

# 2019年度 卒業論文

## Arduino を用いた BME280 搭載センサーの 測定実験とその活用について

2020年 1月 31日

基礎物理学研究室

学籍番号 161201

中井 裕彰

京都教育大学 教育学部学校教育教員養成課程 理科領域専攻

## 目次

1. 序論 .....	4
1.1. 研究の背景 .....	4
1.2. 研究の目的 .....	7
1.3. 論文の構成について .....	8
2. 実験準備について .....	9
2.1. 実験道具について .....	9
2.1.1. マイクロコントローラー Arduino .....	9
2.1.2. BME280 搭載 温湿度・気圧センサモジュール (BOSCH 社) .....	10
2.2. 実験を始める前に .....	11
2.2.1. Arduino IDE について .....	11
2.2.2. Arduino でのプログラミング実行の方法 .....	12
2.2.3. SparkFun BME280 Arduino Library .....	13
2.3. 実験方法について .....	14
2.3.1. 温湿度・気圧センサーの作成(SPI 接続の場合) .....	14
2.3.2. 温湿度・気圧センサーの作成(I2C 接続の場合) .....	16
3. 温湿度センサーによる測定実験について .....	18
3.1. 温湿度・気圧センサーによる測定 .....	18
3.1.1. 温湿度・気圧センサーでの測定の前に .....	18
3.1.2. 温度計による BME280 センサーの精度評価実験 .....	20
3.1.3. 温度計による BME280 センサーの精度評価実験についての結果について(温度) .....	20
3.1.4. 温度計による BME280 センサーの精度評価実験についての結果について(湿度) .....	22
4. 教育的応用への評価による考察と結論 .....	23
4.1. アンケート 1 について .....	24
4.1.1. アンケート 1 の質問内容とその集計結果 .....	24
4.1.2. アンケート 1 の結果と考察 .....	25
4.1.3. アンケート 2 の質問内容と集計結果 .....	27
4.1.4. アンケート 2 の質問内容と集計結果 .....	28
4.2. アンケート総括 .....	29
5. 学校現場での応用についての考察と結論 .....	30
5.1. 学校現場での応用を目指して .....	30
5.1.1. 対象とする授業について .....	30
5.1.2. 教具への応用を目指した評価実験 .....	32

5.1.3. 温度計による BME280 の精度評価実験の結果と考察.....	33
5.2. 教具への応用について.....	34
5.2.1. 教具への応用における課題について.....	34
5.2.2. 教具への応用に対する課題の克服に向けて.....	35
5.2.3. 教具の作成方法について.....	37
5.3. 授業への応用に向けて.....	42
5.3.1. 授業への応用について.....	42
6. 謝辞・付録等.....	50
6.1. まとめ.....	50
6.2. 最後に.....	50
6.3. 謝辞.....	51
6.4. 参考文献.....	52
6.5. 付録.....	52

# 1. 序論

## 1.1. 研究の背景

温度、湿度や気圧といった肉眼では確認できないものを測定するためには、何かしらの装置が必要となる。これまでの経験から言うとそれらは温度計や湿度計が主に使われており、実際、学校現場においても、多く用いられている。ただ、一方で、これらの装置は以下の理由から、学校現場での実験や活用に課題があると感じていた。

- ・断続的な計測ができない、もしくは向いていない。
- ・計測する際にその場に居合わせなければいけない。
- ・精度によっては高価であるものがある。

例えば、温度や湿度を長時間管理する際に、長時間正確な値を求めるには比較的高価な、精度の高い温湿度計を用意する必要があるが、それらは高価である分、管理に気を付けなければならない。それでもそれらを用いて温度や湿度の変化が起こっているのか、それとも起こっていないのかを調べる際には、いったんその他の作業を中断し、その場まで行き、温度や湿度を確認する必要がある。特に小学校での百葉箱などの計測において一定時間ごとに様子を見に行き、結果を記録するのは多忙な教員には億劫な作業になるのではないだろうか。近年では Bluetooth によりデータを他の電子機器に送信できるデータロガー付き温湿度計というものもあるが、それらは非常に高価である。そのため学校現場にそのような高価な温湿度計を数多く用意することは決して容易ではない。また、新学習指導要領において高等学校は、「主体的・対話的で深い学び」といわれるように、これまでの学習を活かしながら探求的な課題の取り組む「理数探求」「理数探求基礎」が新しく設置された。学習指導要領(平成 30 年度告示)においては「理数探求」について以下のように記されている。

## 第2 理数探究

### 1 目標

様々な事象に関わり、数学的な見方・考え方や理科の見方・考え方を組み合わせるなどして働かせ、探究の過程を通して、課題を解決するために必要な資質・能力を次のとおり育成することを目指す。

- (1) 対象とする事象について探究するために必要な知識及び技能を身に付けるようにする。
- (2) 多角的、複合的に事象を捉え、数学や理科などに関する課題を設定して探究し、課題を解決する力を養うとともに創造的な力を高める。
- (3) 様々な事象や課題に主体的に向き合い、粘り強く考え行動し、課題の解決や新たな価値の創造に向けて積極的に挑戦しようとする態度、探究の過程を振り返って評価・改善しようとする態度及び倫理的な態度を養う。

(学習指導要領(平成 30 年度告示)第 2 章第 11 節 「理数探求」より抜粋)

私自身も高等学校の理科教員を志しているが、生徒の理科課題探求の時間において生徒自身が学校から帰宅した後にも課題にまつわる情報(温度や湿度など)を得たいと考える可能性も考えられる。このような場面を想定し、学校現場に用意できる程度の安価さで、かつ変化を操作の必要なく断続的に記録できる装置を用意もしくは自身で作成することは今後の教育の現場でも十分活かされるのではないかと考えた。私は学部 1 年時に履修した物理学基礎実験でのセンサープロジェクトからセンサーというものに興味があり、学部 4 年時に履修した物理学実験で使用したマイクロコントローラー Arduino の多様な使用用途について興味があった。この Arduino を用いて、上記の課題を克服したセンサーを作成し、教育現場での活用について考えたいと思ったことが本研究を進めるきっかけである。

上記のように私自身がセンサーを作成することで高等学校での理科課題探求の授業での必要なスキルを高めたいという研究背景ともう一つ、私自身の中に、学校現場で求められる教育改革への不安へのアプローチをしたいという強い思いがある。近年の学校現場では、外国語活動の充実や社会とのつながりがある教育といった様々なニーズがあるが、その中の一つに情報化の進む現状を踏まえ、教育現場でも ICT を用いた教育活動の実践というものがある。以下は小学校学習指導要領(平成 29 年度告示)での「総則」での記述である。

## 第 2 教育課程の編成

### 2 教科等横断的な視点に立った資質・能力の育成

- (1) 各学校においては、児童の発達の段階を考慮し、言語能力、情報活用能力(情報モラルを含む。)、問題発見・解決能力等の学習の基盤となる資質・能力を育成していくことができるよう、各教科等の特質を生かし、教科等横断的な視点から教育課程の編成を図るものとする。

## 第 3 教育課程の実施と学習評価

### 1 主体的・対話的で深い学びの実現に向けた授業改善

- (3)第 2 の 2 の(1)に示す情報活用能力の育成を図るため、各学校において、コンピュータや情報通信ネットワークなどの情報手段を活用するために必要な環境を整え、これらを適切に活用した学習活動の充実を図ること。また、各種の統計資料や新聞、視聴覚教材や教育機器などの教材・教具の適切な活用を図ること。

あわせて、各教科等の特質に応じて、次の学習活動を計画的に実施すること。

- ア 児童がコンピュータで文字を入力するなどの学習の基盤として必要となる情報手段の基本的な操作を習得するための学習活動

イ 児童がプログラミングを体験しながら、コンピュータに意図した処理を行わせるために必要な論理的思考力を身に付けるための学習活動

(小学校学習指導要領(平成 29 年度告示)第 1 章「総則」より抜粋)

よって、以上からわかるように、今後、教育現場でも ICT 教育が求められ、具体的な教科や単元が指定されているわけではないが、プログラミングを用いた教育活動も求められている。ただ、それらを含む情報化の進歩は近年、大変著しいためにそれらの活動に対して苦手意識のある教員も多いのではないだろうか。特にプログラミングについては小学校の必修化が決定したが、教員を養成する教育大学の出身であってもそれらに十分に触れられずに教員になった先生方も多いことが予想される。それらについてもアンケートなどの調査を行い、その調査結果を踏まえ、本研究やその論文を通じて、そのような分野に苦手意識のある教員の先生方に少しでもプログラミングや ICT 機器を活用するきっかけや足掛かり、活用の手引きとなればと思い、研究を進めていきたいと考えている。

## 1.2.研究の目的

本研究においては、マイクロコントローラーArduino (本学基礎物理学研究室では Arduino Uno)を用いて、安価でかつ有用性のある温度・湿度センサーを作成すること。また、そのセンサーを用いた教具や教材を作成し評価、教育現場での応用について分析することを研究の目的とする。

