

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 16 日現在

機関番号：32714

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2012～2013

課題番号：24650474

研究課題名(和文)衣服の快適性評価への新たな計測法の提案とその可能性

研究課題名(英文)The Proposal of New Measurement Technique for the Climate within Clothing and Its Possibility

研究代表者

鳴海 明(Narumi, Akira)

神奈川工科大学・工学部・教授

研究者番号：50100764

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,000,000円、(間接経費) 900,000円

研究成果の概要(和文)：衣服と皮膚の間の微小空間では、人間の発熱と発汗により生地を通しての複雑な熱と物質移動現象が起こっている。この空間は衣服内気候と呼ばれ、衣服の快適性に大きな影響を与えている。それゆえ、衣服内気候と快適性の関係を把握するためには、この空間における温度と濃度分布を正確に把握し、衣服を通しての移動特性を評価することが不可欠となる。本研究は、そのための新しい計測法としてホログラフィ干渉法と赤外線吸収法を組み合わせた計測法を提案し、本計測法の有効性を検討した。その結果、本計測法は衣服内気候を計測できる可能性を有することを確認できるとともに、さらに満足できる測定法とするための課題を見つけることができた。

研究成果の概要(英文)：In the narrow space between skin of human body and clothing called climate within clothing, there occurs the complicated heat and mass transfer through cloth due to heat generation and sweat at evaporation released from human body. To clarify the relationship between wear comfort and climate within clothing, it is very significant to obtain the transient distributions of temperature and vapor concentration simultaneously in this space. However, there is no useful measurement for such complicated phenomena.
This research proposed the new measurement technique of combining infrared ray absorption system with real time holographic interferometry and applied it to this space. As a result, this research could prove the possibility of new measurement technique proposed in this research with finding some subjects to develop the available technique.

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：生活科学・生活科学一般

キーワード：衣服の快適性 衣服内気候 温度・濃度分布非定常計測法 ホログラフィ干渉法 赤外線吸収法

1. 研究開始当初の背景

衣服の快適性は、温感、冷感、圧感などを感知する神経終末小体が皮膚にあることから、衣服と皮膚の間の微小な空間の温度・湿度・気流（以後、これを衣服内気候と称す）が大きな影響を与えていると言われている。衣服の快適性に関する研究は、主に家政学・繊維学の方面から行われてきた。例えば、衣服内気候についても、加熱銅板を皮膚、湿らせた和紙を汗と見なしヒートバランスから熱の収支を検討するという大体的評価が行われてきた。一方、それに関連した伝熱工学観点からの研究としては、円管周りに湿らせた衣服を巻き、熱伝達率を測定した研究がある。しかし、本研究で目的としている衣服を通しての熱・水分の移動のメカニズムを把握するために必要となる衣服内気候内の温度・湿度分布の非定常同時計測は試みられていない。

2. 研究の目的

衣服の快適性の要因の一つに衣服内気候と言われる人間の皮膚と生地との微小空間における温熱環境がある。しかし、その空間は身体からの不感蒸泄、発汗、発熱により形成される複雑な熱および物質移動の場となっていることに加え、さらに衣服を通して外部との間での熱および物質輸送にも支配されるという極めて複雑な現象である。この現象を把握するためには、この微小空間内外における温度・濃度の情報が必要となる。しかし、現在のところ、温度・濃度場の非定常同時分布測定のための有効な計測法は確立されていない。本研究は、この現象を計測するための新たな温度・濃度分布の同時非定常計測法を提案・挑戦し、衣服内気候の計測への道筋をつけることを目的とするものである。

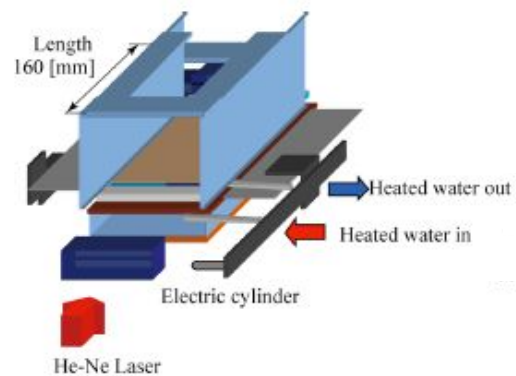
3. 研究の方法

本研究は、衣服内気候における人体からの発熱と発汗作用による衣服を通しての熱と物質移動現象を計測するために、ホログ

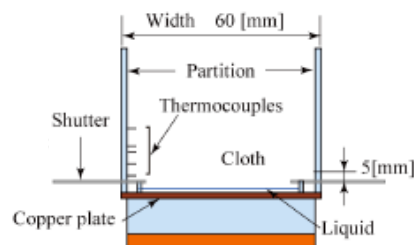
ラフィ干渉法 (HI) と赤外線吸収法 (IA) を組み合わせた新しい計測手法を提案し、その可能性について検討を行った。

