

スポーツの効率化に資する高次構造衣料の開発  
—— 体温調節からの検討 ——

兵庫教育大学 高岡 昭  
(共同研究者) 同 荒木 勉  
同 木村 三雄

**A Basic Research toward the Development  
of High Performance Garments for Sports  
: as Considered from  
Standpoint of Thermoregulation**

by

Akira Takaoka, Tsutomu Araki and Mitsuo Kimura  
*Dept. of Practical Life Study,  
Hyogo Univ. of Teacher Education*

**ABSTRACT**

The present study was designed toward the development of high performance garments for sports. Seven healthy adult males pedalled a bicycle ergometer for 60 or 90 minutes, and a regional difference in sweating rate was examined in relation to work load, season and clothing. The regional difference was generally reduced in proportion to work load, and it was smaller in summer and in wearing on than that in winter and in seminude, respectively. The small difference was caused by an unexhausted sweating on the extremities, as compared with on the trunk. Skin temperatures were higher on the extremities than those on the trunk, when the regional difference in sweating rate was reduced. From these results, it was concluded that the regional difference in sweating rate might contribute to extend the adaptation for sports and exercise.

緒 言

健康の保持・増進には、運動・スポーツの生活化が不可欠な1要因であると考えられる。運動・スポーツの生活化を促進させるためには、現在以上に快適性、健康性、運動機能性、安全性などを追求した高次構造衣料の開発が一つに重要な課題と考えられる。従来、著者らはそれらに向けて基礎的研究を行ってきた<sup>1-5)</sup>。

本研究では、その一環として、運動に対して適応する際に重要な役割を果たすと考えられる発汗現象をとりあげた。すなわち、運動時における体温調節の効率を高めるうえで有効と考えられる発汗パターンに基づいたスポーツ着の開発に資することを究極の目的として、運動時の発汗量の部位差について運動強度、衣服条件、季節変化との関連性のうえから検討した。

方 法

本実験では、20~40歳の健康男子7名(表1)を対象に、運動時における発汗量の部位差に及ぼす運動強度、季節変化、衣服条件の影響について検討した。

A. 発汗量の部位差に及ぼす運動強度の影響

運動の強度:

運動時における発汗量の部位差についてみるためには、種々の運動様式や運動持続時間との関連性から検討しなければならないが、本研究では、自転車労作計による60分間の運動をとりあげた。すなわち、冬季(2月)に人工気象室(30°C ± 0.5°C Ta, 60 ± 5% Rh)内で、水泳パンツ着用の上記各被験者に30~90%  $\dot{V}O_{2\max}$  の7段階の各強度でおのおの60分間にわたって一定速度(50 rpm)で踏むことを要求した。

測 定:

軀幹、上肢および下肢別に、発汗量が比較的多いと考えられている部位ならびに少ないと考えら

表1 被験者の身体的特性

被 験 者	年 齢	身 長 (cm)	体 重 (kg)
M.T,	40	172	86
T.A,	38	170	66
M.W,	36	182	72
J.T,	36	176	84
M.K,	34	176	67
K.A,	20	171	54
U.H,	20	166	61
T.H,	20	171	58

れている部位の代表として選んだ14部位(前額中央部、大胸筋中央部、上胃部、側腹部、肩甲骨直下部、腰部、上腕内および外側面、前腕前および後面、大腿前および後面、下腿前および後面)を対象に、カプセルろ紙法により運動中の発汗量を測定した。また、運動による体重減少量を基に全身皮膚面からの総汗量を求めた。併せて、発汗量の部位差のもつ体温調節上の意義について検討を加えるため、採汗用カプセルの隣接部位の皮膚温と直腸温を測定し、心拍数及び  $\dot{V}O_2$  も連続的に測定した。

