

小型温度センサーと micro:bit による温度測定の教材実験 —マイクロスケール実験とプログラミング教育の連携を目指して—

芝原 寛泰¹⁾, 佐藤 美子²⁾

1) 京都教育大学 (名誉教授) shiba@kyokyo-u.ac.jp

2) 四天王寺大学教育学部 y-sato@shitennoji.ac.jp

キーワード：マイクロスケール実験，温度測定，プログラミング教育，micro:bit，温度センサー

(受付：2021 年 12 月 20 日)

I. はじめに

小学校・中学校・高校では、それぞれ 2020, 2021, 2022 年度から新学習指導要領の下で、プログラミング学習が授業に取り入れられている (文部科学省, 2017a, b)。小学校では簡単なプログラミングの作成をもとにしたプログラミング的思考の学習が中心だが、中学校ではネットワークと計測・制御のプログラミング教育も含まれている。一方、マイクロスケール実験 (芝原・佐藤, 2011) は個別実験による主体的活動が可能である。その特徴を生かしてプログラミング教育と理科実験との連携を視野に、簡単にプログラミング可能なシングルボードコンピューター micro:bit をマイクロスケール実験による教材実験に活用した。

教材開発で用いた micro:bit は、英国の BBC が 2015 年に開発した教育向けのシングルボードコンピューターで、英国では 11~12 歳の子供全員に無償で配布、授業の中での活用がすでに進んでいる。日本では、2017 年より販売されている。プログラミング可能な 25 個の LED と色々なセンサーが搭載され、無線通信機能も利用可能であるが、2020 年より micro:bit V2 となり機能もさらに向上している。USB ケーブルで WindowsPC や chromebook と、また Bluetooth で iPad と接続可能である。プログラムの作成においては、専用の makecode による初心者向けのブロックの組み合わせだけでなく、Javascript や microPython を用いたプログラミングも可能である。ここでは小学生・中学生へのプログラミングの導入教育を前提に、makecode を使ったブロックの組み合わせによる方法 (ブロックモード) を用いた。図 1 に micro:bit V1.5 を示す。

固体を対象に micro:bit を用いた電気伝導性の測定はすでに報告した (佐藤・芝原, 2020)。また溶液の電気伝導度の変化を micro:bit を用いて測定する教材実験も提案した (芝原・佐藤, 2021)。本稿では溶液中での温度測定が可能な IC 温度センサーを用いたキットを組立



図 1 micro:bit V1.5 (4×5cm)

て (平間ら, 2018), マイクロスケール実験に応用した。具体的には、micro:bit を用いて状態変化や中和反応における温度変化の測定を試みた。プログラミング教育と理科実験との連携により、個別実験によるマイクロスケール実験の定量的測定とデータ処理、およ

びプログラミング学習の振返りと有用性の認識を図ることを目的とした。

Ⅱ. 温度センサーと測定システムについて

本教材実験で用いた温度センサー（MICROCHIP 社 MCP9700）は、小型（約 5mm 角）でありマイクロスケール実験には適している。通販でも入手可能であり、 $-40\sim+125^{\circ}\text{C}$ の温度範囲で使用でき、精度は $\pm 2^{\circ}\text{C}$ である。詳しい仕様は文献（秋月電子 K.K ホームページ）に記載されている。市販の温度センサーを溶液中での教材実験に使えるように加工した。温度センサー素子のリード線 3 本を延長して、熱収縮性パイプに通した後、全体をエポキシ樹脂で被覆することにより、リード線間の絶縁性と耐水性を向上させた（図 2）。

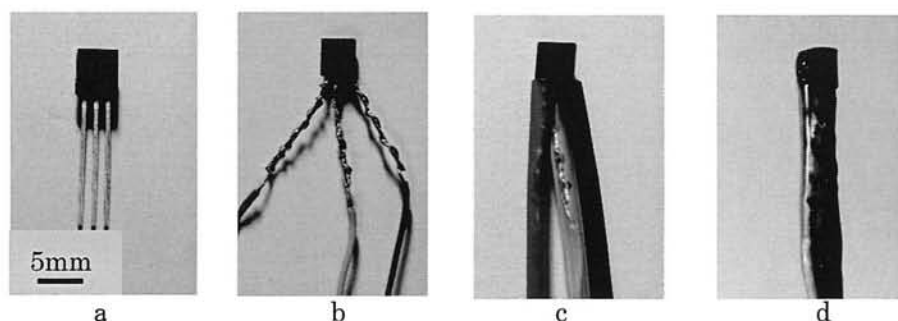


図2 温度センサーの準備

(a:温度センサー本体, b:リード線の延長, c: 熱収縮性パイプ, d: 被覆)

