

# 運動機能上の着心地評価のための被服圧測定方法 および快適被服圧の検討

鳥取大学 伊藤 紀子

(共同研究者) 同 中川 平三郎

同 堤 伸子

## The Study of the Measuring System of the Clothing Pressure and the Comfortable Pressure Level for the Evaluation of the Clothing Mobility

by

Noriko Itoh, Heizaburou Nakagawa, Nobuko Tutumi  
*Tottori University Faculty of Education*

### ABSTRACT

The applicability of the air bag system for measuring clothing pressure was studied by investigating the relationship between measured and calculated pressure. These values were obtained under the distinguished conditions which were the volume of the air bag, the curvature and the compression of the model, the cloths on the model and the deformation of elongation. And, the regression analysis was carried out by using differences between measured and calculated pressure which obtained under these conditions.

As the results, the measured pressure from this air bag system changed according to these condition. But, the processed pressure from the formulas of the regression analysis very adapted to the calculated one. And, the clothing pressure and the comfort of the support type sportwears (swimming suit, reotaled, spat) were measured. The comfortable pressure level of these wears was 5 ~ 10 gf/cm<sup>2</sup> on the inside of them, for example, the part of the abdomen, the

hip or the thigh. High 20 gf cm<sup>2</sup> pressure on the outside of them did not decline the general comfort sensation, for example, the shoulder strap or the waist band.

## 緒 言

被服の着心地を左右する要因に、微小空間の温度、湿度、気流と被服から受ける圧迫感および皮膚との接触感があり、これらはそれぞれ被服気候、被服圧、肌触りによって評価することができる。とくに被服圧は、運動機能性に大きく影響を及ぼすことから、スポーツ衣料の着心地評価において重要である。被服圧測定方法については、圧力センサやゴム球を、直接被服下に挿入して測定する直接方法がある。従来のこれらの方法は、人体の骨や筋肉の硬さの違いおよび曲面の形状、さらに、被服材料の伸長性等によっても測定値が大きく変化するため、定量的測定には適しないことが報告されている<sup>1)</sup>。

被服圧の定量性の高い測定方法として、直接法である流体圧法と電気抵抗法の利点を取入れ考えられたエアージャケット方式がある。一軸拘束伸長変形下における有用性については、伊藤<sup>2)</sup>によってある程度確認した。

そこで本研究では、一軸拘束伸長変形下での結果をふまえて、二軸伸長変形下においてもエアージャケット方式の有用性を検討するために、各条件下での実測値と理論計算値を求める。そして、これらの実測値と理論計算値を統計処理し、被服圧の測定値に影響を及ぼす伸長変形様式、受圧体の硬さや曲率半径、エアージャケットの空気量および布の伸長特性等の諸因子をパラメータとして、より理論計算値に近い重回帰式を求め、被服圧測定におけるエアージャケット方式の使用性を高めるための検討を行う。さらに、本方式により拘束性のあるスポーツウェアについての快適被服圧レベルについ

ても検討する。

## 1. 研究方法

### 1.1 被服圧測定装置

受圧部のエアージャケットおよび受感部の圧力センサの形状や特性については、既報<sup>2)</sup>に示した。本実験に用いた被服圧測定装置の模式図を図1に示す。

### 1.2 受圧体モデル

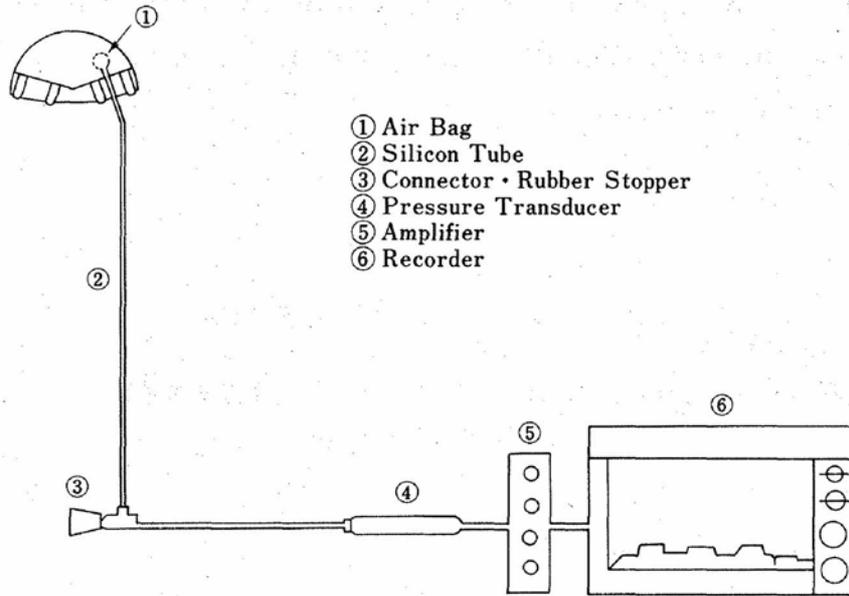
二軸伸長変形様式の受圧体モデルは、人体の骨部および軟部を想定し、圧縮硬さの大きいモデルとして、剛体モデルAタイプ：半球形の石こうに薄く木綿わた（約0.5 mm）を被覆したものと、圧縮硬さの小さいモデルとして、軟体モデルBタイプ：半球形の石こうに約1.0 cmの厚さに木綿わたを被覆したもの2種類を使用した。また、人体の曲率形状を考慮し、剛体モデルAタイプについては曲率半径  $r = 8.76, 11.21, 12.90$  cm, 軟体モデルBタイプについては  $r = 9.85, 11.86, 13.20$  cm の各3種類を使用した。各受圧体モデルの構造を図2に示す。

