

寝具の保温性の検討

Studies on Thermal Properties of Futon, Japanese Style Mattress

坂野世里奈*・芳住邦雄*

Serina BANNO and Kunio YOSHIKUNI

Abstract: Heat conduction with respect to clothes including Japanese style mattress, futon, was experimentally examined in this study. In a well thermally regulated laboratory, heat transfer characteristics were investigated on a futon which was packed with tencel fibers. Electrical heater, insulator and futon were set to be in triple layers. The thermal conductivity and thickness of the insulator is known. Then heat transfer was evaluated through temperature monitoring at some parts of the futon. As a result, the performance of the futon was computed as TOG number. The thermal stability was discussed. Moreover, small size experimental system was investigated to obtain a more easier handling system and to examine thermal characteristics of clothes. Satisfactory performance was demonstrated in this study.

1. 緒言

寝具は、日常の快適性を確保するために不可欠な存在である。疲労の回復を図り、明日への活力を涵養するための心地良い睡眠を実現することにおいて重要な役割を果たすものである。

寝具の温熱特性を把握することが、最終的には、保温性能の数値化に至ることになる。これまでも、JIS L 1911に規定される試験方法がある¹⁾。しかし、これによつての熱安定状態を達成するには実験開始後、24時間以上の経過観察が必要と言われている。

また、より短い実験時間による寝具の温熱性能評価を行うことについて報告^{2,3)}がなされている。一方、被服における熱・水分移動の検討はこれまでも多くの報告がある⁴⁻⁶⁾。

本研究では、簡便な構成における熱移動の測定システムを開発するための基礎データを集積することを目的としている。

本研究では、第1に温湿度の十分に制御された実験室における実寸の敷布団における熱的特性を検討した。さらに、より小規模の熱移動系を設定してその詳細な特性を検討した。実用上の課題に適用しうるシステム構成の実現を目指している。

2. 実験方法

本研究では、厳密に温度・湿度が抑制された実験条件での実寸の敷布団における熱移動(図1)および、より簡便で小規模サイズな構成系での熱移動(図2)を検討し、寝具および断熱材の保温力評価を行った。保温力とは熱伝達係数を求めることにほかならない。

電力を発熱体とし、熱貫流量を各部位での温度測定に基づき見積った。対象としては、寝具および断熱材である。熱勾配から熱抵抗を算定することに主眼をおいている。

寝具には、テンセルを中ワタとする敷布団を

*家政学部被服学科

用いた。サイズは、実寸のシングル仕様であり、200cm×90cmである。厚みは10mmである。

断熱材は、ポリスチレン製であり、メーカー値としての熱伝導率は0.037W/(m・K)である。厚み1.5cm～3.0cmの試料を実験に供した。

図1においては断熱材(3.0mm)を介して実寸の試験布団の熱移動を計測した。図2においては、30cm×30cmの発熱体、断熱材、アルミ板を用いて、第1断熱材(1.5cm)を介してその上に厚みの異なる断熱材を設置して同様に計測した。

3. 実験結果および考察

3.1 実寸の敷布団での熱移動

制御された実験室での熱移動：温度 $20 \pm 1^\circ\text{C}$ 、湿度 $65 \pm 3\%$ 、気流0.3/s以下に保った恒温恒湿室において、各部位での温度を連続的に測定した。

図3～9は、制御された実験室における布団(厚み10mm)に関わる熱移動特性である。中ワタはテンセルである。

発熱体上部の温度変化を図3に示した。実験開始当初から 45.6°C 程度のレベルにあり、200分経過後まで上昇傾向にある。200分から400分までは、安定している。変動幅としては $0.1 \sim 0.2^\circ\text{C}$ にある。熱貫通量の評価にはこの変動は

無視しえないとも見られる。

図4は、断熱材上部の温度特性である。4時間経過までは安定したレベルとは言えない。その後も緩やかな上昇傾向にある。7時間経過後までも増加幅は 0.5°C 程度ではあるが上昇傾向にあると見受けられる。この変動の要因を直ちに理解することは難しい。保温力を有効数字3桁で見積もるには影響しうる。

図5は、試験布団上部の温度変化である。図4の断熱材上部と同様に変化しており、安定領域に達するには4時間が必要となっている。固より、断熱材上部による影響であるが、容易には理解しがたい特性である。

図6は、室温の特性である。十分に安定している。

図7は、A点とB点、図8はB点とC点の温度差である。時間の経過とともに平衡値に近づいて行く。図9は、それらに基づく試験布団の保温力である。平衡状態ではTOG値4.50と見積もられた。断熱材の保温力が、TOG値表示では7.5であることに基づいている。

