東海大学海洋研究所報告書　第 35 号(2014)　35～ 41 頁　　原著論文(Original Article)
Bull Inst. Oceanic Res. & Develop. Tokai Univ. (2014), 35, 35-41

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－

東郷翔帆 [1)], 須藤雄志 [1)], 織原義明 [1), 2)], 田中利佳 [1)], 中村真帆 [1)],
藤原博伸 [3)], 稲崎弘次 [4)], 岩崎　洋 [5)], 川原庸照 [5)], 土器屋由紀子 [5)],
鴨川　仁 [1), 5) *)]

Environmental Observation Using a Handmade Handy Data Logger
- Test Observation at Mt. Fuji Weather Station -

Shoho Togo[1)], Yushi Suto[1)], Yoshiaki Orihara[1), 2)], Rika Tanaka[1)],
Maho Nakamura[1)], Hironobu Fujiwara[3)], Koji Inazaki[4)], Hiroshi Iwazaki[5)],
Nobuteru Kawahara[5)], Yukiko Dokiya[5)] and Masashi Kamogawa[1), 5) *)]

Abstract

There are various data loggers to continuously measure physical quantity. However, most of data loggers are hard for educational use because they are too sophisticated and expensive. We continuously observed output voltage of solar panel, input voltage of battery and indoor temperature inside the weather station at the

1)東京学芸大学
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
Earthquake Prediction Research Center, Institute of Oceanic Research and Development, Tokai University, 3-20-1 Orido, Shimizu-ku, Shizuoka-shi, Shizuoka 424-8610, Japan.
3)私立女子聖学院高等学校
Joshiseigakuin High School, 3-12-2 Nakazato, Kita-ku, Tokyo 114-8574, Japan.
4)東山技研
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
NPO Valid Utilization of Mt. Fuji Weather Station, DIK Koujimachi Building #901, 1-6-9 Koujimachi, Chiyoda-ku, Tokyo, 102-0083 Japan.
*) Corresponding to Masashi Kamogawa.
(2014 年 2 月 22 日受付／2014 年 3 月 13 日受理)

summit of Mt. Fuji during about one month by means of data loggers dedicated to our purpose. From the observation, we confirmed the system worked properly. Moreover, from the data analysis, we found the difference of temperature between under the direct sunlight and out of direct sunlight environments.

緒言

近年，様々な災害が多発し地球環境の問題というのは人類における永年の課題である．そこで，学校教育の現場でのそれらの課題に対する教育は，最重要事項である．学生が意欲的に自らそれらを学ぶには，まず興味を引くことが大事であり，そのためには観測などの実体験が必須である．地球環境の計測は小学校で気温や湿度などを目視計測し，それをノートに記録するといった方法がとられているが，高等学校の科学クラブなどになると気温や湿度でも 24 時間連続観測を行うためにデータロガーと呼ばれる自動デジタル記録計を用いることがある．しかし，市販のデータロガーには機能がブラックボックス化されておりデータ処理がしづらく，さらに処理過程の複雑さゆえに消費電力があがるため屋外の長期観測には不向きなものもある．他にパソコンを用いた記録計は，グラフ化などを合わせて行えるという点があり有用だが， OS 自体が不安定な動作をする場合もあるので長期無人観測は不向きであり，消費電力も大きい．また，教育現場において観測用にパソコン 1 台を保有するということは，経費の面を考慮しても不向きである．したがって，教育現場では（1）小型軽量で操作が容易であり，（2）様々な観測に汎用性があり，（3）長期観測が可能であり，（4）安価であることに加え，（5）山地や海上（船上）といった過酷な自然条件でも安定した観測が行える，といった 5 つの条件を満たすような観測機器が望ましい．

このような条件を満たすことを目的とした小型観測機器は鴨川ほか（ 2012 ）によって試作器が開発された．また，この試作器（以下，開発ロガー）を用いて富士山山頂といった過酷な自然条件下で 2 日ほど温度および太陽光パネルの出力の観測を試験的に実施したところ，おおむね良好なデータが得られた．そこで本研究では，さらに長期的な観測の安定性を検証することを目的として，富士山山頂で約 1 カ月間の観測を行った．

観測場所

富士山測候所は山頂の剣ヶ峰に建設され，標高 3776 メートルに位置する日本最高地点にある気象観測所であり，明治時代から観測が始まった．しかし近年，気象観測などは主に人工衛星で行われるようになったことや，レーダー観測の必要性もなくなったことから 2004 年には無人の観測所となった．現在では，研究者の学術横断的な組織である「高山高所科学研究会」の研究者らが中心となり設立された「富士山測候所を活用する会」が，気象庁から測候所施設を借用し研究活動が行われている．そこでは自然放射線や大気電気などの研究のために最先端の科学計測がなされているだけでなく，教育実習プログラムも行われている（土器屋・佐々木， 2012 ；須藤ほか， 2014 ）．

