

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 30 日現在

機関番号：32647

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2013～2015

課題番号：25350073

研究課題名(和文)衣服の湿潤が体温調節反応に及ぼす影響

研究課題名(英文)The effects of wet clothing for thermoregulation

研究代表者

潮田 ひとみ(Ushioda, Hitomi)

東京家政大学・家政学部・教授

研究者番号：40223523

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,800,000円

研究成果の概要(和文)：衣服を最小の人間環境制御装置と考える。個人レベルでの積極的な快適環境設計のために必要な衣服の着用快適感評価法を確立したい。

そこで、衣服の湿潤がヒトの着用快適感と体温調節反応に及ぼす影響を以下の2つの視点から明らかにした。1. 乾燥または湿潤させた衣服と模擬皮膚との接触度を変化させて、モデル実験による衣服の湿潤から乾燥による熱・水分移動特性の変化を測定した。2. 湿潤した衣服の着用法の違いがヒトの体温調節反応に及ぼす影響を明らかにした。

研究成果の概要(英文)：The clothing plays an important role for minimum environmental control device. I hope that the method of sensory evaluation of clothing comfort for personal comfort environment. It was cleared that the wet clothing was influenced of thermoregulation and clothing comfort. 1: It was measured heat and moisture transport of wet or dry fabrics by human skin model. 2: It was cleared the difference of thermoregulation on fit / loose wearing of clothing.

研究分野：衣・住生活学

キーワード：湿潤 衣服 体温調節 シミュレーション

1. 研究開始当初の背景

日本の夏やスポーツ時などに引き起こされる衣服着用時の不快感は、蒸れる・濡れる・べとつくといった湿度によって引き起こされる不快感であるため、湿熱による着用快適感への影響は大きいと容易に推測できる。しかし、これら湿潤感は、未だ対応する皮膚の感覚受容器が解明されていない。

申請者は湿潤感覚に関心を持ち、衣服の着用快適感をヒトの湿潤感覚と衣服素材の物理特性の両面から評価してきた。湿潤によって生じる感覚に影響を及ぼす環境や衣服材料側の要因、人体の熱と水分移動特性について研究を続けてきた。衣服材料側の要因として、濡れた素材のかたさが皮膚への接触の状態を決定し、これによって皮膚温が変化すること、皮膚温や接触物の温度そのものだけではなく、皮膚の水蒸気圧やそれら湿潤温度の変化速度の大小も感覚の絶対値やその変化速度に影響を及ぼすことを明らかにした。

これらの知見から、衣服の湿潤が着用快適感を損なうだけではなく、身体に貼り付くことによって動作性を低下させて身体の運動機能性を損なわせることになり、結果として、過度な体温調節反応を身体に課すことになるなど、衣服素材および衣服の濡れが身体の体温調節反応に及ぼす影響は大きいことに気づき、これを定量的に評価する手法が開発される必要があると考えるに至った。

申請者のように発汗および衣服の濡れに伴う着用快適感に着目するのみならず、衣服の湿潤と接触状態がヒトの体温調節反応に及ぼす影響について解明しようとする研究は、国内外でも見受けられず、本研究は非常に独創的かつ重要な着眼点を持つものであり、本研究の遂行は非常に有益である。

また、2009年7月、北海道トムラウシ山でツアー客とガイド、合わせて18人中8人が死亡する大量遭難が発生した。この大量死因の原因は低体温症とされている。2010年2月に発表された事故調査委員会の見解によると、死因となった低体温症の原因は、悪天候によって衣服が濡れ、体温低下につながったのではないかとされている。このように、登山のような特殊環境においては、7月であっても、衣服の湿潤による死亡事故がおこる可能性がある。

衣服の湿潤については、円筒モデルによる測定、平板モデルによる測定などが報告されている。外衣または內衣を濡らした場合の体温調節反応についても、いくつかの報告があるが、素材の吸水性の違いや衣服の着用方法や重ね方によって、衣服の熱移動特性は大きく異なると思われる。

発汗、降雨等によって衣服が湿潤するような状況での熱移動特性は複雑であるが、湿潤した衣服であっても着用方法を工夫することによって放熱しにくい着方が可能となるのではないかと考える。

2. 研究の目的

本研究は、衣服を最小の人間環境制御装置と考え、個人レベルでの積極的な快適環境設計のために必要な衣服の着用快適感評価法の確立を研究の最終目的とする。

申請年度内には、衣服の湿潤がヒトの体温調節反応に及ぼす影響を明らかにするために、乾燥または湿潤させた衣服と模擬皮膚との接触度を変化させて、モデル実験による衣服の湿潤から乾燥による熱・水分移動特性の変化を測定する。

