

# サーマル・マネキンによる運動中の 被服の局所別熱抵抗に関する研究

大阪市立大学 花田 嘉代子

## 1. はじめに

着衣の熱抵抗は、皮膚表面と気温との温度勾配を多重層の（布+空気）を通過する熱流量で除したものであらわされる。このとき、熱流量を生体のエネルギー代謝の計測によって求め、クロー Index で抵抗をあらわす慣習がある。クロー値は、この着衣は、“気温 20°C, 気湿 50%, 風速 0.1m/sec の環境下で、安静椅坐で快適さをうる着衣の熱抵抗を 1” とするとき、その何倍に当たるかという数値である。

しかし、メーカーが衣服をデザインするとき、形状、ゆとりの面から、“身体のどの部分がどれだけの抵抗をもつことになるか”、あるいはユーザーの衣生活で、“どのように衣服を重ねて着たら全体として抵抗の部位差を少なくできるか”などの疑問にこたえるためには、着衣の熱抵抗を部位別に評価する必要がある。これには生体実験は不都合で、その代わりに、実物大のサーマル・マネキン<sup>1)</sup>を用いて物理的熱抵抗値（熱オーム）が測定される。

筆者は、いままでにサーマル・マネキンを用いてスポーツウエア、ワンピースについて、異なったサイズを着衣したとき、また、そこで姿勢を変化したとき<sup>2,3)</sup>の着衣の局所別熱抵抗を計測してきた。これからは、運動をしたときの熱抵抗の資

料も必要とされるであろう。このとき、生体は運動に伴って発汗するので、着衣の物理的熱抵抗は、着衣の揺動にもとづく換気（フイゴ作用）を含む幾何学的構造変化の結果としての熱抵抗と、布材料にもとづく水蒸気あるいは凝縮水透過抵抗の交互作用によって変動することになる。

そのため、サーマル・マネキンを用いるときは、運動するマネキンおよび発汗するマネキン（実際には凝縮水を含む肌着を着たマネキン）に分けて、熱移動のメカニズムを解析することになる。将来は、対向気流と運動と発汗作用の総合として熱抵抗を求めなければならない。

そこで本研究では、運動して着衣が揺動したために生ずる熱抵抗の変化に注目し、ツーピースで下肢の分割されるスポーツウエア、ウエストベルトの有無を区別したワンピースウエアを例にとって、局所別熱抵抗を計測し、運動速度と着衣のフイゴ作用との関係を次のように検討した。

## 2. 実験

### 2.1 運動するサーマル・マネキン装置

大阪市大生活科学部被服造形研究室で試作された、姿勢動作を変化するサーマル・マネキンを用い、マネキンの両手首にひもをとりつけ、図1に示すように、ガイドローラを介して手足を揺動さ

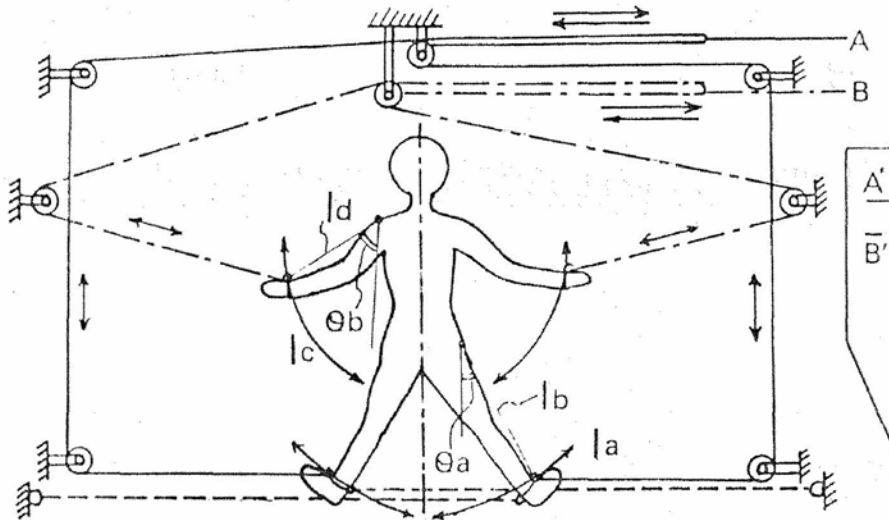


図1 運動するサーマル・マネキン装置

せることにより、マネキンを立位から腕挙上・開脚位に、マリオネット式に連続動作させる装置を得た。

上肢と下肢の動作は、図において、 $\angle\theta_a=40^\circ$ 、 $\angle\theta_b=70^\circ$ で開き、1動作は片道1秒、1.2秒、1.5秒および2秒の4種の速度になる。