富士山山頂は厳しい気象環境であり，落雷を避けるために開発ロガーは測候所 3 号庁舎内に設置することとした（ Fig. 1 ）．この庁舎は西向きにしか窓がないため，太陽光パネルは窓に面して設置

した．使用した太陽光パネルは，軟らかく軽量な米グローバル・ソーラー・エナジー社の PowerFLEX で，本研究では Fig. 1 (b)の写真奥の中段にある 1 枚を使用した．また，その大きさは 106.7 ㎝ × 36.8 ㎝である．窓は透明ガラスで二重窓になっており，窓の大きさは縦 46.8 ㎝，横 58.7 cm，対角線 71.5 ㎝である．部屋は室内の保温性を高めるために，窓のある側面以外は天井も含めアルミ製のシートで覆った．なお，窓から太陽光パネルまでの距離はおよそ 2 m である．

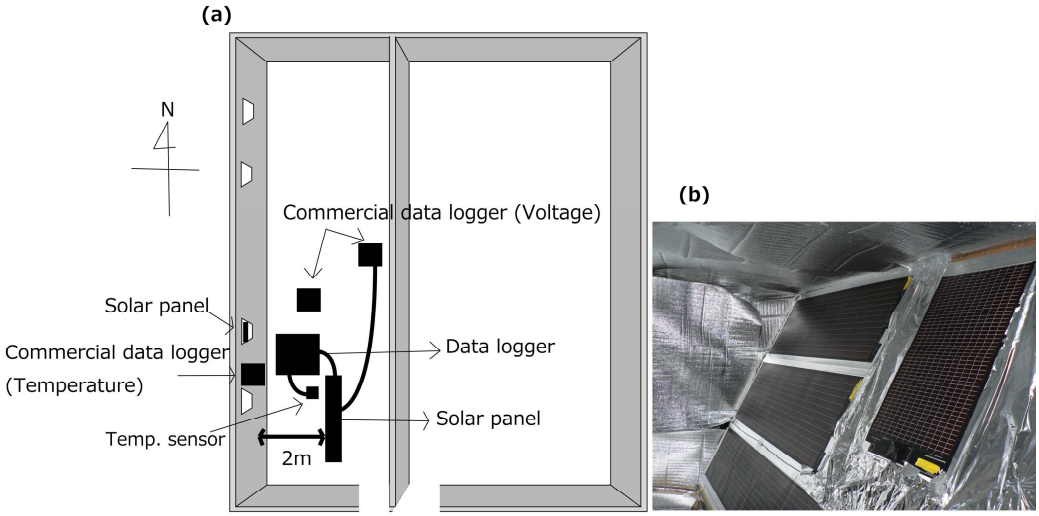

Fig. 1. Configuration of the system.
(a) Equipment installation of overview diagram,
(b) Solar panels.

観測方法

Fig. 2 は今回使用した開発ロガーのシステムブロック図である．この開発ロガーはおよそ縦 25 cm，横 16 cm，高さ 10 cm である．その外観および本体内部を Fig. 3 に示す．現段階での設計では，4 チャンネル分の測定ができ，測定したデータは SD カードに記録される（稲崎，2010）．SD カードは SDHC フォーマットには対応していないが，FAT16 (File Allocation Table)といわれるフォーマットで，2 GB までの記録ができる．1 分サンプリングの場合であると 1 日 40 kB 程度であり，2 GB の容量の SD カードであれば，1 年間の記録は十二分に行うことができる．データの記録は，日時と 4 チャンネル分の電圧値が記録され，テキストデータとして書き込まれる．サンプリングレートは 10 分，1 分の切り替えができるような設計になっており消費電力は運用時 0.4 W である．書き込まれる日時の時刻管理は，実装している RTC（リアルタイムクロック）により行う．

