

高風速に曝されるスポーツウェアの通気性と それが皮膚温に及ぼす影響

一宮女子短期大学 都 竹 初 稻
(共同研究者) 愛知教育大学 長 井 茂 明

Air Permeability of Sportswear Exposed to High-Speed Air Flow and the Effects of it on Skin Temperature Change

by

Hatsune Tsuzuku

Ichinomiya Women's Junior College

Shigeaki Nagai

Aichi Educational College

ABSTRACT

In order to investigate the effects of sportswears at games exposed to the high-speed air flow on skin temperature, the temperature change by a speeding motorcycle was measured as an example. From the results, the better way to wear was considered in aspects on air permeability and wind-resistance of fabrics applying a model simulation.

(1) Field work

A rider in two kinds of sportswear rode on speedways at two kinds of speed. The skin temperature changing was more highly correlation with the atmospheric on riding comparing resting. The skin temperature of the covered body region with fabrics as well as the uncovered body dropped by riding, and the degree was larger at breast and the abdomen, and smaller at the back.

(2) Simulation

The air permeability of the fabrics exposed to the high-speed air flow was measured on the wool gaberdine, the cotton broadcloth, the cotton knitted fabric and several kinds of sporting knitwear. The effects of the air permeability of fabrics under the high-speed air flow

on skin temperature were examined by using the cylindrical thermo-integrator. Exposing the tightly fabric-covered integrator to the air flow, the surface temperature of it dropped down. The degree was larger at the front, and smaller equally at the other parts. On the loosely fabric-covered integrator, the same tendency was recognized too.

The relationship between the wind-resistance and the material of fabrics was examined under the high-speed air flow by means of the wind-resistance tester. The higher speed of air flow, the larger was the resistance. But it was shown that the resistance decreased temporarily in some region of the speed, and it again increased with the speed. The rougher surface and the more air permeability of fabrics, the region was in the lower speed.

要 約

高風速に曝されるスポーツ競技において、ウェアの人体に及ぼす影響を知るために、オートバイ走行時を例として人体皮膚温変化を計測した。またこの結果をふまえてウェアのあり方を布の通気性、風力抵抗の面からモデル的に検討した。

(1) 屋外実験

2種の着衣条件で高速道路を2種の速度で走行した。一般に皮膚温変化は安静時よりも走行時の方が気温変化との相関が高くなる。また露出部分は勿論、被覆部の皮膚温も低下し、とくに走行時の胸、腹の低下は最も大きく、背の低下は少ない。

(2) モデル実験

(a) ウールギャバジン、綿ブロード、綿ニットおよび各種のスポーツ用ニットウェアの高風速時の布の通気性を測定した。つぎに高速の風に対する布の通気性が皮膚温に及ぼす影響を、円筒形サーモ・インテグレータを用いて検討した。布を密着して巻いた円筒に風を当てると円筒の表面温の低下は前面が最も大きくなるが他の面はほぼ均一である。ゆとりのある布を巻くときも風により布

がはためくにもかかわらず密着の場合とほぼ同様の傾向を示した。また通気性のないフィルムは通気性のある布と低下の傾向が異なった。

(b) 高風速の風に対する風力抵抗と布材料との関係を風力抵抗測定装置を用いて検討した。このとき風速を増加すれば抵抗は増加するが、ある風速領域に至ると一時的に低下し再び増加する現象が認められる。この領域は布表面の粗さの大きいものほど、また通気性の大きいものほど風速の小さい側で生ずる。今回の実験条件ではスケート用ウェアでは15—20m/sec、スキー用ウェアでは16—22m/secにこの領域が生じた。

1. はじめに

最近のスポーツ競技にはスピードを争う種目への大衆参加が多くなり、そのため多くの競技者が高風速の風に曝されるようになってきた。その結果皮膚温が低下して生理的な悪影響が心配される面もあらわれてきた。もちろんスポーツウェアによる対策が選手の記録を損なうものであってはいけませんが、たとえ競技が短時間で終わるとしても不断の訓練を考えると上述の問題は見逃すわけにはいかないであろう。しかしながら、現実には風

の影響でどの程度皮膚温が低下するのか、またそれは身体の部位によってどの程度異なるのかという知見は数少ないようである。また高風速に曝されるウェアはその材質や形状をいかにするのがよいかという対策の知見はさらに少ないのが現実である。

そこで本研究はまずはじめに比較的簡単に高風速条件が得られるオートバイの走行を例にとり、ライダーの皮膚温分布の変化をポータブルの皮膚温記憶装置を用いて計測する。つぎにその結果をふまえて実験室の風洞内で高風速を作用させ、布を円筒に巻いて着衣効果を検討するシミュレーション実験を行い、着衣の通気性の面からの影響を表面温度分布および風力抵抗により求め、高風速条件下のスポーツウェアのあり方を模索した。

