

発汗性を有する皮膚表面モデルの試作と発汗測定

梶井宏修 1), 根本鉄 2), 宮沢モリエ 3), 坂田貴士 4) 荻野広幸 4)

1) 近畿大学 2) 金沢大学 3) 大阪青山大学 4) テクノサイエンス(有)

Trial manufacture of sweating skin surface model and measurement of sweating

KAJII Hironobu 1), NEMOTO Tetsu 2), MIYAZAWA Morie 3), SAKATA Takashi 4) OGINO Hiroyuki 4)
KINKI Univ.1), KANAZAWA Univ.2), OSAKA AOYAMA Univ.3) TECHNO SCIENCE Ltd.4)

Abstract : In the daily life, there are air temperature, humidity, convection and radiation as basic thermal environmental elements and heat and mass transfer as the materials side. Temperature of the material becomes higher because winter clothes material absorbs sweat. It is difficult to evaluate thermal insulation value of clothing with thermal fabric materials. In measuring for respiration quantity from human skin, subjects feel that it is very hard to keep the posture in the warm or hot condition for a long time. We made two skin models with coequal quantity of perspire. One is flat board type and the other is portable type with human body curve. Skin surface temperature and quantity of perspire are controlled with step patterns. This model doesn't have micro pipeline for perspiration. In stepped change, the model's quantity of perspiration is controlled approximately equally with that of human body. The perspiration was measured and analyzed with two types of meter; one was humidity measurement of finite differences methods and the others was silica gel methods.

Key Words: sweating, perspiration meter, thermo gear, skin model

要旨 : 日常生活で、基本的に熱的性能に関わるものとしては、熱環境要素としての気温、気湿、風速や熱放射があり、材料側として熱と水分移動がある。冬の衣服素材が汗を吸うことによって、素材の温度が高くなるものがあり、サーモギアを衣服の断熱抵抗値で評価するのは難しい。長時間にわたり暖かい環境で、人の皮膚の発汗を測定することは、測定時には被験者への負荷が多い。今回、平板皮膚モデルと人の曲線に合わせた面を有する2つの発汗モデルを作製した。皮膚表面温度と発汗量はステップ状態で調節した。作製したモデルは汗を出すためのパイプをセットしていないが、ステップ変化において、そのモデルの発汗量を人体の発汗量とほぼ同様にコントロールした。ここでは発汗を差分法の湿度測定およびシリカゲル法によって測定し分析を行った。

キーワード : 発汗 発汗計 サーモギア 皮膚モデル

1. はじめに

温熱環境要素（気温、気湿、風速および熱放射）などの測定は一般的であるが、中庸な環境を超えた発汗を伴う環境では、風速や接する衣服の状態で皮膚からの放熱量が変化する。繊維については素材や構造の進化により多種多様なものがみられる。機能性繊維製品を利用したアパレルは従来の特性を超えた性能を有している。日常生活での熱的性能に関わるものには、基本的に材料側は対流熱伝達、放射熱伝達および熱伝導と水分移動がある。近年、冬の衣服として吸汗発熱するものがあって、単に温熱環境評価指標に対応させて良いか判断に困る。実際の性能を測定するには、センサの適切な利用校正、調整が重要である。ここでは発汗計の簡易な調整や比較繊維の湿気の特性の傾向を把握するための装置を試作した。実際の人を対象とする

発汗試験の準備を行うに当たり、長時間拘束することについては倫理的に問題が多い。したがって、発汗する平板皮膚モデルと人の曲率に合わせた面を有している発汗モデルを作製した。皮膚表面の温度調整モデルを考え、ステップではあるが蒸発量を人体皮膚表面とほぼ同等に制御できる装置を作り、発汗計の測定を行った。有効利用が出来るよう発表し、示唆を得たい。

2. 実験方法

2.1 発汗皮膚表面模型について

均一に湿気を発生させる装置は比較的作りやすいと考えられるが、従来、皮膚表面が湿潤した状態で接着剤やテープで固定することは容易でない。本実験に於いて試作した発汗する皮膚表面の模型の構造は、温度を安定制御可能な材料の上に水分を十分含ませた材料

を置き、さらにその上にポリエステル平織にパイロン (BION) 樹脂を引いた布を置く。この状態で水蒸気が繊維から出て、通常汗腺から出るような状態ではないが、水蒸気が放出されることになる。

人口皮膚用特殊樹脂で覆われた通気性防水性布(東レ・デュポン社)は汗が見える大きさまで成長したものは通過せず、水蒸気の水滴の直径は約 $0.0004 \mu\text{m}$ であり、これらを通過させる。したがって、表面はしっとり感じるが濡れた状態ではない。テープなどで発汗計を固定することが可能である。

