

## 環境条件の違いにおける発汗による 衣服の張り付き不快感の評価

信州大学大学院 唐 沢 悠 綺  
(共同研究者) 同 藤 原 聖 也  
同 北 島 暉 己

### **Evaluation of Clothing Discomfort Sensation Caused by Perspiration in Different Environmental Conditions**

by

Yuki Karasawa, Seiya Fujiwara, Teruki Kitajima  
*Shinshu University*

#### ABSTRACT

The purpose of this study was to clarify the effects of environmental thermal stimuli on clothing discomfort sensation under different environmental temperature and humidity conditions by investigating changes in physiological and psychological states and fabric conditions when the fabrics get wet and sticks to the human skin. To achieve this purpose, a wearing experiment conducted to investigate the physiological and psychological state of participants after perspiration by exercising for 20 minutes in five environments with different environmental temperatures and humidity levels. Additionally, measurements of fabrics were also conducted to investigate the state of the fabrics in the same environments. The results revealed the following: (1) In a low-humidity environment, the discomfort sensation caused by the cold and wet sensation was observed due to the thermal transfer rate from the fabric was fast; (2) In the thermo-neutral environment, it took longer for the wet fabric to slide, and the sliding resistance of fabric was greater. The physical phenomena of the fabric and the

weak thermal stimulation by the environment caused discomfort sensation related to the mechanical elements on skin contact; (3) In the high temperature and humidity environment, the discomfort sensation was expressed by the sensations of stuffiness and stickiness due to the high humidity within the cloths. These results concluded the need to consider the effects of environmental stimuli when examining the clothing discomfort sensation associated with wet and sticky clothing.

#### キーワード

着衣不快感, 濡れ感, 蒸れ感, べたつき感, 暑熱環境

#### Keyword

clothing discomfort sensation, sensation of stuffiness, sensation of stickiness, feeling wet, high temperature and humidity environment

## 要 旨

本研究の目的は、異なる環境温湿度条件において、衣服が濡れて張り付いた際の生理・心理状態及び生地状態の変化を調査し、環境刺激が不快感に与える影響を明らかにすることである。このために、20分間運動することで発汗を促した後に、環境温湿度が異なる5つの環境で人の生理・心理状態を調査した。加えて、同環境での生地状態を調査した。その結果、以下のことが明らかとなった。(1) 低湿度の環境では、生地からの熱移動速度が速いため、冷感や濡れ感が生じ、不快感が発現する。(2) 人体にとって中立的な温度環境では、濡れた生地がすすべるまでに時間がかかり、生地の抵抗力が大きい物理状態であることと、環境による温熱刺激が弱いことから、接触時の力学的な要素による不快感が発現する。(3) 高温湿度の環境では、衣服内湿度が高くなり蒸れ感やべたつき感が生じ、不快感が発現する。以上の結果から、衣服が濡れて張り付くことに伴う衣服の快適感を検討する際に、環境刺激の影響を考慮することの必要性が示された。

## 緒 言

運動時や暑熱環境下において、体温調節のために発汗することは避けられない。これは、環境温が平均皮膚温に接近してくると、やがて伝導と放射による熱放散が限界に達し、発汗による蒸発性熱放散が主要な手段となるからである<sup>1)</sup>。特に、激しい運動時は発汗量が増大するため、衣服には汗を速やかに吸収し、発散する機能が求められている<sup>2)</sup>。しかし、衣服の汗処理機能を超える発汗が起こった場合は、皮膚上の汗により、衣服が肌に張り付く。鈴木による肌着試料を用いた人の感覚調査実験において、湿潤生地の水分率の増加に伴って、べたつき感と力学的な抵抗感が増加し、不快感が生じることが報告されている<sup>3)</sup>。また、丹羽らは、肌着材料を通しての水分移動と着用感について報告し、肌着材料の水分移動特性は湿潤感と快適感に影響を及ぼし、発汗量の比較的大きい実験参加者においては、皮膚上に残留する水分量の少ない状態ほど快適感が高いことを報告している<sup>4)</sup>。これらの報告から、発汗によって衣服が濡れることで、衣服と肌の接触状態が変化し、着衣不快感が増加することが明らかになってきた。

発汗によって衣服が張り付いた際の着衣不快感を検討する際には、着衣環境の刺激を考慮する必要があると考える。これは、衣服が汗によって濡れると衣服と皮膚の間の空気が汗に置き換わり、衣服の熱伝導が20倍近くに増大するため<sup>5)</sup>、衣服の熱伝導の増加に伴い、環境による温熱刺激の影響も増加するからである。衣服が濡れた場合には、衣服に対する温冷感や濡れ感、蒸れ感は衣服着用時の環境の温熱刺激によって、異なる印象になると考えられる。例えば、冬のように環境温湿度が低い環境下では、衣服が濡れた際の熱伝導の増大に起因する「汗冷え」がある。夏のように環境温湿度が高い環境下では、身体の熱放散が起きにくいことに伴う「蒸れ」などが、衣服着用時の不快感として挙げられる。また、夏期の蒸し暑さの指標として用いられる不快指数が環境温湿度から算出されることから<sup>6)</sup>、不快感に環境温湿度が与える影響は大きいと考えられる。これらのことから、発汗によって、衣服が濡れて張り付いた状況下における不快感は環境からの刺激によって異なると考えられるため、環境刺激を変化させた条件下で着衣不快感を評価する必要がある。

