

機関番号：33905
 研究種目：基盤研究 (C)
 研究期間：2008～2010
 課題番号：20500677
 研究課題名 (和文) 靴爪先空間の換気状況を把握するためのシミュレーション実験装置の開発
 研究課題名 (英文) Development of the simulation experimental device to grasp the ventilation situation of the shoes tiptoe space
 研究代表者
 成瀬 正春 (NARUSE MASAHARU)
 金城学院大学・生活環境学部・教授
 研究者番号：30156004

研究成果の概要 (和文)：靴爪先空間の快適性を確保するためには、靴爪先の換気が重要である。靴爪先の換気状況の把握は、着用実験に基づく研究がほとんどである。着用実験は、個人差の影響が大きく反映され、再現性の良いデータが得られにくい。本研究は、個人差の生じない、シミュレーション実験装置を開発することが目的である。種々の検討を行った結果、実用可能なシミュレーション実験装置を開発することができた。

研究成果の概要 (英文)：The ventilation of the shoes tiptoe is important to comfort of the shoes tiptoe space. As for the ventilation situation of the shoes tiptoe, the studies based on the wearing experiment are often found. As for the wearing experiment, influence of the individual difference is greatly, and reproducible good data are hard to be provided. It is a purpose to develop the simulation experimental device that the individual difference does not produce. As a result of having performed various kinds of examination, I was able to develop the simulation experimental device that practical use was possible.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	700,000	210,000	910,000
2009年度	500,000	150,000	650,000
2010年度	500,000	150,000	650,000
総計	1,700,000	510,000	2,210,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：生活科学・生活科学一般

キーワード：衛生、靴、実験装置開発、換気状況把握、履き心地

1. 研究開始当初の背景

足爪先の快適性を保持することは、身体の他の部位に劣らず重要なことである。報告者は、これまで靴爪先の換気回数と履き心地の研究を行ってきた。研究成果は、「靴・靴下着用時における趾根部 CO₂と H₂O のガスクロマトグラフィーによる測定 (日本公衆衛生雑誌, 36, 682)」、「靴・靴下着用時における趾根部の快適環境要

因について (公衆衛生, 55, 213)」、「靴内気候と足部の快適性 (繊維製品消費科学, 41, 261)」、「靴内気候と快適性 (皮革科学, 37, 183)」、「靴内換気の相違が靴内気候および自覚症状に及ぼす影響 (金城学院大学消費生活科学研究所紀要, 9, 33)」、「靴の履き口の形状が換気回数に及ぼす影響 (金城学院大学大学院人間生活学研究科論集, 5, 21)」、および「室内換気回数測定法を

応用した靴爪先空間換気回数測定法の検討（繊維製品消費科学，47，305）」等で公表してきた。

2. 研究の目的

靴爪先の快適性を具備した機能性靴および機能性靴下を開発するために、靴爪先の換気に特化して考究できる「靴爪先空間の換気状況を把握するためのシミュレーション実験装置」を開発する。靴爪先空間の換気状況は、靴の着用の仕方および歩行の仕方によって種々に変動する。本研究の実験装置は、歩行速度だけを任意に変化させたり、歩行角度だけを任意に変化させたりすることが可能である。本実験装置が完成されれば、靴爪先空間の適正な換気を具備する機能性靴および機能性靴下の開発に多に貢献する。

3. 研究の方法

(1) 供試靴の種類

靴の種類は、パンプス、ウォーキングシューズ、運動靴の3種類である。

(2) 供試靴の通気性

パンプスとウォーキングシューズは通気性が極度に悪いため測定不能であった。運動靴は $533\text{cm}^3/\text{cm}^2\cdot\text{s}$ であった。

(3) 供試靴下の種類

靴下はリブ編みの婦人用ハイソックスを用いた。

(4) 実験装置および実験器具

靴爪先換気回数測定シミュレーターは、靴爪先屈曲部、屈曲速度制御部、靴固定部および送風部より構成した。靴固定部の角度は、遊脚相の平均の31度を使用した。送風部は、ヒトの歩行に伴う気流を再現するために装着した。二酸化炭素濃度の測定は、ガスクロマトグラフを用いた。10%二酸化炭素標準ガス（以下「標準ガス」と称する）は高圧ボンベから供給した。試料の採取は、2.0ml ガスタイトシリンジを用いた。人による歩行実験には、トレッドミルを用いた。シミュレーター実験における足は、シリコン模型足（以下「模型足」と称する）を用いた。

