特に、蹴上が高くなるほど変化率は小さくなるのである。

(2) 式において、第一段目の踏面を対象とすると、 $n = 1$  となり、下式が導出できる。

$$\frac{Lx}{Le} = \frac{(T - T_1)}{R} \quad (5)$$

左辺は、視点高さ ( $Le$ ) で、階段入口から歩行者までの距離 ( $Lx$ ) を除して無次元化した値である。この値が大きいほど、階段入口からより離れた位置から踏面先端領域を見通せることになり、余裕を持って歩行リズムを整えられる。このように、無次元化された  $Lx/Le$  値は、歩調を整える区間での寸法のあり方を身長差のある幼児、大人を含めて論じる際のひとつの指標となるものである。例えば、足を最初に着ける踏面の見え幅 ( $T_1$ ) を 10 cm と仮定した場合の各寸法での  $Lx/Le$  値を (5) 式から各踏面・蹴上寸法ごとに求めて分布図を描くと Fig. 3 のようになる。図から、踏面寸法が狭いほど、分布線が立ち上がり傾向を示している。例えば、踏面寸法 21 cm、蹴上寸法 21 cm の時の  $Lx/Le$  値は、0.52 となるが、踏面寸法のみを 3 cm 広げた場合は 0.67、蹴上のみを 3 cm 低くした場合は 0.61 となる。つまり、踏面

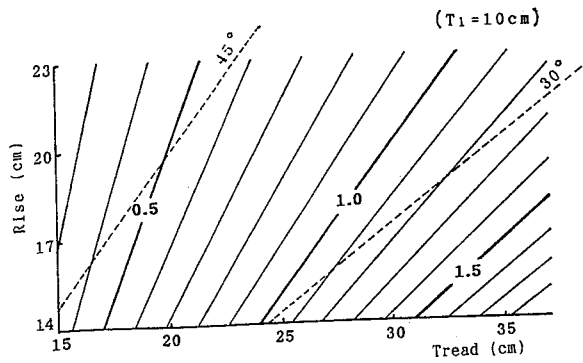


Fig. 3 Distribution figure of ratio of  $Lx/Le$  value  
 $Lx/Le$  値の分布図

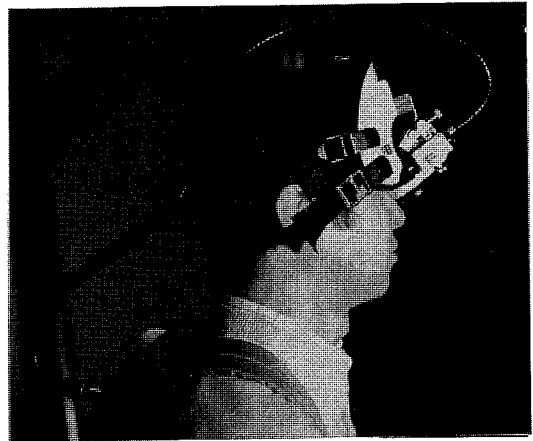


Fig. 4 Installation of Eye Mark Recorder  
アイマークレコーダーの装着

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5
- 6
- 7
- 8
- 9
- 10
- 11
- 12
- 13

