

衛生用品装着時における空隙量計測方法の提案と評価 — 生理用ナプキン装着時の空隙量計測 —

信州大学繊維学部 堀場洋輔・乾 滋・中村知之
ユニ・チャーム株式会社 寺岡裕美

Proposal and Validation of Method for Measuring Vacant Space Distance in Worn Sanitary Products — Measurement of Vacant Space Distance in Worn Sanitary Napkins —

Yosuke Horiba ^{*1}, Shigeru Inui ^{*1}, Tomoyuki Nakamura ^{*1}, and Hiromi Teraoka ^{*2}

^{*1} Faculty of Textile Science and Technology, Shinshu University,
3-15-1, Tokida, Ueda, Nagano 386-8567, Japan

^{*2} Unicharm Corporation, 1531-7, Wadahama, Toyohama-cho, Kanonji, Kagawa 769-1602, Japan

Abstract : In this paper, we propose a new method that measures the vacant space distance between the human body and sanitary products. The proposed method obtains the vacant space distance by subtraction between human body front surfaces and sanitary products back surfaces. In the developed measurement device, the back surface of sanitary products is measured using a laser displacement transducer on the inside of a partial human body model made of wire netting, and the vacant space distance is obtained by subtracting the front surface of the human body from the back surface of the sanitary products. To evaluate the method we measured the vacant space distance between the human body and sanitary napkins. Evaluation experiments proved that the proposed method is capable of obtaining vacant space distance changes by the differences of weight, crimping, and absorption for sanitary napkins.

(Received 28 October, 2011 ; Accepted 10 January, 2012)

1. 緒 言

被服着用時に人体と被服の間に生じる空隙は、フィット性、被服内気候、審美性などに深く関わっており[1]、特に被服分野においては「ゆとり」と呼ばれ、設計上、非常に重要な要素の1つとして考えられている。また、生理用ナプキンやオムツなどの衛生用品においては、人体との間に生じる空隙が、蒸れやかぶれ、さらには尿漏れ・便漏れなどの原因につながることから[2,3]、空隙量の分布を正確に把握することが重要である。

人体と被服の間の空隙量分布を把握する方法としては、計測により空隙を算出する方法と、計算機シミュレーションにより空隙を推定する方法がこれまでに提案されている。前者の基本原理は、人体と被服の表面形状をそれぞれ計測し、それらの差分から空隙量を算出するものであり、これまでにモアレ縞を利用する方法[4,5]、レーザー距離計を利用する方法[6,7]が提案されている。これらは空隙量分布を直接計測している点で有効な方法ではあるが、人体と被服の表面形状から空隙量の算出を行なっているため、オムツのように被服の厚さが無視できない場合や、生理用ナプキンのように他の被服に重ねて使用す

る場合などに誤差が生じ、正確な空隙量の把握が困難である。また、文献[5]ではモアレ縞以外に、X線CT画像から空隙量を求めているが、CT、MRI等の産業分野への応用は今のところ現実的ではない。一方、後者の方法は、被服の着装形状を計算機シミュレーションにより予測し、そこから空隙を計算するものであり、これまでに人体形状と被服型紙の幾何学的・力学的関係から空隙を予測する方法が提案されている[8-12]。この方法は、前者とは異なり、被服の厚さが無視できない場合や、重ね着をしている場合においても有効と考えられる。しかしながら、あくまでもシミュレーションによる空隙の予測であるため、予測精度を明らかにした上で用いる必要があるが、前述の通り、被服の厚さが無視できない場合や重ね着をしている場合の空隙を計測する方法が確立されていないため、予測精度を十分に検証することができない。

そこで本研究では、被服の表面形状を用いる従来の空隙量計測方法とは異なり、被服裏側から計測した被服の裏面形状を用いることで、従来は困難であった被服の厚さが無視できない場合や、重ね着をしている場合の空隙量分布を取得可能にする方法について提案する。本稿では特に、ショーツ内側に固定し、膨潤時には厚さが最大10

mm 程度に達する生理用ナプキン(以下、ナプキン)を対象として、提案する空隙量計測手法の有効性を検証する。

2. 方法

2.1 計測原理

本報で提案する空隙量の計測原理は、基本的には文献[4-7]で提案されている方法と同様であり、人体形状と被服形状の差分から空隙量を算出するものである。ただし、本方法では被服の厚さが無視できない場合や、重ね着をしている場合の人体と被服の間に形成される空隙を取得するために、人体の表面形状と被服の裏面形状を計測し、その差分を求める(図1)。人体の表面形状については、レーザー距離計、モアレ縞等を用いることにより、高精度の表面形状データを比較的容易に取得することが可能である。一方、被服の裏面形状については、現在のところ人体と被服の間の狭小な空間で利用可能な計測機器が存在しないことから、本方法では人体の代わりに人体模型を用い、人体模型の内側からレーザー距離計により被服の裏面形状を取得する。

