

小型コンピュータを用いた温度測定教材の研究開発

内田 祐貴・久保田 益未

神戸松蔭女子学院大学人間科学部

Author's E-mail Address: yuchida@shoin.ac.jp

Study on Raspberry Pi Temperature Monitor as Science Teaching Materials

UCHIDA Yuki, KUBOTA Masumi

Faculty of Human Sciences, Kobe Shoin Women's University

Abstract

次期学習指導要領において、ICT 機器を利用した指導法が重点項目の 1 つにあげられている。特に理科教育においては、デジタル教材、ICT 機器を利用した教材が有用な場面は多い。本研究では、小型コンピュータ Raspberry Pi を用いた、授業で使える汎用観測教材の研究開発を目指し、第 1 段階として温度測定ができる教材の研究開発を行い、小学校理科の授業で有用な教材であることを示した。さらに、中学校高校理科での本教材の利用可能性も指摘した。本教材は、小型軽量、省電力、簡単に防水防風化できるため、屋外での連続測定が容易である。また、本教材は簡易なプログラムで動作するため、授業に合わせて測定条件を容易に変更できるなど、小学校での導入が予定されているプログラミング教育の教材としても利用可能である。

Teaching method with ICT tools is one of the most important points for the next course of study. Especially in science education, digital teaching materials and ICT are useful. In this paper, we study on Raspberry Pi temperature monitor as science teaching materials. We show that this teaching materials is effective in elementary school science class. Furthermore, we pointed out the possibility of using this teaching material for junior high school class. This teaching material is compact, lightweight, power saving, easily waterproof and windproof, so we can easily measurement outdoors for a long time. In addition, since this teaching material operates with a simple program, it can be used as a teaching material for elementary school programming education.

キーワード：理科教育、実験教材、ICT 機器

Key Words: Science Education, Scientific Experimental Teaching Materials, Information and Communication Technology Tools

1. はじめに

現在、学校教育の様々な場面において ICT 機器が利用されている。文部科学省の「平成 27 年度学校における教育の情報化の実態等に関する調査結果」[6]によれば、平成 19 年 3 月の段階で教育用コンピュータ 1 台当たりの児童生徒数は 7.3 人であったが、それが平成 28 年 3 月では 6.2 人にまで下がっており、この 10 年間で着実にコンピュータが教育現場で普及していることがわかる。主だった指標を表 1 にまとめる。これらより、学校における ICT 環境は、ハードウェア、ネットワーク環境の両面から整備が着実に進んでいることがわかる。さらに、教育用コンピュータにおいてタブレット型の台数の調査を見ると表 2 のようになる。最近の特徴として、ここ数年で急激にタブレット型コンピュータの導入が進んでいると言える。

次に教員の ICT 機器の活用指導力について考えたい。同調査では、小中高校の教員に対して 5 項目の質問をしているが、そのうち授業に関するものとして

- ・授業中に ICT を活用して指導する能力
- ・児童生徒の ICT 活用を指導する能力

がある。回答は、「わりにできる、ややできる、あまりできない、ほとんどできない」の 4 つの選択肢から 1 つを選ぶ形式で、「わりにできる」と「ややできる」を合わせた肯定的回答の比率は、年々上昇している。表 3 に平成 18 年 3 月と平成 28 年 3 月の調査結果をまとめる。平成 28 年 3 月の調査結果では、約 73.5% の教員が授業中に ICT を活用して指導する能力があると答えており、約 66.2% の教員が児童生徒の ICT 活用を指導する能力があると答えている。多くの教員が、自身の指導力を肯定的に評価していると解釈できる。

表 1. 学校における主な ICT 環境の整備状況 [6]

	平成 19 年 3 月	平成 28 年 3 月
教育用コンピュータ 1 台当たりの児童生徒数	7.3 人	6.2 人
普通教室の校内 LAN 整備率	56.2%	87.7%
普通教室の電子黒板整備率	2.1%	21.9%

表 2. 学校における教育用タブレット型コンピュータの台数 [6]

