昇りやすさからみた段差床面のかたさの評価方法に関する研究

STUDY ON METHOD FOR EVALUATING HARDNESS OF FLOORS AT DIFFERENCE-IN-LEVEL DERIVED FROM A VIEWPOINT OF FACILITY TO WALK UP

横山 裕*, 各務邦彦**, 岡島達雄***

Yutaka YOKOYAMA, Kunihiro KAKAMI and Tatsuo OKAJIMA

This paper presents the method for evaluating the surface hardness of floors with difference-in-level in a viewpoint of facility to walk up. At first, the sensation and evaluation scale relating to hardness of floors employed for the sensory test were constructed. Then, dynamic behavior of sample floors was measured by using "hardness testing apparatus for the floor". Derived from the result of measurements, " $U_F - 8 \cdot D_R \cdot D_R \cdot T_R^{-1}$ " was calculated as the physical value which corresponds to the hardness. Secondly, based on the correlation between evaluation scale and quantitative value " $U_F - 8 \cdot D_R \cdot D_R \cdot T_R^{-1}$ ", the evaluation indexes were obtained.

Keywords : difference in level, hardness of floor, evaluation method, facility to walk up, sensory scale, quantitative value

段差, 床面のかたさ, 評価方法, 昇りやすさ, 心理学的尺度, 物理量

1. はじめに

建築物床などにさまざまな理由により設けられる段差は, 踏み外す, つまずく, 降りる際着地時に足腰に負担がかかる, 昇降時に多くの労力を要するなどの問題点をあわせ持っている。

これらの問題点は, 高齢者など身体的弱者の増加が予測されていることなどからも, 今後, より重要な課題として検討されなければならないと考える。

小野らは, このうちつまずきの観点から高さの小さい段差を対象として検討を行い, つまずかない限界段差高さおよびつまずいた場合の痛さ, 転倒しやすさの観点からの段差の評価方法を提示している¹⁾。また小野らは, 降りる際の足腰への負担の観点からさまざまな検討を行い, 段差を認知して下りる場合および認知しないで降りる場合の負担と段差高さとの関係を提示している²⁾。さらに小野らは, 踏み外し, つまずきなどを未然に防ぐうえで重要な段差の視認性(視覚情報による段差の存在および性状の認知しやすさ)について基礎的な検討をしている³⁾。

一方, 踏み外し, つまずきなどによる転倒衝突時の安全性確保, 降りる際の足腰への負担軽減の観点からの対

策のひとつとして, 段差床面にやわらかい仕上げを施すことが考えられるが, 床面がやわらかい段差ではかたい段差と比較して昇降時により多くの労力が必要となり, 昇降しにくくなることが予想される。このため, 昇降しやすさの観点からやわらかさの上限を規定するための, 妥当な評価方法の確立が必要といえる。

本論文は, 以上の観点から段差床面のかたさの評価方法について検討した結果を述べるものである。

2. 本研究の目的と範囲

本研究は, 昇りやすさからみた段差床面のかたさの評価方法を提示することを目的とする。具体的には, 床面がやわらかい段差ではかたい段差と比較して相対的にどの程度昇りにくいかにについて検討する。ここで対象とする評価を相対評価のみとしたのは, やわらかさの上限を規定するための評価方法確立には必ずしも絶対評価は必要不可欠ではなく, 床面のやわらかさの影響による昇りやすさの相対的な低下度合いが精度よく求められれば十分であることによる。また昇り時のみを対象としたのは, 床面のやわらかさの影響による動作しやすさの低下度合いは降り時より昇り時の方が大きいと予想されたことに

* 名古屋工業大学工学部社会開発工学科 助教授・工博

** (株)フジタ(当時名工大卒論生)

*** 名古屋工業大学工学部社会開発工学科 教授・工博

Assoc. Prof., Dept. of Architecture and Civil Eng., Faculty of Eng., Nagoya Institute of Technology, Dr. Eng.

Fujita

Prof., Dept. of Architecture and Civil Eng., Faculty of Eng., Nagoya Institute of Technology, Dr. Eng.

