

# 衣服圧測定について

伊藤 紀子\*・美若 佳子\*・安田 佳代\*

Noriko ITO, Yoshiko MIWAKA and Kayo YASUDA: Measurement of Clothing Pressure

(1984年4月30日 受理)

## 1 緒 言

衣服着用時の着心地を左右する因子の一つに衣服圧がある。着心地のよい衣服を作るために、身体へ加わる衣服圧を身体各部位において平易に測定可能にすることが必要である。今日まで、種々の圧力計を用いて衣服圧測定のための研究が行われている。入鹿山<sup>1)</sup>、川生<sup>2)</sup>は、受感部に偏平ゴム球を用い、U字型の水銀圧力計に連繋し、米田<sup>3)</sup>、吉川は<sup>4)</sup>斜面水銀（あるいは斜面水）圧力計に連繋して衣服圧の測定を行っている。渡辺らは、抵抗線歪計素子を用いての衣服圧測定<sup>5)</sup>、さらに高精度の圧力測定素子（キュライト LQL-125-25 型）の反応特性の検討<sup>6),7)</sup>を行っている。徳田らは<sup>8)</sup>、偏平ゴム球では形状が大きいため衣服内の装身状態が変化し、正しい衣服圧が計測できないとし、歪計素子では布の張力が素子周辺で支えられるため受感部に正しい圧力が加わらない場合があることを指摘し、電気接点を持つゴム球を用いた衣服圧測定方法を考案している。この徳田らの方法<sup>8)</sup>は、受感部の形状も小さく ( $\phi=30\text{ mm}$ , 厚さ  $1.0\text{ mm}$ )、かつ受圧体の硬さおよび受圧体の曲率の影響も少ない。しかし、測定素子の製作および較正が困難であると報告している。

衣服着用時の身体各部位の衣服圧測定は、身体各部の弾性や曲率の違い、また圧力センサーの大きさ、感度、熱安定性の問題があり、適正なる圧力センサーの選定、開発がなされていない。

そこで本研究では、衣服内の身体各部位における衣服圧測定を可能にするために、抵抗線歪計素子を用いて被服圧測定の使用性を検討する。

## 2 実験方法

1) 被験者 本実験の被験者は、健康な成人女子1名でその身体的特性を表1に示す。

2) 圧力センサー 測定に使用した圧力センサーは、抵抗線歪計からなる荷重変換式のセンサー（共和電業 LM-A 型）と同じく抵抗線歪計を内蔵した圧力変換方式のセンサー（キュライト LQ-080-200）である。その詳

表1 被験者の身体的特性 (単位: cm)

計測部位	寸法	計測部位	寸法
身長	160.5	足首囲	{ 右 19.4 左 19.4
胴囲	65.5	腰 丈	19
腰 囲	92	膝 丈	42
大腿囲	{ 右 47.5 左 47.6	股 上	28
		膝 囲	{ 右 35.0 左 34.8
		スラックス丈	95

\* 被服学教室

細は図1に示す。前者は、周囲を硬い金属で囲まれており、受圧面は、薄い金属からなるダイヤフラムに歪ゲージがおおわれた荷重センサーである。後者は、合成樹脂からなり、受圧面は、ダイヤフラムとしてシリコンを用いている。

