

大学による高校生を対象とする教育プログラムにおけるプログラミング演習を含む実習の実践報告

笹倉 理子*1

Email: sasakura @uec.ac.jp

*1: 電気通信大学 教育研究技師部

◎Key Words micro:bit, CO₂センサーの利用, プログラミング教育, 文理協働, SDGs

1. はじめに

東京西部に位置する東京外国語大学・東京農工大学・電気通信大学の西東京三大学は連携して、文理協働型グローバル人材育成プログラムを進めている。このうち高大接続教育プログラムでは、2016年度より、高校生を対象とする「西東京三大学高校生グローバルスクール」(以下、グローバルスクール)を年に2回実施している。⁽¹⁾

グローバルスクールは、世界が抱える課題をテーマに設定して、文系志望と理系志望の高校1～2年生(中等教育学校4～5年生)が混合チームを作り、三大学それぞれの特色ある講義や演習・実習に参加し、グループワークやディスカッションを通して考えを深める内容となっている。テーマは、2016年度春季より2015年9月の国連サミットで採択された「持続可能な開発目標(SDGs)」に関連したものを選択してきた。

グローバルスクールに参加者を希望する生徒の進路は文系、理系の双方があり、文系志望がやや多い。そこで、このスクールのプログラムとしては、文系志望の学生、理系志望の学生のどちらの学生にも理解することができ、かつ、魅力的なものが求められる。

電気通信大学では、本学の教育の特色を意識しながら、参加者の積極的な参加を促す目的で、実習を取り入れるプログラムを開発してきた。実習の題材としては、短時間で、場所を選ばずに取り組むことのできることから、教育用ワンボードマイコン micro:bit (または互換機)を利用したプログラミング実習を選択している。

本報告では、これまでの実践の中から、2018年度春季高校生グローバルスクールにおいて、電気通信大学のプログラムとして実施した教育プログラムの実践を報告する。

2. 2018年度春季グローバルスクール

2.1 テーマと電気通信大学のプログラム

2018年度春季高校生グローバルスクールのテーマはSDGsの「LIFE BELOW WATER」と「LIFE ON LAND」に関連して「海や陸の『豊かさ』をめぐってー海や陸はだれのものだろうかー」「地球環境に存在する微生物群を理解して利用する」「新しい技術で環境を測定する」をテーマとした。

電気通信大学のプログラムでは、具体的なテーマのうち「新しい技術で環境を測定する」に関連付けて、講義「環境を測定する」と実習「CO₂センサーを用いた測定」を実施した。

実習は、教育用ワンボードマイコン micro:bit と CO₂センサーを用いて CO₂濃度の測定をおこない、結果をパソコンの画面に表示しながら、CO₂量の変化を観察する内容とした。

2.2 マイコンを用いた CO₂濃度測定について

最近では、CO₂センサーの低価格化や普及により、自宅やオフィスでマイコンを使って CO₂を計測する事例は増えてきているが、ほとんどが Arduino や Raspberry Pi を用いたものである。micro:bit 用で利用できる CO₂センサーも存在した(例えば(2))が、高価で国内からの入手が困難であった。また、CO₂センサーを用いて CO₂を計測する micro:bit による実践報告はなかった。

そこで、比較的安価で入手しやすく、他のマイコンボードでの利用実績がある、CO₂センサーを選び、他のマイコンボードによる前例を参考にしながら教材の作成に取り組んだ。

2.3 CO₂センサー (MH-Z14A)

ここで利用した CO₂センサーは MH-Z14A である。MH-Z14A のマニュアルは(3)だが、不十分な点もあったため MH-Z14 のマニュアル(4)もあわせて参照した。

MZ-Z14A は、赤外光源からの赤外光をあてたときに、CO₂分子によって 4.3 μm の波長の赤外線が吸収される性質を利用して測定する NDIR 法(非分散型赤外線吸収法)を利用した CO₂センサーである。