### 1.3 試料布

#### 1.3.1 試料布の諸元および形状

実験には、伸長変化率が大きく、弾性回復率の高いパワーネット3種類を使用した。試料布の諸元を表1に示す。

実験用試料布の形状は、二軸伸長変形下での被服圧変化を測定するため、各受圧体の大きさに合わせた試料布に、伸長率を変化させられるようマーキングを施した、マジックテープを縫製し取り付けた。また、試料布の被服圧測定時の伸長率を求めるため、試料布中央にマーキングを施し



- ① Air Bag
- ② Silicon Tube
- ③ Connector · Rubber Stopper
- ④ Pressure Transducer
- ⑤ Amplifier
- ⑥ Recorder

図1 The measuring system of clothing pressure

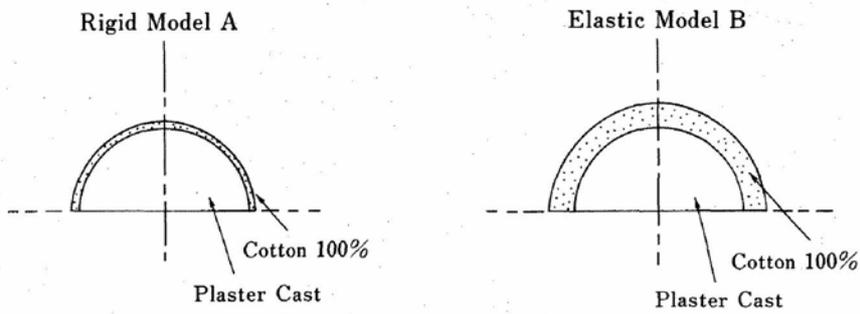


図2 Structure of models

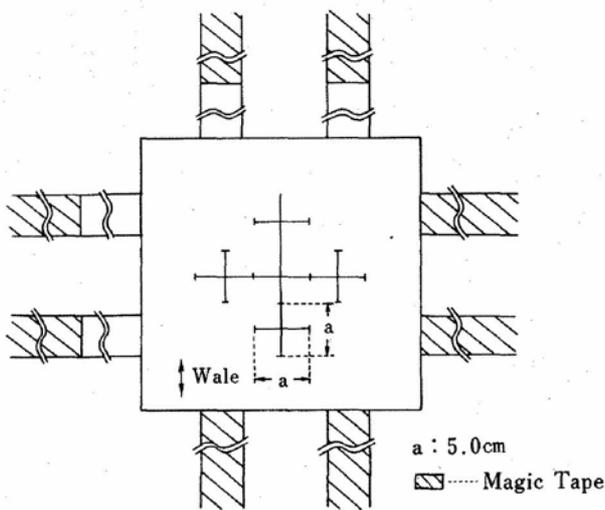


図3 Specimen of measuring clothing pressure

た。試料布の形状等は図3のとおりである。

### 1.3.2 一軸拘束二軸伸長時の伸長特性

理論計算法を用いて被服圧を推定するため、あらかじめ一軸拘束二軸伸長時の伸長特性を測定した。測定器は KES-G 2 SB 1 二軸引張り試験機を使用した。

被服を着用した状態での被服圧を、理論計算法より求めるためには、応力緩和特性を考慮する必要がある。そこで、理論計算値の算定には、緩和時間  $t = 1 \text{ min}$  における張力-伸長曲線を求め、使用した。

### 1.4 測定方法

#### 1.4.1 エアーバックの使用性の検討

- 1) エアーバックの空気量、受圧体の硬さと受圧体の曲率および試料布の影響

表1 The samples

No.	Fibers	Thickness(mm) *	Stitch(N/cm)		Weight(g/cm <sup>2</sup> )
			wale	course	
1	Nylon 78% Polyurethane 22%	0.647	20	24	0.0261
2	Nylon 80% Polyurethane 20%	0.413	17	27	0.0110
3	Nylon 62% Polyurethane 38%	0.496	15	19	0.0233

\* : on compressing 0.5gf/cm<sup>2</sup> load

エアバックの空気量を1, 1.5, 2mlと変化させた時の反応圧力の変化を, 受圧体の硬さおよび曲率半径の異なる6種類の受圧体モデル, さらに3種類の試料布を用いて検討した。

実験は, 図2に示す圧縮硬さの異なる受圧体モデルに伸長率を変化させるために, 長さの異なる試料布を被覆し, エアバックを受圧体モデルと試料布の間に挿入した。この時の圧力センサの反応圧力を測定し, 被服圧の実測値とした。なお, この測定は二軸伸長変形下で行った。

一方, 理論計算値はKirkらの理論計算式<sup>3)</sup>を用い, 下記の方法で求めた。

$$P = F1 / r1 + F2 / r2$$

P : 理論計算値 (gf/cm<sup>2</sup>)