### 1.3.論文の構成について

本論文の以下の構成は次のようになっている。

第2章では、本論文での実験で用いる道具やその特性、実験方法について述べる。

第3章では、第2章で提示した実験の結果、その評価について述べる。

第4章では、作成したセンサーにまつわるアンケート調査により温度・湿度センサーのもつ教育現場への応用、その可能性についての評価を述べる。

第5章では、具体的な単元を定め、教育現場への応用について例示する。

第6章では、これまでの研究に携わる方々への謝辞、付録を述べる。

前半の第2～3章において、Arduinoを用いたセンサーの開発とその精度評価を行う。

後半の第4～5章においては前半章で作成したセンサーを用いた教具の教育への応用について指導案としてまとめ、またセンサーに関して小学校教員希望者に対する実践による評価についてまとめる。



## 2. 実験準備について

### 2.1.実験道具について

主に実験で用いる実験機器についてまとめる。以下にまとめたもののほかにブレッドボードと導線があるが、本論文では割愛する。

#### 2.1.1.マイクロコントローラー Arduino

Arduino とは,ATMEL 社がリリースしたマイクロコントローラーの 1 つである。

本実験においては,基礎物理学研究室に設置されている Arduino Uno (下写真) を用いた



写真 1 本実験で用いた Arduino Uno

Arduino について,家田 (2018) は以下のように述べている。

Arduino のデジタルピンからは TTL 規格での信号の入出力を行うことができる。またアナログピンにおいても TTL-HIGH である 5V の信号を 10bit に分割し読み込みを行うことが可能である。他にも 5V 出力端子,3.3V 出力端子などがある。

(家田,2018,p5)

また Arduino を学校教育に用いるメリットとしても,家田 (2018) は以下のように述べている。

- ・ソフトウェアも含め,比較的簡単かつ使いやすい
- ・プログラミング言語として,一般的な C,C++が基本となっていることから,今後のプログラミング学習の土台となることが期待される。
- ・外部機器との接続が容易であり,電子部品を用いることで目に見える結果が得られる。
- ・導入費用が安価であり,台数を用意しやすい。

(家田,2018,p5)

## 2.1.2.BME280 搭載 温湿度・気圧センサモジュール (BOSCH 社)

BME280 搭載 温湿度・気圧センサモジュール(BOSCH 社)とは、ドイツの BOSCH 社の作成した 1 チップで温度・湿度・気圧の 3 種類の環境情報を取得できるセンサーである(図中心の四角部分)。I2C と SPI の 2 種類の通信方法に対応し、動作電圧は 1.71~3.6(V)である。

なお、本研究は SPI 接続と I2C 接続の両方による通信を試み、実験を行った。

Arduino と I2C 接続で通信を行う場合は、BME280 搭載 温湿度・気圧センサモジュールの J3 と記された部位をはんだジャンプする必要がある。仕様について以下にまとめておく。

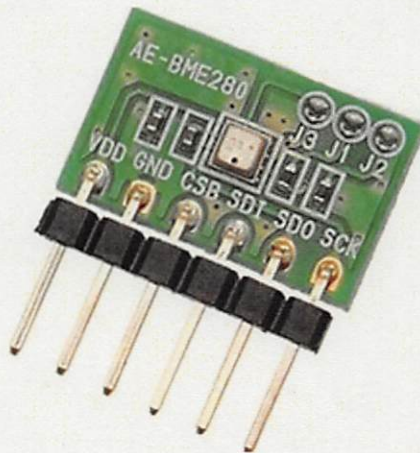


写真 2 BME280 搭載センサモジュール

	測定範囲	測定精度	分解能
温度 (°C)	-40 ~ +85	±1	0.01
湿度 (%)	0 ~ 100	±3	0.008
気圧 (hPa)	300 ~ 1100	±1	0.18

表 1 BME280 搭載センサモジュールの商品情報について秋月電子から参照

またこのモジュールは ATLAS ピクセル検出器の組み立て試験時のモニターに利用されているものであり、そのモジュールを教育現場に活用できないかと着目し、利用を考え始めたものである。

## 2.2.実験を始める前に

### 2.2.1.Arduino IDE について

Arduino を実際に動かすためには,Aruiuno Software である Arduino Integreted Development Enviroment (以下 Arduino IDE)をダウンロードする必要がある。この Software を用いて Arduino 向けのプログラム (スケッチという) を作成することができ,USB 接続を通して Arduino ボードにアップロードするための環境が整う。

この Arduino IDE はオープンソース・ソフトウェアであり,誰でも利用することができる。Arduino 公式サイトからダウンロードできるため,準備時間は必要なく,容易にプログラム環境を整備することができる。

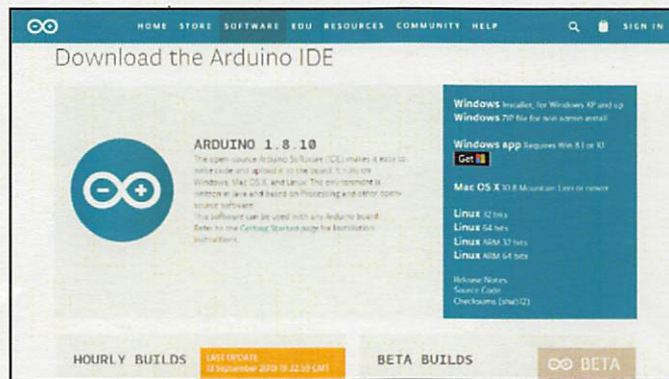


写真 3 Arduino IDE ダウンロード画面①



写真 4 Arduino IDE ダウンロード画面②

## 2.2.2.Arduino でのプログラミング実行の方法

Arduino でのプログラミング実行には、大まかに以下の手順がある。

### (1)スケッチを作成する。

マイクロコントローラーへの指示を書き込む動作である。主に使用できる言語は C、もしくは C++などプログラミングでも一般的なものを採用している。

### (2)コンパイルする。

指示したスケッチが言語として正しく動作できるのかを確認する動作である。異常がない場合はコンパイルされ、異常があれば、下の黒い画面にエラーの内容について表示されるため、プログラミングの練習にも役立つ。

### (3)コンパイルしたスケッチをスケッチボードに書き込む。

コンパイルされたスケッチを Arduino に書き込む動作である。Arduino に書き込むため、書き込み後、Arduino と PC の USB 接続を遮断しても外部電源により電力を供給できれば、正常に動作できる

### (4)シリアルモニターで確認する。

書き込んだ指示の結果を確認する動作である。

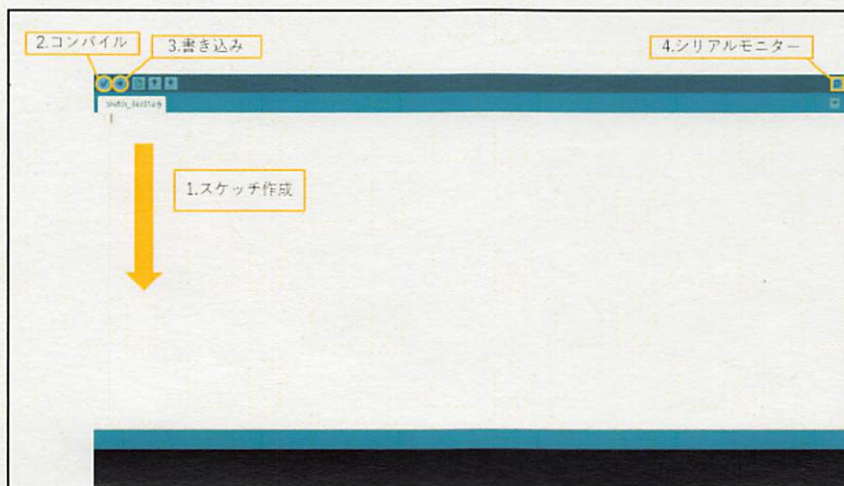


写真 5 Arduino IDE でのスケッチ入力場面とその手順

### 2.2.3. SparkFun BME280 Arduino Library

BME280 搭載 温湿度・気圧センサモジュールを作動させるためには,Arduino IDE とは別にファイルをダウンロードすると容易である。本実験では SparkFun BME280 Arduino Library というファイルを用いた。なおこのファイルは Arduino のコンパイラが認識できるところに保存する必要がある。元来,Sparkfun(社) の BME280 モジュールのために設計されたものであるが,本実験で用いた AE-BME280 でも使用できる。