本研究で用いた衣服内気候を再現した試験部の概略図を図1に示す。試験部の構造は、温度・濃度分布を測定する測定部、液体を満たしておく液層部と液温を一定に保つための恒温部から成り立っている。約 40℃ を一定に維持するための銅板部が皮膚に相当、その上方の液相部（プロパノール、水）が発汗部、その上方に液の蒸発を抑えるためのシャッター、液面から上方 5mm の位置に生地が設置されている。この液面と生地との間の空間が衣服内気候に相当する。

(1) まず第 1 段階として、本研究で提案した計測法の原理的な妥当性を確認するため、単波長の HI と IA を組み合わせた最もシンプルな光学系によるシステムで計測を行った。その光学系を図2に示す。



(a) Schematic of Test Section



(b) Front View of Test Section

図1 試験部概略図

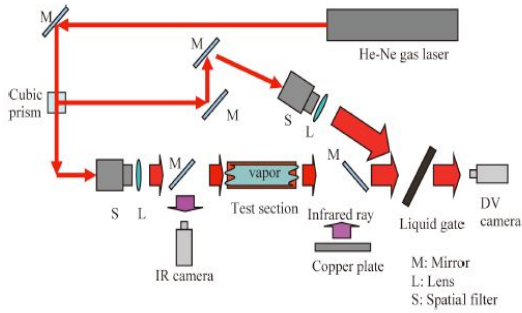


図2 HI と IA を組み合わせた光学系

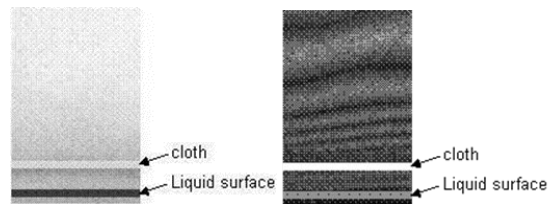
(2)次に、単波長 HI から二波長 HI (DWHI) に変更し、本計測法の精度の一層の向上を試みた。DWHI とは二波長を用いることで、波長の依存性の違いから温度と濃度を算出することができる手法であり、その得られた結果と前述の IA から求めた濃度値との整合性をとることにより測定精度の向上を図れるかを試みた。DWHI は光学系のセッティングがシビアであることから、最初に DWHI に関するノウハウを段階的に蓄積し、その後 DWHI に IA を組み合わせた実験を行った。それと並行して、測定長を増加させた試験部を製作し、光路長を拡大させることにより HI 自体の計測精度の向上も試みた。

(3)実際の発汗に近い水蒸気濃度分布測定に対応できるように、IA において遠赤外線から水蒸気吸収特性に優れた近赤外線を利用する計測システムを構築し、近赤外線を用いた赤外線吸収法の可能性を試みた。

4. 研究成果

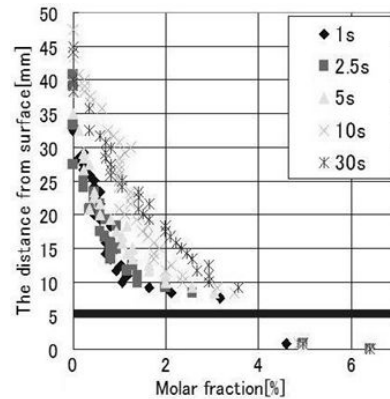
本研究で得られた結果を以下にまとめる。まず、単波長 HI と IA を組み合わせた場合の可視化画像および解析結果を図3と4に示す。図4は、測定幅中心における垂直方向のシャッター開放からの温度・濃度分布の推移を示す。ここで、図中の黒い水平線は生地を設置位置を示している。両図から、本研究で提案した計測法は衣服を通しての熱および物質移動の様子を定性的に捉えており、計測精度

には改善が望まれるものの本計測法は衣服内気候を計測できる可能性を有していることがわかる。つぎに、本計測法を実用的計測法として発展させるため、精度向上を試みた。すなわち、単波長に代わって二波長ホログラフィ干渉法 (DWHI) を導入し、温度・濃度計測の信頼性を向上させる、光路長を増大させ、ホログラフィ干渉法の感度を増加させて測定精度を向上させることを考え、測定部