F1 : ウェール方向の張力 (gf/cm)

F2 : コース方向の張力 (gf/cm)

r1 : 受圧体モデルのウェール方向の曲率半径 (cm)

r2 : 受圧体モデルのコース方向の曲率半径 (cm)

ここで, 張力F1とF2は, 被覆した試料布の伸長率を, 図3に示すマーキングより両方向の基準長50mmに対して求め, その伸長率から, 応力緩和特性を加味した一軸拘束二軸伸長下での張力-伸長曲線から得た特性値を使用する川端らのリニアライジング法<sup>4,5)</sup>より求めた。そして, 各条件下で求めた実測値と理論計算値の対応から諸因

子の影響を検討した。なお, これらの測定は, 同一条件で繰り返し3回ずつ行った。

2) 実測被服圧に影響を及ぼす諸因子への対応  
被服圧の測定値に影響を及ぼす伸長変形様式, 受圧体の硬さや曲率半径, エアバックの空気量および布の伸長特性等の諸因子をパラメータとして, 理論計算値と実測値の差について統計分析を行い, 理論計算値に近づけるための重回帰式を求め, 被服圧測定におけるエアバック方式の使用性を高めるための検討を行った。

3) 各種拘束性スポーツウェアの快適被服圧  
日常快適に着用されている拘束性スポーツウェアの被服圧レベルを把握するために, 表2に示す市販の水着3種類, レオタード2種類およびダンス用スパッツ3種類について, 着用感とエアバック方式より求めた各部位の被服圧との関係について検討した。被験者は, 健康な成人女子5名である。被験者の身体特性を表3に示す。

なお, これらの被服圧測定における環境条件は, いずれも温度22±1℃, 湿度50±5% R. H., 気流10cm/sec以下の恒温恒室内で行った。

## 2. 実験結果および考察

### 2.1 エアバックの使用性の検討

#### 2.1.1 エアバックの空気量の影響

図4に, エアバックの空気量を1.0mlと1.5mlに変化した場合の実測値と理論計算値との関

表2 The samples of stretch sportswear

	Fibers		Weight (g)	Size	Price (yen)	Remarks
Swimming suit	M 1	Nylon 80% Polyurethane 20%	93.74	M	8600	
	M 2	Nylon 80% Polyurethane 20%	73.94	M	7000	
	M 3	Nylon 80% Polyurethane 20%	78.13	M	6000	for racing
Leotard	R 1	Acrylic 57% Cotton 37% Polyurethane 6%	81.78	M	5400	
	R 2	Nylon 80% Polyurethane 20%	55.57	M	4800	
Spat	S 1	Nylon 75% Polyurethane 25%	65.02	M	4500	3/4 length
	S 2	Nylon 80% Polyurethane 20%	70.88	M	4600	half-length
	S 3	Nylon 80% Polyurethane 20%	70.40	M	4000	half-length

表3 Characteristics of the subject (n=5)

	High	Body weight	Bust girth	Waist girth	Hip girth	Maximum thigh girth
mean	160.3	50.2	83.2	61.8	89.2	47.3
S.D.	2.0	3.1	4.8	1.2	3.3	1.9

unit : cm

係を、剛体モデル ( $r=8.76$  cm) および軟体モデル (9.85 cm) 上で測定した結果を示す。剛体モデルの場合、エアバックの空気量の影響が大きい。空気量 1.0 ml の実測値が理論計算値に比べ低くなるのに対し、1.5 ml ではほぼ一致する。一方、軟体モデル上では、空気量 1.0 ml および 1.5 ml の実測値と理論計算値との関係に大差がなく、いずれの場合も理論計算値に比べ実測値が低い。

一軸拘束近似の二軸伸長変形下の結果<sup>2)</sup>は、空気量 1.0 ml に高い使用性が認められたものの、二軸伸長変形下では、適当でないことが明らかとなった。

### 2.1.2 受圧体の硬さおよび曲率の影響

図5に、曲率半径の異なる剛体モデルおよび軟体モデル各3種類を使用し、エアバックの空気量 1 ml における実測値と理論計算値との関係を示す。剛体モデル上では、受圧体の曲率半径の影響が大きく、曲率が大きくなるにしたがって、実測値が理論計算値に近似してくることが明らかである。一方、軟体モデル上でも、曲率半径が大きくなるにしたがって、実測値が高くなるものの、剛体モデル上ほど顕著ではない。すなわち、受圧体の曲率と同様に、受圧体の硬さも本方式の実測値に大きく影響することが確認された。このこと

