衣服内気候と快適性

The Relations between Clothing Climate and Comfort

前 田 亜紀子

1. はじめに

Keith¹⁾は快適性について「人間と環境との間が、生理的、心理的さらには物理的にも心地よい調和状態にあること」と述べている。快適性の定義は多様であり、言葉で表現することは困難であるとしても、我々は感覚そのものについては容易に感じ取ることができる。

衣服における生理的快適性は主に comfort であり、これは「着ていて心地いいこと」である。気に入ったファッションを着用することは「文化的快適性」であり、pleasant の範疇に入る。飯塚²⁾はこれを「心地よさを高め、自己表現の喜びを得ること」と表現している。

我が国における衣服科学の分野では、快適性に関する議論が活発である。その背景には、経済の高度成長以後、日本人の繊維製品保有率が高まって消費者の要求水準が向上したことに加え、繊維産業が構造不況の時代に入り、新興工業国の追い上げの中で、高付加価値繊維製品の開発にその活路を見いだす必要があった。衣服の快適性研究は、この繊維製品への高付加価値という側面をもって活発化したといえよう³⁾。

自然科学系におけるヒトをめぐる環境要素は、人体内部から、人体表面、皮膚と衣服の間隙、衣服、室内環境、住居、地球環境、そして宇宙へと至る。これらの系において、特に野外での衣服着用時における温熱的快適性に焦点を絞り、衣服衛生学的見地より、表題に関する2つの実験結果をお示しする。

2. 野外活動用外衣の衣服衛生学的研究

2.1 目 的

ヒトは衣服着用時において蒸れを感じた場合、服を脱ぐことで対処できる。しかしながら、雨天時では、防水のため着続ける必要がある。透湿性防水素材がその字のごとく透湿性と同時に防水性について謳っているからには、雨天

時における生体影響について検討する必要がある。そこで雨天を想定し、透湿性および非透湿性防水素材の両者からなる外衣着用時の生理・心理的影響について捉えることを試みた。

透湿性防水素材が温熱ストレスを低減させ得ることはこれまで多数報告されている⁴⁻⁶⁾。しかし、実際に散水した実験は極めて少ない^{7,8)}。ゴアテックスは広く普及しているが、野外の環境条件や状況によっては、安価な素材で対応できる場合もある。透湿性素材は非透湿性素材より常に優れるといえるのであろうか。本研究の目的は、上記について明らかにすることであった。最大の特徴は、実験室内にて散水を行い、作業を行わせたことである。そして、生理・心理的測定と衣服内気候の測定とを合わせ、雨衣着用時の快適性について検討した。

2.2 方法

被験者は健康な成人女性6名とした。環境条件は、気温2条件(10℃および20℃)と、湿度2条件(RH40%およびRH80%)を組み合わせた4条件に、散水条件(気温20℃、RH80%、水温20℃、雨量90mm/時)を加えた計5条件とした(以下10・40、10・80、20・40、20・80、20・80Rと略す)。

雨衣は3種類とした。これらは、透湿性素材2種類〔ミクロテックス(MT)とゴアテックス(GT)〕および非透湿性素材〔ハイパロン(HP)〕を用い、同一のデザインにて特別に縫製された。なお、MT、GTおよびHPの透湿性の比率は、覆いなし状態を100とすると、各々28、25および3であった。

作業様式は30分にわたる漸増負荷による踏台昇降作業とした。作業最終期におけるエネルギー代謝率(RMR)は6.0であった。測定項目は、衣服内温湿度、直腸温、皮膚温、心拍数、衣服重量および主観申告(温冷感、蒸れ感)、酸素摂取量であった。

2.3 結果および考察

直腸温と心拍数には、素材間における有意差は認められなかった。一方、衣服内温度と衣服内絶対湿度(図1)、平均皮膚温(Tsk)、貯熱量、蒸れ感の申告値、以上の各指標において、MTおよびGTは、HPに比し、温熱ストレスの低減効果が有意であった。さらには、Tsk、貯熱量、あるいは末梢部における主観申告においては、MTとHP間