(5) 試料の採取場所と方法

ヒト着用実験の被験者の足とシリコン模型足に靴下を履かせ、テフロン管2本を靴下の足爪先にサージカルテープで固定した。2本のテフロン管は、母指および第二指趾根部の足底に5mm離して固定した。テフロン管は、内径 $\phi 0.68\text{mm}$ 、外径 $\phi 1.18\text{mm}$ のものを使用した。テフロン管Aは標準ガス供給用、テフロン管Bは試料採取用である。標準ガスは二酸化炭素10%、酸素20%、窒素70%の混合ガスである。二酸化炭素を指標ガスとして、靴爪先空間の換気

回数を測定した。換気回数の測定は、内田ら（繊維製品消費科学，47，305）の測定方法および実験条件で行った。

(6) 模型足の靴爪先部のCO₂濃度の変化

ヒト着用実験では、靴爪先の換気回数測定は確立している。しかし、模型足では検証されていない。そこで、模型足の靴爪先部のCO₂濃度の減衰がヒト着用実験においてのCO₂濃度の減衰式により減衰するか否かを明らかにするために、模型足の靴爪先空間に供給されたCO₂濃度の衰退経過を検討した。まず、靴爪先空間のCO₂濃度が一定になる時間を検討するために、テフロン管Aから標準ガスを15分間供給した。テフロン管Bから供給中、1分毎に2.0ml ガスタイトシリンジで0.5ml 採取した。次に、標準ガスの供給を中止した後の減衰経過を検討するために、テフロン管Aから標準ガスを5分間供給した後、供給を中止し、安静状態で10分間減衰を行った。テフロン管Bから1分毎に2.0ml ガスタイトシリンジで0.5ml 採取した。次に、標準ガスの供給を中止した後の歩行による減衰を検討するために、テフロン管Aから標準ガスを5分間供給した後、供給を中止し、歩行を10分間行った。テフロン管Bから1分毎に2.0ml ガスタイトシリンジで0.5ml 採取した。採取した靴爪先空間の空気中のCO₂濃度は、ガスクロマトグラフにより測定した。

(7) 屈曲角度の相違が換気回数に及ぼす影響

屈曲角度の相違が換気回数に及ぼす影響を検討するために、パンプス、ウォーキングシューズ、運動靴の3種類の靴を用いて、屈曲角度を20°と30°に変えて換気回数の相違を検討した。歩行速度は、ヒト着用実験、シミュレーター実験ともに4km/hrで行った。ヒト着用実験、シミュレーター実験ともに、テフロン管Aから標準ガスを5分間供給し、給中止後、ヒト着用実験では歩行を直ちに開始した。シミュレーター実験では、17.59秒間に15回の屈曲運動を直ちに開始した。その後、テフロン管Bから2.0ml ガスタイトシリンジで0.5ml 採取した。シミュレーター実験では、靴固定部の固定面は水平とし、無風状態で行った。ヒトによる着用実験は、健康な成人女性を用いて、歩行はトレッドミルを用いた。

(8) ヒト着用実験とシミュレーター実験の換気回数の相関

ヒトの着用実験における歩行に伴う換気回数の相違が、靴爪先換気回数測定シミュレーターによっても再現できるか否かを検討した。テフロン管Aから標準ガスを5分間供給した後、供給を中止し、モーターを駆動させ屈曲運動と送風を開始した。屈曲運動と送

風を開始し一定時間経過した後に、テフロン管Bから靴爪先の空気を2.0ml ガスタイトシリンジで0.5ml 採取した。採取した靴爪先空間の空気のCO₂濃度をガスクロマトグラフにより測定し、換気回数を算出した。歩行速度は0・1・2・3・4・5 km/h に変化させた。換気回数は、内田ら（繊維製品消費科学, 47, 305）の報告に基づき算出した。

4. 研究成果

(1) 安静時における模型足爪先空間の二酸化炭素濃度の減衰

図1に、標準ガスを5分間供給し、供給中止後の安静時のパンプスの靴爪先部のCO₂濃度を示した。図2に、標準ガスを5分間供給し、供給中止後の安静時のウォーキングシューズの靴爪先部のCO₂濃度を示した。図3に、標準ガスを5分間供給し、供給中止後の安静時の運動靴の靴爪先部のCO₂濃度を示した。パンプス、ウォーキングシューズ、運動靴のいずれにおいても、供給中止後のCO₂濃度は時間の経過とともに減衰した。パンプスの減衰が最も緩やかで、次にウォーキングシューズ、運動靴の順であった。運動靴の減衰はパンプス、ウォーキングシューズと比べ速やかであった。

