素足での床のすべりの評価方法に関する研究

STUDY ON THE EVALUATION METHOD OF SLIPPERINESS OF FLOORS WITH BARE FEET

小野 英 哲*, 落 合 昇**
Hidenori ONO and Noboru OCHIAI

This paper presents the evaluation method of floors with bare feet.

The first, in order to obtain slip resistance of floors with bare feet, the new slider of O-Y-PSM (Slip tester developed by author in former research) was developed by author, and the physical value C.S.R·BF (Coefficient of Slip Resistance with Bare Feet) was established.

The second, sensory test was carried out to make the evaluation scales of slipperiness of floors using with bare feet.

Finally, it was showed that C.S.R·BF corresponded to the evaluation scales, and the evaluation method of slipperiness of floors with bare feet was presented by means of correspondence.

Keywords : Slipperiness of floors, Slip resistance, Bare feet, New slider, Evaluation method

床のすべり, すべり抵抗, 素足, 新たなすべり片, 評価方法

1. 序

小野らはこれまで、人間が履物を装着した場合の床、路面、斜路、階段、スポーツサーフェイス（以降、一括して床と呼ぶ）のすべりの評価方法を提示している^{1)~12)}。

一方、素足での床のすべり（以降、単にすべりまたは素足でのすべりと呼ぶ）に関しては、国内外において小野らによる限定された条件下での評価方法が提示されているのみである^{13), 14)}。

このような状況のなかで、素足での使用に供する住居床などでの転倒事故例、武道場床でのすべりの不適切さの指摘や障害発生事例、などがいまだに多い。表1は、素足で競技する武道競技者に対して1999年に行ったすべりに関するアンケート調査結果の一部である。表から多くの競技者がすべりを気にしているのが明確で、よりよいすべりをもつ床が望まれている背景を示す例とみることができる。

表1 床のすべりに関するアンケート調査結果

競技種目	調査人数A(人)	競技歴(年)	すべりが気になると回答した人数B(人)	B/A(%)
剣道	26(男26, 女0)	10~45	21	80
空手	22(男20, 女2)	2~20	17	77
少林寺拳法	89(男86, 女3)	2~32	46	51
総計	137		84	61

本論文は、以上の背景から、素足での使用に供する床の開発、設計、選択、維持管理などの場面で必要不可欠な検討事項となるすべりを測定、評価できる方法を考究した経過および結果を述べるものである。

2. 目的と範囲

本研究の目的は素足でのすべりの評価方法を提示することにある。

ここで、対象とする床は素足での使用に供する水平な床とし、昇る、降りるなどの動作が主となる階段、段差、さらには、すでに成果を公表しているきわめてすべりやすい液状の物質が常時表面に介在する浴槽底、浴室床など^{13), 14)}、は範囲外とする。具体的には、激しい動作に供する武道場床と、日常生活における一般的な動作に供する居間、廊下、ホールなどの床、を対象とする。

また、対象とする使用者の層は健康な成人とし、高齢者等に関しては今後の課題とする。

なお、様々な床のすべりの評価、最適なすべりをもつ床の仕様の提示、などは範囲外とする。

3. 既往の研究

履物を装着した場合のすべりに関する研究成果は国内外において

* 東京工業大学 教授・工博
** 大成建設株式会社 修士(工学)
(当時東京工業大学 大学院生)

Prof., Tokyo Institute of Technology, Dr. Eng.
Taisei Corporation, M. Eng.

