

発汗サーマルマネキンによる衣服内水分移動に関する研究

生産システム課 和田猛、野尻智弘

製品科学課 中橋美幸

1. 諸言

ヒトの「発汗」という生理現象と、発汗サーマルマネキンによる発汗シミュレーションの両者について、その相関性や相違点を明確にすることは、発汗サーマルマネキンで衣服評価を行う上で、最も重要なことであると言える。

そこで、本研究では被験者に衣服試料を着用させ、発汗を促進させる条件を整え、衣服内の温湿度変化や血圧、血流量などの生理反応の計測を行った。また、同時に「暑さ」の感じ方等について、実験中の被験者に官能評価を実施した。

発汗サーマルマネキン実験でも被験者実験と同様の衣服試料を着用させ、同等条件に近くなるように環境や体表面温度、発汗量等の調整を行い、衣服内の温湿度変化や発熱に必要な消費電力の測定等を行った。

この被験者実験と、発汗サーマルマネキン実験での結果を基に、発汗サーマルマネキンでの衣服評価について、その方向性と可能性について考察を行った。

2. 実験

2.1 実験の衣服試料について

被験者、発汗サーマルマネキンの両者共通のインナー衣服試料として、A(綿100%、半袖Tシャツ)、B(機能性インナー、ポリエステル91%、Vネック、長袖)、C(機能性インナー、ポリエステル90%、長袖、クルネック)、のシャツ3種を選択した。

アウターには一般的なトレーニングウェア(ポリエステル98%、ポリウレタン2%、長袖)の1種を選択した。

2.2 被験者による着用実験について

被験者は健康な女性3名。各試料1~2回、着用実験を行った。被験者年齢は46~63歳(平均 58.0歳)。身長は151.0~162.5cm(平均157.6cm)。体重は48.4~70.0kg(平均 59.7kg)である。実験プロトコルを表1に示す。温度25℃、湿度50%RHの実験室内で安静にした後、30℃、60%RHの実験室に移動し、足温浴で発汗促進を行った。個人差はあるが、汗ばみ~少量の汗が流れる程度の発汗状況である。衣服内温湿度、血圧、心拍数、心拍出量、血流量の計測を行った。

表1 被験者実験プロトコル(測定 80min)

温度 25℃ 湿度 50%RH	健康チェック センサ取付け	
	椅座安静	20min
	実験室の移動	5min
温度 30℃ 湿度 60%RH	椅座・足温浴	30min
	椅座安静	10min
	実験室の移動	5min
温度 25℃ 湿度 50%RH	椅座安静	10min
	健康チェック	

<計測機器>

- ・1拍動毎の血圧：連続血圧測定装置(ケアトエス社製)
 - ・衣服内温湿度：上半身3点(rotronic社製センサ)
 - ・心拍数：キッセイコメック社製(解析ソフト：カデックイザー)
- 温湿度センサは、①胸部、②脇部、③背部の位置で、皮膚とインナーの間に取付けた。足温浴器は、Panasonic社製スチームフットスパを使用した。

「とても暑い」から「とても寒い」までの11段階で官能評価を実験中5分毎に行った。また、衣服の着心地感や発汗の感覚等についてもヒアリングを行った。

2.3 発汗サーマルマネキンでの実験について

発汗サーマルマネキンは、京都電子工業株式会社製を使用した。全身を19部位に分割し、部位毎に温度や発汗量の制御が可能である。主な仕様は次のとおりである。

- ・身長：174cm、重量：48kg
- ・材質：FRP樹脂
- ・発汗量：20~1,000g/m²h/部位
- ・発汗点数：136点
- ・人工皮膚：全身フィットスーツ形態(黒色)

実験室は株式会社大西熱学製の恒温恒湿チャンバー OS-9FS型を使用し、温度30℃、湿度60%RHの環境設定とした。

発汗サーマルマネキンは表面温度を33℃の定温度制御とし、発汗は胸部上部・下部、背部上部・下部の4部位とした。発汗量は100g/m²hの一定量とした。

ただし、発汗吐水は間欠型で1回/minに固定されている。衣服内の温湿度センサは、rotronic社製のHC2-C05型を使用し、人工皮膚とインナー間に図1のとおり、胸部2か所、脇部、背部の計4か所に取付けた。写真中の赤いラインは発汗孔と温湿度センサの位置確認のためのレーザーマークである。発汗サーマルマネキン実験のプロトコルは表2のとおり。衣服内の温湿度変化、消費電力等の計測を行った。



図1 温湿度センサの取付けと着装状態

表2 発汗マネキン実験プロトコル(測定 100min)