	平成 24 年 3 月	平成 25 年 3 月	平成 26 年 3 月	平成 27 年 3 月	平成 28 年 3 月
台数	26653	36285	72678	156018	253755

表 3. ICT 機器の活用指導力 [6]

	平成 18 年 3 月	平成 28 年 3 月
授業中に ICT を活用して指導する能力	52.6%	73.5%
児童の ICT 活用を指導する能力	56.3%	66.2%

これらの調査結果は、小中高校の授業における ICT 機器を利用が着実に進んでいること、多くの教員が授業内で ICT 機器を利用していることを示していると考えられる。その一方、どのように ICT 機器を利用しているかという調査、研究は不十分である。授業中の ICT 機器の利用例として、児童生徒が一人一人タブレット型コンピュータで、インターネットを使いながら調べたことを、電子黒板でクラス全体に発表する授業などがよくあげられるが、各教科の特性に合わせた効果の高い指導法の研究は、これからの重要課題の1つである。

2. 理科の授業における ICT 教材

2.1 小学校理科における ICT 機器の利用

理科の授業において、ICT 機器の利用が効果的であることは言うまでもない。「小学校学習指導要領解説 理科編」でも、その適切な利用が明記されている [4]。例えば、小学校4年生の「季節と生物」において、季節ごとの植物の成長による変化の観察があるが、成長の様子をデジタルカメラで記録しておき、そのデジタル画像を並べることにより成長の様子を理解しやすくなる。B 区分「生命・地球」においては、観察が重要な手段となるが、ICT 機器の適切な利用により教育効果を高めることができる。

小学校理科 B 区分の観察においては、先の例のように、ある期間、継続的に対象を観察するものが多い。「生命」においては季節による変化や動植物の成長など、観測期間が数日から数か月ものが多い。この場合、観測頻度は、1日や1週間程度となる。一方、「地球」においては、1日の気温の変化など、観測期間が数時間～1日のものが多く、観測頻度は数分～数時間となる。小学生においては、短い時間間隔で連続的に正確に観察し記録することは難しい。また、1日、特に夜間の連続的な観測は無理である。このような、短い観測頻度で連続的な観測が必要なものの観測において ICT 機器の利用は、より効力を発揮する。「地球」における各単元の主な観察対象と観測期間を表4にまとめる。

2.2 ICT 機器を利用した観測教材

温度や湿度を自動的に観測し記録する（家庭用）機器は、製品としてすでに販売されている。

表4. 「地球」における連続的な観測

学年	単元	観測対象	観測期間
3年生	太陽と地面の様子	影の位置	数時間
4年生	天気の様子	気温	1日
4年生	月と星	月の位置	夜間
5年生	流水の動き	川の流速、流量	—
5年生	天気の変化	雲の様子	1日
6年生	月と太陽	月の形	1か月

しかし、これらは、特定目的のため基本的に拡張性は無く、観測条件を柔軟に変えられないものが多く、理科教材としては不十分である。また、あらかじめ複数センサを搭載した観測機器が、理化機器メーカーから販売されているが、費用面から、小学校でグループ分だけ導入するのは難しい。一方、近年の小型コンピュータの性能の上昇、価格の下落は顕著であり、これを用いれば十分な性能、拡張性を持った小学校理科で使える観測教材を作成できる可能性がある。

そこで、本論文では小型コンピュータ Raspberry Pi を用いた自作型の観測機器教材の研究開発を行う。Raspberry Pi は、学校でのプログラミング教育、コンピュータ教育などでの利用を目的に開発された小型コンピュータである [8]。Raspberry Pi は安価であり、小型、低消費電力、USB ポートと HDMI ポート、GPIO ピンを標準搭載しているなど、観測機器として利用するのに多くの利点を持っている。これらの豊富な端子を使って、温度、湿度、光度などの安価な各種センサやカメラ、無線機能 (Raspberry Pi 3 Model B モデルでは標準搭載になった) を搭載でき、さらに、HDMI ポートにより、教室内での映像出力が容易に行える。

