

ウェアラブル深部体温計の開発と評価

時澤 健¹⁾, 土基 博史²⁾, 志牟田 亨²⁾

1)労働安全衛生総合研究所 人間工学研究グループ; 2)株式会社村田製作所 医療・ヘルスケア機器事業推進部

Background & Purpose

- 近年、生体情報のリアルタイムモニタリングによる熱中症リスク予知システムが現実味を帯びてきたが、**深部体温を非侵襲的かつウェアラブルに測定する技術は確立されていない。**
- パッチ型センサで双熱流法の原理を応用して深部体温を推定し、侵襲的な測定による深部体温と比較すること目的とした。



Methods

対象 健康成人25名

(男性: 37 ± 7 歳, 174.2 ± 5.8 cm, 71.1 ± 5.1 kg, n=20)
(女性: 32 ± 5 歳, 157.5 ± 4.2 cm, 49.8 ± 5.4 kg, n=5)

- 環境温度35°Cグループ (男性10名、女性5名)
- 環境温度30&40°Cグループ (男性10名)

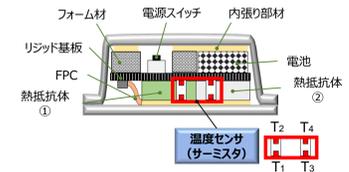
実験プロトコル



パッチ型センサシステム



内部構造 (断面図)



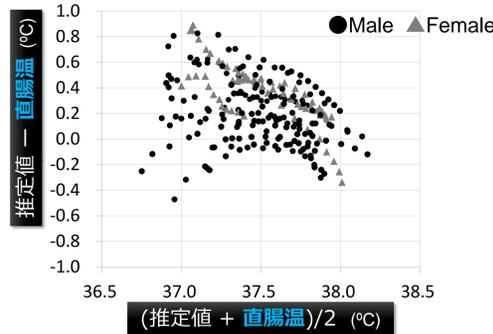
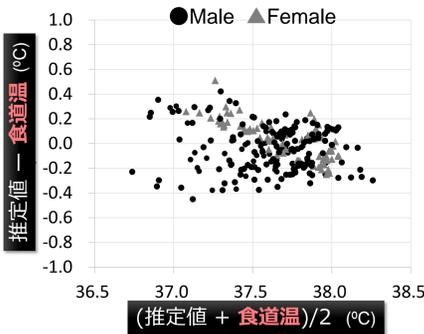
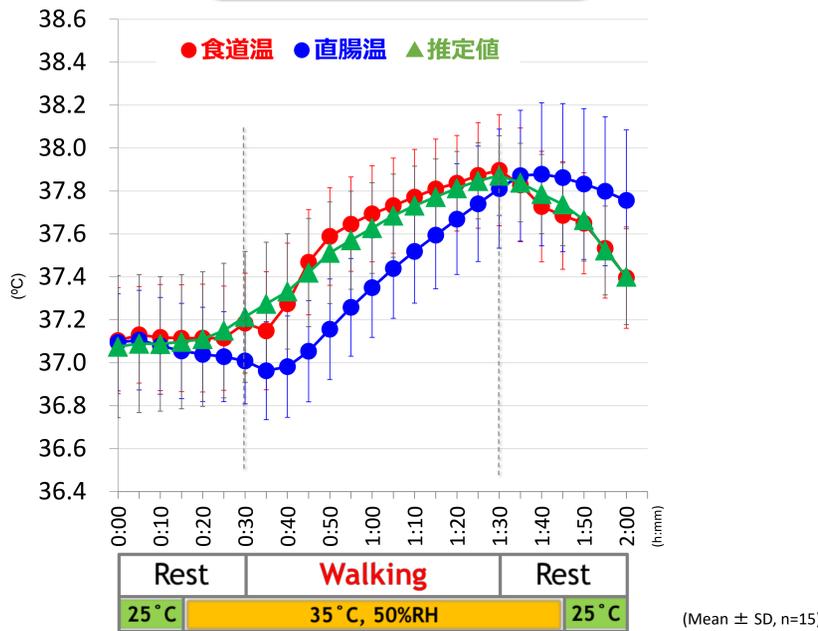
推定式 (非加熱型双熱流法)