不快感と環境温湿度の関係を調査した研究も報告されているが、安静時における評価であり、運動による多量の発汗が想定されていない<sup>7,8)</sup>。着衣不快感は、衣服が濡れた際の張り付きや濡れの影響が高いことから、発汗を想定した不快感を調査する必要がある。また、運動を加えた場合の研究例においても裸体（ビキニ着用）を想定しており<sup>9)</sup>、吸汗し、張り付いた衣服の影響が考慮されていないため、実生活での発汗が促されたシーンでの着衣不快感の評価とは異なる。以上より、発汗により衣服が濡れた際の温熱的な不快感や張り付きによる接触的な不快感を考慮した着衣不快感と環境温湿度の関係を調査した研究例は少ない。

そこで、本研究では、発汗により濡れた衣服の張り付く不快感と環境条件の関係性を検討するた

めに、衣服が濡れた状態で張り付きに伴う不快感が起こりやすいYシャツ生地での実験を計画した。異なる環境条件において、衣服が濡れて張り付いた際の生理・心理状態及び生地状態の変化を調査し、環境刺激が不快感に与える影響を明らかにすることを目的とした。目的の達成のために、環境刺激が、着衣時の生理・心理状態に与える影響を調査した後に、環境刺激の違いによって、心理状態が異なった原因を生地状態変化の結果を基に考察した。本研究結果から、スポーツウェアの設計指針の一助となるような、不快感を低減する生地特性の解明に貢献する基礎データの収集を目指した。

## 1. 実験

### 1.1 実験環境

本研究の実験実施環境の温湿度条件は5種類：18℃・42%RH, 28℃, 24%RH, 38℃・14%RH, 28℃・48%RH, 28℃・72%RHとした。田村らの研究では、全身の湿り感と環境の相対湿度、絶対湿度との関係を見た場合、絶対湿度との相関が高いことが報告されていたため<sup>10)</sup>、温度条件比較のための環境条件（18℃ 42%RH, 28℃ 24%RH, 38℃ 14%RH）の設定は、相対湿度ではなく絶対湿度を $6.50 \pm 0.05\text{g/m}^3$ に固定した。湿度条件比較（28℃・24%RH, 28℃・48%RH, 28℃・72%RH）においては、最も絶対湿度が低い環境を基準（ $6.50 \pm 0.05\text{g/m}^3$ ）に、絶対湿度が2倍（ $13.10\text{g/m}^3$ ）、3倍（ $19.60\text{g/m}^3$ ）になるように相対湿度を設定した。以下では温度条件比較の際には18℃・42%RHを（18℃）、28℃・24%RHを（28℃）、38℃・14%RHを（38℃）、湿度条件比較の際には28℃・24%RHを（24%RH）、28℃・48%RHを（48%RH）、28℃・72%RHを（72%RH）と省略して表記する。

## 1. 2 吸汗した衣服着用時の生理・心理状態調査

実験は2つの恒温恒湿室で行われた。はじめに、実験参加者は温度24℃、相対湿度55%RHに設定された恒温恒湿室に入室し、実験着に着替えた後、10分間座位安静とした。その後、サウナスーツを着用し、20分間運動することで発汗を促した。最後に、5つの環境条件のうちのいずれかに設定された別の恒温恒湿室に移動し、サウナスーツを脱いだ後、再び15分間座位安静とした。実験参加者は健常な若年男性10名（年齢24.5 ± 2.5歳、身長173.5 ± 10.5cm、体重64 ± 16kg）で、実験着は長袖Yシャツとハーフパンツに統一した。Yシャツを実験着として用いた理由は、衣服が濡れた状態の不快感が起りやすい衣服の一つと考えたためである。用いたYシャツ生地仕様を表1に示す。

表1 用いたYシャツ生地の仕様

織物名(組織)	ブロード(平織)
繊維素材	ポリエステル(55%), 綿(45%)
目付	100g/m <sup>2</sup>
布厚さ	0.234mm
糸密度	経糸110本/2.54cm, 緯76本/2.54cm
糸の太さ	45番手

最初の安静時と運動時は10分おき、再安静時は5分おきに実験参加者の心理状態をSD (Semantic differential) 法によって評価した。評定は7段階(どちらでもない-やや-普通に-非常に)で、評価項目は「冷たい-温かい」「寒い-暑い」「乾いている-濡れている」「ベタツとする-サラツとする」「カラツとしている-ムシムシしている」「滑りにくい-滑りやすい」「ざらざらな-なめらかな」「粗い-細かい」「張り付いている-ゆとりがある」「重い-軽い」「肌当たりが悪い-よい」「ごわついている-しなやかな」「着心地が悪い-よい」「不快-快」の14項目とした。SD法のデータは-3~+3で評点化し、集計した。なお、SD法により評点化した値は本質的には順序尺度を構成す