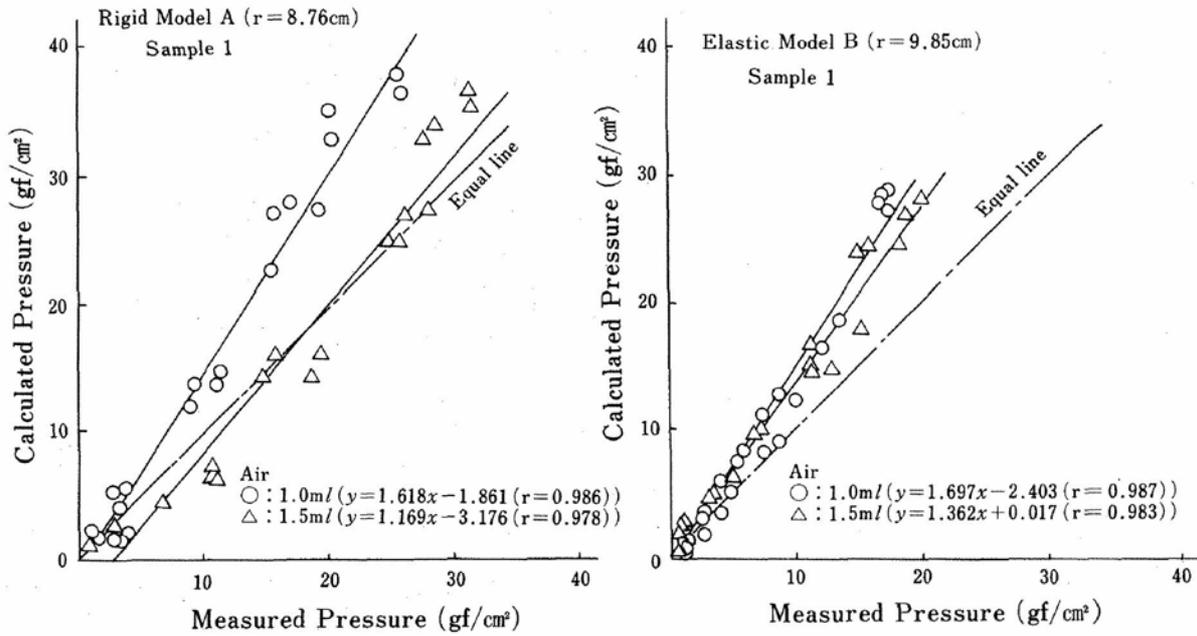


図4 The relation between measured and calculated pressure

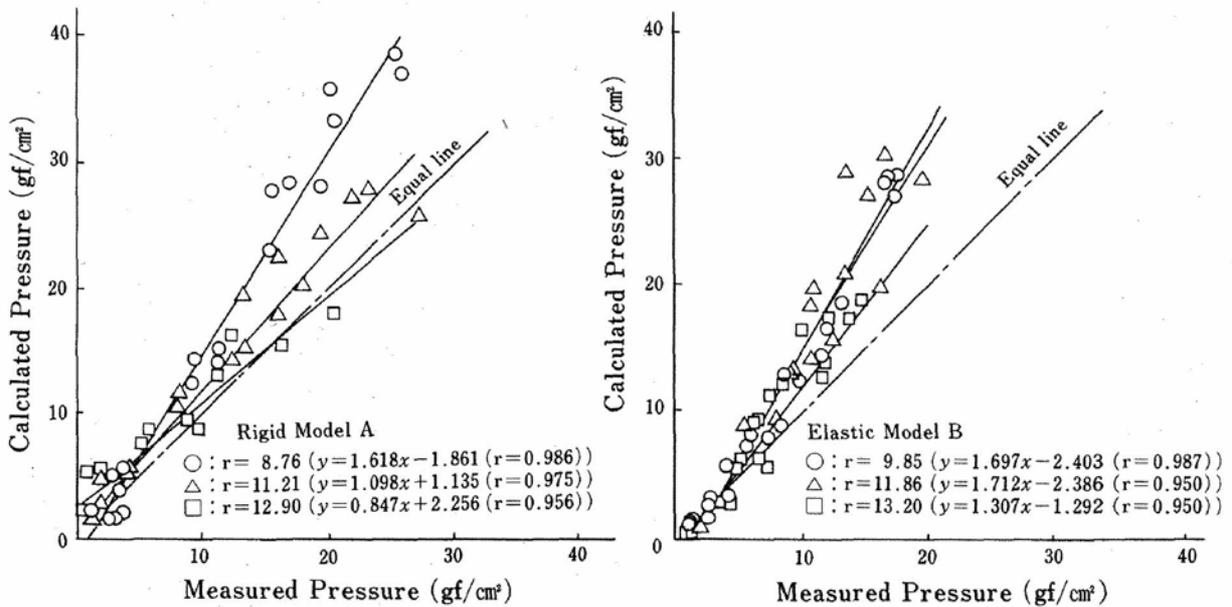


図5 The relation between measured and calculated pressure  
(Sample 1 Air : 1.0 ml)

は、一軸拘束時と同様の結果である。

### 2.1.3 被覆する被服素材の影響

異なる伸長特性を持つ、試料布3種類を用いた時の実測値と理論計算値との関係を図6に示す。

剛体モデル上では、伸長性の良いNo. 3と伸長性の劣るNo. 1とでは回帰式が異なる。しかし、軟体モデル上では剛体モデル上ほどの顕著な差は認

められない。

### 2.1.4 実測被服圧に影響を及ぼす諸因子への対応

先の伊藤の報告<sup>1,2)</sup>および前述の結果から、被服圧測定のためのエアバック方式は、歪ゲージ内臓の圧力センサを、被服圧発生部に直接に挿入する方法に比べ定量性は高いものの、一軸伸長変形

