

学校教育に導入可能な小型測定機器を用いた富士山頂に おける長期測定実証実験

新田 英智¹⁾・織原 義明¹⁾²⁾・東郷 翔帆¹⁾・須藤 雄志¹⁾・鈴木 裕子¹⁾・
藤原 博伸³⁾・稲崎 弘次⁴⁾・鴨川 仁¹⁾⁵⁾*

Long-term demonstration at the summit of Mt. Fuji using a handmade handy data logger for school education

Hidetoshi Nitta¹⁾, Yoshiaki Orihara¹⁾²⁾, Shoho Togo¹⁾, Yushi Suto¹⁾, Yuko Suzuki¹⁾,
Hironobu Fujiwara³⁾, Koji Inazaki⁴⁾, and Masashi Kamogawa¹⁾⁵⁾*

Abstract

We observed environmental data at the Mt-Fuji Weather Station where we could not get into during the winter season. The observation was carried out from August 2013 to June 2014 by using a handmade data logger system which was made for space engineer education. We confirmed that it ran exactly even under low temperature conditions. The data logger was easy to handle, and we can make it easily and inexpensively. Therefore, it can be used in school education.

1) 東京学芸大学教育学部物理科学分野 〒184-8501 小金井市貫井北町 4-1-1

Department of Physics, Tokyo Gakugei University, 4-1-1 Nukuikitamachi, Koganei-shi, Tokyo 184-8501, Japan.

2) 東海大学海洋研究所地震予知研究センター 〒424-8610 静岡市清水区折戸 3-20-1

Earthquake Prediction Research Center, Institute of Oceanic Research and Development, Tokai University, 3-20-1 Orido, Shimizu, Shizuoka 424-8610, Japan.

3) 私立女子聖学園高等学校 〒114-8574 北区中里 3-12-2

Joshiseigakuin High School, 3-12-2 Nakazato, Kita-ku, Tokyo 114-8574, Japan.

4) 東山技研 〒669-1353 兵庫県三田市東山 222-2

Higashiyama Technical Research, 222-2 Higashiyama, Sanda-shi, Hyogo 669-1353, Japan.

5) NPO 富士山測候所を活用する会 〒102-0083 千代田区麴町 1-6-9 麴町 DIK ビル 901

NPO Valid Utilization of Mt. Fuji Weather Station, DIK Koujimachi Building #901, 1-6-9 Koujimachi, Chiyoda-ku, Tokyo, 102-0083, Japan.

* Corresponding author : Masashi KAMOGAWA (kamogawa@u-gakugei.ac.jp)

(2015年12月15日受付/2016年1月13日受理)

緒 言

グローバル化や知識基盤型社会，国際競争などを背景に，学校教育においては「生きる力」を育むことが重要とされている．それをもとに学校現場では，小学校での英語教育や，スーパーサイエンスハイスクール（SSH）などさまざまな取り組みがなされている．また，高等学校学習指導要領解説理科編理数編（2014）では，探求の過程を重視した指導を行い生徒が興味関心と探求心をもって自然の事物・現象を物理的に考察する能力と態度を身につけさせることが大切であるとしている．言い換えれば自然現象を科学的に探究する過程を学び，それを考察する能力を育てることが重要視されている．また，その第十節にある理科課題研究の中では，自然環境の調査に基づく研究として河川の環境調査，大気中の二酸化炭素濃度の調査などが例として挙げられている．これらの計測は通常授業時間内において観測・記録が行われ，授業時間を超えて，例えば24時間の連続観測などが行われることはめったにない．これの要因としては現実的に24時間の定期的な観測が授業として行うことが難しいからであると考えられる．自然現象の観測では観測のやり方を学ぶことや観測されたものがなにを意味しているかを考えることが重要である．これと同時に地球温暖化現象のように時間とともにどのように変化しているのかを学ぶ重要性も増している．研究現場においてはこのような時間変化を観測するためにはデータを自動で記録するデータロガーと呼ばれるデジタル記録装置を用いている．このようなデータロガーが学校教育で用いることができれば，より充実した科学