## 2.3.実験方法について

### 2.3.1.温湿度・気圧センサーの作成(SPI 接続の場合)

Arduino Uno と BME280 搭載センサーを以下のように接続する。

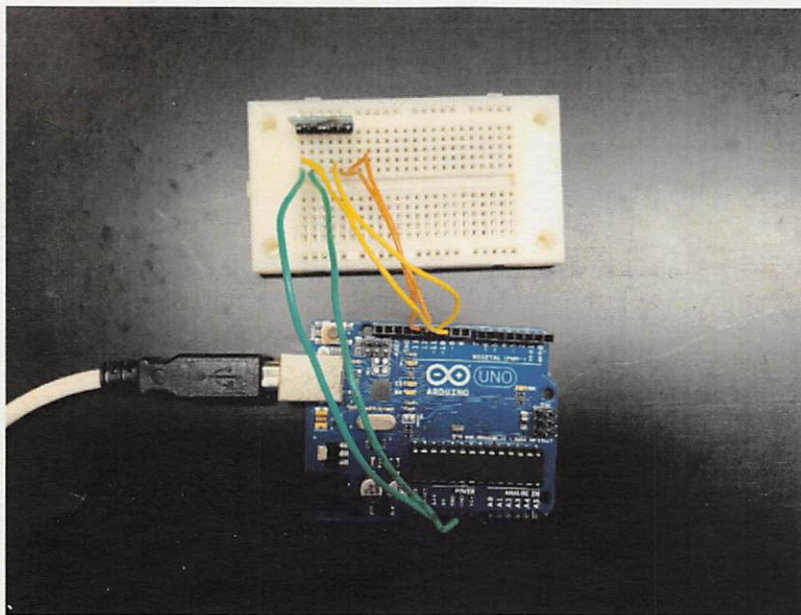


写真 6 Arduino と BME280 搭載センサモジュールとの接続(SPI)

それぞれの接続について表にまとめておく。

BME280 搭載センサー	Arduino
VDD	3.3V
GND	GND
SDI	D11
SDO	D12
SCK	D13
CSB	D10

表 2 接続するピンの対応(SPI)

SPI 接続で実験を開始するには以下のスケッチで稼働させることができる。

```
#include "SparkFunBME280.h"

const int CS_Pin_Number = 10;
BME280 sensor;

void setup() {
  Serial.begin(115200);
  sensor.beginSPI(CS_Pin_Number);
  Serial.print("Temp,Humidity ");
}

void loop() {
  Serial.print(sensor.readTempC(),1);
  Serial.print(".");
  Serial.println(sensor.readFloatHumidity(),1);

  delay(5000);
}
```

図 1 SPI 接続でのスケッチ

最初の一行目によって使用するヘッダーファイルを指定し、三行目によって BME280 というクラスの指定を行っている。

### 2.3.2. 温湿度・気圧センサーの作成(I2C 接続の場合)

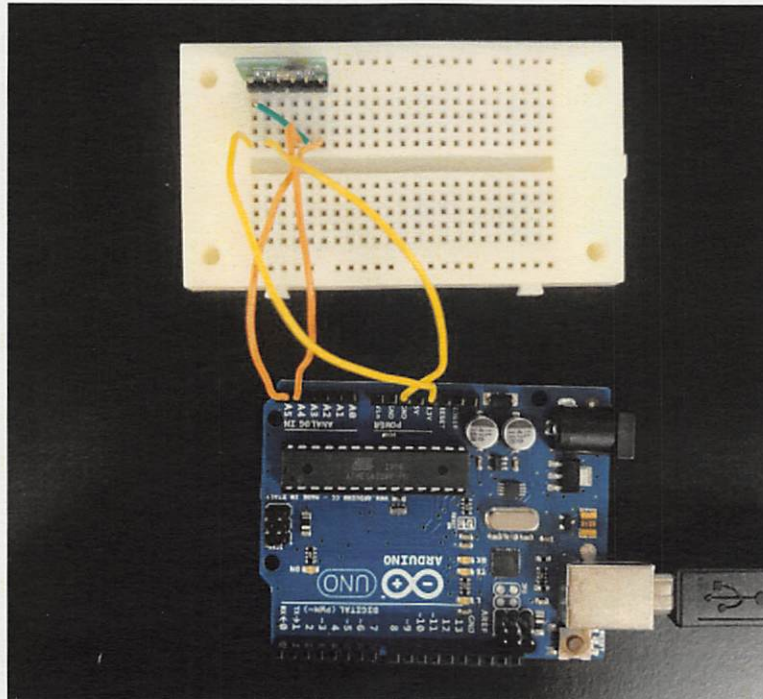


写真 7 Arduino と BME280 搭載センサモジュールとの接続(I2C)

さらにそれぞれの接続について表にまとめておく。

ただし,I2C 接続の場合は,BME280 搭載センサモジュール内の J3 ピンをはんだジャンパをする必要がある。

BME280 搭載センサー	Arduino
VDD	3.3V
GND	GND
SDI	A4(SDA)
SDO	3.3V
SCK	A5(SCL)
CSB	(使用なし)

表 3 接続するピンの対応(I2C)



I2C 接続で実験を開始するには以下のスケッチで稼働させることができる。

```
#include <Wire.h>
#include "SparkFunBME280.h"

BME280 sensor;

void setup() {
  Serial.begin(115200);
  Wire.begin();
  sensor.beginI2C();
  Serial.println("temperature, humidity");
}

void loop() {
  Serial.print(sensor.readTempC(), 1);
  Serial.print(", ");
  Serial.println(sensor.readFloatHumidity(), 1);

  delay(5000);
}
```

図 2 I2C 接続でのスケッチ

### 3. 温湿度センサーによる測定実験について

#### 3.1. 温湿度・気圧センサーによる測定

##### 3.1.1. 温湿度・気圧センサーでの測定の前に

第2章で示した実験準備(接続)をし、示したスケッチをコンパイルした後、シリアルボードに書き込んだ。そうすると、以下のように BME280 搭載センサーが稼働し始めた。

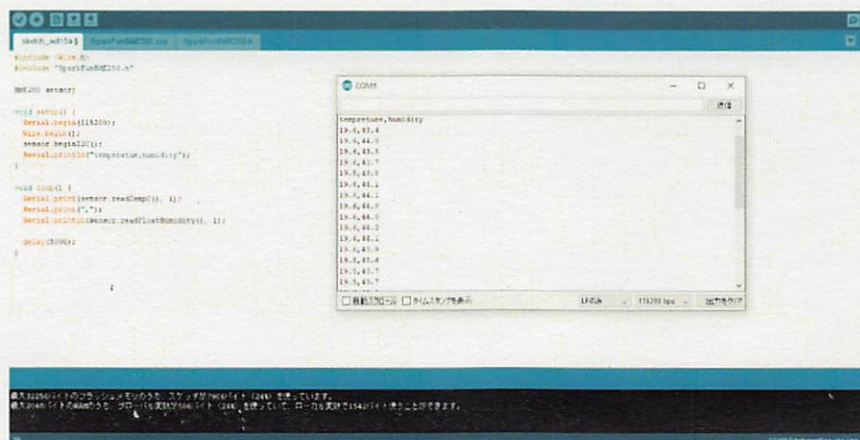


写真 8 Arduino 中のスケッチと計測結果を示すシリアルモニター

以下は、シリアルモニターを大きく表示したものである。スケッチ中の `delay()` 中の値を変更することで、計測する単位時間を変更できる。サンプルとして書いた本文中のスケッチでは、`delay()` 中の値は 5000 であり、これは 5 秒ごとに計測を行うことを指示している。



写真 9 シリアルモニター

さらに BME280 搭載センサーに息を一定時間吹きかけると、湿度が変化したことがわかる。このことから、ヒトの吐く息に水分が含まれていることがわかる。

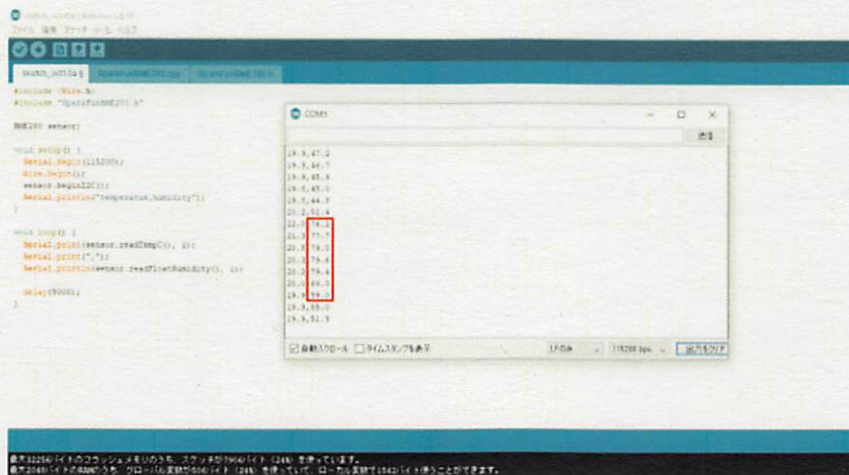


写真 10 センサーへと息を吹きかけたときの計測結果

小学校 6 年生理科の授業に吸気と呼気の違いについて学ぶ单元があるが、その中でも呼気中にある水蒸気については、息を吐きかけたビニール袋中の水滴を目視で確認するという活動が行われている。だが、この BME280 搭載センサモジュールを用いれば、それらの計測も数値により評価することができる。もちろん BME280 には酸素や二酸化炭素の濃度を計測することはできないため、それらの計測にはこれまで通り酸素検知管や二酸化炭素検知管での計測が適切である。

