

人体表面の放射温度分布を特徴量とするコサイン類似度を用いる着衣量推定

Estimation of Clothing Amount Using Cosine-Likelihood of Feature Amount of Radiant Temperature Distribution of Human Body Surface

○ 佐野祐士, 水谷孝一, 善甫啓一, 若槻尚斗 (筑波大), 小笠原英子 (防衛大)

Yuji SANO, Koichi MIZUTANI, Keiichi ZEMPO, Naoto WAKATSUKI, University of Tsukuba, and Hanako OGASAWARA, National Defense Academy

Abstract: The purpose of this research is to estimate one's clothing amounts from thermographs. If the clothing amounts could be estimated by using thermography, we can calculate Predicted Mean Vote (PMV) which indicates the thermal comfort, without using Thermal-mannequin. We proposed the estimation method using the relationship of the larger clothing amount, the larger temperature difference between body surface and cloth surface. The proposed method estimate clothing amounts by calculating the likelihood between the characteristic amounts of target thermography and the templates which were prepared for each of clothing amounts. We used the average temperature of head, arm, body and leg parts as the characteristic amounts and the Cosine-likelihood as the function to calculate the likelihood. From the experiments of Cross-Validation, the utility of the proposed method was confirmed in case the target was lightly dressed.

Key Words: Clothing Amount, Thermography, Predicted Mean Vote, Cosine-Likelihood, Radiant Temperature

1. 序 論

予測温冷感申告 (Predicted Mean Vote, 以下 PMV) は, 人体の熱負荷と人間の温冷感を結びつけた温熱環境評価指数として ISO 7730⁽¹⁾に定められており, 人間の熱的快適感を評価する指標として建築などの分野で用いられている⁽²⁾. PMV をはじめとするこのような熱的快適感とは人間の生活環境をより良くするものとして必要なものである⁽³⁾.

PMV の導出に必要なパラメータとそれらの関係図を Fig. 1 に示す. PMV を求めるためには 6 つのパラメータ (空気温度, 相対湿度, 平均放射温度, 平均風速, 着衣量, 代謝量) が必要となるが, 着衣量を除くパラメータは多様な測定方法が存在する一方で, 着衣量は衣服ごとに発熱量を測定できる装置 (サーマルマネキン) によってのみ測定されている⁽⁴⁾.

着衣量は着衣の熱抵抗のことで単位は clo である. 1 [clo] は気温 21[°C], 相対湿度 50 [%], 平均風速 0.1[m/s]の室内で着席安静の状態にしている人が快適である熱抵抗である. サーマルマネキンは高精度に着衣量を測定できる一方で, 非常に高価であり平易な測定方法とは言いがたい. また, サーマルマネキンはマネキンの着ている着衣量を測定するので, 人間の着衣量を直接測定することはできない.

人間の着衣量を測定することができれば, PMV の利用は建築物の設計段階に留まらず, オフィスでの空調などその場の人間の温熱環境に則したフィードバックを実現でき, 利用の幅が大きく広がると考えられる. また, 被測定者に負担を与えることなく非接触に測定することができれば, 更に PMV の有効性が高まると考えられる.

本研究ではサーマルマネキンでは測定できない実際の人間の着衣量を推定する手法として, サーマグラフィから得られた熱画像を用いる手法を提案する. 提案手法では, T シャツの着衣枚数を変えて熱画像の撮影を行い, 身体の部位ごとの放射温度を特徴量ベクトルとしたコサイン類似度から着衣枚数の推定を行う. 提案手法の有用性は実験により検証した.

2. 着衣量の簡易推定

2-1. 推定手法

着衣量が増すと熱抵抗も大きくなることから, 着衣領域と体表面領域の放射温度差を用いた着衣量の推定手法を提案する. Fig. 2 に T シャツを 1 枚着た成人男性と 10 枚着た成人男性の熱画像を示す. T シャツを着ている体幹部は枚数を重ねることにより放射温度が下がっていることがわかる. Fig. 3 に T シャツの枚数と体幹部と頭部, 腕部およ

