

O-04: 宇宙技術者教育のための富士山山頂の環境を利用した教育プログラム Fuji-sat3 の運用状況について

新田英智¹, 東郷翔帆¹, 富田悠登¹, 岡田朋大¹, 高橋周作¹, 鶴田拓真¹, 鴨川仁¹

1. 東京学芸大学

1. はじめに

Can-sat は, 1998 年にスタンフォード大学宇宙開発研究所の Bob Twiggs 教授が提案した, 教育プログラムで 350ml の管の中に機器を搭載して科学観測などを行うものである. 運用期間は数分であり, 太陽パネル等は必要ない¹⁾. Balloon-sat とは, 気球に乗せる模擬衛星で運用期間が数時間であり, こちらも同様に太陽パネル等は必要ない. 運用空間はキャンサットよりも宇宙に近い環境で, 長い時間観測を行う. これらに対して, Cube-sat は, 実際に宇宙空間に打ち上げられる衛星であり, 科学データの取得や技術実証を行う. 運用期間は, 運用される軌道によるが, おおよそ 30 日前後である. 同様に, 宇宙空間に打ち上げられる大学小型衛星は, 運用期間が数か月~数年になる. いずれも太陽パネルによる給電が必要になる. この二つは, それ自体がすでに衛星開発とそん色ないため, 宇宙技術者教育としては非常に有効である. これらの特徴を加味すると, 運用期間と給電方式の面で, Can-sat や balloon-sat と, Cube-sat や大学小型衛星の間に大きな隔りがある. Cube-sat や大学小型衛星は実際に宇宙空間に衛星を上げる実衛星教育プログラムとすることができる. 一方 Can-sat, balloon-sat は, 実際に衛星を宇宙空間に上げないので, 模擬衛星教育プログラムと呼ぶことができる.

我々は, NPO 富士山測候所を活用する会の一員として, 富士山測候所での越冬観測を 2013 年から行っている. 中学, 高校の授業で使えるような安価で扱いやすいロガーの開発を目的とし, 2013 年 8 月から 2014 年 6 月に越冬観測を行った²⁾. 富士山測候所は, 閉鎖環境で冬場は電源がなく, 気温は-20 度近くまで気温が下がる. この環境で, 太陽パネルの電圧, 気温, 自身のバッテリー電圧を測定し, 安定して信頼できるデータを取得できていることを確かめた²⁾. この試みを通して, 我々は, 太陽パネルによる充電システムによって, 富士山測候所の越冬観測が十分に行えることを確認した. そこで, Can-sat や Balloon-sat と, Cubu-sat や大学小型衛星の間を埋める試みとして, 富士山測候所を利用することが有効と考え, その教育プログラムの研究として NPO 富士山測候所を活用する会の学生公募研究に応募しこれを Fuji-sat プロジェクトと名付けた.

2. 観測

閉鎖環境といった場所は, 冷蔵庫に入れたり, 屋上を立ち入り禁止にすることで再現できる. しかし得られる観測データ

の価値といった面では富士山山頂は非常に優れた場所であるといえる. 富士山で取得されるデータは, 大気化学や大気電気の研究をはじめ, 科学的に非常に価値が高い. 富士山は孤立峰で遮蔽物がなく, 人工ノイズも少ない. 例として, 国立環境研究所によって数年にわたり実施された CO₂ 濃度の連続計測は, 地球温暖化研究のための世界第一級データとなっており, 測候所における観測研究はいずれも学術的価値が極めて高い³⁾. したがって, 取得されたデータの二次的活用も期待できる. Can-sat や Balloon-sat は, 運用期間で得られるデータよりも, その機器が動くかどうかにか重点が置かれるが, Cube-sat や大学小型衛星は, 価値の高い理学ミッションを行うことも多い. Fuji-sat は得られたデータの活用という面において, これまでの模擬衛星教育プログラムよりも, 実衛星教育プログラムに近いといえる.

本研究では, 放射線の総カウント数の計測にガイガーカウンター(CPI-SR002)を用いた. 落雷数は雷センサ(AS3935)で測定を行う. データロガーは自作のものを使用し, マイコンは ATOMEGA1294 をつけた. 送信されるデータは各日のデータで, 雷はエネルギーの最大値, 最小値, 平均値, 放電地点までの距離の最大値, 最小値, 平均値, 放射線カウント数は最大値, 最小値, 平均値, および一日の総量, バッテリー電圧は一日の平均値である. 太陽パネルは, SY-M30W-12 太陽電池モジュールを使用した. 2013 年のデータ¹⁾より, 日照時間を見積もり, 太陽パネル二枚, 蓄電池 3 個が必要であると判断した. 蓄電池は, 冬季の過酷な環境に耐えうるものを選ぶ必要があるため, 国立環境研が山頂で使用しているサイクロン G42EP をお借りした.

3. 結果と考察

図 1 は 2016/8/28 と 8/29 の設置時に回収した一秒サンプリングのデータである. この際, 周辺で落雷はなく, 雷データは記録されなかった. (考察)バッテリーは, 日の出とともに上昇し, ここで充電が行われていることがわかる. 一秒間の放射線量は, 最大値が 6 最小値が 0 で全体としては 2~4 発が記録されている. このとき雨も降っておらず, 周辺で落雷等もなかったことからこれがバックグラウンドの値になると考えられる.