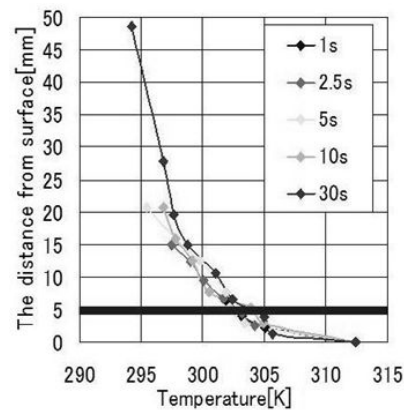


(a) IA 画像 (b) HI 画像

図3 可視化画像(綿、30秒後)



(a) 濃度分布



(b) 温度分布

図4 濃度・温度分布の推移
(綿の場合、シャッター開放後)

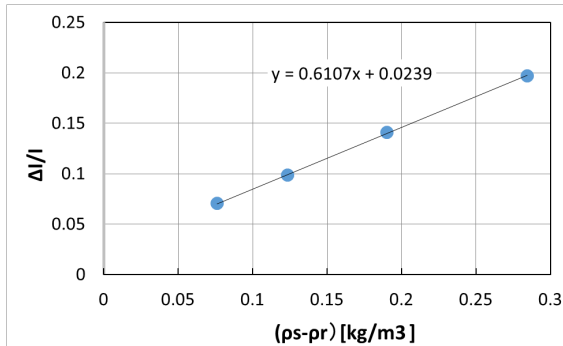


図5 水蒸気濃度と光強度の減衰の関係

の測定長を増大させた試験部の製作、プロパノールを汗とした実験に代え、実際の衣服内気候の計測に向けて水蒸気の吸収特性に優れた近赤外線を用いた吸収法システムの構築など3つの試みを行った。このDWHIの試みについては、解析が可能となる鮮明なHI画像を得ることには成功したが、試験部長さを増大させていない場合のHIによる測定精度の限界から単波長HIの場合に比べ期待したほどの精度の向上には繋がらなかった。

については、測定長(光路長)を300mmと約2倍にした試験部を製作した。しかし、より広い範囲にわたって生地をきれいに張ることの難しさおよびシャッター開閉時における計測領域への外乱の影響などにより、信頼できる測定が可能となる試験部を製作することができなかった。については、近赤外線光源としてハロゲンランプを、近赤外線カメラとして赤外線カットフィルターを取り除いた一般カメラを用い、その可能性を検討した。得られた光強度の減衰と水蒸気濃度の関係を図5に示す。この図は、水の温度を50~80まで変化させ、それぞれの温度における飽和水蒸気濃度と光強度の減衰の関係を示したものである。また、横軸の添え字sは各温度での飽和水蒸気濃度、rは基準となる室内に含まれている水蒸気濃度を示す。結果はきれいな直線的関係を示しているものの、50から80にかけての光強度の減衰の値は小さく、ハロゲン光の光強度のばらつきを考えると、実際の測定において精度の高い測

定結果を得ることが難しいことを示している。なお、今回の光学システムは新計測法の可能性を調べるため、一般的に使用されているカメラおよびハロゲン光を用いたことが精度に影響を与えた可能性も否定できない。精度の高い計測を行うためには、ハロゲン光照射の不均一さを防ぐため更なる工夫とともにカメラのイメージセンサーの近赤外線に対する感度特性およびハロゲン光の波長特性を把握することが重要となる。その検証のためには、少なくとも0.8μm~2μmの波長帯において優れた感度をもつ近赤外線カメラが必要となる。

以上、本研究では衣服内気候の計測に向けて、新たな計測法の提案を行い、その可能性を検討した。それと並行して、精度向上のための様々な試みを行ったが、本研究の範囲では顕著な精度向上に繋がる結果を得るまでには至らなかった。しかし、本研究で提案した計測法は原理的に衣服内気候の非定常温度・濃度分布を同時計測できる可能性を有していることを証明することができ、それとともに今後の衣服内気候計測に向けての新たな計測法を考える上でのヒントを得ることができた。

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1件)

Takako Ninagawa, Tadashi Konishi, Akira Narumi, Measurement of Microclimate within Clothing Using the Combination Technique of Infrared Ray Absorption Method And Holographic Interferometry, The Open Applied Physics Journal, refereed Journal pp.41-53, ISSN: 1874-1835
DOI: 10.2174/1874183501205010054

〔学会発表〕(計1件)

蜷川貴子、小西忠司、鳴海明、衣服内気候の計測に関する研究、第33回日本熱物性シンポジウム講演論文集(2012)、pp.182-184 .

〔図書〕(計0件)

〔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

鳴海 明 (NARUMI Akira)
神奈川工科大学・工学部・教授
研究者番号：50100764

(2) 研究分担者 なし
()

研究者番号：

(3) 連携研究者 なし
()

研究者番号：