

導電性不織布を貼付した履物による歩行人体帯電防止

木村裕和^{*1,1}, 松岡敏生^{*2}, 金井博幸^{*3}, 森島美佳^{*3}, 長谷川正博^{*4}

(2011年4月21日受付; 2011年6月27日受理)

Prevention of Static Charge in Human Body Using Footwear Adhered with Conductive Nonwoven Fabric

Hirokazu KIMURA,^{*1,1} Toshio MATSUOKA,^{*2} Hiroyuki KANAI,^{*3}
Mika MORISHIMA^{*3} and Masahiro HASEGAWA^{*4}

(Received April 21, 2011; Accepted June 27, 2011)

We examined about the preventive method for static charge in human body generated by walking action using footwear adhered with conductive nonwoven fabric to the back side. Static electrical propensities of human body were assessed in accordance with the walking test defined in JIS L 1021-16. In order to confirm the anti-static effects for size of conductive nonwoven fabrics, determinations of body voltages were carried out using conductive nonwoven fabrics of ten size steps in the range of 2.36 cm² to 55.00 cm². The body voltages were showed precipitous and liner fall tendency less than the size of 5 cm². The body voltages were determined using eleven floor coverings and four car mats as the samples. The body voltages obtained from the samples except a wooden floor covering were remarkably decreased (Average of reduction ratios was 76%). To investigate anti-static performance of conductive nonwoven fabric for various types of footwear, body voltages were measured using different fourteen types of footwear. As the results, it was confirmed that the range of reduction ratios was from 58% to 86%.

1. はじめに

静電気障害や静電気災害のパターンは実に多様であり、その規模も様々である¹⁻³。人体帯電を原因とするトラブルについても比較的軽微なものから深刻な事故に至るまで多くの報告がみられる⁴⁻⁶。日常的に経験する例としては、冬場の乾燥した時期にドアノブなどに触れたときに感じる不快な電撃ショックが挙げられる⁷。これは人体に帯電した静電気の瞬間放電によるものである。低湿度環境下で絨毯やセラミックタイルを歩行するときに発生する人体帯電圧は、人が電撃ショックを感じる 3,000 V を超えるレベルにまで比較的容易に到達する^{8,9}。

静電気帯電は、物体の材質や状態に強く依存する表面現象であり、物体が接触や摩擦など何らかの物理的作用を受

けたときに電子が移動し、電子の過不足状態によって発現する^{10,11}。したがって、帯電防止の観点からは、物体同士の接触界面において発生する電荷の移動を抑制するか、あるいは電荷の漏えいを促進するなどの方法が有効となる¹²。

歩行にともなう人体帯電現象も歩行動作や履物ならびに床材の種類に大きな影響を受ける¹³⁻¹⁵。歩行動作の場合、床面と履物底材の裏面（以下、履物裏面という）が物体間の接触面となり、床面と履物裏面間で発生する電荷の移動や放電が人体の帯電状態を決定する主な要因と考えられる。

人体帯電を抑制する履物としては、静電気拡散性靴や静電気導電性靴が開発されているが、これらは静電気に留意が必要な状況下で使用される特殊な作業靴である¹⁶。

そこで、今回、一般に市販されている多様な履物に適用でき、低湿度環境においても効果を発揮する簡便な歩行人体帯電防止方法として、履物裏面に導電性材料を貼付することを検討した。その結果、金属化合物型導電性繊維 100%の不織布（以下、導電性不織布という）において一定の効果が認められたので、それについて報告する。

2. 実験

2.1 履物裏面貼付用導電性材料と人体帯電圧測定

履物裏面に貼付する導電性の材料として、歩行感に影響を与えない薄布またはシート状の物質（以下、導電性材料という）を検討した。今回、検討した導電性材料は、導電性不織

キーワード：人体帯電防止，導電性不織布，履物，床材

^{*1} 大阪府立産業技術総合研究所 (594-1157 大阪府和泉市あゆみ野2-7-1)

Technology Research Institute of Osaka Prefecture, 2-7-1 Ayumino, Izumi, Osaka 594-1157, Japan

^{*2} 三重県工業研究所 (814-0819 三重県津市高茶屋5-5-45) Mie Prefecture Industrial Research Institute, 5-5-45 Takachaya, Tsu, Mie 814-0819, Japan

