

靴の安全性 ～一般靴の靴底耐滑性～

皮革技術センター台東支所 黒田 良彦

1. 背景・目的

歩行中の滑りによって転倒する事故は紳士靴・婦人靴問わず、すべての靴種で発生している。この事故を検証する試験は耐滑性試験であるが国内規格JIS T 8106*¹⁾ 安全靴・作業靴の耐滑試験方法は、安全靴・作業靴を対象とした試験内容であり、一般靴の転倒防止のための耐滑性の評価はあまり行われていない。そのため、一般靴を対象とした耐滑性のデータの蓄積が必要かつ望まれている。さらに国際規格ISO 13287*²⁾ 個人用保護具-はき物-スリップ抵抗の試験方法(2019)新規格に基づく測定法でのデータの蓄積も求められている。一般靴の耐滑性データの蓄積は、転倒防止を目的とした安全な靴製造や、安全な靴を選ぶ際の基本性能として有効である。

本研究では、街中やオフィスで日常履く靴、およびそれらの底材(表底、トップピース)の耐滑性能データを蓄積し、多様化する靴底の滑りに関する特性を明らかにする。

研究で得られた成果を都内靴関連業界および都民に発信し、靴の滑りに関する安全性向上に資することを目指す。

2. 研究の内容

2.1 耐滑性試験方法

耐滑性の測定は、ISO 13287に基づいて行った。装置は、SATRA社製 Slip Resistance Tester STM603である。(図1)



図1 耐滑性試験機

測定モード(図2)、床材はステンレススチール板、セラミックユーロタイル2、潤滑剤は利用なし、水および0.5%SLS溶液を選択して実施した。また、製品以外の測定は、人工足(図3)を用いて測定した。

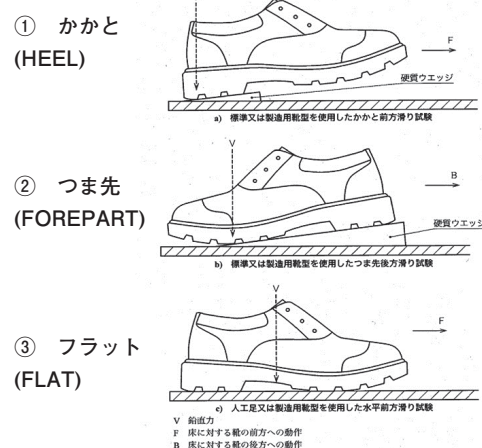


図2 耐滑試験 (3種類の測定モード)

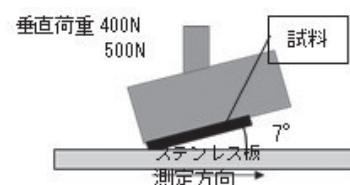


図3 人工足と測定状況

2.2 市販靴の耐滑性試験

デザイン、表底の素材やパターンの異なる製品(229点)を収集し試料とした。靴のサイズに合わせた靴型、垂直荷重で測定した。床材は、ステンレススチール板とセラミックユーロタイル2を用いた。潤滑剤は、使用しない、水、0.5%SLS溶液の3条件を用い、3種類の測定モード(図2)で測定を行った。

結果は、条件の傾向、さらにISO 20939^{*3)}「表底の性能要件」と比較してまとめた。

2.3 耐滑性に関する要因の検証

靴の滑りは、靴の表底のパターン、素材、接地具合、床材、潤滑剤など様々な要因が考えられるため、各要因について検討を行った。

2.3.1 底材のパターンの影響

試料は市販の底材17点を用いた。測定用の試料は、靴のかかと形状に合わせ、φ6cmの円形で切り出しパターンがある表面(有)と、パターンを削ったもの(無)を、接触角度は7°のHEELで測定を行った。さらに、靴に近い条件で測定を行うため、底材を26cm(紳士用)に切り出し試料とした。デッキシューズの靴底に貼り付け測定した(図4)。床材はステンレス板で潤滑剤に水を用いた条件で測定した。試料の表面状態は、マイクロスコプ(HIROX KH-8700)を用いてパターンの深さ、表面粗さを測定した。