スポーツウェアおよびワンピース着衣の運動を図2に示す。

## 2.2 実験方法

### (1) 試料

#### a. スポーツウェア

株式会社デサント製、表ナイロン、裏綿ジャージー2重編み、厚さ1.02mm、サイズ3号で、着付け方は、上衣前全閉および前全開の2種とした。

#### b. ワンピースウェア (W)

既製服、羊毛90%、ナイロン10%、平織、厚さ0.07cm、サイズ11号で、着付け方は、ウエストベルト有りおよび無しとの2種とした。

なお対照として、ワンピース (W) と同じサイズのもので、通気性の異なるシルクオーガンジー

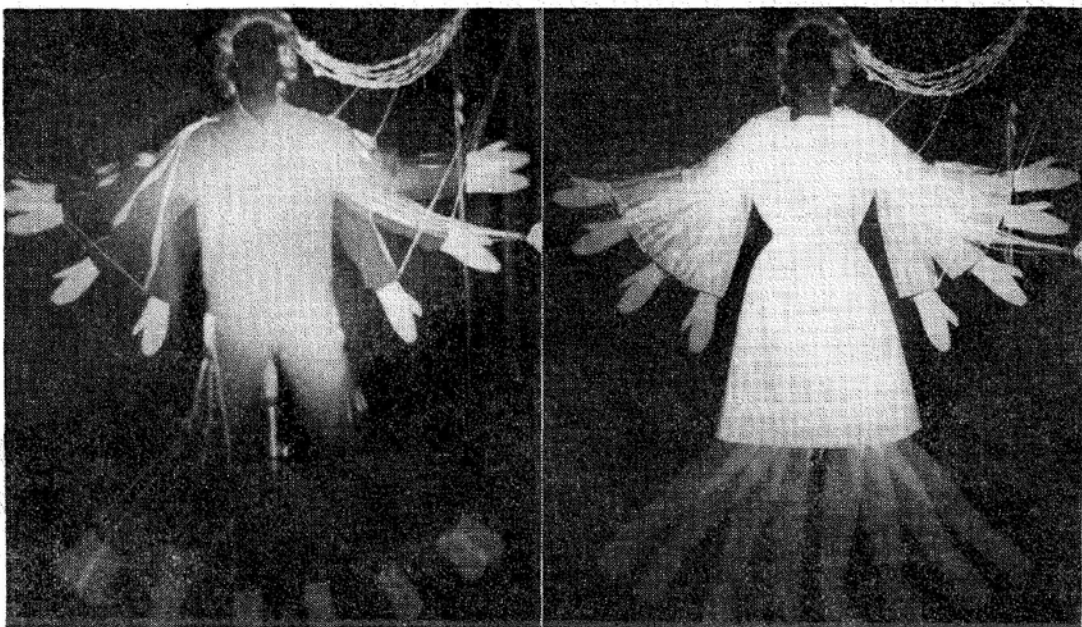


図2 運動する着衣のサーマル・マネキン

製 (ワンピース (O)), 不透气性のビニールフィルム製 (ワンピース (V)) を用意した。

(2) 測定値の評価

ヌードおよび着衣マネキンについて、それぞれ立位静止時で熱的安定を保った後、運動を開始し、運動状態で再び熱的に安定させる。静止時の安定時のマネキン表面温度  $T_s(N)$ , 運動時の安定温度  $T_s(M)$  とし、気温  $T_a$ , 熱供給量 (一定とする) を  $H$  であらわせば、熱抵抗は14部位別に、

$$R = (T_s - T_a) / H (\text{deg C/W/m}^2)$$

であらわされる。そのとき着衣効果として、

静止時の着衣による熱遮断効果

$$\Delta R = R_T - R_N (> 0)$$

運動時の着衣による熱遮断効果

$$\Delta R_M = R_{TM} - R_{NM} (> 0)$$

であらわされる。

ただし添字は、T: 着衣時, N: ヌード時, M は運動時を示す。

3. 実験結果

3.1 着衣効果  $\Delta R$ ,  $\Delta R_M$  の局所別熱抵抗の

プロフィール

運動により、熱抵抗が静止時よりどの位減少するか、実験結果は図3に示すようである。

一般に  $\Delta R_M$  は運動速度を増大するほど  $\Delta R$  より小さな値になるが、前腕のみは逆に増加する傾向がある。これから、袖口のような小さな開口部は、Day<sup>4)</sup> のいうとおり換気しにくく、胸、上腕部からの熱流がフィゴ作用で前腕部に送られて停滞し、熱抵抗値を増大させる傾向にある。