現在、Raspberry Pi は、各種センサを接続し簡単な測定器を作成するなど、コンピュータ教育の導入としての利用も多い [1, 7]。本研究では、Raspberry Pi の温度測定器としての先行研究、利用例 [1, 2] などをもとに、小学校理科教材としての温度測定教材の研究開発と実証を行う。

2.3 Raspberry Pi を用いた温度測定教材

本研究では、小学校理科 4 年生の「天気の様子」で使える温度測定機器を Raspberry Pi を用いて研究開発する。本單元においては、1 日の気温の変化と天気の間接関係を理解することが学習指導要領に記載されており、児童は実際に校庭などで気温の測定を行う。この時、1 日すべて温度測定を行うわけにはいかない。また、例えば 1 時間おきに校庭に出て温度測定を行うとしても、毎回の移動など時間的にも負担が大きい割に、データは 1 時間間隔となり、粗いデータしか得られない。さらに、本單元では、3 年生での温度計の読み方を受けて、百葉箱などを利用して気温の定点観測の方法を学ぶが、通常、百葉箱は学校に 1 つしかないため、クラスの全児童が気温を測定するには、手際よく順番に交代させるなど、多くの指導が必要になってくる。この解決方法として、児童への温度測定の指導と並行して本教材で温度を 1 日間測定させるという指導法が考えられる。

本教材では Raspberry Pi の「Raspberry Pi 2 Model B」モデルを使用した。本モデルは ARM Cortex-A7 を搭載しており、メモリ 1GB、消費電力は 900mA、5.5W (最大 1.8A、9W) と高性能で低消費電力である。温度センサは、Maxim Integrated 社の「DS18B20+」を用いた。このセンサは測定精度 $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ ($-10^{\circ}\text{C} \sim 85^{\circ}\text{C}$) で、1-wire に対応しており、安価で簡単に高精度の温度測定を可能にする。

OS は NOOBS version 2.0.0 を用いて Raspbian をインストールした。インストールした Raspbian のカーネルでは、GUI が強化されており、1-wire の設定なども GUI から可能である。

作成した教材が図 1 である。児童生徒が作成することなども考え、半田付けは行わず、温度センサと Raspberry Pi は breadboard とジャンパワイヤでつないだ。これを市販の Raspberry