よる。

本研究で対象とする段差床面の材料、構法は特に限定せず、かたさの観点から代表的なものはすべて含むこととする。また、転倒衝突時の安全性確保などの観点から今後使用される可能性があると思われる、実在する範囲を超えた非常にやわらかい床面も含むこととする。

なおかたさの観点からの個々の段差床面の評価ならばに段差床面の開発などは本研究の範囲外とする。

3. 既往の研究

昇りやすさからみた段差床面のかたさに関する既往の研究例はみあたらない。

また関連する既往の研究として、おもに歩く、立つなどの日常的な動作に共する床のかたさの評価方法について検討した小野らによる研究^{4),5)}があげられる。この研究成果の本研究への適用の可否については、以降で逐次検討する。

4. 研究方法

本研究の研究方法および手順は、以下のとおりである。

- 1) 床面のかたさを種々変化させられる模擬段差を製作し、官能検査手法および尺度構成理論を適用して、段差床面のかたさに関する心理学的尺度を構成する。具体的には、床面のかたさの感覚上の序列を表す、かたさ感覚尺度と、昇りやすさからみた床面のかたさの相対評価を表す、かたさ評価尺度を構成する。
- 2) 人間が段差昇り時に床面に与える荷重を測定する。さらに荷重の測定結果を基礎資料として、実状に即した荷重条件下での床面の動的変形挙動を測定できる測定装置を開発し、この装置を用いて模擬段差床面の動的変形挙動を測定する。
- 3) 測定した動的変形挙動より求まる種々の物理量とかたさ感覚尺度との関係から、段差床面のかたさの感覚上の序列を表す妥当な物理量を設定する。
- 4) 設定した物理量とかたさ評価尺度との関係から、かたさの評価指標を提示する。
- 5) 提示した評価指標と物理量の測定方法などを取りまとめて、かたさの評価方法として提示する。

5. かたさに関する心理学的尺度の構成

5.1 心理学的尺度構成のための官能検査

心理学的尺度構成のための官能検査の概要を表一1に一覧にした。以下におもな事項について説明を加える。

5.1.1 構成する尺度および尺度構成手法

構成する尺度は、かたさ感覚尺度とかたさ評価尺度とした。

かたさ感覚尺度は、段差床面のかたさの感覚上の序列を表す物理量の妥当性検討の資料となるもので、床面の

表一1 官能検査の概要

構成する尺度	かたさ感覚に関する検査	かたさ評価に関する検査
	かたさ感覚尺度	かたさ評価尺度
尺度構成手法	標準試料（模擬床No.6）との比較による系列範ちゅう法	標準試料（模擬床No.13）との比較による系列範ちゅう法
判断範ちゅう	検査試料のかたさは、標準試料と比較して、 ⑦ 非常にやわらかい。 ⑥ かなりやわらかい。 ⑤ やややわらかい。 ④ 同じである。 ③ ややかたい。 ② かなりかたい。 ① 非常にかたい。	検査試料は、標準試料と比較して、かたさの観点から、 ⑦ 非常に昇りやすい。 ⑥ かなり昇りやすい。 ⑤ やや昇りやすい。 ④ 同じである。 ③ やや昇りにくい。 ② かなり昇りにくい。 ① 非常に昇りにくい。
対象床面	下段、上段	
検査試料	表一2に○で示す模擬床16体	表一2に○で示す模擬床9体
検査員	成人男子10名（年齢21～25歳）	成人男子10名（年齢18～25歳）
段差高さ	30cm	5cm, 30cm
動作	立位（下段上）→段差昇り→立位（上段上）	
履物	くつ下	くつ下、軟底運動靴、硬底紳士靴ただし軟底運動靴、硬底紳士靴は、段差高さ30cmの場合のみ。