B. 発汗量の部位差に及ぼす季節変化の影響

運動時における発汗量の部位差に及ぼす季節変化の影響について検討した。すなわち、夏季(8月)ならびに冬季(2月)に人工気象室(30°C ± 0.5°C Ta, 60 ± 5% Rh)内で、水泳パンツ着用の各被験者に、1.0および2.5kpの各負荷抵抗(50rpm)で、自転車労作計による運動をおのおの60分間行わせた。その間、上記14部位の内から10部位(前額中央部、側腹部、大胸筋中央部、肩甲骨直下部、上腕外側部、前腕前面、大腿前面、下腿前面、下腿後面、腰部)の発汗量をはじめ、総汗量、皮膚温、直腸温、心拍数、 $\dot{V}O_2$  前記を方法により測定した。

C. 発汗量の部位差に及ぼす衣服条件の影響

運動時における発汗量の部位差に及ぼす影響に

ついて見るため、本研究では水泳パンツ着用時をコントロールとして透湿性による2種の衣服条件を設定した。すなわち、(a)ポリエステル100%からなる長袖長パンツのスポーツウェア上下、(b)上記ウェアに綿50%およびポリエステル50%の裏あてのついたスポーツウェア上下の場合を設定した。

これら3種の各衣服条件で、各被験者は夏季(8月)に人工気象室(25°C±0.5°C T<sub>a</sub>, 50±5% Rh)で1.0および2.5kpの各負荷抵抗(50 rpm)で、自転車労作計による運動をおのおの90分間行った。その間、上記14部位の内7部位(前額中央部、大胸筋中央部、側腹部、肩甲骨直下部、上腕外側部、大腿前面、下腿前面)からの発汗量をはじめ、総汗量、皮膚温、直腸温、心拍数、 $\dot{V}O_2$ を上記方法で測定した。また、このシリーズのすべての実験では、採汗用カプセルの隣接部位(皮膚温測定部位)で衣服と皮膚との間の

温度ならびに湿度(衣服内気候)についての測定を加えた。

## 結 果

### A. 発汗量の部位差に及ぼす運動強度の影響

部位によって程度は異なるが、発汗量は運動強度の増大につれていずれの部位でも一般に増加した。また、部位発汗量と、全身から総発汗量、運動強度、直腸温上昇度との関連性を部位別に見れば、それらの間にはおのおの有意に高い相関関係を指摘し得た。発汗量の部位差の程度を表わすには種々考えられるが、ここでは便宜上、14部位間の変動係数を用いた。一般に発汗量の多い者は部位差の程度が大きく、逆に少ない者は程度が小さい傾向であった。発汗量の部位差の程度は、運動強度の増大につれて一般に小さくなる傾向であった(図1)。