2.2 計測用人体模型

人体模型の内側からレーザー距離計により被服裏面形状を計測するためには、人体模型が空洞であること、さらにレーザー光が人体模型を透過することが必要である。これらの条件を満たす素材としてまず考えられるのはアクリル樹脂である。アクリル樹脂は熱可塑性により複雑な形状の形成が容易であり、透明性の高さからレーザー光が透過可能な素材である。しかしながら、予備実験として透明アクリル板を介したレーザー距離計による距離計測を行なったところ、レーザー光が透明アクリル板を透過する際に屈折が生じ、正確な距離を取得することが困難であった。そこで、本方法では網目構造の薄板を用いて人体模型を製作することにより、人体模型内側からのレーザー光の照射・受光を実現する。網目構造の場合、レーザー光が線部で遮断されるため、被服の裏面形状を完全に取得することはできないものの、アクリル板に比べ屈折による影響が少ないため、高精度な裏面形状の取得が可能である。

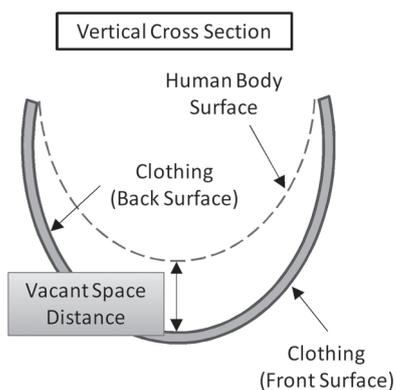


Fig. 1 Measurement principle

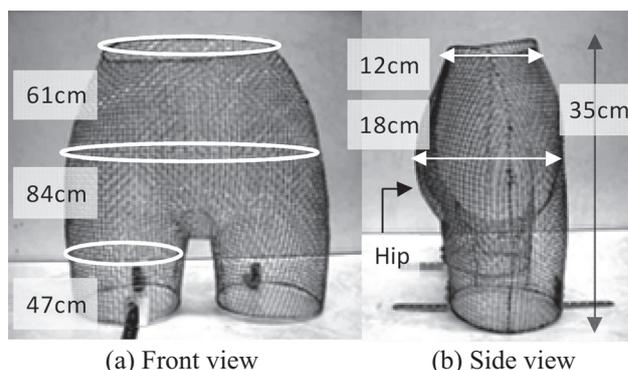


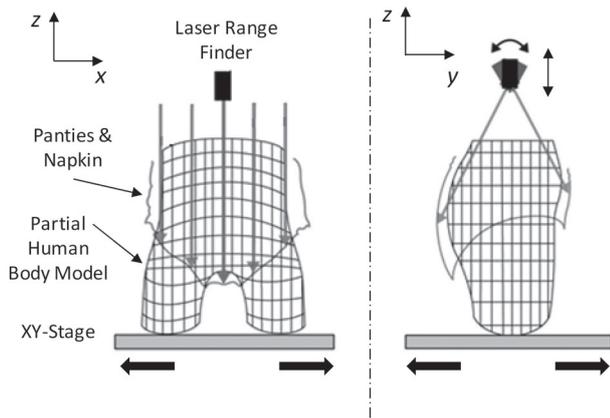
Fig. 2 Partial human body model made of wire netting

図2は実際に製作した腰部および大腿部上部の人体模型(以下、人体模型)である。入手が容易で、網目や線径の種類が豊富な理由から金網を部材として選定し、本研究では特にナプキンを装着した際に人体との間に形成される空隙を計測することから、成人女性の立位腰部表面形状を基に、線径0.8mm、網目寸法5.0mmのステンレス製金網で腰部形状模型を製作した。なお、人体模型の寸法は20代の日本人女性における標準的なものである[13]。また、人体模型は金網で製作されているため、皮膚の摩擦特性とは異なることが予想されるが、部材として用いる金網の素材、表面処理、線径等を適切に選択することにより、ある程度再現することが可能であると考えられる。