^{*3} 信州大学繊維学部 (386-8567 長野県上田市常田3-15-1) Faculty of Textile Science and Technology, Shinshu University, 3-15-1 Tokida, Ueda, Nagano 386-8567, Japan

^{*4} モリト株式会社 (653-0835 神戸市長田区細田町4-1-20) Morito Co., Ltd., hosodacho, 4-1-20 Nagata-ku, Kobe 653-0835, Japan

¹ hiro@tri.pref.osaka.jp

表1 導電性材料の詳細と導電性材料を貼付した JIS 靴の電気抵抗と人体帯電圧

Table 1 Characteristics of conductive materials, electric resistances and body voltages obtained from JIS shoes adhered without or with conductive materials.

Conductive material	Thickness of conductive material (mm)	Electric resistance of conductive material (Ω)	Electric resistance of JIS shoes (Ω)		Electric resistance of sole material of JIS shoes (Ω)		Body voltage (V)		Reduction ratio (%)
			Without conductive material	With conductive material	Without conductive material	With conductive material	Without conductive material	With conductive material	
Conductive nonwoven fabric	1.20	7.2×10^3	5.4×10^9	5.2×10^9	2.5×10^9	5.0×10^9	8900	1500	83.1
Plain weave fabric made of carbon fiber	0.50	5.6	5.4×10^9	5.5×10^9	2.5×10^9	3.2×10^9	8900	2400	73.0
Copper leaf	0.09	4.4×10^{-3}	5.4×10^9	5.6×10^9	2.5×10^9	2.8×10^9	8900	6600	25.8
Aluminum leaf	0.01	2.7×10^{-3}	5.4×10^9	5.0×10^9	2.5×10^9	2.7×10^9	8900	7600	14.6

布, 炭素繊維 100%の平織物(以下, 炭素繊維平織物という), 圧延銅箔, アルミニウム箔の4種類である。

表1には, 検討した4種類の導電性材料の厚さと電気抵抗値を示し, これらを JIS L 1021-16 (繊維製床敷物試験方法—第16部: 帯電性—歩行試験方法) の6.1.3に規定されている靴(以下, JIS 靴という)の裏面に貼付する前後で測定した JIS 靴の電気抵抗, JIS 靴裏面の電気抵抗ならびに歩行による人体帯電圧の測定結果と人体帯電圧の低減率を記載した。なお, 表中に示した低減率 (Reduction ratio) は (1) 式により求めた。

$$\text{低減率 (\%)} = 100 (V_B - V_A) / V_B \quad (1)$$

ここに, V_B : 導電性材料貼付前の人体帯電圧 (V), V_A : 導電性材料貼付後の人体帯電圧 (V)。

導電性材料の厚さはマイクロメータにより計測した。電気抵抗の測定は, JIS L 1094 の参考に規定の表面漏えい抵抗測定法にしたがった。ただし, 電気抵抗値は, デジタルマルチメータ(アドバンテスト社製 DIGITAL MULTIMETER R6551)を用いて同 JIS に規定された平板電極間に 1 mA の直流電流を印加し, 電圧を計測して求めた。

導電性材料の貼付前後の履物の電気抵抗は, JIS T 8103 (静電気帯電防止靴) の9.1 a) にしたがって求め, 履物裏面の電気抵抗は履物裏面前方(足の平の部分)から踵裏までの電気抵抗を超高抵抗測定器(東亜エレクトロニクス社製 ULTRA MEGA OHMMETER MODEL SM-10)を用い, 測定電圧 100 V で測定した。

人体帯電圧の測定は, JIS L 1021-16 (繊維製床敷物試験方法—第16部: 帯電性—歩行試験方法) の6に規定されているストロール法にしたがった。履物には JIS 靴を用い, 床材には同 JIS の6.1.6に規定されている帯電防止未加工品および帯電防止加工品の2種類の標準カーペットのうち, 帯電防止未加工品(以下, 帯電防止未加工標準カーペットという)を

用いた。試験者には, 日本人の平均的体格の成人男性を選定した。人体帯電圧は試験者が試料上を人体帯電量が平衡になるまで 30 秒以上歩行し, チャート紙に記録された帯電圧の中から極大値の高い方から5点, 低い方から5点を採取し, その平均値で求めた。人体帯電圧測定には, 人体帯電圧測定用プローブが附属された表面電位計(日本スタテック社製 SV-77A)を用いた。