(Kitamura et al., Med. Eng. Phys. 2010)

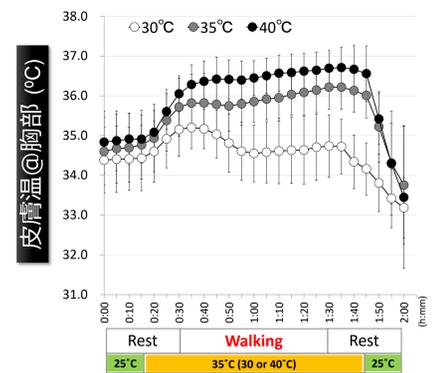
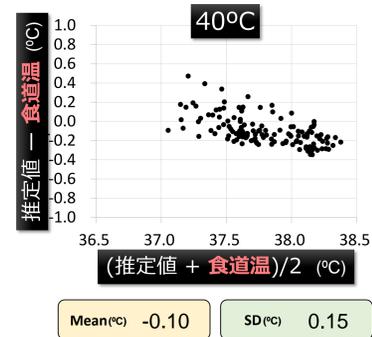
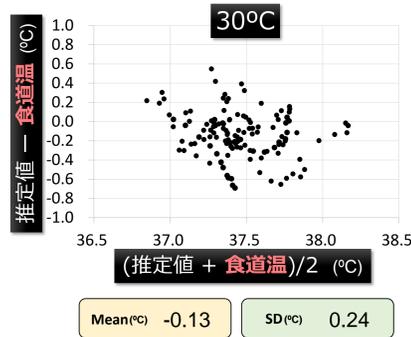
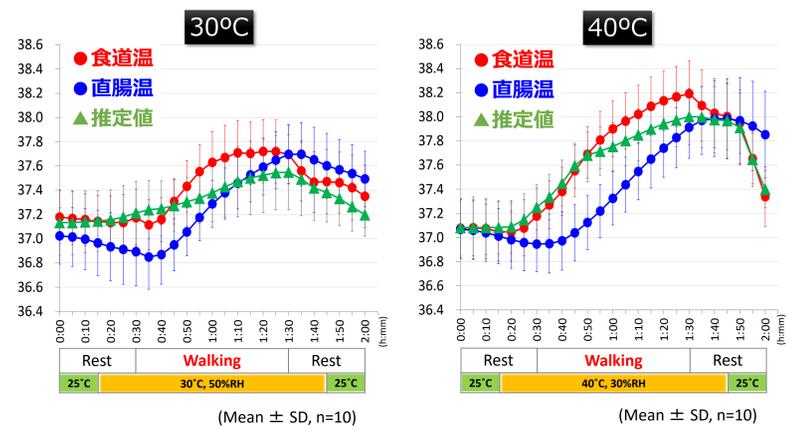
$$T_{core} = T_1 + \frac{(T_1 - T_2)(T_1 - T_3)}{K(T_2 - T_4) - (T_1 - T_2)}$$

を基に新たにアルゴリズムを求めた

環境温度 35°C



環境温度 30°C & 40°C



Conclusions

- 先行研究では有線型で前額において熱流補償法の原理から推定する方法や、心拍数などから推定する方法もある。それらと比較して誤差は同等であったが、シンプルなウェアラブル機器として優れており、作業に支障のない形態での熱中症リスク予知システムに貢献する可能性がある。
- 推定値は、直腸温よりも高く食道温よりも低い傾向にあったが、環境温度が30°Cの条件で誤差が大きくなった。これは皮膚温が低下することと関連する可能性があり、アルゴリズムの補正を今後検討する必要がある。

Perspectives

- 右図のように現在では管理システムは運用され始めている。作業員のウェアラブル計測として新たに深部体温が加わることで「暑熱負担」の総合的な評価が可能となる。
- 暑熱負担の総合的な評価として、深部体温、皮膚温、心拍数から算出する**PSIスケール** (右図) を用いて作業員のリスク評価を行うことが想定される。

現状のIoT技術を活用した管理システム



Physiological Strain Index (PSI, 生理学的負担指標)

