

# 歩行および走行時のスポーツウェアの 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

ジョギング、サークルのスポーツ活動の中で、最近ではスポーツウェアの機能性が注目され、とくに運動中の着衣の保温力の変化に深い関心もたれるようになった。運動中の着衣の熱抵抗は、揺動する着衣の形態的变化に影響されるばかりでなく、人間の生理的变化にも影響される。しかし、人体実験で被服の熱抵抗を計測すると、身体からの放熱量は平均的なただ一つの値でしか得られないので、スポーツウェア独得の形態によって生ずる局所別熱抵抗は計測されないで現在に至った。

筆者は、さきに運動中の被服の局所別熱抵抗を、サーマル・マネキンを用いて計測してきたが<sup>1)</sup>、新しくサーマル・マネキンを発汗するサーマル・マネキンに改良し<sup>2)</sup>、また、マネキンに歩行動作をさせ、さらに、歩行速度に見合った層流の対向風をあたえたときの着衣の局所別熱抵抗をつぎのように計測し、興味ある成果をうる事ができた。

## 2. 実 験

### 2.1 歩行するサーマル・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した、姿勢動作を変化するサーマル・マネキンを用いて、マネキンをマリオネット式に、図1に示す装置で歩行動作をさせた。

本研究では実験装置の都合により、歩幅40cm、

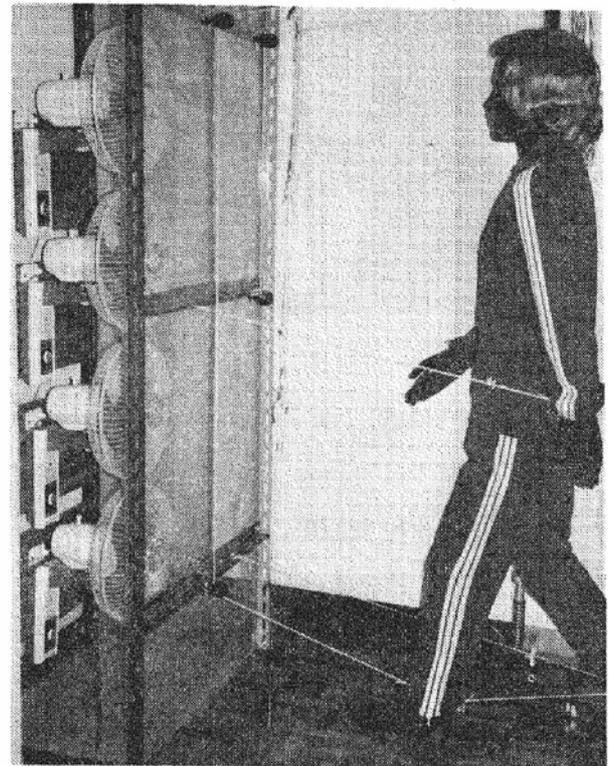


図1 歩行するサーマル・マネキン計測装置  
(スポーツウェアA着衣)

歩行速度 24m/min の散歩程度しか実現しえなかったが、将来改造する必要がある。手の振り方も前後幅40cmである。したがって、対向風は層流の微風で0.4m/secに調整した。

なお、マネキンが発汗する場合は、図2に示すように、水分率100%に湿潤した綿ニットカバーを、マネキンの部位別に装着して、湿り度 $W=1$ の人体にアナロジーしている<sup>2)</sup>。