表4 Analysis of variance

Source	Sum of Squares	DF	mean Square	F value	Significance
Sample A	6025.215	2	3012.608	236.75	**
Air volume B	6656.740	3	2218.913	174.37	**
Shape of model C	562.181	1	562.181	44.18	**
Compressibility D of model	2296.055	1	2296.055	180.44	**
Radius of model E	1386.124	2	693.062	54.46	**
A×B	444.925	4	111.231	8.74	**
A×C	654.708	2	327.354	25.73	**
A×D	95.600	2	47.800	3.76	*
A×E	1145.465	4	286.366	22.50	**
B×C	3.016	1	3.016	0.24	
B×D	743.937	3	247.979	19.49	**
B×E	407.609	4	101.902	8.01	*
C×D	54.968	1	54.968	4.32	**
C×E	105.476	2	52.738	4.14	*
D×E	144.482	2	72.241	5.68	**
Error	14188.479	1115	12.725	56.88	
Corrected Total	38798.953	1149	—	—	

\*\* P < 0.11 \* P < 0.05

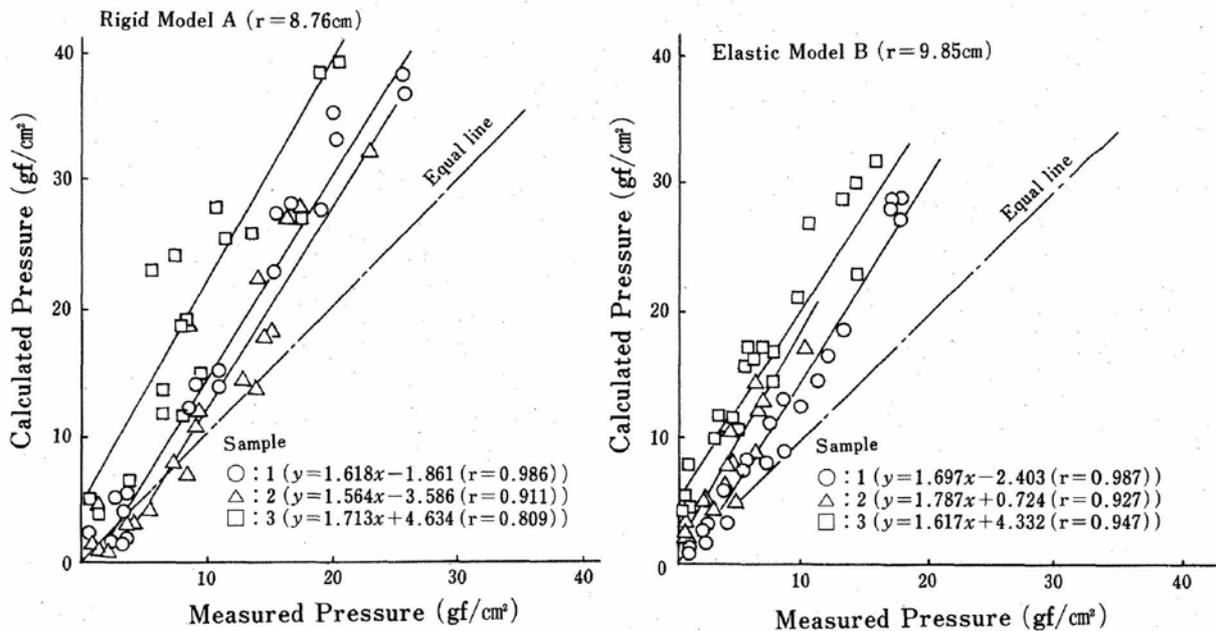


図6 The relation between measured and calculated pressure (Air : 1.0 ml)

と二軸伸長変形の変形様式の違い，エアバックの空気量，受圧体の圧縮硬さおよび曲率半径，さらに被覆する布の種類によって，実測値が変化することが明らかとなった。

そこで，各条件下で求めた，実測値と理論計算

値を用いて，測定値に影響を及ぼす前述の諸因子をパラメータとして，実測値と理論計算値の差について分散分析を行った。分散分析結果を表4に示す。各パラメータの主効果は，いずれも危険率1%水準で有意差が認められた。交互作用につい

表5 The formulas of regression analysis on some conditions  
(Strip-biaxial deformation, Volume of air=1.0ml)

Type of model	Formula of regression	ADJ R-square
Rigid model	$y = -0.600 * x_1 + 1.226 ** x_2 - 0.024 x_4 + 3.777$	0.858
Elastic model	$y = -0.091 x_1 + 1.559 ** x_2 - 0.003 x_4 - 1.973$	0.867
Rigid model+ Elastic model	$y = -0.474 ** x_1 + 1.353 ** x_2 + 0.237 ** x_3 - 0.012 x_4 + 0.871$	0.855
(Strip-biaxial deformation, volume of air=1.5ml)		
Rigid model	$y = -0.168 x_1 + 1.019 ** x_2 - 0.034 * x_4 - 0.494$	0.951
Elastic model	$y = 0.015 x_1 + 1.309 x_2 + 0.005 x_4 - 3.690 **$	0.931
Rigid model+ Elastic model	$y = -0.137 x_1 + 1.102 ** x_2 + 0.369 x_3 - 0.015 x_4 - 2.952 *$	0.934
(Biaxial deformation, volume of air=1.0ml)		
Rigid model	$y = -1.468 ** x_1 + 1.322 ** x_2 - 0.178 ** x_4 + 22.615 **$	0.808
Elastic model	$y = -1.422 ** x_1 + 1.590 ** x_2 - 0.033 x_4 + 16.645 **$	0.873
Rigid model+ Elastic model	$y = -1.404 ** x_1 + 1.393 ** x_2 + 0.203 ** x_3 - 0.115 ** x_4 + 18.876 **$	0.824