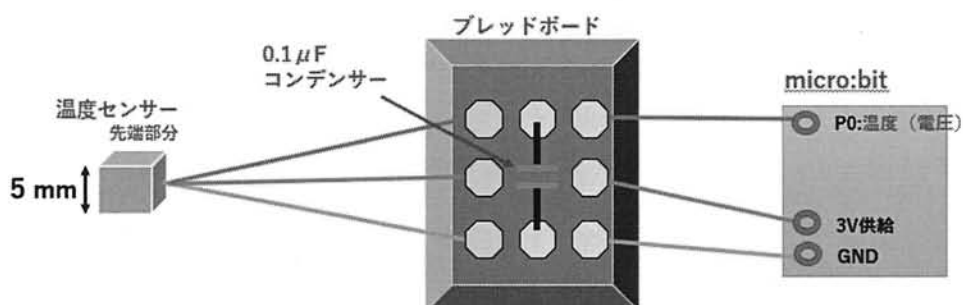


図3 ブレッドボードを中継して温度センサーと micro:bit を接続

図 3 にブレッドボードを介して、温度センサーと micro:bit を接続する様子 w を模式的に示している。ブレッドボードには測定を安定させるため $0.1\mu\text{F}$ コンデンサーを配置している。温度センサーの 3 本の端子は、micro:bit の P0 端子（電圧測定）、3V 供給端子および GND に接続されている。ブレッドボードを介すると予備実験の段階においても、素子の交換や接続方法の変更に柔軟に対応することができる。図 4 には実際に温度センサーとブレッドボードを接続している部分を示している。

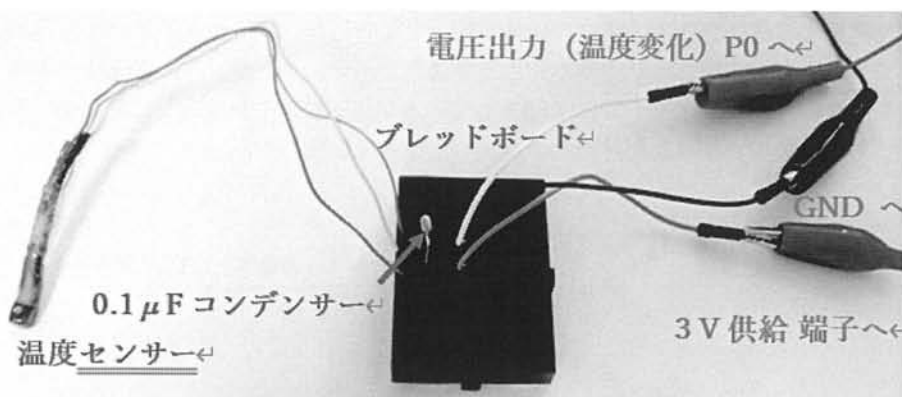


図4 実際の温度センサーとブレッドボードの接続

Ⅲ. micro:bit を用いたプログラミングについて

プログラミングは WindowsPC 上で makecode (専用のエディター) を使い作成後に、USB ケーブル経由で micro:bit にダウンロードを行い実行する。micro:bit に接続する前に、

シミュレーションモードにより動作確認も可能である。測定データは USB ケーブルによりパソコンに転送され、Excel を使ってグラフ表示を行う。図 5 にブロックモードで作成したプログラムの例を示す。

図 5 のプログラムでは、micro:bit の A ボタンを押すと測定開始と再開、B ボタンにより測定を中断できる。温度センサーから出力される電圧値を温度に換算するための計算式は、温度センサーのメーカーから提供されている資料を参考にしたが、より正確には水の沸点や融点を実

