

原著論文

小型化した環境データ記録システムの製作

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^{*}・土器屋 由紀子^{***}
東京学芸大学自然科学系物理科学分野^{*} 東京学芸大学環境教育研究センター^{**}
NPO 法人富士山測候所を活用する会^{***} 私立女子聖学院高等学校^{****} 東山技研^{*****}

Handy Data Logger for the Environmental Study

Masashi Kamogawa^{* ** ***}, Hironobu Fujiwara^{****}, Koji Inazaki^{*****},
Yoshiaki Orihara^{*}, Hiroshi Iwazaki^{***}, Nobuteru Kawahara^{***}, Yuko Suzuki^{* ** *},
Kousei Ohhora^{*} and Yukiko Dokiya^{***}
Department of Physics, Tokyo Gakugei University^{*}
Field Studies Institute for Environmental Education, Tokyo Gakugei University^{**}
NPO Valid Utilization of Mt. Fuji Weather Station^{***}
Joshiseigakuin High School^{****}
Higashiyama Technical Research Institute^{*****}

Global environmental issues are one of the most important problems to solve for human being. In order to solve these problems, environmental education in school is one of the most significant action items. The long-term measurement of each environmental parameter is effective for the students to realize the environmental change even if it is small. However, it is difficult to operate the long-term observation for them because there is no data logger system with enough flexibility, inexpensiveness, durability and convenience. Therefore, development of a data logger for students which satisfies several demands for each observation purpose is required. Here, we develop a handy data logger which can operate individually without a personal computer and whose power is supplied by the battery with solar charge equipment. In this paper, we briefly report the preliminary result of the developed data logger installed at the top of the Mt. Fuji under severe measurement conditions.

Key Words: data logger, environmental issues, Mt. Fuji, solar power

1. はじめに

地球環境問題は人類の課題であるが、これらの問題を解決するために学校教育では認識と知識を高める教育が行われるようになってきている（環境省総合環境政策局環境教育推進室 2009）。さらに、生徒に興味を持たせるために教育現場においては学問的認識や知識のみならず観測や観察といった具体的な実体験は必須であると言える。そのためには、普段の授業でも計測を正しく行える力を養っておく必要がある。従って観測では、物理量を継続的に観測するためのデータロガーと呼ばれる自動デジタル記録計は必須の装置といえる。通常、物理量の変化を直接的に電気信号として取り出すのはセンサーであるが、この電気信号を電圧として観測目的に即したデータに変換し記録できる実習機が必要である。また、実験成果の到達度は観測目的に応じて使用できる器具の信頼度と利便性によって変わると推察される。一般に、市販のデータロガーは携帯型であっても高機能化されており、デジタル処理がすでにされているなどの機能のブラックボックス化のため、データ処理がしづらいことがある。さらに、ロガー自体での処理過程が複雑になりすぎ、それに伴い消費電力が上がるため屋外での長期観測に不向きなものが多い。従って、現在は生徒や学生が手軽に扱え、悪い観測条件にも安定して耐えられ、様々な観測に対して汎用性があり、さらには安価であるという複数の要求をみたすものとなると市販品では極めて少ない。

データロガーは数多くの市販品が出まわっており、ロガー単体で動作するものや記録はパソコンで行うものなど用途に合わせてさまざまにそれぞれ一長一短の特徴を持つ。パソコンを用いた記録計は、パソコンが得意とするグラフ化なども合わせて行える利点があるが、長期観測においては OS 自体が不安定な動作をすることから長期無人観測は不向きである。これらは Windows より安定動作に定評のある Linux を用いれば改善されるが、初心者には取り扱いにくい OS である。また、使用ソフトが多くはないことから不便さがある。さらに、ノートパソコンであってもパソコン本体の消費電力は数十ワット程度あるため、電源が安定して供給されていないとセンサーの消費電力が小さいとしても、比較的大掛かりな電力を供給しないと連続観測はなしえない。それに、教育の現場にとって、ノートパソコン 1 台を観測の

ただけに使用することは、経費の観点からも現実的ではない。従って、観測の手軽さはパソコンが簡単であるといわれているが、ノートパソコン1台を占有してしまう長期観測や、高温多湿などの悪条件での観測には全く向かないと言える。一方、パソコン的機能は付属していないがロガー機能に特化したデータロガーは数多くある。それらの中には本研究が目標とする屋外において行う環境測定などでも用いることができるものが多い。ただ特定機能に特化すればするほど価格がパソコンによる計測に比べて高価になり、学校教育において複数購入できる価格帯からは大きくずれる。したがって、測定したい物理パラメータを長期的、安定的に観測でき、生徒でも手軽に使いやすいもので汎用性があり、さらには安価なものを開発することは非常に価値がある。故に本研究ではこれらの要求を多く満たすべく、学校教育において用いることができるデータロガーの開発を行う。また、本装置の耐久性を調べるために富士山測候所において越冬観測試験を行っている。本稿では設置時と初期データを報告する。