3.2 簡便な系での熱移動

図10～16は、図2に示した構成における温度変化特性を示している。約3時間にわたり、6秒ごとにデータをロガーに取り込んでいる。初

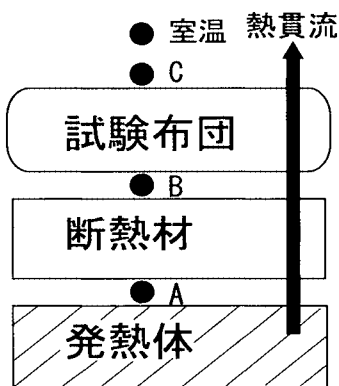


図1 温湿度の制御された室内での実寸布団の電力発熱による保温力試験
●：温度測定箇所

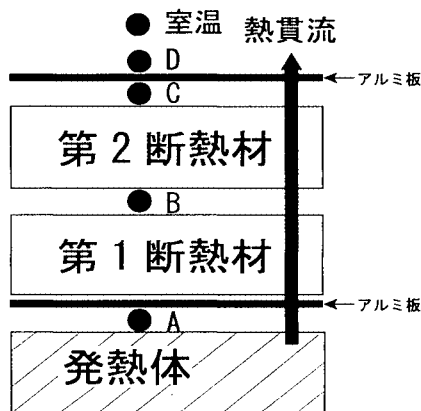


図2 温湿度の制御された室内での小規模装置による熱移動試験
●：温度測定箇所

期から約30分経過後には、各部位の温度は定常状態に達したと言える特性が示されている。室温22.4℃においてヒーター部の温度はON-OFF制御で39.6℃に維持されている（図10）。当然ながらこの系を通過する熱貫流量はすべての部位で保持されていると考える。

図10は、ヒーター上部の温度変化である。0.1℃の振れ幅で安定していることが認められる。図11は、第1断熱材上部の温度変化である。図10と同様に振れ幅0.1℃で安定している。図12は、第2断熱材上部の温度変化である。振れ幅は、図10および図11とは異なり、0.2℃と拡大している。図13はアルミ板上部の温度変化である。振れ幅は0.2℃である。図14は室温の変化である。振れ幅は0.4℃である。

こうした構成システム定常条件において、ヒーター部温度、すなわち、第1断熱材の上部温度と下部温度の差は6.86℃である（図15）。また第1断熱材の上端部つまり第2断熱材の下端部と第2断熱材の上端部との温度差は6.94℃である（図16）。実験誤差の範囲内で両者は極めてよく一致していると言える。第1断熱材と第2断熱材は、同一メーカーのポリスチレンでその熱電導はメーカー値で0.037W/(m・K)である。

したがって厚みが同一なれば、生じる温度差もまた理論的には同一であって然るべきである。本研究の実験系においてこうした一致が確認できた意義は小さくはない。つまりは、本実験装置の信頼性の根拠のひとつを示しているとも考えられる。

図17には、図2の構成において、上側の断熱材の厚みを変化させたときの各部位の温度を示した。横軸は、2枚の断熱材の合計の厚みを示してある。上側断熱材の厚みが増加するにつれて、第1断熱材上端部は保温されることにより、温度は上昇して行く。一方、第2断熱材の上端部は厚みが増すにつれて、ヒーターによる加温を受けにくくなり、温度は下降して行くことがわかる。こうした結果も、本実験系の熱移動シ

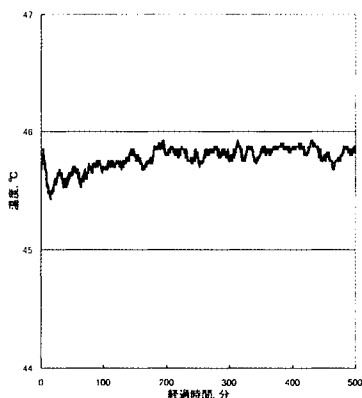


図3 発熱体上部の温度の経時変化 (図1のA点)

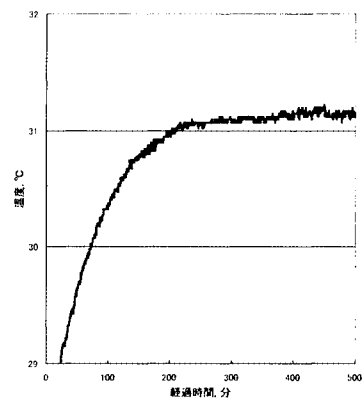


図4 断熱材上部の温度の経時変化 (図1のB点)

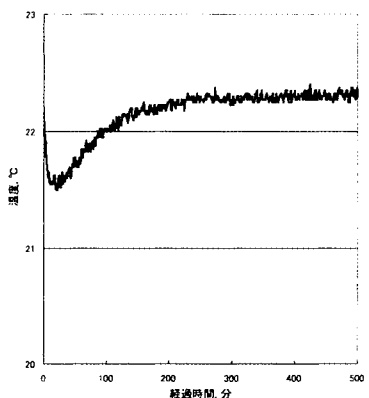


図5 試験布上側の温度の経時変化 (図1のC点)