2. 屋外実験

(1) 実験方法

高風速の風に曝される人体の皮膚温分布を調査するため、オートバイによる定速運転実験をつぎのように行った。

(a) 皮膚温および気温の計測

サーミスタ温度センサーを8個および4個を有する20×10×3 (cm) の温度記憶装置2個を用いた。この装置はライダーの腰に取り付けられ、一つは安静時および走行時の前額、胸、腹、背、前腕、手、大腿、下腿部の皮膚温変化を、他の一つはライダーの近傍に固定して走行中の周囲気温変化を、それぞれ10秒間隔で経時測定し、記憶させるものである。実験終了後は現場でICメモリの中のデータをハンドヘルドコンピューター (PC 8201) へ転送し、さらにカセットテープに記録する。その後研究室に持ち帰りパソコン (PC 9801) に再転送してデータを処理するものである。

(b) 被験者および実験スケジュール

① 被験者は大学のオートバイ同好会に所属する20才の男子学生で、排気量400ccのヤマハXJ

400に試乗した。服装は下衣はブリーフ、綿ズボン、綿靴下、運動靴とし、上着は短袖Tシャツ (走行Ⅰ)、短袖Tシャツ+長袖ワイシャツ (走行Ⅱ)、および風防をあげた状態のヘルメットである。

② 実験は1988年8月に行った。実験をA、B2種類に分け、実験Aは中央高速道路 (岐阜県土岐市~恵那市) で時速80km/h、実験Bは猿投グリーンロード (愛知県猿投町) で時速60km/hの走行を行った。タイムスケジュールは実験A、B共にまず1時間椅坐安静し、つぎに20分間の走行 (走行Ⅰ)を行った後、10分間休憩し、その間にワイシャツを重ね着して、さらに20分間の走行 (走行Ⅱ)を行った。なお安静および休憩は日射をさけて仮設テント内で行った。

(2) 実験結果

実験結果の一例は図1に示すようである。図は60km/h走行時の前額、腹、前腕、手、大腿、下腿部の皮膚温と平均気温の経時変化を示したもの

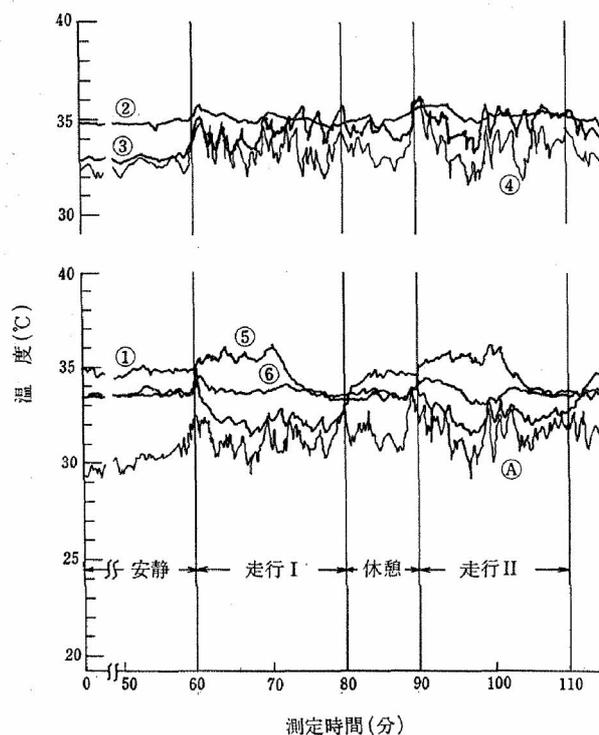


図1 オートバイ走行実験における皮膚温と周囲気温の経時変化
(注) ① 前額 ② 腹 ③ 前腕 ④ 手 ⑤ 大腿 ⑥ 下腿 A 平均気温

である。図によれば気温の変動はかなりはげしいが部位別にみると腹部はほとんど変動せず、前腕、手部の変動は大きい。また、前額、大腿、下腿部は、その中間で細かい変動をしているようである。そこで、つぎのように解析した。

(a) 各部位の皮膚温変化の気温に対する系列相関について

いま安静時、走行Ⅰ、走行Ⅱ時における測定でそれぞれ身体状態が馴れ化した最後の10分間の皮膚温変動に注目し、気温と皮膚温のタイムラグ0のときの系列相関係数を求めると表1に示すようである。表において実験AとBの安静時の相関係数はかなり異なるがこれは測定日時が異なり、従って気象の変動状態が異なったためであろう。それにもかかわらず共通の傾向をつぎのように抽出することができた。

1) 実験Aの80km/hの走行ではすべての部位は安静時よりも走行時の方が気温との相関が高くなる。

2) 実験Bの60km/hの走行では腹、前腕、手部の相関係数は安静時とほとんど差がないが、前額部では実験Aと同様、走行時の方が相関が高くなる。また大腿、下腿部は逆に走行時の方が相関が低い傾向を示した。この理由は、下肢の着衣量が多いことかつオートバイのエンジンからの放射熱により下肢があたためられて、皮膚温が気温に関係なくなったためと理解された。