数多いが、これら既往のおもな研究に関する検討は小野らによる論文^{1)~4)}に詳述しているので本論文での紹介は割愛する。

一方、これらの研究のなかで、床の用途さらには履物や動作の種類を要因として取り込んだ上で、安全性や快適性の観点からの評価指標を含めた評価方法を提示しているのは小野らによる成果だけといえる^{1)~12)}。

この研究では、まず人間が感じるすべりと相関の高いすべり抵抗を測定できる図1に示すすべり試験機(以降、O-Y・PSMと呼ぶ)を開発している。O-Y・PSMは、すべり片台座に実際に使用する履物の底を取り付け、重錘によりすべり片に80kgfの鉛直荷重を載荷しながら、所定の前置き時間(0秒)、荷重速度(80kgf/sec)で引張った時に得られる図2に例示する引張荷重・時間曲線から最大荷重(Pmax)を求めるものである。すべり抵抗(C.S.R)は $[P_{max}(\text{kgf})/80(\text{kgf})]$ として求め、図3に例示するすべりの評価指標を用いて、当該床のすべりを評価するもので、このうち、すべり抵抗の測定方法はJISにも規定されている¹⁵⁾。

一方、小野らは、浴槽底およびセラミックタイル仕上げを主とする浴室床を対象に、素足でのすべりの評価を可能としている^{13),14)}。

すなわち、すべり試験機としては、図1に示すO-Y・PSMを用い、すべり片を図4に示すものとして、上述と同じ条件で引張った時に得られる図2に例示する引張荷重・時間曲線から、最大荷重(Pmax)と最初の凹部の荷重(Pmin)を求めてすべり抵抗(C.S.R・B) $[P_{max}(\text{kgf})/80(\text{kgf}) + P_{min}(\text{kgf})/80(\text{kgf})]$ を算出

図1 すべり試験機(O-Y・PSM)の概要

図2 引張荷重・時間曲線の例

し、図5に例示する評価指標を用いて当該床のすべりを評価する方法である。この研究では、当初あらゆる場合の素足でのすべりを評価できる方法を提示することを目標としたが、妥当なすべり片を開発することが出来ず、限定された条件下における評価方法の提示にとどまっている。

図3 靴履きでのすべりの評価指標(事務所床等)の例

図4 すべり片(浴槽床、浴室床素足用)の詳細

図5 素足でのすべり(浴槽底、浴室床)の評価指標の例

4. 研究方法

本研究におけるすべり抵抗の測定には、すべり片を新たに開発することを前提として図1に示すO-Y・PSMを使用すること、対象とする床の表面状態は清掃状態の他、水、ほこりなどの表面介在物の介在も想定した状態とすること、を条件として以下の方法で研究を進めることとした。

(1) 様々なすべりをもつ試料床で、素足で所定の動作を行った場合に感じる試料床のすべりの大小を官能検査手法を用いて、すべり感覚尺度として尺度化する。

(2) すべり感覚尺度を表示するすべり抵抗が得られるようにO-Y・PSMのすべり片を開発する。

(3) 様々なすべりをもつ試料床で、素足で所定の動作を行った場合に感じるすべりの良否を官能検査手法を用いて、すべり評価尺度として尺度化する。

(4) すべり評価尺度とすべり抵抗の対応を素足でのすべりの評価指標として設定する。

(5) (1)～(4)から素足でのすべりを評価する方法を提示する。

なお、すべりを心理学的尺度として把握する理由および妥当性に関しては既往の研究^{1)～9)}で論究、実証しているため割愛する。

5. すべり感覚尺度の構成

5. 1. すべり感覚尺度構成のための官能検査の概要

5. 1. 1 検査手法の選定

検査手法は、標準試料との比較により表2に示す判断範ちゅうを用いて試料のすべりの大小の比較判断を求める系列範ちゅう法とした。

5. 1. 2 検査試料の設定

検査試料の設定に当たっては、すべりの範囲を大きくすることを主眼とし、その他、できるだけ多様な材料を含むこと、不都合な痛さを感じないこと、表面介在物の影響も考慮すること、などを条件とし、表3に示す19の試料(No.12は標準試料)を設定した。また、表面介在物に関しては既往の研究成果⁸⁾を参考に、パウダーはほこり、水ダストは水や水とほこりの混合物、泡状石けん水は非常にすべりやすい物質、にそれぞれ近似する表面介在物として設定した。

なお、試料の大きさは各々本研究の目的を達成する上で十分な大きさである180cm×90cmとした。試料は図6に示すように、標準試料を固定し、他の試料は検査の都度所定