### 2.2 実験方法

#### (1) 試料

(a) スポーツウェア A

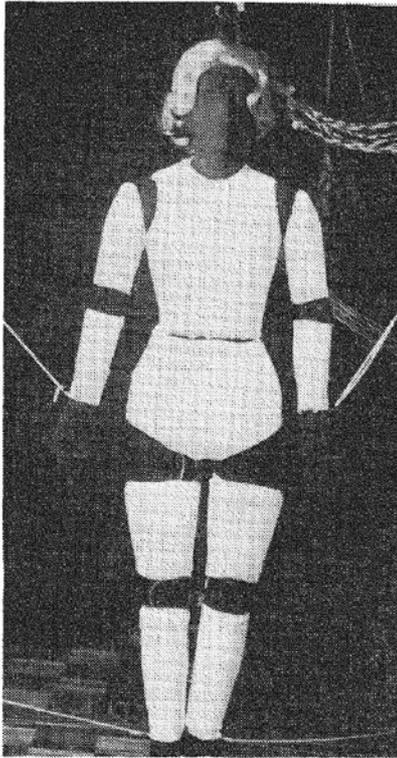


図2 発汗 (W=1) するサーマル・マネキン

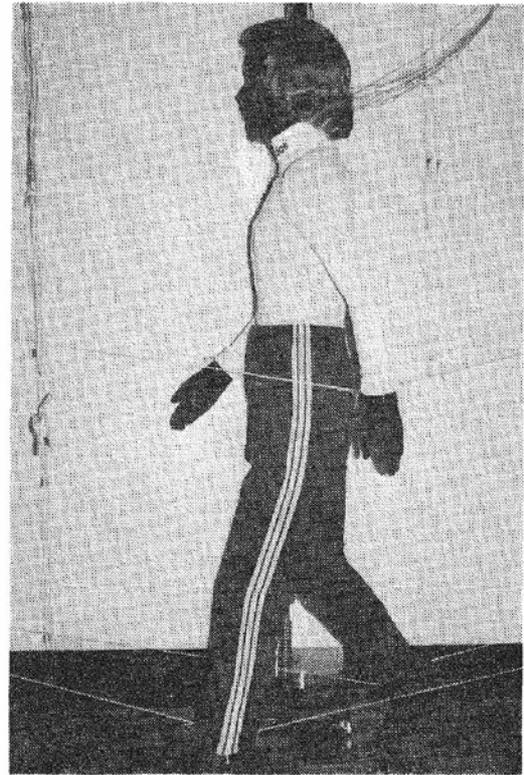


図3 歩行するサーマル・マネキン  
(スポーツウェアB着衣)

K.K. デサント製，表ナイロン，裏綿ジャージ  
2重編み，厚さ 1.02mm のもので，マネキンに  
適合したサイズ3号を用いた。(図1参照)

(b) スポーツウェア B

下衣は(a)に同じであるが，上衣はシャツスタイルで，K.K. デサント製，綿50%，ポリエステル  
50%混紡糸使用のニットで，厚さ 0.70mm，Mサ  
イズである。(図3参照)

(2) 計測項目とその評価法

表1に示すように，運動前，運動後および運動  
中の着衣状態を考慮して，8項目の熱抵抗を計測  
した。これから  $R_T$  に対して， $R_{TL}$ ， $R_{TMW}$ ，  
 $R_{TLMW}$  の変化を比較すれば，着用時の態様を考

察することができる。また，着衣それ自身の特性  
を知るためには， $\Delta R$  に対して， $\Delta R_L$ ， $\Delta R_{MW}$ ，  
 $\Delta R_{LMW}$  を比較するのが適当である。

以上の計測値は，着衣したボディーの部位別  
プロフィールによって示されるが，着衣全体を評価  
するためには平均値をもって表す。

3. 実験結果

3.1 着衣の局所別熱抵抗のプロフィール

(1) 着衣時の総括熱遮断係数

スポーツウェア A, B の  $R_T$ ， $R_{TL}$ ， $R_{TMW}$  お  
よび  $R_{TLMW}$  の局所別プロフィールを図4，図5

