

寒冷地の温熱的環境条件に適応した 着装の研究(第1報)

—気温28°Cにおける裸状時と着衣時の皮膚熱流量および
皮膚温の変動—

入来朋子 林 千穂 永山竹美

I 緒言

人体が生理的体温調節のみによって恒体温を保ち、かつ快適に生活できる温度範囲は気温28~30°Cのきわめて狭い範囲に限られるが、着衣によりこの温度範囲はより低温環境へ拡大される。すなわち、被服は人間—熱環境系の中間にあって環境条件の変化に対応して人体からの放熱量を調節し、人体の生理的体温調節機能の限界を補う役割を果たしている。著者らは前報¹⁾において、環境気温と着衣量との関係を実態調査に基づいて考察し、気温に適応した快適着衣量について検討した。しかし低温環境下の寒冷地における着装の研究にあたっては、基礎研究として人体からの熱放散、とくに皮膚面から外界への放熱の様相を的確に把握し、着衣による気候調節機能を実験的に解明することが必要である。その手段として皮膚温および皮膚熱流量の測定が考えられるが、皮膚温に関してはすでに国内外に多くの研究例²⁾³⁾があり、とくに最近ではサーモグラフィの開発により、その解明が進んでいる⁴⁾⁵⁾⁶⁾⁷⁾。

しかし人体皮膚面からの放熱量を直接に測定することは困難で、皮膚熱流量に関する研究例はきわめて乏しく⁸⁾⁹⁾、いまだ十分な解明がなされていない。とくに体表各部位の局所皮膚熱流量を皮膚温と同時に測定して着衣

による影響を考察した報告は見当たらない。

そこで今回、近年我が国で新しく開発された Shotherm HFM-MR 型熱流計を用いて皮膚熱流量の測定を試みた。まず、気温28°Cの環境下で、裸状時と着衣時について体表各部位の局所皮膚熱流量と皮膚温とを同時に測定し、それら相互の関係および着衣による変動について、皮膚熱流量を中心に考察した。

II 実験方法

1 環境条件

皮膚面からの熱放散経路(放射, 伝導, 対流, 蒸発)のうち、発汗による蒸発の影響をできるだけ防ぎ、裸状で快適な環境条件として気温 $28 \pm 0.5^\circ\text{C}$ 、相対湿度 $70 \pm 2\%$ 、気流 $10 \pm 5 \text{ cm/sec}$ の温熱条件を設定し、1981年7月、恒温恒湿室で実験を行なった。湿度は、長野気象台の最近5年間のデータにもとづき当地の年間平均湿度とした。なお、グローブ温度計により測定した結果、放射による影響はみられなかった。

2 被験者

被験者は19才の健康な女子学生5名で、性周期が低温期にあり、できるだけ体格の近似した者を選んだ。身体特性は表1に示すとおりである。

表1 被験者の身体特性

被験者	年令 (才)	身長 (cm)	体重 (kg)	体表面積 (m^2)	R 指数	舌下温 ($^\circ\text{C}$)	
						am	pm
a	19	158.0	48.0	1.47	1.21	37.0	37.2
b	19	161.0	51.0	1.53	1.22	36.8	36.9
c	19	157.5	49.5	1.49	1.27	37.1	37.1
d	19	160.0	57.0	1.60	1.39	36.8	37.0
e	19	160.0	50.0	1.51	1.21	37.1	37.2

表2 被験者の服装

着用衣服			
裸状時	ブラジャー	ショーツ	
着衣時	ブラジャー	ショーツ	ワンピース

3 着衣条件

裸状時および着衣時の被験者の着装は表2に、また着用衣服の諸元は表3に示すとおりである。

表3 着用衣服の諸元

試料	タイプ	材質	組織	糸密度	厚さ (mm)	重量(g)
ブラジャー		綿	100%			30.0(A75)
ショーツ	スタンダード	ナイロン	100%	メリヤス	15×18	53.0(M)
ワンピース	衿なしフレンチスリーブ	綿	100%	平織(ローン)	52×44	92.0
						57.7(L)