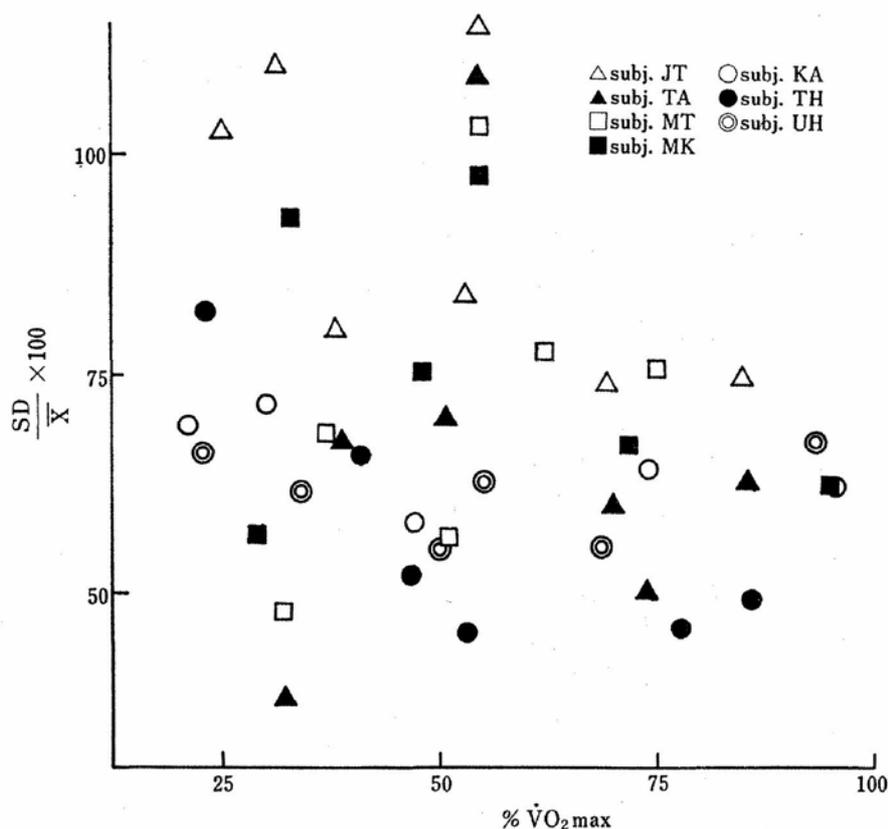


図1 14部位間の発汗量に見られる部位差の程度と運動強度との関係

ただし、発汗量の比較的少ない例では、ある一定の強度レベル以上の場合にこれらの傾向を認めることができた。しかし、一例 (M.T.) ではこれらの傾向を認め得なかったが、これは、発汗量がきわめて少ないことと関係しているかもしれない。その他、これらの部位差の程度は、直腸温の高さや運動による直腸温の上昇度との間にも有意な相関関係を示した。

運動強度の増大にともない発汗量の部位差の程度が小さくなる要因についてその一端を見れば、四肢部と軀幹部では、運動強度の増大にともなう発汗量の増加率が異なる傾向であった (図2)。

すなわち、一例をとりあげれば、運動強度の増大につれて各部位で発汗量は増加するが、その増加の程度は、一般に発汗量の多い軀幹部に比べて一般に少ない四肢部において顕著である傾向であ

った。これらの違いが、発汗量の部位差の程度が運動強度にともなって小さくなることに主としてつながったと推定される。

発汗量の部位差の程度と皮膚温との関連性についてみれば、部位差の程度が小さい場合には大きい場合に比べ、皮膚温はいずれの部位でも一般に高くなるが、その程度は、軀幹部に比べ四肢部において著しい傾向であった。とくに、発汗量の多い被験者でこの傾向は顕著であった。

### B. 発汗量の部位差に及ぼす季節変化の影響

各部位において、夏季の発汗量は冬季のそれより多い傾向であった。運動負荷量別に、発汗量の部位差の程度について夏季と冬季とを比較すれば、夏季において部位差の程度は一般に小さい傾向であり、この傾向は負荷運動量の大きい場合に顕著であった。また、夏季に小さくなる傾向は、