JIS 靴による人体帯電圧測定後に JIS 靴の裏面前方(足の平の部分)にタイルカーペット施工用の両面接着テープ(東リ社製 CF テープ)を用いて4種類の導電性材料を順次貼付し, 人体帯電圧を測定した。なお, 試験者は JIS 靴に各導電性材料を貼付した後, JIS 靴を履き, JIS L 1021-16 の6.1.5に規定の設置した金属板上に約1分間起立静止し, 確実に導電性材料が JIS 靴裏面に固着していることを確認した後に測定を行った。

なお, 本報告におけるすべての人体帯電圧, 電気抵抗の測定は, 温湿度環境 20°C, 20%RH で実施し, 導電性材料, 履物および床材は測定前に24時間以上同環境下で調整した後, 実験に供した。

また, 後述するように, 今回実験に供した4種類の導電性材料の中では, 導電性不織布の帯電防止性能が最も優れていたため履物裏面に貼付する導電性材料として導電性不織布を選定し, 以下の実験を進めた。

2.2 導電性不織布の面積が人体帯電圧に及ぼす影響

履物裏面に貼付する導電性不織布の面積と人体帯電圧の関係を調べるために, 導電性不織布を 2.36 cm² から 55.00 cm² までの10段階の面積の方形に切り出し, 履物の裏面前方(足の平の部分)に貼付し, 2.1に記述した方法と同様にして人体帯電圧を測定した。この実験には 2.1の成人男性を試験者とし, 履物には JIS 靴を用い, 床材には帯電防止未加工標準カーペットを用いた。

2.3 人体帯電圧に及ぼす履物裏面貼付箇所の影響

履物裏面の貼付箇所の相違が人体帯電に及ぼす影響を調べた。この実験には、2 cm×3 cmの長方形の導電性不織布を用い、履物にはパンプスを用いた。試験者には、日本人の平均的体格の成人女性を選定し、人体帯電圧を測定した。図1に示すようにパンプスの裏面前方（足の平の部分）(a)、踵(b)、土踏まず(c)およびヒール内側(d)の各箇所に導電性不織布を順次貼付した後、パンプスを履き、2.1に記述した方法と同様にJIS L 1021-16の6.1.5に規定の設置した金属板上で約1分間静止起立し、導電性不織布がパンプスの裏面に完全に固着していることを確認した後に人体帯電圧を測定した。なお、床材には帯電防止未加工標準カーペットを用いた。

2.4 各種床材に対する導電性不織布の帯電防止効果

様々な床材に対する導電性不織布の人体帯電防止効果を確認するために、JIS L 1021-16の6.1.6に規定されている2種類の標準カーペット、市販の床材9種類ならびに自動車用マット4種類の合計15種類の試料を用いて、人体帯電圧を測定した。この実験には、履物にJIS靴を選定し、JIS靴の裏面前方（足の平の部分）に5 cm×5 cmの正方形の導電性不織布貼付する前後で人体帯電圧を測定した。なお、人体帯電圧は2.1の成人男性を試験者として、2.1に記述した方法と同様にして求めた。

2.5 各種履物に対する帯電防止効果

様々な履物に対する導電性不織布の帯電防止効果を確認するために、JIS靴、市販の甲底とも革製の紳士靴（以下、革靴という）、3種類の合成皮革紳士靴（紳士靴A、紳士靴B、紳士靴C）、運動靴、作業靴、2種類の家庭用スリッパ（スリ

ッパA、スリッパB）、ハイヒール、ピンヒール、2種類のパンプス（パンプスA、パンプスB）およびサンダル、合計14種類の履物を用いた。

人体帯電圧の測定は、2.1に記述した方法と同様にして行った。ただし、JIS靴、革靴、3種類の合成皮革紳士靴、運動靴、作業靴および2種類の家庭用スリッパを用いた実験には、2.1の成人男性を試験者とした。ハイヒール、ピンヒール、2種類のパンプスおよびサンダルを用いた実験には、2.3の成人女性を試験者とした。なお、JIS靴、革靴、3種類の合成皮革紳士靴、運動靴、作業靴および2種類の家庭用スリッパには5 cm×5 cmの正方形、ハイヒール、ピンヒール、2種類のパンプスおよびサンダルには3 cm×3 cmの正方形の導電性不織布を履物裏面前方（足の平の部分）に貼付し、床材には、帯電防止未加工標準カーペットを用いた。