富士山測候所は山頂の剣ヶ峰に建設され、3776mに位置する日本最標高にある気象観測所である。人工衛星による台風監視が行われる以前は測候所に設置された気象レーダーで太平洋上を進む台風を監視してきた。現在では無人化され僅かな気象データが取得されているのみである。また管轄する気象庁は研究者によって組織されたNPO法人富士山測候所を活用する会に貸借し、夏季期間のみ富士山測候所で科学的観測がなされている。そこでは最先端の科学計測のみならず教育実習プログラムも行われている(土器屋・佐々木 2012)。そこで行われた特出すべき観測は、国立環境研究所によって数年にわたり実施された二酸化炭素濃度の連続計測であり、冬季中商用電源が供給されないことからバッテリーのみで運用されている(須永ら 2012)。さらにこれらのデータは地球温暖化研究のための世界第一線データとなっており、測候所における環境研究は利用価値が高いことがわかる。

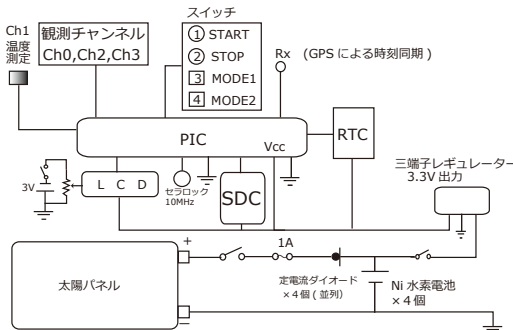


図1 データロガーのブロック図

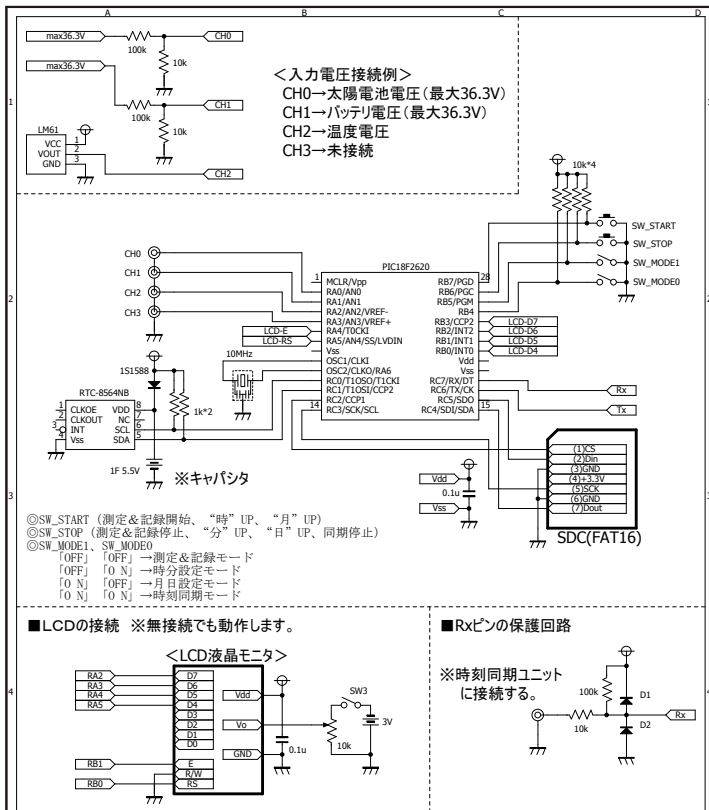


図2 ロガー回路図 (システム部)

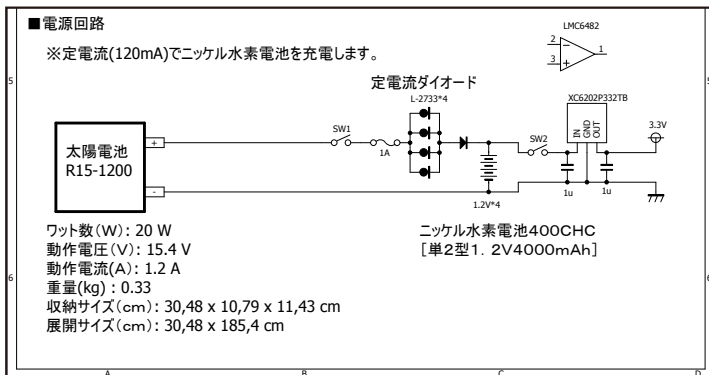


図3 ロガー回路図 (電源部)

