

申請者	学科名	人間情報工学科	職名	助教	氏名	島崎 康弘
調査研究課題	マルチノード人体温熱モデル構築による屋外空間温熱環境評価					
調査研究組織	氏名	所属・職		専門分野	役割分担	
	代表	島崎康弘	人間情報工学科・助教	環境熱工学	総括, 実験および数値解析	
	分担者	吉田篤正	大阪府立大学・教授	建築環境	人工気候室実験	
調査研究実績の概要	<p>(背景と研究目的)</p> <p>夏季暑熱疾患の発症数は増加し、今や温熱環境は健康にかかわる問題として広く認識されるようになってきている。安全・快適な生活空間を構築するにあたり、その空間の現状把握や改善効果、事前予測の観点から、環境の定量化ツールとして温熱環境指標が注目されている。屋内環境においてはISO規格が定められるなど研究が進展しているが、屋外空間の温熱環境は考慮すべき項目が多岐にわたり、温熱環境指標の構築が進んでいない。これまで申請者は、人体からの放熱および人体への受熱のバランスに着目した人体温熱状態予測モデルである「人体熱負荷量指標」を提案し、屋内温熱環境指標として確立させた。屋外実環境での人間生活を考えると、その空間の特徴は、「ふく射の影響が強い」、「非一様性が強く、時間変動する(非定常性)」、「人間が滞在または移動する」と集約できるため、現状の課題点を全て含有した形で新たな温熱環境指標として、人体熱負荷量指標を改良し、その活用を図る。そのために、人体熱負荷量の基本である皮膚を境界とした生体内外の発熱・放熱にかかわる伝熱現象および生理反応を部位毎に考慮したマルチノード人体温熱モデルで解明することを通して、人体温熱状態を理解・予測し、人体に与える周囲環境状態を定量的に温熱環境指標として提案・活用することを具体的な目標とする。</p> <p>(マルチノードモデルの構築)</p> <p>研究では人体温熱生理反応の部位差と着目し、人体温熱生理反応の把握と人体伝熱モデルの構築を行う。そこで、人体を16部位×4層(コア層・筋肉層・脂肪層・皮膚層の4層構造)+中央血液溜まりの65節に分割し、皮膚層は外部環境と対流・蒸発・放射による熱交換、Chest部のコア層のみ呼吸による熱交換を考えると次のように立式できる。</p>					

$$H_{i,j} \frac{dT_{i,j}}{dt} = Qg_{i,j} - B_{i,j} - D_{i,j} - Q_{t,i,j} - RES_{i,j} - E_{i,j}$$

$$H_{pool} \frac{dT_{pool}}{dt} = \sum_{i=1}^{16} \sum_{j=1}^4 B_{i,j}$$

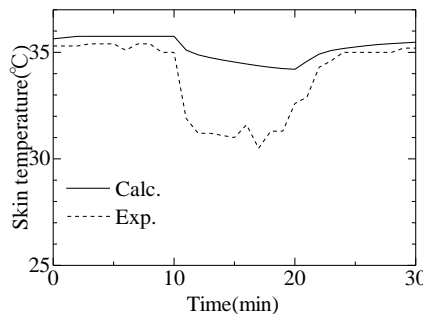
ここで、 H は各ノードでの熱容量 [J/K]、 T は各ノードの温度 [°C]、 Qg は産熱量 [W]、 B は血流による中央血液溜りと各ノードとの熱交換 [W]、 D は同じ部位内の隣接する層との伝導による熱交換 [W]、 Q_t は皮膚表面と環境の対流およびふく射熱交換 [W]、 RES は呼吸による熱損失 [W]、 E は蒸発熱損失 [W]である。

さらに、体組成計測（部位毎の質量）と3部位の周囲長計測を行い、計算ドメインに反映させた。

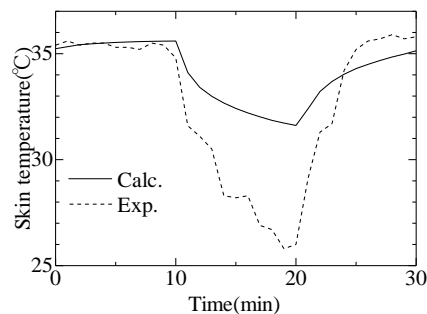
（モデルの検証）

身体的形状の異なる2タイプの被験者（痩身および肥満）を用いて、実験値と皮膚温度予測値とを比較した（詳細な被験者データは以下の挙げる講演論文集を参照）。環境温は暑熱環境（35 °C）～寒冷環境（10 °C）とし、実験開始0～10分は立位安静状態、10～20分は局所熱刺激付与、20～30分は立位安静状態の条件のもと、刺激部位は前額部と手甲部を選定し、温刺激（45°C）および冷刺激（15°C）を付与した。図1に暑熱環境時における冷刺激付与の計算結果と実測値を示す。図1 (a)は前額部、(b)は手甲部熱刺激時の結果であり、縦軸が熱刺激を付与した部位の局所皮膚温 [°C]、横軸は時間 [min] である。

調査研究実績の概要



(a) 前額部温度



(b) 手首部温度

図1 皮膚温度の経時変化

部位差について、体幹部である前額部と四肢末梢部である手甲部を比較すると、手甲部の方が局所熱刺激による皮膚温変化が大きい。寒冷環境下でも、同様のことが見られた。以上のように、様々な条件下での比較により、実験値と計算値において定性的な一致を得た。これまでの知見より、皮膚を境界条件とする人体伝熱量に応じた温熱的心理反応の傾向が明らかになっており、本結果より一定精度で非一様環境における温熱環境評価が可能となった。

（今後の課題）

さらに精度の高い人体伝熱モデルを構築するために、血流量や熱容量、筋肉量や脂肪量などの内部構造とより詳細な身体的形状の把握を行う予定である。

成果資料目録

内和田雅哉, 島崎康弘, 野津滋, 部位差と左右差を考慮した人体伝熱モデル, 第39回人間-生活環境系シンポジウム, 台場, pp. 95-96 (2015).
 倉嶋謙吾, 島崎康弘, 野津滋, 松谷俊輝, 全身および足部の温熱状態と快適性の関係, 日本機械学会 中国四国支部 第54期総会・講演会, 松山, CD-ROM 2pages (2016).