

M5Stackを使用した環境モニターシステム構築

松島, 啓二
九州大学応用力学研究所

<https://doi.org/10.15017/6794452>

出版情報 : 九州大学応用力学研究所技術室 技術室報告. 5, pp.44-47, 2023-07. Research Institute for Applied Mechanics, Kyushu University

バージョン :

権利関係 :

M5Stack を使用した環境モニターシステム構築

松島 啓二

要 旨

大型境界層風洞における流体実験では、気流の状態を把握するために気温・湿度・気圧の計測値を用いている。特に空気密度を導出する際は、これらの環境値が必須である。そのために環境モニターシステムが設置されているものの、おそらく老朽化によって、当該システムはしばしば不正確な値を出力するようになっていた。そこで、代替システムとして IoT デバイスモジュールを使用した新しい環境モニターシステムを構築した。

キーワード

温湿度気圧計測 IoT M5Stack Arduino センサーネットワーク

1. はじめに

大型境界層風洞は、指定した速度の気流（風）を流路内に発生させる装置であり、測定部に設置した供試体が風から受ける作用や、供試体周辺の流体现象を調査するために用いられている。ここで、気流の状態や特性に関わる物理量として、気体の気温・湿度（相対湿度）・気圧が挙げられる。例えば、気流の運動エネルギーは空気密度に比例するが、当該風洞での実験において、空気密度は上記 3 つの物理量を計測して導出されている。そのため、大型境界層風洞には、温湿度気圧計測器を用いた環境モニターシステムが設置されており、常時、現在値をアナログ出力している。実験では、各種測器の出力とともに、温湿度気圧計測器からのアナログ出力を、風洞備え付けデータ収録 PC に入力して同時収録することが多い。

当該環境モニターシステムは導入から 20 年以上が経過しており、近年は異常値（ -100°C を下回る気温値や、校正済み計測器の値から 10%pt 以上ずれた湿度値など）をたびたび出力するようになっていた。代替システムとなりうる温湿度気圧計測器を探したものの、センサー位置が風洞内外の複数点に及ぶために対応可能な製品に限られること、さらにアナログ出力機能までも備えた製品は非常に高価であることなどが、商品選定のネックとなった。

そこで、温湿度気圧計測機能を有する IoT デバ

イスを使用して、既存のシステムに替わる環境モニターシステムを構築したので、本稿にて報告する。

2. 環境モニターシステムの要件

目標とする環境モニターシステムの要件は、以下の通りである。

(1) センサー数と位置：計 5ch

流路内	気温センサー	上・中・下
	湿度センサー	
流路外	気圧センサー	

(2) 許容誤差：

気温	$\pm 1.5^{\circ}\text{C}$
湿度	$\pm 5\%pt$
気圧	$\pm 4hPa$

(3) 風洞備え付けデータ収録 PC に対応

→ レンジ $\pm 10V$ 以内のアナログ出力機能

(4) サンプリング周期：1 秒程度

(5) 伝送ノイズや減衰をなるべく少なく

(1) センサー数と位置は、従来システムと同一にするため、固定である。なお、通常は流路内気温センサー 3 箇所のうち、データ収録を行うのは 1 箇所分だけである。他 2 箇所は、極端な温度差が生じていないことを目視で確認するために使用されている。(2) 許容誤差は、市販されている計

測器の仕様を参考にしつつ、実験結果に有意な影響を与えない範囲で設定した。(3)は、データ収録PCの仕様に基づく要件である。(4) サンプルング周期については、大型境界層風洞の実験における環境値の変化速度が季節・天候によって進行する程度であるので、1秒ほどで十分と判断した。(5)は、センサー位置からデータ収録PCまでの距離が10m程度あり、アナログ出力線をそれだけ伸ばす場合、ノイズの影響や信号の減衰が懸念されたので、要件として加えた。