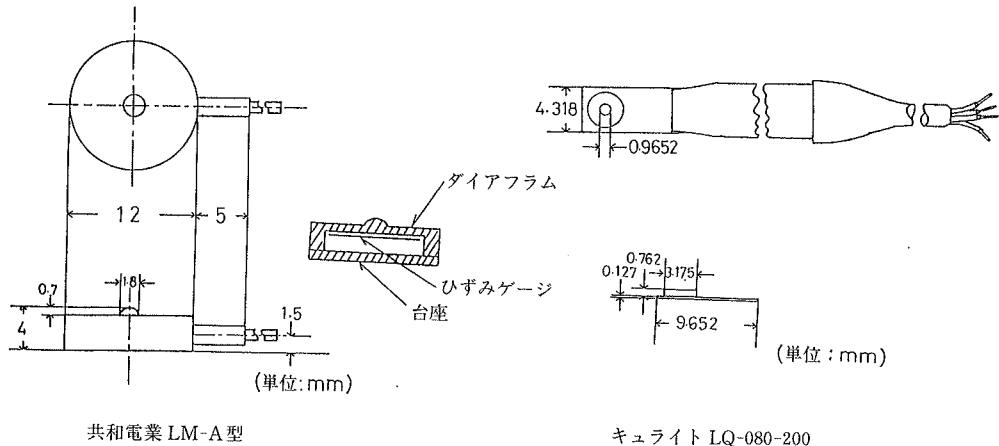


図1 圧力センサー

3) 受圧体の作成 受圧体として図2に示す人体大腿部(膝頭上15cmの位置), 人体大腿部モデル, 剛体モデル(塩化ビニル管)の3種類を用いた。人体大腿部モデルの作成に当たって、剛体としての骨部を塩化ビニル管, 弾性体としての筋肉を木綿わたとウレタンホームを用いて、人体大腿部に近似したモデルを製作した。なおモデルの硬さは、圧縮硬さ測定器によって、わたおよびウレタンホームの分量を調節し、表2に示す人体大腿部に近似した硬さを求めた。

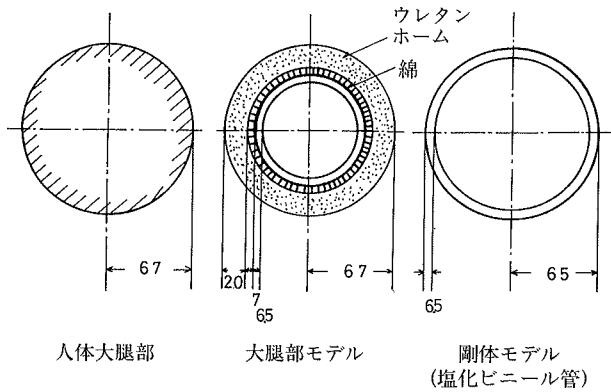


図2 受圧体の構造 (単位: mm)

表2 人体およびモデルの圧縮硬さ (200g 荷重時)

	人体大腿部	人体大腿部モデル
くぼみ量	0.24 cm	0.24 cm
押し圧力	245 g/cm <sup>2</sup>	254 g/cm <sup>2</sup>

4) 圧力センサーの検討

a. 分銅による較正方法

圧力センサーを受圧体表面に両面テープを用いて固定し、分銅による圧力が均等に受感部に加えられるよう工夫したアルミニウム製分銅支持台上 10g~50g の分銅を 10g ごとに乗せた時の反応圧力を直流増幅器を通じ、記録計で読み、測定した。

b. 空気加圧による較正方法 圧力センサーを受圧体表面に固定し、その上に血圧計加圧

布を巻き、圧力を 20 mmHg~100 mmHg まで 20 mmHg ずつ加え、加圧力に対する反応圧力を測定した。加圧の際、1 回の測定が終わるごとに加圧布内の空気を完全に押し出した後、次の測定に移るよう注意した。

5) 測定項目ならびに方法

- a. 受圧体の硬さによる反応圧力への影響 図 2 に示す人体大腿部、人体大腿部モデル、剛体モデル上での反応圧力を分銅荷重法および空気加圧法により検討した。
- b. 受圧体の曲率による反応圧力への影響 表 1 に示す被験者の人体 大腿部 (周径 42.0 cm, 曲率  $1/r=0.150$ ) 人体下腿部 (周径 32.0 cm, 曲率  $1/r=0.196$ ) 人体上腕部 (周径 22.0 cm, 曲率  $1/r=0.282$ ) の 3 部位について空気加圧法により検討した。
- c. 環境温度による反応圧力への影響 実験時の環境温度を 15°C~35°C (湿度 60% RH ただし 30°C で 56% RH, 35°C で 47% RH) まで 5°C 間隔に変化させた時の平板上 (剛体上) における反応圧力を分銅荷重法により測定した。
- d. 環境湿度による反応圧力への影響 環境温度を 50% RH~75% RH まで 5% RH 間隔に変化させた時の反応圧力を分銅荷重法により平板上で測定した。その際の環境温度は 20°C とした。ただし 70% RH で 21.2°C, 75% RH で 23.5°C であった。