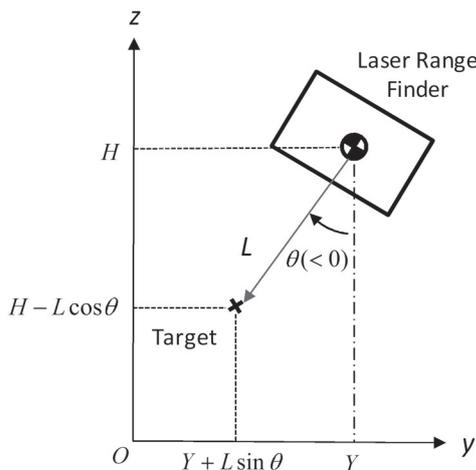
2.3 被服裏面形状の計測

本計測方法においては上述のように、人体模型内側からレーザー距離計により被服の裏面形状を取得する。通常、レーザー距離計は点あるいは線状のレーザー光を使用していることから、対象物全体の表面形状を計測するためにはレーザー距離センサー、あるいは対象物を適宜移動する必要がある。本方法においても同様に、被服の裏面全体にレーザー光が照射されるようにナプキンを装着した人体模型を移動することにより、裏面形状の取得を行なう。

図3は被服の裏面形状を人体模型内側から計測する手順を示した模式図である。レーザー距離センサーは当初、人体模型内側に配置することを想定していたが、現存するセンサーの寸法や基準距離等の制約から、人体模型の上方にセンサーを配置した。そのため、人体模型の上面は開放された構造になっている。計測の際には、図3(a)のように人体模型を2軸平面移動ステージにより移動させ、人体模型の上方からレーザー光を照射することにより被服裏面の形状を取得する。また、平面移動のみでは計測することが困難な人体模型の側面については、図3(b)のようにレーザー距離センサーの高さ及び姿勢(俯角)を変更することにより、形状の取得を行なう。これに伴い、人体模型の表面形状についても人体模型の上方から計測を行なう。人体模型の形状計測に当たっては、人体模型の表面に厚さの無視できるカラー粘着テープを貼付し、



(a) Translation (b) Translation with sensor inclination



(c) Coordinate transformation

Fig. 3 Device motion and coordinate transformation in the measurement

被服の裏面形状の計測と同様に、上方のレーザー距離計により形状を取得した。

通常、計測によってレーザー距離計から出力される数値(L)は、センサーから対象物までの距離になっていることから、式(1)によりセンサー座標系(X, Y, L)から全体座標系(x, y, z)へ変換を行ない、被服の裏面形状を取得した(図3(c))。

$$\begin{aligned} x &= X \\ y &= Y + L \sin \theta \\ z &= H - L \cos \theta \end{aligned} \quad (1)$$

ここで、 θ はセンサーの俯角($|\theta| \leq \pi/2$)、 H はセンサーの高さである。

3. 実験

現在、市場には用途、メーカーの違いから形状や素材等の異なる多種多様なナプキンが流通している。これらの製品に対する本方法の有効性を確認するために、本実験ではナプキンの目付、圧着(熱溶着)の程度、吸収量に関する条件を変化させ、空隙量分布の計測を行なった。

3.1 試料

試料として用いたナプキンは、図4に示すユニ・チャーム製ソフィ ボディフィット(以下、試料1)である。これを基準として目付を3倍にした試料2、さらに試料2に比べ、表面シートと吸収体シートを高い圧力で圧着(熱溶着)した試料3の合計3種類である(表1)。本実験で用いた試料においては、目付の増加にともないナプキン全体の厚さが増加し、また、圧着の際の圧力が増加するにしたがい、表溝の深さが増加している。

3.2 条件

立位時の腰部形状を基に製作した人体模型(図2)に、上記のナプキンを固着したサンタリーショーツを着用させ、空隙量計測を実施した。計測においては、目付、圧着の程度が異なるナプキンに加え、経血等でナプキンが膨潤した際の本方法の有効性も明らかにするために、ナプキンが何も吸収していない状態(以下、乾燥状態)と、標準的な1日の経血量に相当する45gの水を吸収している状態(以下、吸収状態)で空隙量分布を計測した。表2に計測で用いた2軸平面移動ステージおよびレーザー距離計の仕様を示す。なお、本実験ではナプキンと人体の間の空隙量分布を対象としているため、計測範囲は人体正中線を中心とする左右10cm幅とした(図5)。