3. 使用したデバイスモジュール

環境モニターシステムの中核には、図1に示すM5Stack社製のマイコンモジュールM5Stack Basic^[1] (以降、M5Stackと略す)を用いた。



図1 M5Stack Basic

本製品は、マイコン・ディスプレイ・ボタン・無線通信などの各種機能を5cm四方ほどの筐体にパッケージングしたモジュールであり、開発環境としてはArduino IDEに対応している。環境計測に適した外付けユニット製品が充実しており、各ユニットを配線してプログラミングを行うだけで開発できるため、自力で各機能の専用デバイスを揃えて電子工作を行うといったハードウェア開発工程を削減できる。表1に使用したM5Stack関連のモジュール/ユニット類を示す。

表1 M5Stack 関連のモジュール/ユニット類

名称	機能・用途
M5Stack Basic	マイコンモジュール
M5StickC Plus	M5Stackのコンパクト版
ENV III	温湿度気圧センサー
PaHub	I2C 拡張ハブ
DAC	DA変換ユニット

M5StickC Plus (以降、M5StickCと略す)は、M5Stackシリーズと同じコンセプトのマイコンであり、より小さく、低価格・低消費電力である。M5StickCにセンサーユニットENV IIIを接続し、環境モニター機能を実装した様子を図2に示す。このようにマイコンとユニットを組み合わせ、環境モニターシステムを構築した。

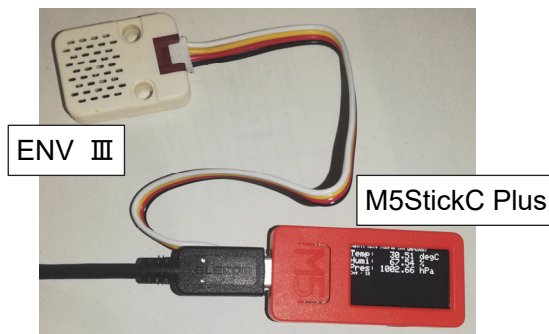


図2 環境モニター機能を実装した様子

4. 環境モニターシステム

今回構築した環境モニターシステムの模式図を図3に示す。

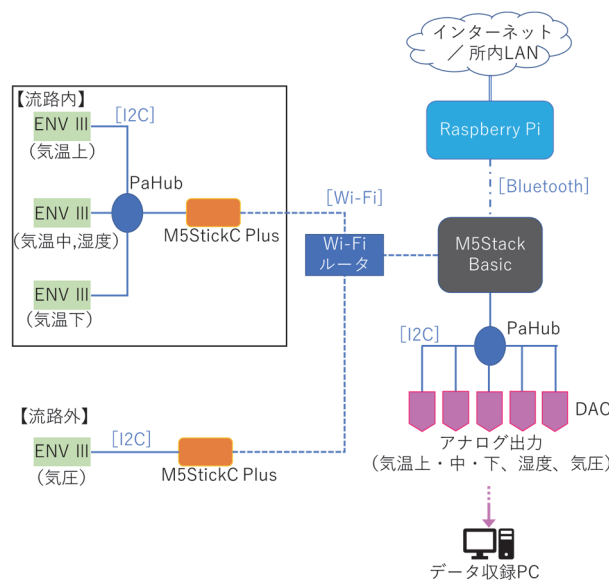


図3 環境モニターシステムの模式図

以下に本システムの主たる動作を説明する。

- 流路内3箇所にENV IIIを設置。M5StickCで制御し、毎秒の読み取り値をWi-Fi経由でM5Stackに送信する。

- 流路外 1 箇所 に ENV III を設置。M5StickC で制御し、毎秒の読み取り値を Wi-Fi 経由で M5Stack に送信する。
- M5Stack は DAC を制御し、現在値を常時アナログ出力する。かつ、毎秒 M5StickC の読み取り値を受信し、アナログ出力値を更新する。
- M5Stack は、自身に挿入された SD カードに環境データログを定期記録する。

前述の通り、アナログ出力線が長すぎるとノイズ等の影響を受ける恐れがあるため、DAC (および M5Stack) はデータ収録 PC の近くに配置する必要がある。そのため、ENVIII (および M5StickC) から M5Stack までは 10m 程度離れている。この距離を伝送するために Wi-Fi 回線を使用している。セキュリティ上の理由から、当該 Wi-Fi ネットワークは、WAN 側との接続を持たない孤立した LAN とした。