3) 走行ⅠとⅡの上衣の着衣量の差は顕著ではなかった。

(b) 安静時と走行時における部位別皮膚温の比較

安静時および走行Ⅰ、Ⅱ時における各部位の後半10分間の皮膚温の平均値を求めて安静時の皮膚温が走行速度、上衣着衣量によっていかなる差を生ずるかを検討した。ただし、実験はそれぞれの実験条件で表1の右端に示したように気温レベルが異なったので、皮膚温(T_s)と気温(T_a)の差をとり、この値の大小関係で低下度を比較することにした。その結果は図2に示すようである。図は部位別に($T_s - T_a$)をプロットしているが、安静時の($T_s - T_a$)の値に比して走行時の($T_s - T_a$)が小さいものほど走行による皮膚温低下が大きいことを示している。図からつぎの傾向を見い

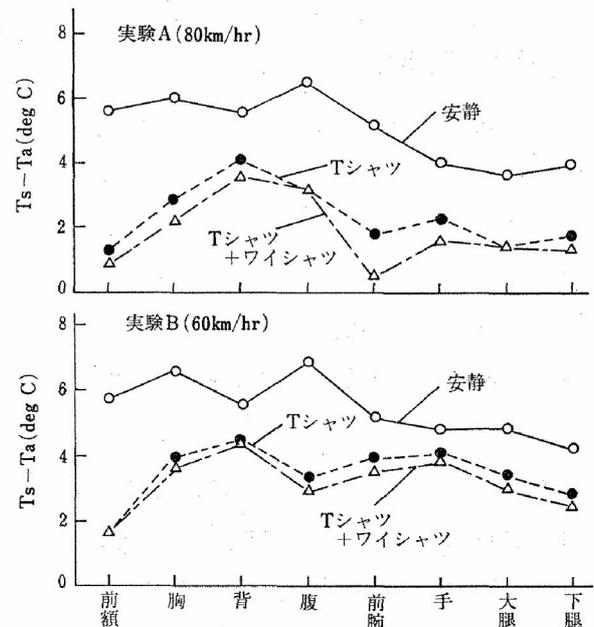


図2 安静および走行時における部位別の(皮膚温-気温)

表1 気温変化と各部位の皮膚温変化との系列相関係数

実験条件		前額	腹	前腕	手	大腿	下腿	気温範囲(°C)
A	安静	0.06	-0.15	0.01	0.20	0.18	0.34	30.0~32.1
	走行Ⅰ	0.62	0.59	0.63	0.61	0.52	0.57	32.7~34.5
	走行Ⅱ	0.86	0.47	0.82	0.47	0.52	0.46	31.3~34.6
B	安静	0.40	0.49	0.68	0.69	0.79	0.27	29.2~30.5
	走行Ⅰ	0.83	0.55	0.59	0.72	-0.07	-0.11	30.3~33.0
	走行Ⅱ	0.81	0.35	0.60	0.06	-0.03	0.21	30.7~33.1

だすことができる。

1) 一般に走行によってすべての部位の皮膚温は低下して、走行速度 80km/h の方が 60km/h の場合より低下度が大である。

2) いちじるしく皮膚温が低下する部位は皮膚露出部位では前額部で、着衣した部位では体前面の胸、腹部が大きい。それに対して後面の背部の低下は小である。

3) 着衣量の差は本実験では単にワイシャツの有無のみであったので皮膚温の低下にほとんど影響しなかった。しかし、走行速度 80km/h のときは前腕部の低下が大きくなり、ワイシャツの有無による差が明瞭になった。

以上の結果をみると身体前面の胸、腹部は高風速の風を抱え込む傾向があるのではないかと想像された。しかし、そのとき風は布を通して背面にまわると考えられるので衣服内空気の挙動と皮膚温分布との関係を詳しく知ることが必要であろう。そこでさらに以下に示すシミュレーションによる実験を行った。

3. 高風速の風に対する布の通気性が皮膚温に及ぼす影響

高風速の風を正面から受けると、身体の前側の着衣は皮膚に密着するが、後面は風をはらんで着衣が揺動する。そこで着衣に入った風はどのような動きをするのか、着衣の外側の風はどうか、それにより脇あるいは後面の皮膚温はどのような影響を受けるかなどの問題を高風速下の着衣のシミュレーションにより検討した。

(1) 実験方法

図 3 に示すような高風速実験装置を試作し¹⁾、本実験の試料としたウールギャバジン、綿ブロードおよび綿メリヤスをはじめ種々のスポーツウェア用のニット地の通気性を測定した。つぎに風速 15m/sec の風を風洞であたえて、その前面に直径 20cm、高さ 50cm の熱円筒を直立させて、ヌー