図一1 模擬段差の概要

かたさの感覚上の序列を精度よく表示することを目的とする尺度のため、標準試料との比較による系列範ちゅう法⁶⁾により構成することとした。

またかたさ評価尺度は、床面のやわらかさの影響による昇りやすさの相対的な低下度合いを精度よく表示することを目的とする尺度のため、標準試料との比較による系列範ちゅう法⁶⁾により構成することとした。

判断範ちゅうは、表一1に示すとおりである。

なおかたさ感覚、評価のいずれの検査でも、段差の下段床面のかたさに関する尺度と上段床面のかたさに関する尺度をそれぞれ別々に構成することとした。

5.1.2 検査試料、標準試料

図一1に、本検査に共する目的で製作した模擬段差の概要を示す。

この模擬段差は、かたさ性状の異なる種々の模擬床を床面に装着することにより、床面のかたさ性状を種々変化させることができるものである。また段差高さは、段差高さ調整用ブロックにより変化させることができる。

表一2に模擬床の概要を示す。

かたさ感覚の検査では、表一2の“感覚”の欄に○で示す16体の模擬床を検査試料として設定するとともに、予備的官能検査の結果かたさが中庸と判断された模擬床No.6を標準試料として設定した。

表—2 模擬床の概要

No.	下地	仕上げ(厚さmm)	感覚	評価
1		塩ビ系シート(1.5)	○	○
2		合成ゴム系シート(6.5)+塩ビ系シート(1.5) +合板(9.0)	○	×
3		合成ゴム系シート(6.5)+塩ビ系シート(2.5)	○	×
4		塩ビ系シート(2.5)+カーペット(9.0)	○	×
5		クッション材付フローリングボード(15.0)	○	○
6		合成ゴム系シート(6.5)×2+塩ビ系シート(3.5)	標準	×
7	直床	合成ゴム系シート(4.5)+塩ビ系シート(2.5)	○	×
8		畳(58.0)	○	○
9		フェルト(12.0)+カーペット(9.0)	○	○
10		合成ゴム系シート(15.0)	○	○
11		合成ゴム系シート(15.0)+合成ゴム系シート(9.0)	×	○
12		合成ゴム系シート(15.0)+合成ゴム系シート(9.0) +合成ゴム系シート(4.5)	○	○
13		なし(剛床)	×	標準
14	組床@300	合板(12.0)+フローリングボード(15.0)	○	×
15		合板(18.0)	○	×
16	組床@450	合板(12.0)	○	○
17		合板(9.0)	○	×
18		合板(9.0)	○	○
19	組床@600	合板(9.0)+合成ゴム系シート(6.5)×2 +カーペット(9.0)	○	×

◎：根太間隔(mm) 標準：標準試料として検査に採用
○：検査試料として検査に採用
×：検査に不採用

またかたさ評価の検査では、比較的やわらかい模擬床を中心に表—2の“評価”の欄に○で示す9体の模擬床を検査試料として設定するとともに、実在する範囲で最もかたい、すなわち人間の動作時に変形をともなわない床面に該当する模擬床 No.13 を標準試料として設定した。これはかたさ評価の検査が、床面がやわらかい段差ではかたい段差と比較して相対的にどの程度昇りにくいかの判断を求めることを目的としていることによる。

模擬段差、模擬床の製作ならびに検査試料、標準試料の設定にあたっては、以下の点に留意した。

- ・実在する、もしくは今後使用される可能性があると思われる床面のかたさの範囲を十分包含し、かつかたさの観点からみて代表的な材料、構法を含む検査試料群とする。
- ・検査期間中かたさ性状が変化しない検査試料、標準試料とする。
- ・検査員が所定の動作を行うのに十分な面積を持つ検査試料、標準試料とする。
- ・検査員に疲労、倦怠を感じさせない検査試料数とする。

なお本検査では、図—1に示すように、4面ある模擬段差床面のうち2面に標準試料となる模擬床を、残り2面に検査試料となる模擬床を装着することとした。また下地が組床の模擬床(No.14~19)では、動作位置によりかたさが異なるので、あらかじめ動作位置を指定した。