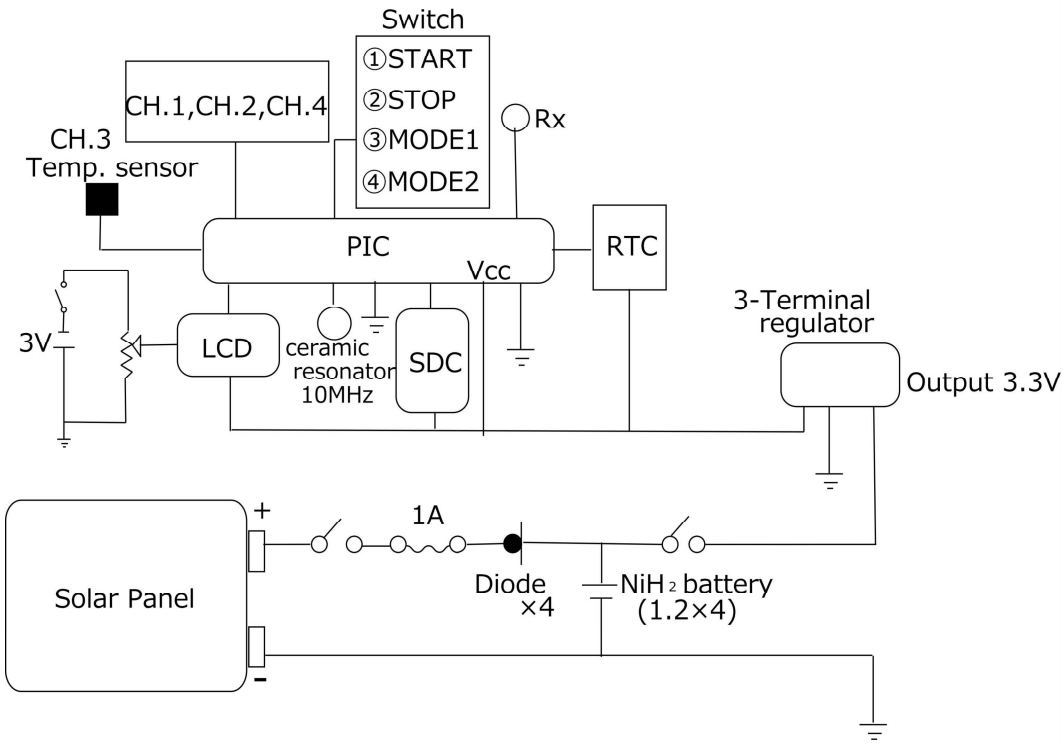

Fig. 2　System diagram of the data logger.

精度は月差約 1 分であり，動作温度範囲はである．また， GPS と組み合わせ時刻同期を行うことにより，精度向上を図ることができる．

本研究では，出力チャンネル（以下，CH.）4 つのうち 3 つを使用し， CH.1 に太陽光パネル， CH.2 に開発ロガーのバッテリー， CH.3 には温度計を接続し（ Fig. 1 ），サンプリングレートは 10 分に設定した．なお，開発ロガーは床に設置し，温度計は Fig. 1.(b)の写真にある奥側の太陽光パネル上段と中段の間に設置した．バッテリーにはサイクル寿命の長いニッケル水素電池（単 2 型 1.2 V, 4000 mAh ）を 4 本使用したことにより，電源電圧値は 4.8 Vとなる．この開発ロガーを，富士山山頂測候所に 2012 年 9 月 2 日に設置した．また，校正用に市販の電圧ロガー（ HIOKI ， SN 120706506 ）と温度ロガー（ HIOKI ， SN 120811558 ）も同時に設置した（ Fig. 1 ）．なお，それらのサンプリングレートは開発ロガーとは異なり 15 分である．

結果と考察

Fig. 4 は 2012 年 9 月 3 日から 9 月 30 日までの 28 日間の太陽光パネル電圧，開発ロガーのバッテリー電圧および温度を表している．すべての記録において日変化が記録されていることが分かる．また， Fig. 5 は 9 月 4 日， 9 月 15 日および 9 月 29 日のそれぞれ 1 日分の記録を表