3. 研究の方法

保温性の測定には、JIS-L1096 一般織物試験法が知られている。恒温法は、平板を一定温度に保つための消費電力を、プランクと試料とで比較し、保温率を算出するものである。また、低下法は平板が一定温度から、任意の温度まで下がるまでの時刻を、プランクと試料とで比較し、保温率を算出するものである。今回は、山下・鎌田の方法を用いた⁸⁾。この方法は、JIS 冷却法を改良したものであり、JIS 保温率との比較も可能である。時定数 K を算出して比較する方法である。

山下・鎌田の時定数を用いた保温性測定方法を用いて保温性を測定した。環境温度 θ_0 の環境に置かれた温度 θ の加熱物体の温度変化は、式 1 で表すことができるから、

$$d\theta/dt = -(1/K) \cdot (\theta - \theta_0) \quad \text{式 1}$$
 この微分方程式を解き、加熱物体の初期温度を θ_1 とすると、式 2 となる。

$$\ln(\theta - \theta_0) / (\theta_1 - \theta_0) = -(1/K) \cdot t \quad \text{式 2}$$

ここで、環境温度 θ_0 、装置内の水の初期温度 θ_1 、その時刻での水の温度 θ である。

一様に冷却する加熱物体の時間に対する温度変化は、式 2 で整理されたとき、時間 t に対して原点を通る直線となり、その勾配(傾き)から時定数 K を求めることができる。時定数 K は、その値が大きければ冷めにくく、値が小さければ冷めやすいことを示す。

室温 25℃、60%RH に室内を調整し、黒色にペイントした直径 10.5cm のステンレス製円柱缶を用いて、そのステンレス缶に 60mm 近辺に設定した温湯を 500ml 入れた。缶の上部および下部をスタイロフォームで断熱した。缶内の温湯を攪拌機にて毎分 60 回攪拌した。温湯中に設置した温度センサが 60.2℃ になったら所定の試料を巻き付け、温湯の温度が 50℃ 以下になるまで水温と環境温度を測定した。測定に際し、一定の衣服間隙を保持するために、帯磁石を用いて試料を固定した。

インナーとして吸汗速乾素材 3 種類を含む 4 種類のシャツ生地、アウターとして透湿性防水布を用いた。

生地を円筒にぴったり巻きつける (Dry Fit)、5 mm の空気層を保持して巻きつける (Dry Loose)、最大吸水量近くまで吸水させた生地を円筒にぴったり巻きつける (Wet Fit)、最大吸水量近くまで吸水させた生地を

5 mmの空気層を保持して巻きつける (Wet Loose) の4条件に、透湿性防水布を巻きつける条件をそれぞれに加えた。

4. 研究成果

各条件での算出された時定数を Fig.1 に示す。空気層の影響、湿潤の影響について、それぞれ考察する。

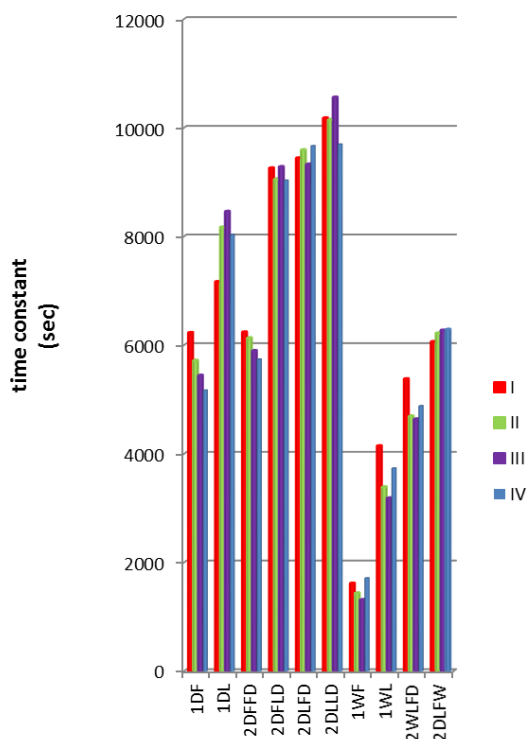


Fig.1 各測定条件の時定数

(1) 空気層の影響

1枚で空気層を5mm保持した場合と密着させた場合の時定数では、密着させた場合である1DFでは、 $\tau_{1DF} > \tau_{1DL}$ であり、メッシュ素材とそれ以外の素材では、メッシュ素材の時定数が有意に大きかった。また、5mmの空気層を保持させた1DLでは、この傾向は逆転し、 $\tau_{1DL} < \tau_{1DF}$ と、メッシュ素材の時定数が有意に低かった。メッシュ素材は、フィットした着用では静止空気層によって温度が低下しにくいですが、ゆるく着用するとほかの素材と比較して、通気性、透湿性が増加するため、時定数が低かったと思われる。また、試料を密着と空気層保持とで比較すると、どの試料においても、有意に $\tau_{1DL} > \tau_{1DF}$ であり、空気層を保持させることにより、時定数が高く、保温性が高いことが明らかになった。