さらに服種別にみると、

a. スポーツウェア

上衣前全閉: 体幹部の運動による低下はわずかであるが、上腕、上腹の低下が目立つ。上衣前全開: 上衣の揺動が大きいので、胸および上腹、腹は著しく低下し、その影響は後面に及んでいる。

下肢部は布地が体表面に密着しているので、 $\Delta R$  と  $\Delta R_M$  の差はほとんど見られない。

b. ワンピース (W)

ベルト無しの場合: 上腕および体幹部全体に運動による低下が生じ、とくに胸、上腹、大腿部に著しい変化がみられる。

ベルト有りの場合: ベルト無しに比し、胸部、

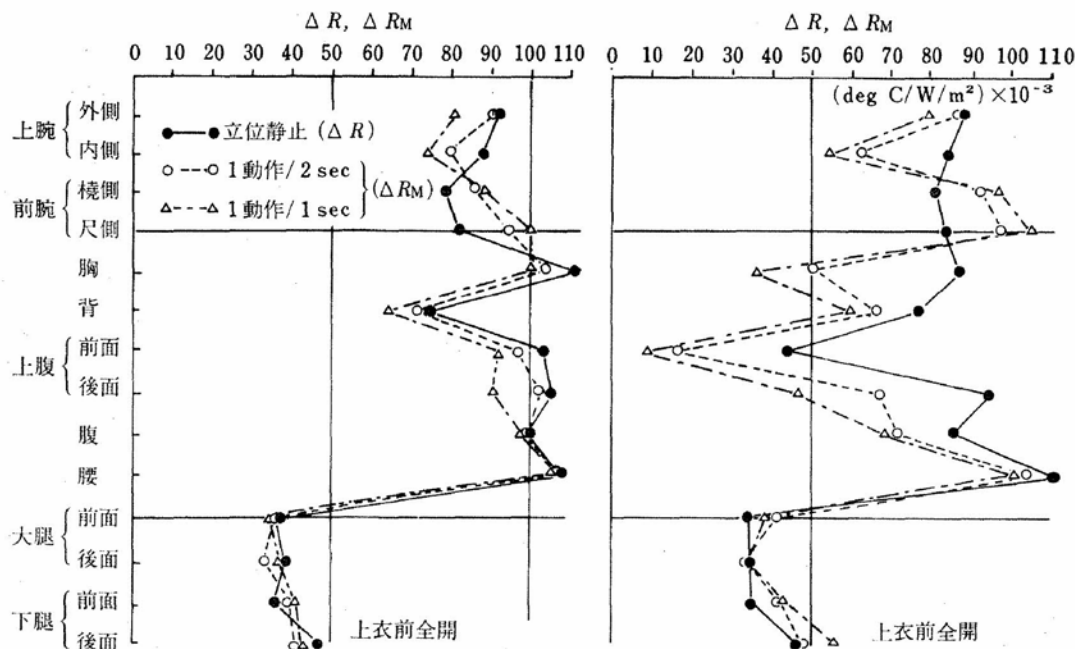


図3 (a) スポーツウェアの着衣効果

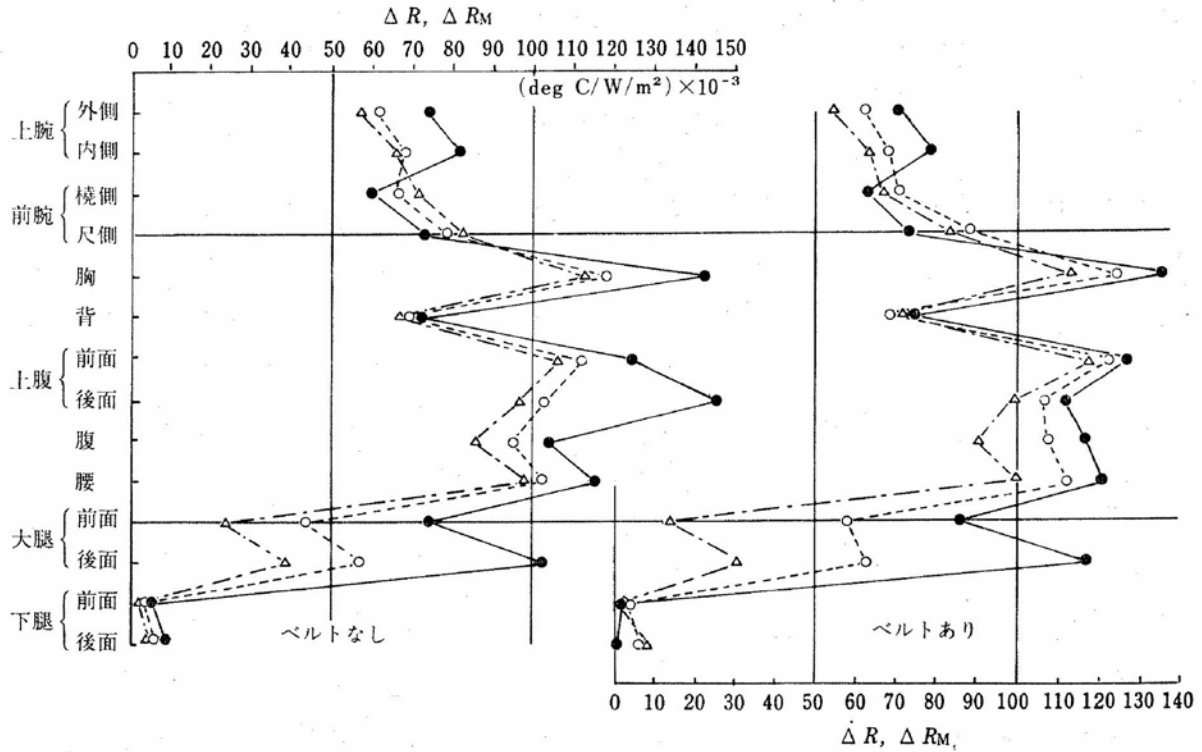


図3 (b) ワンピース(W)の着衣効果

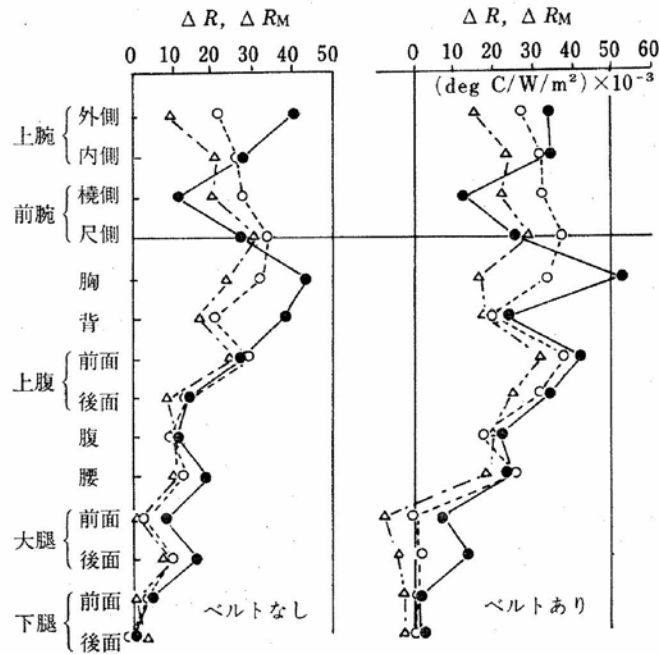


図3 (c) ワンピース(O)の着衣効果

上腹部の低下が少ない。そのかわり、大腿部の低下が大きくなる。

c. ワンピース (O) および (V)

