

## 電気工学特別講義・最終レポート

題目：宇宙居住を見据えた小型無線ネットワーク環境センサの開発

学籍番号 7320059      氏名 齊藤 龍輝

共同研究者

1. 学籍番号 7319055      氏名 小松晃也
2. 学籍番号 7320074      氏名 鈴木陸穂
3. 学籍番号 7320088      氏名 津曲花央

指導教員 木村真一    高久雄一

あらまし：

近年、「宇宙」への研究、ビジネスへ参入する企業が多くあり、人間が宇宙に居住する将来もそう遠くはない。しかし、宇宙環境と地球環境では大きく異なり、居住を実現させるためには周囲環境の計測、維持が不可欠である。そのため、滞在区域内の二酸化炭素や放射線濃度など、多くのポイントで計測し、環境情報を把握することが求められる。今回は、ワイヤレスマイコンを活用し、自動的に計測し続ける小型ワイヤレス分散システムの開発を目指す。

Abstract：

In recent years, many companies have entered the "space" research and business field, and the future of human habitation in space is not far away. However, the space environment is very different from the earth environment, and it is essential to measure and maintain the surrounding environment in order to realize habitation. Therefore, it is necessary to measure many points, such as carbon dioxide and radiation concentration in the stay area, to grasp environmental information. In this project, we aim to develop a small wireless distributed system that continues to measure automatically by utilizing a wireless microcomputer.

## 1. 背景・目的

昨年、前澤社長が ISS に 12 日間滞在し宇宙旅行に行った。また昨年度は、一部では宇宙旅行元年と呼ばれるなど、宇宙という環境が身近になってきている。宇宙居住を考えたときに、地上の生活と一番大きく異なることは、重力環境であると考えられる。宇宙居住を行う環境では微小重力下であり、空気の対流がほぼない。居住を実現させるためには周囲環境の計測、維持が不可欠であるが、対流がほぼないことから、二酸化炭素濃度や放射線濃度などが局所的に高くなってしまう恐れがある。

そのため、宇宙で暮らすには滞在区域内の多くのポイントの環境情報を把握することが求められると考え、ワイヤレスマイコンを活用し、自動的に計測し続けることが出来る小型ワイヤレス分散システムの開発を目指した。

## 2. 原理

センサで環境の状況とガス(揮発性のガスや二酸化炭素)の検出を行い、マイコンによって HTML ファイルで値を出力し、web 上に表示させる。同時にアラートも表示させる。この時、web ページは約 1.5 秒間に一回の頻度で自動的に更新する。また、Line でも同様の内容を 2 分間 1 回程度の頻度で通知できるようにする。

使用したセンサは、図 1 にある「BME 6 8 0」である。仕様は表 1 にまとめた。また、マイコンは raspberry pi zero w を使用した。

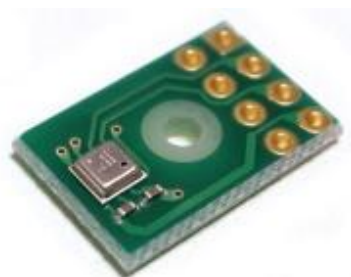


図 1 BME680

表 1 BME680 仕様表

動作電圧		1.8~3.6 V
インターフェイス		I2C
モジュールサイズ		約 15.2×10.2 mm
気圧	測定範囲	300~1100hPa
	精度	±0.6hPa
温度	測定範囲	-40~85℃
	精度	±0.5℃(@25℃)、 ±1.0℃(0~65℃)
湿度	測定範囲	0~100 %RH
	分解能	0.008 %RH
	精度	±3%RH
ガス	測定範囲	0~500(IAQ Index)
	分解能	1
	精度	15%

そのほかにも出力電圧を 5V にするために昇降圧コンバータ(TPS63020)や通電確認用の LED を使用した。また、電源は単三充電電池が 4 本で 6V である。

### 3. 方法

作成する環境センサは、図2の手順で開発を行った。



図2 開発手順

基板開発では、基板CADソフト「Altium Designer」を用いて、回路図と基板CADを製作した。回路図では、使用するBME680の通信方法や許容電圧に注意して作成した。基板CADでは配線を行う際には、直角に曲げてしまうとノイズが乗ってしまうため、なるべく滑らかなカーブを描くことを意識した。また、好きなデザインを入れることが出来るため、それぞれ特色のある基板となった。図3、4に作成した回路図と基板CAD図をしめした。

