

## 教育用マイコン micro:bit を用いた高精度・高分解能データロガー温度計の開発とベックマン温度計の代替としての学生実験への活用

(千葉大教育) ○林 英子・東崎 健一

Development of a high-precision, high-resolution data logger thermometer as an alternative to the Beckmann thermometer using micro:bit and its use in student experiments (*Faculty of Education, Chiba University*) ○Hideko Hayashi, Ken-ichi Tozaki

Beckmann thermometers were used in the precise measurement of temperature changes. Beckman thermometers were capable of reading down to 0.01°C on the scale, or 0.001°C if 1/10 of the scale was read. Digital thermometers capable of displaying temperatures down to 0.01°C are more expensive. To make alternative to the Beckman thermometer, we combined the micro:bit, an educational board-type microcomputer created mainly by the BBC, and a highly sensitive temperature sensor element (Texas Instruments: model number TMP117, temperature measurement range -55 to 150 °C, resolution 0.0078 °C, accuracy  $\pm 0.0078$  °C at -20 to 50 °C). The measurement program was developed using the Mu Editor, and the temperature measurement resolution was improved to 0.001 °C by taking the average of statistical processing (average of 40 to 80 times per 2 seconds). The graph drawing function of the Mu Editor can be used to show the graph in real time as the measurement progresses. The temperature is displayed on the micro:bit 5x5 LED display using the abacus method in Japan, in case teachers want their students to make measurements while drawing their own graphs on the graph paper.

**Keywords :** *High-resolution Thermometer; BBC micro:bit; Student Experiment; Freezing-point Depression; Reaction Heat;*

温度変化の精密測定において、かつてはベックマン温度計が使われていた。ベックマン温度計は目盛で 0.01°C まで、1/10 まで読み取れば 0.001°C の読み取りが可能な温度計であった。デジタル温度計で 0.01°C まで表示可能な温度計になると途端に価格が高価になる。ベックマン温度計に変わる温度計として、英国 BBC の教育用ボード型マイコン micro:bit と、高感度温度センサー素子 (テキサスインスツルメント社: 型番 TMP117, 測温範囲 -55~150 °C, 分解能 0.0078 °C, -20~50 °C での精度  $\pm 0.1$  °C) を接続して、データロガー温度計を開発した。測定プログラムは Mu エディターで開発し、統計的処理 (2 秒間に 40~80 回の平均) の平均をとることで測温分解能を 0.001°C まで向上している。Mu エディターのグラフ描画機能を活用してリアルタイムのグラフを見ながら測定を進めることができる。また、グラフ用紙にグラフを生徒自身が書きながらの測定を行わせたい場合を考え、micro:bit 上の 5 × 5 LED ディスプレー上に温度をそろばん方式で表示している。2 年前より教育学部での学生実験で反応熱の測定、及び、凝固点降下による分子量の測定においてデータロガー温度計として活用している。プログラムの改良を経て 180 分の授業内に通常の実験操作に加えて、開発したプログラムのダウンロード、Mu エディタへの貼付から測定まで終わることができている。測定プログラム、マニュアルは、web サイト (<http://www.e.chiba-u.jp/~hayashih/>) にて公開している。

1) 林, 東崎, 第 58 回熱測定討論会 (2022) 2B1600.

謝辞 本研究は、JSPS 科研費 JP21H03965 の助成を受け実施しました。