

屋内空調制御に向けた無線風速計の開発

小山 諒也[†] 水戸 慎一郎[†]

[†]東京工業高等専門学校 〒193-0997 東京都八王子市櫛田町 1220-2

E-mail: [†]mito@tokyo-ct.ac.jp

あらまし 風速の測定は人の感じる快適さを表す Predicted mean vote (PMV)指標の変数としてだけでなく、エネルギー消費を抑えながら換気をするにも必要となる。販売されている風速計は比較的高価で大型であり、無線計測に対応したものが少ないため、複数台を用いての屋内風速計測には用いづらい。そこで本研究では、屋内空調制御への応用を目指し、小型かつバッテリー駆動の熱線式無線風速計の開発を行った。開発した風速計の基板サイズは、横 35 mm、縦 50 mm、厚さ 11mm であり、無線モジュールによる無線計測と、間欠動作による低消費電力を実現した。一般に無風とされる 1m/s 以下の風速でも、市販の風速計に対して標準偏差 0.19m/s での計測を実現できた。

キーワード 無線風速計, 熱線式風速計, IoT

Wireless airflow sensor for indoor air conditioning.

Ryoya KOYAMA[†] Shinichiro MITO[†]

[†]Tokyo College, National Institute of Technology 1220-2 Kunugida, Hachioji, Tokyo, 193-0997 Japan

E-mail: [†]mito@tokyo-ct.ac.jp

Abstract Airflow measurements are important for effective air conditioning. It is key factor of the predicted mean vote, and essential for reducing energy consumption of HVAC devices. Commercially available anemometers are relatively expensive, large and do not support wireless measurements. It is not easy to use for indoor air conditioning. Therefore, compact, low power consumption, wireless, and low cost airflow sensor is required.

In this study, prototype of the hotwire type wireless airflow sensor for indoor air conditioning was developed and evaluated. The size of the developed device was 35 by 55mm. The obtained wind speed by the developed sensor showed good agreement with a commercial device.

Keywords Wireless anemometer, Hot wire anemometer, IoT

1. はじめに

屋内の環境を快適に保つ上で、風速は重要な情報の一つである。人体が感じる快適さを表す Predicted mean vote (PMV)指標を計算するための変数の一つ[1]であるだけでなく、エネルギー消費を抑えながら換気を行うためにも風速計測は欠かせない[2]。また、自然の風を取り込むことでエネルギー消費無しで住空間を快適に保つパッシブデザイン住宅の設計にも風速計測は欠かせない。最適な空調や換気のためには屋内の複数箇所について風速の計測を行う必要があるが、現在は比較的高価なロガーしかなく、このことが PMV 指標に基づいた空調や換気制御の課題となっている。風速計には風車型、熱線式、超音波式等があるが、風車型と超音波式はサイズが大きく、熱線式は消費電力と精度に相関があるためバッテリー駆動と無線化が難しい。しかし、熱線式風速計に適切なデータ処理と電源管理を組み合わせることで、必要十分な精度と低消費電力を両立できる可能性がある。

そこで本研究は、小型かつバッテリー駆動の熱線式

無線風速計を開発し、データ処理と電源管理を組み合わせた際にどの程度の精度が得られるか明らかにすることを旨とする。

2. 多点設置に向けたデバイスの構想

2.1. 熱線式風速計の測定原理

熱線式風速計は、抵抗の発熱で得た熱量と、風の冷却により奪われる熱量とが釣り合った温度から風速を推定する風速計である。加熱した熱線に風が当たると、風が熱を奪う。この冷却は風速に関係している。熱線風速計の熱線部で使用される材料として通常考えられるのは白金線である。しかし、コストが高くなると同時に消費電力が大きくなるといった問題がある。そこで本研究ではサーミスタを用いる。サーミスタを熱線風速計として使うには、温度変化に対して抵抗値の変化が大きいものを使う必要がある。中でも NTC サーミスタを使用した。NTC サーミスタは温度の上昇に対し指数関数的に抵抗値が減少する素子である。その抵抗値は次の式で表される

$$R = R_0 \exp \left\{ B \left(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_0} \right) \right\} \quad (1)$$

R [Ω]は温度 T [K]のときの抵抗値で R_0 [Ω]は温度 T_0 [K]の抵抗値である。 B [K]はB定数と呼ばれ、温度による抵抗変化の傾きを表している。つまり、NTCサーミスタを熱線式風速計として用いるには分解能を上げるためにB定数の大きな素子を使う必要がある