表2 判断範ちゅう

この試料のすべりは、標準試料と比較して、
①非常にすべる
②かなりすべる
③ややすべる
④どちらともいえない
⑤ややすべらない
⑥かなりすべらない
⑦非常にすべらない

図6 試料の設置状況の概要

表3 検査試料、検査項目、動作、検査員、および分散分析結果

検査項目等			すべり感覚				すべり評価(武道)			すべり評価(一般安全性)				すべり評価(一般快速性)			
検査試料			動作				競技種目			動作				動作			
No	材料	表面介在物	歩行	駆け出し	急停止	自由	剣道	柔道	少林寺拳法	歩行	方向転換	駆け出し	急停止	歩行	方向転換	駆け出し	急停止
1	カーペット	なし	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
2	合成樹脂シート	なし					○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
3	化粧合板	なし															
4	化粧合板	なし															
5	人工芝	なし															
6	合成樹脂シート(凹凸有)	なし															
7	化粧合板	なし	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
8	合板	なし	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
9	合成樹脂シート(凹凸有)	なし	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
10	合成樹脂シート	なし	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
11	いぐさ畳表(積目)	なし	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
12	合成樹脂シート	なし	○(標準)	○(標準)	○(標準)	○(標準)	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
13	化粧合板	ベビーパウダー	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
14	合成樹脂シート	ベビーパウダー	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
15	合成樹脂シート(凹凸有)	ベビーパウダー	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
16	合成樹脂シート	ベビーパウダー	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
17	合成樹脂シート	泡状石けん水	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
18	合成樹脂シート	泡状石けん水	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
19	合成樹脂シート	水ダスト	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
表面介在物散布量			5名				9名	10名	8名	16名							
ベビーパウダー: 15g/m ²			男3名				競技歴	競技歴	競技歴	男8名							
泡状石けん水(液状石けん1水200、重量比、発泡器で発泡させたもの) 90g/m ²			女2名				7～15年	2～10年	20～32年	女8名							
水ダスト(水20 間直ローム1 けい砂9、重量比) 400g/m ²			22～34才				年齢	年齢	年齢	20～27才							
			22～27才				18～20才	19～22才	37～47才								
			21.02**	23.88**	43.09**	43.43**	24.20**	22.03**	19.34**	58.88**	40.14**	64.00**	65.39**	51.89**	36.07**	67.70**	55.93**
			0.32	0.41	0.14	2.23*	1.43	2.47*	1.70	4.60**	2.30**	1.80*	1.91*	3.29**	2.00**	1.79**	2.10**
			79.19	81.11	89.17	77.51	69.57	63.24	66.61	72.68	67.47	77.54	77.78	71.68	65.46	78.52	74.67
			2.14	1.67	1.46	1.32	1.03	3.98	1.79	5.65	2.80	1.23	1.38	4.03	2.34	1.17	1.87

** : 危険率1%で有意, * : 危険率5%で有意

とつの妥当な測定方法によるすべり抵抗であらゆる動作の場合のすべりの大小を表示できるといえる。

図7 すべり感覚尺度の相関

6. すべり感覚尺度を表示するすべり抵抗の設定

5. で構成したすべり感覚尺度となめらかに対応するすべり抵抗を以下の方法で設定することとした。

まず、O-Y・PSMの、すべり片を、すべり感覚尺度となめらかに対応するすべり抵抗（以降、C. S. R・B Fと呼ぶ）が得られるよう試行錯誤的に開発することとした。

幾多の試行を重ね結果として図8に示すすべり片を開発した。

図9にすべり感覚尺度とC. S. R・B Fの対応を示す。なお、C

図8 すべり片の詳細

図9 すべり感覚尺度とC. S. R・B Fの対応

S. R・B Fは $[P_{max} \text{ (kgf)} / 80 \text{ (kgf)}]$ で、 P_{max} は図2に示すのと同様である。図よりいずれの動作の場合も、両者はなめらかに対応していることから、C. S. R・B Fをすべり感覚尺度を表示するすべり抵抗として設定できたといえる。