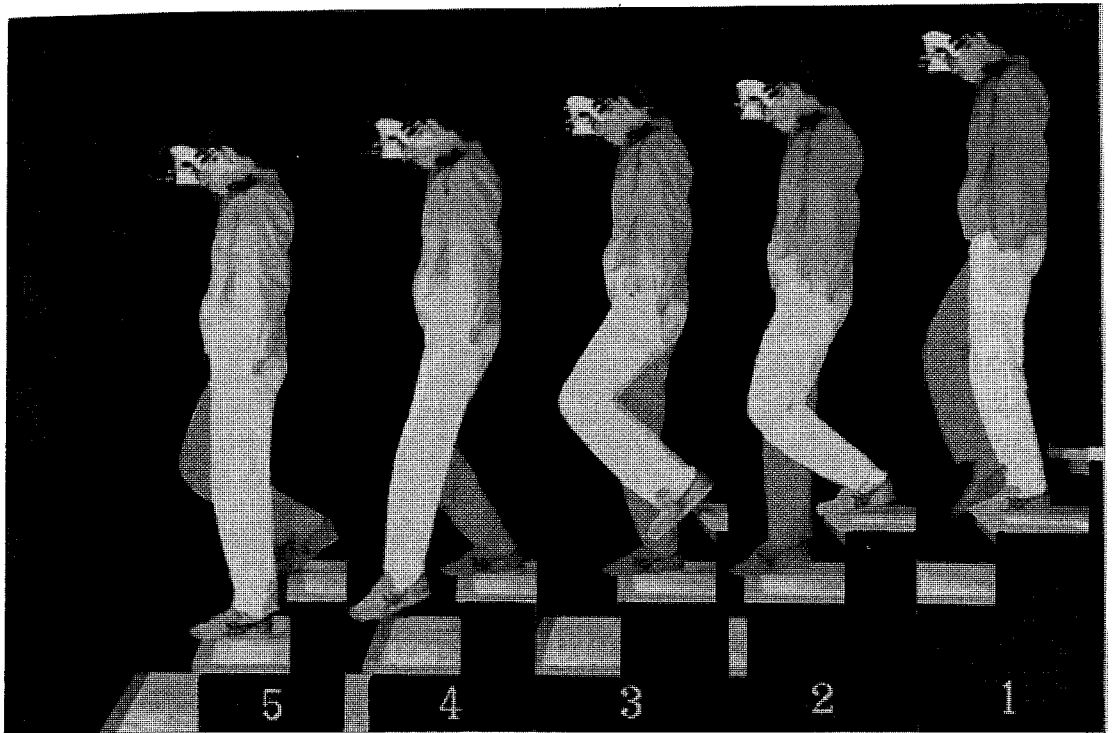


Fig. 5 Subject's walk with Eye Mark Recorder  
アイマークレコーダー装着時の歩行

の狭い急な階段になるほど蹴上を変化させることより踏面寸法を変化させることの方が  $Lx/Le$  値の変化率に与える影響が大きくなるのである。

#### 4. 階段下降時の足元への視野に関する実験

##### 4.1 実験方法

踏面、蹴上を機械的に設定できる実験階段（段数 6

段、階段幅 90 cm）を使用して、靴とズボンを着用した男子被験者 A（身長 170 cm、年齢 25 歳）、B（身長 163 cm、年齢 25 歳）の 2 名について、視野に関する実験を行った。被験者には Fig. 4 のようにアイマークカメラ（ナック社製 IV 型）を装着させたが、カメラ取付用のマスク部は階段下降時の視野を測定できるように改造したものである。実験組合せ寸法は踏面寸法 6 種、蹴上 4 種の組合せ 24 組（踏面 15

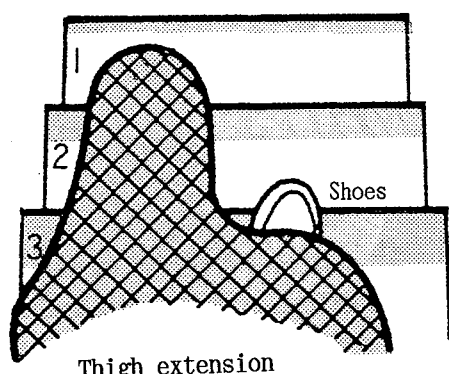


Fig. 6 Peripheral vision to foot position in descending stairs screened by thigh movements  
大腿部により遮蔽される視野

～ 36 cm, 蹴上 14 ～ 23 cm (3 cm 間隔)) である。実験階段の構造上から下式により寸法を設定した。

$$\text{蹴上寸法 } R = 3.0 * i + 11.0 \text{ (cm)} \quad i = 1 \sim 4$$

$$\text{踏面寸法 } T = 3.0 * j + \sqrt{33^2 - R^2} - 11.7 \text{ (cm)} \\ j = 1 \sim 6$$

蹴上を 23 cm にして、踏面寸法を設定し、次に、実験階段ではモートルシリンダーにより蹴上寸法をランダムに設定した。電気的な動力により蹴上を数分で設定することができる。被験者に任せた自然歩行で 24 組の各寸法につき 5 回昇降させて、その都度、階段下降中の視野をビデオテープに記録した。そのビデオ映像に、時間文字を挿入し、画面を U-matic テープ (3/4 インチ巾) に再記録させて、計測を行った。Fig. 5 に図示するように、視野の観点から下降動作を次の段階に分けている。

