

■ はじめに

身体の水脱現象は、主に体内の過剰の温熱性発汗によって引き起こされる。本研究では、発汗量をモニタリングし、適切な給水のアドバイスをを行うシステムを提案する。ここで提案するシステムは、各種センサとマイコンボード、サーバコンピュータおよびディスプレイから構成される。センサで取得したデータから発汗量を推定し、ディスプレイに表示するとともに、発汗量に応じて給水要求指示を出す。

本稿では、このシステムの要である発汗量の推定方法およびその検証実験について報告する。

■ 活動内容

1. 発汗量の推定方法

本システムでは、温湿度センサ、脈拍センサ、赤外線温度センサを用いて、被験者の表面体温、相対湿度、心拍数、深部体温を取得する。まず、表面温度と相対湿度から、容積絶対湿度を計算により求める。ある一定期間の容積絶対湿度の変化量が単位面積発汗量となる。温湿度センサは全身に張り付けるのではなく、胸や背中などの7か所程度に装着して、被験者の皮膚面積から全身の発汗量を推定する。心拍数と深部体温は、発汗開始時刻を求めるために用いる。これは単位時間の発汗量を知るために必要である。

2. 検証実験

発汗開始時間と単位面積発汗量の検証について以下に述べる。実験方法は、次のとおりである。

実験条件(室内): 室温 $25 \pm 1^{\circ}\text{C}$ 、湿度 $55 \pm 5\%$

- 1) 被験者の準備: 実験の30分前に500mlの水分を摂取
心拍数は70~80BPMに維持
被験部位をクールエアで乾燥
- 2) 踏み台昇降運動の実施: 高さ40cmの踏み台を利用
テンポ: 80BPMで15分間

● 発汗開始時間の検証

ミノール法による発汗開始時刻測定と心拍数および深部体温の変化を記録した。その結果を図1に示す。ミノール法による発汗時刻と心拍数および深部体温の上昇が同時に起きていることが認められ、心拍数と深部体温を用いることで、発汗開始時刻(図1)を測定できることが分かった。

● 単位面積発汗量の検証

濾紙法による測定と容積絶対湿度の変化量を見ることで、発汗量の検証を行った。濾紙および温湿度センサは、胸一か所で測定した。

濾紙法では、乾燥済みの直径 $\phi 55\text{mm}$ の定性濾紙にシリカゲルを貼り付けたものを利用した。実験開始時の質量 m_0 、終了時の質量 m_1 とすると、変化量は Δm 、 S を濾紙の面積とすると、発汗量は $\text{Sweat}_{\text{measure}}$ となる。

$$\Delta m = m_1 - m_0 (g)$$

$$\text{Sweat}_{\text{measure}} = \Delta m / S (g/cm^2)$$

一方、温湿度センサの値は、運動開始時の温度、湿度を t_{start} 、 RH_{start} 、終了時を t_{end} 、 RH_{end} として、ここから容積絶対湿度変化量 ΔVH を求めると、次のようになる。

$$VH = \frac{217 \times 6.1078 \times 10^5 \times RH}{t + 273.15} \times 10^{-6} (g/cm^3);$$

$$\Delta VH = VH_{\text{end}} - VH_{\text{start}} (g/cm^3);$$

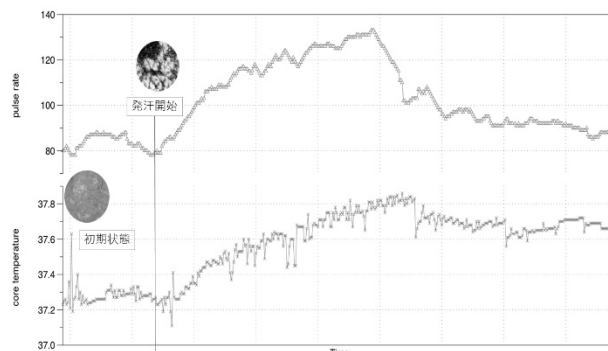
デバイスの容積および皮膚に接する面積を V_d 、 S_d とすると、推定発汗量 $\text{Sweat}_{\text{forecast}}$ は、次式で求められる。

$$m_{\text{evaporation}} = \Delta VH \times V_d (g);$$

$$m_{\text{sweat}} \approx m_{\text{evaporation}} / E (g);$$

$$\text{Sweat}_{\text{forecast}} = m_{\text{sweat}} / S_d (g/cm^2);$$

ここで、 E は汗蒸散係数であり、今回の実験では被験者の条件により、 $E = 0.0019$ を用いた。3回計測した結果を表1に示す。実測値と推定値に誤差が生じていることがわかる。この誤差は、運動時にセンサの密着状態が悪かったことが原因ではないかと考えているが、今後さらなる



実験が必要である。

図1. 発汗開始時間及び深部体温、心拍数

表1. 測定発汗量及び推定発汗量 (g/cm^2)

	first	second	third
measure	0.065	0.132	0.156
forecast	0.074	0.088	0.093

代表発表者 GONG RUI(ゴン ルイ)
所 属 産業技術大学院大学 産業技術研究科
創造技術専攻 村越研究室
問合せ先 〒140-0011 東京都品川区東大井 1-10-40
TEL: 03-3472-7831 FAX: 03-3472-2790
b1716rg@ait.ac.jp

■キーワード: (1) 発汗量
(2) 発汗モニタリング
(3) 温熱性発汗

■共同研究者: 佐藤 里恵
大畑 豊和
佐藤 洋平
村越 英樹 教授
産業技術大学院大学 産業技術研究科