

## 温熱生理学に基づく温冷感推定技術の開発

研究者：久保 博子 奈良女子大学 研究院工学系工学領域 教授

開発企業：坂本 真治 パナソニック株式会社

インダストリアルソリューションズ社 社長

(推薦者：磯田 則生 奈良女子大学 名誉教授)



久保 博子 氏



坂本 真治 氏

### 1. 技術の背景

エアコンが動作している部屋にいる際、暑く感じる人、寒く感じる人がいるなど温度の感じ方は多様で、すべての人が快適な空調を行うことは大きな課題であった。このことは、エアコンが家庭に広まりだした1960年代後半以降、約50年放置された顕在課題であった。この課題を解決するには、室内にいる人の温冷感（暑い寒い感覚）を推定することが必須となる。

従来、人の温冷感を推定するには手や足等の末梢部の皮膚温を計測する手法が取られていた。しかしこの手法では、非接触で手足等の小さな部分の皮膚温を計測するためには、高精細なサーモカメラが必要となる。さらに、末梢部の皮膚温計測は着衣に影響を受けやすく、正確な温冷感の推定が難しいといった本質的な課題があった。

この課題に対して、奈良女子大の久保氏は従来手法から脱却し、生理的メカニズムである体温調節反応に着目した。体内で発生する熱量（代謝量）と体から放射される熱量（放熱量）との熱収支バランスが取れていると、人は暑くも寒くもなく快適であると感じる。このことから、放熱量を計測することで温冷感を推定できるとの発想に至った。奈良女子大との共同研究を進める中でパナソニック株式会社は、画素数の少ないサーモカメラであっても人の放熱量を非接触で計測可能な画像処理技術を開発。これらを組み合わせることで、画素数が少ない安価なサーモカメラでも着衣の量に依らない非接触温冷感推定技術を実現、エアコン搭載に至った。

## 2. 技術の概要

本技術は画素数の少ないサーモカメラであっても、着衣の量に依らず非接触で人の温冷感を推定する技術である。従来技術の改善ではなく独自方式を提案したことで、従来課題を根本的に解決する独自の温冷感推定技術を確立した。

### ① 基本コンセプト

放熱量とは体から外部に熱がどれだけ逃げているかを表した量である。例えば図1左では薄着のため、体の表面温度（黒枠内）の温度が高く周囲に逃げる熱の量が多くなり、その場合は相対的に寒く感じ、逆に図1右の様に厚着であると体の表面温度（黒枠内）の温度が低いため周囲に逃げる熱の量が少なく、その場合は相対的に暑く感じているとの仮説を立てた。



図1：放熱量に基づく温冷感推定原理説明

この仮説に基づき、様々な室温、着衣量における人の放熱量と温冷感の関係を被験者実験にて調査した結果、図2の通り放熱量と温冷感との間に強い相関があることを確認した。これにより放熱量を計測できれば着ている服の量に関係なく人の温冷感を推定できることを実証した。

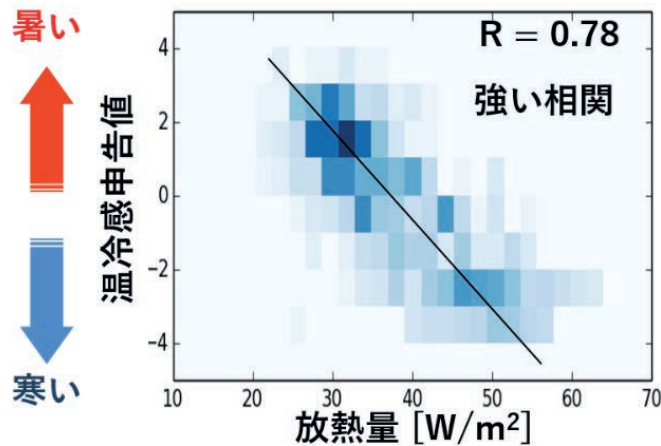


図2：放熱量と温冷感の関係

## ② 放熱量の非接触計測技術

人体の表面温度平均値（図3左黒枠内平均値）と周囲温度平均値（図3右黒枠内平均値）との差分を算出することで、非接触で放熱量を算出する手法を確立した。接触センサから求めた放熱量の真値（図4縦軸）と本方式により非接触で算出した放熱量（図4横軸）との間に強い相関を確認、体からの放熱量を非接触で計測できることを世界で初めて実証した。

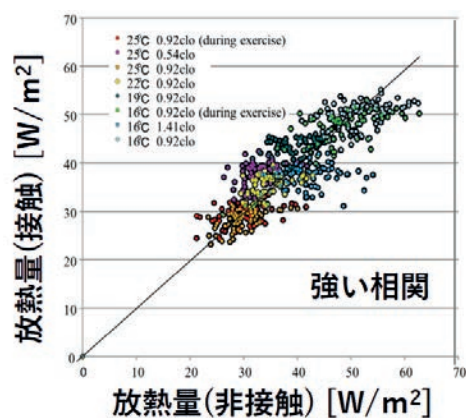
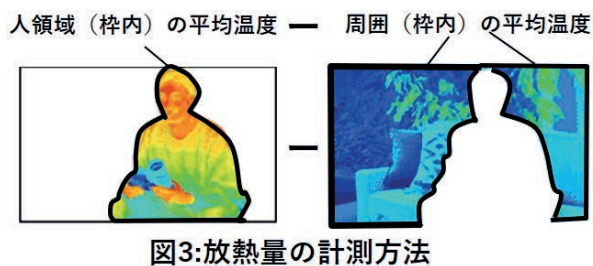


図4：提案した放熱量計測方法の検証結果

また、エアコン向けに商品化するには6 m先の人まで温冷感を推定する必要があった。しかし高解像度サーモカメラを使えばエアコン自体の価格が高くなり、商用化の大きな課題となる。この課題を突破するために、熱画像向け超解像技術を開発し(図5)、低解像度サーモカメラの解像度1.2倍化を実現。さらに画像劣化低減技術によるノイズ対策と合わせて、エアコンでも使用可能な6 mの測定距離を達成した。

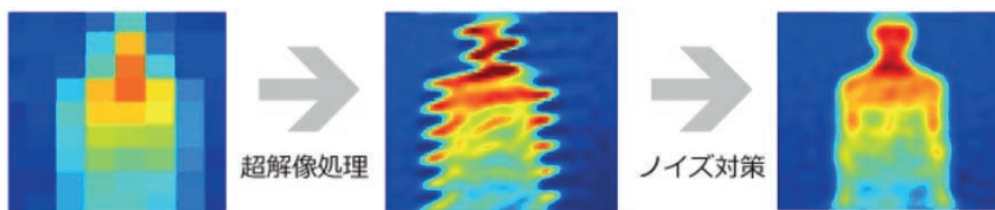


図5：6m先までの検知を可能にする超解像及びノイズ対策技術

### 3. 効果

以上の成果を元に、2015年にパナソニック株式会社は本温冷感推定技術を搭載した家庭用ルームエアコンを発売した(図6)。暑い寒いのかを見分けて一人ひとりを快適にできる世界初のエアコンとして、市場からは高い評価を頂いた。また、本技術は冷房時の冷やしすぎ等を自動で削減できることから、快適性のみならず省エネにも有効である。従来比で24%の省エネ効果を確認しており、2015年と2016年に2年連続で省エネ大賞を受賞した。さらには、冷やしすぎや温めすぎによる不快感は、オフィス等における能率低下の要因の一つともなり得る。本技術の適用による作業能率の向上等を含め、新たな展開が期待される。



図6：温冷感センサーを搭載したパナソニックエアコン