

環境情報計測モジュールの製作と環境改善支援の取り組み

大槻 典行* 大槻 香子** 榎原 浩平*** 森 太郎†

Making environmental measurement modules and supporting environmental improvement activities

Noriyuki OHTSUKI Yoshiko OHTSUKI Kohei KUWABARA Taro MORI

Abstract – We report on the development of an environmental information measurement module that can measure a variety of environmental information. This measurement module can change the recording method of the information acquired from the environmental sensor by rewriting the firmware. Since this measurement module is easy to fabricate, we held a workshop for educators. The purpose of this workshop was to draw attention to the importance of ventilation in education and to let people know how to ventilate efficiently.

Key Words : environmental information, measurement module, CO₂, ventilation

1. はじめに

環境情報の計測は従来より災害などに備える情報源として大規模なシステムで行われてきた [1][2]. また, 日常生活や環境調査・研究および産業の現場においても小規模の環境情報の計測が必要とされることが多い [3]. 近年, インフルエンザや他の感染症の感染拡大対策にも部屋の換気が推奨されており, この目安になる計測器として CO₂ 濃度計が注目されている. 我々もこのような状況の中で簡易型の CO₂ 濃度計を製作し利用してきた. この CO₂ 濃度計は CO₂ 濃度値を測定し濃度値に対応する LED の発光色により換気を促し, さらに計測した CO₂ 濃度値を記録するものである. 本報告では, この CO₂ 濃度計を改良し様々な環境情報を計測できる環境情報計測モジュールとして製作したので報告する. この計測モジュールはファームウェアの書き換えにより環境センサからの取得情報の記録方式を変えることができる. また, 環境センサ自体を交換できるので他の環境情報を取得することが可能である. センサの取得情報の

記録は計測モジュール内部に 1 日分の取得情報を記録しておくモードと LAN あるいはクラウドのサーバに一定時間間隔で記録するモードがある. いずれのモードの場合も記録されたデータを PC やタブレットで閲覧およびダウンロード可能である.

この計測モジュールは製作が容易なので教育関係者を集めて製作講習会を行なった. これは教育現場における換気の重要性に注目してもらうことと効率の良い換気方法を知ってもらうことが目的である. この講座では, 換気についての知識を理解する講義と計測モジュール製作および記録データの利用方法について解説した. 講座の受講生とは講座後も連絡を取り情報交換および環境改善についての支援を行なっている.

2. 環境情報計測

日常生活における環境情報には温度, 湿度, CO₂, 日照, 微小粒子状物質, 有機化合物など大気中のものだけでも様々なものがある. さらに, 農業では土壌においても同様のものが重要な情報になっている. これらの情報は, 利用者によってその利用形態が異なる場合が多い. 例えば, 環境系の研究では一定時間で継続的に測定された精

*釧路高専創造工学科情報工学分野

**釧路高専創造工学科建築工学分野

***室蘭工業大学

†北海道大学

度の高い計測値があれば良く実時間で提示される必要がない場合が多い。また、生活上では実時間で計測値を知ることができる必要があるが記録された値が必要ないものもある。さらに、農業などでは温度や水分の管理に利用される場合は数分単位の時間間隔で十分のことが多い。その代わり計測地点が多数で広範囲になる場合が多い。これらに対して個々に対応する測定器が存在するが、全ての用途に対応するものは少ない。

3. 環境情報計測モジュール

本節では制作した環境情報計測モジュールについて解説する。計測モジュールの利用形態が異なる場合にも対応可能であること、モジュールの製作が容易であり誰でも作ることができることなどを示す。

3.1 環境計測モジュールの動作モード

環境計測モジュールの利用形態によって動作モードを決めることにした。このモードは利用時に切り替えることができると使い勝手が良いが搭載するマイコンモジュールの制限により難しいためファームウェアを書き換えて利用することにした。このファームウェアの書き換えは簡単操作なので問題は少ないと思われる。以下に各モードについて説明する。