5.1.3 検査員

本検査では、かたさに関する比較判断に検査員の性などによる差はほとんど生じないものとみなし、かたさ感覚、評価のいずれの検査でも健常な成人男子10名を検査員として選定した。

ここで検査員の層としては高齢者などの身体的弱者をも選定するのが理想的であるが、現実的には困難であったことから、検査員の層から除外し今後の課題とすることとした。なお高齢者などを対象とした場合のかたさの評価方法究明には、本研究結果を生理学的、人間工学的

知見などをふまえたうえで適用するのが、現時点では最も妥当な方法と考える。

5.1.4 段差高さ

かたさ感覚の検査では、とりあえず実在する段差高さの範囲の上限に近いと思われる30cmとし、他の段差高さについては結果に応じて適宜追加することとした。

またかたさ評価の検査では、段差高さの影響について検討する目的で、上述の30cmに加え5cmでの検査も行うこととした。

5.1.5 動作と履物

動作は、かたさ感覚、評価のいずれの検査でも、立位(下段上)→段差昇り→立位(上段上)とし、段差昇りに踏み切り足で感じる下段床面のかたさおよび着地足で感じる上段床面のかたさについて判断を求めることとした。ここで段差昇り前後の動作を歩行としなかったのは、歩行とした場合に下段着地時、上段踏み切り時に感じられるかたさが、段差昇りに感じられるかたさの判断に影響するのを防ぐことを意図したことによる。なお動作の速さ、激しさなどは、一般的な範囲内ではかたさに関する比較判断に大きく影響しないものと想定し、各検査員ごとに自由とした。

また履物は、かたさ感覚の検査では、かたさの感覚上の序列に関する比較判断に履物による差はほとんど生じないものとみなし、かたさの差がより明確に感じられかつ床面のすべり、温冷感などの要因をできるだけ一定に保てる履物として、くつ下を選定した。一方かたさ評価の検査では、履物の影響について検討する目的で、くつ下、軟底運動靴、硬底紳士靴の3種を選定した。このうち軟底運動靴は実在する範囲内で靴底が最もやわらかい部類の履物として、また硬底紳士靴は最もかたい部類の履物として、それぞれ選定したものである。ただし検査規模が大きくなりすぎることから、軟底運動靴、硬底紳士靴の場合は段差高さ5cmでの検査は省略することとした。したがって段差高さの影響についてはくつ下の場合の各段差高さでの結果を、また履物の影響については段差高さ30cmの場合の各履物での結果を、それぞれ比較することにより検討することとなる。なおヒール婦人靴など特殊な形状の履物については、今後の課題とした。

5.2 官能検査の経過と結果および心理学的尺度の構成

5.1で述べた条件のほか、床面のかたさ以外の要因は判断にいけないこと、動作の速さ、激しさなどは各検査員の自由とするが検査員ごとに検査中はほぼ一定に保つこと、疲れたらいつでも自由に休めることなどを条件に加え、官能検査を実施した。

検査員は、はじめに標準試料上で数回動作した後、検査試料上で1~2回動作してかたさを判断していた。検査員がひとつの判断に要する時間は20~60sec程度で

写真—1 官能検査状況

図—2 対象床面ごとのかたさ感覚尺度の関係
*: 危険率1%で有意

表—4 荷重の測定条件

対象床面	上段
被験者	成人男女5名 (年齢21~31歳)
測定回数	1人2回
段差高さ	30cm
動作	立位(下段上) →段差昇り →立位(上段上)
履物	くつ下