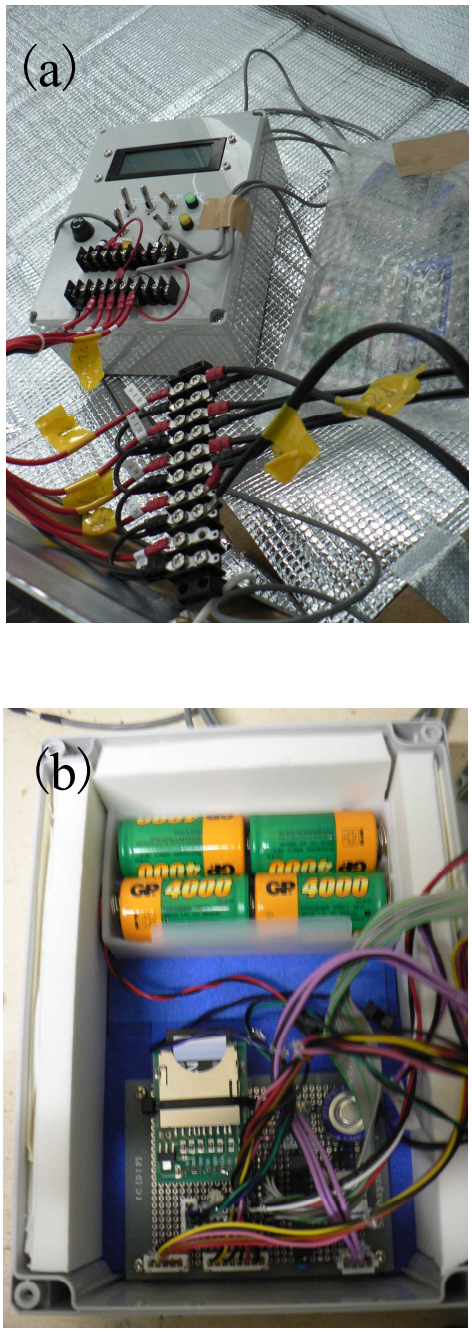

Fig. 3 (a) Overview of the data logger,
(b) the circuit of the data logger.

している．これをみると，温度，バッテリーおよび太陽光パネルの 3 つのデータ

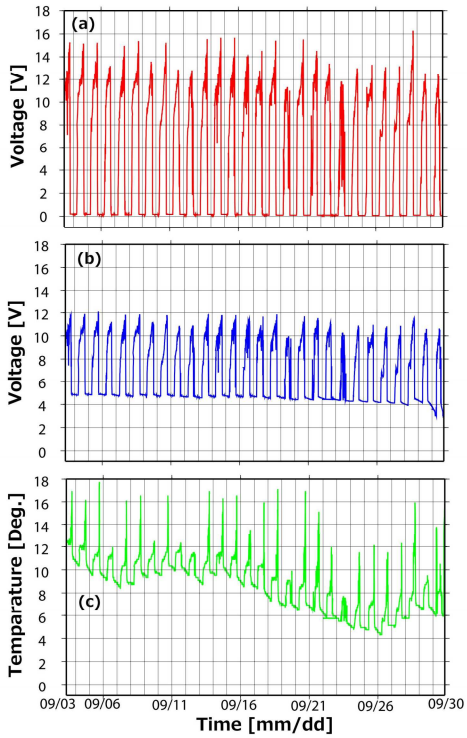

Fig. 4 The variations from 3 to 30 September, 2012 (JST).
(a) Output voltage from the solar panel,
(b) input voltage of battery,
(c) indoor temperature inside the weather station.

はすべて富士山山頂における日照時間と相関があると考えられる．その理由は日の出とともに電圧が上がり，日の入りとともに電圧が下がり，また 9 月 4 日よりも 9 月 29 日の方が電圧の下降する時刻が早まっているからである．観測場所である 3 号庁舎ではこの時期，17 時頃から 18 時頃の間，西向きの窓から直射日光が差し込むと考えられる．9 月 4 日と 9 月 15 日をみると，3 つのデータいずれも 17 ～ 18 時にその値が上昇している．この時間帯は西向きの窓から直射日光が差し込む時間と一致している．

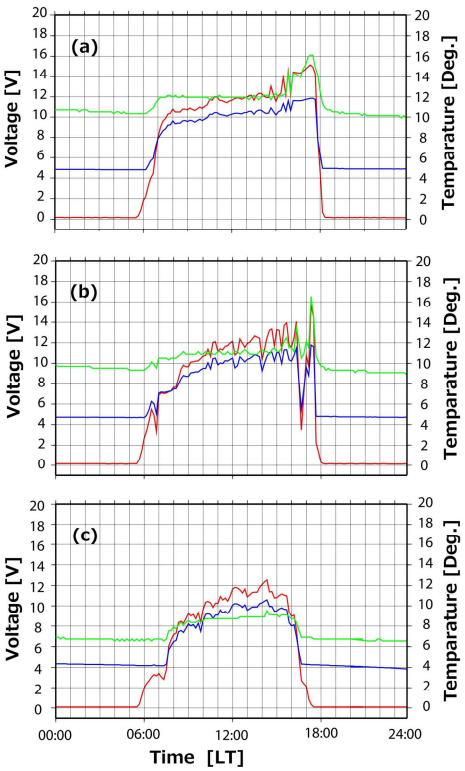

Fig. 5　Daily variations of output voltage from the solar panel (red line), input voltage of battery (blue line) and indoor temperature inside the weather station (green line):
(a)　4 September, 2012.
(b) 15 September, 2012.
(c) 29 September, 2012.