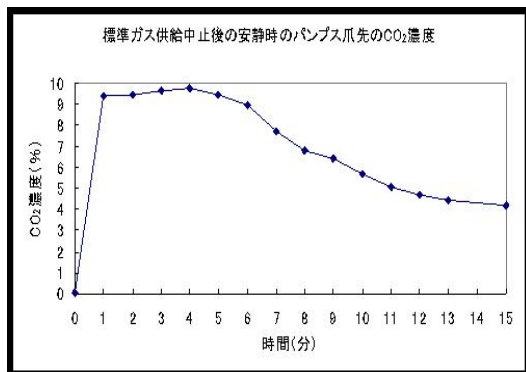


図1 供給中止後、安静時の模型足の靴爪先空間のCO₂濃度（パンプス）

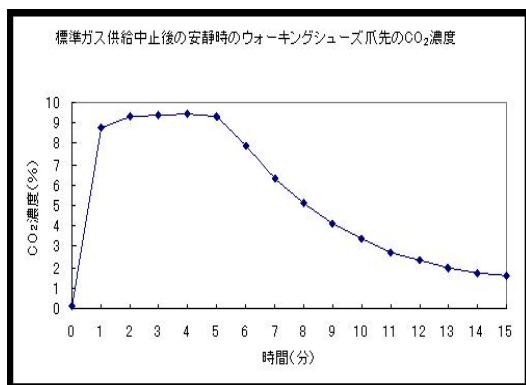


図2 供給中止後、安静時の模型足の靴爪先空間のCO₂濃度（ウォーキングシューズ）

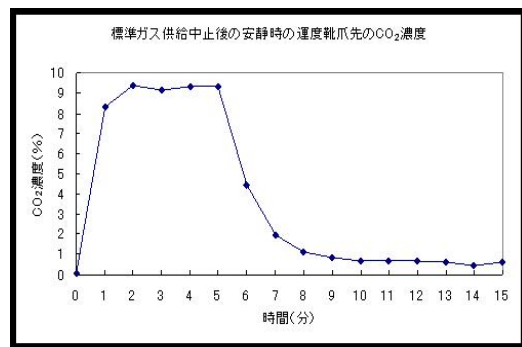


図3 供給中止後、安静時の模型足の靴爪先空間のCO₂濃度（運動靴）

(2) 歩行時における模型足爪先空間の二酸化炭素濃度の減衰

図4に、標準ガスを5分間供給し、供給中止後の安静時のパンプスの靴爪先部のCO₂濃度を示した。図5に、標準ガスを5分間供給し、供給中止後の安静時のウォーキングシューズの靴爪先部のCO₂濃度を示した。図6に、標準ガスを5分間供給し、供給中止後の安静時の運動靴の靴爪先部のCO₂濃度を示した。パンプス、ウォーキングシューズ、運動靴のいずれにおいても、供給中止後のCO₂濃度は時間の経過とともに減衰した。パンプスの減衰が最も緩やかで、次にウォーキングシューズ、運動靴の順であった。運動靴の減衰はパンプス、ウォーキングシューズと比べ速やかであった。