また、1枚の試料であっても、空気層保持の場合には、2枚を密着させている場合よりも時定数が有意に低かった。このことは、薄いついたりした衣服を2枚重ねるよりも、適度な空気層をもたせたゆるいサイズの衣服を1枚着用する方が、保温性が高いことを示しているといえる。

空気層を設置する位置については、いずれの試料であっても、重ねることによって試料の差は小さくなることが明らかになった。また、1枚目を皮膚に密着させて2枚目との間に空気層を持たせる場合(2DFFD)と、皮膚と1枚目との間に空気層を持たせて、布を2枚密着させて着用させた場合(2DLFD)では、有意に差があり、皮膚と1枚目との間に空気層を持たせた場合の時定数が有意に大きく、皮膚にぴったりしたものを着用した上に重ね着するよりも、下着はゆるいもので上着がジャストサイズのものを用いた方が、保温性が高い着用方法となることが示された。

(2) 湿潤の影響

試料を湿潤させた場合と乾燥させた場合とでは、いずれの試料であっても時定数が有意に大きく低下した。いずれの試料についても、乾燥時の20%から30%まで時定数が低下し、最内衣服層の湿潤が体温を大きく低下させる原因となることが確認できた。空気層を保持している場合の乾燥試料と湿潤試料の時定数を比較すると、空気層の存在により、密着させている場合よりも、低下度は低いが、時定数は約50%程度に低下し、どの試料についても、有意に低下した。

(3) 空気層と湿潤の影響

また、2枚の布を皮膚に密着させた着用方法である2DFFDと、皮膚と1枚目との間に空気層を保持して、その乾燥試料と湿潤試料とを巻きつけた着用方法である2DLFWとは、どの試料であっても、時定数に有意な差はみられなかった。このことは、2枚をぴったり着用する着用方法は、外衣が湿潤していたとしても、5mmの空気層を持たせた着用と同程度の熱移動性を持つことを示しており、衣服が湿潤しているが脱衣、着替えが不可能な状態において、皮膚からの放熱を防ぐための有効な方法であると考えられる。

(4) 結論

外衣および內衣の濡れが熱移動特性に及ぼす影響を明らかにすることを目的として、円筒モデルを用いて熱移動特性を測定した。その結果、間隙をとった場合と密着させた場合では、密着させた場合の時定数が大きかった。

內衣/外衣が乾燥している場合よりも、外衣または內衣が濡れている場合の時定数が低下し、有意水準1%で有意であった。また、外衣が濡れている場合と內衣が濡れている場合では、內衣が濡れている場合に時定数が有意に低下することが明らかになった。

以上のことより、雨などで外衣が濡れた場合よりも、発汗により內衣が濡れる方が体温低下は大きいことが推測され、円筒モデルを用いた時定数の測定は人体体幹部の熱移動特性の理解に役立つことが明らかになった。急な湿潤で身体が濡れ、体温が急激に放熱す

ることを避けるためには、たとえば、板磁石のようなものを用いて、身体と湿潤衣服との間に空隙をつくること、避難袋のようなもののなかに、小さな磁石をいれておくことが緊急時の延命につながると推測される。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計2件)

潮田ひとみ, ラグビートレーニング用コンディショニングウェアの試作、被服衛生学, 査読有, 34, 2-7(2015)

潮田ひとみ, 衣服の湿潤をめぐる展開, 日本生気象学会雑誌, 査読無, 50(1), 3-9(2013)

[学会発表](計1件)

潮田ひとみ, 衣服素材の湿潤が熱移動特性に及ぼす影響、日本繊維製品消費科学会 2015 年年次大会研究発表要旨集、67(2015)

[図書](計1件)

潮田ひとみ 他、丸善、衣服の百科事典、2015、pp.52-55 担当

[産業財産権]

出願状況(計0件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
出願年月日：
国内外の別：

取得状況(計0件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
取得年月日：
国内外の別：

[その他]

ホームページ等

6. 研究組織

(1)研究代表者

潮田 ひとみ (USHIODA, Hitomi)

東京家政大学・家政学部・教授

研究者番号：40223523

(2)研究分担者

()

研究者番号：

(3)連携研究者

()

研究者番号：

(4)研究協力者

()