ここまでで必要最低限の動作は可能であるが、取得した環境データログを便利に扱えるよう、データサーバーとして、セキュリティ対策を施した Raspberry Pi (以降、RPI と略す) を追加した。RPI 側には、M5Stack との Bluetooth 通信路を開き、限られた書式のデータだけをやり取りするようなプログラムを作成した。この通信路では、毎秒の環境計測値を RPI に送ることと、現在時刻を RPI から取得することだけが可能である。利用者は、所内 LAN 経由で RPI へのセキュアな通信路を開き、環境データログをダウンロードできる。

5. 校正と収録値の確認

ENV III の読み取り値を校正するために、環境ロガー AD-1687 を使用した。当該製品は、本体内部蔵のセンサーで温湿度気圧を表示・記録するものである。複数箇所の計測機能やアナログ出力機能こそ有していないものの、校正証明書付きであるので、本環境モニターシステムの校正に利用できる。ENV III と AD-1687 を同じ場所に設置して、一定期間データ収録を行った後、ビン分割と回帰分析を行って校正係数を導出した。図 4 は、ある期間の校正曲線例である。

アナログ出力を行う DAC の直線性確認に関しては、M5Stack に確認用の機能を追加して対応した。本体ボタンの押下によって、DAC に対して 0 から最大値までのデジタル入力を行うようにし

たので、このときの DAC のアナログ出力をデータ収録 PC に取り込むことで、直線性を確認できる。

表 2 に、従来システムによる収録値 (従来)、新システムによる収録値 (新)、および AD-1687 の表示値を示す。このときは、新システムと AD-1687 の差は、許容誤差以内となっている。

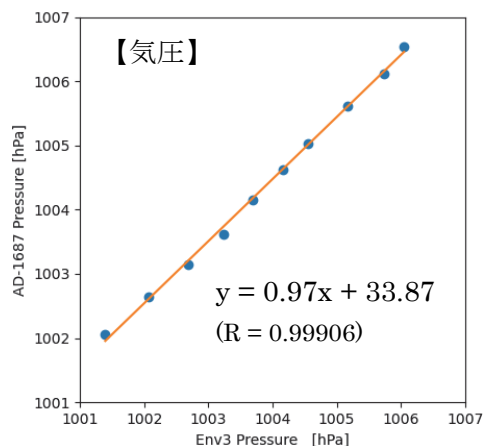
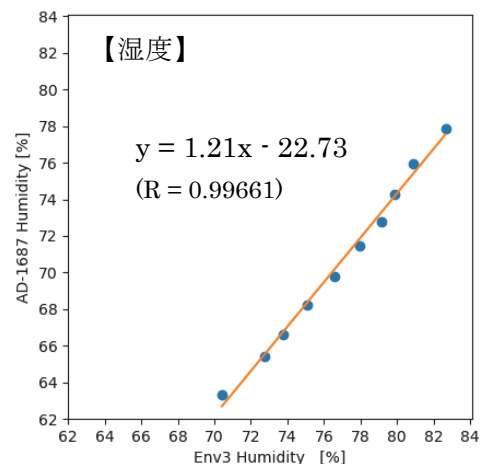
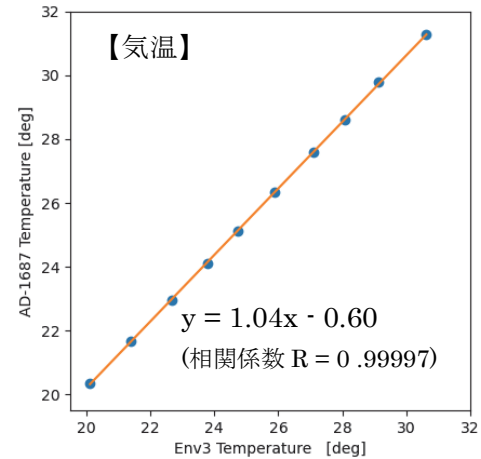