図4 試料作製法

2.3.2 床材の影響

床材の滑りの評価は、Slider96(標準ゴム)を用いた。ISOは規格外の床材を用いた場合に、Slider96の測定値を結果に付記することとなっている。そこで、床材は、ISO規定のステンレススチール板、セラミックユーロタイル2の他に、PVCフロアタイル(4種類)、セラミックタイル(3種類)、桐板、木板(フロア用)、竹集積板、セメント板、氷を用いた。床材の表面状態は、表面粗さ形状測定機(サートロニック DUO II)を用いて最大粗さRz、平均粗さRaを測定した。

3. 研究の成果

3.1 市販靴の耐滑性

測定モードごとで比較すると、HEEL、FOREPART、FLATの測定値は高い相関関係が確認できた。HEELの耐滑性について、測定条件ごとの分布傾向を比較した(図5)。結果から、ステンレス板の乾燥条件はデータ分布幅が広く、全体的に耐滑性の値が大きい傾向であった。これは床材と靴底の摩擦抵抗が影響していると考えられる。潤滑剤がある条件は滑りやすく、最頻値が左に移行し、分布の幅も狭くなる傾向であった。

市販靴の耐滑性測定結果とISO 20880「表底の性能要件」を比較した(表1)。市販靴のうち性能要件を満たしたのは、HEEL条件では全体の約半数、FLAT条件では約3割、両方の性能を満たしたのは約3割であった。滑りにくい靴底のパターンは、縦横に溝が深く凹凸のあるパターンが滑りにくい傾向であった。

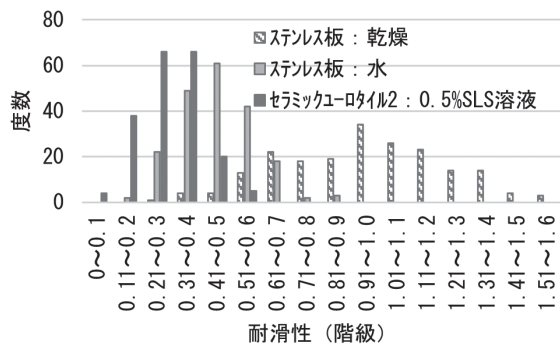


図5 市販靴の耐滑性

表1 性能要件を満たした靴の割合
(条件：セラミックユーロタイル2/0.5%SLS溶液)

靴種別/内訳			性能要件を満たした足数(割合)	
			HEEL	FLAT
			0.28以上 (割合※)	0.3以上 (割合※)
婦人	タウン	54	28 (51.9)	10 (18.5)
	カジュアル	53	31 (58.5)	15 (28.3)
紳士	タウン	27	15 (55.6)	8 (22.2)
	カジュアル	56	38 (67.9)	27 (48.2)
ユニセックス	カジュアル	9	0 (0.0)	0 (0.0)
合計		199	112 (56.3)	60 (30.2)

※靴種別に求めた。

3.2 耐滑性における要因の検証

3.2.1 底材のパターンの影響

底材17点の耐滑性の結果を表2に示した。パターン有と無で耐滑性に差がなかったのは試料1、12で、表面が平たんでパターンが細かいものであった。パターン有で耐滑性が低かったのは、試料6であった。硬度も硬く、細かいパターンであるため、床面と底材の間に水の膜を形成しやすく滑りやすかったと考えられる。パターンが効果的に耐滑性に関与していると考えられるのは、試料5、14であった。溝が深く柔らかいことで、床面にしっかり接地したと考えられる。しかし、パターン無の値が低い素材は、使用過程で摩耗により滑ることが想定され、このような素材は注意が必要である。

靴底に貼り付けた試料の測定結果に注目すると、試料のすべてがISOの「表底の性能要件」を満たしていた。靴は底材のクッション性や、形状、かかとにかかる力の分散など複合的に耐滑性に影響していること