### 3.1.2.温度計による BME280 センサーの精度評価実験

温度計による BME280 センサーの精度評価のため,令和元年 10 月 11 日(金)に本学 A 棟一階教室にて 5 秒ごとに温湿度計の値を調べ,BME280 搭載センサーとの値を比べ,その精度を評価した。なお計測は 30 分間連続して行った。

以下の結果においては,時間①を 11 時 30 分から 12 時 00 分,時間②を 12 時 30 分から 13 時 00 分,時間③を 13 時 30 分から 14 時 00 分としてまとめている。

### 3.1.3.温度計による BME280 センサーの精度評価実験についての結果について(温度)

今回の実験で得られた結果を横に時間軸(時刻),縦に温度(°C)を設定しグラフ化した。

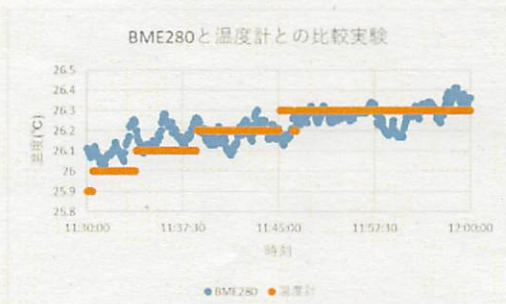


図 8 計測結果 温度 時間①

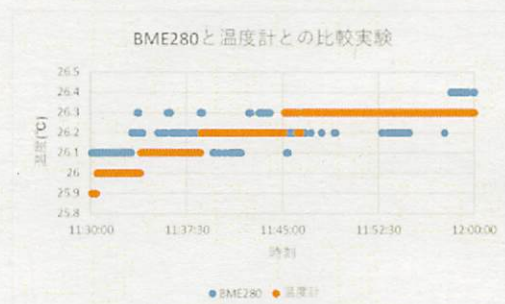


図 7 計測結果 温度 時間①



図 6 計測結果 温度 時間②

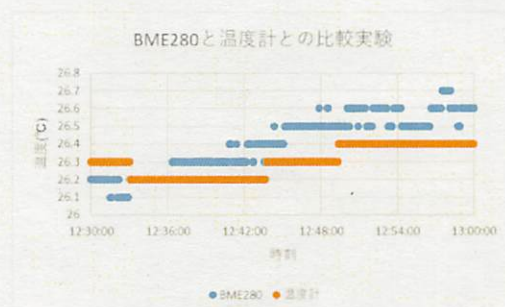


図 5 計測結果 温度 時間②

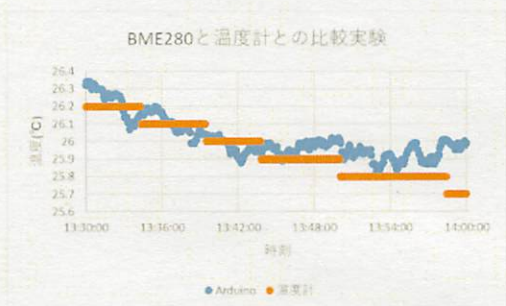


図 4 計測結果 温度 時間③

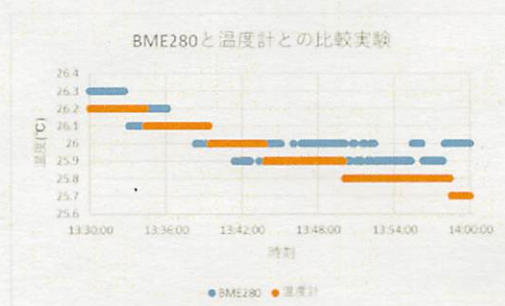


図 3 計測結果 温度 時間③

### 3.1.4. 温度計による BME280 センサーの精度評価実験についての結果について(湿度)

前節での温度のグラフを同様に湿度に対しても以下のようにグラフ化を行った。

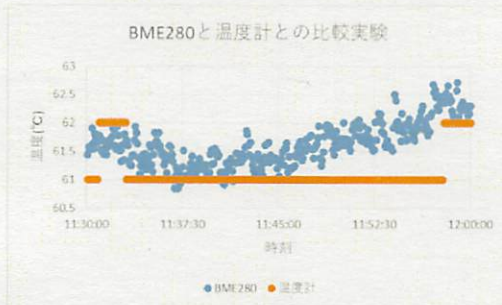


図 14 計測結果 湿度 時間①

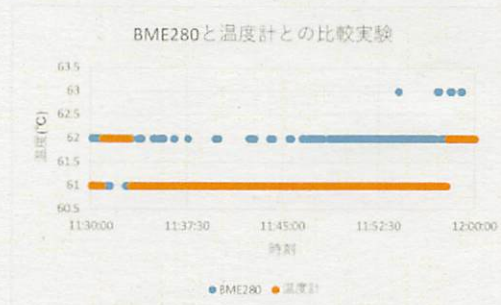


図 13 計測結果 湿度 時間①

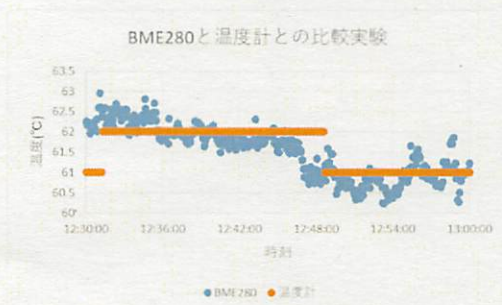


図 11 計測結果 湿度 時間②

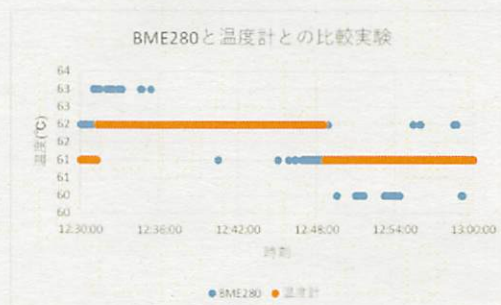


図 12 計測結果 湿度 時間②

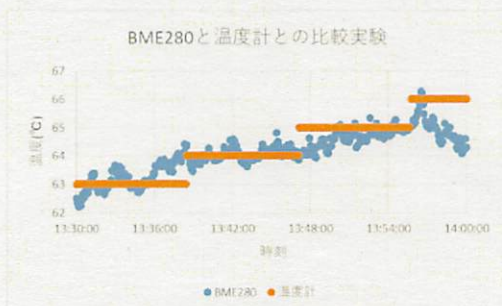


図 10 計測結果 湿度 時間③

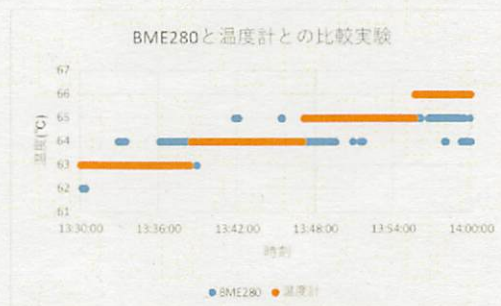


図 9 計測結果 湿度 時間③

前節と同様,湿度計での計測結果と小数点の位をそろえることでそれぞれの結果を比較した。11時30分から12時00分にかけて湿度計と同じ値を取ったのが361点中185点,それぞれの値の差が1%となった点が361点中172点,2%以上になった点は361点中4点であった。同様に12時30分から13時00分,13時30分から14時00分までにおける計測では,湿度計と同じ値を取ったのは361点中それぞれ,280点と241点,差が1%となった点はそれぞれ78点と111点,2%以上になった点のはが361点中3点と9点であった。この結果からほとんどの点が従来の湿度計と $\pm 1\%$ 程度の値を示していることが分かる。

#### 4. 教育的応用への評価による考察と結論

次に本章では、アンケート調査等から Arduino と BME280 搭載センサモジュールを用いた温湿度センサーについての教育現場における有用性や課題についてまとめ、結論とする。

作成した教具(以下、本教具)での活用を目指す Arduino と BME280 搭載センサモジュールによる温湿度計を評価するため、本大学の学生を対象に教具づくりとアンケートに協力してもらった。対象としたのは公立小学校での勤務を希望する本学理科領域専攻4回生の学生と同じく公立小学校での勤務を希望する他の領域専攻の学生である。