$x_1$  : Radius of model  $x_2$  : Measured pressure  
 $x_3$  : Compressibility of model  $x_4$  : Sample (knitted fabric)  
 \*\* : P < 0.01 \* P < 0.05

でも大部分有意差が認められた。しかし、エアバックの空気量と変形様式の間には有意差が認められなかった。この理由は、測定値の不足からくる偏りによるものと考えられる。これらの結果を踏まえ、エアバックの空気量および伸長変形様式ごとの重回帰分析を行い、各条件下の重回帰式を求めた。従属変数 Y を理論計算値とし、独立変数 X を実測値、受圧体の曲率半径、受圧体の硬さおよび被服素材とした。その結果を表5に示す。各パラメータの有意性にはばらつきがあるものの、決定係数は、おのおの信頼できる値を得ることができた。

得られた重回帰式の有用性を、エアバック方式を用いて測定されたガードルの被服圧<sup>6)</sup>について検討した。本実験で得られた重回帰式に、ガードルの実測値とその他の各パラメータの値を代入して得た値(回帰式値)と、理論計算値および実測値と理論計算値との関係を図7-1、図7-2に示す。大腿部および臀部とも、実測値に比べ回帰

式値の方が理論計算値との相関が高い。予測誤差も大腿部が 3.55 gf/cm<sup>2</sup> から 2.91 gf/cm<sup>2</sup> と減少した。しかし、臀部の予測誤差は 2.98 gf/cm<sup>2</sup> から 3.05 gf/cm<sup>2</sup> とわずかに上昇した。この理由は二軸伸長変形下でデータの不足によるものと考えられるため、追加実験を実施する予定である。

## 2.2 各種拘束性スポーツウェアの快適被服圧

各種スポーツウェアの着用感は、圧迫感および総合快適感についてSD法による5段階評価をさせた。各種スポーツウェアの被服圧と着用感の結果を表6に示す。被服圧の測定部位は図8に示すとおりである。①胸部、②腹部、③臀部、④側腹部および⑤大腿部の被服内縁部の被服圧は、圧力の高い部位でも 11.8 gf/cm<sup>2</sup> であり、全般には 5 ~ 10 gf/cm<sup>2</sup> の範囲である。

一方、被服外縁部の⑥背部、⑦肩部、⑧肩縫目部、下縁の⑨前下肢部、⑩側下肢部、⑪後下肢部、⑫前胴部、⑬側胴部および⑭後胴部の被服圧は高い。水着の M1 や M2、レオタードの R1、R2

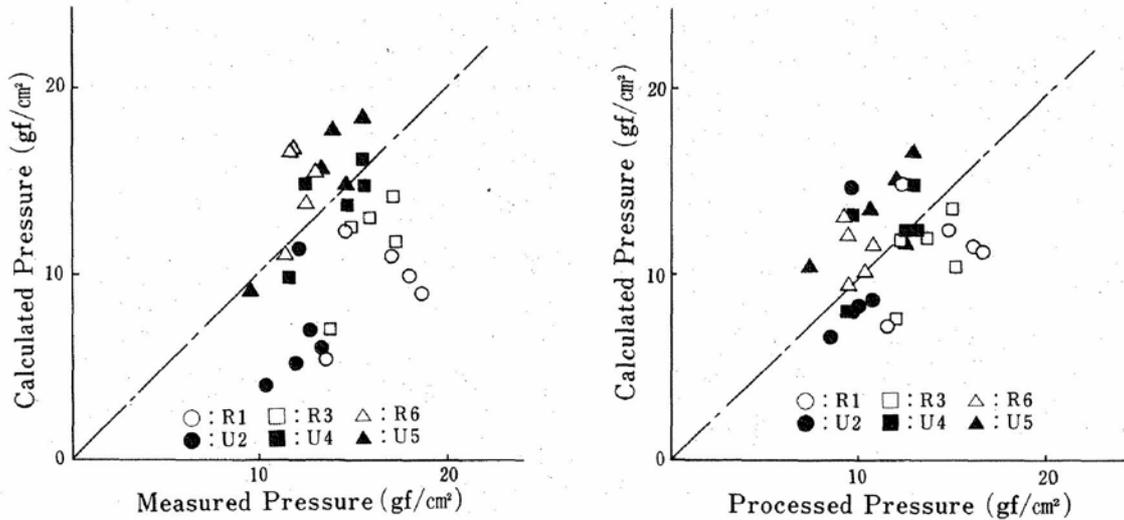


図7-1 The relation between calculated and measured or processed\* pressure of the thigh  
\* : processed pressure are gotten by using the regressed formulas