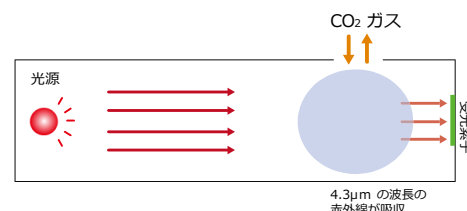


図1 NDIR法を利用したセンサーの構造のイメージ

MH-Z14A にはデータの出力用に、デジタル出力、アナログ出力、PWM、UART の4つのインターフェースが用意されている。本実践では、このうち、参加者の高校生への理解しやすさを考慮して、アナログ出力を利用することとした。

アナログ出力は、CO₂濃度が高いほど高電圧が出力され、0ppm～5000ppm (0.4～2V)を測定することができる。

図 2 は、箱の中にセンサーを設置しろうそくを付けて蓋を閉め、ろうそくが消えるまで放置した後、換気したときの MH-Z14A のアナログ出力(mV)をデジタルマルチメーターで測定したときの変化の様子である。

ろうそくに火をともした後、2000mV まで上昇し、換気をはじめると間もなく徐々にもとの濃度にもどる様子が分かる。およその出力範囲は 560mV 程度 ~ 2000mV で、妥当な結果となった。(きれいな空気を 400ppm としているため、実際には 400 ~ 500mV 程度の値が出力されない。)

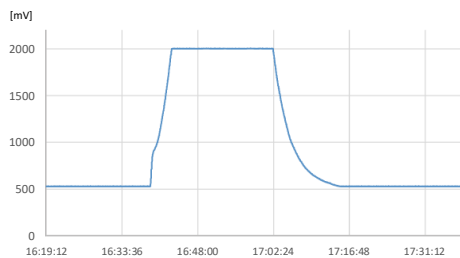


図 2 蓋をしめた箱でろうそくが消えるまで放置した後、換気したときの MH-Z14A のアナログ出力(mV)の変化

2.4 ワンボードマイコン (micro:bit)

micro:bit は、英国で開発された教育用ワンボードマイコンである。ゲーム機のようなボタン、5 x 5 の画面、センサーや通信モジュールを内蔵するほか、簡易に外部機器に接続できるインターフェースが用意されており、センサーからデータを得て、外部機器をコントロールするなどのプログラムが可能となる。

昨年夏に、国内でも正式に発売され、子ども向けのプログラミング教室や授業を中心に、利用がはじまっている。また、5月に一時公開された、「高等学校情報科「情報 I」教員研修用教材」でも、micro:bit が紹介されており、今後、日本の初等中等教育の現場でも使われていくことが期待されている。

micro:bit のプログラムを作成する環境は複数あるが、この演習では、MakeCodeEditor を使用した (5)。MakeCode Editor は、学童や、初心者用に開発されたブロックを組み立てるようにプログラムを作成するプログラム環境である。ユーザは、キーボードからの入力なしに、プログラムを作成することができ、複雑なプログラムを作成する場合は、表示を JavaScript に切り替えて利用することもできる。

西東京三大学連携高大接続教育プログラムでは、2017 年度に、電気通信大学名誉教授 柏木隆良先生によって、micro:bit の互換機 uec:bit が製作された。この互換機は、micro:bit にはない、スピーカーや気象センサーを内蔵している。実際の実習では、場面に応じて、互換機 (uec:bit) と micro:bit の双方を使用する。

2.5 micro:bit を用いた測定

micro:bit を用いて電圧の測定をする場合、micro:bit の端子でセンサー (MH-Z14A) のアナログ出力 (電圧) 値を読み取る。

micro:bit の端子では、0~3.3V の範囲を 0~1023 の 1024 段階で読み取ることができる。センサーの出力範囲の

0.4V~2V は 124~620 (497 段階) に対応する。実際に、デジタルマルチメーターで測定した場合と同じろうそくの実験をして、micro:bit (電池による給電) を用いて端子 (P1) から読み取った電圧を記録したところ、結果のグラフは図 3 のようになった。グラフの形はデジタルマルチメーターで計測した場合と似ているが、最大が 620 をこえた。また、デジタルマルチメーターでは、CO₂濃度が最高の場合と、最低の場合にほぼ水平になるが、micro:bit を用いた測定では、全体にやや右肩上がりとなった。