表1 ノード時および着衣時の熱抵抗の計測項目

条 件		ノードマネキンの 表面熱伝達抵抗	着衣時の 総括熱伝達係数	着衣による熱遮断効果
運動前	立位静止・無風・発汗なし	$R_N$	$R_T$	$\Delta R = R_T - R_N$
運動後	立位静止・無風・発汗あり	$R_{NL}$	$R_{TL}$	$\Delta R_L = R_{TL} - R_{NL}$
運動中	歩行・対向風・発汗なし	$R_{NMW}$	$R_{TMW}$	$\Delta R_{MW} = R_{TMW} - R_{NMW}$
	歩行・対向風・発汗あり	$R_{NLMW}$	$R_{TLMW}$	$\Delta R_{LMW} = R_{TLMW} - R_{NLMW}$

に示す。

図は、実線で乾時、破線で発汗時を表し、●印で静止時、○印で歩行時を区別している。

図4によれば、乾時の無風・静止時の着衣の  $R_T$  のプロフィールと、その他のプロフィールとは形状がよく似ていることがわかる。熱抵抗の大

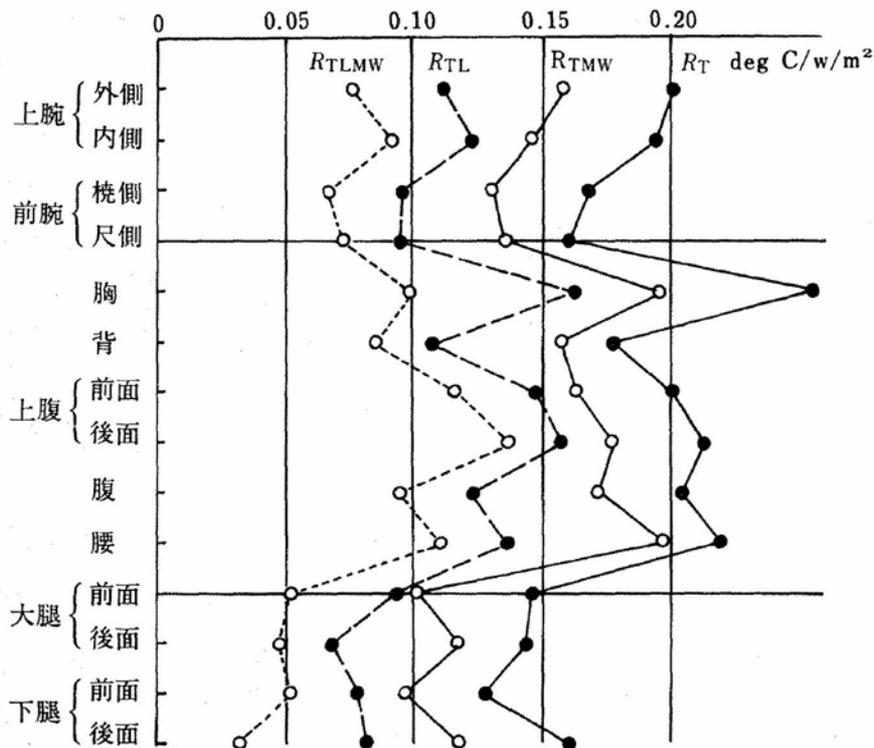


図4 スポーツウェア (A) 着衣時の総括熱遮断係数

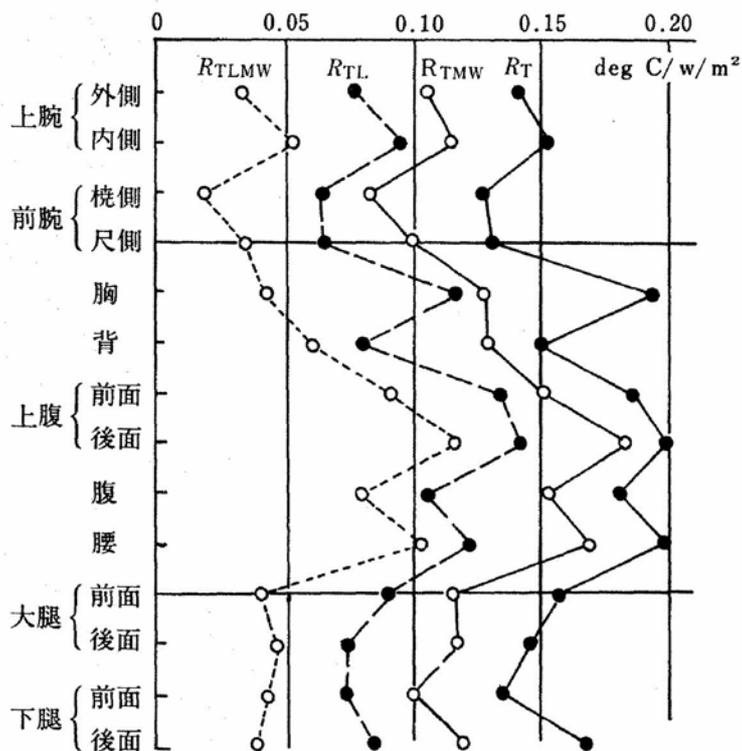


図5 スポーツウェア (B) 着衣時の総括熱遮断係数