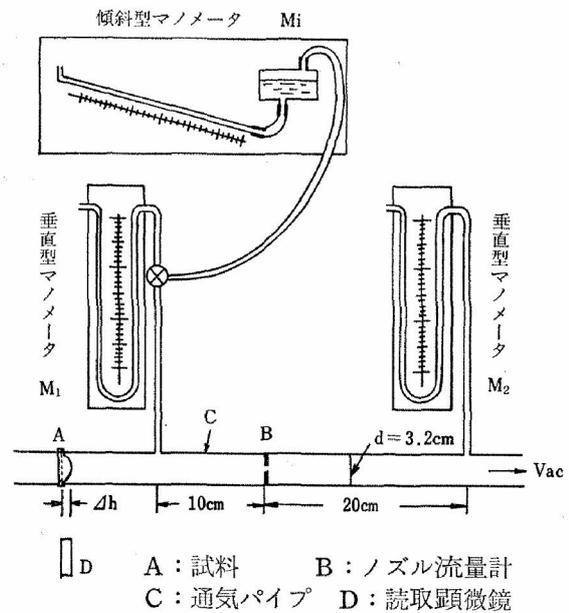


図 3 高風速用通気度測定装置

ドおよびその上に所定の布を巻きつけたときの、風によって生じた円筒表面温の変化を測定した。布の種類は通気性の異なるギャバジン、綿ブロード、綿メリヤスを選び、通気性のないフィルムも参考に供した。これらの布は円筒に密着あるいは間隙 1.0cm のゆとりをもって巻きつけられた。表面温の計測点は円筒の $\frac{1}{2}$ の高さの位置で図 4 (a) に示すような①~⑤の箇所である。また風が当た

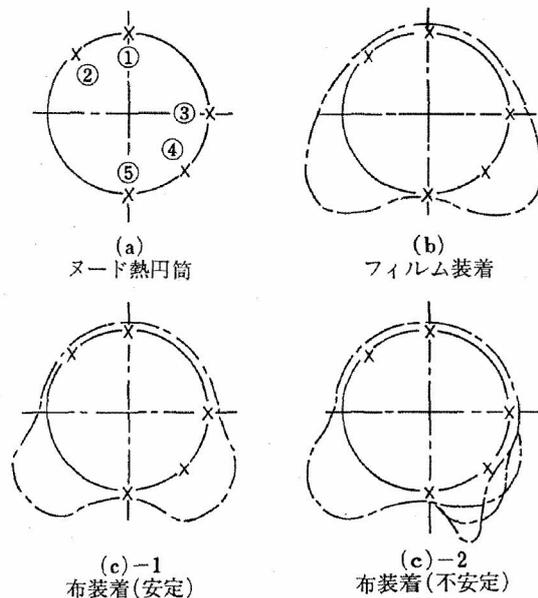


図 4 有風時のゆとりある着衣の揺動する断面形状と表面温計測部位
(①前面 ②斜前 ③脇 ④斜後 ⑤後面)

ったときの布の揺動を知るために図4(b)および(c) - 1, (c) - 2に示すように、巻きつけた布の断面形状を観察した。

(2) 実験結果

(a) 布材料の通気性

布材料の通気性の測定結果は表2に示すようである。一般にJIS試験法は布の表裏にあたる気圧差が $\Delta P = 1.27$ (cmH₂O)で、それは風速に換算すると14.8m/secに相当する。ここではさらに高風速条件の $\Delta P = 10$ cm (風速40m/sec)における計測値も示してある。また都竹が提案している²⁾布の通気機構をあらわすパラメータすなわちベルヌーイ係数 K_1 、ポアズイユ係数 K_2 も表に示した。このとき2つの係数 K_1 、 K_2 および通気量 V の関係は

$$V = K_1 \sqrt{\Delta P} + K_2 \Delta P$$

であらわされる。風速が40m/secになると K_1 、 K_2 は質的变化し表に示すごとく布はほとんどベルヌーイ係数で代表されるような変化を示す。また通気量は当然著しく大きくなる。この表を見ると、スキー用布の通気量はかなり小さい。またスケート用布地、レオタード用布地は通気性がTシャツ用綿メリヤスとはほぼ変わりなく、とくに通気性についての考慮はされていないようである。

(b) 表面温の変化

いま無風時の熱円筒(表面温30~32°C)の表面温(T_1)から有風時の低下したそれ(T_2)を引いた値を求めて風による表面温の低下率 $\{(T_1 - T_2)/T_1\}$ を測定すると、その結果は図5に示すようであった。これからつぎの事実がわかる。

1) ヌード円筒では表面温の低下率は前後面の差が少なくほぼ均一である。

2) 布を密着して巻いたときはいずれも前面の低下率が最も大で、他の箇所はほとんど差がなく低下が一様である。しかし通気性のないフィルムではヌードと同様前後面の低下がほぼ一様であっ