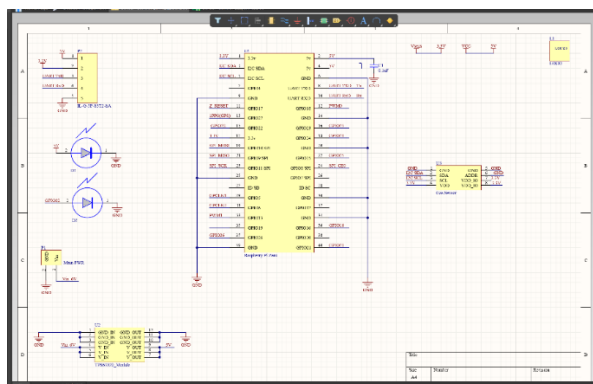


図3 回路図

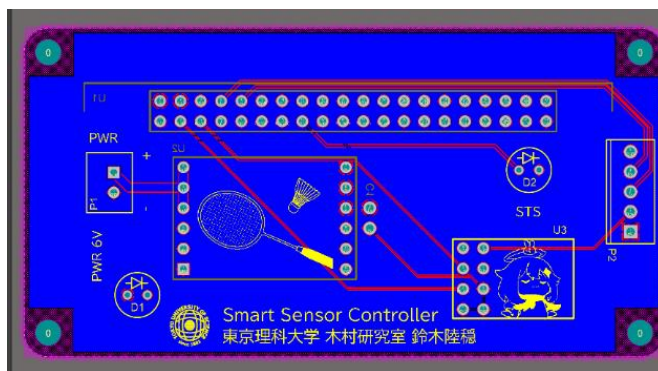


図4 基板CAD図

実装では、基板開発で作成した基板CADを発注して届いた、プリント基板に各素子を図5、6のようにはんだ付けした。マイコンとBME680に関しては修正ができるようにソケット化した。電源はXHコネクタを経由して外部から供給している。このとき、電源は充電電池が4本で6Vある。



図5 実装基板(表)

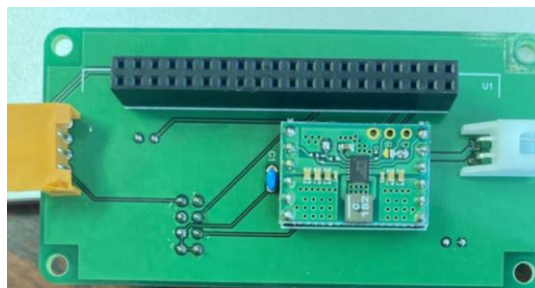


図6 実装基板(裏)

Software開発では、pythonを使用した。環境センサで使用したプログラムのフローチャートを図7に示した。Webに表示させたい内容をHTMLファイルで出力し、Apacheを用いることでWeb上

に表示させた。Web ページの更新について、自動で行うことを実現させた。任意の間隔で表示させることができ、この環境センサでは約 1.5 秒程度の間隔で表示させている。ネットワークは、小型のルータを使用しており、ローカル通信である。

ただ、ユーザーが環境センサのセンサ値を閲覧するためにはローカル通信に接続しなくてはいけないため、ひと手間かかると考えた。そのため、日常的に使用する Line にて情報が得られるようにした。Count 値を変更させることで、任意の時間間隔でセンサ値が送られるように設定することを実現させた。この環境センサでは、2 分程度の間隔で Line に向けて送信している。

また、私たちが開発した環境センサには、2 種のアラート機能が搭載されている。1 つ目は熱中症警戒アラートであり、2 つめはガス警戒アラートである。熱中症警戒アラートでは、環境省が提示している WBGT に基づいて室内であることを考慮して計算を行い、式(1)のようになった。ここで、Ta は気温 (°C)、RH は相対湿度 (%)、SR は全天日射量 (kW/m<sup>2</sup>)、WS は平均風速(m/s)である。平均風速を 0、全天日射量の平均を 0.2 と仮定した。

$$WBGT = 0.735 \times Ta + 0.0374 \times RH + 0.00292 \times Ta \times RH - 3.4516 \quad (1)$$

そのため、この結果から環境省が提示する WBGT の値と相互関係があるアラートを表示させた。次にガス警戒アラートである。今回使用した BME680 は、半導体式ガスセンサであり、有機溶剤、アルコール等の検出が可能である。半導体ガスセンサの検知原理は、センサ内にある酸化スズの酸化還元反応による電気の流れやすさを検知することである。

酸化スズを数百度まで上昇さ、空気にさらすと、空気中の酸素は酸化スズの粒子に含まれる電子を補足し、粒子表面に吸着する。これによって、酸化スズ粒子中に空乏層が形成される。そのため、きれいな空気中では、酸化スズ表面に吸着した酸素が酸化スズ中の電子をとらえているために電気が流れにくい状態になる。しかし、もれてきたガス中では、表面の酸素が還元ガスと反応して取り去られるために酸化スズ中の電子が自由になり、電気が流れやすくなっている。これを利用して、センサの値が 4000 以下になった場合には危険を知らせるアラートを表示させた。