3 結果および考察

1) 圧力センサーの検討

a. 共和センサーについて 共和センサーを用いた空気加圧による較正の記録例を図 3 に示す。加圧布の装身性が悪く、加圧初期 (20 mmHg) の圧力の検出が悪い。加圧 40 mmHg 以上は、加圧に伴う圧力検出に直線性がみられた。さらに繰返し測定における再現性もよいことが認められた。

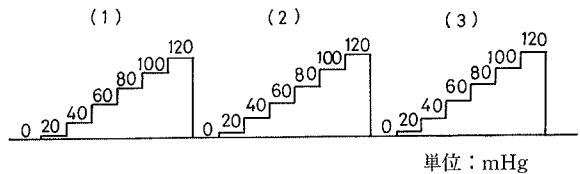


図 3 空気圧による較正 (共和センサー, 大腿部モデル上)

受圧面積の検討のため、分銅加重法による較正直線と空気加圧による較正直線を図 4 に示す。空気加圧法においては、受圧面積に関係なく加圧されていると考えられる。分銅加重法による受圧面積がセンサーの突起部 ( $2R=0.18$  cm) とした較正直線の係数と空気加圧による較正直線の係数の違いは、受圧面積のとらえ方に誤りがあると思われる。そこで 2 直線の係数から計算するとセンサーの受圧面積は、 $0.356 \text{ cm}^2$  ( $2R=0.67$ ) となる。以後本実験の衣服圧測定にお

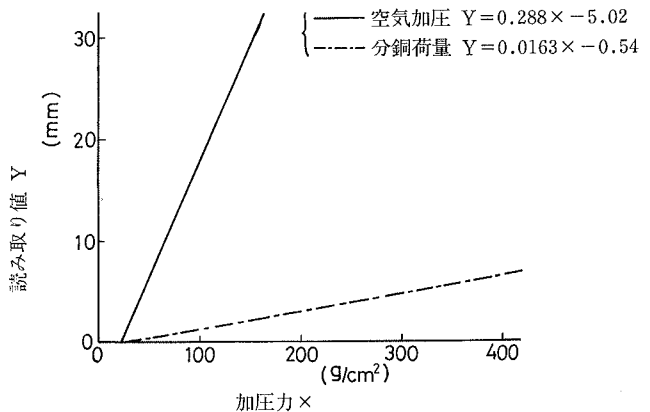


図 4 空気加圧, 分銅荷重による較正直線 (大腿部モデル上)

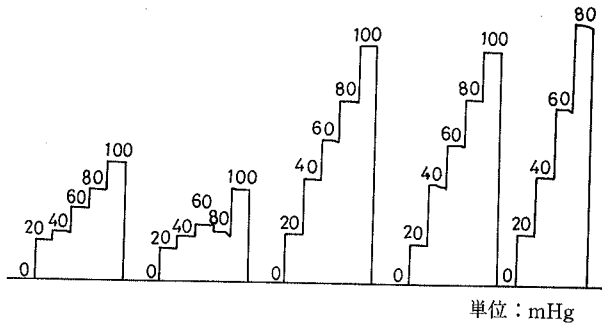


図5 空気加圧による較正 (キュライトセンサー, 大腿部モデル上)

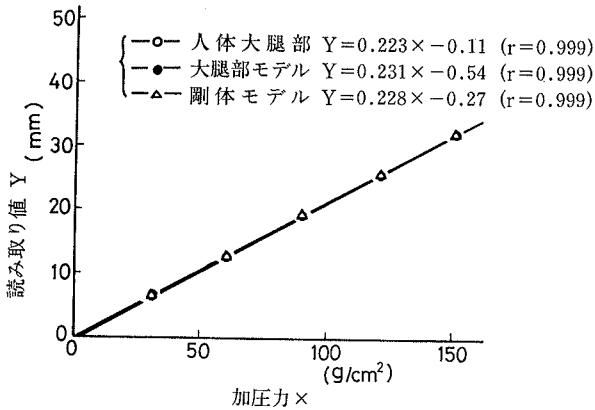


図6 受圧体の硬さによる反応圧力への影響 (分銅による較正)