るものであるが、各評価容語対の意味的な対称性が高く、7つの副詞の段階が等間隔であると仮定し、本研究では間隔尺度として扱い、各種統計処理を行った。

実験参加者の温熱性発汗の程度を調査するために、温湿度センサ(ハイグロクロン: KNラボラトリーズ)を皮膚上の7点(額部、左胸部、前腕部、手甲部、大腿部、下腿部、足先部)に貼付し、皮膚表面温度と衣服内湿度を計測した。皮膚温度に関しては、Hardy & DuBoisの7点法に従い<sup>6)</sup>、実験参加者の平均皮膚温を算出した。衣服内湿度に関しては、発汗状態は環境の相対湿度よりも絶対湿度である空気中の水蒸気圧に左右されるという報告から<sup>11)</sup>、本研究においても絶対湿度を算出した。加えて、ウェアラブル発汗センサ(SKW-1000: スキノス)を頸部背面に貼付し、発汗量を計測した。

実験参加者には事前に研究の趣旨と内容について説明を行い、参加の同意を得た。本研究は信州大学の「ヒトを対象とした研究に関する倫理委員会」の承認を受けて実施した(承認番号第312号)。

## 1. 2 生地状態調査

### 1. 2. 1 湿潤試料の熱・水分移動状態調査

Yシャツ生地を50mm × 50mmで切り取り、7枚用意した。はじめにこれらの試料の質量を、電子天秤(GX-400: エー・アンド・デイ)を用いて計測した。次に、試料を実験中の参加者の皮膚を再現するために32℃~36℃に加温した人工皮膚上(バイオスキンプレート: ビューラックス)に静置させた。その際の試料の表面温度を小型熱画像カメラ(CPA-E60: チノー)で計測した。その後、人工皮膚と試料の間に発汗を想定し32℃~34℃に加温した蒸留水をマイクロピペット(Finnpipette F1 Multichannel: Thermo Fisher Scientific)により、試料の含水状態が最大含水率になる水分量を滴下した。滴下した蒸留水が試料

全体に濡れ広がったことを確認した後、小型熱画像カメラにより試料の表面温度を計測した。この計測から5分後、10分後、15分後の試料の表面温度を計測し、乾燥状態を含め、計5回の計測を行った。最後に、試料が蒸留水を含んでから15分後の生地が保持している水分量を調査するために試料の質量を、電子天秤を用いて測定した。

### 1. 2. 2 湿潤試料のすべり抵抗力調査

すべり抵抗力評価装置の写真を図1に、実験概要図を図2に示す。Yシャツ生地を100mm×50mmで切り取り、7枚用意した。はじめにこれらの試料の質量を、電子天秤を用いて測定した。次に、試料を糸がつけられたクリップに挟んだ後、糸の一端を引張試験機のフックに取り付け、試料は人工皮膚上に静置させた。その後、試料の後端を持ち上げ、試料下の人工皮膚上に、蒸留水をマイクロピペットにより滴下し、吸汗状態を模した。

蒸留水の温度は32℃～34℃であった。滴下した水分量は、試料の含水率が10%、60%、110%になる3条件に設定した。蒸留水滴下後、試料を人工皮膚上に接触させ、試料に蒸留水を拡散させた。最後に、試料台を移動させた際の引張試験機に加わる力のセンシングを行い、すべり抵抗力を計測した。実験によって得られたすべり抵抗力データから3つの特徴量を抽出した。特徴量は以下のように定義した。(1) 最大静止抵抗力：計測を始めてから1.0秒までのすべり抵抗力の最大値、(2) 動作時抵抗力：計測を始めて1.5秒後から2.5秒までのすべり抵抗力の平均値、(3) 立ち上がり時間：計測を始めてから試料台が動く瞬間(最大静止抵抗力を観測する)までの時間。