内容は主に、これまでのプログラミングの経験や意識について調査した。また、このアンケートを行った学生に対して、実際に本教具を作ってもらい、教具作りを経て、自身のプログラミングへの意識について再びアンケートを実施した。本論文ではこれまでのプログラミングへの経験や意識についてのアンケートをアンケート1、教具づくり後のプログラミングへの意識をアンケート2として、アンケートの結果をまとめた。

## 4.1.アンケート 1 について

### 4.1.1.アンケート 1 の質問内容とその集計結果

#### 【質問内容】

1-1,教員の志望する度合いについてどの程度か。

(1:まったくない ~ 5:かなりある)

1-2,小学校でのプログラミングの必修化は知っている。

(YES / NO)

1-3,小学校でのプログラミングの必修化についてどれほど知っている。(目標・内容等)

(1:まったく知らない ~ 5:かなり知っている )

1-4,プログラミングの経験はどれくらいあるか。

(1:まったくない ~ 5:かなりある)

1-5,自身のプログラミングの知識はどれくらいある。

(1:まったくない ~ 5:かなりある)

1-6,プログラミングの具体的な操作について大学の授業で学んだことがある。

(1:まったくない ~ 5:かなりある)

1-7,プログラミング必修化や意義について大学の授業で学んだことがある。

(1:まったくない ~ 5:かなりある)

1-8,プログラミングは難しいイメージがある。

(1:まったくない ~ 5:かなりある)

1-9,プログラミングを学ぶのに抵抗がある。

(1:まったくない ~ 5:かなりある)

1-10,初歩的なプログラミングを扱える能力は小学校教員でも必要と感じる。

(1:まったくない ~ 5:かなりある)

1-11,プログラミングの知識・経験がないまま教員になるのは心配だ。

(1:まったくない ~ 5:かなりある)

番号/回答	1	2	3	4	5	平均
1	0	0	1	9	10	4.45
2						20/20
3	2	6	6	6	0	2.8
4	5	10	1	4	0	2.2
5	9	8	2	1	0	1.75
6	5	7	2	6	0	2.45
7	6	3	6	4	1	2.55
8	0	0	1	5	14	4.65
9	2	4	6	6	2	3.1
10	0	1	1	13	5	4.1
11	0	2	1	13	4	3.95

表 4 アンケート 1 の結果とその平均

#### 4.1.2.アンケート 1 の結果と考察

アンケート 1-1 において教員への志望の度合いをアンケートしたところ、教員への志望度が非常に高い。つまり教育に対し積極的な姿勢を持った学生がアンケートに協力してくれたことが分かる。またこれらの学生は全員、1-2 の質問とその回答から分かるように小学校でのプログラミング化の必修については認知している。

アンケートの中で特に高い平均値(3.5 以上)を示したものが、1-8,10,11 であった。

1-8 では、プログラミングへの意識を調査した。多くの学生がプログラミングへのイメージに対して 5(難しい)を回答している。このことからプログラミングに対して、難しいイメージを持つ学生が多く、またそれらの学生が公立の小学校教員へと就職することが分かる。また、アンケート 1-10,11 ではプログラミングへの必要性への意識について回答してもらった。プログラミングに対して小学校教員であってもある程度の知識が必要と感じていること、自身にプログラミングへの知識がないまま教員へと進むことに対する不安があることがうかがえる。

一方、アンケートの中で低い平均値(2.5 以下)を示したものが、1-4,5,6,である。これらの質問はすべて、これまでの自身のプログラミングの経験をアンケートしている。これらの結果からこれまでプログラミングの経験と知識は学生は不十分であると自覚しており、大学の授業においてもそれらの学習についてあまり経験がないと回答している。加えて、小学校でのプログラミングの必修化については平成 29 年度告示学習指導要領において示されたため、教員養成のための授業においても十分に準備されていない点が 1-6 の結果や 1-7 の結果からもうかがえる。よって今後、公立小学校においてこのようにプログラミングについて不安のある教員が現場に参加することがこの結果から示唆されている。また、アンケート回答



の平均が3を下回った1-3の質問の結果からプログラミングの必修化について認知していてもその具体的な目標や内容等を理解している学生も少なかったことがうかがえる。

アンケートの平均が3.1だった質問1-9では、プログラミングに対して抵抗がある学生とそうでない学生が同程度に存在していることがわかった。

#### 4.1.3.アンケート2の質問内容と集計結果

##### 【質問内容】

- 2-1,プログラミングに興味を感じた。(1:感じない ~ 5:感じた)  
 2-2,プログラミングを学びたいと思った。(1:思わない ~ 5:思った)  
 2-3,プログラミングが楽しいと感じた。(1:楽しくない ~ 5:楽しい)  
 2-4,プログラミングが便利だと感じた。(1:便利でない ~ 5:便利だ)  
 2-5,プログラミングは難しいと感じた。(1:難しい ~ 5:難しくない)  
 2-6,この教具は有益であると感じた。(1:有益でない ~ 5:有益だ)  
 2-7,この教具が安価であると感じた。(1:安価でない ~ 5:安価である)  
 2-8,この教具を作ることは難しいと感じた。(1:難しい ~ 5:難しくない)  
 2-9,この教具を現場で使いたいと思った。(1:使いたくない ~ 5:使いたい)

番号/回答	1	2	3	4	5	平均
1	0	1	0	10	9	4.35
2	0	1	1	9	9	4.3
3	0	2	3	10	5	3.9
4	0	0	1	3	16	4.75
5	2	5	6	7	0	2.9
6	0	0	0	6	14	4.7
7	0	0	2	0	18	4.8
8	0	5	4	7	4	3.5
9	0	1	2	7	10	4.3

表 5 アンケート2の結果とその平均

#### 4.1.4. アンケート2の質問内容と集計結果

アンケートの中で特に回答者の平均が高かったもの(4.5以上)であったものが2-4,6,7であった。2-4はArduinoを用いたプログラミングでの教具の作成を経たうえで,Arduinoやプログラミングに対しての意識について質問し,2-6,7は本單元において本教具がどの程度有益であると感じたかもしくはこれまで使われていた記録温湿度計と比べ,どの程度安価であると感じたかを調査した。2-4の結果から本教具の作成を通じて,プログラミングの利便性を感じた学生が多いとわかる。2-6の結果から本教具は本單元において有益であるという学生が多かったことがわかる。また2-9の結果を参照しても本教具を実際に使ってみたいという学生が多かったことから本教具が有益であったことがうかがえる。2-7では教具の安価さについて調査したが,従来の温湿度計は定価が50000円以上するものもあるため,それらの温湿度計に比べると安価であると感じたと回答した学生が多かった。

アンケートの中で回答の平均が高かったもの(3.5以上)は2-1,2,3,8であった。2-1,2,3の質問では,プログラミングへの意識について本教具の作成を通じて感じたことを調査し,2-8では,本教具の作成にどの程度の難しさがあったのかを調査した。2-1,2,3の結果から本教具の作成を行った後は,プログラミングに対する肯定的な意見が多かったことがわかる。特にプログラミングに対して興味がわいた,学びたいと思ったというような回答の平均が高ことから,学生自身の今後のプログラミング学習へのきっかけとなる教具であったことがうかがえる。2-8の結果から本教具を作成することに難しさがあったと答える学生は難しさがあまりなかったという学生に比べ少ないことがわかる。一方,この質問に対し,教具作成に対して難しさがあると回答した学生の中には,プログラミングのコード(スケッチ)を自身で考えて書くことに困難があると口頭で述べている学生が多かった。

2-5の結果から,プログラミングに対して難しさを感じた学生とそうでない学生が同程度いたことがわかる。

## 4.2.アンケート総括

アンケート 1,2 を比べ、1-8「プログラミングは難しいイメージがある」という問いに対して5(かなりある)と回答した学生は20人中の中で14名であったが、教具づくりを通じて2-1「プログラミングに興味を感じた」という質問に対して、5(そう思う)と感じた学生は6名、4(どちらかといえばそう思う)と回答した学生は7名であった。同様に2-2「プログラミングを学びたいと思った」という質問に対して5(そう思う)と感じた学生は9名、4(どちらかといえばそう思う)と回答した学生は3名、2-3「プログラミングが楽しいと感じた」という質問に対して5(そう思う)と感じた学生は4名、4(どちらかといえばそう思う)と回答した学生は6名という結果になった。このことから本教具を作成することによってこれまでの「プログラミング=難しいイメージ」という概念から、プログラミングがより身近なものへと変化したことがうかがえる。本研究の目標の一つに、これから教員になる学生のもつ教育課題に対する不安にアプローチしたいという目標があったが、論文の本教具の作成によって、微小ではあるが満たされたことが確認することができた。

## 5. 学校現場での応用についての考察と結論

### 5.1. 学校現場での応用を目指して

最後に本章では、前章までに示された Arduino を用いた温度センサーを教育の場に活かすため、作成した温湿度計を有意義に扱うことができる単元を調べ、その単元での本教具への応用についてまとめた。