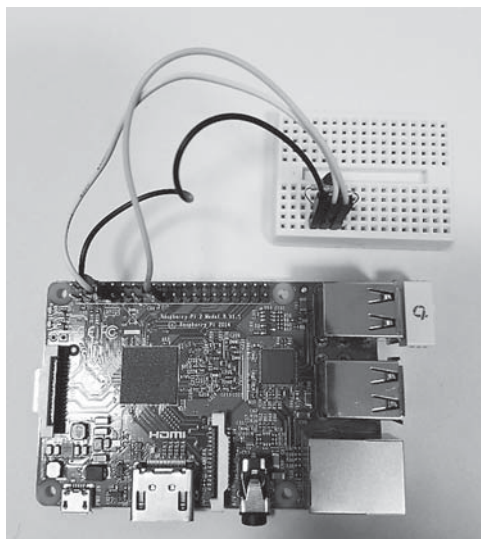


図 1. 温度測定教材

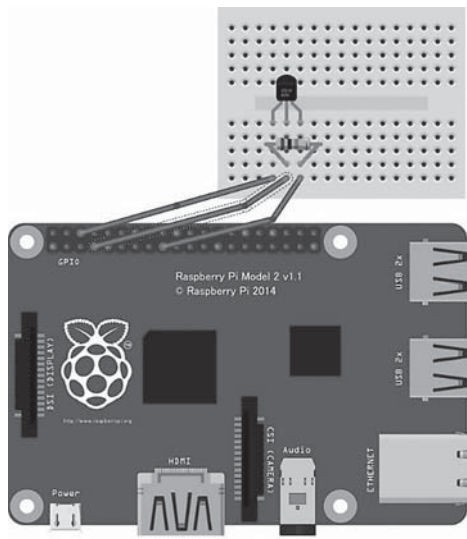


図 2. 温度測定教材の実体配置図

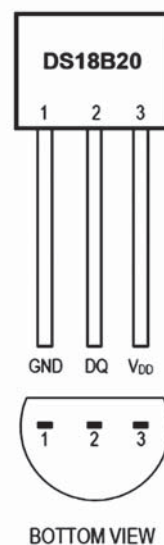
Pi 専用ケースに入れて測定する（図 5 参照）。

教材の実態配線図を図 2 示す。DS18B20 には 3 本の端子があり、端子 1 が GND、端子 2 が DQ、端子 3 が V_{DD} ピンである（図 3 参照）。Raspberry Pi の拡張ピンの GND に端子 1 を、3.3V 出力に端子 3 を接続する。端子 1 は Raspberry Pi の GND ピンなら、どのピンでも問題なく、図 3 ではピン番号 6 と接続している。3.3V 出力は、ピン番号 1 と 17 のどちらでもよく、ピン番号 17 に接続している。端子 2 は GPIO4 に接続しなければならないので、ピン番号 7 に必ず接続する。また、端子 2 と 3 はプルアップ抵抗で接続する。本教材では $10k\Omega$ の抵抗を使用した（DS18B20 のデータシートでは $4.7k\Omega$ の抵抗使用となっていたが、 $1k\Omega \sim 10k\Omega$ の抵抗なら問題なく動作した）。

OS から温度センサが 1-wire デバイスとして認識されると、「28-0000072418b4」というようなデバイス ID が設定され、`/sys/bus/w1/devices/` の下にデバイス ID と同名の仮想ディレクトリが作成される。その仮想ディレクトリ内の `w1_slave` ファイルを読み込むことで温度が測定される。具体的には次のコマンドをターミナルから実行する。

```
cat /sys/bus/w1/devices/ デバイス ID/w1_slave
```

ここで、「デバイス ID」の部分は実際のデバイス ID である。これにより



BOTTOM VIEW

図 3. DS18B20 の端子配置 [3]


```
dd 00 4b 46 7f ff 03 10 23 : crc=23 YES
```

```
dd 00 4b 46 7f ff 03 10 23 t=13812
```

という形式の 2 行の output を得られる。この 2 行目の t = の後の 5 桁の数字を 1000 分の 1 したものが測定温度である。

2.4 温度測定教材による温度測定

本教材を、小学校理科 4 年生の「天気の様子」で利用するため、測定温度、測定日、時間の 3 つのデータを csv 形式でファイル作成、追記するプログラムを PHP で作成した。これは、PHP がコンパイルを必要としないシンプルなスクリプト言語であり、今後の研究で測定結果を Web 上などで確認できるように拡張を考えているからである。測定プログラム (Appendix 参照) は、PHP 5.6、PHP 7.0 どちらでも実行可能である。一般に PHP 7.0 の方が処理速度は向上したといわれるが、今回は簡易な処理であり、PHP 5.6 の方が普及率は高いため、PHP 5.6 を使用した。Raspbina は Debian ベースであるので、crontab コマンドで、測定プログラムを 1 分間隔で実行させるようにし、実際に室内外の気温を測定し、教材に対する検証を行った。

まず、室内で 1 週間温度測定を行った。電源として、Anker 社製 PowerPort5 を使用した。測定結果は図 4 の通りである。1 週間連続で稼働させても、安定性に問題はなかった。

次に、授業での使用を想定し、屋外での測定を行った。屋外での測定には電源や防水などの問題があるが、本教材は低消費電力であるため、電源に Anker 社製のモバイルバッテリー PowerCore 13000 (最大出力 2.4A) を使用した。さらに小型なので、家庭用ジッパー付き保存袋内に本教材とモバイルバッテリーを入れることにより、防水性と防風性を確保した (図 5 参照)。

本単元では、天気と温度変化の関係を理解することが目的の 1 つのため、晴れ、雨、晴れのち曇りの 3 天候時の気温の変化について、神戸市灘区で 24 時間の定点観測を行った。結果は、図 6 ~ 8 にグラフで表した。

