

## 小型気球搭載を目的としたテレメトリと簡易運用システムの基礎開発

# 河野 紘基 [1]; 柿並 義宏 [2]; 山本 真行 [1]  
[1] 高知工科大; [2] 高知工科

### Basic development of a small balloon-mounted telemetry with its operation system

# Hiroki Kono[1]; Yoshihiro Kakinami[2]; Masa-yuki Yamamoto[1]  
[1] Kochi Univ. of Tech.; [2] Kochi Univ. of Tech.

#### 1. Introduction

In Japan, the high altitude balloon for scientific observation has been continuously launched by JAXA. The balloon has a possibility to reach 50 km altitude without tight environmental condition for onboard equipments, operating with a cost lower than sounding rockets, however, development of the large-scale scientific observation balloons by university laboratories is still difficult. Being coupled with recent improvement of semiconductor sensors, laboratory-basis balloon experiments using small weather balloons has been becoming easily in these years. Owing to an advantage of wide land fields in continental regions, the launch of such small balloons has become to be carried out many times especially in foreign countries (e.g. Near Space Ventures, Inc., 2013). Although the balloon is very small as its diameter of 6 feet, excluding its extra buoyancy and the weight of the balloon itself, it is expected that about 2 kg loading capacity is remained for payloads to send into an altitude up to about 35 km. However, operation of such balloons in Japan is not in general because precise prediction of a landing area of the payload is difficult, thus high-risk situation for balloon releases is remained.

In this study, we aim to achieve practical engineering experiments of weather balloons in Japan to be used for scientific observation within university laboratory level. Here we report an approach of developing many devices for a small tethered balloon currently in progress.

#### 2. Experiments with a small tethered balloon

We evaluated an accuracy of altitude measurement by using a laboratory developed altitude data logger system that consists of a GPS-module and a barometric altimeter as well as its loading capacity of a small rubber balloon. Diameter of the balloon was about 1.4 m. Being fulfilled with about 1440 L helium, it produced buoyancy of about 15.7 N. Taking into account of total weight including the mooring equipments, available payload mass becomes to be about 1100 g. Thus, buoyancy margin of the balloon was 4.9 N. After the balloon release, we could not confirm a planned altitude up to 200 m because of balanced situation between a tension of mooring lines and that by horizontal wind, thus the highest GPS altitude was 100.5 m and that of pressure altitude was 103.4 m, respectively. We confirmed there was no significant difference between the two types of altitude measurements.

Currently, as an operation system on ground, we have designed and manufactured a camera-platform type antenna rotator that automatically track the balloon direction based on the received GPS data.

We tried to improve accuracy of the prototype antenna rotator by applying an advantage of a 3D printer of FDM (Fused Deposition Modeling) method with a 3DCAD design software.

#### 3. Summary

In order to develop a future telemetry system onboard a small weather balloon, we have performed an onboard data logger system. Now we are trying to develop controlling software for the automatic tracking antenna. In this presentation, system configuration of the automatic tracking system will be introduced more in detail.

The telemetry system onboard the small balloon is currently under development. We have a plan to send the measured GPS coordinates, temperature, pressure, and humidity data detected by the onboard sensors to ground. A monitoring camera, a 3-axes accelerometer, geomagnetic azimuth measurement, and power monitoring will be added to the developed data logger system. The acquired data will be stored in an SD card aboard as well as transmitted to the ground using a short-range wireless communication standard, XBee. Using a vacuum chamber with a pressure injection system and a constant-temperature reservoir in our laboratory, environmental tests will be operated. In this presentation, introducing the data obtained through the development of a prototype balloon system, our recent results and problems will be discussed.

#### 1. はじめに

国内において JAXA(宇宙航空研究開発機構) では大気球と呼ばれる科学観測用の高高度気球が放球されている。特長として最大高度 50 km まで上昇し観測ロケットより安価で搭載機器の制限も少ないことから自由度の高い実験が可能になっているが、大学等教育機関の研究室単位での大気球独自開発は現実的に難しい。しかし近年の半導体センサーの普及と相まって、より小型の気象観測気球(ラジオゾンデ)を用いた実験が手軽に実現可能となりつつあり、特に海外では広大な地の利を生かした放球が頻繁に行われるようになった (e.g. Near Space Ventures, Inc., 2013)。小型とはいえ直径 6 ft (180 cm) の観測気球の場合でも気球本体と余裕浮力を除いた搭載能力は質量ベースで 2 kg ほどが見込め、到達高度は 35 km 程度まで期待できる。しかし気球の航路、ペイロードの落下地点予測は正確には困難であり、国内での運用は一般的でなく放球リスクは依然として高い状況にある。本研究では、国内での気象観測気球を用いた理学観測・工学

実験を教育機関レベルで実現することを将来目標とし、現在行なっている小型係留気球における基礎開発の取り組みについて報告する。

## 2. 小型係留気球による実験

2013年5月17日高知工科大学グラウンドにて市販の小型ゴム気球の搭載能力と、市販のGPSモジュール(Circorcomm, GPS GT720-F)と気圧センサー(Murata Electronics Oy, Barometric Sensor SCP1000-D01)を併用する形で自作したGPS・気圧計併用高度ロガーの飛翔高度計測精度について評価を行った。ここではテレメトリではなくセンサーデータを筐体内のSDカードに記録するデータロガーを自作して実験した。気球にはヘリウムを充填し直径は約1.4mとした。浮力は約15.7Nとなり、ペイロードと気球の自重、その他係留機材等を含めた総重量は1100gとなる。よって余裕浮力は4.9Nとなる。放球時の気象条件は風速3m/s、気温23℃であった。放球後、水平風に煽られる形で係留索との張力が釣り合ってしまったので当初予定していた高度200mまでの上昇ができず、結果としては気圧高度103.4m、GPS高度100.5mであった。当初懸念したGPS高度との大きな誤差はなかった。

現在、地上運用システムとして、受信GPSデータを用い気球方向を自動追跡する雲台型アンテナローターを設計製作中である。試作では3DCADとFDM方式(積層溶解型)の3Dプリンターを活用し試作品工作精度の向上と作業の迅速化を図った。支持・駆動機構に関しては若干の改良が必要なものの力学的な性能は概ね達成している。

## 3. まとめ

気象観測気球搭載型のテレメトリを将来的な目標として、これまでに小型係留気球による自作データロガーの動作評価を行った。現在は球面三角法を用いた自動追跡アンテナの制御ソフトウェア開発に取り組んでおり、具体的な追跡・管制のシステム構成についても本発表で報告する予定である。

現在開発中のテレメトリでは、GPS、温湿度、気圧センサーの計測値を送信する予定であり、この他、モニターカメラ、3軸加速度、方位、電源監視などの項目についても開発済みの自作ロガーを発展させる形で取り組む。取得データは搭載SDカードに保存するとともに、短距離無線通信規格XBeeを使用し地上とのデータ送受信を行うテレメトリ装置とする計画である。耐環境性能に関しては当研究室の真空チャンバー・恒温槽を使用し確認していく。本発表では試作開発を通して得られたデータを紹介し課題について議論する。

参考文献:Near Space Ventures, Inc. 2013, Amateur radio high altitude ballooning (ARHAB), <http://www.arhab.org/>, 2013/7/22 閲覧)