#### 5.1.1. 対象とする授業について

小学校4年生で行う「天気の様子」という単元（以下、本単元と記す）がある。

本単元は

- ・1日の気温の変化はどのように変わるのか
- ・気温の変化は天気と関係があるのか

を一定時間ごとに気温や湿度を計測し、グラフ化することで確認する学習内容である。またここで、温度や湿度を計測するために百葉箱での計測を行うことも多い。

ここで、Arduino を使って、10:00 から 16:00 の間、30 分ごとに温度と湿度を計測し、従来の温度計と湿度計で描くことができるグラフを作成してみた。

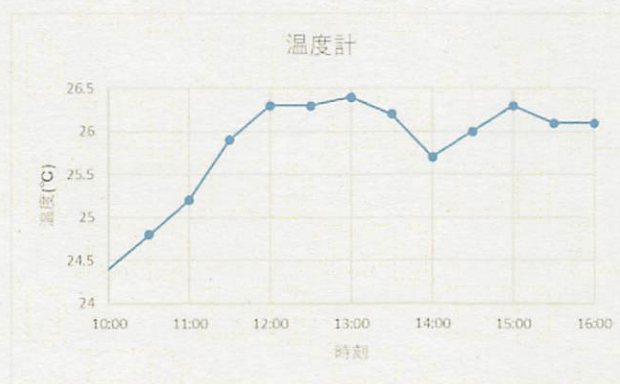


図 15 単元「天気の様子」で用いるグラフ

示したグラフにおいては、温度の変化は直線的な変化での折れ線グラフとなっている。

ここで、第一章でも述べた通りこの計測には以下に示す困難な点がある。

- ・断続的な計測ができない、もしくは向いていない。
- ・計測する際にその場に居合わせなければいけない。

つまり、「本単元の活動では計測の際、百葉箱（もしくは計測場所）に居合わせないといけないため、継続的に測りつづけることが困難であり、温度の変化を直線的にしか表現できない」という欠点が挙げられる。

仮にこのようなグラフを授業で教員が児童に示した場合、児童の立場であると「温度の変化は直線的なのだろうか」という疑問が浮かびあがるだろう。また「学校（もしくは計測場所）にいない場合（特に夜間など）の温度や湿度の変化はどうなっているのだろうか」という児童の疑問にも答えることができない。

このような困難な点を解消するためには、

- ・その場に居合わせなくても計測できる。
- ・継続的に温度や湿度を計測することができる。

という機能を持った温度計や湿度計が必要となる。

このような課題に対して、Arduino と BME280 搭載センサーを用いれば、これまでの課題を克服した温湿度計を作成できると考え、本単元での教材化に向け、本教具の授業での活用の考案を行うこととした。

### 5.1.2. 教具への応用を目指した評価実験

本実験では、実際に学校現場で用いられているような温湿度計を用い、本教具の精度を評価した。学校現場での温湿度計が描く温湿度の変化と BME280 が測定した温湿度の変化を比べ、その差について調べる。

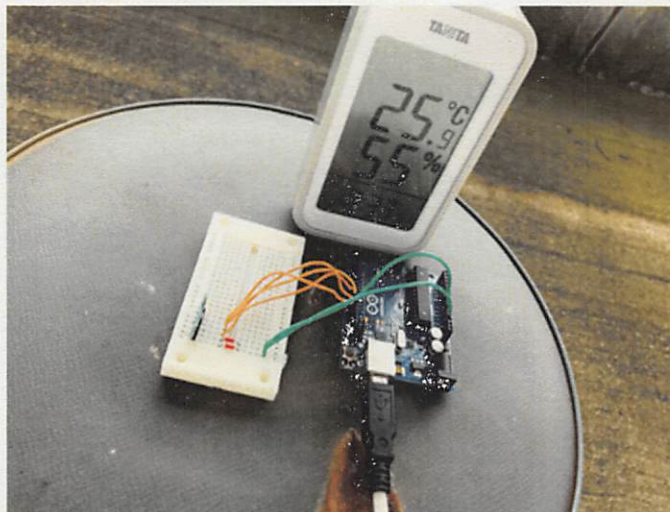


写真 11 Arduino を用いた実験の様子

この実験は本教具が PC による外部電源が必要なため、京都教育大学 A 棟一階北側の窓側の空間を使って測定している。

計測に用いた温湿度計については、乾球や湿球による計測やアルコール式温度計などが思い浮かばれるかもしれないが、近年、東京都の小学校では百葉箱中にデータロガー付きのデジタル温湿度計を使う例もしばしば見受けられる。またアルコール式温度計では、5 秒ごとの計測が非常に難しいため、本実験ではデジタル温度計との比較により評価することとした。

### 5.1.3. 温度計による BME280 の精度評価実験の結果と考察

前節での実験により,得られた結果は以下の表の通りであり,それをグラフ化した。

	BME280	温度計
10:00	24.1	24.4
10:30	24.8	24.8
11:00	25.2	25.2
11:30	26.1	25.9
12:00	26.4	26.3
12:30	26.2	26.3
13:00	26.6	26.4
13:30	26.3	26.2
14:00	26	25.7
14:30	26.5	26
15:00	26.5	26.3
15:30	26.4	26.1
16:00	26.5	26.1

表 6 時間と温度の関係

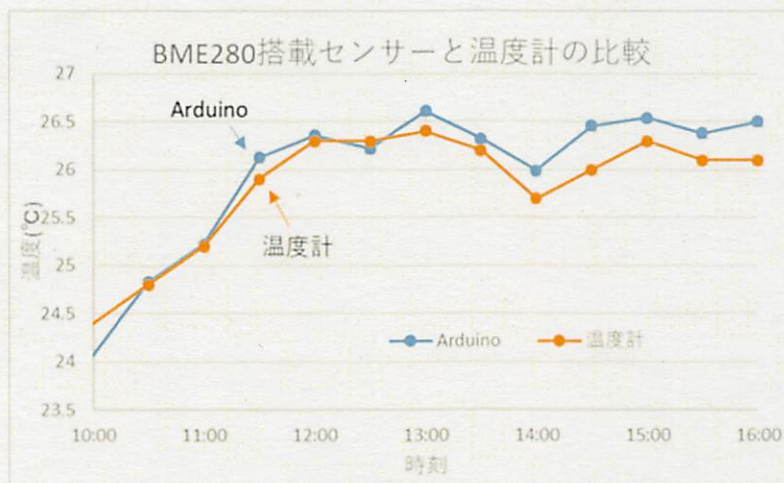


図 16 Arduino と温度計との比較実験の結果

この結果について教具への応用について考察すると,確かにそれぞれの時間に対する値は異なるものの,グラフ全体の概形としては似たグラフを示している。本單元では,温度の具体的な値を求めることよりもグラフの時間や天候に対する変化について調べ,その関係を探る学習單元であるため,BME280 は本單元において従来の温湿度計の代用となるといえるだろう。



## 5.2. 教具への応用について

### 5.2.1. 教具への応用における課題について

先述した通り,従来の温湿度計においては,

- ・その場に居合わせなければ計測できない。
- ・継続的に温度や湿度を計測することができない。

という欠点を克服しなければならない。第2章で提示した温湿度・気圧センサーでは以上の二点の欠点は克服しているが,電源がPCとの接続によって供給されているため,百葉箱の中のように閉鎖された,狭い空間においては,設置できないという課題が浮かび上がる。また,計測の結果もPCへと表示しているため,PCとの接続を切断すると他の媒体への計測結果の記録を行う必要がある。これらをまとめると,教具化するにあたって

- ・物理的になるべく小さな外部電源を用いて独立して動かすことができる。
- ・記録を他の媒体に記録することができる

という課題も同時に克服しなければならない。

## 5.2.2. 教具への応用に対する課題の克服に向けて

前節で教具化への課題について述べられた。この課題の克服のため、筆者は Arduino イーサネットシールドを用意し、それに付随する SD カードスロットを用いて本教具への応用課題を克服することを目指した。

Arduino イーサネットシールド（以下イーサネットシールド）とはマイクロコントローラーをインターネットに接続するためのものであり、写真のように Arduino に物理的に装着することで接続ができる。（本実験ではより安価に準備するためその互換品を扱った）

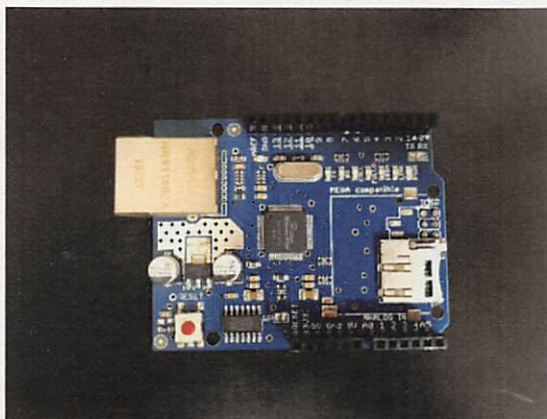


写真 12 Arduino イーサネットシールド(上)