II. データロガーの設計

本研究で開発するデータロガーは、低消費電力における測定を目指すためにプログラマブル IC である PIC (Peripheral Interface Controller) マイコンを用いて設計を行った。著者の一人はこの PIC を用いた各種計測システムを設計しており、それらの成果を反映させた (稲崎 2009)。PIC マイコンの特徴は計測装置をできるだけ省電力モードで作動させるように設計し、太陽電池での充電が可能で、大型バッテリーがなくとも長期間観測できることである。このように充電できる機能は、商用電源の供給がなされない山岳などの特殊な地域のみならず、建物の屋上など商用電源を簡単に得られない場所や、電源を得るのに手間がかかる場所にとりわけ有用である。プログラマブル IC は組み込み機械や衛星などでも使われる高級 IC など各種存在するが、本製作で取り扱う PIC そのものは価格も数百円であり、内蔵するプログラムの言語も汎用性のある C 言語ベースであるため無料のコンパイラもあり、一般消費者もネットから簡単に手に入れやすく取り扱いやすい。

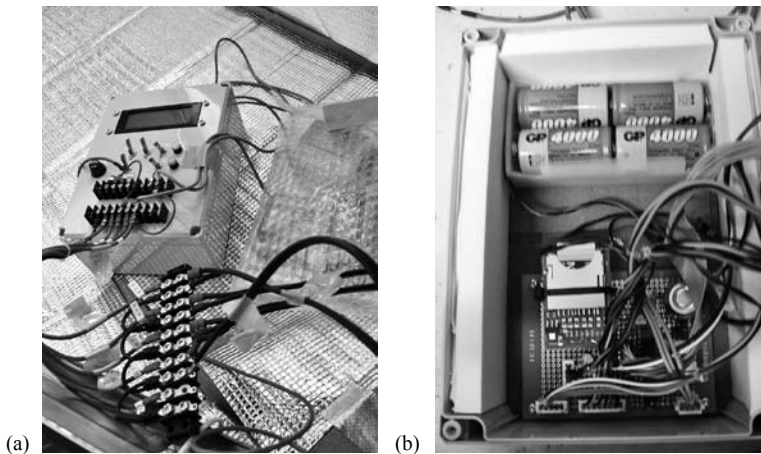


図4 作成したデータロガー (a) 外観 (b) 本体内部

図1は今回作成したロガーのシステム・ブロック図である。図2および図3は製作した回路図である。現段階での設計では、4チャンネル分の測定ができるようにしてある。記録可能な入力電圧は、0V から 5V 迄となっているが、分圧抵抗を付加

する事により電圧範囲を容易に変更することが可能となっている。また、測定したデータはSDカードに記録される。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、2GBまでの記録ができる。データはテキストフォーマットで書き込まれ、日時と4チャンネル分の電圧が記録される。1分サンプリングの場合1日40kB程度であり、2GB記録可能なSDカードであれば、1年間の記録は十二分に行える。ロガーの動作確認はLCDモニターで行うが、本体の消費電力を下げるために動作開始後はOFFにし取り外すことが可能である。サンプリングは10分、1分の切り替えができる設計になっているが、内蔵プログラムを変更させることで任意のサンプリングが可能である。なお、消費電力は運用時0.4W程度である。

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、周波数偏差 (5 ± 23) $\times 10^{-6}$ (月差1分相当)、動作温度範囲: $-40^{\circ}\text{C} \sim +85^{\circ}\text{C}$ の精度で記録可能である。また、GPSと組み合わせて、時刻同期を行うことで設定精度の向上を図ることも可能となっている。

バッテリーについては、1.2Vの二次電池を4本使用する。屋外観測ないしは温度が外気と変わらない準屋外での運用はバッテリーの低温化により出力効率低下が発生するため設計に注意が必要である。しかし近年の二次電池の機能向上により一般消費者用製品でも -20°C でも動作ができるものが増えてきているため、将来的にはこれらの問題は大きく改善されると見られる。