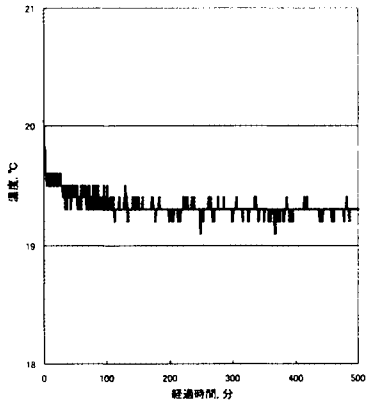


図6 実験室温度の経時変化

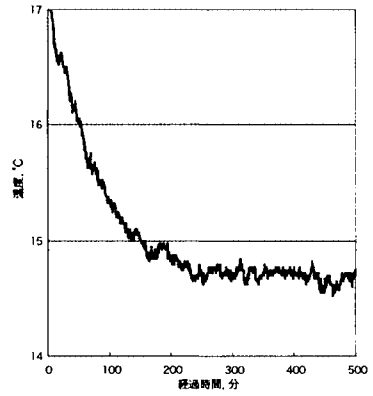


図7 断熱材の上面および下面における温度差の経時変化 (図1のA点とB点の温度差)

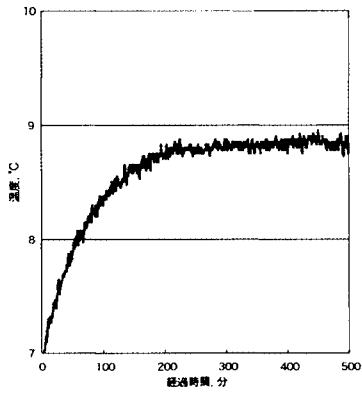


図8 布団(テンセル)の上面および下面における温度差の経時変化 (図1のB点とC点の温度差)

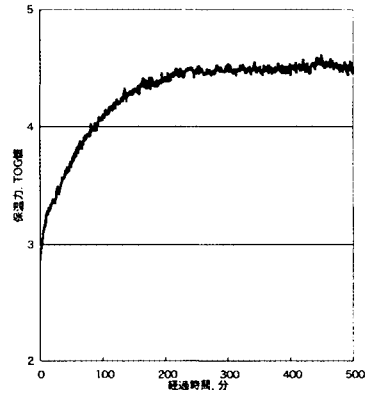


図9 布団(テンセル)の保温力計算値の経時変化

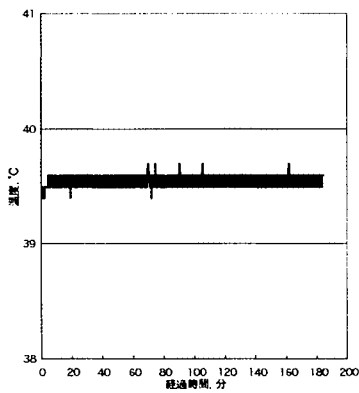


図10 ヒーター部上部の温度の経時変化 (図2のA点)

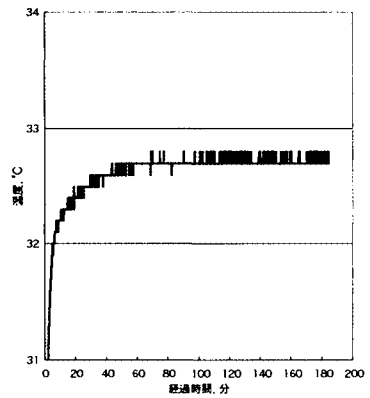


図11 第1断熱材上部の温度の経時変化 (図2のB点)

寝具の保温性の検討

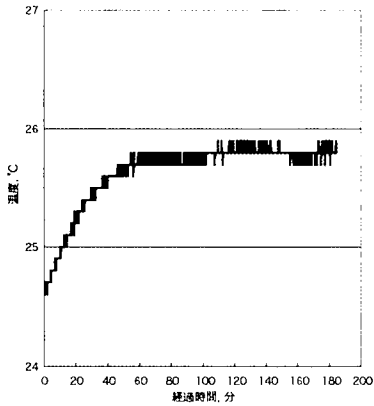


図12 第2断熱部上部の温度の経時変化 (図2のC点)