荷重・時間曲線

図—3 荷重・時間曲線の例

表—3 分散分析結果

かたさ感覚に関する検査						
30cm くつ下	下段			上段		
		分散比	寄与率		分散比	寄与率
	主効果	23.2114*	67.50%	主効果	36.7838*	75.58%
	個人差	1.1609	0.59%	個人差	2.5998*	2.03%
かたさ評価に関する検査						
30cm くつ下	下段			上段		
		分散比	寄与率		分散比	寄与率
	主効果	14.9696*	47.67%	主効果	17.7752*	54.48%
	個人差	4.7399*	14.36%	個人差	3.5696*	9.39%
30cm 軟底 運動靴		分散比	寄与率		分散比	寄与率
	主効果	21.6888*	60.61%	主効果	13.4701*	40.18%
	個人差	3.0645*	8.80%	個人差	7.6113*	23.97%
	30cm 硬底 紳士靴		分散比	寄与率		分散比
主効果		14.6208*	49.52%	主効果	10.5976*	37.55%
個人差		3.4523*	10.03%	個人差	5.2987*	18.92%
5cm くつ下			分散比	寄与率		分散比
	主効果	18.8578*	52.95%	主効果	12.0341*	41.64%
	個人差	5.2174*	14.07%	個人差	4.8595*	16.38%

分散比の欄の*は危険率1%で有意であることを表す

あった。

官能検査状況を写真—1に示す。

表—3に、官能検査の結果得られた基礎データの分散分析結果を示す。

いずれの分散分析結果においても主効果の分散比が高度に有意であり、かつ寄与率も高いことから、検査試料の刺激に十分な差があること、本検査自体が有効であることがわかる。また個人差の分散比も一部の除き有意となっているが、この種の刺激を対象とした検査では通常有り得ること、分散比、寄与率ともに主効果の分散比、寄与率と比較して低いことから、構成される尺度は、個人差が内包されるものの十分有効といえる。

特に動作の速さ、激しさなどを各検査員の自由としたにもかかわらず上述のような分散分析結果が得られたことから、5.1.5で想定したとおり、かたさに関する比較判断に動作の速さ、激しさなどは大きく影響しないことが確認できたといえる。

以上より、官能検査の結果得られた基礎データを用い、尺度構成理論⁶⁾にしたがってかたさ感覚尺度、かたさ評価尺度を構成した。

表—5 L_{max} , ΔT の測定結果

No.	性	年齢	被験者		測定回	L_{max} (kgf)	ΔT (sec)
			身長 (cm)	体重 (kgf)			
1	男	21歳	175	56	1/2	46.47 46.89	0.159 0.109
2	男	24歳	174	69	1/2	61.04 58.62	0.172 0.200
3	男	31歳	177	95	1/2	83.20 79.73	0.211 0.166
4	女	22歳	156	47	1/2	34.47 35.88	0.181 0.188
5	女	22歳	159	51	1/2	45.41 42.46	0.149 0.152

5.3 考 察

図—2に対象床面ごとのかたさ感覚尺度の関係を、相関係数 r とともに示す。

図より、床面のかたさの感覚上の序列は下段と上段でほとんど変化しないことが明確である。このことは、下段または上段のいずれか一方を対象に床面のかたさの感覚上の序列を表す物理量が設定できれば、同じ物理量でもう一方の床面のかたさの感覚上の序列も表せることを意味している。したがって物理量を設定する際の基礎資料となる人間が段差昇り時に床面に与える荷重の測定は、下段または上段のいずれか一方のみを対象とすればよいことを示唆しており、有効な知見といえる。

6. かたさ感覚尺度と対応する物理量の設定

6.1 人間が段差昇り時に床面に与える荷重の測定

5.3で述べた考察より、人間が段差昇り時に上段床面に与える荷重を測定することとした。具体的には、5.1.2で述べた模擬段差の上段床面に荷重測定装置を組み込み、人間が段差昇り時に着地足で上段床面に与える荷重を測定した。

荷重の測定条件を表—4に示す。

段差高さおよび動作、履物などの条件は、5.1.4、5.1.5で述べたかたさ感覚の検査での条件と同一とした。

図—3に測定の結果得られた荷重・時間曲線の例を示す。

得られた荷重・時間曲線はいずれもほぼ同様の形状を

していることから、図に示すように、着地時の最大荷重 $L_{\max}$ および荷重がかかり始めてから $L_{\max}$ に達するのに要する時間 ΔT を各荷重・時間曲線より求めることとした。