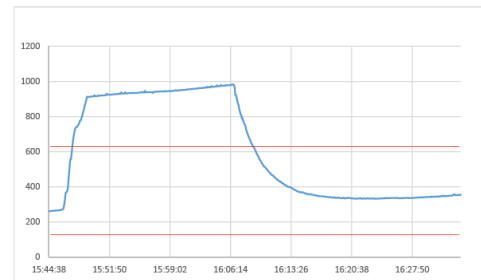


図 3 蓋をしめた箱でろうそくが消えるまで放置した後、換気したときの MH-Z14A のアナログ出力の変化を micro:bit で読み取ったもの (1 目盛りは、0~3.3V を 1024 段階に分割したもの。)

micro:bit の端子による電圧の読み取りは、usb ポートからの給電の場合は、電池による給電の場合と比較して正確となる。しかし、実験では、箱の中に実験装置を入れることを想定していたことから、読み取りの不安定さを考慮にいれながら、細かい数値ではなく CO₂濃度の変化の様子に着目することとして、電池による給電で実習をすすめることとした。

2.6 実験装置

実験では、センサーに接続してデータを読み取るマイコンとして、uec:bit を用いた。利用にあたっては、利便性を考えて、uec:bit とセンサーを 1 つの台に設置して装置 (図 4 実験に用いた装置) とした。装置の台については、3D プリンタでの試作をもとに設計図を作成し、業者にレーザー加工機での裁断を依頼した。

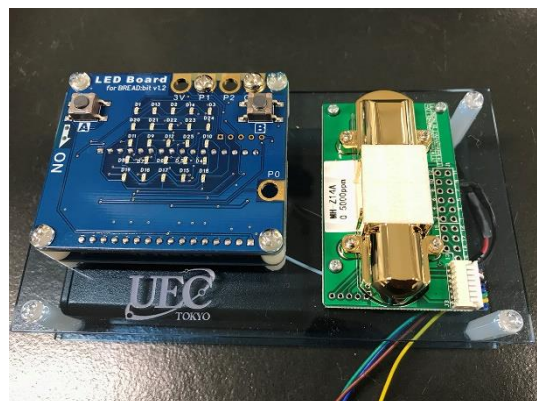


図 4 実験に用いた装置

3. 実験の内容と授業

3.1 実習で実施した実験の概要

実際の実験では、箱内に計測用の micro:bit (実際は 互換機) を置き、センサーの出力を読み取って無線で送信し、これを別の micro:bit を使って受信して、シリアル通信でパソコンに転送する。パソコンに送ったデータは、受信データをグラフ表示で確認できるプログラムを用いてモニターすることとした。実験全体の具体的なイメージは図 5 のようになる。

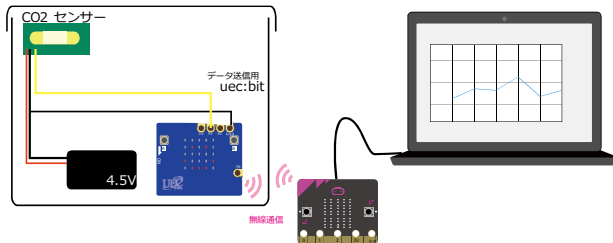


図 5 実際の実験装置のイメージ

なお、パソコン側で受信したデータをグラフ表示するプログラム (シリアル通信で得たデータをグラフ表示するもの) は、この実習に利用する目的で筆者が作成した。

3.2 実習ながれ

プログラム全体の時間は 2 時間で、内訳は講義 30 分、演習 1 時間 30 分であった。

前半で、micro:bit を使った簡単なプログラムの作成を実施して、途中休憩をいれて、後半はろうそくを使った実験をして CO₂ 濃度の変化を観察した。

表 1 指導の流れ (1 時間 30 分)

時間	内容
0:00	micro:bit の使い方の説明 (アイコン表示プログラムの作成)
0:10	無線でデータを受け取って、シリアル通信でパソコンへ送信するプログラムの作成
0:20	通信ができていることを確認して休憩
0:30	パソコン上でモニタプログラムを起動して、モニタの開始
0:35	ろうそくの実験 ① 箱内にろうそくを入れて火をつけ、CO ₂ 濃度の上昇を観察する。 ② CO ₂ 濃度が変化しなくなったところで、火を消して換気して CO ₂ 濃度の減少を観察する。
1:10	まとめ
1:20	ワークシート記入・片付け