教育が可能となる．しかし，このようなデータロガーは通常高価で，多機能のため扱いが難しく，学校教育に広く導入するには至っていない．筆者らが開発したデータロガー（以下本ロガー）はこのような問題点を解決するために安価で，取扱いやすいものとした（鴨川他，2013）．このデータを用いて約一か月間の連続観測を行い，安定されたデータが取得されていることを確認した（東郷他，2014）．本研究ではさらにこのデータロガーの長期及び過酷な条件下における安定性を確認するため富士山測候所において，越冬を含む約一年間の観測を行った．

観 測

筆者らは2007年よりNPO法人富士山測候所を活用する会に参加している．富士山測候所が，冬季には室内でも -20°C 近くになる過酷な環境であることもあり，今回本ロガーの検証には富士山測候所を利用した．データロガーとは電圧出力を連続的に記録することができる装置であり，単体で動作するものや，パソコンに接続して記録するものなどさまざまであるが，本ロガーは単体で動作する仕様になっている．また，内蔵するプログラム言語はC言語ベースである．本研究による観測は2013年8月から2014年6月まで，富士山測候所三号庁舎において西側の窓に張り付けた太陽光パネルの電圧，ロガーの充電池の電圧，三号庁舎内の温度の三つを十分サンプリングで記録した（Fig. 1）．データ分解能は10 bitである．この太陽光パネルはロガー内の充電池につながっている．さらに，万が一に備え外部バッテリーを充電池に接続した．なお，本ロガーの

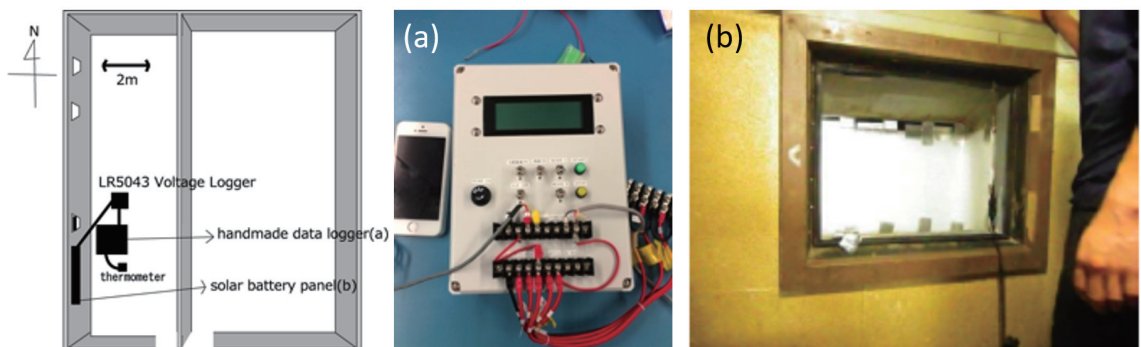


Fig. 1 Distribution of the observation system. (a)The handmade data logger, (b)A solar battery panel.

安定性を検証するため、太陽光パネルの電圧は日置電機株式会社の LR5043 Voltage Logger (以下市販ロガー) で同時に記録をした。

観測結果とデータの検証

本ロガーは自作であるが、安定したデータが得られていることを示すために太陽光パネルデータについて市販のロガーとの比較を行った。また温度、内部電池の電圧については、太陽光パネルデータとの比較によりその安定性を検証した。