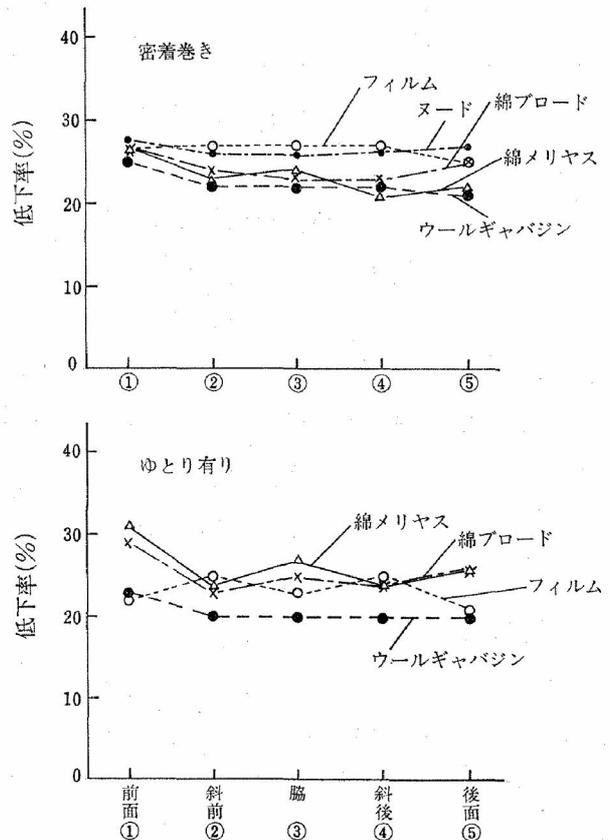


図5 有風時の熱円筒表面温の低下率

た。

3) 布にゆとりをもたせて巻いたときは布の形状が密着巻きに比べて著しく異なるにもかかわらず箇所別の低下率は密着巻きの場合とほぼ同じ傾向であった。ただ通気性のないフィルムの場合のみは、前面の低下率より、斜前、斜後面の低下率が大きくなる傾向を示した。

これら布材料および着装形態の相違による低下傾向の差は布の揺動の特徴と深い関係があると思われる。

(c) 布の揺動と表面温低下との関係の考察

1) ヌード円筒に対し前面から風が当たると、風は円筒表面に沿って流れるが、左右の脇③では風の剝離が生じ、斜め後方④で渦を生じ、さらに後面ではその渦によるまきこみがあるので前面①の陽圧に対して脇③、斜後④はいずれも陰圧になり後面⑤も弱い陰圧になることが流体力学的に説明されている^{3,4)}。これらの風の流れの影響は厳

密には円筒表面温に影響すると思われるが現実にはほとんど①～⑤の差はなかった。

2) 布が密着して巻いたときにも1)の現象がほぼ同じ傾向であらわれた。すなわち、通気性のないフィルムではヌードと全く同じ傾向になる。しかし通気性のある布では、前面の温度低下が他より大きくなり風が布を通して内部にも入るようである。とくに通気性の大きなニットの場合はFonseca^{5,6)}も指摘したような脇③での低下率が他よりも大きくなる現象がここでもあらわれたが、陰圧に影響されたと考えられた。ただし、Fonsecaのデータをみると、陰圧の影響は脇③と斜後④のいずれで生ずるかは布材料によって一定ではないようであった。

3) ゆとりのある布をまきつけたときは円筒後面で風による布の揺動は大きい。まず通気性のないフィルムの場合、フィルム表面を流れる風で生ずる陰圧部③、④でフィルム後面がふくらまされ、そのとき形状は図4(b)のごとくきれいなハート形になって後面⑤ではためくようになった。風によるフィルムの円筒からの剝離は、既に斜前②で生じているのでフィルムは②～⑤の間でフイゴ作用により上下開口部からの換気が行われる。その結果が②と④にあらわれて低下率が前面より大となったと思われる。また通気性のある布では図4(c)に示すように風は前面の布を貫通して布内に入って、後面はふくらませていた。そのとき布の形状はウールギャバジンでは比較的安定して(c)-1のようなハート形になりしかも換気は布を通して一様に行われるので前面を除く他の面の温度低下率は均一になる。しかし綿ブロードや綿メリヤスの場合は布がうすく又軟らかいので布の形状が不安定となり(c)-2状を呈して、布が左または右の一方ではためく状態となった。なお(c)-2のときは脇③では布と円筒との接触が不安定となりとくに通気性が大きなニットでは脇③で内に入った空気が陰圧のため外へ放出され、表面温低下が大

きくになると思われた。

4. 高風速の風に対する風力抵抗と布材料との関係

高風速で皮膚温の低下が大きかった事実、またそれはオートバイの走行速度が60km/hの場合と80km/hとでも差を生ずるということは、対向風が身体のとくに腹や胸に当たる強さによるものと考えることができる。そこで風速を種々変化したときの身体が受ける風力抵抗をモデル的に計測した。風力抵抗の実験はスピード競技においてはタイムに影響を及ぼす点でも重要であるから、同じ風速でも布材料の選び方で、抵抗が軽減されるような対策の手がかりをうることができれば、有用な実験になると考えた。

(1) 実験方法

実験は風洞内で風速を種々変化して行われる。風洞の前方に直径10cm、長さ20cmのシリンダーを設置し、シリンダーに布を巻き付け、それが風を受けて後方に押される圧力をシリンダーの中心軸に取り付けたストレインゲージで計測するものである。風速は10～40m/secの範囲で行った。この範囲内では伸びやすいニットでも風力によって伸ばされて揺動することはなく、伸びは微量であり、もしも布を3%伸ばして巻きつけると、伸びは全く生じないのが事実である。なおシリンダーの表面は表面粗さが人間の皮膚に似たような凹凸のある紙を巻いて、これを基準としている。風力抵抗の単位は見かけの力gで表している。