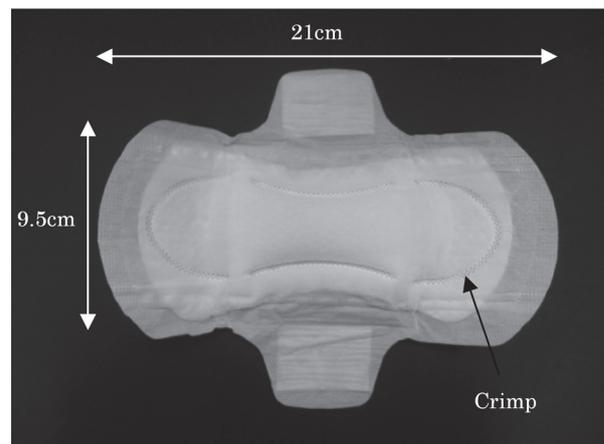


Fig. 4 Sanitary napkin (Sample No.1)

Table 1 Weight and crimping of samples

Sample No.	Weight (g/m ²)	Crimping
1	100	Ordinary
2	300	Ordinary
3	300	Hard

4. 結果および考察

4.1 空隙量分布

図6は、試料1の乾燥状態における人体との間に形成された空隙量分布を、人体模型表面形状に等高面表示したものである。なお、ここでは人体と被服の垂直方向(z 軸

Table 2 Laser range finder and XY-stage specifications

Laser Range Finder	
Model	KEYENCE LK-G500
Reference Distance (mm)	500
Measurement Range (mm)	-250 ~ +500
Spot Diameter (μ m)	ϕ 300
Repeatability (μ m)	2
XY-Stage	
Model	OZAK SEIKO SU45 \times 50
Resolution (mm)	0.5

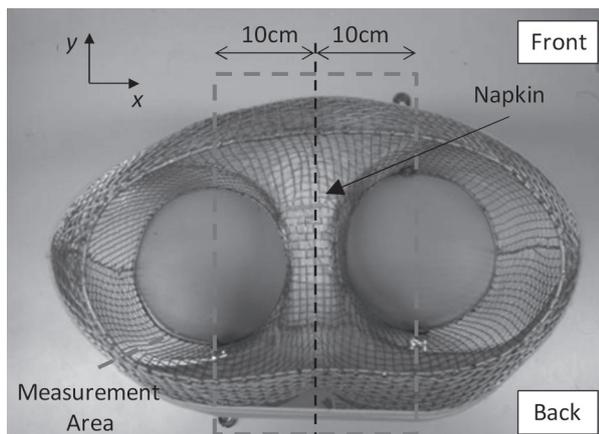


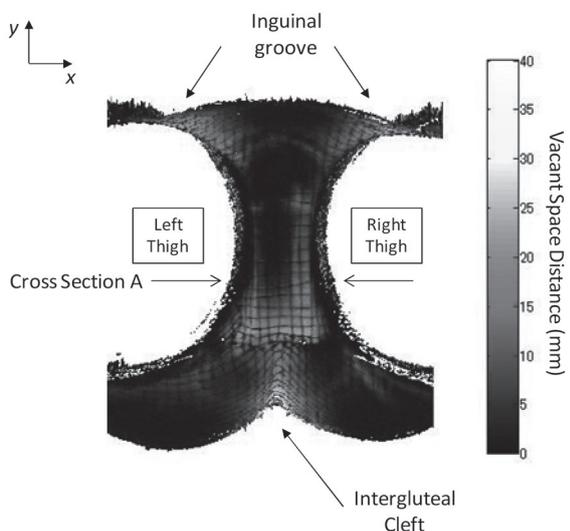
Fig. 5 Measurement area for napkins

方向)の差分を空隙量として定義している。図より、人体模型の部材である金網部分ではレーザー光が遮断されるため空隙量を正確に算出できていないものの、その他の部分においては人体模型の表面形状とナプキン及びショーツの裏面形状から空隙量分布を算出可能であることが確認される。さらにナプキンが接触している領域に注目すると、ナプキン中央から腹側の領域が空隙のほと

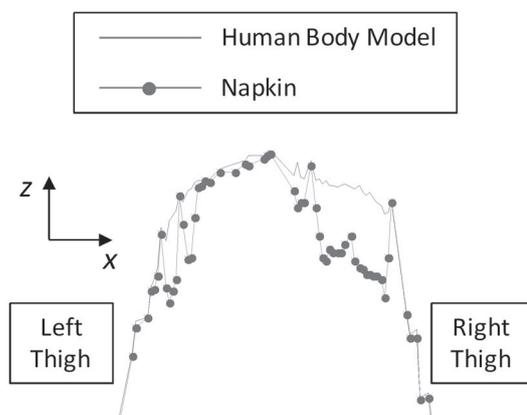
んどない密着状態であるのに対し、背側では主に殿裂において最大 40 mm 程度の顕著な空隙が見られる。また、前顔面と平行な断面(図 6(a)の Cross Section A)においては、ナプキンが左右大腿部に挟まれることにより凸状に変形し、その結果、中央部に比べ端部の空隙が大きい様子なども観察することができる(図 6(b))。以上のことから、従来の方法では困難であった空隙量分布や変形状態などの把握が本方法を用いることで可能となり、特にナプキン等の衛生用品に対して有効であることが示唆された。