皮膚表面温度に制御された加熱板上で水分を含んだ不織布の上に直接防水性布を置いて測定した場合は、発汗量は最大 $0.6[\text{mg}/\text{cm}^2 \cdot \text{min}]$ である。一方、水分を十分含ませた不織布の上に平織りの布で多少の空間を設けると $1[\text{mg}/\text{cm}^2 \cdot \text{min}]$ 程度の発汗まで発生させることができた。制御は防水性布の下に断湿材をすべり込ませることで皮膚表面に相当する面からの蒸発の制御を可能にした。したがって、実際の測定以前に、チェックが行える装置の利用が可能になった。

2. 2 発汗量の測定について

過去、機器を使用せずに濾紙に汗を吸わせてその量を量る方法(小川 1994) や可視化の方法が行われてきた。また、発汗量を換気カプセルにより水蒸気量を測定する方法が行われ、我々も窒素ガスをカプセルに送り、小型薄型湿度計でカプセル出口の相対湿度と気温を計測し水蒸気量を求めたが、流量の安定制御に十分注意して測定した。今回、使用した発汗計は乾燥空気を必要とせず、室内の空気をカプセルにおくる差分方式換気カプセル型発汗計(スキノス SKA-2000)を使用した。エアーポンプで安定送風される室内空気と皮膚からの空気の水分量の差の絶対湿度計差で直接求めるものを使用した(坂口正雄, 大橋俊夫 2007)、(百瀬英哉, 坂口正雄他 2008)。これらは $0.1[\text{mg}/\text{cm}^2 \cdot \text{min}]$ の出力感度を有し、アナログ出力(1 V)は発汗量 $1[\text{mg}/\text{cm}^2 \cdot \text{min}]$ に対応する。

図-1 は小型発汗モデル写真である。これは、直径 25cm 加熱円筒で表面に不織布に防水布を掛ける方法で皮膚模型 Fig.1 Portable type とした。差分方式換気カプセル型発汗計センサとシリカゲルを用いた発汗計の測定写真を図-2に示す。



Fig.1 Portable type



Fig.2 Measuring system (flat board type)

3. 結果

1 秒ごとの発汗の記録例を図-3に示す。シリカゲ

ルを用いた方法は差分方式換気カプセル法より 60 秒程度の遅れが認められるが、実際の急激な発汗ではないのでさらに測定事例を重ねる必要がある。また、リサーチプロットからみると相関係数 0.78 を示した。連続した長時間の測定では変動記録の安定期に重量測定を行い真の重量増加分の変化で校正しながら測定するため精度が高くなる。

重量測定は 0.1mg 精度が好ましいが、50mg 程度の変化の場合 1mg 精度でも分析が可能であった。ここでは変化量が 6mg であり、はかりの精度は 0.1mg であった。

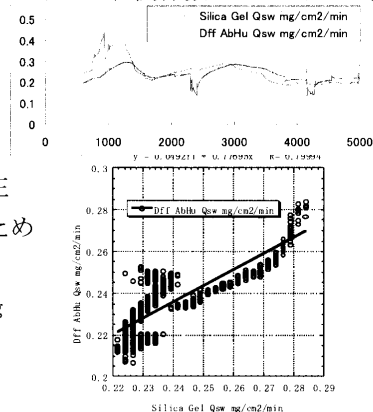


Fig.3 Correlation between silica gel methods and finite differences methods

4. まとめ

気温 25°C 、相対湿度約 50% の条件下で加熱加湿した人工皮膚を想定した熱特性と皮膚表面発汗するバイオ仕上げ布を用いた発汗実験結果から、次のような示唆を得た。今後、さらに検討を加えたい。

- 1) 測定は静止した状態で測定を始めるが、皮膚表面に発汗センサを取り付ける時の角度や力の加わり方が体の動きに対応していなければ、その後の変動はセンサの圧力のかかり方で異なり、値が変動する。中庸な $0.15\text{mg}/\text{cm}^2\text{min}$ 程度でも 40% 程度の変化がみられることがある。モデル実験では、一定温度と圧を保つと値は安定するが、角度が変化すると値は変化する。
- 2) 小型のシリカゲルを用いたセンサの値は測定原理に従い、測定値のみで発汗量の測定は可能である。この方法では、変動の傾向は確認できても客観的な値の測定においては誤差を含む可能性がある。

実際に測定前後の吸着した水分の重量を測定することでさらに精度の高い測定が可能となる。

5. 文献

- 小川徳雄 1994: 新汗のはなし 汗と熱さの生理学. アドア出版
坂口正雄, 大橋俊夫 2007: 夜間睡眠中のヒト各部位の発汗量計測. 計測自動制御学会中部支部シンポジウム 2007 講演論文集, 111-112 など
百瀬英哉, 坂口正雄他 2008: 流量補償方式換気カプセル型デジタル発汗計の開発. 電子情報通信学会技術研究報告, MBE2008-39, 69-72

<連絡先>

著者名: 梶井宏修

住 所: 〒577-8502 東大阪市小若江 3-4-1

所 属: 近畿大学理工学部 建築学科

E-mail アドレス: kajii@arch.kindai.ac.jp