○太陽光パネルデータについて

Fig. 2 は 2013 年 9 月 21 日の太陽光パネルの電圧を示している。この図の特徴的なところは 18 時付近で急激に電圧が低下しているところにある。これは日の入りの時刻と考えられるが、この日の富士山測候所 (高度 3776 m) の日の入りの時間は 17 時 55 分 46 秒であり、十分サンプリングの本ロガーのデータと一致する。さらに、太陽光パネルの電圧データ全体の特徴として、日の出とともに電圧は急激に 6 [V] まで上がり、南中後、直射日光が当たりだすとさらに 18 ~ 20 [V] まで急激に上がる。これは太陽光パネルが測候所西側の窓にあるためと考えられる。その後、太陽が地平線に沈みだすと一気に下がり、6 [V] 付近で一度緩やかになってから急激に 0 [V] まで下がる (Table1)。Fig. 3 は本ロガーと市販ロガーとのデータの相関を示している。相関係数は十ヶ月の平均で 0.9907 であり、本ロガーは市販のロガーと比べてもほぼ同じ値を記録している。しかし、Fig. 3 の形を見ると 6 ボルト周辺でくびれているように見える。詳しく見ると、0 [V]、6 [V] 近辺および、18 ~ 20 [V] 周辺で、ばらつきが少なく、それ以外のところで、ばらつきが大きいことがわかる。また、月ごとに相関係数を見ると、観測後半になるにつれて次第に相関係数が悪くなっている (Fig. 4)。Figs. 5, 6 は、観測初期 (2013 年 9 月 1 日) と観測後半 (2014 年 6 月 1 日) の、日の出時と日の入り時の、市販ロガーと本ロガーの記録した電圧の時系列のグラフである。これを見ると観測初期には電圧が一定値に安定しているところも急激に変化するときも同様にとっても良い相関を示している。しかし観測後半では、電圧が一定値で安定しているところは良い相関を示している

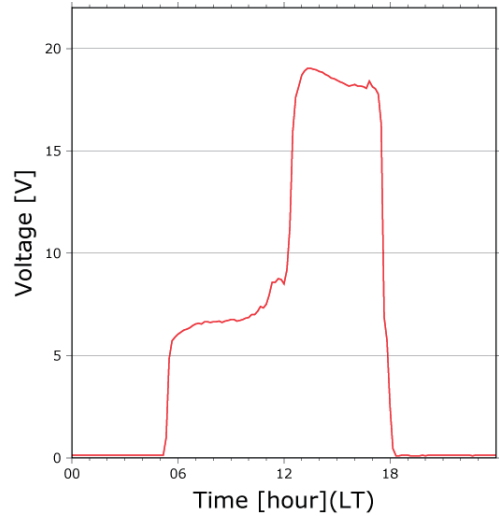


Fig. 2 Daily voltage variation of the solar battery panel on September 21, 2013.

Table1 Correlation between weather conditions and voltage of the solar battery panel.

Weather	Voltage
Sunny	18 ~ 20 V
Sunny (shade)	Almost 6 V
Cloudy or rainy	Almost 6 V
Night time	0 V

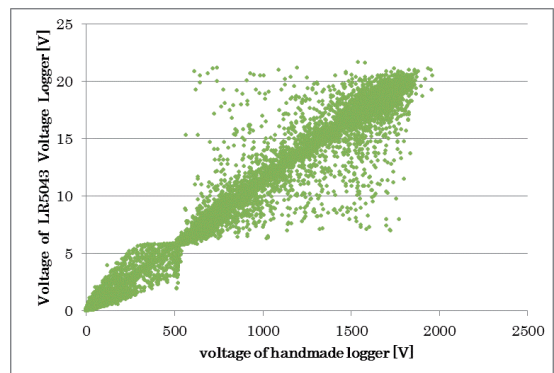


Fig. 3 Correlation of the voltage variation between our data logger and a data logger (LR5043 Voltage Logger) that performance is guaranteed.

が、急激な変化をするところでは記録値がずれている。また、日の出、日の入りともに市販ロガーのデータが先行している。これより観測後半では時刻

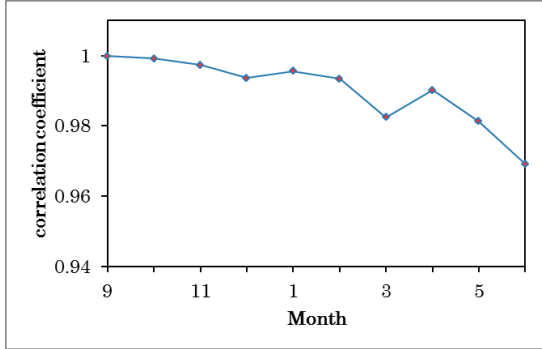


Fig. 4 The monthly variation of the correlation coefficient between two loggers.

