

# 導電布上のセンサネットワークによるウェアラブルな体表面温度分布計測

大貫 亜美理 (環境浸透型エレクトロニクス研究室研究室)  
(指導教員 野田 聡人 准教授)

## 1. はじめに

近年、ウェアラブルデバイスの発展により、日常生活下で生体信号を生体信号を継続的に取得するライフログへの関心が高まっている。これに伴い、単点計測でなく、空間的な分布として計測する手法が注目されている。

体表面温度は血流変化、自律神経活動、炎症などの影響を受けることが知られており、その分布を取得することで単点計測では把握しきれない、身体状態をより多面的に評価できる可能性がある [1]。主な計測手法として赤外線サーモグラフィやスマートウォッチ、皮膚貼付型センサなどが挙げられるが、日常的な衣服にセンサ機能を統合し、着脱の容易さと長時間の連続した利用を想定した分布計測の手法は、一般に普及していない。衣服に多数のセンサを配置する場合、各センサを個別に有線接続すると配線が煩雑となり、装着性や可動性を損なう要因になりかねない。また、各センサへの給電方法も課題となる。

そこで本研究では、導電布を信号伝送路および電力供給路として用いる手法に着目する。導電布上で複数センサをネットワーク化することにより、無配線・バッテリーレスな、ウェアラブル体表面温度分布計測システムを実装する。

本システムが実現すれば、日常生活における体温分布の時系列データを常時記録することが可能になる。これにより、本人の自覚する体調不良と体温変動の相関関係や、時系列的な因果関係を明らかにできる可能性がある。また、生体状態の変化や異常の兆候など大まかな傾向を把握するためのスクリーニング的な用途への応用が期待される。

## 2. システム構成

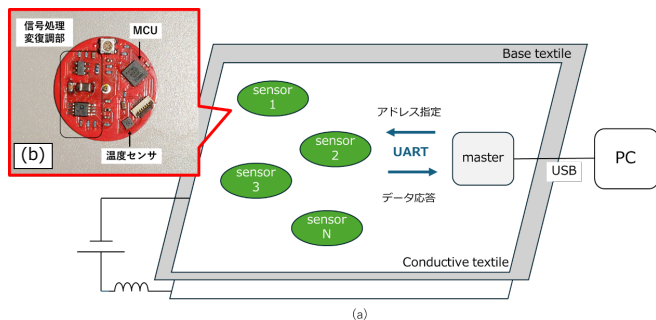


図 1: (a) システム全体の構成 (b) 実装したセンサ基板

本システムの全体構成を図 1 に示す。2 層の導電布 (VCC 層と GND 層) が、システム全体で共有される単一の伝送路として機能している。各センサは、この導電布を介して電力供給を受け、取得した温度データをマスターへ送信する。マスターは、収集した複数点のデータを PC へ転送し、PC 上でリアルタイムにヒートマップとして可視化する。

単一の伝送路上で直流電力供給と双方向のデータ通信を実現するため、以下の通信方式を採用している。

- **電力と信号の重畳伝送**: 直流電源電圧 (VCC) に通信用のパルス信号を重畳している [2]。
- **半二重 UART 通信**: 布上の通信には UART を採用している。ただし、2 本の信号線を用いる一般的な UART と異なり、1 本の信号線で双方向通信を実現するために半二重構成となっており、スイッチによる送受信 (Tx/Rx) 切り替えを行っている [2]。

- **ポーリング方式によるアドレス制御**: 各デバイスに固有のアドレスを割り当て、UART の送信フレーム内にアドレス情報を含めることで個別の通信を実現する。マスターが順次センサに送信要求 (ポーリング) を行い、該当するセンサのみが応答する。

## 3. ハードウェア実装

温度センサ (TMP117) と MCU (ATmega328P) からなる温度計測・制御を行う回路、および信号処理や変復調、送受信切り替えを行う通信回路を一体化した、直径 21mm の小型円形基板を設計・実装した (図 1(b))。ピンバジ状のコネクタを挿入することで、基板が布に固定されると同時に、布と電気的に接続される。

## 4. 温度分布の計測

導電布上に複数センサを配置し、手のひらの温度分布計測を行った。取得した多点温度データを PC 上で補間処理し、リアルタイムにヒートマップとして可視化した結果、局所的な温度変化や熱の広がりが見えられた (図 2)。

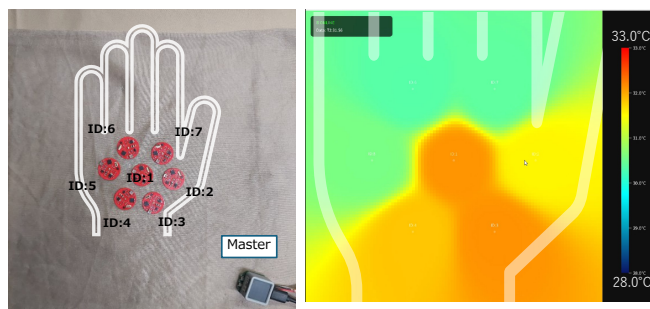


図 2: 7 台のセンサによる手のひらの温度分布

## 5. おわりに

本研究では、導電布を共通の伝送路としたセンサネットワークを構築し、ウェアラブルな体表面温度分布の計測システムを実装した。給電と通信の重畳、半二重 UART 通信、およびポーリング方式のアドレス制御による多点計測が正常に機能し、温度分布をヒートマップとして可視化できることを実証した。センサ数拡張や基板のさらなる小型化・フレキシブル化によって、実用的なウェアラブルデバイスへの発展が見込まれる。また本研究では、マスターと PC を USB で有線接続してデータを送信していたが、マスターを無線通信によりインターネットへ接続し、クラウド上でのデータ解析やスマートフォンアプリとの連携など、より多様なユースケースへの展開が期待される。

## 参考文献

- [1] B. B. Lahiri, S. Bagavathiappan, T. Jayakumar, and J. Philip, "Medical applications of infrared thermography: a review," *Infrared Phys. Technol.*, vol. 55, no. 4, pp. 221–235, 2012
- [2] Akihito Noda, "Demonstration of Asynchronous Serial Communication to Batteryless Modules on Conductive Textile", *IEEE 22nd CCNC*, 2025.