#### 4. 結果

以上のシステムを用いて、室内にて試験を行った。Web 上に表示させる画面と Line の通知画面を図 7、8 に示す。

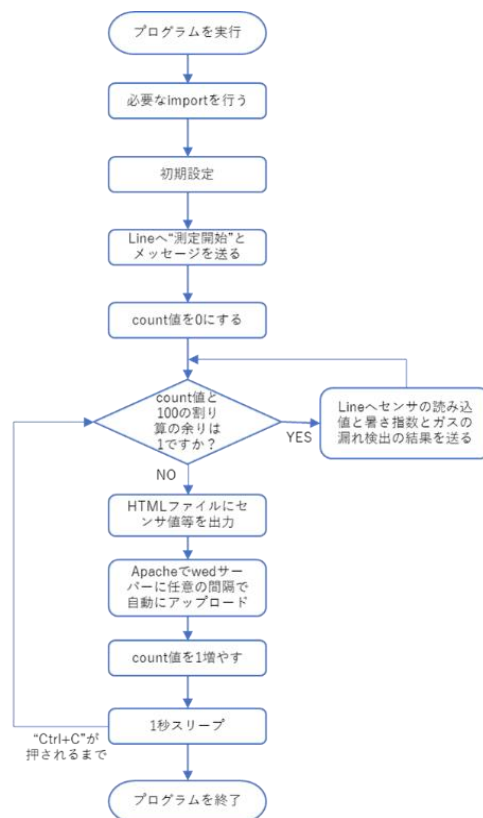


図 6 フローチャート

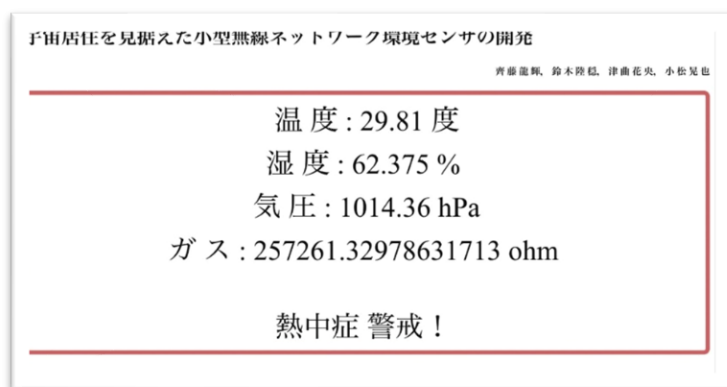


図 7 Web 上に表示される画面



図 8 Line の通知画面

これらからわかるようにプログラムは正常に作動していることが確認できた。また、BME680 に手を近づけると温度が上昇し、熱中症警戒モードが切り替わり表示されることと、アルコールを付けた手を近づけるとガスアラートが表示されることも確認ができた。

## 5. まとめ

BME680 を用いた小型無線ネットワーク環境センサの開発を行った。開発した環境センサを用いることで、センサ値とアラートの表示を任意のタイミングで Web 上に表示ができ、Line に任意のタイミングで通知ができることを実現させた。また、2 種類のアラート機能を作ることで、センサ値だけではすぐに判別できない部分を視覚的に表示させるようにした。今回用いたセンサは温度、湿度、気圧、ガスの 4 種類の値を測定するものだったが、宇宙居住を見据えた場合、二酸化炭素や放射線の濃度値を測定することも重要であると考えられる。そのため、今回開発した環境センサを複数個用いたネットワークを構築し、測定した任意のデータを同時に Web 上で確認できるシステムの開発が今後の展望となる。また、実際に宇宙空間で使用する場合には放射線を考慮した機器を使用するため、放射線試験等の宇宙空間で利用できるハード面での試験を行うことも今後の展望である。

## 6. 参考文献

- Raspberry Pi ZERO W : <https://item.rakuten.co.jp/pureclean-shop/rsp-zero1/#rsp-zero1>
- BME680 : [Newsletter-Template-DE \(adafruit.com\)](https://www.adafruit.com/newsletter-template-de)  
[Microsoft Word - bme680.doc \(strawberry-linux.com\)](https://www.strawberry-linux.com/microsoft-word-bme680.doc)
- I2C 通信の仕組み : [I2C の概要と仕組み - 衛星ラボ \(eiseilab.com\)](https://eiseilab.com/i2c/)
- Altium Designer : [Altium Designer の概要 | 基板設計 CAD | アルティウム](https://www.altium.com/ja/altium-designer)
- Software 開発 : [ラズパイで気温と湿度を測定、LINE で通知を受け取る ~後編~ : 名刺サイズの超小型 PC「ラズパイ」で遊ぶ \(第 27 回\) - IT media NEWS](https://www.itmedia.co.jp/news/2020/07/27/01/)  
[Raspberry Pi を使って、【温度・湿度】をブラウザ表示 | ワクワクを作ろう \(canmakewakuwaku.com\)](https://canmakewakuwaku.com/raspberry-pi-temperature-humidity-browser/)  
[ガスセンサとは? - 半導体式ガスセンサ \(figaro.co.jp\)](https://figaro.co.jp/gas-sensor/)