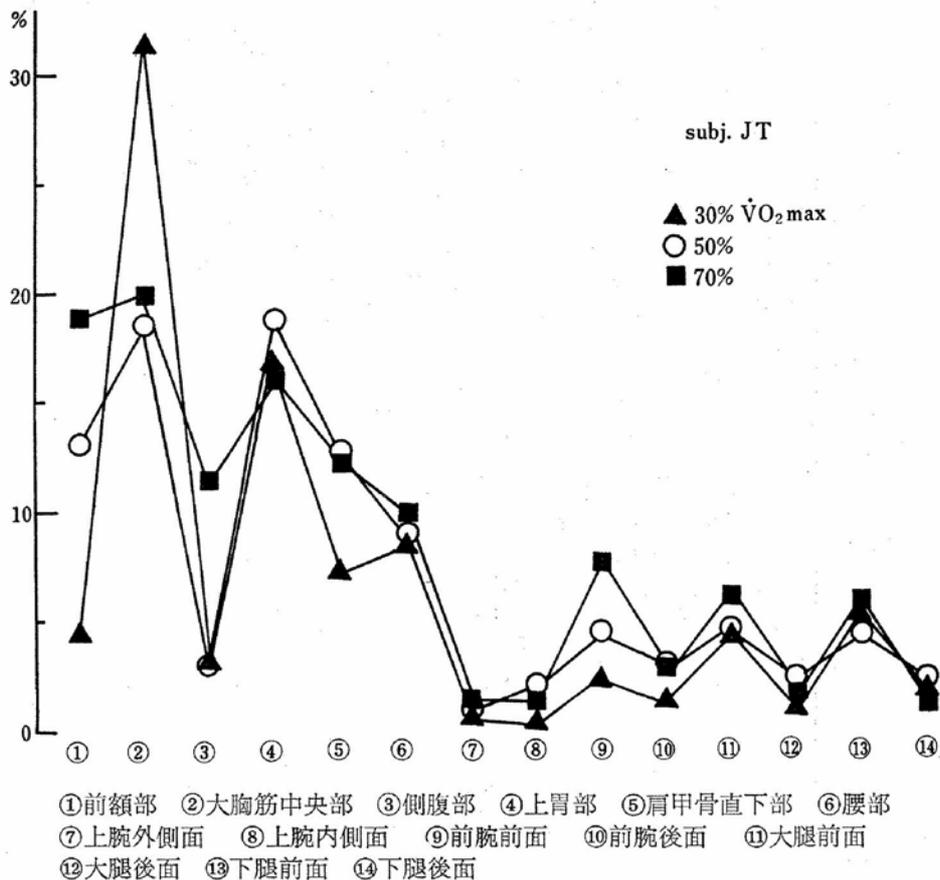


図2 運動強度別、各部位発汗量の占める割合  
14部位の総汗量を100%として示す。

発汗量の多い被験者において顕著であった。

これら夏季に部位差の程度が小さくなる要因の一つとして、発汗量における季節馴化の程度が部位間で異なることを推定できた。すなわち、夏季には、夏季高温への馴化のために冬季に比べていずれの部位でも発汗量は大きくなるが、その程度は、一般に発汗量の多い軀幹部より少ない四肢部において顕著である傾向を呈するため、夏季には部位差の程度は小さくなると推定される。換言すれば、部位発汗量から見た季節馴化は、発汗量の一般に多い軀幹部より少ない四肢部において顕著であることが、発汗量の部位差の程度に季節差の現われる一つの要因であると考えられる。

両季において、1.0kp より 2.5kp の運動の場合に発汗量の部位差の程度は小となった。部位差の程度が小さい場合には大なる場合に比べて皮膚温は一般に高くなるが、この傾向は軀幹部より四肢部で顕著であり、また、これらの現象は冬季より夏季に著しい傾向であった。

### C. 発汗量の部位差に及ぼす衣服条件の影響

本シリーズでは、発汗量の部位差に及ぼす衣服条件の影響について検討するというより、むしろそれに向けて半裸体時と衣服着用時では部位差の程度が異なるか否かについての基礎的実験を行った。

負荷運動量に関係なく、コントロール時に比べて、衣服着用時の発汗量は各部位で多かった。負荷運動量別に、発汗量の部位差についてコントロール時と衣服着用時とを比較すれば、いずれの運動量の場合にも、衣服着用時の部位差の程度は小さい傾向であり、これらの傾向は運動量の多い場合に顕著に現われた。また、これらの傾向は発汗量の多い被験者において一層著しくなった。しかし、本実験の範囲内では、着衣2条件の間には明らかな差異を指摘し得なかった。

衣服着用時に部位差の程度が小さくなる要因について見れば、衣服着用による発汗量増加の程度

が部位間で異なることが示唆された。すなわち、衣服着用時にはコントロール時に比べて各部位で発汗量は大きくなるが、その程度は、一般に発汗量の多い軀幹部より四肢部において顕著であった。

運動量の増加につれて、また、衣服着用時には、発汗量の部位差の程度は小さくなった。この部位差の程度が大なる場合に比べて小なる場合には、皮膚温は一般に高くなるが、この傾向は軀幹部より四肢部において著しく、これらの様相はコントロール時より衣服着用時に顕著であった。

## 考 察

運動時における発汗量の部位差に及ぼす運動強度、季節および衣服条件の影響について検討した。その結果、運動強度の増大につれて、冬季より夏季に、裸体時より衣服着用時に、おのおの発汗量は増加し、部位差の程度は小さくなる傾向であった。また、この部位差の程度が小さくなる要因として、発汗刺激の増大にともなう発汗量の増加の程度が一般に発汗量の多い軀幹部に比べて少ない四肢部において著しくなることが推定できた。すなわち、発汗刺激の増大にともなう発汗量は増加するが、四肢部の増加が顕著であるため、発汗量の部位差の程度は小さくなると考えられる。