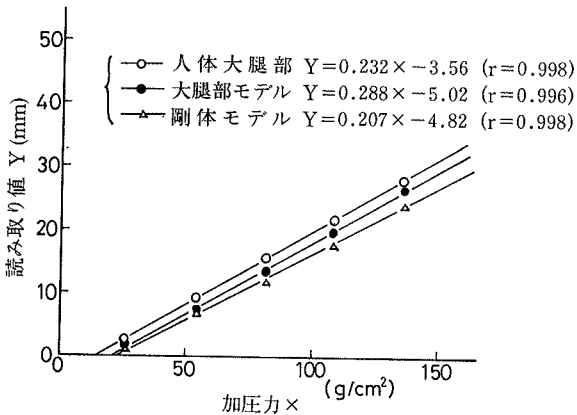


図7 受圧体の硬さによる反応圧力への影響 (空気加圧による較正)

いて、共和センサー LM-A の受圧面積は  $0.356 \text{ cm}^2$  とする。

b. キュライトセンサーについて キュライトセンサーを用いた空気加圧による較正の測定例を図5に示す。渡辺らは<sup>7)</sup>、衣服圧測定におけるキュライトセンサーの優秀性を報告している。本研究における予備実験でも密閉容器内における空気加圧法では、較直線の再現性も良好であった。しかし大腿部モデル、剛体モデル上に圧力センサーを取りつけ、加圧した場合は、図5からもわかるように較正そのものが非常に困難である。これは、センサーが小さいために空気加圧時、加圧によって生じる加圧布のわずかな折目間隙にセンサーが入って圧力が加わらなかったり、逆に強く圧迫する部位にセンサーが置かれ、高い圧力が加わったりするためと、いま一つセンサーの底部が柔らかいため、受圧体の硬さの影響を受けるものと考えられる。特に後者の問題から、人体各部位の衣服圧測定用センサーとして使用するためには、各々の部位における較正を必要とするため、キュライトセンサーは不適と判断した。従って、キュライトセンサーは、以降の実験から除外した。

## 2) 受圧体の硬さによる反応圧力への影響

硬さを異にした人体大腿部、大腿部モデル、剛体モデルの各受圧体上での分銅による較正時と空気加圧による較正時の測定結果を図6、図7に示す。いずれの受圧体においても極端な数値のバラツキ

はなく直線性が見られる。回帰式の傾きおよび切片は、分銅による較正の場合、人体大腿部、大腿部モデル、剛体モデルの数値が近似しており、三者間に有意の差は認められない。空気加圧による較正の場合、回帰式の傾きはバラツキがあり、切片も分銅加重法に比較して著しく低い。剛体モデルと人体大腿部および大腿部モデルの回帰式の傾きの間に有意差が認められた。これが受圧体の硬さの影響であるならば、図5のキュライトセンサーに見るように硬い受圧体ほど傾きが大きくなるべきである。しかし空気加圧法に見る剛体モデルの回帰式の傾きは、他の受圧体に比べて小さい。その原因として、剛体モデルでは、空気加圧における加圧布と剛体モデルとの装着性が悪く、回帰式の傾きが低くなったものと推察される。

回帰式の切片は、分銅加重法に比べて空気加圧法では、いずれの受圧体も著しく低い。この点についても、図4において、40 mmHg 以上では、加圧に伴う読み取り値が直線性を示すことから加圧布の初期における装着性に問題があるためと考えられる。

以上のことから、較正における分銅加重法と空気加圧法の違いは、受圧体の硬さの違いというよりも、空気加圧における加圧布と受圧体との装着性に問題があると考えられる。そして分銅加重法の3受圧体の傾きと空気加圧法の人体大腿部、大腿部モデルの傾きとの間に有意差が認められないことから、共和センサーは、受圧体の硬さの影響をほとんど受けないと考えられる。その理由としては、本センサーの受圧面を試料面に向け受圧体の硬さの影響を押えているためと考えられる。