温度 30℃ 湿度 60%RH	温度・湿度の安定	120min 以上	測 定
	ドライ状態	10min	
	発汗状態	30min	
	発汗停止状態	60min	

3. 結果と考察

3.1 被験者実験の結果について

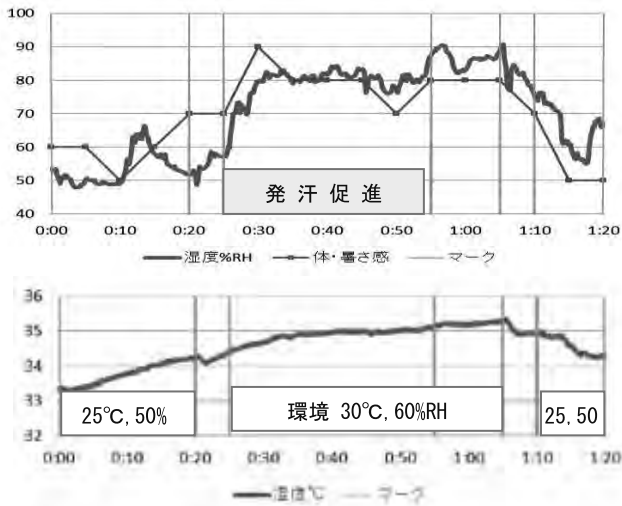


図2 試料A: 胸部の衣服内温湿度と体感暑さ

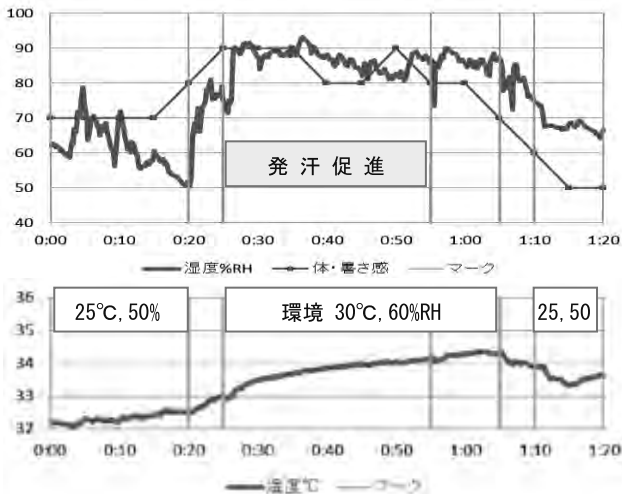


図3 試料B: 胸部の衣服内温湿度と体感暑さ

図2上は試料Aの胸部衣服内の湿度変化と暑さの官能評価、図2下は衣服内温度変化を示している。同様に図3は試料Bの胸部衣服内の同変化を示している。

一般的に試料Aは試料Bより、衣服内湿度はやや低く、逆に衣服内温度はやや高くなった。衣服内温湿度では両試料にこのような差があった。また、着心地感の良さはA>Bという被験者の主観的評価であった。

被験者の「暑さ」の感じ方については図2、図3の結果から、暑さの感覚は衣服内温度よりも、衣服内湿度の方が大きく影響していることがわかった。暑さの感覚には温度より湿度変化が関係する結果となった。

キーワード： 発汗、サーマルマネキン、暑さ、衣服内温湿度

Study about moisture transport in the clothes by a perspiration thermal mannequin

Production Technology Section; Takeshi WADA, Toshihiro NOJIRI

Product development Section; Miyuki NAKAHASHI

We charged people and a perspiration heat mannequin with the same clothes and made an experiment. As a result, a heat sense was related to the humidity in the clothes. It's important to make the point of difference of a person and a mannequin clear.

また、衣服内温度は発汗中は上昇して、25°C、50%RHの実験室に戻るまで上昇が続いた。

3.2 発汗サーマルマネキンの実験結果について

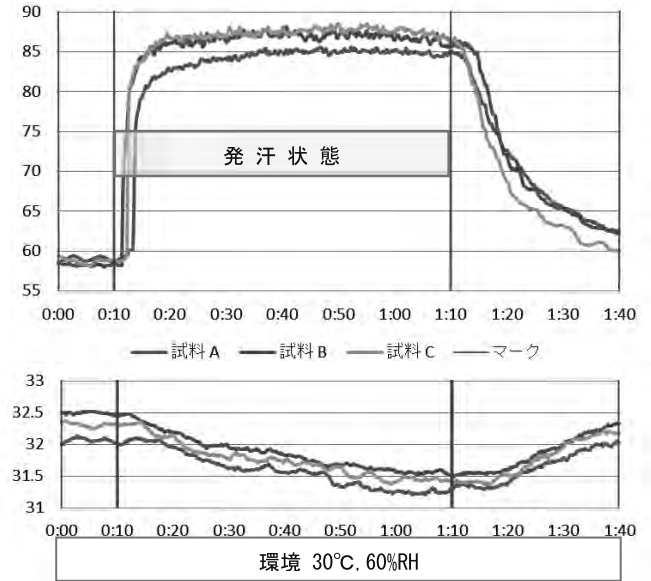


図4 試料(A, B, C)の胸部衣服内湿度温度変化

発汗サーマルマネキンの実験結果を図4に示す。図4上は試料A、B、Cの胸部衣服内湿度変化。図4下は胸部衣服内温度変化を示している。試料Aは、試料B、Cより湿度、温度ともやや低めに推移している。

被験者実験結果と比較すると、衣服内湿度はマネキン実験でも同傾向の変化である。しかし、発汗時の衣服内温度は被験者実験とは逆に下降した。この結果は、ヒトの場合は体温上昇し発汗する生理現象であるのに対し、マネキンの場合は発汗による熱損失が発熱能力を上まわり、定温度制御が不十分になったと思われる。

4. まとめ

ヒトの発汗現象は、体表面から余分な熱を放散し深部体温の上昇を防ごうとする生理反応であるが、発汗サーマルマネキンでのシミュレーションでは、マネキンの表面温度を定温度制御し、指定した水分量を吐出させるための装置であり、人体生理現象を再現するものではない。また、発汗のシステムや方法にも両者には相違点があることを明確に理解して、発汗サーマルマネキンを使用すべきである。この点をしっかり理解したうえで衣服評価に利用すれば、バラツキや個人差の激しい被験者実験よりも、効率的に衣服の客観的評価の方向付けが可能であると考えられる。