なお、導電性不織布貼付前後の各履物の電気抵抗および履物裏面の電気抵抗を2.1と同様にして計測した。

3. 結果と考察

3.1 履物裏面に貼付する導電性材料の選定

表1に示した4種類の導電性材料の人体帯電圧の低減率から導電性不織布の歩行人体帯電防止性能が最も高く、次いで炭素繊維平織物が良好である。圧延銅箔の低減率が26%、アルミニウム箔が15%であり、電気抵抗値の観点からは効果があると思われた金属系箔の低減率が小さい。これは導電性材料の表面形態によるものと考えられる。帯電防止効果の認められた2種類の繊維系導電性材料の表面には多数の毛羽が存在しているが、金属系箔の表面は非常に滑らかな平面状であった。特に、毛羽状に繊維の露出が多い導電性不織布を貼付したときの人体帯電圧は1,500 Vであり、人が静電気放電ショックを感じる電圧の半分程度に抑制されている。帯電防止効果は高いといえる。導電性不織布の表面に存在する多数の繊細な毛羽によって歩行時に履物裏面が床面と離れる際に放電が生じ、結果的に人体の帯電圧が抑制されたことによるものと考えられる^{17,18)}。導電性材料の表面形態が帯電防止性能の発現にとって重要であると考えられる。なお、表1に示したように導電性材料を貼付する前後で測定したJIS靴の電気抵抗および履物裏面の電気抵抗に大きな変化はなく、導電性材料を履物の裏面に貼付しても履物や履物底材そのものの電気抵抗には大きな影響を与えないことがわかった。

以上の結果から、今回検討した4種類の導電性材料に限れば、歩行にともなう人体帯電防止を目的として履物裏面に貼付する材料としては、導電性不織布が適していることがわかったので、履物の裏面に貼付する導電性材料として導電性不織布を選定し、さらに検討を進めた。

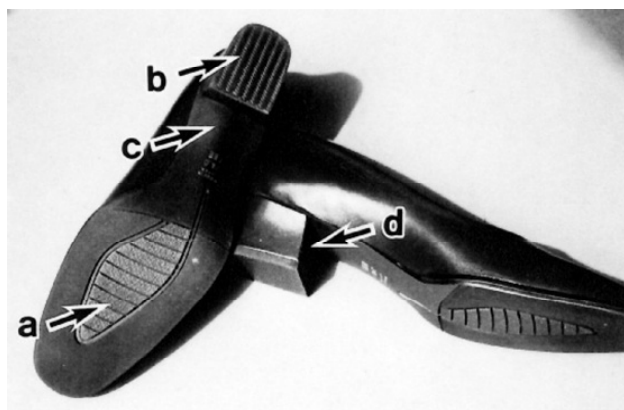


図1 履物裏面に対する導電性不織布の貼付箇所
a, 裏面前方（足の平の部分）; b, 踵の部分; c, 土踏まずの部分; d, ヒール内側。

Fig. 1 Position of back side of shoes adhered with conductive nonwoven fabric.

a, toe; b, heel; c, arch of a foot; d, side of heel.

3.2 導電性不織布の面積と人体帯電圧の関係

図2に10段階の面積に調製した導電性不織布を JIS 靴の裏面に貼付し、人体帯電圧を測定した結果を示した。横軸が導電性不織布の面積、縦軸が人体帯電圧である。導電性不織布貼付前の人体帯電圧は8,900 Vであった。3本の直線で傾向を強調したが、人体帯電圧は導電性不織布の面積が 5 cm²程度までに急激かつ直線的に低下し、人が静電気放電ショックを感じる3,000 V 以下の水準にまで低下している。しかし、10 cm²前後から帯電防止効果は鈍り始め、20 cm²以上の面積の導電性不織布を貼付しても大きな変化は認められない。これは、導電性繊維による帯電防止挙動の一般的な傾向とよく一致している^{19,20}。

3.3 履物裏面の貼付箇所と人体帯電圧の関係

表2には、パンプスを用いて履物裏面の貼付箇所が帯電防止効果に及ぼす影響を調べた結果を示した。図1に示した a, b, c, d の箇所に同一面積 (2 cm×3 cm) の導電性繊維不織布を順次貼付し、人体帯電圧を測定した。導電性不織布貼付前の人体帯電圧は7,800 Vである。aに貼付したときには2,400 Vであり、人体帯電圧の低減率は69%であった。貼付箇所 b での低減率は67%である。cに貼付したときの低減率は26%、d では30%である。貼付箇所によって帯電防止効果には相違が認められ、床面と直接接触する部分に貼付する方が帯電防止効果の高いことが確認された。

表2 貼付箇所による帯電防止効果の相違
Table 2 Anti-static effect variation with the position adhered with conductive nonwoven fabrics.