4.2 ナプキンの目付による影響

図 7(a)は、目付の異なるナプキンにおいて空隙量計測が可能であるかを確認するために、試料 2(300g/m²)の乾燥状態における計測結果を示したものである。試料 2 は目付の増加により試料 1 に比べ厚さが増加しているが、図より試料 1 と同様に空隙量分布を計測可能であることが確認される。計測結果について検証すると、ナプキン中央から腹側の領域で空隙が少なく、ナプキン中央から背側の領域で空隙が大きいという分布は目付の大小を問わず共通した特徴であるが、目付が大きい試料 2 では相対的に空隙が試料 1 に比べ大きい傾向が見られた。ここではさらに目付による違いを詳細に検証するために、腹部厚径の 2 等分線と正中線の交点を中心に、ナプキンが装着されている領域(縦 13.5cm, 横 7cm)を図 7(b)のように 25 分割し、分割された各領域の平均空隙量を図 7(a)の空隙量分布から求め、目付と領域を要因とする二元配置分散分析を行なった。その結果、目付と領域の交互作用において有意差(F(24,9.31)=2.23, P<0.01)が認められ、多重比較の結果、領域 18~20, および 23~25 において試料 1 に比べ試料 2 の空隙量が有意に大きいことが確認された(図 8)。このことから、空隙形成における目付の影響は主に殿裂周辺において現れ、その領域においては目付の増加に伴い空隙量が増加することが示唆された。



(a) Vacant space distribution (Top view)



(b) Human body model and napkin shapes at cross section A

Fig. 6 Vacant space distribution and cross section shape (100g/m² - Dry)