また，二重窓の間に設置された校正用の温度ロガーでも同時間帯で温度上昇が確認できることから，この上昇は直射日光によるものと考えられる．一方，9月 29 日はこのような変化は見られないのは，この日の富士山山頂の天気が雨であったからである．また，温度の日変化を詳細にみると，日の出とともに温度は上昇するが，その後，夕方の直射日光による急上昇までほぼ一定の値を示している．通常，温度上昇は室内であっても太陽の運行とともに，ゆるやかな上昇と下降がみられると考えられる．しかし，開発ロガーで測定した温度はそのような変動にはなっていない．その理由として，富士山測候所 3 号庁舎の特別な環境が影響していると考えられる．二重窓の間に設置した温度計は 24 時間で 30 ℃ ～ 40 ℃の幅で変化している．一方，直射日光が当たらない室内に設置された温度計では，1 ℃～ 2 ℃ほどである．本研究で観測が行われた 3 号庁舎は，直射日光の当たらない場所では 1 日の気温変化がほとんどないが，直射日光が当たる西側の窓では大きな変化を示すといった特徴がある．実際，開発ロガーに接続された温度計の設置場所は，西側の窓からおよそ 2 メートル離れている．このことから，直射日光が温度計に当たるまでは室内の安定した気温変化を反映し，直射日光が当たってからはその影響を受けると考えれば，この温度変化の説明ができる．

バッテリーの値は，夜間時には電源電圧値である約 4.8 V と充電された状態で安定し，太陽光パネルへの日照とともに電圧が発生するとその値を超え，日照のある時間帯は太陽光パネルからバッテリーに電力が供給される状態となっていることが確認できた．この開発ロガーの消費電力は 0.4 W であり，4.8 V のバッテリーでは単純計算で約 16 日間の連続観測が可能である．今回は太陽光パネルによる充電で約 28 日間の連続観測を行い，充電の有効性が確認できた．

太陽光パネルの記録については，同じ太陽光パネルに接続した校正用電圧ロガーのデータと比較した．開発ロガーのサンプリングレートが 10 分であったのに対し，校正用電圧ロガーが 15 分のため，細かな変化を比較すると，校正用電圧ロガーの変動は開発ロガーのデータに一種のローパスフィルタをかけた形状を示していると考えられる．しかし，電圧が上昇または下降する時間やゆるやか

な変動は一致しており，開発ロガーは良好なデータを取得していたといえる．

まとめ

本研究では前年度に開発されたシンプルかつ汎用性のある小型測定機器を用い，温度，電源バッテリーおよび太陽光パネルの 3 種について，2012 年 9 月 3 日から 9 月 30 日までの 28 日間の連続観測を行った．その結果，3 種すべてにおいて良好なデータが取得できていたことが確認された．また，温度計の記録からは富士山山頂測候所の温度環境には特有なものがあることが推測された．さらに，電源バッテリーおよび太陽光パネルの記録から，太陽光パネルによる充電の有効性が確認された．今回は富士山山頂測候所内においての夏季観測であったが，今後はより過酷な自然条件となる越冬観測を行うためにバッテリーの特性なども加味して外部バッテリーの容量を検討する必要がある．

謝辞

本研究は文部科学省科学研究費挑戦萌芽研究「教育現場での即応を目指した現職教員用放射線研修カリキュラムの開発」，一般財団法人新技術振興渡辺記念会による平成 24 年度科学技術調査研究助成（上期）「富士山体を利用した福島原発起源の放射線核種の輸送に関する調査研究」および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」にて行った．また，本研究は NPO 法人「富士山測候所を活用する会」が富士山頂の測候所施設の一部を気象庁から借用管理運営している期間に行なわれた．ロガー製作では（株）テクニカ社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・佐々木一哉（編著）（2012）：よみがえる富士山測候所 2005-2011．成山堂，192pp．

稲崎弘次（2010）：PIC を使ったデータロガーの制作．CQ 出版社，112pp．

鴨川仁，・藤原博伸・稲崎弘次・織原義明・岩崎洋・川原庸照・鈴木優子・大洞行星・土器屋由紀子（2012）：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　環境教育学研究，**22**，3-10．

須藤雄志・東郷翔帆・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）：2013−2014に行う富士山山頂越冬データ取得システムの概要．第 7 回 NPO 成果報告会予稿集，46-51．