Position of back side of shoes adhered with conductive nonwoven	Body voltage (V)		Reduction ratio (%)
	Without conductive nonwoven fabric	With conductive nonwoven fabric	
a	7800	2400	69.2
b	7800	2600	66.7
c	7800	5800	25.6
d	7800	5500	29.5

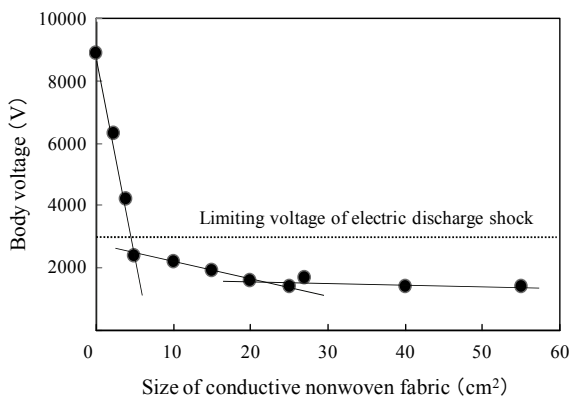


図2 導電性不織布の大きさ と帯電防止性能の関係
Fig. 2 Relationship between size of conductive nonwoven fabrics and body voltages.

3.4 各種床材に対する人体帯電防止効果

図2に示した結果から安定した帯電防止効果が認められた 5 cm×5 cm の正方形の導電性不織布を JIS 靴の裏面前方 (足の平の部分) に貼付し、11種類の床材と4種類の自動車用マットを用いて人体帯電圧を測定した結果を表3に示した。木質系床材を除くすべての床材で人体帯電圧の低減率は70%以上である。木質系床材の低減率が小さい理由は必ずしも明確ではないが、木材と導電性不織布との静電的相互関係、あるいは木質系床材の平滑な表面形状や表面仕上げ剤の影響などが考えられる。今後、さらに多くの木質系床材を試料とした検討を進め、原因を確認したい。図3に導電性繊維不織布貼付前後において15種類の試料から得られたデータを

表3 各種床材における人体帯電圧測定結果
Table 3 Body voltage determined from several floor materials.

Floor material samples	Body voltage (V)		Reduction ratio (%)
	Shoes without conductive nonwoven fabric	Shoes with conductive nonwoven fabric	
Static unprotected carpet	8900	1500	83.1
Static protected carpet	840	150	82.1
Wool carpet	7200	1500	79.2
Wool 80%, nylon 20% carpet	5800	1200	79.3
Carpet tile A	1700	330	80.6
Carpet tile B	570	90	84.2
Resilient floor covering A	360	75	79.2
Resilient floor covering B	550	130	76.4
Ceramic tile A	4300	770	82.1
Ceramic tile B	3000	570	81.0
Wooden floor material	420	210	50.0
Car mat A	6100	1350	77.9
Car mat B	1300	270	79.2
Car mat C	300	90	70.0
Car mat D	110	30	72.7

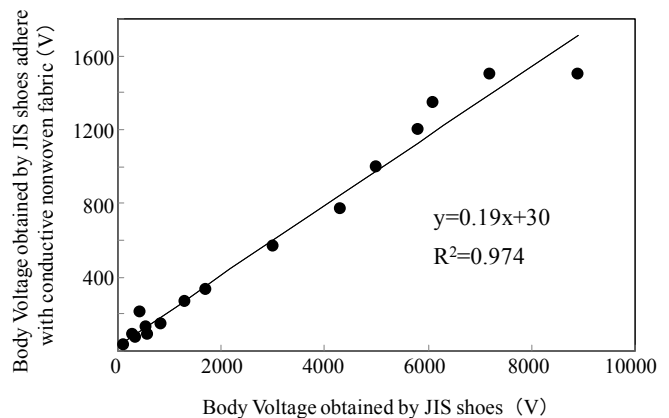


図3 各種床材における JIS 靴と導電性不織布を貼付した JIS 靴から得られた人体帯電圧の関係
Fig. 3 Relationship between the body voltages obtained from JIS shoes and JIS shoes adhered with conductive nonwoven fabrics for several floor materials.