データがずれていたため、Fig. 3はこのような形になっていると考えられる。本ロガーの時刻同期は、コンピューターの時刻同期に用いられるRTC (Real time clock) 機能によって行われ、月差一分である(東郷他, 2014)。また市販ロガーの時刻同期は ± 50 ppmで日差が ± 4.32 秒である。これらのことから、この相関係数の変化は、測定値のずれではなく時刻データのずれによって引き起こされたと考えられ、本ロガーの電圧記録精度には問題がないと言える。しかし、本ロガーはGPSを組み合わせた時刻同期が可能である。教育目的の使用では必要ではないが、高い時刻精度が必要な観測である場合はこのような手段をとって時刻精度を向上することができる。

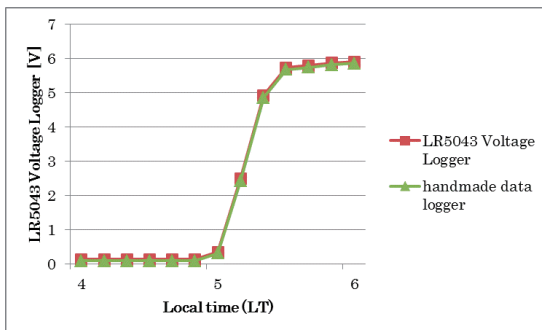


Fig. 5-a Recorded solar battery power with two loggers from 4:00 a.m. to 6:00 a.m. on September 1, 2013.

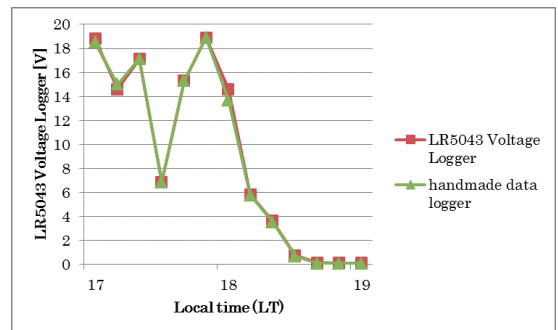


Fig. 5-b Recorded solar battery power with two loggers from 17:00 to 19:00 on September 1, 2013.

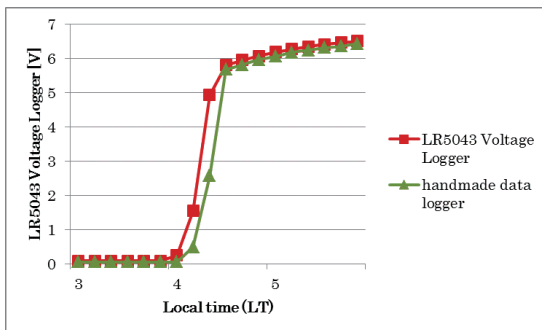


Fig. 6-a Recorded solar battery power with two loggers from 3:00 a.m. to 6:00 a.m. on June 1, 2014.

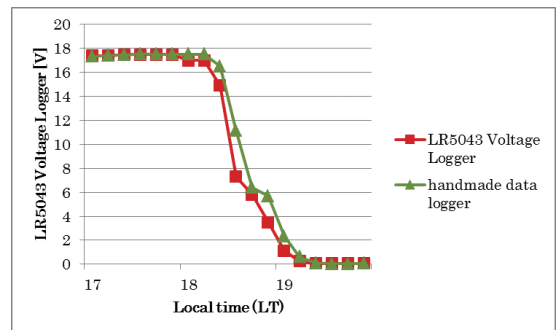


Fig. 6-b Recorded solar battery power with two loggers from 17:00 to 20:00 on June 1, 2014.