2.2. 製作したデバイスの概要

製作した基板 (図 1) の最大長さは横 35 mm, 縦 50 mm, 幅 11mm である。

基板の左上が測定部となっており、サーミスタが付いている。NTCサーミスタは、発熱をしやすくし、反応性を上げるため、抵抗値が小さく、サイズが小さい表面実装のNTCサーミスタを使用した。抵抗値は1k Ω でサイズは1.6mm \times 0.8mmである。

NTCサーミスタの抵抗値変化を測定するには、定電流を用いる。定電流はサーミスタの変化を見るだけでなく加熱の役割も果たしている。基板ではポテンショメータで電流値を設定できる。

測定値は定電流によるサーミスタの両端電圧を差動増幅器で得る。その電圧値を無線マイコンモジュール (TWE-Lite) と、搭載されているマイコンにより測定する。そして、TWE-Liteによりコンピューターに送信される。TWE-Liteはスリープ時の消費電流が約1.5 μ Aの無線マイコンモジュールで低消費電力を実現している。また、無線化することにより風速計を複数台導入して、多点計測をするには取り回しを容易にした。

搭載したマイコンは流す電流のON/OFFを制御する役割と、電圧値を測定する役割がある。測定した電圧値はシリアル通信でTWE-Liteに送られ、無線でパソコンに送信される。また、流す電流を制御することで、電流消費を下げる。これにより平均の消費電流を抑えた。10分に1回風速を測定した場合、消費電流は連続して流している場合の3分の1まで抑える事ができる。

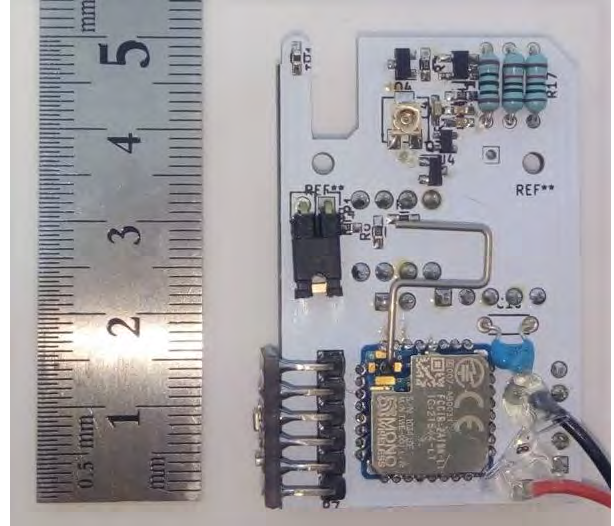


図 1 作製したデバイス

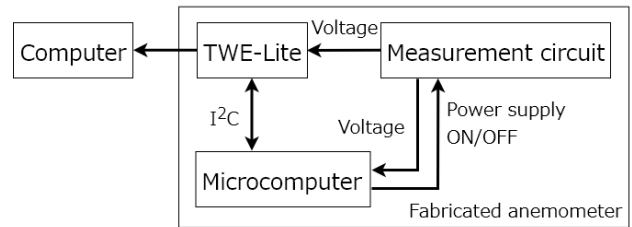


図 2 ブロック図

3. 実験結果

3.1. 風洞を用いた風速測定

風温と風速を変化させてサーミスタにかかる電圧の変化を調べた (図 3)。測定には自作の風洞を用いた。風を市販の風速機と作成したデバイスに当て、自動計測を行った。これらのデータをリアルタイムでパソコンに送信し、Pythonによりデータの受取と処理を行った。サーミスタに2.5mAの定電流を流し続け、温度、風速を変化させると、図4に示す測定データのグラフが得られた。グラフでは温度と風速の相関が見られ、風速との相関も見られる。温度とサーミスタに流れた電流値を説明変数、目的変数を風速にした線形回帰モデルを用いると決定係数が0.88で相関が見られた。