- 動作①: 左靴先が隠れ始める。
- 動作②: 大腿部で靴は全く見えない状態となる。
- 動作③: 膝の屈曲により踏面下方への視線が大腿部で遮蔽されてくる。
- 動作④: 足を着ける踏面先端領域、靴先が見えはじめてくる。
- 動作⑤: 左足を着地させる。

階段下降時の動作で、視野の観点から問題となるのは靴先が見えなくなる時間と大腿部によって足元への視線が遮蔽される度合である。後者は、ミスステップの最も大きな要因と推察される。そこで、撮影画像から下記の数値を求めた。

- 靴先が視野から消えて、再び視界に入るまでのストライド時間に対する時間割合。(動作②から④までの時間)

Table 1 Screening a tiptoe of shoes<sup>a)</sup>  
靴先端部の遮蔽  $N = 480$

Mean stride time (sec)	Screened time ratio (%)
1.32	45.0
(0.09)	(3.6)

a): values in the brackets show standard deviations.

- Fig. 6 で図示してあるように、大腿部により遮蔽される踏面の最大割合 ((大腿部が遮蔽する踏面部分への最大投影長さ/踏面寸法) × (100%))。

大腿部により遮蔽される割合が例えば 150%とは、下の踏面全体とその下の踏面の半分の長さが遮蔽されていることを意味している。300%とは、3 段下まで見えなくなっていることを意味している。これらの数値はビデオ映像から左右の脚別に読み取ったデータにより算定した。時間測定はコマ送りで 1/30 秒の精度で画面上から読み取り、投影長さは踏面上にあらかじめ目盛をふっておいて、画面上から目視により読み取った。そのために、モニター画面の解像度により読み取り誤差が約 ± 5% はほど見込まれた。

## 4.2 実験結果

### (1) 靴先の大腿部による遮蔽時間

靴先の遮蔽時間割合を Table 1 に示す。階段寸法、被験者による標準偏差は少ないので、一括してデータを集計してある。平均ストライド時間の標準偏差は 0.09 秒、遮蔽時間割合の標準偏差は 3.6% である。その時の、大腿部が足元を隠す平均時間は、ストライド時間の 45% である。

### (2) 大腿部による踏面の遮蔽率

遮蔽率を各 24 組の実験寸法ごとに集計し、その値を基にして、分布図を電子計算機によって描かせたのが Fig. 7 である。左側の図が身長 163 cm, 右側が身長 170 cm の被験者に関する結果である。ただし、図の左下と右上は実験寸法から外れており、推定によって描いた領域である。分布図から判断すると被験者の身長差と推察される特性差が現れている。遮蔽率は 100 から 150% の範囲では身長の高い被験者の方が同一寸法であっても遮蔽率は約 15 から 20% ほど高くなる。階段勾配が 45 度以上になると、遮蔽率の分布曲線が階段勾配を表す斜め線と類似してくる。

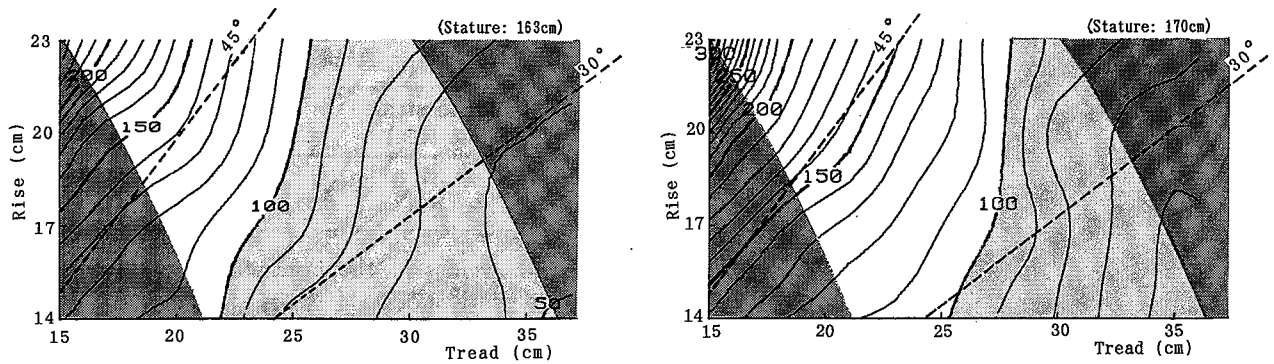


Fig. 7 Distribution figure of the ratio of vision screened by thigh movements  
大腿部による視野の遮蔽率の分布図