4 測定部位

測定部位は首, 胸, 下腹, 大腿, 前腕, 上腕, 膝, 足背の9点を選び, 上, 下肢部の測定点はいずれも右半身とした。

5 測定方法

各測定点の皮膚熱流量および皮膚温を, shotherm HFM-MR 型熱流計 (昭和電工) により測定した。本計器は熱流値 (Kcal/m²h) と温度 (°C) とが同時にデジタル表示される直示式計器で, 自動温度校正装置を内蔵し, 精度は±3%, 再現性は±2%である。これにAM4形手動6点切換器を接続し, 6本の生体測定用高感度型センサー EM-R (1.5cm×3cmのシリコンゴムのプレート) により6つの測定点を任意に切換えて皮膚熱流量と皮膚温を測定した。センサーは専用の両面接着シート HA 2-L を用いて皮膚面に貼布し, さらに皮膚に刺激の少ない医療補助用紙テープで両端を固定した。被験者は安静椅坐姿勢で, 入室後60分, センサー貼布後30分間安静を保った後測定を開始した。測定値は1つの測定点につき7分間ずつ2ペン形のポータブルレコーダー EPR-152A (東亜電波工業) に連続記録し, 切り換え3分後から1分毎の値を読み取って5回の値をデータとした。なお, 予備実験により6本のセンサー相互間, およびセンサー固定時の紙テープ使用の有無による測定値の差異について検定した結果, 熱流値について有意差は



写真 着衣時の測定状況

認められなかった。気流の測定は Tr 式微風速計 AM-03型 (リオンK.K.) によった。

写真に着衣時の測定状況を示した。

III 結果および考察

図1は裸状時, 着衣時の各部位の皮膚熱流量と皮膚温を示すもので, 被験者5名の平均値である。

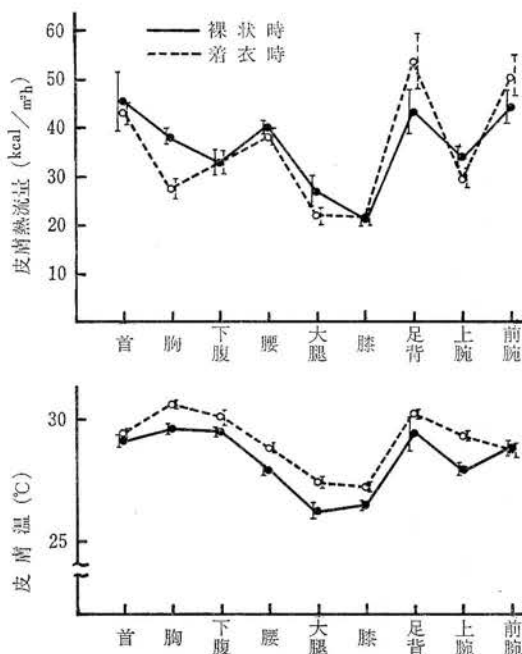


図1 部位別皮膚熱流量と皮膚温
—裸状時, 着衣時—

以下皮膚熱流量について部位差と着衣差を中心に考察を進める。

1 裸状時における皮膚熱流量の部位差

裸状時の各測定部位の皮膚熱流量の分布をみると首が最も大きく四肢末梢部位の足背, 前腕がこれにつき, 軀幹部の胸, 下腹, 腰, 大腿は末梢部位より小さい。また最小値を示したのは膝であった。

人体皮膚面からの熱放散には物理的な熱移行の法則のほか, 生体自身の生理的な要因が大きく関与し, 生理的な熱伝達は血流状態に依存する¹⁰⁾といわれる。一定環境条件下の安静裸状時において皮膚熱流量に部位差が存在するのは, 皮膚温の部位差がこれに関与し, 皮膚温の部位差は環境の温熱条件に対応する皮膚血管の反応とそれに伴う血流状態の部位差に大きく依存する¹¹⁾ほか, 皮下組織の脂肪や水分含有量の部位差¹²⁾, 身体内部組織の