図 6 は晴天のため、日中に気温が大きく上昇し、その後、日の入りに向けて気温が急に下がっていく様子がわかる。図 7 では、雨天のため、日中でも気温の上昇がほぼ無く、1 日を通して気温の変化は小さいことが読み取れる。

図 8 は、午前中は薄日が差していたが正午過ぎから曇りとなり、それに合わせて気温が急に低下し、その後、緩やかに低下していることがわかる。

これらのことから、天気の日中の気温変化に対する影響を明確に観測することができ、本単元における本教材の有用性が示された。特に本教材は、小型でありながら、防水防風性をもち、省電力で動作するためコンセントの無い屋外での観測も容易である。また、簡易なプログラムで動作するため、観測条件などを柔軟に設定できる。なお、測定中は無線 LAN 経由で SSH 接続し、測定状況を適宜確認した。無線 LAN 子機は最大消費電力が 1.5W と小さい PLANEX 社製の GW-USNANO2A を使用した。この状態でモバイルバッテリーのみで約 30 時間継続測定が可能であった。これにより、朝から測定を開始し、教室から無線 LAN 経由でデー

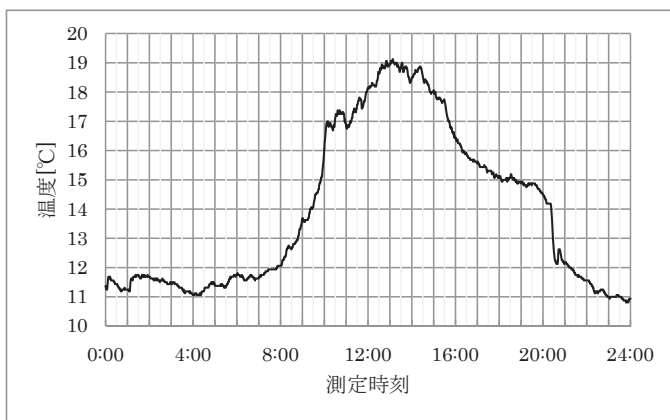


図 6. 晴れの日 (2016 年 11 月 24 日) の 1 日の気温変化

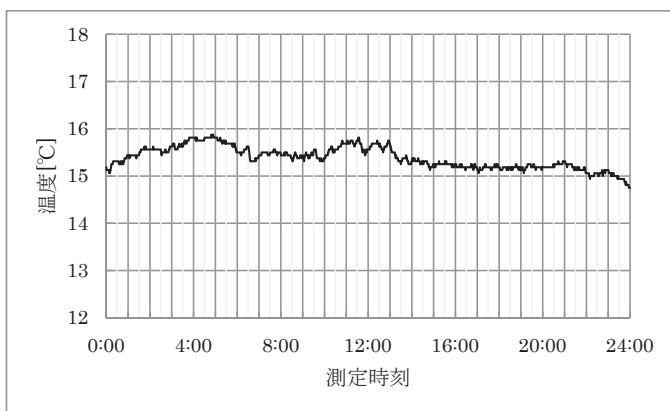


図 7. 雨の日 (2016 年 11 月 27 日) の 1 日の気温変化

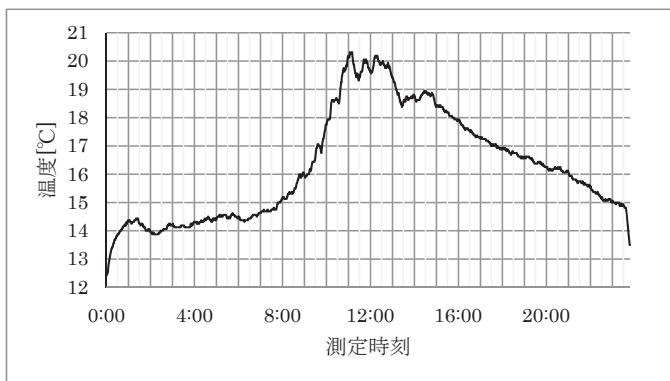


図 8. 晴れのち曇りの日 (2016 年 12 月 1 日) の 1 日の温度変化

究開発と実践が重要である。一方、それぞれの目的ごとに別々の ICT 教材を使うことは、費用面、使い勝手などから望ましくはない場合もある。そこで本論文では、小型コンピュータ Raspberry Pi を用いて、温度測定教材の研究開発を行い、小学校理科 4 年生「天気の様子」で有用なことを示した。本教材は、小型軽量、省電力、簡単に防水防風化できるため、屋外での連続測定が容易である。さらに、観測を制御するプログラムもシンプルなので、授業に合わせて様々な条件を柔軟に設定できる。また、本単元に限らず、中学校、高校の理科においても気温の測定教材と使用可能であることもわかった。例えば、中学校理科第 2 分野「気象観測」においては、学習指導要領において自記温度計の活用が書かれているが [5]、中学生ならば本教材自体の作成も可能であり、発展的学習や、プログラミング教育とあわせて、本教材の作成から温度の測定までの指導計画の作成も可能である。次期学習指導要領ではプログラミング教育の小学校での導入が検討されているが、Raspberry Pi は安価で拡張性も高く、搭載できるセンサの多くは、簡単なプログラムで制御できる。これを踏まえると、本教材は理科と結びついたプログラム教育用の教材としても使用できる。

今後は、カメラや湿度センサ、光度計などを搭載し、他の単元でも使用できるように研究開発を進める。また、Web 経由で測定データをなどで確認できるようにするなど、ソフト面の改良も進めたい。これにより、児童がタブレットを使用してリアルタイムで測定結果を見ながら授業を進めるなどの指導法の拡張もできる。さらに、教員研修などで現任教員に本教材の作成から温度測定まで行ってもらい、それが自身の ICT 指導力の向上に寄与するかも検証したい。