3.1.1 スタンドアローン型

LAN などのネットワークに接続しないで利用する形態。ネットワークの利用制限などがある場合にモジュール単体で利用できる。モジュール自体に計測値を保存する。このモジュールは WiFi アクセスポイントおよび Web サーバとして動作しているので、PC やタブレット端末、スマートフォンなどからアクセスして計測モジュール内に保存された計測データを閲覧したりダウンロードして利用することができる。また、WebSocket を実装しているので接続している間はリアルタイムで計測データが PC などの端末側へ送出される。この計測モジュールで利用する Web アプリケーションはこの計測モジュール内に組み込まれているので、PC などの端末だけ用意すれば利用可能である。この計測モジュールのアクセスポイントは LAN 接続に切り替えることもできるので LAN 上に Web サーバとして接続することも可能である。

3.1.2 WiFi サーバアップロード型

構内 LAN などのアクセスポイントに接続して利用する形態。計測値は LAN 上の JSON サーバに一定時間毎に送出する。LAN がインターネットに接続されていればインターネット上の JSON サーバに計測値を送出

することも可能である。計測毎に測定値データを送出するのでモジュール内に計測値を保存していない。計測モジュールの時刻は LAN 上の NTP サーバで補正されるので正確に計測時刻が記録される。

3.1.3 クラウドサービス利用型

WiFi サーバアップロード型と基本的な動作は同じであるがクラウドサービスに対応したアクセスキーなどの取り扱いが異なる。また、送出データもクラウドサービスに対応した形式にする必要がある。

3.1.4 Mesh ネットワーク端末型

WiFi などが届きにくいあるいは WiFi ルータを複数設置できないような場所で利用できる。ただし、計測モジュール同士で Mesh ネットワークを構成し各モジュールを経由して通信するので複数のモジュールを用意しなければならない。計測モジュール同士がネットワークを構成しデータをバケツリレーのように遠くへ転送するのでネットワークの範囲を拡大することが可能である。また、計測モジュールの一つが何らかの要因で停止した場合でも他のモジュールを経由して計測データを目的のモジュールに届けることができる。Mesh ネットワークで転送された計測データはゲートウェイが受け取り LAN あるいはインターネット上のサーバに転送する。

3.2 環境計測モジュールの構成

環境情報計測モジュールは環境情報を取得するセンサとセンサを制御し取得した計測値を目的の場所へ送るあるいは蓄積するマイコンモジュールで構成される。このマイコンモジュールは WiFi 機能が搭載されており容易に LAN 等の無線ネットワークに接続できる。マイコンモジュールは Espressif Systems 社の ESP32 という 32bit のマイコンを搭載したもので計測モジュールには主として M5Stack 社の M5Atom Matrix を使用している。この他に、同社の M5Stack、M5StickC、M5StampPico などを使っている (図 1)。環境情報を計測するセンサは I^2C インターフェースあるいはシリアルインターフェースでマイコンモジュールに接続する (図 2)。シリアルインターフェースは一つのセンサのみ接続できるが I^2C インターフェースは信号線に複数のセンサをぶら下げることができるので、複数の環境情報が必要な場合はこちらを利用する。いずれにしても回路の製作は数本のリード線を配線するのみで完成する。これはマイコンモジュール自体が複雑な配線を要しないモジュールになっているためである。



図 1 ESP32 を搭載したマイコンモジュール (左から M5Stack, M5StickC, M5Atom, M5StampPico)

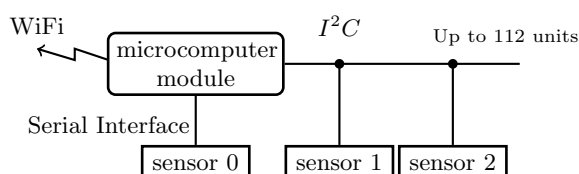


図 2 環境計測モジュールのブロック図

3.3 環境測定モジュールの制御

環境計測モジュールの制御はマイコンモジュールが担う。この制御するプログラムは Arduino IDE を使用して作成した。従ってソフトウェアの開発言語は C++ 準拠となっている。制御ソフトウェア (ファームウェア) は次のような処理を行う。まず、WiFi 関連の初期化および接続設定、環境センサの初期化をする。次にメインループでは一定時間毎にセンサを制御し環境計測する。取得した計測データを蓄積あるいは WiFi を通してデータ送出する。スタンドアローン型はこれに加えて Web サーバ機能を提供し、タブレット端末などからのアクセスによって WebSocket 接続への遷移後リアルタイムで計測データをタブレット端末に送出する動作が加わる。