7. すべり評価尺度の構成

7. 1. すべり評価尺度構成のための官能検査の概要

7. 1. 1 検査手法

検査手法は、表4に示す判断範ちゅうを用いて試料のすべりの良否の絶対判断を求める系列範ちゅう法とした。

表4 判断範ちゅう

判断範ちゅう	武道	一般	
	剣道・柔道・少林寺拳法	安全性	快適性
この試料のすべりは、 競技する上で、	この試料のすべりは、 動作する上で、	この試料のすべりは、 動作する上で、	この試料のすべりは、 動作する上で、
①かなり適していない	①かなり危険である	①かなり適していない	①かなり危険である
②適していない	②危険である	②適していない	②危険である
③どちらともいえない	③どちらともいえない	③どちらともいえない	③どちらともいえない
④適している	④安全である	④適している	④安全である
⑤かなり適している	⑤かなり安全である	⑤かなり適している	⑤かなり安全である

7. 1. 2 検査試料の設定

多様な試料のすべりの大きさをC. S. R・B Fで表示できることから、本項の検査においては、検査の効率を計るため必要最小限の試料とすること、すべりの範囲を大きくすることを主眼として、表3に示すように武道の場合は11、一般の場合は13の試料を設定した。

なお、試料の大きさ、設定方法は5. 1. 2と同様とした。

7. 1. 3 検査員および動作の選定

検査員の層を大きく、武道競技者、一般とした。

さらに、武道の種目は、動作の特徴から代表的と見なせる、剣道、柔道、少林寺拳法としてそれぞれ表3に示す検査員を選定し、動作は各検査員ごとに、競技する上ですべりが重要となる動作を選択させることとした。

また、一般としては検査員を表3に示す成人男女とし、動作としては歩行、方向転換、駆け出し、急停止を選定した。

7. 1. 4 その他

検査室および素足の管理はそれぞれ5. 1. 4と同様とした。

7. 2. すべり評価尺度の構成および考察

7. 1. に述べた条件で官能検査を実施した。検査状況を写真1に示す。

官能検査の分散分析結果を表3に示す。

いずれの検査においても主効果が高度に有意かつ寄与率も高いことから、検査は有効であり、検査員はすべりの良否に関し共通の判断基準を有しているといえる。なお個人差が有意な場合もあるが、寄与率が主効果と比較してきわめて小さいことから、すべりの良否の判断に多少の個人差があることを前提とすれば、大きな問題ではなく、構成される尺度は十分有効といえる。

以上から、尺度構成理論¹⁶⁾に基づきすべり評価尺度を構成した。

写真1 官能検査状況 (少林寺拳法)

8. すべり評価尺度とすべり抵抗の対応およびすべり評価指標の提示

図10にすべり評価尺度とC・S・R・BFの対応を表す。

全体として、両者の対応は目視で描いた中心傾向を示す点線のようになめらかで、C・S・R・BFですべりの良否を表示できるといえる。

また両者の対応から以下の知見を得ることができる。

武道においてはいずれの場合も最適なすべり抵抗があり、すべりすぎてすべらなさすぎて不都合といえる。このことはシューズ装着での使用に供する他のスポーツサーフェイスの場合と本質的に同様な傾向であり^{5), 6)}, すべりすぎる場合は、所定の動作がしにくくなると同時に転倒しやすくなる、すべらなさすぎる場合は急停止時に足、腰への過大な負荷が作用する、などの理由により不都合になると考えられる。

一方、一般においては、いずれの場合も、すべり抵抗が大きいほど、安全、快適といえる。このことは図5に例示した浴槽底、浴室床の場合と同様な傾向であるが^{13), 14)}, 図3に例示したようにすべりの最適値の存在が確認されている履物装着の場合^{1)~4)}とは異なる傾向にある。一般的な床における素足での動作は、履物装着の場合と比較して緩やかであることから、すべらなさすぎる場合の評価