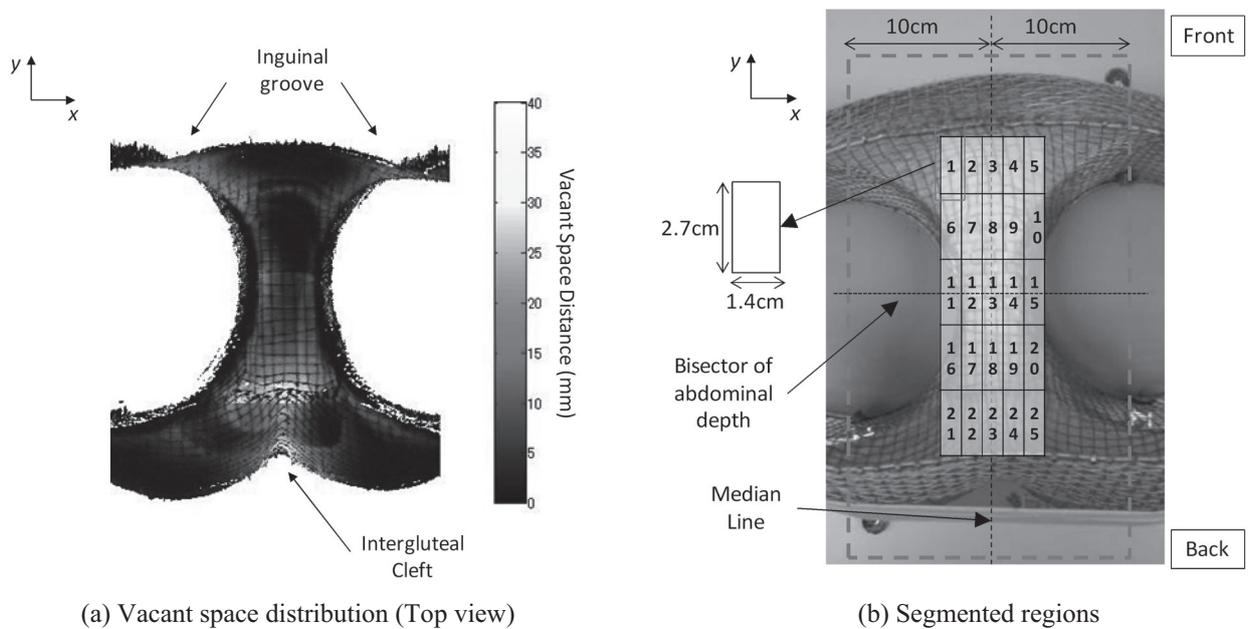


Fig. 7 Vacant space distribution (300g/m² - Dry) and Segmented regions

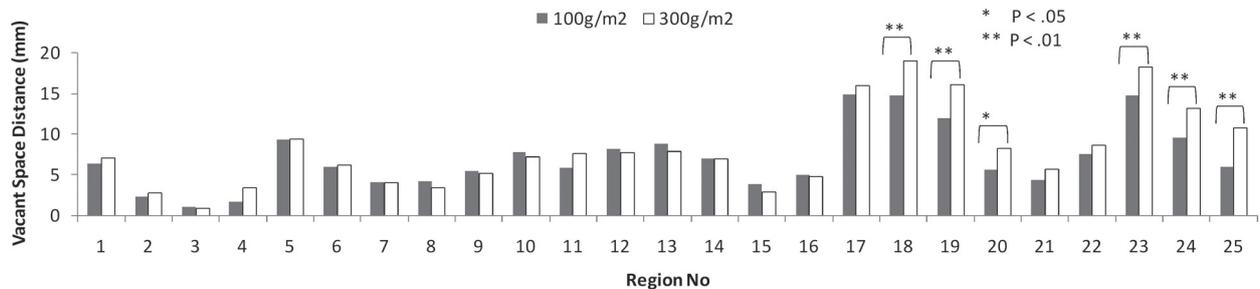


Fig. 8 Comparison of vacant space distance between 100g/m² and 300g/m² (Dry)

4.3 ナプキンの圧着による影響

図9は、圧着の程度が異なるナプキンにおいて空隙量計測が可能であるかを確認するために、試料2と目付が同一で圧着の程度が異なる試料3の乾燥状態における計測結果を示したものであり、図より、圧着の程度が異なる試料においても空隙量分布の計測は可能であることが確認される。計測結果においては、殿裂周辺に見られる顕著な空隙は圧着の程度を問わず共通した傾向であるが、ナプキン中央から腹側に掛けては圧着の程度による空隙量の差異が観察され、試料2(図7)に比べ試料3は空隙が相対的に小さい傾向が見られた。ここではさらに、圧着の程度による差異を詳細に検証するため、前節と同様に図7(b)のように分割された各領域の平均空隙量を求め、圧着の程度と領域を要因とする二元配置分散分析を行った。その結果、圧着の程度と領域の交互作用において有意差($F(24,4.41)=1.97, P<0.05$)が認められ、多重比較の結果、領域8, 9, 13, 14においては試料3に比べ試料2の空隙が大きく、領域11, 15においては試料2に比べ試料3の空隙が大きいたことが明らかになった(図10)。上記の領域8, 9, 13, 14は主に圧着により形成された表溝に囲まれた領域であり、一方、領域11, 15は主に大腿部

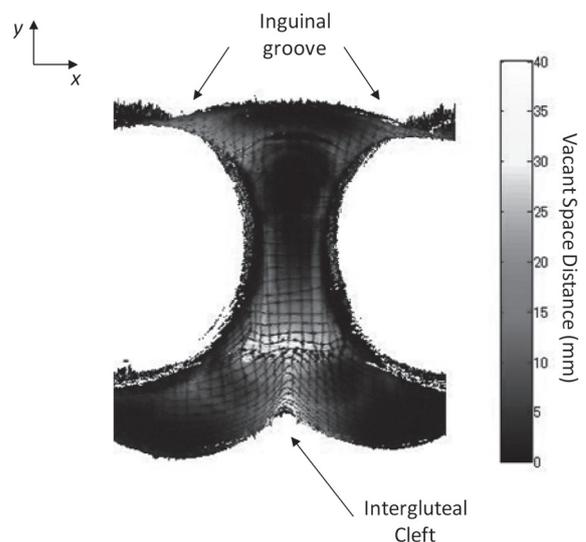


Fig. 9 Vacant space distribution (300g/m² - Hard crimping - Dry)

近傍の表溝外側の領域であることから、表溝に囲まれた領域では圧着の圧力が増すにつれ空隙が減少し、一方、大腿部近傍の表溝外側の領域においては空隙が増大することが示唆された。