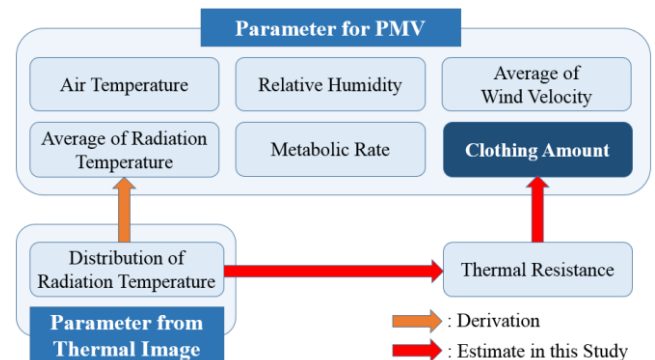
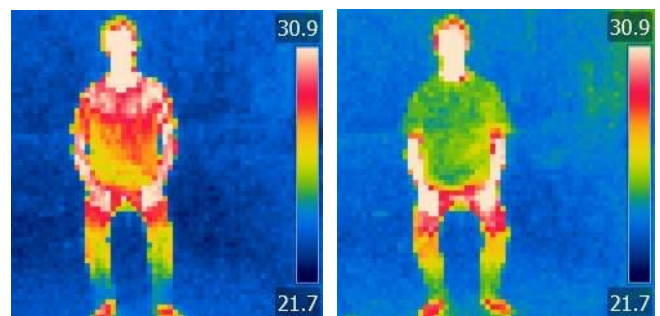


Fig. 1 Relationship between Parameters



(a) Number of Shirts : 1

(b) Number of Shirts : 10

Fig. 2 Thermal Images

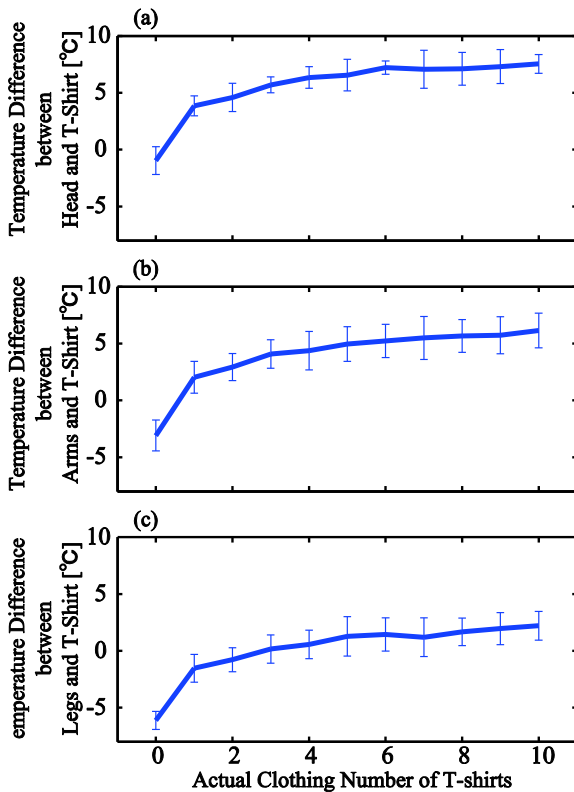


Fig. 3 Temperature Difference between Each Part of Body and T-Shirt (Room Temperature: 28°C, Mean and standard deviation of 10 Adult Man in Long Pants)

び脚部との放射温度差の関係を示す。

事前に用意した着衣量ごとのテンプレートを用いて作られるモデルと推定したい画像との類似度の計算により、着衣量の推定を行う。類似度の計算にはコサイン類似度を用いる。コサイン類似度 L_c は次式のように定義される。

$$L_c = \cos(\mathbf{p}, \mathbf{q}) = \frac{\mathbf{p} \cdot \mathbf{q}}{|\mathbf{p}| \cdot |\mathbf{q}|} \quad (1)$$

ここで、 \mathbf{p} , \mathbf{q} は熱画像から抽出した放射温度の特徴量ベクトルである。特徴量ベクトルの要素として頭部、腕部、体幹部および脚部の平均放射温度を用いる。

2-2. 検証実験

提案手法の有効性を検証するために、健康成人男性 10 名 (21~26 歳) を対象に熱画像の撮影を行い、クロス・バリデーションによる評価を行った。実験系を Fig. 4 に示す。熱画像の撮影には FLIR 社の E4 (熱分解能: 0.15 °C, 画角: 55° × 35°, 解像度: 80 × 60) を用いた。環境温度を 23 °C に保った室内で、同種の T シャツを 0~10 枚着用した状態の成人男性の熱画像の撮影を行った。