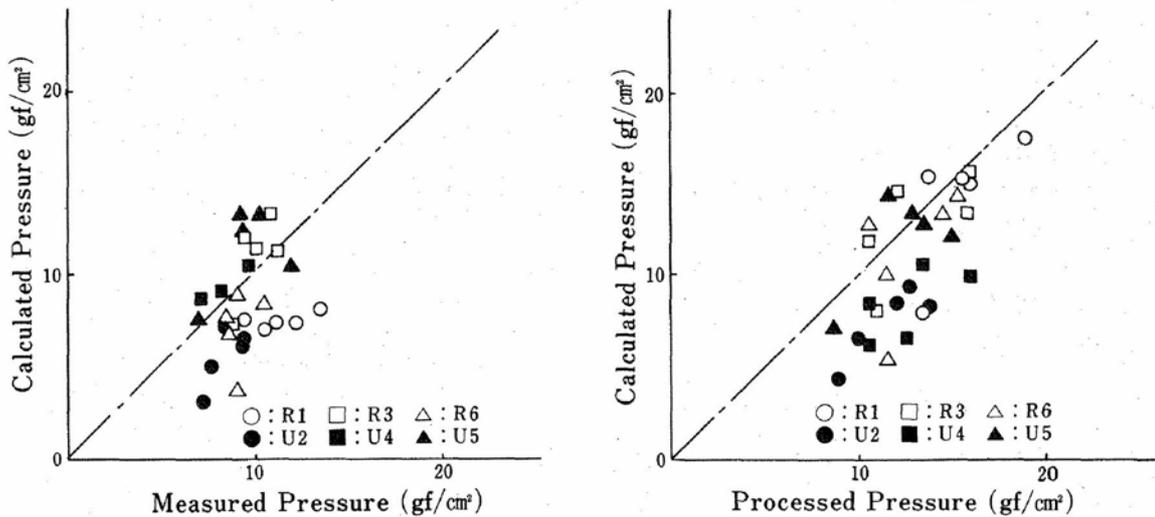


図7-2 The relation between calculated and measured or processed\* pressure of the hip  
\* : processed pressure are gotten by using the regressed formulas

の⑦肩縫目部では、 $40 \text{ gf/cm}^2$  以上またはそれに近い被服圧である。この高い被服圧が圧迫感に関係したと考えられるが、水着やレオタードの着用感を低下させる要因とはならなかった。スパッツの胴部の高い被服圧についても同様のことが言える。

本実験で使用した8種類の拘束スポーツウェアの着用感が、いずれも「快適」、「やや快適」と評価された理由は、著者らのガードルの結果<sup>7)</sup>と比較して、水着、レオタードおよびスパッツの被服内縁部の②腹部および③臀部の被服圧が、 $10 \text{ gf/cm}^2$  以下であることが考えられる。すなわち、被

服外縁部の被服圧は、 $20 \text{ gf/cm}^2$  以上の高い被服圧に対しても着用感が大きく左右されないことが明らかとなった。

しかし、着用感を左右する被服外縁部の被服圧レベルについては、今後外縁部の被服の幅、被服素材の伸長特性および圧迫部位等を考慮し検討する予定である。

### 3. ま と め

被服圧の定量性の高い測定方法として、著者はエアバック方式を開発し、その使用性を一軸伸長変形下<sup>2)</sup>に加えて、二軸伸長変形下においても

表6 The colthing pressure and the comfort evaluation of some stretch sportwears

Sample	Clothing pressure of some points (unit : gf/cm <sup>2</sup> )											Comfort evaluation		
		①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩	Compression	Compressive points	Total comfort
Swimming Suit M 1	mean	6.3	8.8	9.2	8.3	18.0	30.3	50.1	19.0	26.7	14.9	a little	shulder	rather
	S.D.	1.3	3.5	1.3	3.0	4.4	12.2	5.9	7.9	5.8	4.9	-0.6	back	0.8
M 2	mean	3.9	5.9	7.2	5.5	14.0	28.2	45.0	15.8	30.9	15.0	a little	shoulder	rather
	S.D.	1.1	3.0	2.9	2.0	5.4	5.7	7.0	8.5	5.9	6.4	-0.8	back	0.8
M 3	mean	5.1	8.6	8.8	7.2	15.5	24.4	24.5	17.3	34.3	14.5	a little	back	rather
	S.D.	1.0	2.7	2.3	4.6	6.3	5.7	6.3	6.9	6.1	6.3	-0.8		0.4
Leotard R 1	mean	5.0	8.7	6.3	4.4	7.7	19.4	42.3	15.2	24.2	9.6	a little	shoulder	rather
	S.D.	1.2	2.6	1.1	1.6	3.2	2.8	8.0	1.6	4.5	2.7	-1.0		0.8
R 2	mean	4.8	7.7	7.0	4.7	9.0	25.2	39.0	11.4	19.2	8.6	a little	shoulder	rather
	S.D.	0.5	1.6	2.4	1.2	5.2	3.9	4.9	3.0	5.8	3.9	-0.8		1.0