(2) 実験結果

(a) 布材料

布材料は表面の凹凸および通気性の有無を考慮して表2に示すように選んだ。表には触針法による表面粗さが掲げている。

(b) 表面粗さ、通気性の異なった布の比較

実験結果は図6に示すようである。図から次の

表2 種々の布材料の通気機構をあらわす係数，通気量および表面粗さ

試料名	JIS の条件下			高風速の条件下			表面粗さ μ
	通気係数		通気量 V ml/cm ² /sec (ΔP=1.27cm)	通気係数		通気量 V ml/cm ² /sec (ΔP=10cm)	
	K ₁ cc/sec/cm ² /(cmH ₂ O) ^{1/2}	K ₂ cc/sec/cm ² /(cmH ₂ O)		K ₁ (H) cc/sec/cm ² /(cmH ₂ O) ^{1/2}	K ₂ (H) cc/sec/cm ² /(cmH ₂ O)		
1 ウールギャバジン	4.9	17.1	27.3	61.0	2.0	212.9	300
2 綿ブロード	8.9	13.3	27.1	52.0	2.0	184.4	200
3 綿メリヤス (Tシャツ用布地)	54.9	26.3	95.3	129.4	2.6	435.2	120
4 ナイロンメリヤス (スケート用布地)	73.5	32.6	124.2	123.0	1.5	404.0	100
5 ナイロンメリヤス +フォーム (スキー用布地)	3.3	6.6	12.1	25.0	0.5	84.0	50
6 ナイロンメリヤス (レオタード用布地)	68.3	30.5	115.7	113.7	9.6	453.3	30

事実がわかった。

1) 水平においた皮膚に似た基準紙を巻いたシリンダーを水平において風速を徐々に増して行くと風力抵抗は増大するが，風速が 22~25m/sec の領域に達すると抵抗が急激に低下し，さらに風速を増大すると再び上昇する傾向が見られる．この現象は風速とシリンダー表面の粗さとの関係から生ずるもので，この領域で風は層流から乱流にかかわるといわれている^{7,8)}．なお上記のシリンダーが鏡面仕上げされているとしたときその領域はほぼ 37m/sec で生ずるといふ計算になる．

2) 不通気性のきめの細かいケント紙をシリンダーに巻きつけると，このとき急減する風速領域は 31~34m/sec となり，風速の大なる領域の方向にシフトされた．また風速 20m/sec までの風力抵抗は基準紙の場合より大きく，さらに 30m/sec 以上では逆にケント紙の方が小さい結果が示された．

3) 通気性のあるレオタード布地を巻きつけたときはケント紙とは逆に急減する領域は基準紙よりやや低い風速領域で現れた．このときの急減する割合は大きく，全体の抵抗増加の傾向は，急減するまではケント紙に，急減後は基準紙の示す傾

向に類似した．急減後の抵抗値は 20~30m/sec の間で最も小さな抵抗値を示した．

以上の結果から，一般に通気性のない布の方が急減領域が高風速側に生じ，また表面粗さの大なる布の方が急減領域が低風速側にくることが示唆された．

(c) スピード競技用の布地の比較

現在スピード競技に用いられているウェアの布地として，スケート用生地およびスキー用生地を 図 6-2 で比較した．図には皮膚に似せた基準紙も再掲してある．

1) スケート用布は 15~20m/sec の風速領域で急減現象が現れている．この実験はシミュレーション実験であるからこの領域がただちに実用に供せられる訳ではないが，現在のスピードスケートの速度が丁度この領域内にあり，しかもこの領域での抵抗値はきわめて小さく，スケート用布として現在の布地は適切に選ばれているといつてよいであろう．しかし，もしスピードがもっと速くなるとこの布地の抵抗値は急に増大することになる．なお，もしもこのスケートウェアに糊付けなどして通気性を少なくすると急減領域は図に示すように高速側にシフトされ，風力抵抗値も大にな