○三号庁舎内の温度データについて

今回温度データは温度センサを本ロガーに接続して取得した。Fig. 7は太陽光パネルのデータと温度データを9月21日から三日間比較したものである。一般的に太陽が出ている間は気温が高くなる。この図を見ると、太陽光パネルのデータと温度の変化が連動していることがわかる。太陽光パネルのデータが十分信用できると考えられることから、温度データも正確に観測できていると考えられる。

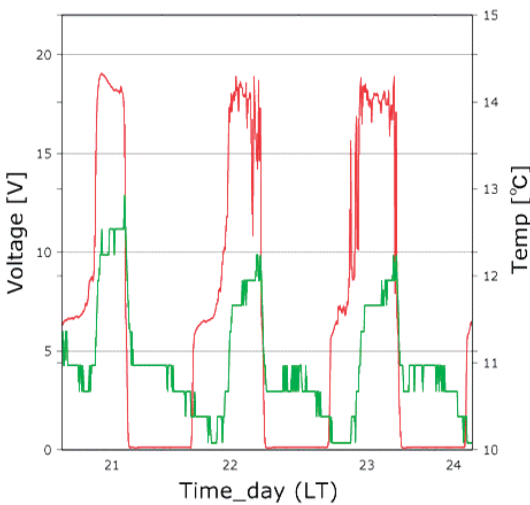


Fig. 7 Comparison between the voltage variation of the solar battery panel and the temperature variation from September 21, 2013 to September 23, 2013.

○内部電圧と越冬観測について

今回内部電圧は越冬観測が実際に充電電池と太陽光パネルで行えたかを示すために記録した。充電電池の電圧は十か月間ほぼ4.8 [V] と一定値を示していた。しかし、今回の観測では外部バッテリーを接続したため、これだけでは越冬観測が太陽パネルと充電電池4個のみで行えたかわからない。そこで充電電池と太陽パネルのみで越冬を行えたか示すために太陽光パネルの発電量と、ロガーの消費電力のエネルギー収支の概算をする。太陽光パネルの発電量は、得られた電圧データから積算し、充電電池の効率と、太陽光パネルの効率を加味したうえで約 2.99×10^4 [kJ]であった。本ロガーの消費電力は0.4 [w]ほどである(東郷他, 2014)。ここから計算すると一

年間で消費したエネルギーは 1.04×10^4 [kJ]である。これより、太陽光パネルと充電電池のみで越冬観測が可能であったと考えられ、したがって内部電圧のデータは正しいと考えられる。なお、内部電池でだけでも10分サンプリングであれば2か月程度の観測が可能である(東郷他, 2014)。

学校現場におけるデータロガー導入に関する考察

○ロガーの安価性、扱いやすさ

現在学校現場でデータロガーを導入できない理由の一つとして、高価であることがあげられる。したがって、データロガーの学校現場での導入を進めるにあたって、その安価性は重要な要素になってくる。本データロガーは、基本的に一般に入手可能なもののみを使用して安価に製作できるように設計されている。本データロガーで使用されているPIC (Peripheral Interface Controller) はそのものの価格が数百円程度であり、内蔵するプログラムもC言語ベースであるために無料のコンパイラも多く公開されている。また材料費は5000円以内に収めることが可能である。

また一般的にデータロガーは単体で動作するものから、パソコンに接続して記録するものまでさまざまなものが存在するが、本データロガーは前者の設計が行われている。パソコンを用いるものは記録と同時にグラフ化等の処理も行うことができるという利点を持つが、長期間パソコンを占有してしまうという難点もある。本データロガーは運用期間中にパソコンを占有しないという前提の設計であり、教育目的での気軽な利用を後押しするものである。

学校現場でデータロガーを使用しようとしたときに、教師がその操作方法を理解し、生徒に正確に伝えることは正しい観測をするために大切なことである。しかし、一般的な市販のデータロガーは多機能で扱いが難しく、授業内の限られた時間でその操作方法を伝えることは難しい。本ロガーは、機能を絞って設計されているため(東郷他, 2014)、その機能を理解し、伝えることが一般的なデータロガーよりも容易である。これより、本ロガーは学校現場において扱いやすいロガーであると言える。