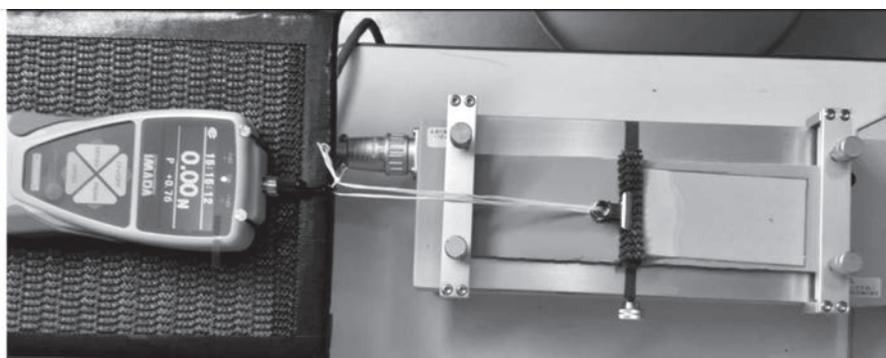


図1 すべり抵抗力評価装置の写真

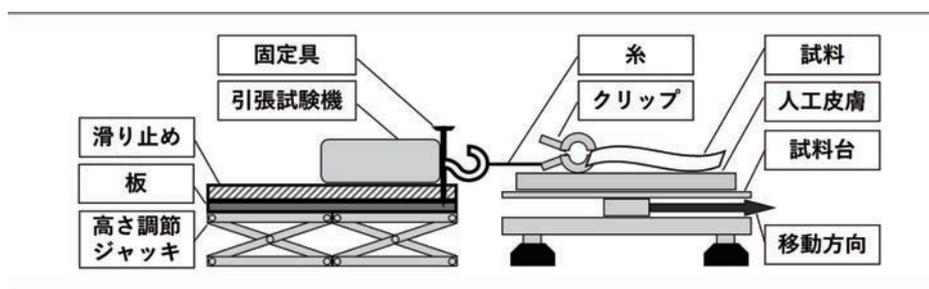


図2 すべり抵抗力評価装置の実験概要図

## 2. 結果

### 2.1 吸汗した衣服着用時の生理・心理状態調査

#### 2.1.1 衣服内湿度

温湿度センサを取り付けた7点の内、左胸部で計測した温湿度データから衣服内湿度を算出した。各環境条件に設定された人工気象室に移動してから5分ごとの衣服内湿度が環境条件の違いによって異なるのか検証した。各温度条件の左胸部の衣服内湿度を図3、各湿度条件の左胸部の衣服内湿度を図4にそれぞれ示す。計測結果は実験参加者10名分のデータの平均値を表したものである。また得られた結果に対して、各時間帯における環境温度条件要因の3水準(18℃, 28℃, 38℃)において、有意水準を5%に設定しTukey法による多重比較検定を行い、環境温度条件間の衣服内湿度の差を検討した。環境湿度条件間の3水準(24%RH, 48%RH, 72%RH)においても、同様の手順で多重比較検定を行い、衣服内湿度の差を検討した。有意水準5%で有意差が認められた場合は「\*」を記す。

図3より、再安静10分後から、18℃ - 28℃, 18℃ - 38℃間の衣服内湿度に有意な差が認めら

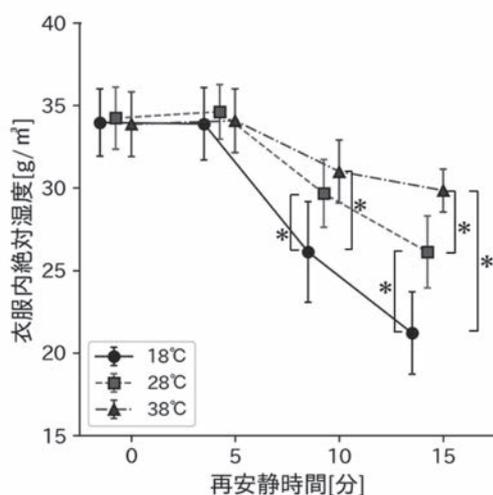


図3 各温度条件の衣服内湿度の時間変化

れた。また、再安静15分後は、環境温度条件の違いによって衣服内湿度に有意な差が認められた。各再安静10分後の衣服内湿度は18℃の環境は他の環境温度条件に比べて低く、再安静15分後は18℃, 28℃, 38℃の順に低かった。

図4より、再安静15分後は、全環境湿度条件間に衣服内湿度の有意な差が認められた。再安静15分後の衣服内湿度は、24%RH, 48%RH, 72%RHの順に低かった。

#### 2.1.2 各環境条件の不快感に影響を与える心理的な感覚調査

不快感に影響を与える心理的な感覚を調査するために、環境条件毎に評価項目「不快-快」とその他の評価項目の相関係数を算出した。表2に各環境条件の評価項目「不快-快」とその他の評価項目の相関係数を示す。相関係数の算出後、有意水準を5%に設定し、無相関検定を行った。有意水準5%で有意差が認められた場合は「\*」を記す。

表2より、全ての環境条件において、不快感と着心地の悪さには非常に強い相関関係がみられた。各環境条件の評価項目「不快-快」とその他の評価項目の相関係数に注目すると、18℃の環境と28℃・24%RHの環境では、冷たさ、濡れ感、