結果を表—5 に一覧にして示す。

表から $L_{\max}$ は 34.5～83.2 kgf, ΔT は 0.11～0.21 sec の範囲に分布していることがわかる。ここで 5.2 で述べたとおり、床面のかたさの感覚上の序列は被験者および動作の速さ、激しさなどによって大きく変化しないことから、上述の $L_{\max}$, ΔT の範囲内からひとつの代表的な $L_{\max}$, ΔT を設定し、この $L_{\max}$, ΔT からなる荷重を与えたときの床面の動的変形挙動を測定することにより、かたさ感覚尺度と対応する物理量が得られる可能性が高いものと想定できる。

一方小野らは、人間が歩行時に床に与える荷重の測定結果から歩行時の代表的荷重を設定し、この代表的荷重に近似した荷重を与えたときの床の動的変形挙動を測定できる床のかたさ測定装置を開発している⁵⁾。この際設定した歩行時の代表的荷重の $L_{\max}$, ΔT はそれぞれ 70 kgf, 0.15 sec であり、いずれも本研究で測定した段差昇り時の $L_{\max}$, ΔT の範囲に包含されている。

以上から本研究では、小野らが開発した床のかたさ測定装置を、実状に即した荷重条件下での床面の動的変形挙動を測定できる装置として適用することとした。

6.2 床のかたさ測定装置による床面の動的変形挙動の測定およびかたさ感覚尺度と対応する物理量の設定

6.2.1 床のかたさ測定装置の概要

図—4、写真—2 に小野らが開発した床のかたさ測定

図—4 床のかたさ測定装置の概要

写真—2 床のかたさ測定装置

装置の概要を示す。

本装置は重量 40 kgf の落下重錘と減衰性の大きいゴムばねからなる荷重体により、人間が歩行時に床に与える代表的荷重に近似した荷重を与えたときの床の動的変形挙動を、荷重変換器、変位変換器で測定するものである。なお本装置の開発経緯も含めた詳細は文献 5) で述べている。

6.2.2 測定経過と結果および物理量の設定

6.2.1 で述べた床のかたさ測定装置を用い、5.1.2 で述べた各模擬床の動的変形挙動を測定した。

図—5 に測定結果の例を示す。

既往の研究⁵⁾の結果、歩行時に感じられる床のかたさには床の緩衝作用と復元作用のふたつの要因が影響していること、緩衝作用を表す物理量として変形の立ち上がり時点(図中 a)から変形が最大に達する時点(図中 b)までの床の変形エネルギー U_F が妥当であること、また復元作用を表す物理量として b から変形の復元が最大に達する時点(図中 c)までの変形の最大復元量 D_R と D_R を b から c に達するのに要する復元時間 T_R で除した復元速度 $D_R \cdot T_R^{-1}$ との積 $D_R \times D_R \cdot T_R^{-1}$ が妥当であることが明らかになっている。さらに既往の研究⁵⁾の結果、 U_F と $D_R \times D_R \cdot T_R^{-1}$ を組み合わせた $U_F - 8 \cdot D_R \times D_R \cdot T_R^{-1}$ なる物理量で歩行時に感じられる床のかたさの感覚上の序列を表せることが明らかになっている。そこで本研究では、はじめに $U_F - 8 \cdot D_R \times D_R \cdot T_R^{-1}$ の適用の可否について検討することとした。

図—6 に、5.2 で構成したかたさ感覚尺度と $U_F - 8 \cdot D_R \times D_R \cdot T_R^{-1}$ の関係を示す。

ある程度のばらつきはあるものの下段、上段とも両者はおおむねなめらかに対応しており、図中点線で示す対応の中心傾向を示す曲線(以降、“対応曲線”と記す)が容易に得られることから、 $U_F - 8 \cdot D_R \times D_R \cdot T_R^{-1}$ を段

図—5 模擬床の動的変形挙動の例

差床面のかたさの感覚上の序列を表す物理量として設定しても、実用的には十分妥当とみなすことができる。また段差高さ 30 cm の場合も歩行時、すなわち段差高さ 0 cm の場合と同じ物理量が適用できたことから、段差高さが 0~30 cm の範囲の他の段差に対しても当該物理量が適用可能と推定できる。