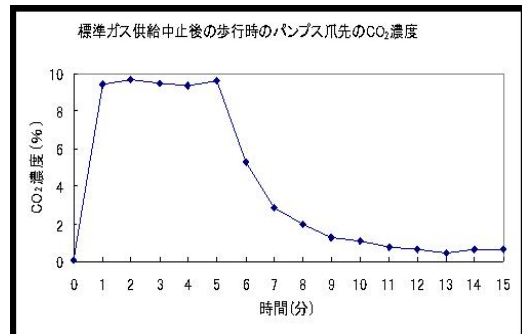


図4 供給中止後、歩行時の模型足の靴爪先空間のCO₂濃度（パンプス）

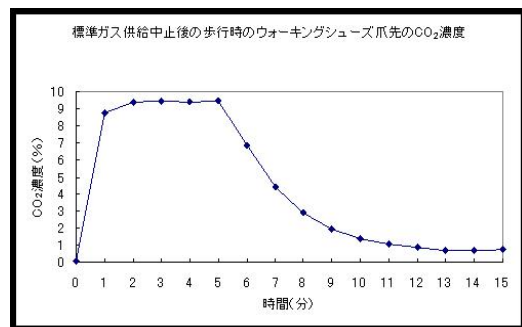


図5 供給中止後、歩行時の模型足の靴爪先空間のCO₂濃度（ウォーキングシューズ）

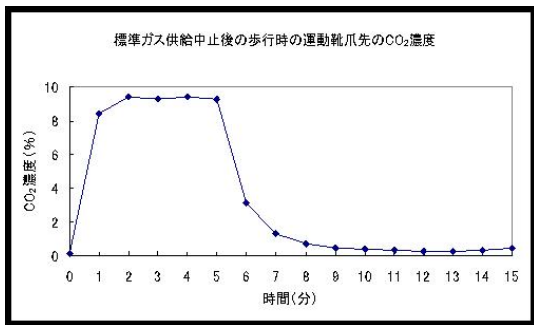


図 6 供給中止後、歩行時の模型足の靴爪先空間の CO₂ 濃度 (運動靴)

(3) 屈曲角度の相違が換気回数に及ぼす影響

屈曲角度 20° におけるパンプスのシミュレーター実験での換気回数は、17 回/時であった。ヒト着用実験では、133 回/時であった。ウォーキングシューズのシミュレーター実験における換気回数は、21 回/時であった。ヒト着用実験では、78 回/時であった。運動靴のシミュレーター実験における換気回数は、82 回/時であった。ヒト着用実験では、251 回/時であった。いずれの靴もシミュレーター実験はヒト着用実験に比較して低値を示した。屈曲角度 30° におけるパンプスのシミュレーター実験での換気回数は、39 回/時であった。ヒト着用実験では、133 回/時であった。ウォーキングシューズのシミュレーター実験における換気回数は、43 回/時であった。ヒト着用実験では、78 回/時であった。運動靴のシミュレーター実験における換気回数は、86 回/時であった。ヒト着用実験では、251 回/時であった。

(4) ヒト着用実験とシミュレーター実験の換気回数の相関

① パンプスについて

図 7 にパンプスについてのヒト着用実験とシミュレーター実験の相関関係を示した。丸の中の数字は歩行速度 (km/h) である。ヒト着用実験の換気回数とシミュレーター実験の換気回数は、正の相関関係がみられた。相関係数は 0.93 であり、強い相関がみられた。回帰係数は 0.99 であった。

② ウォーキングシューズ

図 8 にウォーキングシューズについてのヒト着用実験とシミュレーター実験の相関関係を示した。ヒト着用実験の換気回数とシミュレーター実験の換気回数は、正の相関関係がみられた。相関係数は 0.97 であり、強い相関がみられた。回帰係数は 0.81 であった。

③ 運動靴

図 9 に運動靴についてのヒト着用実験の換気回数とシミュレーター実験の換気回数の相関関係を示した。ヒト着用実験の換気回数とシミュレーター実験の換気回数は、正の相関関係がみられた。相関係数は 0.94 であり、強い相関がみられた。回帰係数は 0.90 であった。