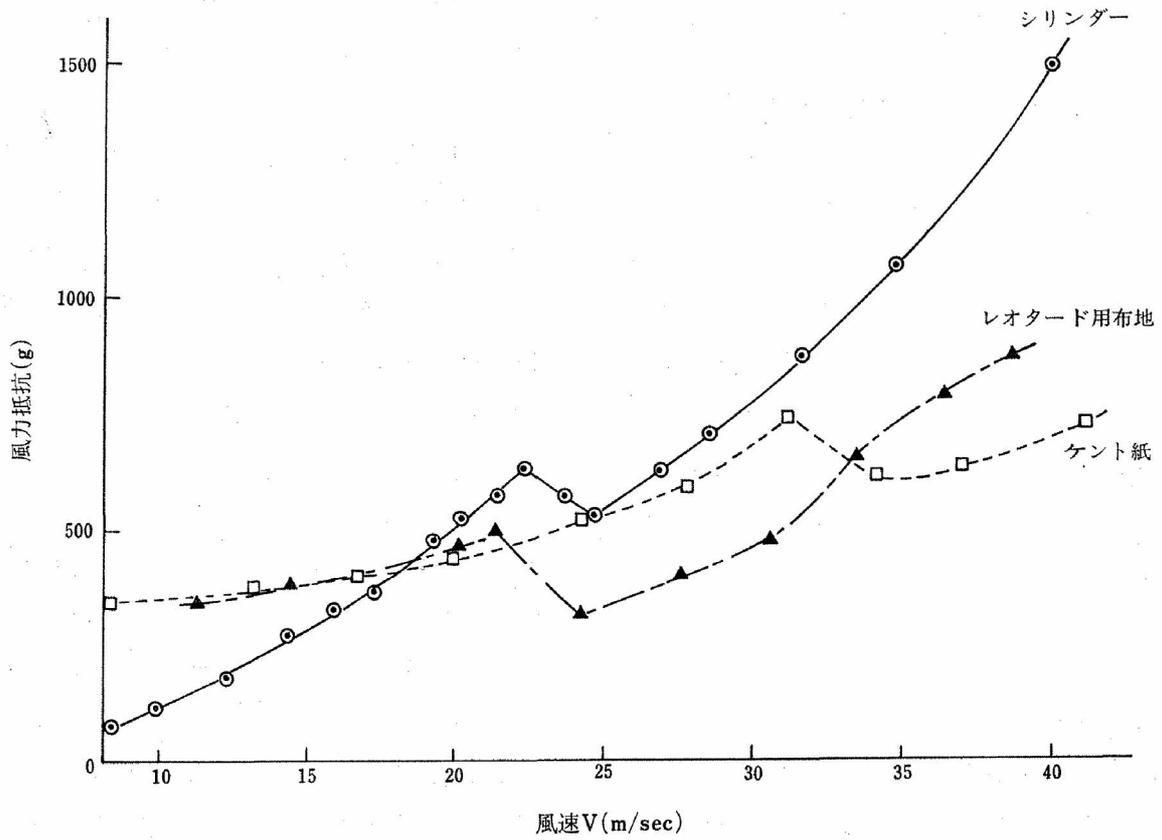


図 6-1 シリンダーに巻かれた布の風に対する風力抵抗

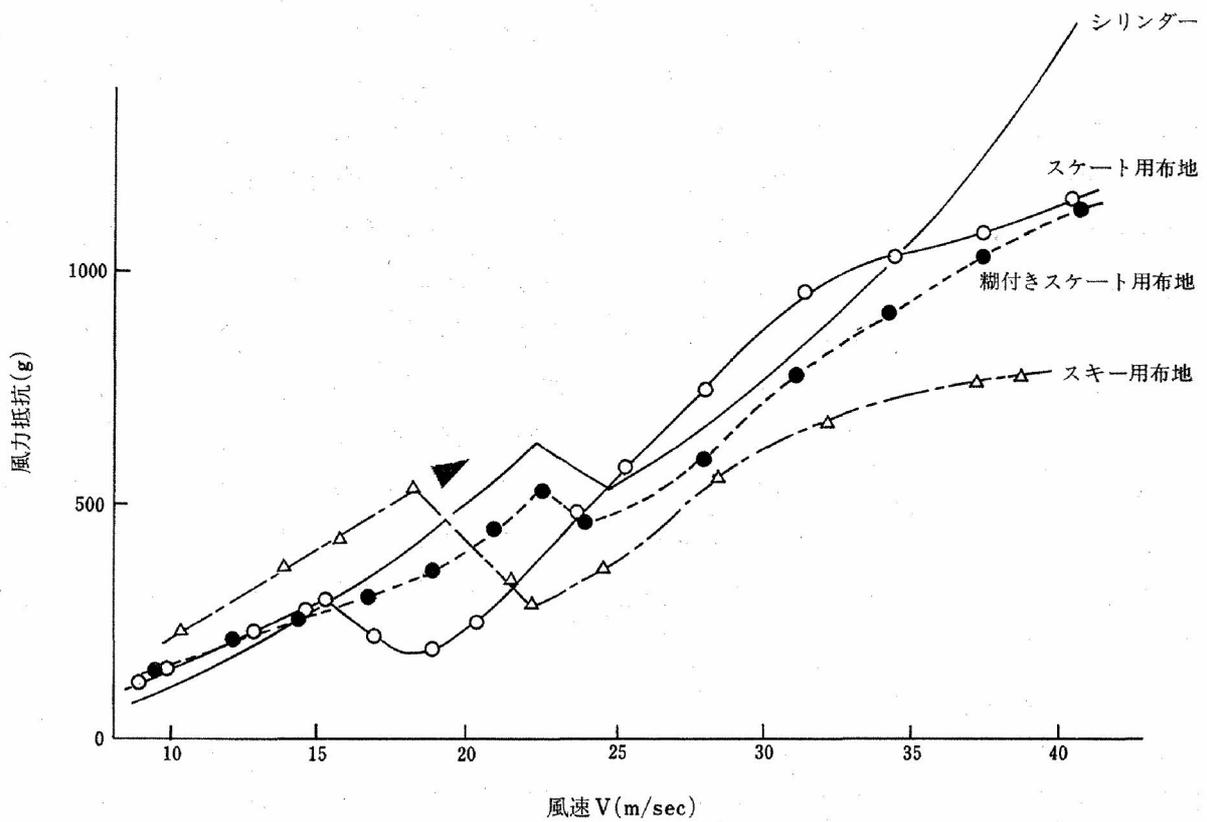


図 6-2 シリンダーに巻かれたスポーツウェアの風に対する風力抵抗

るので、スケートウェアは通気性のある方がよいということが言えるようである。

2) スキー用布については急減領域はスケートの場合より高速側にシフトされた。その領域は16~22m/secであった。実際の競技用スキーウェアとしてはこの領域がもう少し高速側にあった方がよいのかもしれない。しかし抵抗値のこの領域での低下は著しくその点では望ましい布地であるといえよう。なお、スキーウェアは風速が急減領域より低風速のときは、比較的大きな抵抗値になるということはやや気になるところで改善の余地があるかもしれない。

5. 結 論

(1) 屋外実験

高速道路を時速 80km/h および 60km/h でオートバイ走行してTシャツとTシャツ+ワイシャツの着衣における皮膚温分布の経時変動を比較した。

a) 走行中のライダー周囲気温の経時変動と各部位の皮膚温のそれとの相関をみると、80km/h 走行時で安静時よりも走行時のほうがすべての部位で相関が高くなった。しかし 60km/h 走行での気温との相関は、走行時のほうが前額部では高く、下腿部では逆に小となった。この理由は走行速度が低いと、オートバイのエンジンの放射熱の影響を受けやすくなるからと理解された。なおTシャツとTシャツ+ワイシャツの着衣差はほとんどあらわれなかった。

b) 皮膚温 T_s と気温 T_a との差を目安として、安静時および走行時の部位別皮膚温を比較すると走行によってすべての部位で $(T_s - T_a)$ が小さくなった。すなわち走行による皮膚温の低下は著しい。また 80km/h の方が低下度が大である。このときとくに著しく低下する部位は皮膚の露出部位では前額、着衣した部位では体前面の胸、腹で、背の低下は少なかった。以上から、身

体前面の胸、腹が受ける高風速の影響をくわしく解明する必要がある。

(2) シミュレーション実験

① 高風速の風に対する布の通気性が皮膚温に及ぼす影響

高風速の風に対する布の通気性を通気機構を表すベルヌーイ係数、ポアズイユ係数および風速 40m/sec 時の通気量をもって比較した。スケート用布地、レオタード用布地の高風速下の通気量は綿ニットTシャツ並みであるが、スキー用布地はウールギャバジンより通気量が小さい。また熱円筒に布を巻いて、風を当てたときの表面温との関係を調べた。