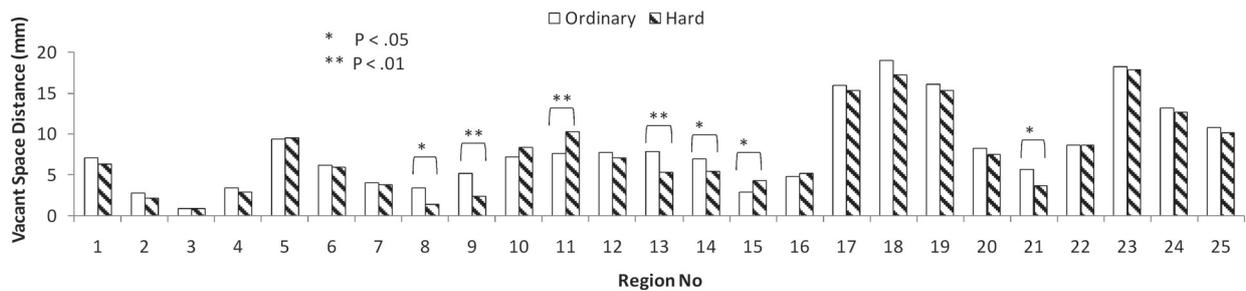


Fig. 10 Comparison of vacant space distance between ordinary crimping and hard crimping (Dry)

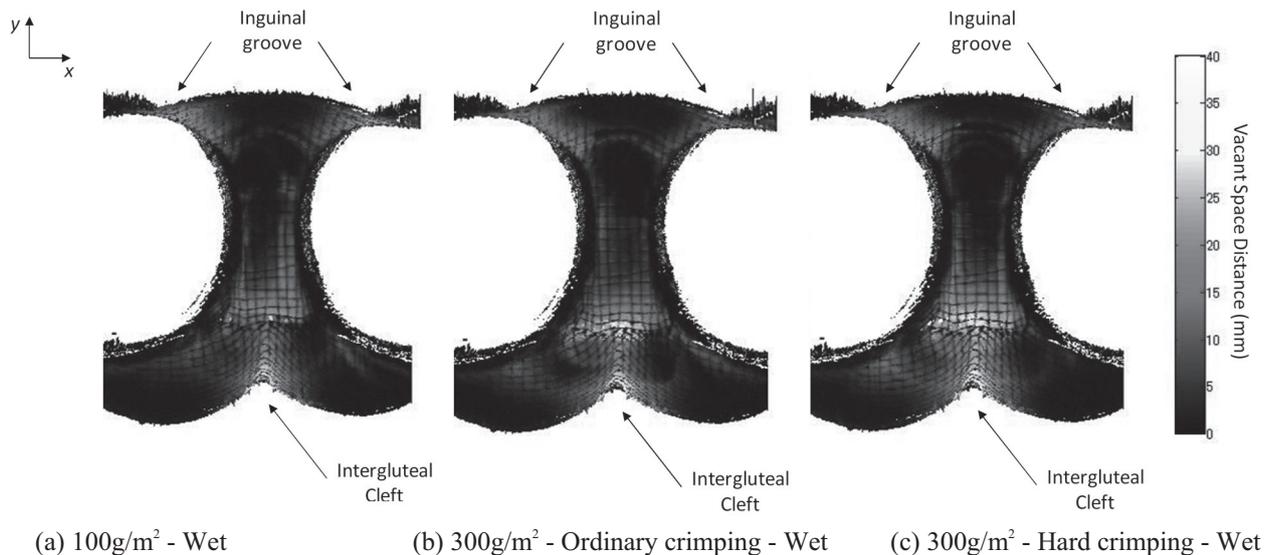


Fig. 11 Vacant space distribution in wet conditions

4.4 吸収の有無による影響

図 11 は、ナプキンが経血等を吸収し膨潤した際の空隙量分布を本方法により計測可能であることを確認するために、吸収状態における各試料の空隙量分布を計測した結果である。図より吸収状態においても、乾燥状態と同様に空隙量分布の計測が可能であることが確認される。計測結果について検証すると、いずれの試料においても乾燥状態に比べ、吸収状態における空隙が相対的に小さい傾向が見られた。ここではさらに吸収の有無による差異を詳細に検証するために、前節と同様に図 7(b)のように分割された各領域の平均空隙量を求め、吸収の有無と領域を要因とする二元配置分散分析を行なった。その結果、吸収の有無と領域の交互作用において有意差はなく、吸収の有無に関する主効果において有意差($F(1,70.28)=28.62, P<0.01$)が認められた(図 12)。以上の結果より、ナプキンの領域によらず、吸収状態における空隙量は乾燥状態に比べ減少することが示唆された。ナプキンが経血等を吸収した場合、吸収層の質量が増加することによりナプキンが下垂し、空隙が増加することが予想されたが、今回の吸収量(45g)においては、質量増加に比べ、吸収層の膨潤による体積増加の影響が大きい結果となった。