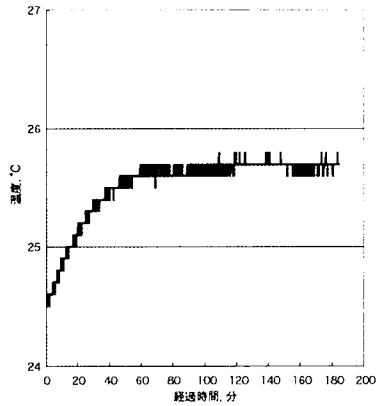


図13 アルミ板上部の温度の経時変化 (図2のD点)

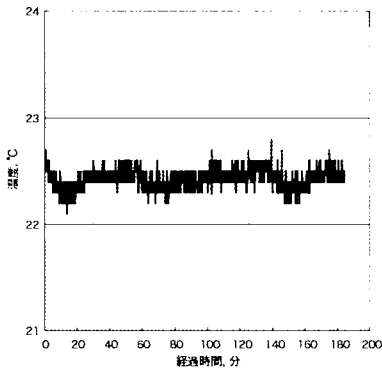


図14 実験室温度の経時変化

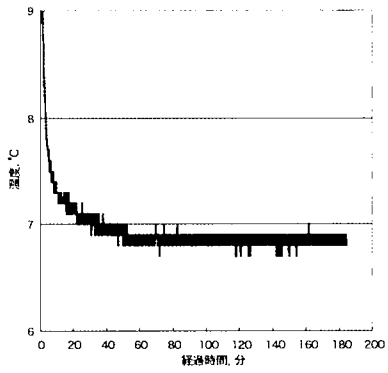


図15 ヒーター部上面および第1断熱材上面における温度差の経時変化 (図2のA点とB点の温度差)

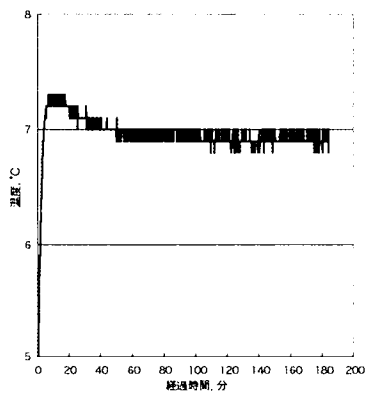


図16 第1断熱材上面と第2断熱材下面における温度差の経時変化 (図2 B点とC点の温度差)

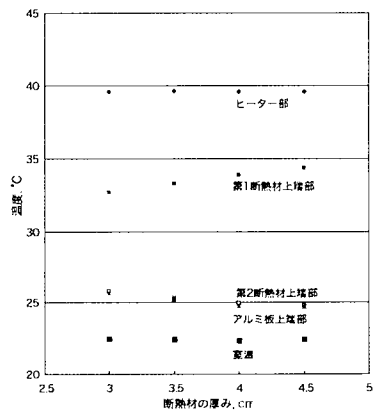


図17 断熱材の2枚重量による各部の温度への影響

システムとしての有効性を示していると考えられる。

4. 総括

寝具の温熱特性を把握する観点から、簡便な構成における熱移動の測定システムを開発するために有用な基礎データを得た。本研究では、第1に温湿度の十分に制御された実験室における実寸の敷布団における熱的特性およびより小規模の熱移動系での熱的特性を明らかにした。

実寸の敷布団における熱移動および簡便な扱いが可能なサイズでの断熱材における構成系での熱移動を経時変化における安定性の観点から検討した。相当な程度に制御された恒温恒湿の実験室においても熱移動の平衡状態を得るには8時間程度を必要とすることが示された。熱移動特性を高い精度で把握することの難度が確認された。

一方、本研究において提案した小規模の実験系の熱移動システムでの熱安定性は、上述の実寸の寝具を扱う実験室における成績と比肩する特性として実証できた。本研究の結果は、こうした装置の熱物性試験への適用可能性を示していると結論される。

引用文献

- 1) ふとんの保温性実験方法, JIS L 199, (2002).
- 2) 梶井宏修: 敷き布団の熱的特性と接触部の熱流および皮膚表面温度の変化について, 第18回日本睡眠環境学術大会抄録集, 18, 12, (2009).
- 3) 犬山義昭, 淀縄昌之: 室温と羽毛掛ふとんの保温性の至適値推定計算式の開発, 第18回日本睡眠環境学術大会抄録集, 18, 52, (2009).
- 4) 諸岡晴美, 丹波雅子: 肌着材料の熱および水分移動特性, 繊維製品消費科学誌, 27(11), 42-49, (1986).
- 5) 原田隆司: 衣服内気候の科学と衣生活, 繊維製品消費科学誌, 27(5), 23-30, (1986).
- 6) 潮田ひとみ, 光松佐和子, 菅井清美, 中島利誠: 絹衣料の熱・水分移動特性, 繊維製品消費科学誌, 37(2), 36-42, (1996).