### 3) 受圧体の曲率による反応圧力への影響

荷重型センサーを用いた各受圧体の較正の結果を図8に示す。いずれの受圧体においても、極端な数値のバラツキはなく直線性が見られる。

切片は、受圧体の硬さの影響の時と同様、20 mmHg の初期加圧時の発現が悪く、低い値を示す。しかし、切片の値も下腿部<大腿部<上腕部であり曲率の大小に関係はないことから、加圧布の受圧体への装着性が問題であり、曲率の違いによる切片の違いとは言い難い。

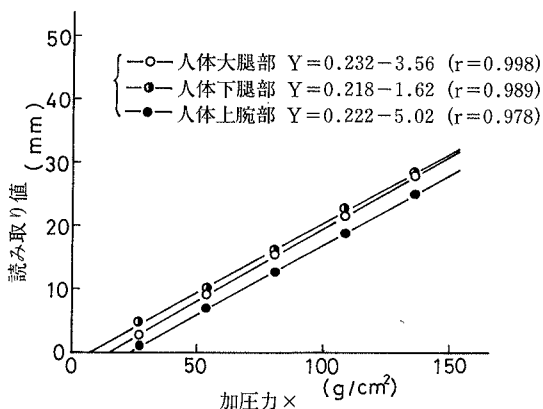


図8 受圧体の曲率による反応圧力への影響  
(空気加圧による較正)

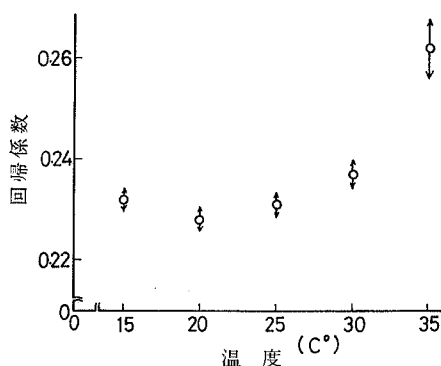


図9 環境温度による反応圧力への影響  
(分銅による較正)

回帰直線の傾きについては、3受圧体間に有意差は認められなかった。

### 4) 環境温度による反応圧力への影響

各環境温度下で求めた較直線の傾きと温度との関係を図9に示す。なお、各温度の回帰直

線の数値は次の通りである。

$$15^{\circ}\text{C} \quad Y=0.233X-0.003 \quad (r=0.999)$$

$$20^{\circ}\text{C} \quad Y=0.228X+0.048 \quad (r=0.999)$$

$$25^{\circ}\text{C} \quad Y=0.232X+0.038 \quad (r=0.990)$$

$$30^{\circ}\text{C} \quad Y=0.238X+0.007 \quad (r=1.000)$$

$$35^{\circ}\text{C} \quad Y=0.262X-0.177 \quad (r=0.897)$$

環境温度 15~25°C では、回帰式の傾き間に有意差が認められない。環境温度 30°C 以上になると回帰式の傾きが著しく異なり、高い有意性が認められた。しかし 20°C、60% RH の環境条件下で人体上（皮膚表面温度 31.5°C）に圧力センサーを固定し、分銅による較正を行った場合の回帰式は、固定後 0~7 min で  $Y=0.227X+0.081$ 、8~10 min で  $Y=0.227X+0.073$  となり、20°C、60% RH 環境条件下、平面（剛体）上での測定結果とほぼ一致する。したがって長時間皮膚固定して衣服圧を測定する場合は別として、数分以内で測定を完了する時は、20°C、60% RH の環境条件下の較正表を用いて衣服圧を求めることが望ましい。しかし外気温が 30°C 以上に変化した場合は、それぞれの環境条件下で較正を行う必要がある。

#### 5) 環境湿度による反応圧力への影響

環境湿度を変化させて求めた較正直線の傾きと環境湿度との関係を図10に示す。環境温度は、70% RH で 21.2°C、75% RH で 23.5°C と湿度が高くなるにつれて幾分上昇した。しかし本実験の湿度範囲（50%~75% RH）では、較正直線の傾き間に有意差は認められなかった。すなわち本実験に使用した圧力センサーは環境条件では、温度の影響を受けることがわかった。