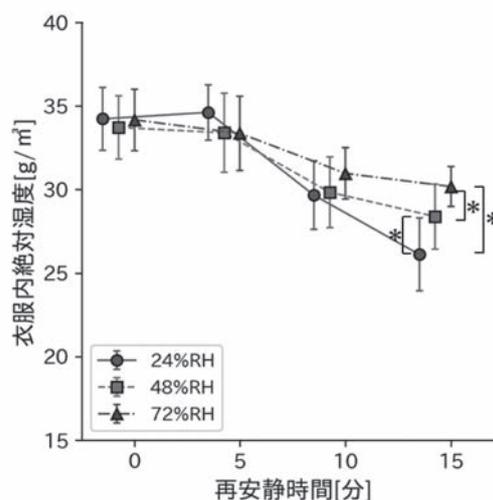


図4 各湿度条件の衣服内湿度の時間変化

表2 各環境条件の評価項目「不快-快」とその他の評価項目の相関係数

不快-快	18℃・42%RH	28℃・24%RH	38℃・14%RH	28℃・48%RH	28℃・72%RH
冷たい-温かい	0.70*	0.77*	-0.12	0.12	-0.05
寒い-暑い	0.12	-0.02	-0.52*	-0.23*	-0.49*
乾いている-濡れている	-0.84*	-0.78*	-0.77*	-0.54*	-0.76*
ベタツとする-サラツとする	0.80*	0.83*	0.74*	0.68*	0.76*
カラツとしている-ムシムシしている	-0.26*	-0.48*	-0.56*	-0.40*	-0.66*
滑りにくい-滑りやすい	0.77*	0.87*	0.70*	0.73*	0.75*
ざらざらな-なめらかな	0.23*	0.01	0.08	0.24*	0.04
粗い-細かい	0.30*	0.06	0.15	0.28*	0.10
張り付いてる-ゆとりがある	0.76*	0.79*	0.72*	0.55*	0.73*
重い-軽い	0.73*	0.71*	0.70*	0.65*	0.67*
肌当たりが悪い-よい	0.83*	0.74*	0.66*	0.78*	0.69*
ごわついている-しなやかな	0.48*	0.33*	0.36*	0.25*	0.32*
着心地が悪い-よい	0.96*	0.96*	0.93*	0.91*	0.92*

\* : p<0.05

べたつき、滑りにくさ、張り付き感、重さ、肌当たりの悪さと不快感の間に強い相関関係がみられた。38℃の環境では、濡れ感、べたつき、滑りにくさ、張り付き感、重さと不快感の間に強い相関関係がみられ、暑さと蒸れ感と不快感の間に相関関係がみられた。48% RHの環境では、滑りにくさと肌当たりの悪さと不快感の間に強い相関関係がみられ、濡れ感、べたつき、張り付き感、重さと不快感の間に相関関係がみられた。72% RHの環境では、濡れ感、べたつき、滑りにくさ、張り付きと不快感の間に強い相関関係がみられ、蒸れ感、重さ、肌当たりの悪さと不快感の間に相関関係がみられた。これらの結果から、相関係数の大小に違いはあるものの、全ての環境条件において、多量の発汗によって、衣服が濡れて皮膚に張り付くことによる接触状態の悪化が不快感と大きく関係していることが示唆された。また、冷たさ、暑さ、蒸れ感などは環境条件によって、不快感との相関係数が異なり、低湿度環境内かつ低温な環境と人体にとって中立な温度環境では冷たさが不快感と関係すること、高温環境では、暑さと蒸れ感、高湿度環境では、蒸れ感が不快感に影響を及ぼすことが示唆された。

次に、各環境条件の官能検査評点から不快感の予測モデルを作成し、不快感に影響を与える心理的な感覚を検討するために重回帰分析を行った。

各環境条件内で評価項目「不快-快」を目的変数、「不快-快」と相関の高い評価項目「着心地が悪い-よい」と心理的な感覚としての意味が抽象的な「肌当たりが悪い-よい」を除くその他の評価項目を説明変数とし、変数増減法による重回帰分析を行った。帰無仮説の棄却域は有意水準5%とした。重回帰分析の結果を表3に示す。表3より、全ての環境条件で、発汗によって衣服が濡れたことで感じる衣服の滑りにくさや重さなどの力学的な感覚が共通して不快感の説明変数に挙げられた。また、低湿度環境では濡れ感や冷感などが不快感の説明変数に挙げられた。また、38℃・48%RH、72%RHの衣服内湿度が高い環境では、べたつきが不快感の説明変数に挙げられた。このように各環境条件で共通して説明変数に選定される心理的な感覚が存在したが、環境条件の違いによって、その標準偏回帰係数の大きさが異なっていた。

## 2.2 生地状態調査

2.1.2で行った重回帰分析の結果において、不快感に影響を与える心理的な感覚として選定された生地特性に関係する項目（冷たさ、濡れ感、滑りにくさ、重さ）に関係が深いと考えられる湿潤試料の熱・水分移動特性と表面の滑り抵抗特性を調査した。