が示唆された。

表2 耐滑性と表面状態

試料	耐滑性 : ステンレス板 Water			表面状態(μm)				硬度 A
	(ハチーン有)		(ハチーン無)	(ハチーン有)		(ハチーン無)		
	人工足	靴底貼り	人工足	深さ	粗さRa	深さ	粗さRa	
1	0.29	0.33	0.30	467	11.3	346	22.2	29.6
2	0.33	0.43	0.43	783	48.4	265	17.2	67.4
3	0.35	0.59	0.54	235	21.3	140	11.0	67.6
4	0.31	0.38	0.46	2323	187.7	255	14.3	92.4
5	0.41	0.42	0.26	2182	54.6	257	12.2	63.0
6	0.19	0.30	0.42	241	42.1	111	14.9	95.0
7	0.26	0.35	0.18	1751	92.2	132	20.6	63.6
8	0.36	0.37	0.45	977	83.6	273	24.1	90.6
9	0.28	0.45	0.35	830	0.1	391	18.8	46.0
10	0.31	0.36	0.40	2071	132.1	215	16.7	52.8
11	0.29	0.36	0.46	2788	79.6	323	15.6	52.8
12	0.40	0.52	0.40	368	29.3	223	14.0	90.0
13	0.37	0.45	0.28	4422	86.9	293	16.1	81.8
14	0.46	0.54	0.31	2437	42.5	177	18.5	46.0
15	0.11	0.40	0.19	2148	56.1	149	10.0	74.0
16	0.47	0.52	0.42	485	21.5	259	16.3	61.0
17	0.40	0.40	0.36	319	14.8	284	18.9	60.8

3.2.2 床材の影響

床材の表面状態とSlider96の耐滑性の結果を表3に示す。

潤滑剤の違いで耐滑性に差がみられた床材は、ステンレス板、PVCフロアタイル、木板(フロア用)であった。そこで、床材の表面を観察すると、水の場合、水滴は乾がり乾いた床面が混在している。0.5%SLS溶液の場合は床の濡れ具合は一樣で水の膜を形成していた。逆に、耐滑性に差が少ないセラミックタイルや桐板は、親水性が良く濡れやすくどちらの潤滑剤でも水の膜が一樣に形成されていた。以上のことから、表面の濡れ具合が滑りに影響したと考えられ

表3 試料の表面状態と耐滑性 (Slider96)

	Rz		Ra		耐滑性	
	(最大粗さ)		(平均粗さ)		Slider96	
	μm	μm	μm	μm	水	0.5%SLS溶液
ステンレススチール板	0.27	1.85	0.27	1.85	0.27	0.04
セラミックユーロタイル2	1.85	12.23	0.22	12.23	0.22	0.21
PVC①(濃グレー)	4.60	19.08	0.29	19.08	0.29	0.13
PVC②(グレー)	0.28	1.30	0.35	1.30	0.35	0.13
PVC③(白)	2.80	13.59	0.31	13.59	0.31	0.14
PVC④(クリーム)	7.36	30.49	0.37	30.49	0.37	0.20
セラミックタイル(石調)	4.25	22.59	0.51	22.59	0.51	0.47
セラミックタイル(白)	0.19	1.06	0.08	1.06	0.08	0.06
セラミックタイル(茶)	4.50	24.47	0.39	24.47	0.39	0.37
桐板(平行)	4.89	24.85	0.26	24.85	0.26	0.26
桐板(垂直)	8.66	47.80	0.24	47.80	0.24	0.25
木板(フロア用)	1.40	6.33	0.27	6.33	0.27	0.15
竹集成板	3.09	17.02	0.48	17.02	0.48	0.38
セメント	1.60	12.40	0.54	12.40	0.54	0.28
水	-	-	0.03	-	0.03	0.09※

太字は一般靴の測定に利用

※水のみ

る。氷は、水が介在することで最も滑りやすく、表面が平滑なステンレススチール板、白タイルは0.5%SLS溶液を用いた条件はとも滑りやすかった。ちなみに、Slider96の値は、床滑り抵抗値(C.S.R値:日本建築学会推奨の床材の評価値、床の滑りやすさを数値で表した指標)に近い値を示していることがわかった。

これらの傾向を踏まえ、床材を選定し(表3太字)、市販靴の耐滑性の測定を行った。床材と市販靴の耐滑性の傾向を検証するために、耐滑性の異なる市販靴13点を選定し試料とした。選定は、セラミックユーロタイル2で潤滑剤0.5%SLS溶液の条件と、ステンレス板で潤滑剤水の条件の耐滑性の結果から、4領域に分類し靴を選定した。領域①両方の条件で滑る靴、領域②ステンレス板で滑りにくい靴、領域③セラミックユーロタイル2で滑りにくい靴、領域④両方の条件で滑りにくい靴、それぞれの領域から靴を13点選定した(図6)。測定結果は、図7に示した。横軸にSlider96の耐滑性、縦軸に条件別に市販靴のHEEL条件の耐滑性の平均値と、分布域として最大値、最小値を示した。