オーガンジーの場合は、静止時と運動時の差は、上腕、胸部を除いてほとんど無いが、ビニールフィルムの場合は、ベルト無しの場合、フィゴ

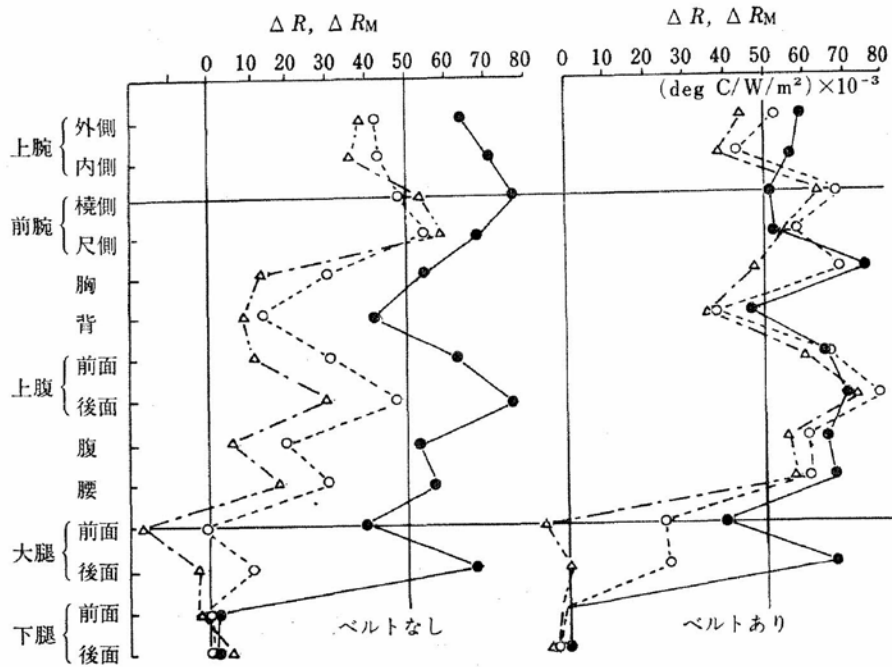


図3 (d) ワンピース (V) の着衣効果

作用がいちじるしく、熱抵抗は、被ふく部全体にわたり非常に小さな値になる。とくに大腿部の  $\Delta R_M$  は負の値をもち、冷却効果があらわれているのは注目すべきである。ベルトが有るときは、体幹部の熱抵抗は、上腕部、胸部および大腿部の減少が目立つ程度である。

### 3. 2 着衣全体からみた着衣効果の運動による影響

いま、局所別  $\Delta R_M$  のプロファイルの平均値を、局所数別熱量にもとづく重み付平均から求め、運動速度との関係を服種別に示すと、表1のようになる。

表中括弧内数字は、静止時の平均値  $\overline{\Delta R}$  に対する比である。

この表によると、スポーツウェアの着衣効果の運動による減少は、多くとも15%程度であるが、

表1 運動速度と  $\Delta R_M$  との関係

着衣の種類		運動速度 (sec)	$\times 10^{-3}(\text{degC/W/m}^2)$			
			1/2	1/1.5	1/1.2	1/1
スポーツウェア	上衣前全閉		74 (0.99)	75 (0.99)	73 (0.97)	72 (0.96)
	上衣前全開		61 (0.90)	61 (0.90)	59 (0.87)	58 (0.85)
ワンピース W	ベルトなし		66 (0.83)	66 (0.83)	63 (0.79)	61 (0.76)
	ベルトあり		72 (0.90)	70 (0.88)	66 (0.83)	61 (0.76)
ワンピース O	ベルトなし		15 (0.79)	15 (0.79)	14 (0.74)	12 (0.63)
	ベルトあり		19 (0.90)	19 (0.90)	15 (0.71)	13 (0.62)
ワンピース V	ベルトなし		23 (0.48)	21 (0.44)	17 (0.35)	14 (0.29)
	ベルトあり		42 (0.88)	39 (0.81)	37 (0.77)	34 (0.71)

ワンピースになると、25～40%減少することがわかる。ビニール製の場合は特別である。

#### 4. 結 び

揺動する着衣の局所別熱抵抗の変化を静止時の着衣のそれと比較する研究を、運動するサーマル・マネキンを用いて研究した。その結果は図3および表1に示すようである。

着衣すると、運動による抵抗の減少が、フィゴ作用により各部位にわたっておこり、その傾向は、運動速度を増大するほど顕著になるが、腕部の袖口からの換気は行われにくいので、かえって腕部の抵抗は増大する。ワンピースの下半身のよ

うに開口部の大きいところの換気は有効で、大腿部を冷却する傾向にある。また、閉鎖された胸部でも、熱の停滞は運動により放散されることがわかった。1動作1秒の運動速度で、熱抵抗は静止時より平均で、スポーツウエア15%、ワンピース25～40%減少している。

#### 文 献

- 1) 花田嘉代子, 三平和雄; 大阪市立大学生生活科学部紀要, 第25巻 (1977)
- 2) 花田嘉代子; 織消誌, 20, 273 (1979)
- 3) 花田嘉代子; 織消誌, 20, 305 (1979)
- 4) Day, R.L.; Rept. No. 50, Quartermaster Clim. Res. Lab., Lawrence Mass., Oct. (1943)