以上、本実験で取りあげた圧力センサーの各種の影響について検討してきたが、衣服着用時、身体各部位の衣服圧測定を可能にするために圧力センサーには以下の条件が必要と考える。

- a) 身体各部位の硬さの影響を受けない。
- b) 身体各部位の曲率の影響を受けない。
- c) 衣服内挿入によって衣服の装身状態を変えない。
- d) 感度が優れ、再現性が良好である。
- e) 環境温度および環境湿度の影響を受けない。

条件 a) については、本実験で用いた圧力センサーの内、共和センサーは、図 6、図 7 から明らかなように硬さの影響をほとんど受けない。すなわち抵抗線歪計素子からなる圧力センサーの場合、本実験に使用した共和圧力センサーのように受感部背面からの影響をなくするため、硬い台座で保護された型の歪計素子が望ましいといえる。

条件 b) については、圧力センサーの大きさと厚さが問題となる。徳田ら<sup>8)</sup>の圧力センサー (2R=30 mm, 厚さ=1.0 mm) の場合、R=40, 85, ∞ mm の曲率の異なる受圧体の比較におい

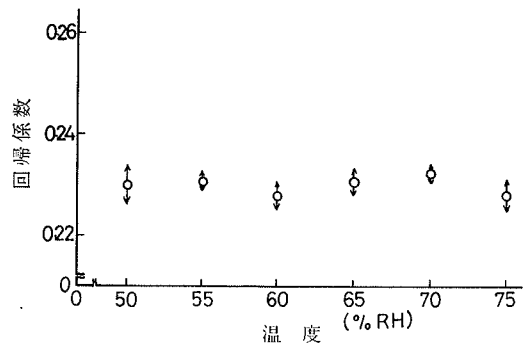


図10 環境湿度による反応圧力への影響（分銅による較正）

て、剛体を柔らかい材料（15 mm 厚ウレタンフォーム）で覆った際、較正時の回帰直線にほとんど差が認められない。本実験の共和圧力センサー（2R=12 mm, 厚さ 4.0 mm）においても図 8 から明らかなように、回帰式の切片にバラツキがみられるものの、回帰直線の傾きはほぼ一致し曲率の影響をほとんど受けない。すなわち、人体上に利用する際の圧力センサーの大きさおよび厚さは、徳田ら<sup>8)</sup>の場合と同様使用可能な範囲と考える。さらに曲率の影響を少なく、条件 c) を満たすにはより小型の圧力センサーが望まれるが安田<sup>9)</sup>の報告にもあるようにキュライト LQ-080-200 型（9.6×4.3×0.9 mm, 受感部 2R=3.2 mm）の超小型の場合、加圧布のわずかな隙間に圧力センサーが入って圧力を検出できないことも起る。

条件 c) については、条件 b) と同様、圧力センサーの大きさと厚さが問題であり、正しい衣服圧を知るために留意しなければならない。本実験に使用した共和圧力センサーについては、著者がゆとり量を変化させたスラックスの大腿部において丹羽ら<sup>10),11)</sup>の理論を用いて求めた理論計算値と圧力センサーを衣服内に挿入して求めた実測値の結果<sup>12)</sup>（表 3）から明らかなように、わずかの差は認められるものの衣服内挿入による衣服圧測定の可能性が認められた。

表 3 スラックスのゆとり量と衣服圧<sup>12)</sup>大腿部 $r=6.69$ (単位:  $\text{g}/\text{cm}^2$ )

素 材		NO.1 綿・ポリエステル交織 綾織物	NO.2 梳毛平織物		NO.3 ポリエステル加工糸 両面編布		
素材の厚さ (mm) 素材の重量 ( $\text{g}/\text{m}^2$ )		0.411 191	0.792 223		0.741 214		
裾囲のゆとり量		S*	L**		S*	L**	
膝囲の ゆとり量	***S	理論計算値 76.0 実 測 値 77.2	76.0 74.7	55.0 55.7	55.0 52.5	11.0 10.6	13.0 11.5
	***L	理論計算値 38.0 実 測 値 46.8	38.0 41.5	24.0 33.8	24.0 40.5	8.0 10.5	8.0 9.3