AKIKO MAEDA

長野県短期大学生生活環境専攻

助手 工学博士

〒380-8525 長野市三輪8-49-7

Tel: 026-234-1221 Fax: 026-235-0026

E-mail: maeda@nagano-kentan.ac.jp

〈専門〉被服衛生学、温熱生理学

のみ有意差が認められ、同じ透湿性素材であっても、MTの方がGTより温熱ストレスの低減効果が高かった。ただし、これらの違いは気温20℃の高湿条件では明確であったが、気温10℃においては近接した。このことから非透湿性素材であっても透湿性素材に伍して適用できる範囲について知ることができた。「散水なし」と「散水あり」を比較すると、衣服内温度、Tsk、皮膚温、主観申告の各項目は後者において有意に低く、温熱ストレスが低減されることが明らかとなった。この理由については、散水による外衣表面部の冷却作用のため、熱伝導による熱除去効果がもたらされたと推察した。図2は衣服内温度と体幹部温冷感の相関について、また図3は衣服内絶対湿度と背部蒸れ感の相関について示したものである。なお雨衣素材3種

類は区分しなかった。温熱的中立点における衣服内温度は、気温10℃条件では26℃付近である。気温20℃での3条件(20・40、20・80、20・80R)を比較すると、散水した場合は申告値も衣服内温度も低い側にある。この序列は図3においても同様である。これらの図は、上述した「散水あり」による温熱ストレスの低減効果を明確に示すものである。

3. 濡れた衣服の体温調節反応への影響

3.1 目的

野外活動時に際し、降雨に見舞われることがある。よって衣服の濡れがもたらす人体への影響については広く関心が持たれており⁹⁻¹¹⁾、濡れた衣服着用時の温熱ストレスについて把握することは重要である。通常の乾燥した衣服着

図1 衣服内温度(上段)および衣服内絶対湿度(下段)の推移(測定部位はいずれも背部Tシャツ外衣間)

図2 衣服内温度と体幹部温冷感の相関

(衣服内気候の測定部位はいずれも背部Tシャツ外衣間である)

図3 衣服内絶対湿度と背部蒸れ感の相関

用時において、温冷感が中立であるとき、平均皮膚温は 33℃付近であることは広く知られている¹²⁾。また、体温上昇時では、濡れた衣服は温熱ストレスを低減させる効果がある¹³⁾。急な降雨に見舞われ着替えがままならない時や、登山や水辺でのレジャー、災害や戦争まで視野に入れば、天候悪化による衣服の濡れは、体温調節の不均衡を引き起こし、遭難や事故、危機的状況に陥る原因となる。しかしながら、筆者らが知る限り、衣服から水がしたたり落ちるような着衣条件下における生理・心理反応を捉えた研究例は極めて乏しい。また、そうした状況において、快適さをもたらす平均皮膚温はどうなるであろうか。快不快はどのような影響を受けるであろうか。本研究の目的は、濡れた衣服の影響について、気温、衣服様式、水分率、作業強度の各条件を組合せ、生理・心理的観点から検討することである。

3.2 方法

被験者は健康な成人女子 11 名であった。人工気候室は、気温 30、25、20℃(相対湿度は 80% 一定)に制御された。衣服の様式は、スウェット上下(様式 S)と T シャツおよび短パン(様式 T)とした。以上の気温および衣服の組合せにより、5 条件(30S、30T、25S、25T、20S)を設定した。衣服の濡れ条件は、D(乾燥)、W1(湿った状態)、W2(水がしたたり落ちる状態)の 3 種類とした。衣服重量の測定は、条件 D および W1 では着用前に、また条件 W2 では脱衣直後に測定し、個別に高気密性の袋または容器に入れて管理した。

条件 D、W1、W2 における衣服、履き物、および器材等を含めた総重量は、様式 S では各々 2.0、2.5、3.9kg、様式 T では各々 1.4、1.6、1.8kg であった。条件 D、W1、W2 はこの順序に進行させ、各々において安静期(D のみ 15 分、W1 と W2 では着替え期間を含み 20 分)と作業期(10 分)を設定した。作業は踏台昇降運動(台高 10cm、昇降頻度 15 回/分)とした。なおエネルギー代謝率は 2.7 であった。測定項目は、酸素摂取量、直腸温、平均皮膚温、および主観申告(全身温冷感、不快感)とした。

3.3 結果および考察

図 4 は酸素摂取量について比較したものである。酸素摂取量は、安静期においては D<W1=W2、作業期においては S>T、さらに D=W1<W2 であることが観察された。これらの結果は、寒冷ストレスの増大、濡れた衣服の重量による生体負担の増加、濡れた衣類が纏わりつくことによる作業効率の低下などが複合してもたらされたといえる。

直腸温(図 5 上段)は、条件 30T と 25S では漸増傾向、条件 25T と 20S では漸減傾向を示し、30S は両者の中間に位置した。平均皮膚温(図 5 下段)は気温の影響を受け、3 群(① 30S と 30T、② 25S と 25T および③ 20S)に分かれた変化パターンを示し、特に条件 20S において著しく低下した。