表3 重回帰分析の結果

目的変数	説明変数	標準偏回帰係数	p値
【18℃・42%RH】 不快-快 (修正R <sup>2</sup> =0.75)	乾いている-濡れている	-0.58	0.00**
	滑りにくい-滑りやすい	0.26	0.00**
	ごわついている-しなやかな	0.16	0.00**
	定数項		0.00**
【28℃・24%RH】 不快-快 (修正R <sup>2</sup> =0.84)	滑りにくい-滑りやすい	0.45	0.00**
	冷たい-温かい	0.25	0.00**
	乾いている-濡れている	-0.19	0.00**
	重い-軽い	0.17	0.00**
	寒い-暑い	-0.12	0.00**
定数項		0.00**	
【38℃・14%RH】 不快-快 (修正R <sup>2</sup> =0.70)	乾いている-濡れている	-0.40	0.00**
	ベタツとする-サラツとする	0.22	0.01*
	重い-軽い	0.18	0.02*
	寒い-暑い	-0.22	0.00**
定数項		0.00**	
【28℃・48%RH】 不快-快 (修正R <sup>2</sup> =0.60)	滑りにくい-滑りやすい	0.38	0.00**
	重い-軽い	0.28	0.00*
	ベタツとする-サラツとする	0.22	0.02*
	定数項		0.00**
【28℃・72%RH】 不快-快 (修正R <sup>2</sup> =0.65)	ベタツとする-サラツとする	0.37	0.00**
	滑りにくい-滑りやすい	0.31	0.00**
	重い-軽い	0.22	0.00*
	定数項		0.00*

(\*\*:p&lt;0.01, \*:p&lt;0.05)

### 2. 2. 1 湿潤試料の熱・水分移動状態調査

各環境条件の湿潤試料の温度変化を比較するために、乾燥状態と湿潤状態の試料の表面温度の比を算出した。各温度条件の試料の表面温度の相対値の時間変化を図5、各湿度条件の試料の表面温度の相対値の時間変化を図6に示す。計測結果は算出した値から最大値と最小値を除く5試料の平均値と標準偏差を表したものである。また得られた結果に対して、各時間帯における環境温度条件要因の3水準(18℃, 28℃, 38℃)において、有意水準を5%に設定しTukey法による多重比較検定を行い、環境温度条件間の試料の表面温度、及び表面温度の相対値の差を検討した。環境湿度条件間の3水準(24%RH, 48%RH, 72%RH)においても、同様の手順で多重比較検定を行い、試料の表面温度、及び表面温度の相対値の差を検討した。有意水準5%で有意差が認められた場合は「\*」を記す。

図5より、38℃の環境は表面温度の低下速度が

速かった。図6より、24%RH, 48%RH, 72%RHの環境内で表面温度の低下速度を比較すると、環境湿度が低いほど、試料の表面温度の低下速度が速い傾向がみられた。

### 2. 2. 2 湿潤試料のすべり抵抗力調査

各温度及び、湿度条件における各含水試料の2つの特徴量(最大静止抵抗力, 立ち上がり時間)を図7~図10に示す。計測結果は算出した最大静止抵抗力, 立ち上がり時間の値から、最大値と最小値を除く5試料の平均値と標準偏差を表したものである。また得られた結果に対して、各時間帯における環境温度条件要因の3水準(18℃, 28℃, 38℃)において、有意水準を5%に設定しTukey法による多重比較検定を行い、環境温度条件間の最大静止抵抗力, 動作時抵抗力, 立ち上がり時間の差を検討した。環境湿度条件間の3水準(24%RH, 48%RH, 72%RH)においても、同様の手順で多重比較検定を行い、最大静止抵抗力, 立ち上がり時間の差を検討した。有意水準5%で

