

通風時および空調時における人体皮膚温度変動のパワースペクトルに関する熱画像解析  
その1 クラスタ分類による周波数領域別のパワースペクトル特性

正会員 ○飯野 秋成\*1 同 大場 正昭\*2  
同 飯野 由香利\*3 同 安中 哲夫\*4  
同 小寺 定典\*5

赤外線放射カメラ 高速フーリエ変換 周波数領域  
皮膚温度変動 クラスタ分類

1. はじめに

近年、室内環境の快適性向上のため、自然風を活用した通風の有効利用と効率的な空調の使用による省エネルギー化に関心が高まっている。通風と空調風の有効利用にあたり気流性状および、それに伴う人体の熱収支や温冷感の特性を把握することは欠かせない課題となる。

本研究では、2005年度<sup>1)</sup>と2006年度に実施した実験により、通風と空調風の気流性状が人体の熱収支および温冷感に及ぼす影響を、部位ごとの皮膚温度変動に着目して検討する。本報では、部位別・周波数領域別の観点から、人体の皮膚温度変動のパワースペクトル特性を明らかにする。

2. 実験概要

実験は、2006年8月10日～25日の期間に都市再生機構都市住宅技術研究所のKSI住宅実験棟202号室で行った。通風と空調風の気流環境下に椅座位の被験者またはサーマルマネキンを配置し、対象者の前方に超音波風速計(20Hz)と赤外線放射カメラ(30Hz)を設置する(図1)。今回の解析対象は4ケースとする(表1)。サーマルマネキンのケースでは各部位の皮膚温度を33.0℃に制御し、被験者のケースでは衣服(胸部)と前腕部を湿らせて測定を行なった。

3. 熱画像解析の手法

2006年度の実験では、30Hz収録の可能な赤外線放射カメラを活用して皮膚温度変動を撮影した。そこで、撮影した熱画像の処理や解析過程の主な内容を記す(図2)。

通風と空調風の気流環境下で20分間の測定を行い、30Hzの赤外線放射カメラによりサーマルマネキンと被験者を撮影する。測定開始から8192枚分(271.06秒)の熱画像を用いて、8つの部位で囲んだ範囲の皮膚温度を算出する。高速フーリエ変換(FFT)により、撮影した熱画像から皮膚温度変動のパワースペクトルを算出する(測定開始から136.53秒間)。次にパワースペクトルの平滑化により、パワースペクトルに比較的大きな変化がある箇所を分割して、いくつかの周波数領域に分ける。いくつかの周波数領域に分けた画像を重ね合わせて、画素ごとに類似した皮膚温度変動をクラスタ分類する。

4. 通風と空調風における皮膚温度変動のパワースペクトルの特性

4.1 部位ごとによる特性

まず、サーマルマネキンと被験者の8部位の皮膚温度変動のパワースペクトルを示す(図3)。皮膚温度変動のパワースペクトルは、サーマルマネキンの場合0.003~0.05Hzの低周波数領域で通風時は胸部と上腕部、空調時は上腕部

と手先部でパワースペクトルが高くなる傾向がある。また、通風時は空調時より低周波数成分が高く、部位によるパワースペクトルの差が比較的小さい。被験者の場合、通風時と空調時ともに着衣面のパワースペクトルは高く、前腕部と膝部で低くなる傾向がある。0.1~1.0Hzの周波数領域

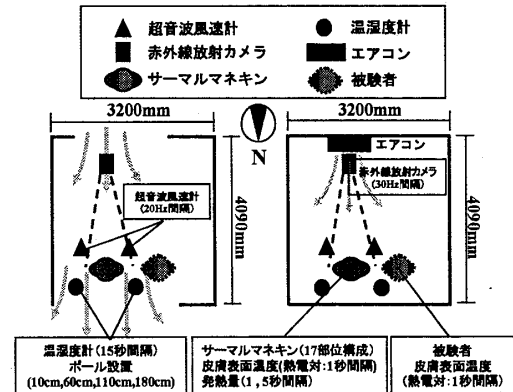


図1 測定室の配置図

表2 解析対象ケースの概要

ケース名	NV-TM	HP-TM	NV-S1	HP-S1
時間帯	9:00~9:20	16:32~16:52	17:10~17:30	17:38~17:58
気流環境	通風	空調風	通風	空調風
対象者	サーマルマネキン	被験者	被験者	被験者
平均温度(℃)	29.2	28.0	29.2	27.7
平均湿度(%)	73.0	58.0	70.0	56.0
平均風速(m/s)	0.59	0.81	0.88	0.76