Appendix

本教材で使用したプログラムのソースコードを掲載する。「デバイス ID」の部分は実際の DS18B20 のデバイス ID である。本プログラムを実行すると、`/var/www/TmpDATE/` のディレクトリ内に、「日付.csv」ファイルを作成し、そこにデータを記録、追記する（`TmpDATE` ディレクトリが無い場合は、ディレクトリ自体も作成する）。

```
<?php
$tmpSensorPath = '/sys/bus/w1/devices/ デバイス ID/w1_slave';
$tmpDATE = null;
exec("cat ".$tmpSensorPath, $w1_slave);
if(isset($w1_slave[1])){
$tmp = explode('t=', $w1_slave[1]);
if(isset($tmp[1]))$tmpDATE = $tmp[1] / 1000;
}
$day = date("Y-m-d");
$time = date("H:i");
$datedir = '/var/TmpDATE/';
```

```
$filename = $day.'.csv';  
if(!file_exists($datedir)){  
mkdir($datedir);  
}  
if($handle = fopen($datedir.$filename, 'a')){  
fputcsv($handle, Array($day, $time, $TmpDATE));  
fclose($handle);  
}  
return;
```

文献

- [1] Computer Laboratory, University of Cambridge、Raspberry Pi Tutorials、<http://www.cl.cam.ac.uk/projects/raspberrypi/tutorials/>、2016年12月6日引用
- [2] 林和孝、「Raspberry Pi で遊ぼう！改訂第4版」、ラトルズ（2015）
- [3] Maxim Integrated、「DS18B20 DATE SHEET」、<https://datasheets.maximintegrated.com/en/ds/DS18B20.pdf>、2016年12月6日引用
- [4] 文部科学省、「小学校学習指導要領解説 理科編」、大日本図書（2008）
- [5] 文部科学省、「中学校学習指導要領解説 理科編」、大日本図書（2008）
- [6] 文部科学省、「平成27年度学校における教育の情報化の実態等に関する調査結果」、http://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/zyouhou/detail/1376689.htm、2016年12月6日引用
- [7] RASPBERRY PI FOUNDATION、「RASPBERRY PI IN EDUCATION」<https://www.raspberrypi.org/education/>、2016年12月6日引用
- [8] RASPBERRY PI FOUNDATION、「What is a Raspberry Pi?」<https://www.raspberrypi.org/about/>、2016年12月6日引用

（受付日：2016. 12. 10）