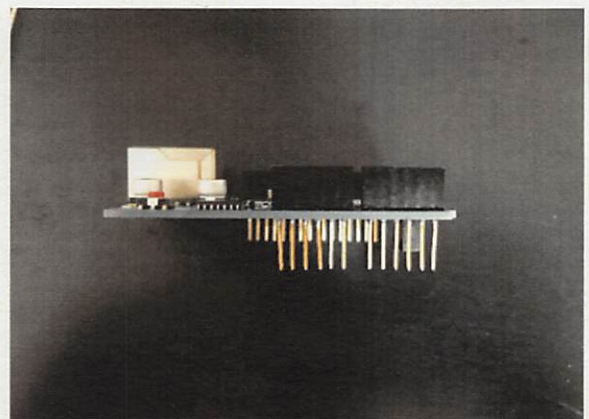


写真 13 Arduino イーサネットシールド(横)

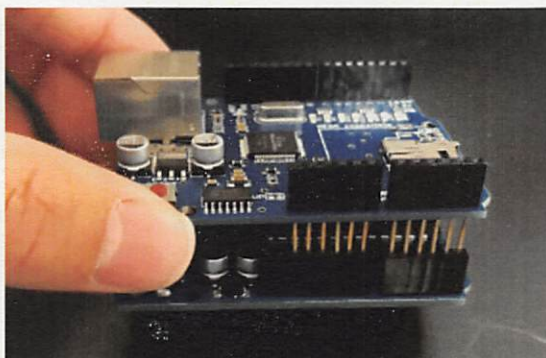


写真 14 イーサネットシールドを Arduino と接続する様子

元来、このイーサネットシールドは Arduino 本体を WEB サーバとし、センサーの計測結果をインターネットを経由して観察・記録するためのものである。これを用いてインターネットを経由し観察・記録することも可能であるが、

- ・ルーターへの有線での接続が必要であり、物理的に大きくなってしまふ。
- ・ルーターを用意する必要があるが、学校現場での活用に対して費用・セキュリティの面で現実的でない。

・WEBサーバとして動かすための設定が非常に難しく,初心者向けでない。  
という欠点がある。

また,SDカードを読み込むことを目的に作られたマイクロSDカードスロットというものもあるが,

・Arduinoとの起動電力との兼ね合いから電圧変換モジュールも必要となる。  
・それぞれの接続が難しく,初心者には扱いが難しい。  
という欠点が挙げられる。

一方,その点においてイーサネットシールド (SDカードシールド) は,

・Arduinoとの接続が上から差し込むだけなので物理的に容易であるため初心者にも扱いやすい。

・ArduinoとBME280搭載センサモジュールとの接続と同じように接続できる。  
・電圧変換モジュールが備わっており,別途用意する必要がない。

という点からも,初めてArduinoを使う教員も容易に作る可以考虑,本教具へと採用した。

今回,このシールドを用いてSDカードへの計測結果の記録を行い,本教具に応用することとした。

今回の実験では,Arduinoイーサネットシールドの互換品を使い,温湿度センサーを作成した。Arduino正規品のイーサネットシールドと違い,Macアドレスが記載されていないため,インターネットに通信するには別途設定が必要となるが,本実験のようにインターネットを使わない場合は,こちらの互換品の方が正規品と性能が同程度のものをより安く用意することができる。

また,シールド型のSDカードの書き込みができるデータロガーモジュールもあるため,それらを用いても性能の同じ温湿度センサーを簡単に作ることもできる。

### 5.2.3.教具の作成方法について

具体的な本教具の作成についてまとめる。手順は以下のとおりである。

(1)イーサネットシールドを Arduino 本体のピンに差し込むように接続する。

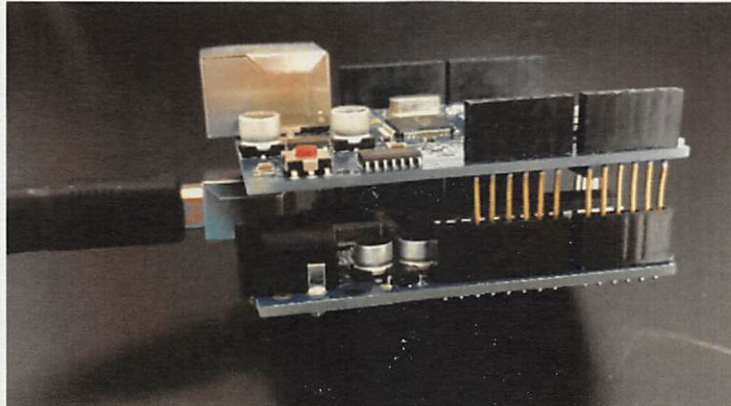


写真 15 イーサネットシールドを Arduino と接続する様子

マイクロ SD カードをイーサネットシールドに挿入する際は、マイクロ SD カードが Arduino と SPI 接続でつながり、書き込みを行っている。

下写真はイーサネットシールドにマイクロ SD カードを挿入している様子である。

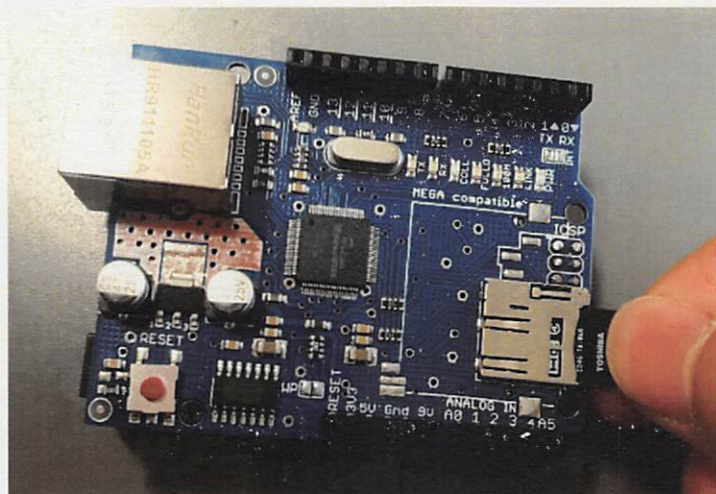


写真 16 イーサネットシールドに SD カードを挿入する様子

また、イーサネットシールドと Arduino 本体が SPI 接続を行っているため、Arduino 中のデジタルピンが使用されている。よって BME280 搭載センサモジュールに対しては Arduino と I2C 接続によって接続する必要がある。すなわち、これは BME280 搭載センサモジュール(BOSCH 社製)のものは J3 ピンに対してはんだジャンパによって電子回路を変

える必要がある。本研究中においては、はんだジャンパの作業が上手くいかず、焦げてしまったが正常にはんだジャンパされていた。(写真 18)

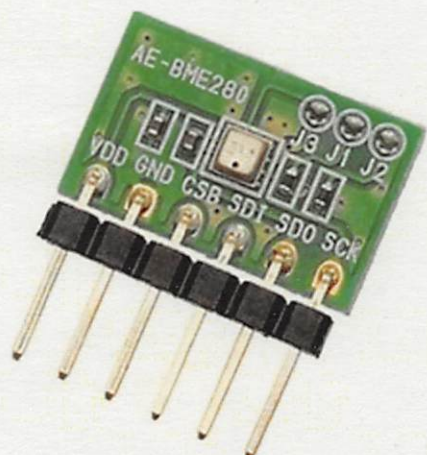


写真 17 BME280 搭載センサモジュール  
(写真 2 と同様)

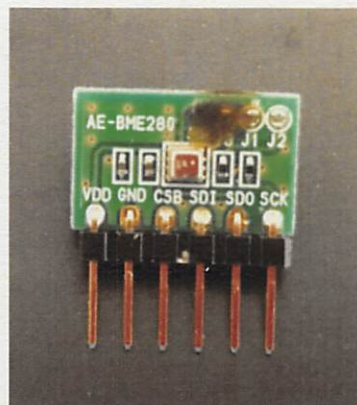


写真 18 J3 ピンをはんだジャンパした

(2) はんだジャンパによって電子回路を変更した BME280 搭載センサモジュールとイーサネットシールドを装着した Arduino を以下のようにつなげる。

この時の接続の方法は Arduino と BME280 搭載センサモジュールを直接接続する際の接続方法と同様である。

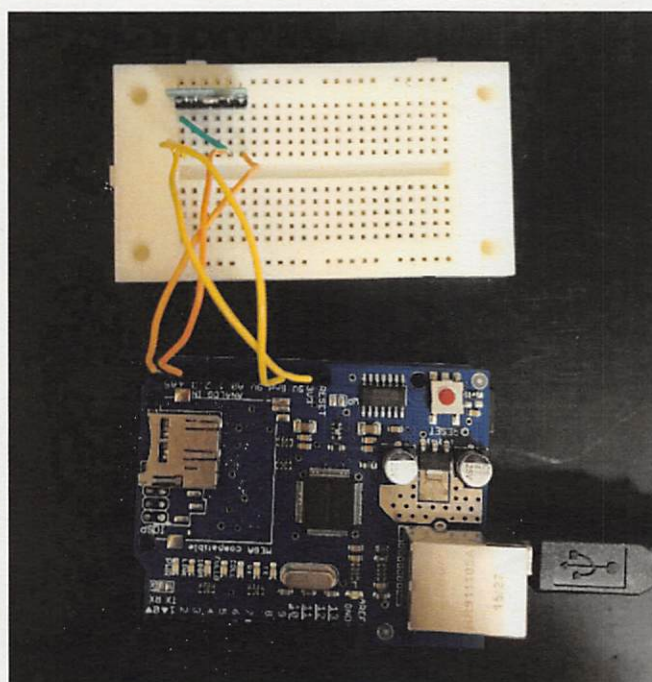


写真 19 イーサネットシールドと BME280 搭載センサモジュールとの接続(上)