本研究では、hidromeiosis<sup>3)</sup>の部位差について別に検討を加えた。その結果、測定装置の特性上断定し難いが、hidromeiosis はいずれの部位でもほぼ同時にはじまるものの、その程度には部位差が見られる傾向であった。すなわち、軀幹部において四肢部より著しい傾向であった。しかし、この部位差は、発汗量の多い場合と少ない場合とは異なる傾向も併せて認め得た。上述のように発汗刺激が大きくなるにつれて発汗量の部位差の程度が小さくなる現象には、hidromeiosis に見られる部位差の一つに関与していると推定される。また、汗腺機能、主としてその感受性におけ

る部位差などもかかわっている可能性は十分考えられる。しかし、これらメカニズムについては、今後さらに検討を重ねなければならない。

発汗量の部位差の意義についても若干の検討を加えた。発汗刺激が増大し、発汗量が多くなる場合に部位差の程度は小さくなった。すなわち、部位差の程度が小さくなるということは、発汗による放熱が促進されねばならない場合であると言える。発汗による放熱を促進せねばならないとき、例えば運動強度の増大するとき、夏季、衣服着用時には、軀幹部の発汗量の増加率より四肢部のそれが大きく、また同様に、皮膚温においてもその上昇の程度は四肢部において軀幹部より顕著であった。これらは、発汗量の部位差のもつ意義の一端を示唆するものとして興味深く、しかも質量に対して表面積の大きい四肢部でこれらの現象が起きることは注目に値する。すなわち、発汗量の部位差は、適応範囲の拡大に対して重要な役割を果たすものと推定できる。したがって、今後の高次構造衣料の開発に際しては、これらのことを考慮する必要がある。しかし、この意義をはじめとして、運動様式、運動持続時間などの点を含めて、今後さらに詳細な検討が必要である。

## 要 約

高次構造衣料の開発に向けて、基礎的研究を行った。運動時の発汗量の部位差について運動強度、季節、衣服条件との関連性から検討した。得られた結果の大略は次のとおりである。

- 1) 発汗量の部位差の程度は、運動強度が増大するにつれて小さくなる傾向であった。
- 2) 運動強度の増大にともなう発汗量の増加は、軀幹部に比べて四肢部で一般に顕著であった。
- 3) 夏季には、冬季に比べて発汗量の部位差の

程度は小さくなる傾向であった。

- 4) 冬季に比べて夏季には発汗量は増加するが、この増加は、軀幹部に比べて四肢部において顕著であった。
- 5) 裸体時に比べて衣服着用時には発汗量の部位差の程度は小さくなる傾向であった。
- 6) 衣服着用によって発汗量は増加するが、この増加は、軀幹部より四肢部において顕著であった。
- 7) 発汗量の部位差の程度が小さくなる場合、すなわち、発汗刺激が大きくなる場合には、軀幹部に比べて四肢部の発汗量の増加が顕著になるが、このとき皮膚温も四肢部において著しく上昇した。
- 8) 以上の結果から、発汗量の部位差のもつ体温調節上の意義として適応範囲の拡大に発汗の部位差が重要な役割を果たしているものと推定される。

## 文 献

- 1) Araki, T. et al.; Experimental studies on sweating for exercise prescription: total body sweat rate in relation to work load in physically trained adult males. *J. Human Ergol.* 8 : 91—99 (1979)
- 2) Araki, T. et al.; Age differences in sweating during muscular exercise., *J. Physical Fitness Jpn.*, 28 : 239—248 (1979)
- 3) Araki, T. et al.; Effect of physical training on exercise-induced sweating in woman., *J. Appl. Physiol.: Respirat. Environ. Exercise Physiol.*, 51 : 1526—1532 (1981)
- 4) 高岡昭;革新的機能繊維の開発—“衣料、寝装、インテリア繊維のニーズ及びシーズを中心として”—日本繊維機械学会第35回年次大会講演要旨 25~31 (1982年6月16日)
- 5) 高岡昭;高・多機能衣料用繊維の開発, 化繊月報, 35 : No. 12, 56—62 (1982)