○想定されるロガーの活用

中学校学習指導要領理科編(2012)から、学校教

育へのロガーの導入として中学校二年次で扱われる、気象とその変化を例に考える。学習指導要領には“校庭などで気象観測を行い、観測方法や記録の仕方を身につけるとともに、その観測記録などに基づいて、気温、湿度、風圧、風向などの変化と天気との関係を見出すこと”とある。ここでは気象現象の規則性や、気象現象への興味関心を高めること、直接観測する活動が重視されている。一般的に学校現場では、地域気象観測システム(アメダス)のデータや、気象衛星ひまわりのデータ、温度計や、湿度計、気圧計によって取得された学校周辺のデータ等を用いて授業が行われている。これら温度や湿度、気圧のデータは一般的に授業時間の問題で連続観測を行うことができない。気象観測ではそのデータがどのようにして記録されているか理解することが大切であるが、それとともに時間的な変化を連続的に見ることはとても大切である。それを補うため、自記温度計などが用いられるが、しかしこれらはデジタル出力に比べると精度が低く、データも他のデータとの比較という面では扱いづらい。その上安くても4~5万円程度と高価であり、さらに観測期間に制限がつく。本ロガーは非常に安価で、その上デジタル出力であり、このような問題点はない。本ロガーを使用し、太陽光パネルの電圧、温度、湿度、気圧、風力などを同時観測した場合、授業時間外や夜間、観測が困難な時間も含めて、長期の安定した連続的なデータを生徒の手によって取得できる。これにより観測の仕方を学んだうえで、そのデータを基にしたより充実した学びが可能になる。また、データの比較といった面でも本ロガーは有効に活用できる。学校の裏山や河原などの、生徒による連続的な観測が困難な場所でも本ロガーはデータ取得が可能である。校庭と学校近くの山や幹線道路の近くなどで同時に観測を行い、それを比べるといったことも考えられる。

結 論

本研究では、学校現場での活用を念頭に置いて開発されたデータロガーの安定性を検証した。富士山測候所における越冬観測という過酷な環境下でも、安定してデータを取得することができた。これにより本ロガーはその安価性と扱いやすさに加え、長期的な安定性も確認することができた。したがって、

データロガーを用いた授業カリキュラムの作成が可能となる。データロガーを用いた自動測定によってこれまでは授業内での実践が難しかった連続観測が可能になる。実験から時系列の変化を示すことができるので、生徒の時系列変化に対する理解がより高まると期待される。本ロガーを使った授業では、生徒が自ら環境データを取得し、解析することになる。これによって、データの取り方を学び、そのデータで学ぶといった授業が可能になる。このプロセスを経ることによって、生徒の興味や探究心を引き出せるより充実した科学教育が可能になるだろう。

謝 辞

本研究は文部科学省科学研究費挑戦的萌芽研究「教育現場での即応を目指した現職教員用放射線研究カリキュラム開発」及び「富士山頂の宇宙環境類似性を活用した模擬衛星製作・運用の宇宙科学技術教育プログラム」、公益財団法人東京応化科学技術振興財団「科学教育の普及・啓発助成」、および一般財団法人新技術振興渡辺記念会からの受託研究による援助を受けたものである。また、今回「NPO法人富士山測候所を活用する会」に観測場所の提供等の協力をいただいた。ロガーの製作には松見科学計測(株式会社テクニカ)の多大なる協力を頂いた。記して感謝申し上げる。

引用文献

- 土器屋由紀子(2014):水と大気の科学 富士山頂の観測から NHKカルチャーラジオ科学と人間, 159pp
- 鴨川仁・藤原博伸・稲崎弘次・織原義明・岩崎洋・川原庸照・鈴木裕子・大洞行星・土屋由紀子(2013):小型化した環境データ記録システムの製作, 東京学芸大学環境教育研究センター研究報告, 22, 3-10.
- 文部科学省,(2008):中等学校学習指導要領解説理科編, 149pp.
- 文部科学省(2009):高等学校学習指導要領解説理科編理数編, 232pp.
- 東郷翔帆・須藤雄志・織原義明・田中利佳・中村真帆・藤原博伸・稲崎弘次・岩崎洋・川原庸照・土器屋由紀子・鴨川仁(2014):開発された小型測定機器による環境データの観測—富士山測候所における試験観測—, 東海大学海洋研究所研究報告, 35, 35-41