クロス・バリデーションは、標本群からひとつだけ標本を取り出し残りの標本から推定を行う Leave-one-out 法で行う。クロス・バリデーションでコサイン類似度による着衣枚数推定を評価した結果を Fig. 5 に示す。

着衣枚数が 0~4 枚と比較的軽装の場合には誤差の小さい推定が可能であり、着衣枚数が 5 枚以上の場合には誤差が大きくなる傾向が見受けられた。これは Fig. 3 において着衣枚数が多くなるにつれて放射温度差の変化幅が小さくなるのが原因であると考えられる。

以上から熱画像を用いた着衣量の推定は可能であると考えられ、特に比較的軽装の場合で精度の良い着衣量推定の可能性が示唆された。

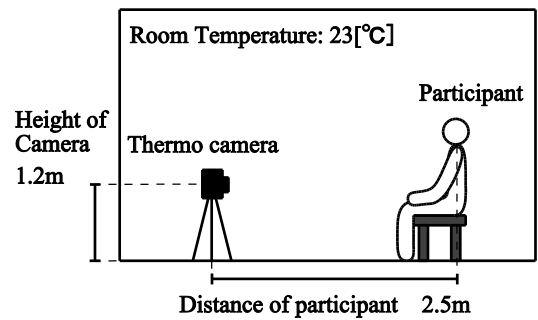


Fig. 4 Experiment System

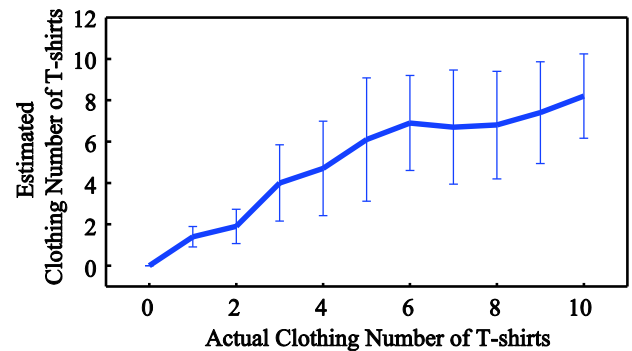


Fig. 5 Evaluation of Cosine-Likelihood of feature vector of each body parts radiation temperature by Cross-Validation System

3. 結 論

本研究では、サーモグラフィから得られた熱画像を用いることで、サーマルマネキンを用いない人間の着衣量の推定を目的とした。提案手法では、着衣量が増すと熱抵抗も大きくなることから、着衣領域と体表面領域の放射温度差を用いて着衣量の推定を行う。提案手法の有効性を検証するため、T シャツの着衣枚数を変えて熱画像の撮影を行い、事前に用意した着衣量ごとのテンプレートを用いて作られるモデルと推定したい画像とのコサイン類似度を用いる着衣量推定をクロス・バリデーションにより評価した。その結果、比較的軽装の場合には誤差の小さい推定ができることがわかった。以上より、熱画像から着衣量の推定は可能であると考えられ、特に比較的軽装の場合での精度の良い着衣量推定の可能性が示唆された。

参考文献

- (1) ISO7730: 2005(E): Ergonomics of thermal environment – Analytical determination and interpretation of thermal comfort using calculation of the PMV and PPD indices and local thermal comfort criteria, ISO, 2005.
- (2) 成瀬哲生, 梶井宏宣, 事務所建築における温冷感と熱的要素の季節変動について: 室温と温冷感と着衣量との関係について, 人間-熱環境系シンポジウム報告集, vol. 1, pp. 51-54, 1977.
- (3) 小笠原英子, 藪田豊, 水谷孝一, 石川幸雄, 温熱画像を用いた生活空間の温熱快適性評価法, バイオエンジニアリング講演会講演論文集, vol. 2004, no. 16, pp. 197-198, 2004.
- (4) 三平和夫, 多屋秀人, サーマルマネキンによる着衣の熱抵抗の測定, 空気調和・衛生工学会論文集, vol. 6, pp. 19-25, 1978.