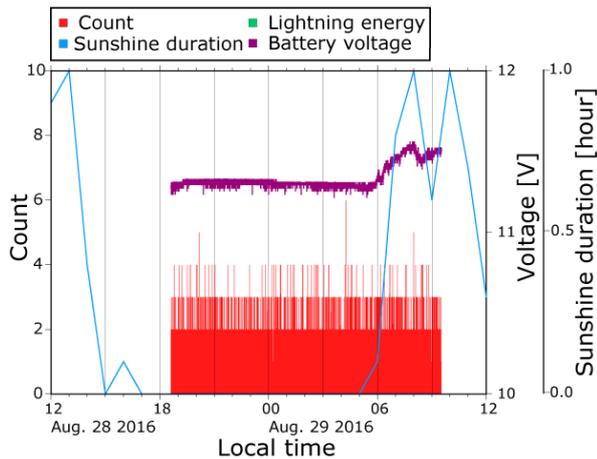


図1 設置時に回収した8/28と8/29の1秒サンプリングデータと気象庁日照系のデータ

図2は2016/8/30から9/16までの一日ごとのデータである。このデータに気象庁が夏季のみ取得している日照系のデータを重ねている。9/1 前後で日照系が高い値が示されているところで、バッテリーが充電されていることがわかる。これより、給電システムが正常に動作していることがわかる。

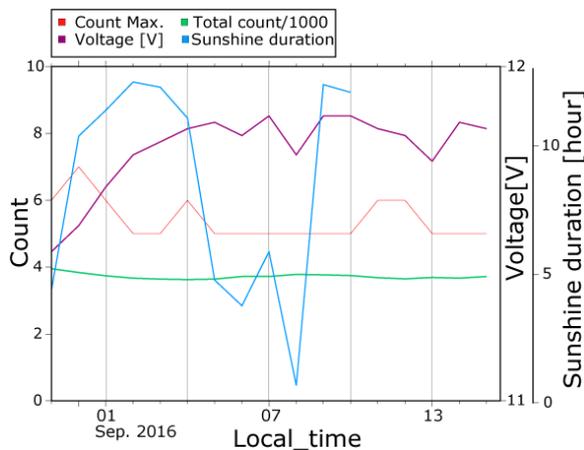


図2 8/30から9/16日までのSMS通信によって取得したデータと気象庁日照系データ

図3に2016年の9月から12月の放射線の一日の総量と、気象庁が提供している富士山山頂の大気圧を示している。図を見ると、この二つはおおむね逆相関であることがわかる。これらの相関を取ると相関係数は-0.33であった。このことから本研究でも、良好なデータがとられていることがわかる。図4は、2016/9/1から、2016/12/31までのバッテリー電圧と、一日の放射線総量である。これを見ると、11月後半ごろから電源電圧が下がっていることがわかる。考えられる原因として、雪が

太陽パネルを設置した窓に付着している、又は山頂で日が当たらない日が続いている可能性が考えられる。12月中旬ごろに一度電源電圧が11.5Vほどまで上昇していることから、給電システムに異常はないと考えられるが、注視が必要である。

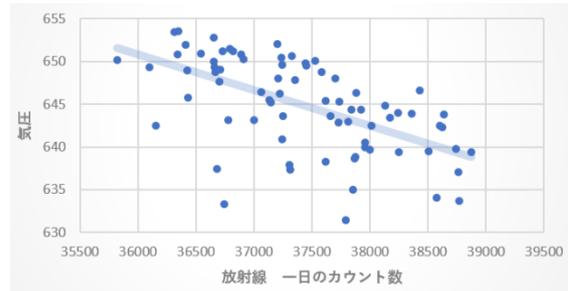


図3 放射線総量と平均気圧の相関

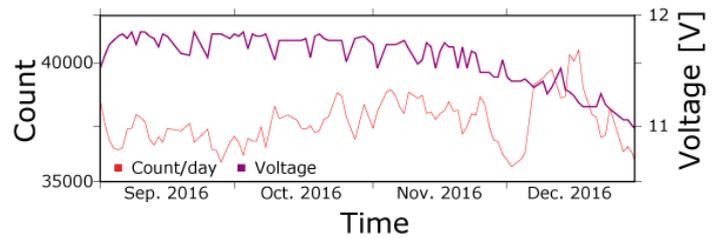


図4 2016/9/1から、2016/12/31の一日の放射線総量と、電源電圧

4. 終わりに

本研究では、富士山山頂の閉鎖環境を用いて、宇宙科学技術者教育のためのプログラム開発を行った。現在も、SMS通信によって日々データを取得できている。今後の展望として、地上から富士山にコマンドを送るアップリンク等の機能が追加できると、教育プログラムとしてより充実すると考えられる。

参考文献

- 1) 中須賀真一, 神武直彦, 佐原宏典, 木村真一, 山崎政彦, 坂本啓, 宮崎康行, 永田晴紀, 和田豊 (2014). カンサット超小型模擬人工衛星. オーム社
- 2) 新田英智, 織原義明, 東郷翔帆, 須藤雄志, 鈴木裕子, 藤原博伸, 稲崎弘次, 鴨川仁, (2016). 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, 東海大学海洋研究所研究報告37巻, 15-20.
- 3) Shohei Nomura, Hitoshi Mukai, Yukio Terao, Toshinobu Machida and Yukihiko Nojiri, (2016). Recent six-year atmospheric CO2 concentration at the summit of Mt. Fuji observed by a battery-powered CO2 measurement system. Atmos. Meas. Tech. Discuss. amt-2016-284.