きは、 $R_T > R_{TMW} > R_{TL} > R_{TLMW}$  の順である。この図の傾向は、図5でも同様であった。しかし、くわしく見ると、静止、歩行の区別、発汗の有無が局所的に熱抵抗に特徴ある変化をあたえ、それは服種によっても相違している。スポーツウェア A, B を比較すると、つぎのように指摘される。

(イ) 上腕外側で、Aは布地が厚く、着衣としてのゆとり量が大いので、発汗していない  $R_T$ ,  $R_{TMW}$  の熱抵抗は大きな値をもつ。しかし、Bはシャツスタイルのため大きくはない。ただし発汗すると、A, Bともに、上腕内側より外側の方の熱抵抗が小さくなる。

(ロ) 胸部で、Aは、対向風を受けても  $R_{TMW}$ ,  $R_{TLMW}$  の値を低下することは少ないが、Bはさらに背よりも小さな値になる。

(ハ) 腹腰部は、上衣と下衣が重なる部分であり、大腿部と熱抵抗の差がかなり大きくなるのがスポーツウェアの特徴である。これは、乾時でも

発汗時でも同じであるが、乾時と発汗時の熱抵抗の差は、布の厚いAの方がBより大きくなる。

### 3.2 着衣の熱遮断効果のプロフィール

着衣自身のもつ熱遮断効果のプロフィールを図6に示す。

図によれば、スポーツウェア A, Bともに、発汗の有無でプロフィールが2大別されることがわかる。A, Bともに、静止と歩行の差がほとんど表れないのは、歩行強度が小さいためと考えられる。しかし、Bの発汗時は、静止と歩行の差が局所的にみられ、とくに大きく動作した上肢や、対向風を受けた体幹前面では、歩行時の熱抵抗が静止時より小さい。なお、発汗時は、乾時よりプロフィールのばらつきが少ない。