十分な時間があつたとは言えないが、すべてのグループで、火をつけて、まもなく CO₂ 濃度が上昇をはじめ、最高に達した後、換気をすると CO₂ 濃度がさがりはじめたことを観察することができた。時間の都合で、CO₂ 濃度がもとに戻るところまで観察できなかったグループは、時間が足りないと感じたようである。

3.3 参加者の作成したプログラムの概要

実習で作成するプログラムについては、分野への興味・モチベーションの多様性や、これまで受けた情報教育の量や質の差に配慮して、短い時間で全員が、確実に完成できるように簡単なプログラムとすることが求められた。

そこで、センサーと接続する micro:bit と、パソコン側のプログラムを工夫して、参加者が作成するプログラムをごく簡単にした。

具体的には、グループごとに箱内の装置の micro:bit と同じ無線グループに設定し、データを受信したときに、これを表示して、シリアル通信で書き出すプログラムを作成させた (図 6)。

実際の実験では、数個のブロックの組み合わせでプログラムができあがるので、休憩時間が終わるまでの間に、全員が完成し、無線通信のテストまで終了することができたため、休憩時間後の実習を一斉にはじめることができた。



図 6 参加者の作成したプログラム

3.4 参加者アンケートから

本学のプログラムは、以前から理系志望 (特に情報系) の参加者には好評である。今回も「自分は理系で特に情報工学、機械工学に興味があったので、電通大のプログラムは楽しかった」という感想があった。また、特に印象に残ったプログラムとして、電気通信大学のプログラムをあげ「無線で CO₂ の量を観測することができるのはとてもすごかったです。あの装置はどのようにして作るのか気になりました」のように、活動の内容にとどまらず、使用した実験装置にも興味をもったという感想を書いた参加者もある。

また、今回は、他の実習と組み合わせることで、プログラミングの部分を簡単にしたことから、文系志望やプログラミング初心者の参加者からもある程度好評であった。例えば、講義を全部理解することは難しかったと感じた参加者も、実習で扱ったプログラムについて「簡易的でわかりやすかった」とか、「初めてやったが、とてもわかりやすい説明で、すぐにプログラミングができて嬉しかった」のように書いている。限られた時間の中で、実際に動くプログラムを作成し、それを使った実習をすることで達成感につながったことがうかがえる。

全体の感想からは、「電通大で学習した「観測」、東外大での「commons」、農工大での「微生物」の学びをフル活用して... (中略) ...活発に議論できたと思う。」のよう

に、本学のプログラムによる学びを、最後の議論に役立てることができたことがうかがえる記述も見られた。

3.5 まとめ

micro:bit を用いた CO₂ 計測の実習は、プログラミングを取り入れながら、グローバルスクールのテーマに沿った学びを促せるプログラムとなったと考える。

準備段階では、思い切って参加者にプログラミングしてもらおう部分を非常に簡単にしたため、物足りなく感じingることを危惧していたが、その点は問題がなく、むしろ、「できた」ことから喜びを感じた参加者が多かった。

実際の演習においては、限られた時間のなかで、比較的効率よく演習をすすめることができた。しかし、最後の実験の部分では、すべてのグループが CO₂ 濃度の変化を観察できたものの、一度 CO₂ 濃度が上昇した後、もとに戻るまでのすべての過程を観察できなかったグループがあった点など反省点もある。

また、グローバルスクール全体のテーマとの関連性やディスカッションの材料としても機能した点や、参加者の進路に対する視野を広げることにも貢献できたことなど、評価される点もあった。

4. おわりに

グローバルスクールでは、高校生を対象に演習でプログラミングに親しみながら、グローバルな課題について考察するためのプログラムを提供してきた。回を重ねるごとに、内容が改善され、より、グローバルスクール全体の目的に沿ったプログラムになってきた。