さらに両者の関係を詳細に検討すると、 $D_R \times D_R \cdot T_R^{-1}$ の U_F に対する割合に応じてある傾向が存在することが考察できる。つまり図-7 に示すように各模擬床の U_F と $D_R \times D_R \cdot T_R^{-1}$ の関係を求め、図-6 と図-7 を比較すると、 $D_R \times D_R \cdot T_R^{-1}$ の U_F に対する割合が小さい、すなわち緩衝作用の割に復元作用が小さい模擬床（図中○で示す）ではかたさ感覚尺度値の割に若干 $U_F - 8 \cdot D_R \times D_R \cdot T_R^{-1}$ が小さく、逆に復元作用が大きい模擬床（図中△で示す）では若干大きくなっていることがわかる。

このことは、段差昇り時に感じられるかたさには、復元作用が歩行時よりもやや大きく影響することを意味し

ている。この原因として、歩行時と比較してより多くの労力を要する段差昇り時には、動作に必要なエネルギーの低減度合いに大きく影響すると思われる復元作用の重要度が増すことが考えられる。

以上から本研究では、かたさ感覚尺度と対応する物理量、すなわち段差床面のかたさの感覚上の序列を表す物理量として、対象床面、段差高さにかかわらず $U_F - 8 \cdot D_R \times D_R \cdot T_R^{-1}$ を設定する。なお今後、段差高さによるかたさ感覚の微妙な変化について詳細に論じる場合には、段差昇り時に要する労力の変化にともなう復元作用の影響度合いの変化について検討する必要があることを付け加える。

7. かたさの評価指標の提示

図-8 に、5.2 で構成したかたさ評価尺度と 6.2.2 で設定した物理量の関係を示す。

いずれの図でも両者はおおむねなめらかに対応してお

図-6 かたさ感覚尺度と $U_F - 8 \cdot D_R \times D_R \cdot T_R^{-1}$ の関係

図-7 U_F と $D_R \times D_R \cdot T_R^{-1}$ の関係

図-8 かたさ評価尺度と $U_F - 8 \cdot D_R \times D_R \cdot T_R^{-1}$ の関係

り、図中点線で示す対応曲線が容易に得られることから、床面のやわらかさの影響による昇りやすさの低下度合いを $U_F - 8 \cdot D_R \times D_R \cdot T_R^{-1}$ で十分相対評価できることがわかる。

一方、図中①～⑥で示した横軸に平行な破線は、表—1に示した判断範ちゅうのかたさ評価尺度上の位置を表すものである。これらの破線と対応曲線の関係から、いずれの図にも共通する傾向が容易に把握できる。つまりいずれの対応曲線にも明確な変曲点が存在し、この変曲点より左側の範囲では対応曲線は横軸に平行に近くかつ範ちゅう④の破線に近似しているのに対し、変曲点より右側の範囲では対応曲線は急激な右下がりの曲線となっている。このことは、床面のやわらかさがある程度以下の範囲ではほとんど昇りにくくならないのに対し、ある程度以上やわらかくなると急激に昇りにくくなることを意味しており、この昇りにくくならない限界を求めることは、昇りやすさの観点からやわらかさの上限を規定するうえで重要といえる。

以上の観点から、仮に範ちゅう④を許容基準とした場合の許容範囲（例）を横軸に平行な④の破線と対応曲線の関係より求め、図—9に一覧した。

図—8, 9 から以下の事項が考察できる。

- いずれの段差高さ、履物でも、下段と上段で許容範囲（例）は大きく変化しない。
- 段差高さにより許容範囲（例）は大きく変化しない。
- 履物により許容範囲（例）はわずかに変化する。すなわちくつ下の場合、軟底運動靴、硬底紳士靴の場合より許容範囲（例）が若干広くなっている。また軟底運動靴の場合と硬底紳士靴の場合の比較より、靴底がやわらかいほど許容範囲（例）が若干狭くなる傾向がうかがえる。これは人間が、靴底と床面を複合してかたさを評価しているためと思われる。しかし全体的にみると、履物による許容範囲（例）の変化はわずかとみなすことができる。またこのことから、5.1.5で選定しなかった種々の履物