### 3.3 着衣の平均熱抵抗の比較

スードマネキンの表面熱伝達抵抗の平均値の変化、着衣時の総括熱遮断係数および着衣の熱遮断効果の平均値の変化は、表2に示すようである。

表には、 $\overline{R_N}$ ,  $\overline{R_T}$  および  $\overline{\Delta R}$  をそれぞれ基準

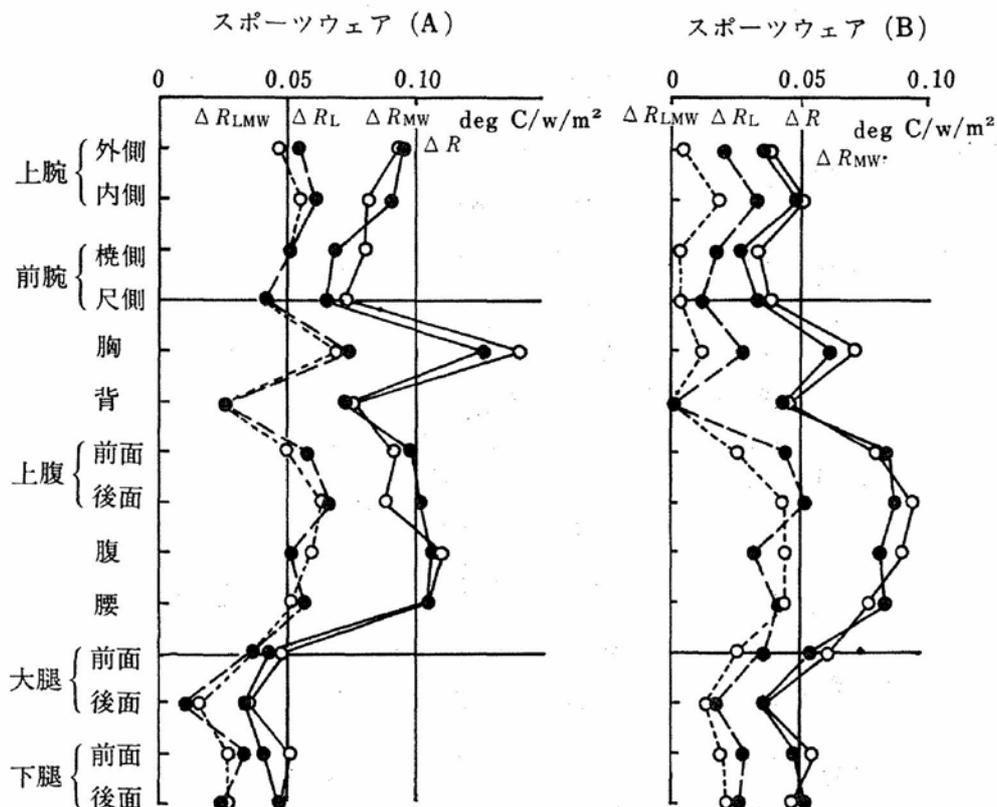


図6 着衣の熱遮断効果

(100) としたときの各種状態の熱抵抗の比も示してある。

表2 各計測項目の平均値

ヌードマネキンの表面熱伝達抵抗の平均値

計測項目	熱抵抗 (degC/W/m <sup>2</sup> )	$\overline{R_N}$ を基準(100)とした値 (%)
$\overline{R_N}$	0.105	100
$\overline{R_{NL}}$	0.066	63
$\overline{R_{NMW}}$	0.068	65
$\overline{R_{NLMW}}$	0.037	35

着衣の熱抵抗の平均値 (degC/W/m<sup>2</sup>)

( ) 内は,  $\overline{R_T}$ ,  $\overline{\Delta R}$  を基準とした値 (%)

計測項目	スポーツウェア A	スポーツウェア B
$\overline{R_T}$	0.181 (100)	0.162 (100)
$\overline{R_{TL}}$	0.111 ( 61)	0.094 ( 58)
$\overline{R_{TMW}}$	0.146 ( 81)	0.127 ( 78)
$\overline{R_{TLMW}}$	0.079 ( 44)	0.058 ( 36)
$\overline{\Delta R}$	0.076 (100)	0.057 (100)
$\overline{\Delta R_L}$	0.045 ( 59)	0.028 ( 48)
$\overline{\Delta R_{MW}}$	0.078 (103)	0.059 (104)
$\overline{\Delta R_{LMW}}$	0.042 ( 55)	0.021 ( 36)

表によれば, たとえヌードであっても, 歩行すれば熱抵抗を低下し, さらに発汗すればさらに低下することがわかる. とくに  $\overline{R_{NLMW}}$  は  $\overline{R_N}$  の  $\frac{1}{3}$  にもなる. これが着衣すれば, どのように変わるかをみると,  $\overline{R_N}$  に比べて大きい値をもつのは, 乾時の運動前および運動中のみであって, 発汗時の静止すなわち運動後は, 乾時のヌード同様になることがわかる. スポーツウェアAは乾時ヌードよりやや大きく, Bはやや小さい. また, 乾時は, 歩行中の方が静止時より低下し, 発汗すると著しい低下を示している.