4. 環境測定モジュールの応用

製作した環境情報計測モジュールの応用として公開講座の実施と卒業研究における利用について説明する。公開講座では製作した環境情報測定モジュールを提供するのではなく、誰でも簡単に製作できることを確認することも目的の一つである。講座では環境情報測定モジュールに接続するセンサを CO_2 センサにして受講者が自ら CO_2 濃度計を製作する講座にした。併せて製作した CO_2 濃度計を効果的に利用するための換気講座も開催し環境改善の支援も行なった。

卒業研究でも環境情報計測モジュールに CO_2 センサを接続して CO_2 濃度計を製作した。この計測モジュールで計測したデータに基づいた研究を行っている。

4.1 公開講座

公開講座は以下の二つの講座を併せて計 3 回実施し、合計で 50 名が受講した。

4.1.1 換気講座

多人数の教室を例にして換気的重要性と効率的な換気方法について講義した。教室の容積と利用人数から換気のタイミングを計算するなど実際に利用できる手法を提示した。また、別の研究で得られた他の場所での換気状況を提示することで換気に対する意識を高める講座にした。加えて、 CO_2 濃度計が換気のタイミングを知るために有用である旨が講座内で説明されている。

4.1.2 CO_2 濃度計製作講座

換気のタイミングを知らせる装置として利用するための CO_2 濃度計を製作する講座である。この CO_2 濃度計は電子工作が未経験であっても製作できるようにした。製作に使った部品を図 3 に示す。 CO_2 センサ、ブレッドボード、マイコンモジュールが主たる部品である。マイコンモジュールは M5Atom matrix を用い、センサはシリアルインターフェースで接続した。このマイコンモジュールには点灯色を自由に決めることができる 25 個の LED が装備されている。回路製作において半田付けは初心者にとっては難しい作業なので回路は全てブレッドボード上に作製することにした。ブレッドボードに挿入したリード線が抜けにくくなるようにグルーガンで処理するなど工夫している。

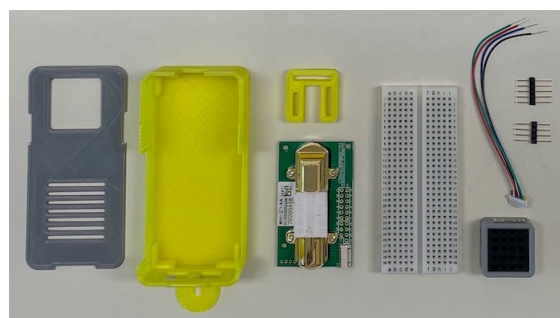


図 3 CO_2 濃度計製作に使った部品

ブレッドボード上に作製した CO_2 濃度計はケースに入れて使用する (図 4)。この計測モジュールにインストールするファームウェアはスタンドアローン型である。マイコンモジュールはセンサが計測した CO_2 濃度値を読み込んで CO_2 濃度に応じて LED の点灯色を決定する。同時に濃度値を内部に記憶する。LED の点灯色は CO_2 濃度値が 500ppm 未満で青色、それから 100ppm 上昇する毎に変化し、1000ppm を超えると赤色に点灯するようにした。また、1500ppm を超えると赤色で点滅する。この LED の点灯色や点滅状態を見て換気のタイミングを判断することができる。また、この計測モジュールには PC やタブレット端末およびスマートフォンか