図 4 AD-1687 による ENV III の校正曲線例

表 2 環境モニターシステムによる収録値

	従来	新	AD-1687
気温 上 [°C]	28.8 (-0.6)	29.9 (+0.3)	29.6
気温 中 [°C]	-	29.7 (+0.3)	29.4
気温 下 [°C]	-	30.0 (+0.5)	29.5
湿度 [%]	59.1 (-10.1)	65.7 (-3.5)	69.2
気圧 [hPa]	1001.5 (-0.7)	1001.6 (-0.6)	1002.2

※ 括弧内は AD-1687 からのずれ

※ 従来システムの気温は、1 箇所分のみ収録。
また、気温 中 は異常値が多いので、気温 上 を使用

6. 今後の課題

現状、従来システムに替わる動作を実現できているものの、年間の幅広い気象条件をカバーできる校正データは、まだ取得できていない。高温多湿の日や冬期の乾燥した日でも正確に計測できるかは、今後、検証予定である。それ以外に、長期利用に関して 2 つの懸念を抱えている。

1 つは、システムの堅牢性である。開発途中から、SD カード書き込み時のフリーズや通信エラーが頻発していた。Wi-Fi、Bluetooth、SD カードドライブなど、多くの内蔵デバイスを同時かつ継続的に稼働させるには、マシンパワーが不足しているかもしれない。あるいは、効率的なプログラミングができていない可能性もある。この問題に対しては、エラー処理・自動復旧処理を入念に作り込む、(M5Stack のプロセッサは 2 コア構成なので) 処理内容ごとに使用コアを指定して負荷分散を図る、といった対策を施して、様子を見ている状況である。

2 つ目は、湿度センサーの誤差が比較的大きいことである。校正曲線の直線性にも不安が残る。校正から時間が経つほどセンサーは狂っていくものであるが、本システムの湿度センサーは、不便なほど頻繁に校正する必要があるかもしれない。現在、長期的なデータを取得して各センサーの要校正頻度等を調査しつつ、湿度センサーだけ別製品に切り替える案などを検討中である。

7. おわりに

M5Stack を用いて環境モニターシステムを構築した。マイコンによるセンサーネットワーク構成を採用しているため、センサーの更新や移設・増設などの要望に対して、柔軟に応じることができると考えている。

インターネット接続を持つ RPi にデータログを蓄積しているため、クラウドやウェブベースのデータ処理サービス類を利用する道も開けている。図 5 は、IoT データ可視化サービス Ambient^[2]によって、直近の環境データを自動グラフ表示させたものである。残された課題に対応しつつ、こうした IoT 関連サービスの活用にも取り組みたい。

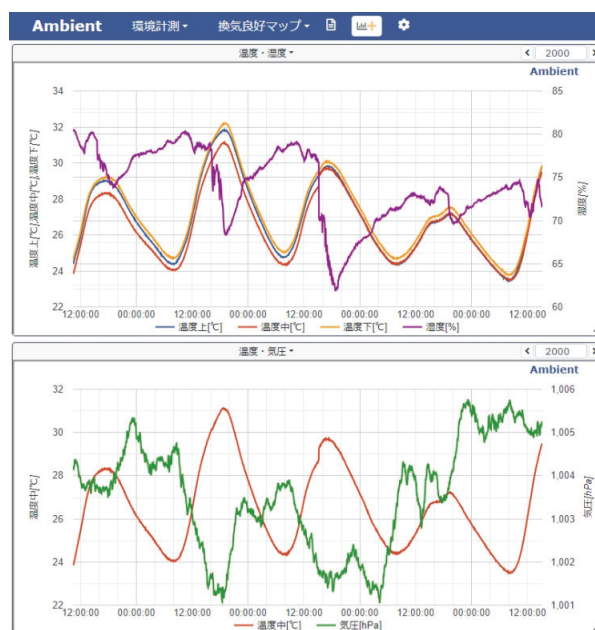


図 5 Ambient による自動グラフ表示

参考文献

- [1] <https://m5stack.com/>
- [2] <https://ambidata.io/>

謝辞

本システム構築に際して、洋上風力エネルギー力学分野の内田孝紀准教授より機会とご協力を賜りました。ここに感謝の意を表します。

また、電子回路技術に係る助言を頂いた技術室の野田穰士朗氏、濱崎真洋氏、高田青氏にお礼申し上げます。