が低下しないことが、理由のひとつと考えられる。

以上のように、両者の対応から得られる知見を説明できることから、図10を素足での床のすべりの評価指標として提示できる。図11は図10の点線と評価段階の関係から、より簡潔な評価指標として例示したものである。

9. 素足での床のすべりの評価方法の提示

8. までの検討から、素足での床のすべりを評価する方法を以下のように提示

評価項目		C	S	R	BF
		0.2	0.4	0.6	
武道	剣道				●
	柔道				●
	少林寺拳法				●
一般(安全性)	歩行				●
	方向転換				●
	駆け出し				●
	急停止				●
一般(快適性)	歩行				●
	方向転換				●
	駆け出し				●
	急停止				●

評価段階③「どちらともいえない」を評価基準とした場合の許容範囲

評価段階④「適している」、「安全である」を評価基準とした場合の許容範囲

○: 最適値

図11 すべりの最適値および許容範囲(例)

図10 すべり評価尺度とC・S・R・BFの対応

する。

『6. で設定した方法によりすべり抵抗を測定し, 8. に示した評価指標を用いて, 当該床の素足でのすべりを評価する。』

ここで, すべり抵抗は, 床と表面介在物によって決定されと考えてよい。

また, すべりを評価する場面としては, 大きく実際の使用に供している状態つまり有姿での評価と, 開発や設計の段階での評価, に分けられる。

前者においては, 床および表面介在物が有姿の状態ですべり抵抗を測定すればよい。一方後者においては, 実際の表面介在物を介在させることが基本的に不可能なため, 清掃状態を除けば, 実際に近似した代替介在物を設定して, すべり抵抗を測定する必要がある。

表面介在物の種類は無限にあると考えられるが, 小野らは, 既に代表的な表面介在物である土砂・ほこり類, 水類 (水に土砂やほこりが混在している物質), 油類, 洗剤類, に関し, 実際の表面介在物と同等の影響をすべり抵抗に及ぼす代替介在物を設定し, JISにも規定されている^{8), 15)}。

素足でのすべりの場合もこれらの代替介在物を用いて評価すればよいが, 特に武道場床でのすべりに大きく影響を及ぼすとされている汗に関しては代替介在物を設定していない。

以上の観点から, 本研究において新たに汗の代替介在物を設定することとした。

まず, 1. におけるアンケート調査結果および7. における官能検査に協力いただいた競技者へのヒアリングにより, 汗が大きく問題となるのは, 自分および他人の身体各部から床へしたたり落ちる汗によってすべり抵抗が低下する場合であることを抽出した。

以上から, 汗によるすべり抵抗の実際を求めるため, 成人男子数人にエアロバイク (トレーニング用マシンのひとつ) による運動で発汗させ, 汗を必要量採取した。

つぎに, 表3に示す試料のなかから清掃状態のすべり抵抗の大小の観点から特徴的な5試料を選択し, 清掃状態のC. S. R・B Fおよび採取した汗を介在させた場合のC. S. R・B Fを求めた。ここで, 汗の介在量はすべり片と床の接触部分全面に汗を過不足なく介在させることができる1g/100cm²とした。

つぎに, 同一試料に対し, 試行錯誤的に, 様々な表面介在物を各々

図12 汗介在時と他の介在物介在時のC. S. R・B Fの関係

汗の場合と同量介在させC. S. R・B Fを測定した。

典型的な表面介在物の場合の結果を図12に示すが, いずれの表面介在物の場合も清掃状態と比較してC. S. R・B Fが低下するのが明確で, 本研究で対象とする床においてつねに所定のすべり抵抗を保持するためには, 表面介在物の除去つまり日常の維持管理が重要であることがわかる。また, 汗と最も近似する表面介在物は食塩水であるのが明確なことから, 汗の代替介在物として食塩水 (食塩1: 水20, 重量比) を設定できる。