代謝水準の部位差¹³⁾および身体表面の曲率に依存する内部の熱伝導係数の部位差¹⁴⁾などによって左右されると考えられる。

四肢末梢部位が軀幹部より大きな値を示したことは、この部位の体熱放散のための血管反応、すなわち体温調節機能の発現が顕著であることを示すものであろう。また、首が最大値を示したのは頭部における脳組織の代謝水準が高いことも¹⁵⁾一因と考えられる。

また、図1から局所皮膚熱流量の大きい部位では個人差も大きいことがわかる。

2 着衣による皮膚熱流量の変動

図1から明らかなように、被服を着用することにより、皮膚温は各部位とも裸状時より上昇し平均皮膚温は0.7°C上昇したが、皮膚熱流量は被覆部位(胸、下腹、腰、大腿などの軀幹部および上腕)では減少し、露出部位(足背、前腕など四肢末梢部位)では逆に増加した。これは、被服着用により被覆部位で放熱が抑制されるのに対し、四肢末梢の露出部位では逆に放熱が促進されることを示すものと推測される。また裸状時と着衣時の皮膚熱流量の差異については、首、下腹、膝を除く各部位で危険率1%でそれぞれ有意であった。

図2に着衣による皮膚熱流量変動が異なる代表的な3

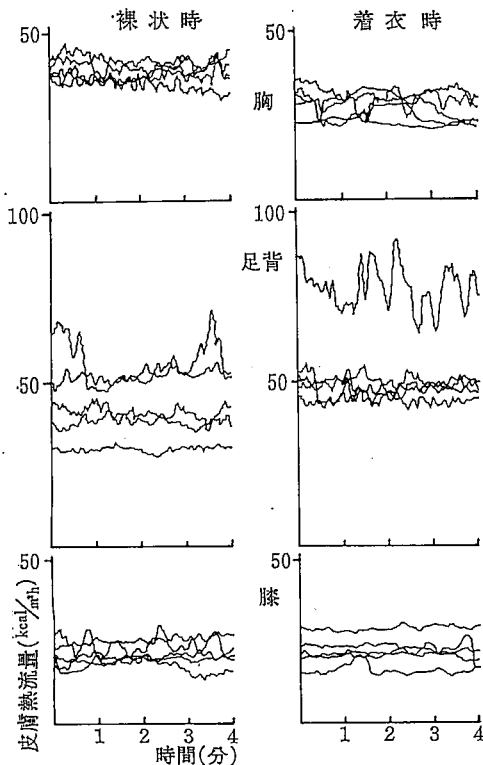


図2 皮膚熱流量の記録図—胸、足背、膝—

部位(胸、足背、膝)の被験者5名の測定記録図を示した。

3 着衣による皮膚面での放熱状態の変化

図3は皮膚面での放熱状態が着衣により著しく異なる代表的な3部位(大腿、上腕、前腕)についての記録図である。

