

熱中症リスク評価シミュレータの開発と応用

江川 隆輔 (東北大学サイバーサイエンスセンター) 柏 達也、田口 健治 (北見工業大学)
堀江 祐圭 (日本気象協会) 小寺 紗千子、神谷 俊樹、西村 卓 (名古屋工業大学)



研究背景と目的

- 熱中症による死亡者数は増加傾向。死亡例も報告。
- 本研究グループでは日本の夏場などの環境において、熱中症の主な要因である体温上昇、発汗量の解析を実施。
- 解析結果から熱中症のリスク評価を行い、熱中症予防の普及啓発活動に寄与することが目的。

解析手法

- 計算機上にて、様々な環境を模擬した仮想空間に人体モデルを配置，図1に示したフローチャートに従って体温変化や発汗量を計算。
- 温度上昇解析は生体熱輸送方程式を用いる。組織間の熱伝導や体表面から外気への熱伝達に加え，体温上昇に伴う発汗，血流量変化による熱輸送などの熱調整機能(システムバイオロジー)，太陽光吸収による熱発生を考慮し，時間領域有限差分法で逐次計算。

熱帯生育者運動模擬

- 血液温度計算高精度化のため，人体モデルを5分割→14分割とし，交流係数を用いて動脈温度および静脈温度を考慮した血液モデルを実装，全身の血液温度の細分化を行った。細分化コード部分についてベクトル化，並列化を行い，成人モデルにおける3時間暑熱ばく露の計算時間は29秒であった。
- これらのコードを用い，昨年の成果である熱帯生育者モデル(図2)について，Wakabayashiらの60分の半側臥位サイクリング運動実験(外気温湿度:10分間で28℃~32℃, 50%~70%まで線形に上昇→50分間32℃, 70%を維持，図2)を模擬した。
- サイクリング運動においても実測値と解析結果によい一致が得られた。これにより熱帯生育者の長期暑熱順化モデルの有用性を確認した。

今後の展望

- 熱中症搬送者数などの統計データ、気温や湿度、暑さ指数などの気象データと解析結果との関連性の調査
- 幼児、成人女性、妊娠女性、前期高齢者、後期高齢者モデルにおいて、様々な気象環境における解析試算
- 冷帯、温帯、熱帯出身者の暑熱順化モデルの確立

解析結果・グラフ

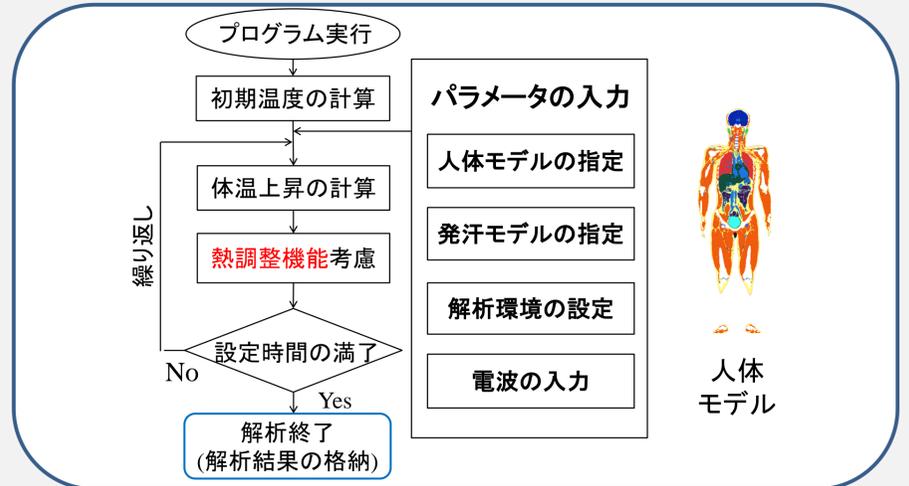


図1. 解析のフローチャート

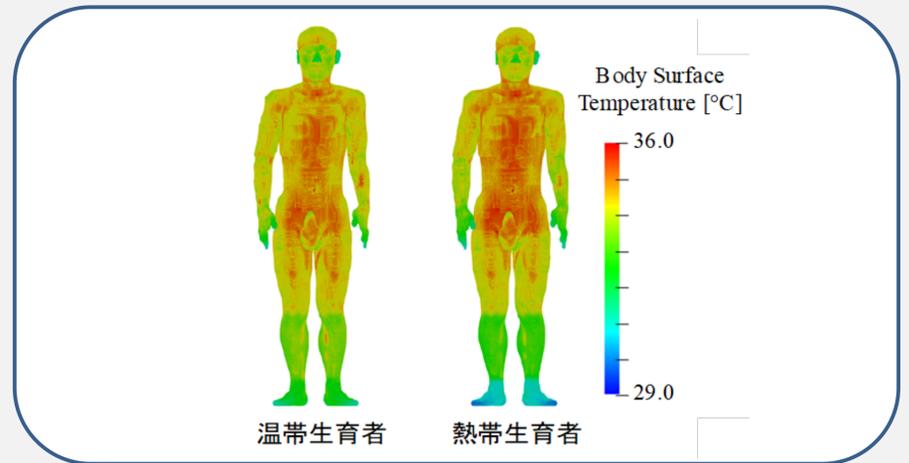


図2. 体表面温度分布 (左:温帯生育者モデル, 右:熱帯生育者モデル)

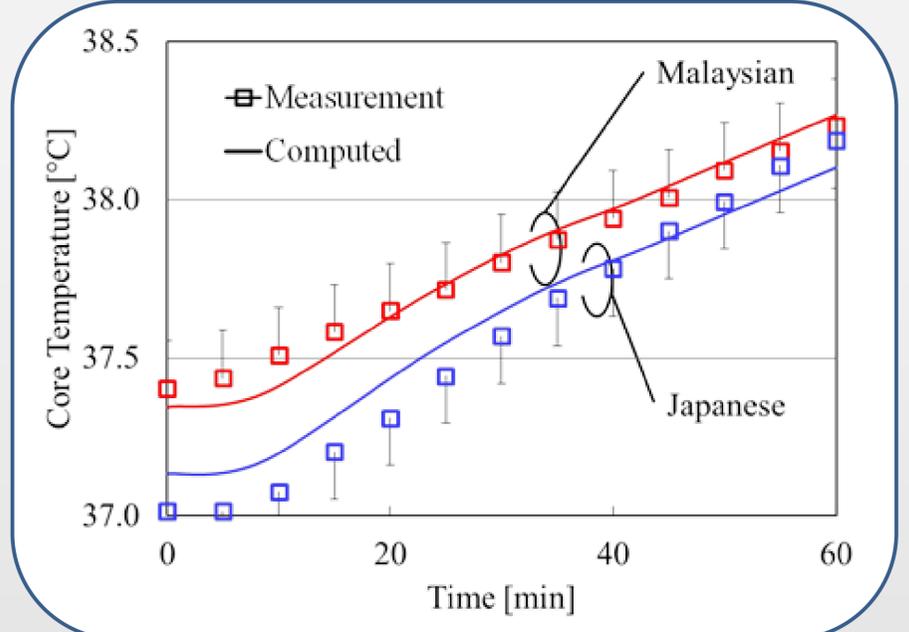


図3. Wakabayashiの実験における深部体温の変化

- 熱帯生育者モデルによつての四肢と体内深部温度の温度差(図2参照)を模擬することができ，その温度勾配の大きさによつて四肢への熱伝達が増加し，運動による深部温度上昇が抑制された。
- 運動負荷による深部体温変化を，構築した生育環境による長期暑熱順化モデルによつて推定可能であることを示した。(図3参照)