表4 各種履物における導電性不織布貼付前後における履物の電気抵抗と人体帯電圧測定結果

Table 4 Results of determination on the electric resistances of several footwear and the body voltages obtained from footwear adhered without or with conductive nonwoven fabrics.

Footwear samples	Upper material of footwear	Sole material of footwear	Electric resistance of footwear (Ω)		Electric resistance of sole material (Ω)		Body voltage (V)		Reduction ratio (%)
			Without conductive nonwoven fabric	With conductive nonwoven fabric	Without conductive nonwoven fabric	With conductive nonwoven fabric	Without conductive nonwoven fabric	With conductive nonwoven fabric	
JIS shoes	Leather	Vulcanized rubber	5.4×10^9	5.2×10^9	2.5×10^9	5.0×10^9	8900	1500	83.1
Leather shoes	Leather	Leather	1.4×10^{10}	1.1×10^{10}	1.6×10^{12}	2.0×10^{12}	9000	2400	73.3
Men's shoes A	Leather	Foaming rubber	9.0×10^{11}	9.5×10^{11}	2.5×10^{12}	2.4×10^{12}	7200	2100	70.8
Men's shoes B	Leather	Foaming rubber	3.5×10^9	4.2×10^9	1.8×10^9	2.6×10^9	4500	1100	75.6
Men's shoes C	Leather	Foaming rubber	4.0×10^{13}	5.5×10^{13}	2.5×10^{13}	2.0×10^{13}	9000	2300	74.4
Sport shoes	Synthetic leather	Foaming polyurethane	4.4×10^{13}	5.8×10^{13}	9.0×10^{12}	1.0×10^{13}	9000	1400	84.4
Work shoes	Fabric	Vulcanized rubber	3.0×10^9	3.8×10^9	2.2×10^{12}	1.2×10^{11}	8500	1200	85.9
High heel	Synthetic leather	Vulcanized rubber	7.0×10^{12}	7.7×10^{12}	8.8×10^{11}	6.8×10^{11}	7000	2400	65.7
Pin heel	Leather	Vulcanized rubber	1.4×10^9	2.6×10^9	1.2×10^9	1.0×10^9	3800	1600	57.9
Pumps A	Leather	Vulcanized rubber	6.8×10^{12}	6.4×10^{12}	2.5×10^{12}	3.5×10^{12}	7800	2200	71.8
Pumps B	Synthetic leather	Vulcanized rubber	5.2×10^{11}	5.0×10^{11}	6.8×10^{10}	6.0×10^{10}	5700	1300	77.2
Scuffs A	Fabric	Polyurethane	4.7×10^{13}	5.3×10^{13}	1.0×10^{13}	1.5×10^{13}	9300	2600	72.0
Scuffs B	Fabric	EVA	8.0×10^{11}	8.0×10^{11}	4.5×10^{11}	6.8×10^{11}	6400	1500	76.6
Sandal	PVC	PVC	5.5×10^{12}	6.4×10^{12}	8.5×10^{11}	9.0×10^{11}	7800	1300	83.3

プロットし、回帰直線と回帰式および決定係数を記入したグラフを示した。導電性繊維不織布貼付前と導電性繊維不織布貼付後のデータ間の決定係数は0.974であり、極めて高い相関関係が認められる。また、回帰式の傾きから、導電性不織布を履物裏面に貼付することにより、多くの床材に対して人体帯電圧を80%程度は低減できるといえる。

3.5 各種履物に対する人体帯電防止効果

次に、床材を帯電防止未加工標準カーペットに限定し、14種類の履物を用いて、導電性不織布の人体帯電圧防止効果を確認した。表4には、用いた履物の種類、履物の甲材、履物裏面の材質を示し、2.1の方法と同様に、導電性不織布を各履物の裏面に貼付する前後において測定した履物の電気抵抗、履物裏面の電気抵抗ならびに歩行による人体帯電圧測定結果と人体帯電圧の低減率を記載した。ここでも導電性不織布の貼付前後で測定した各履物の電気抵抗値には大きな変化はなく、導電性不織布を履物裏面に貼付しても履物全体の電気抵抗には影響を与えていない。また、履物裏面前方（足の平の部分）から踵裏までの電気抵抗を測定した履物裏面の