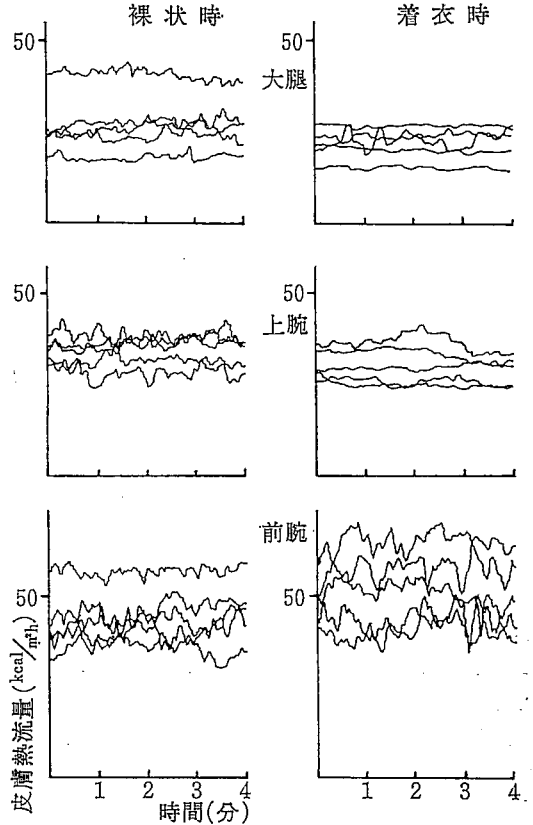


図3 皮膚熱流量の記録図—大腿、上腕、前腕—

図2、図3の記録図にみられる皮膚熱流量増減の微細な波状曲線は、皮膚の血管径がきわめて繊細な開大収縮のリズムをくり返している¹⁶⁾ことに起因するものと考えられる。したがってこの波形により皮膚面での放熱の様相を推測することができる。

図3の例から明らかなように、着衣時の被覆部位(大腿、上腕)では、裸状時に比べ波形の動揺が少ない。これは着衣による被服の保温効果で皮膚面の放熱状態が安定することを示すものと考えられる。この現象は軀幹部よりも四肢部においてとくに明確に認められた。また足背、前腕など、着衣により皮膚熱流量が増大した末梢の露出部位では裸状時より波形の動揺がさらに増大する傾向がみられた。これはこの部位における、体温調節のた

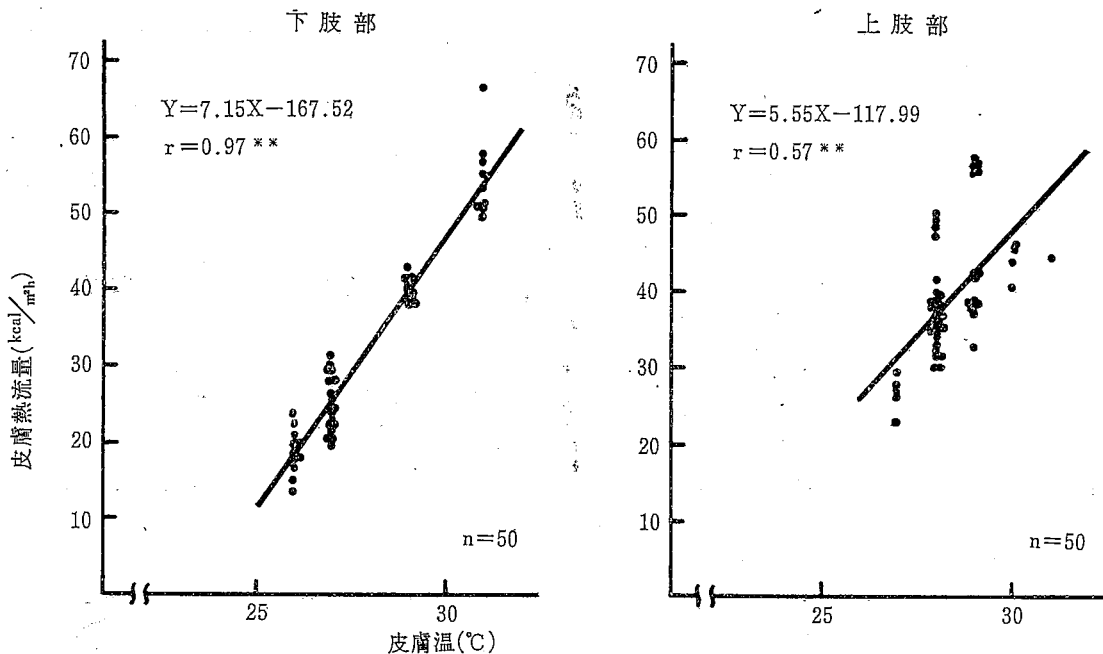


図4 皮膚熱流量と皮膚温の相関 一下肢部, 上肢部一

めの皮膚血管反応の増大を示すものと推測される。

4 皮膚熱流量と皮膚温の相関

裸状時における皮膚熱流量と皮膚温の間にはどのような相関があるかを検討した結果、軀幹部については両者の間に相関は認められなかった。しかし下肢部と上肢部については図4に示すように下肢部では $Y=7.15X-167.52$, $r=0.97$ の、また上肢部では $Y=5.55X-117.99$, $r=0.57$ の正の相関が認められた。