逆に 45 度以下では、分布は立ち上がり気味となり、遮蔽率は階段勾配、蹴上寸法より踏面寸法の大きさに密接に関連している。

### 5. 論 考

#### 5.1 視野と階段勾配

階段勾配が低くなればなるほど、階段降り口までの歩調を合わせる距離はより長くなる。急な階段では、僅かな距離で歩行リズムを整えなければならないために、通常歩行の速さで急階段に近づいた場合は、階段の手前で一旦立ち止まり姿勢を取らざるを得なくなり、結果的に歩行リズムを保つのが難しくなる。このように、階段勾配が歩行リズムの調整区間の長さを決定することになる。限界寸法を論じる場合に、踏面と蹴上寸法とその組合せによる勾配のありかたにも配慮すべきであることが示唆される。

#### 5.2 代表的な階段寸法と見え幅

典型的な階段寸法 3 種（建築基準法令の住宅階段の限界値、一般的な住宅階段などの寸法、駅階段などの寸法）を例にして、(5) 式より、距離を視点高さで除した値 ( $Lx/Le$ ) を用いて、第一段目の踏面先端領域の見え幅 ( $T_i$ ) との関連図を Fig. 8 に図示する。階段一步手前でみると、歩行ピッチにより歩幅差があるが、おおよそ、視点高さの 4 割前後が歩幅と推察されることから、 $Lx/Le$  値=0.4 前後での値を取ればよいことになる。図から、つまり  $Lx/Le$  値が 0.4 の位置では、緩やかな階段 ( $T=30$  cm,  $R=15$  cm) では第一段目の踏面先端領域では 24 cm の幅が見えているが、急な階段 ( $T=15$  cm,  $R=23$  cm) では、

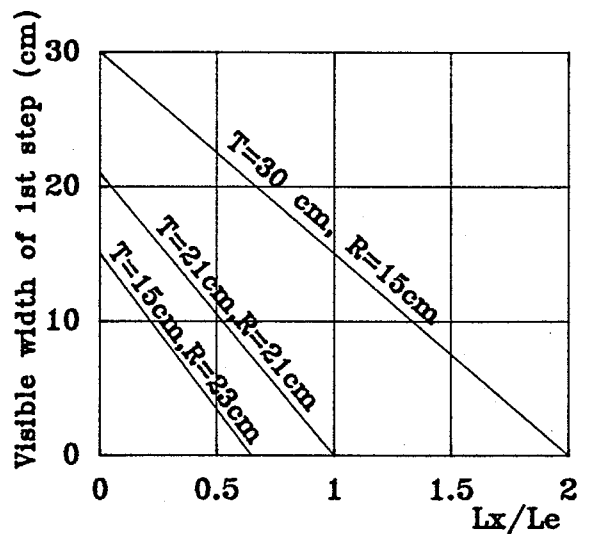


Fig. 8 Visible width of a tread  
踏面の見え幅

僅かに 5.8 cm の幅しか見えていないことになる。

#### 5.3 遮蔽率と踏面・蹴上寸法

Fig. 7 に図示された階段下降中の視野の遮蔽率分布においては、踏面が 25 cm 以上の広さの範囲では、分布が立ち上がり傾向を示すことから、蹴上寸法を変化させることより、踏面寸法を広くするほうが視野の遮蔽率を減じる効果がより大きくなると推察される。階段事故の实地調査結果<sup>13)</sup>によると、事故時に歩行ピッチが早い場合が事故全体の約 60% を占めている。遮蔽時間の実測値から判断すると、階段下降時の歩行ピッチが早くなると、着地直前の踏面先端領域と着地する足先の両方が歩行者の視野内に入る時間が短縮されてくる。そのために、判断時間がより短くなり、着地を正確に行えないために、踏み誤りやすくなると推察される。また、階段下降中の大