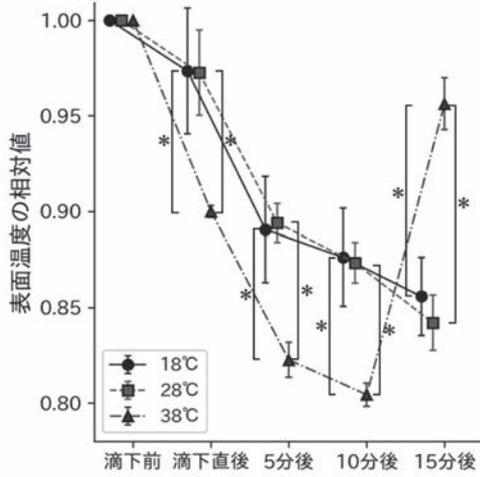


図5 各温度条件の試料の表面温度の相対値の時間変化

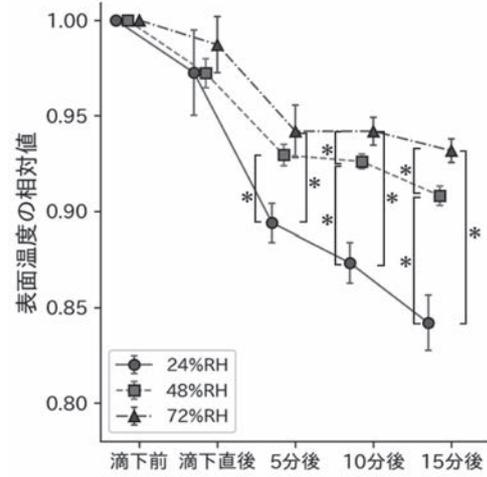


図6 各湿度条件の試料の表面温度の相対値の時間変化

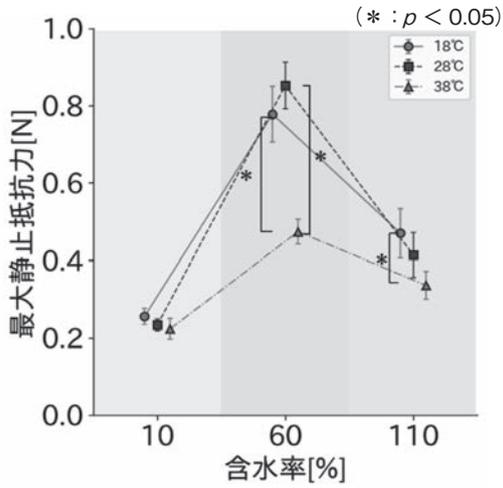


図7 各温度条件の最大静止抵抗力

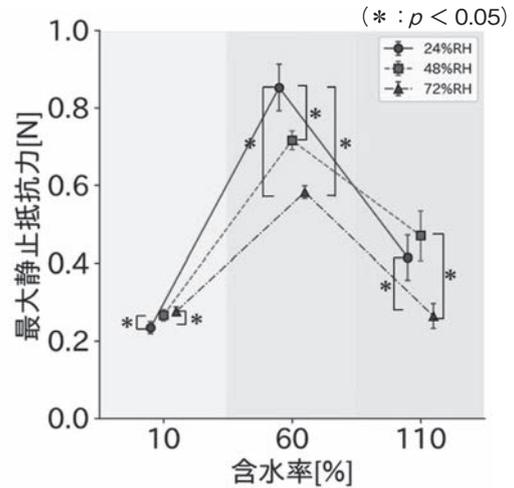


図8 各湿度条件の最大静止抵抗力

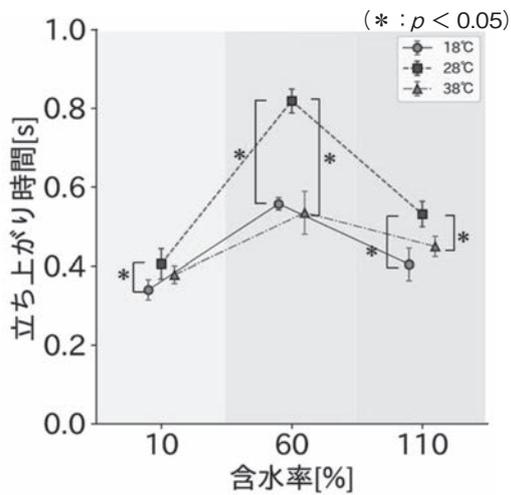


図9 各温度条件の立ち上がり時間

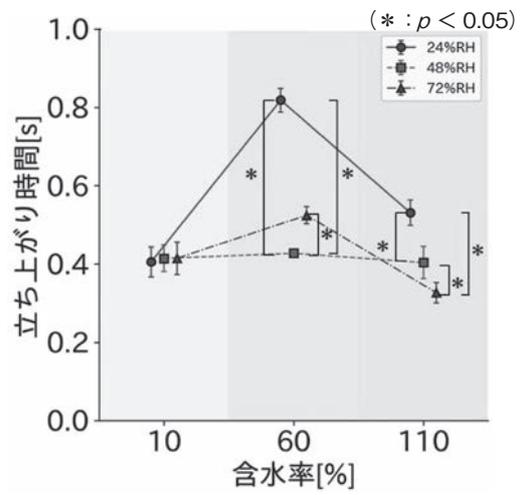


図10 各湿度条件の立ち上がり時間

有意差が認められた場合は「\*」を記す。

図7より、38℃の環境は最大静止抵抗力が小さくなる傾向がみられた。図8より、環境湿度が高いほど、最大静止抵抗力は小さくなる傾向がみられた。図9、10より、28℃・24%RHの環境は他の環境に比べて、立ち上がり時間が長くなる傾向がみられた。

### 3. 考 察

吸汗し濡れた衣服が皮膚に張り付いた状態で、異なる環境温湿度に暴露された際の心理状態を調査した結果、環境条件の違いにより、不快感に影響を与える心理的な感覚やその影響の大きさが異なることが示唆された。これは、着用環境の違いによって、人の生理状態や衣服生地の状態が変化することが原因だと考えられる。低湿度環境(18℃, 28℃, 38℃)では濡れ感や冷感などが不快感の説明変数に挙げられた。これは、低湿度環境は生地からの熱移動速度が速かったことが原因であると考えられる。田村らによると、皮膚濡れ感覚の外的支配要因は、温度・熱流量の変化が第一要因で、次いで触感覚が関係すると報告されている<sup>12)</sup>。また、柴原らによると、皮膚温度より冷たい乾燥した試料布に静的に触れた際に、皮膚の温度変化が湿った試料布に触れた場合と同等であれば、湿り感を錯覚することが報告されている<sup>13)</sup>。上記のことから、低湿度の環境は熱の移動が起こりやすかったため、中湿度や高湿度環境(48%RH, 72%RH)に比べ、濡れ感を強く感じる環境であり、濡れ感が不快感に大きく影響したと考察した。