スポーツウェアAの  $\overline{R_T}$  に対する変化は, 乾時の歩行中で20%減少し, 発汗していると, 丁度静止時の発汗による減少40%を加えた約60%の減少がみられる. スポーツウェアBについても, 減少度はさらに大きくなるが, 同様の傾向をもつこと

がわかる.

つぎに, 着衣自身のもつ保温力, すなわち熱遮断効果の変化をみると, 乾時の歩行中の着衣の保温力は, 静止時のそれよりもむしろ増大していることがわかる. すなわち人体は, 運動により熱産生を増加して暑く感じ, 放熱の促進が要求されるが, 着衣自体も保温力をやや増加するので, 放熱にプラスには働いていないといえる. また運動後, 発汗状態で静止しているときの着衣の保温力は, 乾時のほぼ $\frac{1}{2}$ となり, 放熱を促進している. このときは, 熱産生は増加していないので, 放熱を少なくするよう, 速やかに汗を拭きとる必要があり, 着衣自体は保温力を回復してはくれないといえる. なお, 発汗して歩行しているときは, 布地の厚いスポーツウェアAでは, 保温力が静止・発汗時とほぼ同じ $\frac{1}{2}$ の減少度を示し, Bでは, それより大きい減少度を示している. このときは, 運動中の産熱増加を速やかに放熱してくれるので, 着衣の保温力の低下は放熱にプラスに働いていると考えられる.

#### 4. 結 び

歩行中のスポーツウェアの局所別熱抵抗および平均値を, 発汗するサーマル・マネキンを用いて研究した. その結果は, 図4, 5, 6および表2に示すようである.

本研究の場合, 着衣の総括熱抵抗は, 静止時, 発汗(ぬれ度1)により40%減少し, 歩行動作により20%減少し, 発汗して歩行するときは, その合計の約60%の減少があることがわかった. スポーツウェアの場合, 静止で発汗しているときの総括熱抵抗は, ヌードの乾時で静止している時の表面熱抵抗にほぼ等しくなる. また, 着衣自体の熱遮断効果  $\overline{\Delta R}$  で言えば, 発汗時の着衣は, 静止, 運動ともに乾時・静止時の約 $\frac{1}{2}$ になり, 乾時の歩行時は, 乾時の静止時よりむしろやや大きくな

る。

なお、今回の研究は、サーマル・マネキン装置の都合で、強度の歩行実験をすることができず、したがって、対向風も微風であったが、やむを得なかった。走行時を想定すれば、さらにはっきりした変化が得られたことと思う。しかも、昨年度の研究で示したように、運動による着衣の形態変化のみでも、30%以上の保温力が低下することは少なく<sup>1)</sup>、また、風による影響は、 $\overline{R_{TMW}}$  と言えば、風速Vの平方根に従って保温力が低下し<sup>3)</sup>、 $\overline{\Delta R_{MW}}$  と言えば、むしろやや増加することが他

の文献でも知られており<sup>4)</sup>、さらに、発汗による影響は、服種のいかんにかかわらず、ほぼ $\frac{1}{2}$ の減少になることも知られている<sup>2)</sup>ので、強度の歩行あるいは走行時の熱抵抗の変化も、本研究からおおよそ推定することができると思われる。

#### 文 献

- 1) 花田嘉代子；デサントスポーツ科学振興財団，助成研究，昭和57年度報告
- 2) 花田嘉代子，三平和雄；織消誌，**22**，27 (1981)
- 3) G.F. Fonseca；*Text. Res. J.*，**45**，30 (1975)
- 4) 花田嘉代子，三平和雄；織消誌，**22**，31 (1981)