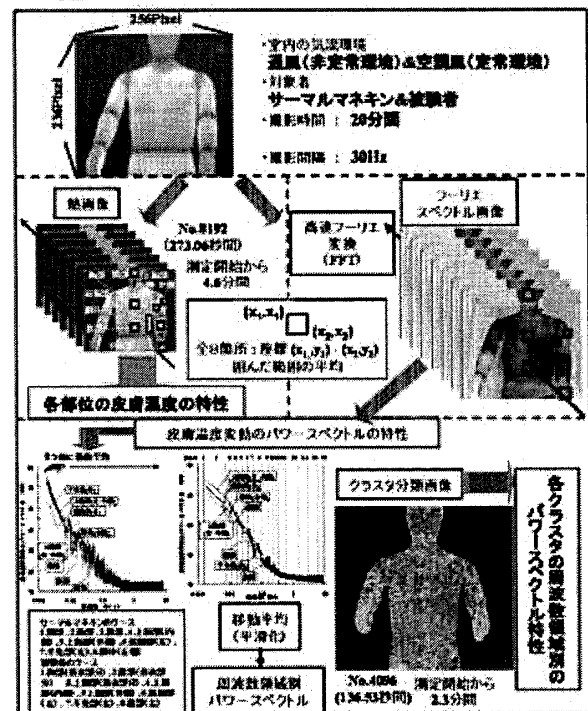


図2 熱画像解析フロー

Thermal image analysis of power spectrum of skin temperature change of human body under cross ventilation and air condition

Part1 Study on characteristics of power spectrum of skin temperature change by cluster classification