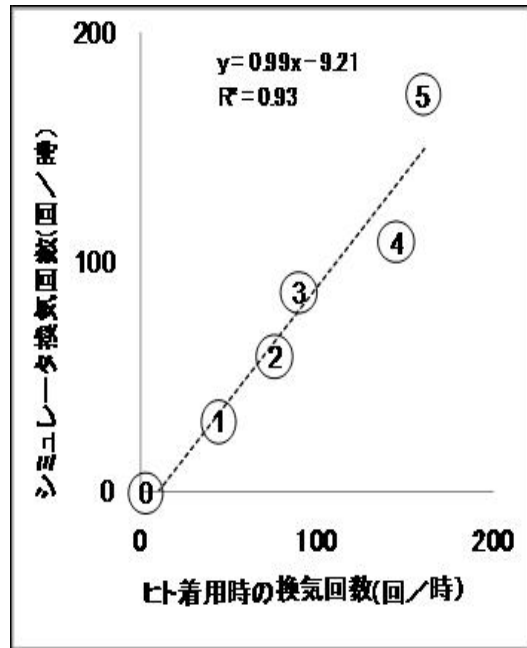


図 7 パンプスについてのヒト着用実験の換気回数とシミュレーター実験の換気回数

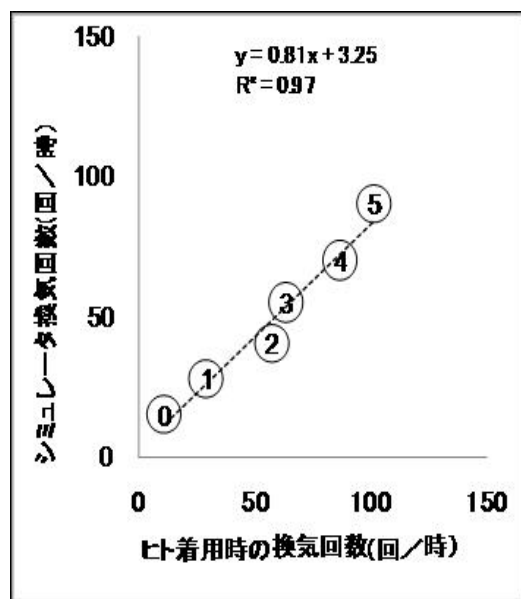


図 8 ウォーキングシューズについてのヒト着用実験の換気回数とシミュレーター実験の換気回数

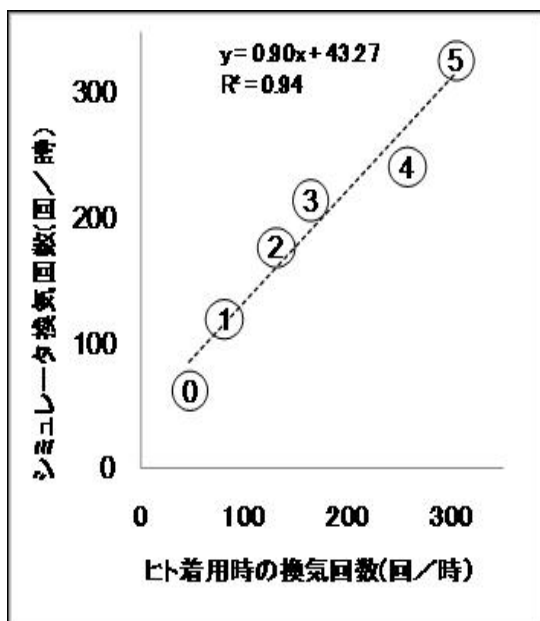


図9 運動靴についてのヒト着用時の換気回数とシミュレーター換気回数

(4) まとめ

以上の結果より、靴爪先空間の換気状況を把握するためのシミュレーション実験装置が開発できた。今後は、本装置を用いて、換気機能を具備した靴および靴下の開発を行う予定である。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[学会発表] (計6件)

- (1) 後藤晃希 内田有紀 成瀬正春 荒木隆宏、ベンチレーション靴下開発への靴換気回数測定装置の活用例、日本繊維製品消費科学会・2010年年次大会研究発表会、平成22年6月26-27日、実践女子大学(日野市)
- (2) 後藤晃希 内田有紀 成瀬正春 荒木隆宏、靴爪先換気回数測定装置の応用例、日本家政学会被服衛生学部会第28回被服衛生学セミナー、平成21年8月28-29日、KKRホテル博多(福岡市)
- (3) 後藤晃希 内田有紀 成瀬正春 荒木隆宏 安藤俊生 綿谷知佳、靴素材の通気性を加味した靴爪先換気回数測定装置の試作、第22回東海支部若手繊維研究会、平成20年12

月6日、岐阜大学(岐阜市)

- (4) 後藤晃希 内田有紀 成瀬正春 荒木隆宏 安藤俊生 綿谷知佳、通気性を加味した靴爪先換気回数測定装置の試作、日本衣服学会創立60周年記念大会、平成20年10月25-26日、京都テレサ(京都市)
- (5) 内田有紀 後藤晃希 成瀬正春 荒木隆宏 綿谷知佳、ふいご作用を模擬した靴爪先換気回数測定装置の試作、第17回繊維連合研究発表会、平成20年8月28-29日、奈良女子大学(奈良市)
- (6) 後藤晃希 内田有紀 成瀬正春 荒木隆宏 歩行時の靴換気回数測定装置の試作、日本繊維製品消費科学会2008年年次大会研究発表会、平成20年6月21-22日、名古屋学芸大学(名古屋市)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

成瀬 正春 (NARUSE MASAHARU)

金城学院大学・生活環境学部・教授

研究者番号：30156004