腿部による遮蔽率の分布から、身長差と推察される結果が得られている。身長の高い歩行者ほど大腿部による踏面の遮蔽率が高まる。つまり、同じ急階段であっても、身長が高い人ほど、足元への視野がより大きく遮られ、ヒューマンエラー（踏み誤り）による転落の危険性が高まることを意味している。また、Fig. 7から住宅の規制限界寸法（踏面寸法 15 cm, 蹴上寸法 23 cm）の急階段の歩行では、大腿部の動きで2～3段下まで遮蔽されてしまう結果から、急階段での踏み誤りによる危険性を遮蔽率によって具体的に指摘することができる。また、遮蔽率の考え方から、急階段でのコート、スカート着用時の歩行では、より転落の危険性が高まることが指摘される。

5.4 踏面の必要寸法の計算法の提示

階段寸法の算定手法は多く提案されているが、ここでは、階段入り口付近での視野の観点から計算法を提示する。歩行者がこれから降りようとする階段の寸法が十分に広ければ、足を着ける位置を前もって知ることができ、視覚判断エラーを減じることができると推察される。その際に、靴を載せるための最低限の幅だけは前もって見通せることが必要である。このことは、階段にどの程度まで近づいた位置 ( $Lx/Le$ ) から、靴裏接地に必要な幅が見通せるかが問題となるのである。つまり、この靴裏の接地に必要な最低寸法に対して、死角となる踏面の奥の寸法をどの程度まで考慮するかによって、踏面の必要寸法を決定することができるであろう。そこで、死角部分の寸法を求めてみると、(1)式から下式のように導出できる。

$$T - T_n = \frac{R \cdot (Lx + T \cdot (n - 1))}{Le + R \cdot (n - 1)} \quad (6)$$

(6)式によると、最初に足を載せる第一段目の踏段では、 $n = 1$ から、踏面の死角部の寸法は、 $R \cdot (Lx/Le)$ となり、結果的に踏面の必要寸法は下式により導出できる。

$$T_{req} = Lf \cdot S + R \cdot \frac{Lx}{Le} \quad (7)$$

$T_{req}$ : 踏面の必要寸法 (cm)

$S$ : 靴長 (cm)

$Lf$ : 靴裏接地割合

(7)式で、 $Lx/Le$  値=0の時の寸法  $T_{req}$  は、靴裏

Table 2 Required tread dimensions  
踏面の必要寸法

$Lx/Le$	Male (cm)	Female (cm)	
	( $Lf = 0.76$ )	Low heel ( $Lf = 0.91$ )	High heel ( $Lf = 0.92$ )
0.00	20.5	23.2	23.5
0.10	21.9 ~ 22.5	24.6 ~ 25.2	24.9 ~ 25.5
0.20	23.3 ~ 24.5	26.0 ~ 27.2	26.3 ~ 27.5
0.30	24.7 ~ 26.5	27.4 ~ 29.2	27.7 ~ 29.5
0.40	26.1 ~ 28.5	28.8 ~ 31.2	29.1 ~ 31.5
0.50	27.5 ~ 30.5	30.2 ~ 33.2	30.5 ~ 33.5

の接地に最低限必要な踏面寸法であり、 $Lx/Le$  値が増すほど視野の観点からは安全側になると推察される。 $Lx/Le$  値が0の時の  $T_{req}$  値以下の踏面では、靴を載せるための踏幅が充分に取れないために、横歩きか、ぎこちない歩きを歩行者に強いることになる。ちなみに、既報<sup>14)</sup>から得られた靴裏接地割合の実測値を用い、更に標準的な足長<sup>15)</sup>に2.5 cm 足したものを靴長とし、男子成人の場合の靴長を27.0 cm, 女子成人を25.5 cmと仮定する。また、蹴上の至適寸法は身体内部的な要因から決定されると推察されるので、本論では蹴上を一定値とせずに、14～20 cmの範囲として算定すると、 $Lx/Le$  値に対して必要寸法  $T_{req}$  は Table 2 のようになる。