図 4 酸素摂取量の比較

図 5 直腸温(上段)および平均皮膚温(下段)の推移

これらの結果は、濡れた衣服を着用した場合、気温 30℃では着衣の工夫により温熱ストレスは最小に止め得ること、そして、気温 25℃以下では、特に軽装の場合、寒冷ストレスが生じ得ることを示している。つまり、濡れた衣服の着用が寒冷ストレスをもたらす気温は 25℃と 30℃の間にあり、これにはさらに衣服様式と作業強度が関与することが明らかになった。

図 6 に平均皮膚温と全身温冷感の相関関係について示した。各値は安静および作業相における終了時点での全被験者の平均値を意味する。なお、上段は安静期と作業期について、また下段は濡れ条件別に回帰式を得た。全てに有意な相関関係が認められた。

図 6 上段において、矢印は同一濡れ条件での移行を意味

図6 平均皮膚温と全身温冷感の関係

する。全身温冷感の申告値は、作業により「暑い」側にシフトすることが分かる。なお、平均皮膚温の水準が低いほど、また濡れ度が増すほど、全身温冷感の「暑い」側へのシフト量に比して平均皮膚温の低下度が大きく、その値は0.5~1.5℃であった。つまり、気温が低く、服の濡れ度が大きいほど、作業による温冷感の改善は乏しいことになる。

図6下段において、全身温冷感が中立である時、平均皮膚温は3条件全てにおいて33℃付近に相当した。なお、条件Dすなわち乾いた衣服を着用しているとき、温冷感「中立」付近での曲線の変化はほぼフラットであるのに対し、濡れ度が増すほど、その傾きは急である。つまり、温冷感が中立から「寒い」側にシフトするとき、平均皮膚温の低下度が著しい。この理由について、乾燥した衣類着用では、末梢部皮膚温が低下しても体幹部皮膚温は維持されるのに対し、濡れた衣類着用では、ほぼ全身にわたって皮

膚温が低下するためと推察した¹⁴⁾。

4. 最後に

実際の野外活動では、様々な気象条件の下、数時間から数日にわたりひとつの外衣の着用を続けることは多く、その間、身体活動レベルも刻々と変化する。つまり環境条件と共に衣服内気候も様々に変化するため、野外活動用の外衣の素材としては、非透湿性防水素材より透湿性防水素材が適用されることが、生体にとって望ましいといえるであろう。

また、衣服は多様である。そして降雨時における濡れ方も一様ではない。状況によっては発汗がもたらされ、寒冷下ではそれが氷結することもある。着用が長引けば衣服の一部が乾燥する。さらに気温、風速、作業条件等多様である。歩行時にあつては靴および路面の影響も大きい。野外活動時における衣服の濡れの影響については、検討すべき事項が極めて多い。

文 献

- 1) Keith S. M., "Textile Progress Comfort Properties of Textiles". Manchester, The Textile Institute, **9**, 1-5 (1977).
- 2) 飯塚幸子, 新しい衣服衛生, 南江堂, 東京, 85-91(2002).
- 3) 田村照子, 生活科学のすすめ, 井上書院, 東京, 62-96 (1988).
- 4) Tochihara Y. et al., *Ann. Physiol. Anthropol.*, **12**, 31-38 (1993).
- 5) McLellan T. M. et al., *Aviat. Space Environ. Med.*, **64**, 1094-1100(1993).
- 6) Rissanen S. and Rintamaki H., *Ergonomics*, **40**, 141-50 (1997).
- 7) 村山雅己ら, デザントスポーツ科学, **12**, 295-312 (1991).
- 8) 緑川知子と登倉尋實, デザントスポーツ科学, **16**, 73-83(1995).
- 9) Castellani J. W. et al., *J. Appl. Physiol.*, **90**, 939-946 (2001).
- 10) Tikuisis, P. et al, *J. Appl. Physiol.*, **86**, 1319-1328(1999).
- 11) McCullough, L. and Arora, S. *Am. Fam. Physician.*, **70**, 2325-2332(2004).
- 12) Gagge, A. P. et al., *Environ. Res.*, **1**, 1-20(1967).
- 13) 前田亜紀子ら, 雨天想定下における作業時の衣服内気候について, 日生気誌, **36**, 103-111(1999).
- 14) 前田亜紀子ら, 濡れた衣服の体温調節反応への影響, 日生気誌, **43**, 103-112(2006).