Sample	Clothing pressure								Comfort evaluation		
		②	③	⑪	⑫	⑬	⑭	⑮	Compression	Compressive points	Total comfort
Spat S 1	mean	8.3	10.6	11.8	11.1	12.0	16.0	11.9	a little	thigh	rather
	S.D.	2.1	4.7	2.7	2.9	3.9	3.5	1.8	-0.6		0.6
S 2	mean	6.0	6.8	9.0	11.2	20.8	28.6	20.3	nothing	thigh	good
	S.D.	1.5	1.5	2.0	2.6	4.5	6.2	2.7	0.8		1.8
S 3	mean	5.3	6.7	8.9	9.7	22.9	30.8	19.5	nothing	thigh	good
	S.D.	1.2	2.2	2.2	1.8	3.1	1.7	5.2	0.8		1.6

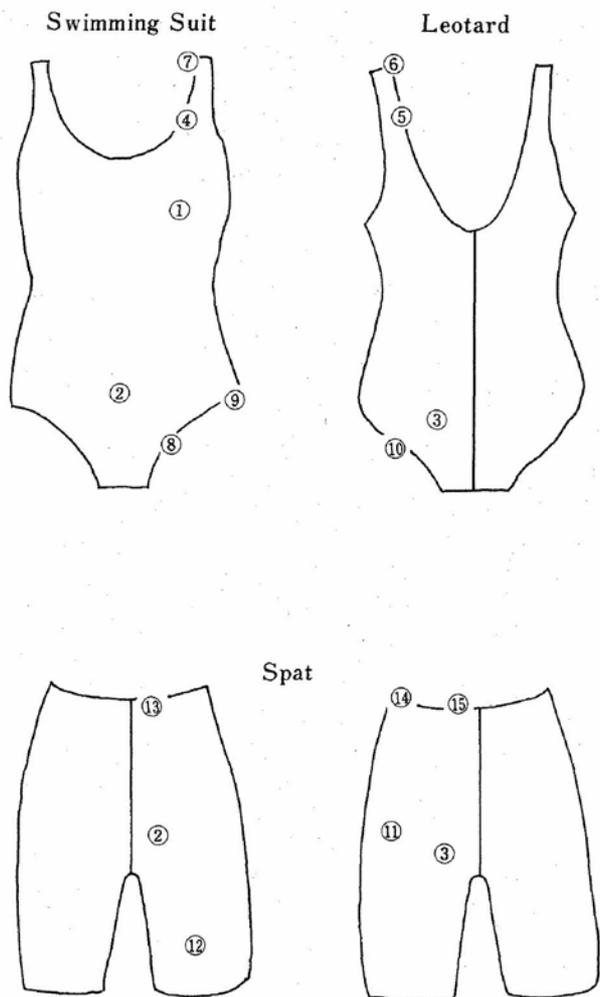


図8 The measuring points of clothing pressure

検討した。そして、本方式に影響を与える諸因子をパラメータとした重回帰式を求め、その使用性をも検討した。さらに、本方式を用い、各種拘束用スポーツウェアの各部位の被服圧と着用感を測定し、以下のことが明らかとなった。

1) 二軸伸長変形下においても一軸伸長時と同様に、エアバックの空気量、受圧体の曲率半径や圧縮硬さ、および被覆する素材の影響を受け実測値が変化する。

2) 実測値に影響を及ぼす諸因子をパラメータとして、信頼性の高い重回帰式を得られた。このことは、実測されたガードルの被服圧によって確認した。

3) 快適に着用されている拘束スポーツウェア(水着、レオタード、スパッツ)の被服圧は腹部、臀部等の被服内縁部において、約5～10 gf/cm<sup>2</sup>であり、胴部、肩部等の被服外縁部は、20 gf/cm<sup>2</sup>以上の高い被服圧に対しても着用感が左右されない。

最後に、本実験にご協力いただいた本学卒業生黒石砂緒里、原友紀ならびに山本奈緒子氏に心より感謝致します。

#### 文 献

- 1) 伊藤紀子, 細砂恵子; 被服圧測定のための圧力センサの校正式の検討, 鳥取大学教育学部研究報告自然科学, **40**, 2, 47-61 (1991.12)
- 2) 伊藤紀子; 被服圧測定のためのエアバック方式の使用性, 家政誌, **44**, 291-298 (1993)
- 3) Wm. Kirk, Jr., S. M. Ibrahim; Fundamental Relation of Fabric Extensibility to Anthropometric Requirements and Garment Performance, *Text. Res. J.*, **36**, 37-47 (1966)
- 4) 川端季雄; 布の非線形二軸伸長特性を計算する“リニアライジング法”について, 繊維誌, **39**, T 169-T 173 (1986)
- 5) M. Kageyama, S. Kawabata, M. Niwa; The Validity of a “Linearizing Method” for Predicting the Biaxial-extension Properties of Fabrics, *J. Text. Inst.*, **79**, No 4, 543-567 (1988)
- 6) 伊藤紀子, 中西正恵, 井上真理, 丹羽雅子; ガードルの被服圧と素材の二軸伸長特性, 日本繊維製品消費学会年次大会発表要旨集, 22-23 (1993)
- 7) 伊藤紀子, 山田智子; 拘束衣服着用時の被服圧と着衣効果, 衣服誌, **36**, 21-29 (1993)