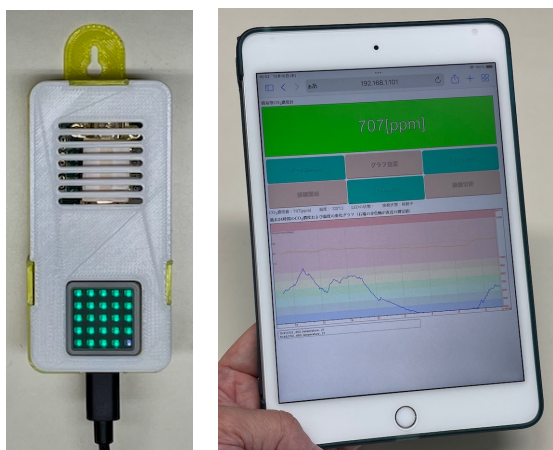


図4 完成した CO_2 濃度計 (左) と内蔵アプリケーション

らアクセス可能な Web アプリケーションが内蔵されておりアクセスポイントにもなっている。WiFi でモジュールに接続すると内蔵アプリケーションを表示できる (図4)。Web アプリケーションを表示すると 10 秒毎に CO_2 濃度値が表示され、その値に応じて LED の点灯色と同じ色が画面に表示される。このアプリケーションは現時点から過去 24 時間分の CO_2 濃度値の変化をグラフ表示ができるものであり、また、24 時間分の 5 分間隔の CO_2 濃度値をテキストデータで取り出すことも可能になっている。これらを利用することによりさらに換気について意識を高めたり、換気の工夫につながると考えられる。

4.2 卒業研究

WiFi アップロード型の環境情報計測モジュールに CO_2 濃度センサを I^2C インターフェースで接続したものを卒業研究のデータ収集に使用した (図5)。既存の CO_2 濃度計はロガータイプで収集した計測値を PC などに取り込むには装置のところまで行ってメモリカードからデータを読み込むか USB ケーブルなどを接続してデータを読み込む必要がある。一方、本研究で製作した環境情報計測モジュールによる CO_2 濃度係計は学内の LAN に接続できるようにセッティングし、学内 LAN 上のサーバに計測データを 2 分毎にアップロードするように設定した。サーバのストレージ一杯までデータを保記録することができる。サーバに蓄積した計測データは LAN に接続した PC などを読み出すことができる。1 時間から 24 時間の範囲で任意の日時の CO_2 濃度変化をグラフ表示することが可能でテキストデータとしても取り出すことができる (図6)。これらは LAN に接続されている PC であれば校内のどこからでもアクセスが可能である。計測データを蓄積する JSON サーバは Raspberry Pi B+ で学内 LAN に接続している。卒業研

究で必要になったときに何時でも必要なデータを取り出すことができた。このデータを使用して卒業研究が遂行された。



図5 卒業研究で使用した CO_2 濃度計 WiFi アップロード型 CO_2 濃度変化グラフ

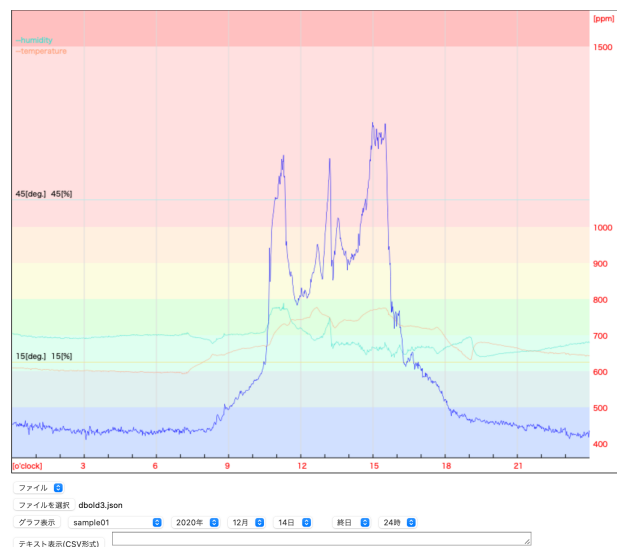


図6 CO_2 濃度変化グラフ表示の Web ページ

5. おわりに

いろいろな環境センサを接続できる環境情報計測モジュールを製作した。このモジュールはファームウェアを書き換えることで利用形態に合わせて計測したデータを利用できる。環境情報計測モジュールは入手しやすく取扱のしやすい部品を用いたことにより誰でも製作して利用できるものになった。 CO_2 濃度計製作の公開講座を利用して電子工作未経験の受講者でも製作できることを示した。また、出来上がった CO_2 濃度計を利用することで換気対策に役立つことを示した。今後は、利用する場面をもっと多様にして環境情報計測モジュールが活用できる事例を増やしていく予定である。

参考文献

- [1] “要覧”, 防災科学技術研究所, 2019.
- [2] “環境展望台”, 国立環境研究所, 2017.
- [3] 佐藤, 青木, “釧路高専学生寮 (女子棟) における熱・空気環境の実態及び実測調査”, 釧路高専紀要第 49 号, 2015.