

ロバストな貼付け型深部体温センサの In-Vivo 検討

Robust Core Body Thermometer

¹NTT先デ研, ²バイオメディカル情報科学研究センタ, 日本電信電話株式会社

³人間科学院, 早稲田大学

○田中 雄次郎^{1, 2}, 松永 大地^{1, 2}, 田島 卓郎^{1, 2}, 瀬山 倫子^{1, 2}

飯居 海渡³, 和田 直樹³, 加藤 一聖³, 永島 計³

¹NTT Device Technology Laboratories, NTT Corporation, ²Bio-Medical Informatics Research

Center, NTT Corporation, ³Faculty of Human Sciences, Waseda University

○^{1,2}Y. Tanaka, ^{1,2}D. Matsunaga, ^{1,2}T. Tajima, ^{1,2}M. Seyama, ³K. ii, ³N. Wada, ³K. Kato, ³K. Nagashima

【序論】深部体温(CBT)の振舞いは、概日リズムを反映し、我々の体調に密接に関係している。従来の測定技術ではセンサを直腸等に挿入するため測定の負担が大きく、日常測定は難しい。代替手法には、皮膚に貼ったセンサで測定される皮膚温度と熱流束を用いて CBT を推定する熱流束法がある[1]。しかし、風等の対流に起因するセンサ近傍の熱損失がもたらす誤差が大きな課題の一つとなる。著者らは、トポロジー最適化手法により構造的に熱損失を抑える構造を設計し、風があっても誤差を生じないロバストな深部体温センサを提案している[2]。これまで数値解析とファントムを用いた In-Vitro 実験で有効性を確認してきたが、今回は In-Vivo 実験によって検証したので報告する。

【In-Vivo 実験】深部体温センサは被験者の額に両面テープで貼付けた。外気温 28℃、湿度 50% の気候室で行った。安静な状態で風(風速 1 m/s)を当て深部体温センサの誤差を評価した。誤差を評価するために用いる参照温度として鼓膜温を採用した。また、エルゴメータで軽い運動により深部体温を上昇させて追従性を評価した。本 In-Vivo 実験の倫理審査は早稲田大学にて行った。深部体温センサの測定値と鼓膜温を比較した代表的な例を図 1 に示す。深部体温センサの測定値は風が当たった直後に過渡的に大きな誤差が生じる。熱流束法は定常な状態を前提としているため、風でセンサ表面が急冷される際に温度分布が安定化するまでの熱流束を過剰に見積もってしまうことが原因である。そこで、今回は過渡的に生じている過剰な熱流束を対流と熱伝導による

温度変化の差と仮定し、下式を用いて補正した。 $H_{Over_est} \sim A \operatorname{erfc}(B/\sqrt{t}) - C\sqrt{t} \exp(-1/\sqrt{t})$ (1) A, B, C は比例係数でフィッティングにより求めた。一方、風が当たっている間は鼓膜温に対して高く、時間遅れがあることがわかる。これは、皮膚表面からの距離により風の影響の違いや大きな血管からの距離によるものと考えている。一方、運動により上昇した深部体温にも追従していることが確認できる。この時の相関係数は 0.96 で、誤差は $\pm 0.15^\circ\text{C}$ (2σ) であった。

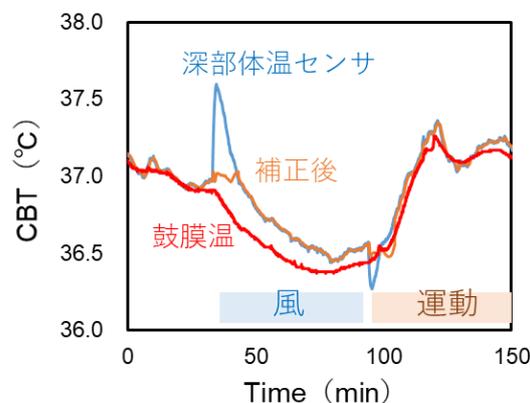


図 1 深部体温センサと鼓膜温との比較

【結論】

In-Vivo 実験により提案構造が風の影響抑制への有用性を示した。被験者数を増やして暑熱寒冷やスポーツなど様々な環境での適用性の検証を進める予定である。

参考文献

- [1] K. Kitamura et al., Med. Eng. Phys., vol. 32, pp. 1-6, Jan. 2010
 [2] 田中, 他 3 名, 2020 年第 81 回応用物理学会秋季学術講演会 (9a-Z12-8)