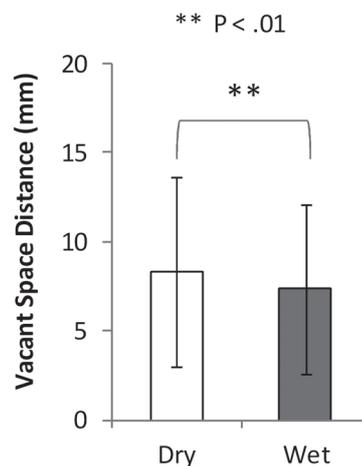


Fig. 12 Comparison of vacant space distance between dry and wet condition

5. 結 言

生理用ナプキンやオムツなどの衛生用品を装着した際に人体との間に形成される空隙分布を計測するために、人体の表面形状と被服の裏面形状から空隙量を算出する新たな方法を提案し、特性の異なる種々のナプキンを対象に提案した方法の有効性を検証した。得られた結果は以下の通りである。

- (1) 金網で製作した人体模型を用い、レーザー距離計により計測を行なった結果、金網の線部において計測データの欠損が生じるものの、人体表面形状と被服裏面形状の計測が可能であり、それらの差分から空隙量分布を算出可能であることが確認された。
- (2) 目付の異なるナプキンにおいても空隙量分布の計測は可能であり、計測の結果、ナプキンの目付により空隙量は変化し、目付の増加に伴い、主に殿裂周辺において空隙量が増加する傾向が示唆された。
- (3) 圧着の程度の異なるナプキンにおいても提案した方法による空隙計測は可能であり、計測の結果、ナプキン圧着の程度によって空隙量分布は変化し、表溝に囲まれた領域においては圧着の圧力が増すにつれ空隙が減少し、逆に大腿部近傍の表溝外側の領域においては空隙が増大することが示唆された。
- (4) 膨潤状態のナプキンにおいても空隙量分布の計測は可能であり、計測の結果、吸収状態のナプキンにおいては、領域にかかわらず、乾燥状態に比べ空隙が減少することが示唆された。

以上の結果から本報で提案した方法により、従来は困難であった衛生用品と人体の間の空隙量分布を計測可能であることが実証された。しかしながら、快適性、安全・衛生性に富んだ製品を設計するためには、言うまでもなく空隙量分布の取得だけでは不十分であり、被服内気候、被服圧等との関係を今後さらに詳細に研究することが重要であると考えられる。

謝 辞

空隙量計測装置の製作に御協力頂いた株式会社コアーズの市川芳男氏、ならびに竹中金網株式会社の竹中健造氏に深く感謝申し上げます。

文 献

1. National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, "Ningen Keisoku Handbook", Asakura Publishing, Tokyo, p.461 (2003).
2. L. G. Berglund, and F. J. Akin, *Tappi J.*, **80**, 173 (1997).
3. K. Hosoya, and K. Sugihara, *J. Health Science Research*, **3**, 18 (1999).
4. K. Kinouti, Y. Kanaya, N. Sasamoto, and I. Nomiya, *Faculty of Domestic Science of Otsuma Women's University bulletin*, **14**, 85 (1978).
5. Y. Nakaho, and A. Tomita, *Kaseigaku Zasshi*, **38**, 293 (1987).
6. M. Miyoshi, and T. Hirokawa, *Sen'i Seihin Shohi Kagaku*, **42**, 233 (2001).
7. M. Yamamoto, K. Iwasaki, and A. Horie, *Tokyo Metropolitan Industrial Technology Research Institute Bulletin of Study*, **4**, 1 (2001).
8. J. Wang, T. Furukawa, Y. Shimizu, and A. Konda, *Sen'i Gakkaishi*, **50**, 426 (1994).
9. T. Masuda, and H. Imaoka, *Sen'i Seihin Shohi Kagaku*, **39**, 46 (1998).
10. T. Masuda, and H. Imaoka, *Sen'i Seihin Shohi Kagaku*, **39**, 648 (1998).
11. T. Masuda, and H. Imaoka, *Sen'i Seihin Shohi Kagaku*, **40**, 592 (1999).
12. N. Michiaki, H. Uchida, and S. Suehiro, *Bulletin of Kurashiki City College*, **39**, 93 (2003).
13. HQL, *Japanese body size data book 2004-2006 (CD-ROM)* (2008).