Akinaru IINO, Masaaki OHBA, Yukari IINO, Tetsuo ANNAKA and Sadanori KODERA

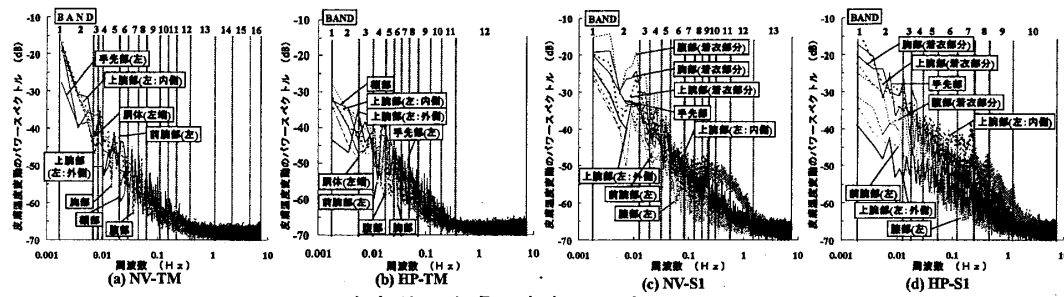


図3 各部位の皮膚温度変動のパワースペクトル

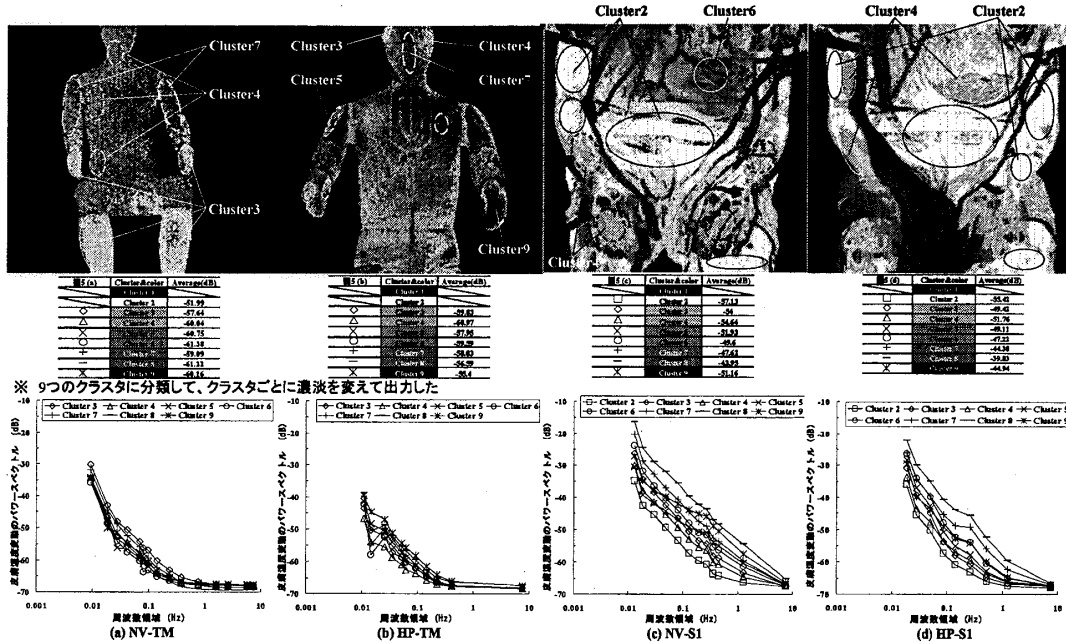


図4 皮膚温度変動のクラスタ分類画像と周波数領域別パワースペクトル

で、通風時は上腕部の内側と外側で、空調時は上腕部の内側と手先部で高くなる傾向がみられた。

4.2 各クラスタの周波数領域別パワースペクトル

今回の解析では、クラスタ分類（最近隣法）を用いて皮膚温度変動の部位別の特性を明らかにした。サーマルマネキンと被験者の皮膚温度変動を画素ごとにクラスタ分類した結果を示す（図4）。また、各クラスタの周波数領域別パワースペクトルを作成した（図5）。

まず、サーマルマネキンの場合、通風時では手先部と下腿部が同じクラスタとなり、皮膚温度変動のパワースペクトルは他の部位より低周波数成分が大きい。空調時では、上腕部と手先部の中央部分におけるパワースペクトルは低周波数成分が大きい、腕と胴体の端部では低周波数成分が小さい。通風は空調風よりほとんどの部位においてクラスタの種類が多く、大きなまとまりがみられない。それは、通風の風向変動と空調風の風向一定の違いによるものと考えられる。一方、被験者の場合、通風時では右側の上腕部と手先部でパワースペクトルのクラスタが異なり、上腕部は手先部よりパワースペクトルが小さい傾向がある。空調

時では、左腕全体で同じクラスタとなり、通風時より各クラスタにまとまりがある。また、通風と空調風ともに皮膚面（上腕部）と着衣面（腹部）で同じクラスタを示しており、それは衣服が湿っていた影響と考えられる。

6. まとめ

本研究では、通風時と空調時におけるサーマルマネキンと被験者の部位別皮膚温度変動のパワースペクトル特性について明らかにした。以下に得られた知見を示す。

- 1)サーマルマネキンの場合、通風は空調風よりほとんどの部位においてクラスタの種類が多く、大きなまとまりがみられない。
- 2)被験者の場合、通風時では上腕部は手先部よりパワースペクトルが小さく、空調時では左腕全体で同じクラスタとなり、通風時より各クラスタにまとまりがある。

【引用文献】

1)大場正昭, 飯野秋成, 飯野由香利, 安中哲夫, 下地恒英, 小寺定典: 通風と空調風および扇風機風の気流環境における温熱環境評価の特性  
 その1. 通風と空調風および扇風機風の気流特性, その2. 各気流下における温熱環境評価の特性, その3. 被験者の皮膚表面温度の特性, 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp.543-548, 2006

\*1 新潟工科大学 教授・博士 (工学)  
 \*2 東京工芸大学 教授・工学博士  
 \*3 新潟青陵大学 非常勤講師・博士 (工学)  
 \*4 新潟工科大学 大学院生  
 \*5 都市再生機構都市住宅技術研究所

\*1 Professor, Niigata Institute of Technology, Dr. Eng.  
 \*2 Professor, Tokyo Polytechnics University, Dr. Eng.  
 \*3 Lecturer, Niigata Seiry University, Dr. Eng.  
 \*4 Graduate Student, Niigata Institute of Technology  
 \*5 Urban Renaissance Agency Urban and Housing Technology Research Institute