仮に範ちゅう④を許容基準とした場合の許容範囲（例）

図—9 かたさの許容範囲（例）

での許容範囲（例）も、選定した履物での許容範囲（例）と大きく相違しないものと推定できる。

以上から本研究では、図—8, 9 を昇りやすさからみた段差床面のかたさの評価指標として提示する。ただし図—9に示した許容範囲はあくまでも一例であり、実際には状況に応じて許容基準を策定し、図—8から許容範囲を求めるのが妥当といえる。

なお実在する段差床面の中にも、 $U_F - 8 \cdot D_R \times D_R \cdot T_R^{-1}$ が図—9に示した許容範囲（例）を逸脱しているものがあることを付け加える。

8. かたさの評価方法の提示

昇りやすさからみた段差床面のかたさの評価方法および測定、評価の具体的手順を、以下のように提示する。

- 1) 床のかたさ測定装置を用いて、対象とする床面の $U_F - 8 \cdot D_R \times D_R \cdot T_R^{-1}$ を測定する。
- 2) 測定した $U_F - 8 \cdot D_R \times D_R \cdot T_R^{-1}$ を 7. で提示したかたさの評価指標に照合して、対象とする床面のかたさを評価する。

9. おわりに

昇りやすさからみた段差床面のかたさの評価方法について検討した結果を述べた。本研究で提示した評価方法は、昇りやすさの観点から床面のやわらかさの上限を規定するための資料を得ることを主眼としたものである。今後、本研究の成果と、転倒衝突時の安全性、降り際の足腰への負担などの観点からの床面のやわらかさの評価方法をあわせて適用することにより、よりよいやわらかさの段差床面を具現できるものと考ええる。

謝 辞

本研究の研究テーマ、研究方法の設定、ならびに床のかたさ測定装置の本研究への適用、かたさ感覚尺度と対応する物理量の設定などにあたり種々御指導いただいた小野英哲先生（東京工業大学教授・工博）に厚く御礼申し上げます。なお本研究で用いた床のかたさ測定装置は、東京工業大学小野研究室で開発されたものであります。

また模擬床の製作にあたり材料等を御提供いただいたメーカー各社の関係各位、ならびに官能検査などに御協力いただいた皆様に謝意を表します。なお研究費の一部に、1992年度文部省大学院重点特別経費（研究科共同研究経費：岡島達雄）を使用しました。

参考文献

- 1) 小野英哲, 安齊 栄, 三上貴正, 横山 裕: 安全性からみた段差の評価方法に関する研究—つまずきの観点から—, 日本建築学会構造系論文報告集, 第426号, pp.1~8, 1991年8月
- 2) 小野英哲, 三上貴正, 猫本泰彦, 横山 裕, 高橋宏樹: 安全性からみた段差の評価に関する研究—降りる時の負

- 担の観点から一，日本建築学会構造系論文報告集，第432号，pp.19～27，1992年2月
- 3) 小野英哲，横山 裕，三上貴正，楠本 潤：段差表面の色，模様などからみ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年1月
- 4) 小野英哲，横山 裕，大野隆造：居住性からみた床のかたさの評価方法に関する研究 その1 床のかたさに関する心理学的尺度の構成，日本建築学会構造系論文報告集，第358号，pp.1～9，1985年12月
- 5) 小野英哲，横山 裕：居住性からみた床のかたさの評価方法に関する研究（その2）床のかたさ測定装置の設計・試作および床のかたさの評価指標，評価方法の提示，日本建築学会構造系論文報告集，第373号，pp.1～8，1987年3月
- 6) J. P. Guilford 著，秋重義治監訳：精神測定法，培風館，1969年
- （1993年4月10日原稿受理，1993年8月17日採用決定）
-