各床材の耐滑性をみると、水をはじくステンレス板、木板フロア、PVC④フロア床は、潤滑剤に水を用いた条件では、全体的

にデータの分布域が広がった。これは床材に対して靴底のパターンや素材による耐滑性能が顕著に現れていることを示している。逆に、親水性の床材は潤滑剤の差が少なく分布域が狭かったことから靴底のパターンや素材による耐滑性能が現れていない。



図6 市販靴のパターン

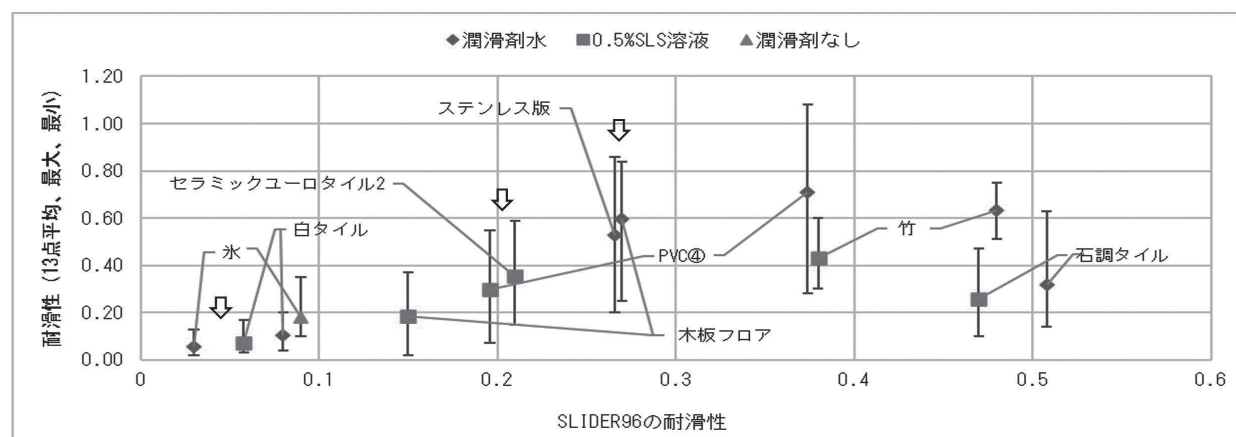


図7 一般靴の耐滑性(HEEL条件)と床材の滑り(SLIDER96)の関係

Slider96の値が高くなるに従い市販靴の値も高くなる傾向であるが、0.3～0.4辺りで横ばい傾向あるいは、値が低くなっている傾向であった。Slider96の値が近い、図7に ▽ で示した条件間でT検定を実施した。統計的に有意な差 ($p > 0.05$) は確認できなかった。つまり、条件間に明確な差がないことを示しており、Slider96の値が近い表面状態であれば、ほぼ同等の耐滑性の評価が得られることが示唆された。ただし、Slider96の値が0.3以上の床材に関しては、傾向が異なるため検討が必要である。

4. まとめ

市販靴の耐滑性を調べた結果、ISOの性能要件を満たしたものは、全体の約3割であった。

耐滑性に関する要因について検証を行った結果、以下のことがわかった。

- ・床材の濡れ具合（潤滑剤の有無）、床材の表面状態（平滑さ、はっ水状態）、靴底のパターン構造、素材の硬さ、接地状況など複雑に関係している。
- ・測定モード（HEEL、FOREPART、FLAT）ごとの測定値は、高い相関関係が確認できた。
- ・多様な床材の耐滑性は、床滑り抵抗値（C.S.R値）と近い値を示していた。
- ・乾燥した床は、床材と靴底の摩擦抵抗が影響する。接地面が少ない、点で接地するようなパターン構造は滑りやすい。
- ・平滑で濡れやすい床、平滑な靴底パターンは、床面と底材の間に水の膜が形成されやすく滑りやすい。
- ・濡れた床では、靴底は溝が深く縦横に水が抜け床材に接地できる構造が滑りにくい。

参考文献

- 1) JIS T 8106 安全靴・作業靴の耐滑試験方法 (2016)
- 2) ISO 13287 Personal protective equipment -Footwear- Test method for slip resistance (2019)
- 3) ISO 20939 Footwear- Performance requirements for components for footwear- Outsole (2024)