布を熱円筒に密着して巻いたときの有風時の表面温の低下率は前面が最も大で脇、後面等の他の部位はほとんど同じ値であった。なお、通気性のないフィルムを巻いた時はほぼ全面が同じ低下率を示したので通気性のある布では風は布の内部にも入るようであった。つぎにゆとりのある布を巻いたときは布は風をはらんで揺動する。まず通気性のないフィルムを巻き付けると、脇、斜後の低下がかえって前面より大きく現れる。一方、ニットのように通気量の大なる布は同じ傾向でも同時に脇の低下が大であった。なお、これらの現象は高風速に曝されたときの円筒の断面方向に現れる布の形状を分析することから理由付けられた。

② 高風速の風に対する風力抵抗と布材料との関係

布の表面粗さや通気性の異なった布をシリンダーに巻いて、風を当てたときのシリンダーの中心軸にかかる風力抵抗を種々の風速下で測定した。一般に風速を増大すると風力抵抗は増大する傾向があるが、必ずその途中で風力抵抗が急減する領域が存在し、そのため、風速が大であっても抵抗値が小さいという現象を生ずる。この現象は布の材料によって異なり、表面粗さが大なるもの程また通気性の大なるもの程低風速側に現れる。スケ

ートウェア, スキーウェアについて調べるとスケートウェアでは急減領域が 15~20m/sec で生じ, このとき風力抵抗が非常に小さいという結果が得られ, 現在のウェアは最適条件にあるといえた. スキーウェアについてはこの領域は 16~22m/sec で生じたが, スキーウェアはもう少し高風速のところで生じたがよくまた低風速領域での風力抵抗もかなり大きいということも指摘され, いまだ改善の余地があると思われた.

文 献

- 1) 都竹初稲; 繊維製品消費科学会誌, **27**, 303 (1986)
- 2) 都竹初稲ほか; 繊維製品消費科学会誌, **20**, 531 (1971)
- 3) たとえば古屋善正ほか; 流体工学, 鎌倉書房, P178
- 4) M.V. Morkovin, Proc. Sympo.; in Fully Separated Flows, 102, ASME (1964)
- 5) G.F. Fonseca, J.R. Breckenridge; *Text. Res. J.*, **35**, 95 (1965)
- 6) G.F. Fonseca, A.H. Woodcock; *Text. Res. J.*, **35**, 909 (1965)
- 7) E. Achenbach, E. Heinecke.; *J. Fluid Mech.*, **109**, 230 (1981)
- 8) E. Achenbach, E. Heinecke.; *J. Fluid Mech.*, **65**, 113 (1974)