また、28℃・24%RH, 48%RH, 72%RHの中立的な温度環境では生地の滑りにくさ、重さ、べたつきなどの力学的な感覚が不快感の説明変数に挙げられた。これは、28℃・24%RHの環境においては他の環境条件に比べ、生地の最大静止抵抗力、立ち上がり時間が長いことが影響していると考え

られる。また、48%RH, 72%RHの環境は衣服からの熱移動速度が遅いため低湿度環境に比べ、衣服からの熱的な刺激が小さい環境下であるため、接触時の力学的な不快感をより顕著に知覚すると考察した。

また、38℃, 48%RH, 72%RHの環境では、べたつきが不快感の説明変数に挙げられた。これは、38℃・48%RH, 72%RHの環境は18℃, 28℃の環境に比べ、衣服内湿度が高い環境であったことが原因だと考察した。

このように、本研究結果から、環境刺激の変化によって、衣服や人の生理状態が変化することにより、不快感に影響を与える心理的な感覚が異なることを確認した。

### 4. 結 論

本研究では、衣服が濡れて張り付きに伴う不快感が起こりやすいYシャツを対象とし、吸汗し濡れたYシャツ生地が皮膚に張り付いた状態で、異なる環境温湿度に暴露された際の人の生理・心理状態とその衣服の生地状態を調査した。その結果、以下のことが明らかとなった。(1)低湿度の環境では、生地からの熱移動速度が速いため、冷感や濡れ感が生じ、不快感が発現する。(2)人体にとって中立的な温度環境では、濡れた生地がすべるまでに時間がかかり、生地の抵抗力が大きい物理状態であることと、環境による温熱刺激が弱いことから、接触時の力学的な要素による不快感が発現する。(3)高温湿度の環境では、衣服内湿度が高くなり蒸れ感やべたつき感が生じ、不快感が発現する。以上の結果は、着衣快適感の高い衣服の開発を検討する際に、環境刺激の影響による不快感の発現要因の違いを考慮することの必要性を示すものである。

今後は、実験試料を変更しての追実験により、着衣快適感の高い衣服開発へ資するデータ集積が求められる。さらに、多量発汗時の着用が想定さ

れているスポーツウェアを実験試料とした実験が必要だと考えられる。最後に、本研究結果が各季節に応じた衣服開発をする際に重視する生地特性への指針となることを期待する。

#### 謝 辞

本研究に対して、助成を賜りました公益財団法人石本記念デサントスポーツ科学振興財団に厚く御礼申し上げます。また実験参加者として協力いただいた皆様に感謝申し上げます。

#### 文 献

- 1) 入来正躬, “生理学テキスト～分かりやすい体温のおはなし～”, 文光堂(2003)
- 2) 丹羽氏輝, “吸汗・速乾性素材”, 繊維製品消費科学会誌, 36, No.1, pp.185-188(1995)
- 3) 鈴木淳, “ぬれと着ごち”, 繊維製品消費科学会誌, 18, no.5, pp.166-169(1977)
- 4) 丹羽雅子, 内野政子, 森下文子, “肌着材料を通しての水分移動と着用感”, 繊維製品消費科学会誌, 8, No.5, pp.249-263(1967)
- 5) 薩本弥生, “暑熱環境時の着衣の熱水分移動と温熱的快適性”, 繊維製品消費科学会誌, 58, No.1, pp.26-33(2017)
- 6) 渡邊正勝, 加藤象二郎, 大久保堯夫, “初学者のための生体機能機能の測り方 第2版”, 日本出版サービス(2006)
- 7) 牛草貞雄, “環境湿度の生体負加に関する実験的研究-とくに蒸暑感に関連して-” 日本衛生学雑誌, 21, No.2, pp.6-28(1966)
- 8) 張清風, 田村照子, “環境温湿度が人体に与える温熱ストレスに関する基礎研究-生理・心理・自律神経・唾液アミラーゼ反応から-”, 繊維製品消費科学会誌, 55, No.14, pp.756-765(2014)
- 9) 早川和代, 幾田憲生, 梁瀬度子, “夏期における気温と湿度が運動時の人体に及ぼす影響に関する研究”, 日本建築学会計画系論文報告集, 405, pp.47-55(1989)
- 10) 田村照子, 小柴朋子, “人体の湿り感覚(第1報)-全身の湿り感覚感受性-”, 繊維製品消費科学会誌, 36, No.1, pp.125-131(1995)
- 11) 潮田ひとみ 中島利誠“ぬれ感覚に及ぼす天然繊維布の影響”, 繊維製品消費科学会誌, 36, No.1, pp.44-52(1995)
- 12) 田村照子, 小柴朋子, “皮膚濡れ感覚の支配要因”, 繊維製品消費科学会誌, 36, No.1, pp.119-124(1995)
- 13) 柴原舞, 佐藤克成, “布の温度制御による湿り錯覚”, 繊維製品消費科学会誌, 56, No.12, pp.41-48(2015)