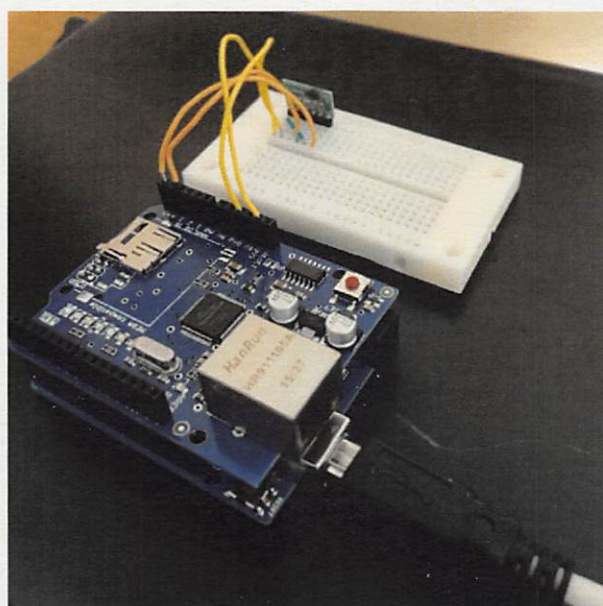


写真 20 イーサネットシールドと BME280 搭載センサモジュールとの接続(斜めから)

BME280 搭載センサー	Arduino
VDD	3.3V
GND	GND
SDI	A4(SDA)
SDO	3.3V
SCK	A5(SCL)
CSB	(使用なし)

表 7 接続するピンの対応(I2C) (表 2 と同じ)

### (3)SD カードに書きめるスケッチを書き込む

スケッチ一方、この教具を稼働させるスケッチについてだが、先に記した Arduino と BME280 搭載センサモジュールとの接続で記したスケッチでは、BME280 搭載センサモジュールが計測した温湿度を PC での Arduino ソフトウェア上のシリアルモニターに表示されるのみであり、マイクロ SD カードに情報が記入されないどころか、PC 接続を行わなければ結果を見ることもできない。

よって接続は同じであっても、スケッチはマイクロ SD カードに計測した情報を記入するよう指示をしなければならない。よってスケッチは先の物から以下のように書き換えられる。またこのスケッチは I2C 接続のものを参考に行っている。

```

#include <Wire.h>
#include <SD.h>
#include <SPI.h>
#include "SparkFunBME280.h"
const int chipSelect = 4;
BME280 sensor;

void setup() {
  Serial.begin(115200);
  Wire.begin();
  sensor.beginI2C();

  Serial.println("SD card Setup");
  pinMode(4, OUTPUT);
  if (!SD.begin(chipSelect)) {
    Serial.println("Setup was failure");
    return;
  }

  Serial.println("Measuring with BME280");
  Serial.println("temp.Humidity");
  File dataFile = SD.open("DATABOX.TXT", FILE_WRITE);
  if (dataFile) {
    dataFile.println("Temp. Humidity");
    dataFile.close();
  }
}

void loop() {
  Serial.print(sensor.readTempC(),1);
  Serial.print(",");
  Serial.println(sensor.readFloatHumidity(),1);
  String data = "";
  data += String(sensor.readTempC(),1);
  data += ", ";
  data += String(sensor.readFloatHumidity(),1);

  File dataFile = SD.open("DATABOX.TXT", FILE_WRITE);
  if (dataFile) {
    dataFile.println(data);
    dataFile.close();
    Serial.println(data);
  }
  delay (5000);
}

```

図 17 SD カードに計測結果を記録するスケッチ

このスケッチによって、マイクロ SD カードが挿入されていない場合は、シリアルモニターに「Setup was failure」とメッセージが表示され、マイクロ SD カードが正常に挿入されている場合は「Mesuring with BME280」とメッセージが表示される。正常に挿入されている場合、メッセージ表示後、データの書き込みが行われる。もちろんスケッチ中の「Serial.println」以降の()内の言葉は自由に書き換えが可能であるため、使用者が把握できるものにしてもらえればよい。

その後、マイクロ SD カードへ「DATABOX.TXT」というファイルを書き込み、そのファイルへ「date」として定義した計測結果を代入していく操作を指定された単位時間に行っていく。もちろんこのファイル名も使用者が扱いやすいものに名称を変更することができる。

計測が終了すれば、マイクロ SD カードを取り出し、PC に差し込み記録された結果を表計算ソフト等を用いてグラフ化することで教材化することができる。

(4)外部電源に接続するため、9V 電池と接続する。

本単元で用いるために PC からの電源供給でなく、外部電源からの電源供給によって独立して稼働できるものにしなければならない。そのため、9V 電池を用意し、以下の写真のように Arduino に接続を行う。こうすると Arduino は書き込まれたスケッチが記憶されているため、PC との USB 接続を切断しても、外部電源により電源が供給されれば稼働し、SD カードに計測結果を記録することができる。電池との接続は+極が 9V ピンに、-極が GND ピンに接続することで動かせる。

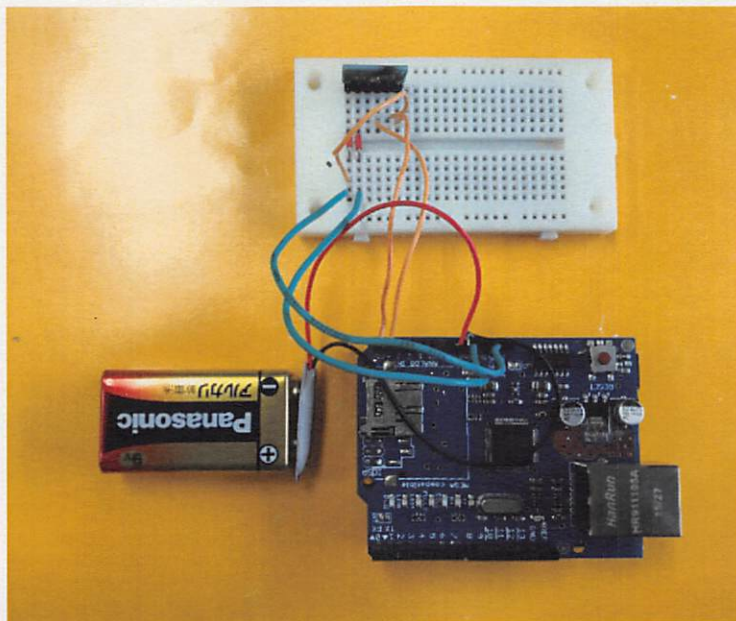


写真 21 外部電源により独立して動き記録する温湿度センサー



### 5.3.授業への応用に向けて

#### 5.3.1.授業への応用について

実際に作った記録温湿度計を教育現場に活かせるよう、授業での活用を提案していく。実際の学級での指導を想定し、指導案によって実践案を示しておく。ただし、その学校、その学級に応じた各々の適切な指導や活用が存在するため、この使用法がどの場合においても適切というわけではなく、各々の学級での児童観（もしくは生徒観）や指導観、教材観についてしっかりと吟味した上での活用が必要であることを事前に断っておきたい。

なお、本指導案は事前に百葉箱での測定を終了し、グラフ化することで児童が天気と温度の関係について既習であることを想定し、作成している。

以下に本単元における Arduino を用いた温度センサーを利用した指導案の例を示しておく。本指導案は細案の形を採用し、まとめている。

なお、本時では、「天気の様子」という単元で扱っているが、作成した温湿度センサーは Arduino でのスケッチを書き換えることで、気圧も測定することができるため、気圧差を用いた教材にも応用が可能である。その場合は、`Serial.print()`内に`(sensor.readFloatPressure() / 100.0, 1)`と入力するとシリアルモニターに確認でき、SD カードに書き込む場合も同様に String で定義すれば測定結果を表示できる。