電気抵抗値にも、導電性不織布貼付による影響は認められない。人体帯電圧の測定結果をみると、すべての履物において導電性不織布貼付前の人体帯電圧は3,000 Vを超えているが、導電性不織布貼付後には3,000 V未満の数値を示している。今回用いた14種類の履物については、導電性不織布を貼付した履物の着用者が静電気放電ショックを感じることはないといえる。また、個々の履物に対する人体帯電圧の低減率は58-86%程度である。履物の種類によって幾分バラツキはあるものの一定の帯電防止効果が発現している。なお、14種類の履物における導電性不織布貼付前の人体帯電圧の平均値は7,400 Vであり、貼付後の平均値は1,800 Vであった。低減率の平均値からは、76%の人体帯電圧抑制効果が得られた。

4. まとめ

歩行による人体帯電を防止する目的から導電性材料を履物裏面に貼付することによる静電気帯電防止方法について検討した。

導電性材料として、導電性不織布、炭素繊維平織物、圧延

銅箔, アルミニウム箔の4種類について実験的検討を行った結果, 導電性不織布の帯電防止性能が最も高いことがわかった。そこで, 履物の裏面に貼付する材料として導電性不織布を選定し, さらに検討を進めた。

導電性不織布の面積が帯電防止性能に及ぼす影響を調べたところ, 人体帯電圧は導電性不織布の面積が5 cm²程度までに急激かつ直線的に低下するが, 20 cm²以上の面積の導電性不織布を貼付しても大きな効果は得られないことがわかった。また, 導電性不織布の履物裏面への貼付箇所によって, 帯電防止効果には相違があり, 床面と直接接触する箇所に貼付する方が帯電防止効果は高いことが確認された。

JIS靴を用いて15種類の床材などを試料とし, 人体帯電圧を測定した結果, 導電性不織布の貼付前後から得られたデータ間には極めて高い相関性が認められた。回歸式から床材などの種類にかかわらず, 人体帯電圧を80%程度は抑制できるものと考えられた。

14種類の履物の裏面に導電性不織布を貼付し, JISに規定されている標準カーペットを用いて人体帯電圧を測定した結果, 各履物に対して58-86%の低減率が得られた。

参考文献

- 1) 山隈瑞樹：静電気学会誌, **28** (2004) 147
- 2) 吉田孝博, 久保田啓吾, 澤井丈徳, 増井典明：静電気学誌, **31** (2007) 113
- 3) 新藤孝敏：静電気学会誌, **31** (2007) 220
- 4) 田村裕之：静電気学会誌, **32** (2008) 13
- 5) 増井典明：静電気学会誌, **31** (2007) 236
- 6) 吉原 宏, 吉田孝博, 増井典明：静電気学会誌, **34** (2010) 37
- 7) 大澤 敦：静電気学会誌, **32** (2008) 183
- 8) 本田昌實：静電気学会誌, **31** (2007) 232
- 9) 堤井信力：静電気ABC, p.145, 講談社 (1998)
- 10) 児玉 勉：新版静電気ハンドブック, 静電気学会, p.131, オーム社 (1998)
- 11) 高柳 真：科学でひもとくたのしい静電気, p.88, 日刊工業新聞社 (2011)
- 12) 山隈瑞樹：静電気学会誌, **28** (2004) 183
- 13) 内藤武七郎：繊維機械学会誌, 41 (1988) 336
- 14) 木村裕和, 稲次俊敬, 小河 宏：繊維機械学会誌, **55** (2002) 102
- 15) 永田秀由記：ゆか monthly, **34** (1991) 52
- 16) JIS T 8103：静電気帯電防止靴, p.1, 日本規格協会(2010)
- 17) 大澤 敦, 和泉健吉：新版静電気ハンドブック, 静電気学会, p.175, p.386, オーム社 (1998)
- 18) 平本 健：帯電防止材料の応用と評価, 村田雄司, p.107, シーエムシー出版 (2003)
- 19) 木村裕和：正しい電気特性の測定と評価, p.307, 技術情報協会 (2005)
- 20) 松井雅男, 堤 英伸：繊維学会誌, **50** (1994) 27