実際の歩行者の特性、履物の種類、靴長、階段の使われ方などから算定条件を決定する必要があるが、おおよその設計寸法範囲を視野の観点から理論的に算定することができる。ちなみに、階段一步手前（視点高さの約4割）で必要幅を決定すると、表中の  $Lx/Le$  値=0.4前後の値から、必要踏面寸法は、男女を含めて26～32 cmの範囲内にあることになる。児童用の階段も基本的には、児童の靴長、靴裏接地割合などから必要寸法の範囲が算定できることになる。

6. 結 言

本研究において、歩行者が階段降り口に向かっていく時に最初に足を載せる踏面までの距離を目測で判断し、歩行リズムを合わせていることから、ヒューマンエラー（踏み誤り）に密接に関連する踏面の見え幅について、理論式を求め、蹴上、踏面寸法差による傾向を解析した。また、階段を下降中の視野を実験的に計測し、その分析結果から急階段の危険性

を大腿部による視野の遮蔽率から評価する新たな手法を提示することができた。さらに、靴長、靴裏接地割合及び、踏面の死角部分の寸法を取り入れた必要踏面寸法を算定する基本的な手法を本論で提示することができた。

労働災害の分野においてもヒューマンエラー研究が盛んになされるようになってきたが、心理学者が中心となって行っている研究手法を用いて、エラーの分類を統計的に行うことが可能であるが、その具体的なエラー防止対策は事故の型、発生場所別ごとの詳細な分析から得られる。本研究を通して、階段災害を例として、踏面・蹴上寸法差を歩行時の視野に着目して視覚判断エラーの観点から安全寸法の決定手法を提示することができた。

(平成5年3月31日受理)

#### 参考文献

- 1) 永田久雄：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, 視野に基づく踏面・蹴上寸法の検討, 日本建築学会計画系論文報告集, 第444号, pp. 61-66, 1993.
- 2) 研究効率化委員会：産業安全に関する人間科学研究検討報告書, 労働省産業安全研究所, 平成4年3月.
- 3) Reason, J.: Human error, Cambridge University Press, Cambridge, 1990.
- 4) 天神良久, 布田 健, 直井英雄：照明器具の位置が階段の見やすさに及ぼす影響について, 日本建築学会学術梗概集 (中国) 建築計画, pp. 687-688, 1990.
- 5) 布田 健, 天神良久, 直井英雄：階段における段仕上げの目地パターンと段鼻の形状が段板の見やすさに及ぼす影響について, 日本建築学会学術梗概集 (中国) 建築計画, pp. 689-690, 1990.
- 6) 小林弘平, 布田 健, 直井英雄：階段における段仕上げの柄パターンが各段の見やすさに及ぼす影響, 日本建築学会学術梗概集 (北海道) 建築計画, pp. 681-682, 1991.
- 7) 布田 健, 直井英雄：階段における段表面の明度及び照度が各段の見やすさに及ぼす影響, 日本建築学会学術梗概集 (東北) 建築計画, pp. 683-684, 1991.
- 8) 小野英哲, 横山 裕, 三上貴正, 楠本 潤：段差表面の色, 模様などから見た実在する段差の視認性の確認ならびに視界の広さ, 照度と視認性の関係の考察, 視認性からみた段差の評価方法に関する研究 (その1), 日本建築学会構造系論文報告集, 第443号, pp. 25-33, 1993.
- 9) 水田淳一, 伊南盛治, 吉岡哲二, 工藤 盈, 伊藤祐天, 飯山雄次：列車運転における視作業分析, 人間工学, Vol.11, pp. 55-61, 1975.
- 10) 角谷 博, 杉山 篤：建築機械運転時における注視挙動に関する実験, 建設の機械化, 9月号, pp. 43-48, 1977.
- 11) Simmons, R.R.: Methodological consideration of visual workloads of helicopter pilots, Human Factors, Vol. 21, pp. 353-367, 1979.
- 12) Reid, L.D., Solowka, E.N.: A systematic study of driver steering behaviour, Ergonomics, Vol. 24, pp. 447-462, 1981.
- 13) Nagata, H.: Occupational accidents while walking on stairways, Safety Science, Vol. 14, pp. 199-211, 1991.
- 14) 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.
- 15) 日本靴総合研究会：足型資料の重要性, 良い靴の基礎知識 (第9版), pp. 52-54, 1991.