以上の結果は、いずれも四肢部とくに末梢部位において、体温調節性血管反応の発現が顕著であることを示すもので、低温環境下の寒冷時の着装研究においてはこれらの部位の着装にとくに配慮する必要があることを示唆するものと考えられる。

IV 要約

低温環境下の寒冷地における着装研究の基礎として、ShothermHFM-MR型熱流計を用い、気温 $28 \pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 、相対湿度 $70 \pm 2\%$ 、気流 $10 \pm 5 \text{ cm/sec}$ の環境下で、裸状時と着衣時の身体9部位の皮膚熱流量と皮膚温を測定し、次の結果を得た。

1 裸状時の皮膚熱流量は部位により顕著な差異が認められ、首が最も大きく、足背、前腕の四肢末梢部位がこれにつき、軀幹部は末梢部位より小さい。

2 被服着用により皮膚温は裸状時より上昇するが、皮膚熱流量は、被覆部位では減少し、四肢末梢の露出部位では逆に増加する。

3 裸状時と着衣時では皮膚面における放熱の様相が異なり、着衣により被覆部位では裸状時より皮膚熱流量増減の動揺が小さく放熱が安定する。

4 裸状時の皮膚熱流量と皮膚温の間には、下肢部(膝、足背)について $Y=7.15X-167.52$, $r=0.97$ の、また上肢部(上腕、前腕)について $Y=5.55X-117.99$, $r=0.57$ の正の相関が認められたが、軀幹部では相関はみられなかった。

今後さらに測定点をふやし、全身的な皮膚熱流量の分布状況を解明したい。

終りに本研究にあたり御指導を賜りました東京学芸大学名誉教授、渡辺ミチ医学博士に厚く御礼申し上げます。また、実験上の御便宜をおはかり戴いた本学の今井甲子男教授に対し深謝いたします。なお本研究は日本家政学会第34回年次大会において発表したものであり、研究の一部は長野県科学振興会の科学研究助成金によるものであることを付記し謝意を表します。

文献

- 1) 入来朋子 林千穂 永山竹美:長野県短大紀要, 36 45 (1981)
- 2) Winslow, C. E. A et al: Amer. J. Physiol. 116 (1936)
- 3) 文部省科学研究季節生理班:日新医学, 39 121 (1952)
- 4) 川島美勝他:第2回人間-熱環境系シンポジウム報告集, 35 (1978)

寒冷地の温熱的環境条件に適応した着装の研究 (第1報)

- 5) 中橋美智子: 家政誌, 30, 697 (1979)
- 6) 田村照子: 家政誌, 31, 461 (1980)
- 7) 渡辺ミチ, 田村照子, 松岡真理子: 家政誌, 31, 742 (1980)
- 8) 玉置陽子, 鶴谷知子: 家政誌, 30, 550 (1979)
- 9) 大野静枝, 倉崎順子: 家政誌, 27, No. 8, 12 (1976)
- 10) 12) 大原孝吉: 生理学大系Ⅸ-1, (吉村寿人, 緒方維弘編), 医学書院, 東京, 624~648 (1975)
- 11) 15) 永坂鉄夫: 温熱生理学 1, (中山昭雄編), 理工学出版, 東京, 126 (1980)
- 13) 東健彦, 佐々木隆: 新生理学 4, (問田直幹, 内園耕二編), 医学書院, 東京, 279, 483 (1980)
- 14) J. Aschoff, H. Biebach, A. Heise and T. Schmidt: Heat Loss from Animal and Man (eds. J. L. Monteith and L. E. Mount), Butterworths, London, 162~165 (1974)