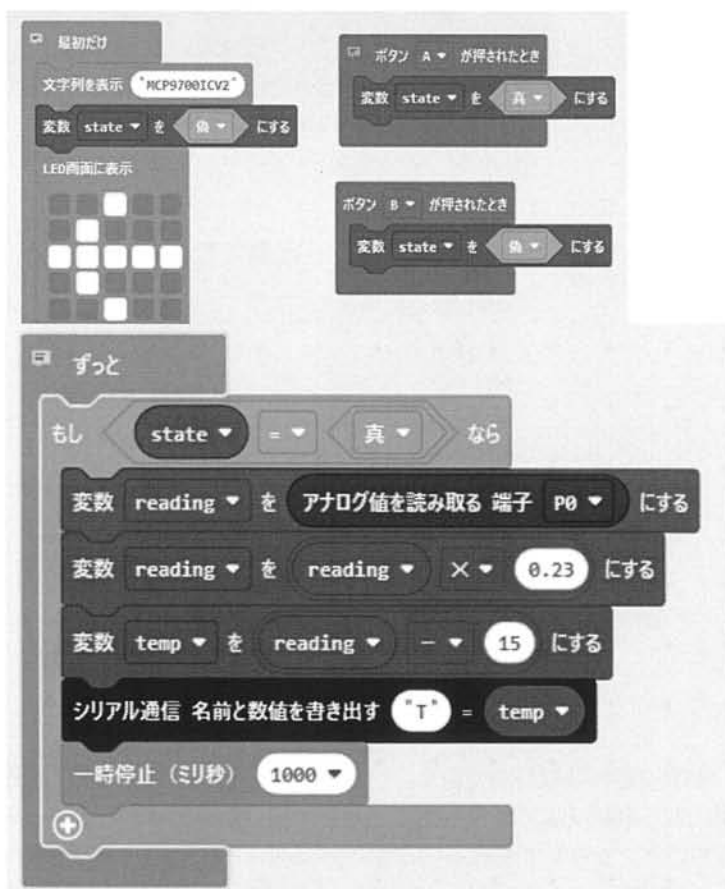


図5 プログラミングの例

測して補正する必要がある。図6に予備実験として行った、プッシュバイアル瓶内の水をセラミックヒーター等で加熱や冷却する実験装置を示す。また測定後に Excel で表示した結果を図7に示す。測定は1秒に1回としているが、実験系や測定時間にあわせて調整が可能である。アルコール温度計で同時測定した値とほぼ同じであった。

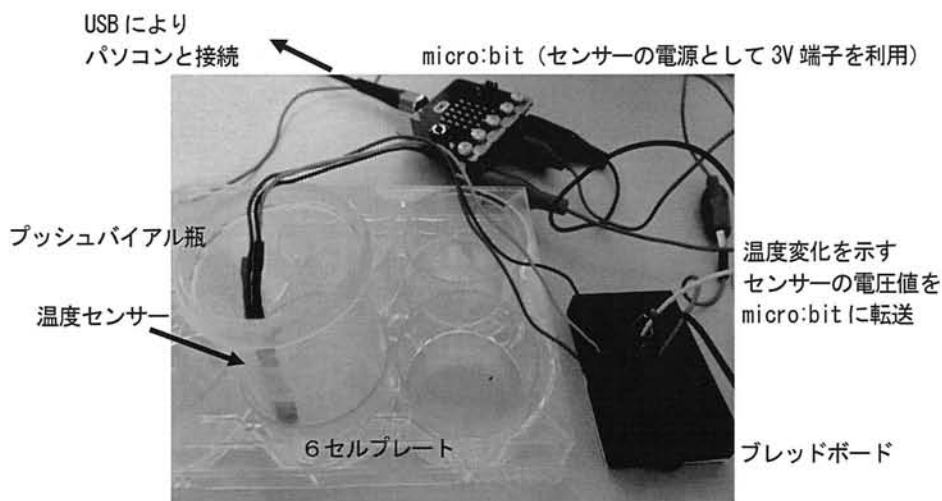


図6 水温の変化を測定している実験の様子

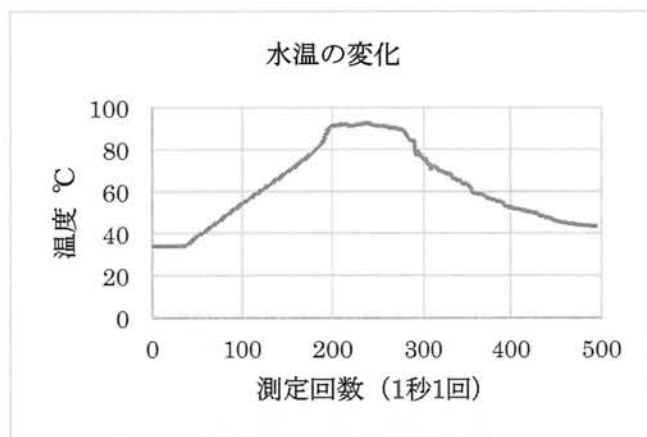


図7 水温の変化を記録した例

IV. 温度センサーを用いた測定例

中学校理科の教科書で取り上げられている教材実験として、水酸化バリウム水溶液と硫酸による中和反応における温度変化を測定した。図6のプッシュバイアル瓶に一定量の硫酸をいれ、シリンジを使って水酸化バリウム水溶液の一定量を滴下し、すばやくかくはんした。温度測定は0.2秒に1回に行い、測定中は micro:bit による温度変化の表示を行い、終了後に Excel を使いグラフ表示を行って確認した。