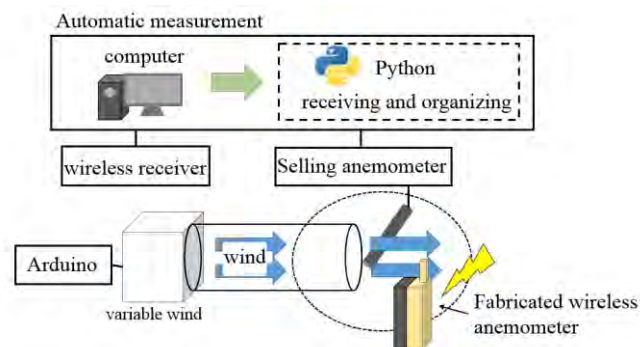


図 3 自作風洞を用いた測定

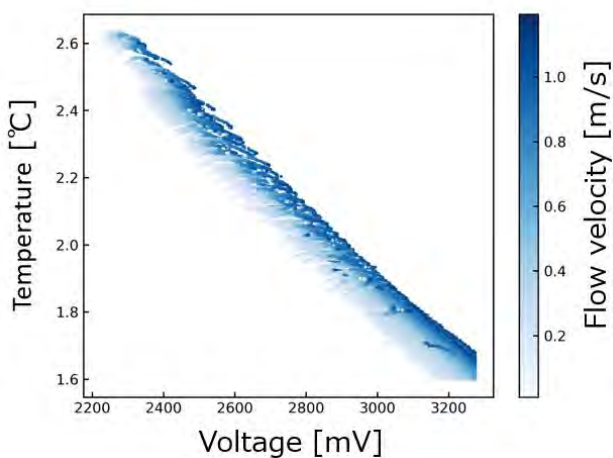


図 4 測定結果

3.2. 室内における空調風の測定

風洞の測定で得た線形回帰の結果を用い、室内の空調による風の変動を市販の風速計と製作したデバイスによって測定した結果を図 5 に示す。市販の風速計では風速の変動が大きい。そのため、市販の風速計と製作したデバイスによって測定した値に 30 秒間の移動最大値を取った (図 6)。2 つの測定値の少数第二位を四捨五入した値の誤差を取った。そのときの誤差の平均は 0.11 m/s、標準偏差は 0.19 m/s であった。

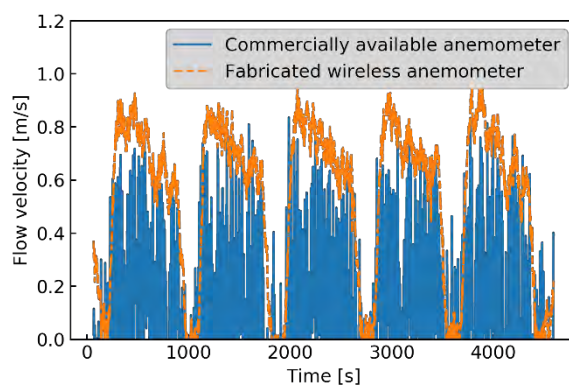


図 5 空調の風速測定結果

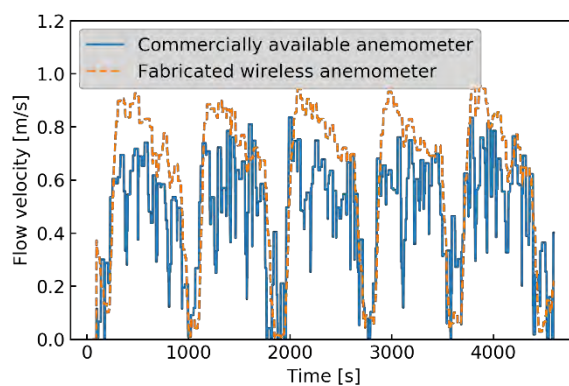


図 6 測定結果の移動最大値

4. まとめ

熱線式無線風速計を作成し、風速計測できることを確認した。室内を想定したため、一般に無風とされる 1 m/s 以下の風速での評価を行ったが、風速の測定を行うことができた。今後は、基盤を含めた熱設計により精度を向上できると考えられる。

文 献

- [1] R.Kosonen, F. Tanb, (2004). Assessment of productivity loss in air-conditioned buildings using PMV index. Energy and Buildings, 36 Issue10, pp.987-993
- [2] J.D. Posner, C.R. Buchanan, D. Dunn-Rankin, (2003). Measurement and prediction of indoor air flow in a model room. Energy and Buildings, 35 Issue5, pp.515-526
- [3] Emrah Özahi, Melda Özdiñç, Çarpınlioğlu, Mehmet Yaşar Gündoğdu, Simple methods for low speed calibration of hot-wire anemometers. Flow Measurement and Instrumentation, 21 Issue2, pp.166-170