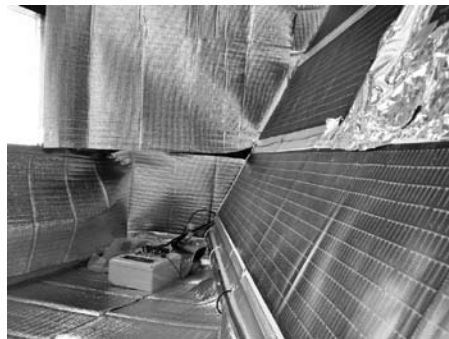


図5 測候所3号庁舎に設置したデータロガーと4枚の太陽パネル。本実験では上段2つのパネルからの電圧をロガーに供給している

Ⅲ. 測定結果

富士山山頂富士山測候所 3 号庁舎において越冬耐久実験をするべく製作したロガー (図 4) を 2012 年 9 月 2 日に設置した (図 5)。この越冬耐久実験では、次の 4 つのデータを取得することにした。チャンネル 0(CH0)は、太陽パネルその 1、チャンネル 1(CH1)はロガーのバッテリー電圧ないしはバッテリーに印加される電圧、チャンネル 2(CH2)は温度計で、チャンネル 1(CH1)とチャンネル 3(CH0)は 2 つの太陽パネルの出力電圧となっている。太陽パネルは測候所 3 号庁舎の西向き窓から入る日光を取るべく図 5 のように屋内に設置した。屋内に設置している理由は、山頂における落雷を避けるためであり、また太陽パネルの保護の目的も兼ねている。また太陽パネルは、フレキシブルかつ軽量のソーラーパネルである米グローバル・ソーラー・エナジー社の PowerFLEX を使用した。このパネルはフレキシブルであるため運搬時に丸めることもできるため運搬もしやすい。

9 月 2 日から 3 日の半日分のデータをプロットしたところ図 6 の通りになった。夜間のバッテリーが発生させる電圧は約 4.8V とすでに充電された状態になっている。その後、日の出とともに太陽パネルに電圧が発生すると、バッテリーに印加された電圧は 4.8V を超えた。それゆえ充電ができる状態になっていることがわかる。本システムを維持するためには、電力収支の概算をすると使用した太陽パネルの平均 10%は必要である。本観測の終了時にはこれらの評価が必要である。

前述の国立環境研究所の越冬観測によれば 3 号庁舎屋内の室温は 1 月下旬には -30°C に到達する。それゆえ、温度に弱い二次バッテリーが梱包材に保温されている程度で観測が耐久できるかは今回の重要な課題である。

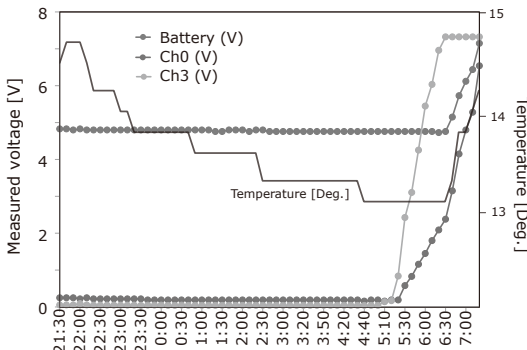


図 6 測定結果

IV. まとめ

本ロガーの制作により、太陽パネルでバッテリーを充電しながら測定記録(10分、1分サンプリング)を長期間実施することが手軽かつ安価な範囲内で可能となった。更に、プログラマブル IC および小型記録媒体 (SD カード) を適用することにより、装置の小型化、省電力化、取扱い容易性の向上を図ることが出来た。日本で最も過酷な環境の一つである富士山山頂で耐久テストを行い、越冬観測が可能であるか今後検証を行う。本ロガーの動作が問題なく行えたときは様々な場所で環境観測を手軽におこなえるようになると思われる。

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」および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。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。

参考文献

- 環境省総合環境政策局環境教育推進室, 2013, 「授業に活かす環境教育—ひとめでわかる学年別・教科別ガイド—」, <http://www.env.go.jp/policy/nerai/index.html>
- 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.
- 須永温子・向井人史・寺尾有希夫・野尻幸宏, 2012, 「CO₂ 通年観測の本格運用の開始とこれまでのデータの特徴 富士山測候所を活用する会 第5回成果報告会—平成23年夏季富士山測候所における観測・研究の成果報告—」, 『富士山測候所を活用する会 第5回成果報告会講演予稿集』, 14-17.
- 稲崎弘次, 2010, 『PIC を使ったデータ・ロガーの製作』, CQ出版社.