実験の手順

- ①温度センサーと micro:bit およびブレッドボードに接続する (図 6)。
- ②プッシュバイアル瓶を 6 セルプレートにセットして、0.2 mol/L 硫酸を 10mL 入れる。
- ③パソコンと micro:bit を接続して測定の準備をする。
- ④溶液の温度がパソコンのモニターに表示され、測定値が安定してきたら、micro:bit のボタン A を押す。測定が始まり、測定値の記録をはじめる。「コンソールを表示 デバイス」をクリックすると、測定中の温度変化をモニター上で確認できる。
- ⑤シリンジを用いて 0.2 mol/L 水酸化バリウム水溶液を一定量 (1 回 1mL) 加えかくはんする。
- ⑥温度変化を確認できたら、さらに水酸化バリウムを同様に加えていく。
- ⑦BTB 溶液による色変化を確認しながら、溶液が黄色から緑色になる中和点で測定を終了する。micro:bit のボタン B を押すと測定が終了する。コンソール画面の右上にあるデバイスのアイコンをクリックすると測定値の記録も終了される。さらにダウンロードのアイコンにより、測定値を Excel 形式で保存できる。

測定結果の例を図 8 に示す。中和反応による約 2°C の温度上昇を記録していることがわかる。

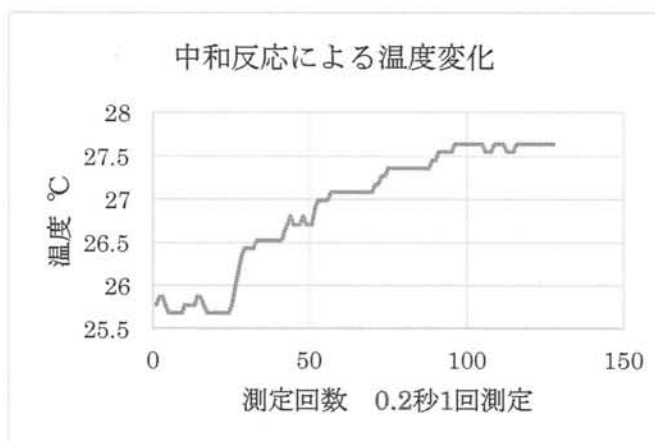


図 8 測定結果の例

V. まとめ

マイクロスケール実験と連携して、micro:bit の機能を活用した温度変化の測定が可能となった。測定時の応答速度を改善して授業での利用を検討中である。

micro:bit を用いた温度測定には、温度センサーを含む市販の測定キットを接続すれば、簡単なプログラミングで可能となる。しかし測定キットが高価であること、センサー部分が大きくあるいは防水仕様でないこと等の理由で、マイクロスケール実験との連携に適していないと判断した。本実験で用いた温度センサーは安価 (1 個 20 円程度) で小型であり、マイクロスケール実験には適している。

マイクロスケール実験では、装置の小型化や試薬量の削減のため定量実験が難しい場合が多い。その問題点を克服するため micro:bit によるプログラミングと連携しながら測定値を確認できることは、今後の応用にも期待できる。またプログラミング教育の学習成果を理科実験で活用することにより、プログラミング学習の定着を図りながら、理科学習の意義を認識できることは重要である。

本研究の一部は、JSPS 科研費（基盤研究 C，代表者 芝原寛泰 課題番号 20K03227 及び基盤研究 C，代表者 佐藤美子 課題番号 19K02692）の助成を受け実施した。

文献

秋月電子 K.K <https://akizukidenshi.com/catalog/gI-09692/>

平間久美子・西沢利治 2018. micro:bit ではじめる電子工作. 工学社, 東京, 191pp.

文部科学省 2017a. 小学校学習指導要領 理科編 解説.

文部科学省 2017b. 中学校学習指導要領 理科編 解説.

佐藤美子・芝原寛泰 2020. 日本理科教育学会全国大会（岡山大学）発表論文集. p103.

芝原寛泰・佐藤美子 2011. マイクロスケール実験 -環境にやさしい理科実験-.

オーム社, 東京, 131pp. 同英訳版 2016. オーム社, 東京, 118pp.

芝原寛泰・佐藤美子 2021. 日本理科教育学会全国大会（群馬大学）発表論文集. p98.