今年度の夏のグローバルスクールでは、「すべての人がくらしやすい町づくり」というテーマのもと、micro:bit を使った赤外線リモコンの演習を取り入れた活動を実施する予定である。

今後も、これまで実施してきた教育プログラムを、さらに、よいものにしていきたい。

参考 1 : micro:bit とセンサーの接続図

図 7 に micro:bit と MH-Z14A の配線図を示す。実際は、MH-Z14A については Pad21 (Analog Output) ,Pad22 (GND) ,Pad23 (Vin Voltage Input) を、micro:bit (ucc:bit) は P1 を使用した。

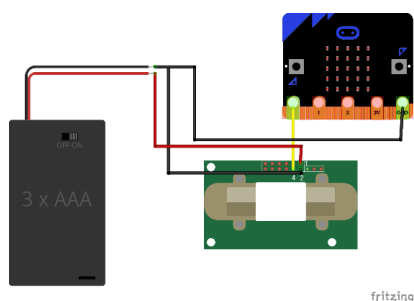


図 7 micro:bit とセンサーの配線図

参考 2 : 測定側の装置のプログラム

参考として、箱内に設置した測定側の装置のプログラムを掲載する。A ボタンが押されると測定を開始し、読

み取った数値を同じ無線グループ内に送信する (B ボタンで測定終了)。

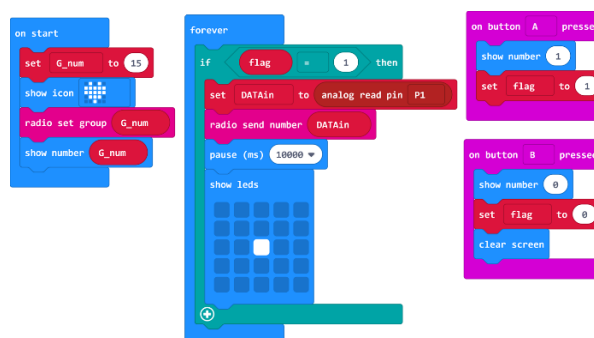


図 8 測定側の装置 micro:bit のプログラム

参考 3 : 測定側の micro:bit 版

今回実験用に作成した装置について、micro:bit を用いて同じセンサーを用いることも想定して、micro:bit 用の台も試作した (図 9)。

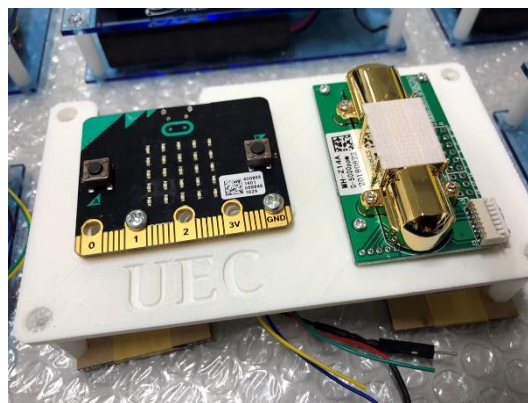


図 9 実験装置 (micro:bit 用) の試作品

参考文献

- (1) 笹倉 理子, 赤澤 紀子, 吉田 史明, 鈴木 勝: “西東京三大学高校生グローバルスクールにおける本学のプログラム”, 電気通信大学紀要, 31 巻, 1 号, pp.1-7 (2019).
- (2) Monitor CO₂ Levels With BBC Micro:Bit, <https://www.gassensing.co.uk/2018/07/13/c02-monitoring-with-the-bbc-microbit-and-bitty-data-logger/>, (2019/05/30 accessed.)
- (3) Zhengzhou Winsen Electronics Technology CO., LTD., Intelligent Infrared Carbon Dioxide Module (Model: MH-Z14A), User's Manual V1.01 Valid from Sep 24th, 2015
- (4) Zhengzhou Winsen Electronics Technology CO., LTD., MH-Z14 Intelligent Infrared Gas Module User's Manual,
- (5) MkeCodeEditor, <https://makecode.microbit.org/>
- (6) 文科省, 高等学校情報科「情報 I」教員研修用教材, http://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/zyouhou/detail/1416746.htm (2019/05/06 accessed.)