ゆとり量 \* 116% \*\* 178% \*\*\* 15% \*\*\*\* 35%

条件 d) については、抵抗線歪計素子を内蔵したセンサーは、直流増幅器の感度を高めることによって反応圧力の感度を高め、さらに記録計の利用によって経時変化もとらえることができる。また本実験に使用した圧力センサーの場合、繰り返し測定による反応圧力にバラツキが少なく再現性、回復性も優れていることがわかった。

条件 e) については、抵抗線歪計型に問題があると考えられている。本実験でも環境湿度よりも環境温度の影響を受けることがわかった。しかし身体が遭遇しうる温度範囲では、較正時の加圧力と反応圧力の間に直線性がみられることから、環境条件および圧力センサーの装着時間を考慮して較正を行えばよいことがわかった。

#### 4 結 語

着心地のよい衣服を作るために、衣服内における衣服圧測定を可能にするための圧力センサーの検討を行った。その結果、本実験で使用した圧力センサーの内共和センサーについて以下の点が明らかとなった。

1) 人体大腿部, 大腿部モデル, 剛体モデルからなる受圧体の硬さの違いによる反応圧力の差はほとんどみられない。

2) 上腕部, 下腿部, 大腿部, 平板上の曲率の異なる受圧体においても反応圧力の差はほとんどみられない。

3) 環境条件について, 温度 30°C 以上になると 15°C~25°C の反応圧力との間に差がみられた。しかしながら 20°C, 60% RH の環境条件下, 数分以内で測定を完了する場合は, 人体(皮膚温 30°C 内外)に固定しても, その環境条件下での較正表に基づいて, 衣服圧を計測することが望ましい。

4) 環境湿度50% RH~75% RH においては, 反応圧力に有意な差は認められない。

これらの結果は, 従来の圧力センサー以上に人体表面上における衣服圧測定を容易にするものとする。今後本実験に使用した圧力センサーを使用し, 身体各部における衣服圧の衛生的許容値の検討を進める。

なお本研究の一部は, 文部省科学研究費に寄ったことを記して深謝する。

#### 引用文献

- 1) 入鹿山勝郎: 国民衛生, **12**, 863 (1935)
- 2) 川生 実: 国民衛生, **20**, 255 (1943)
- 3) 米田幸雄: 京府医大誌, **58**, 59 (1955)
- 4) 吉川静子: 京府医大誌, **60**, 545 (1956)
- 5) 渡辺ミチ, 中橋美智子, 田中和子: 家政誌, **20**, 252 (1969)
- 6) 渡辺ミチ, 田村照子, 岩崎房子: 家政誌, **23**, 325 (1972)
- 7) 渡辺ミチ, 田村照子, 細井歌子: 家政誌, **26**, 366 (1975)
- 8) 徳田美和子, 高崎 宏, 玉川長一郎: 織消誌, **19**, 189 (1978)
- 9) 安田佳代: 鳥大教育卒業論文 (1980)
- 10) 丹羽雅子, 川端季雄: 織機誌, **23**, 159 (1970)
- 11) 丹羽雅子, 七島陽子, 山田洋子, 古里孝吉: 織消誌, **12**, 61 (1971)
- 12) 伊藤紀子: 未発表

#### Abstract

We prefer the comfortable clothing which present a suitable pressure to the human body in wear.

The purpose of this study is to investigate the property of the pressure transducer which is applied to measure absolute clothing pressure values. The pressure transducer is Kyowa LM-A type. We measured and analyzed the relationship between applied pressure and response pressure by calibration methods which were used weights and air pressure.

As the results:

1) The relationship between applied pressure and response pressure was almost linear and reproducible by both methods.

2) Respose pressure for applied pressure was little varied by different models of hardness and curvature.

3) This transducer showed grateful stability to temperature and humidity.

Therefore, this transducer can be applied to human body with accuracy.