以上で, 既往の成果をも含め⁸⁾, 表面介在物の観点からもあらゆる場合の素足でのすべりの評価が可能になったと考える。

10. 結

素足での床のすべりの評価方法を提示した。

素足での使用に供するよりよい床の開発, 設計, 維持管理のための有用な知見として利用いただくことを期待するものである。

結びにあたり, アンケート, 官能検査に協力いただいた皆様, 試料材料を提供いただいたメーカー各位に謝意を表します。

【参考文献】

- 1) 小野英哲, 宮木宗和, 河田秋澄, 吉岡 丹: 床のすべりおよびその評価方法に関する研究 その1. 研究方法およびすべり感覚の尺度化, 日本建築学会論文報告集第321号, 1982年11月
- 2) 小野英哲: 床のすべりおよびその評価方法に関する研究 その2. すべり試験機設計・試作のための基礎的試料の集積およびすべり試験機の基本構想, 日本建築学会論文報告集第333号, 1983年11月
- 3) 小野英哲, 河田秋澄, 宮木宗和, 川村清志, 小西敏正, 三上貴正, 橋田浩, 吉岡 丹: 床のすべりおよびその評価方法に関する研究 その3. すべり試験機の設計・試作, 日本建築学会論文報告集第346号, 1984年12月
- 4) 小野英哲, 須藤 拓, 吉岡 丹: 床のすべりの評価指標および評価方法の提示, 床のすべりおよびその評価方法に関する研究 (その4), 日本建築学会論文報告集第356号, 1985年10月
- 5) 小野英哲, 橋田 浩, 横山 裕: スポーツサーフェイスのすべりの評価方法に関する研究, 日本建築学会論文報告集第359号, 1986年1月
- 6) 小野英哲, 三上貴正, 岩崎淑子, 横山 裕: エアロビックダンスフロアのかたさ, すべりの評価方法に関する研究, 日本建築学会論文報告集第385号, 1988年3月
- 7) 小野英哲, 北山 大, 高橋宏樹: 安全性からみた斜路のすべりの評価方法に関する研究, 日本建築学会論文報告集第448号, 1993年6月
- 8) 小野英哲, 三上貴正, 高木 直, 横山 裕, 北山 大, 高橋宏樹: 床のすべりの評価における床表面介在物の標準化に関する研究, 日本建築学会論文報告集第450号, 1993年8月
- 9) 小野英哲, 高橋宏樹, 泉 譲太, 高橋成明: 高齢者の安全性からみた床および斜路のすべりの評価方法の提示, 日本建築学会論文報告集第484号, 1996年6月
- 10) 小野英哲, 須藤 拓, 三上貴正: 安全性からみた階段のすべりの評価方法に関する基礎的考察, 安全性からみた階段のすべりの評価方法に関する研究 (その1), 日本建築学会論文報告集第362号, 1986年4月
- 11) 小野英哲, 武田 清, 永田久雄: 階段各部分のすべり抵抗の測定, 安全性からみた階段のすべりの評価方法に関する研究 (その2), 日本建築学会論文報告集第373号, 1987年3月
- 12) 小野英哲, 武田 清, 三上貴正, 大野隆造: 安全性からみた階段のすべりの評価方法の提示, 安全性からみた階段のすべりの評価方法に関する研究 (その3), 日本建築学会論文報告集第383号, 1988年1月
- 13) 小野英哲, 上野静二, 横山 裕, 大野隆造, 三上貴正: 安全性からみた浴室床および浴槽底のすべりの評価方法に関する研究, その1 すべり抵抗の測定方法の設定および浴槽断面寸法の設定, 日本建築学会論文報告集第384号, 1988年2月
- 14) 小野英哲, 三上貴正, 大野隆造, 横山 裕, 上野静二, 高木 直: 安全性からみた浴室床および浴槽底のすべりの評価方法に関する研究, その2 すべりの評価指標および評価方法の提示, 日本建築学会論文報告集第387号, 1988年5月
- 15) JIS A 1454 「高分子系張り床試験方法—Test Methods—Resilient Floorcoverings」
- 16) Guilford, J.P., 秋重義治監訳: 精神測定法, 培風館, 1959年9月

(2000年3月10日原稿受理, 2000年7月3日採用決定)