

## 成層圏における放射線量の測定と無線通信による 画像のリアルタイム転送 ～ ANCO-project ～

清本拓人<sup>1</sup>, 大場翔吾<sup>2</sup>, 西濱大将<sup>1</sup>, 星光太郎<sup>1</sup>, 蛭澤悠<sup>1</sup>, 宮崎剛<sup>1</sup>, 山本大凱<sup>2</sup>, 須田亮介<sup>1</sup>, 浜西克典<sup>1</sup>, 原田藍生<sup>2</sup>, 姫野遥輝<sup>2</sup>, 池田康介<sup>2</sup>, 伊藤輝<sup>1</sup>, 加藤佑都<sup>1</sup>, 前地祐記<sup>1</sup>, 三宅咲緩<sup>1</sup>, 村井睦宣<sup>1</sup>, 村松旺典<sup>1</sup>, 中館千鶴<sup>1</sup>, 岡本真澄<sup>2</sup>, 大友孟<sup>2</sup>, 坂口晃一郎<sup>1</sup>, 新口弘高<sup>1</sup>, 須田泰平<sup>1</sup>, 高橋一楓<sup>1</sup>, 田中理人<sup>1</sup>, 安田智哉<sup>2</sup>,

埼玉大学<sup>1</sup>, 名古屋大学<sup>2</sup>,

### Measurement of radiation in the stratosphere and real-time transmission of images via wireless communication ～ ANCO-project ～

Takuto Kiyomoto<sup>1</sup>, Shogo Oba<sup>2</sup>, Daisuke Nishihama<sup>1</sup>, Kotaro Hoshi<sup>1</sup>, Yu Ebisawa<sup>1</sup>, Tsuyoshi Miyazaki<sup>1</sup>, Taiga Yamamoto<sup>2</sup>, Ryosuke Suda<sup>1</sup>, Katsunori Hamanishi<sup>1</sup>, Aoi Harada<sup>2</sup>, Haruki Himeno<sup>2</sup>, Kosuke Ikeda<sup>2</sup>, Hikaru Ito<sup>1</sup>, Yuto Kato<sup>1</sup>, Yuki Maeji<sup>1</sup>, Sayuri Miyake<sup>1</sup>, Mutsuki Murai<sup>1</sup>, Osuke Muramatsu<sup>1</sup>, Chizuru Nakadate<sup>1</sup>, Masumi Okamoto<sup>2</sup>, Takeshi Otomo<sup>2</sup>, Koichiro Sakaguchi<sup>1</sup>, Hirotaka Shinguchi<sup>1</sup>, Taihei Suda<sup>1</sup>, Issa Takahashi<sup>1</sup>, Masato Tanaka<sup>1</sup>, Tomoya Yasuda<sup>2</sup>

Saitama University<sup>1</sup>, Nagoya University<sup>2</sup>,

#### 1 はじめに

宇宙線は、1912年にヘスの気球実験により初めて観測された。それから100年以上が経ち、宇宙線を始めとする高エネルギー粒子の研究は発展してきた。宇宙工学に興味を持ち、模擬人工衛星 CanSat の開発を行なっている埼玉大学宇宙工学サークルあかとき [1] は、CanSat に放射線検出器を搭載し、上空で放射線量の測定ができないかと考え、2021年の御宿共同打上実験にて、インカレサークル CORE[2] のハイブリットロケットに放射線検出器を搭載して、放射線量を測定した。その後、更に高高度での放射線量を測定したいあかときは、スペースバルーンの運用実績が豊富な名古屋大学宇宙開発チーム NAFT[3] と協力して成層圏気球実験を行うことにした。ここに埼玉大と名古屋大の ANCO-project(AKTK NAFT COllaboration-project) が発足した。

2022年9月愛媛県愛南町にて、気球実験を行いたい大学生の団体が集い、共同で気球の放球を行う第一回えひめ南予共同気球実験 [4] が開催された。私たちはこの共同実験に参加し、放射線量とオゾン量の測定ができる機器を搭載し、成層圏でのこれらの関係を探ろうとした。しかし、この時の放球では、データの取得ができなかった。[5] そこで、今年開催された第二回えひめ南予共同気球実験では、昨年の放球で取得できなかった放射線量の測定を目指した。更に今回の放球では、気球が上空を飛行している間にその様子をリアルタイムに確認したいと考え、通信技術を利用して、成層圏の画像を地上に送信する新たなミッションを実施した。

本プロジェクトでは、気球のペイロードを製作する構造班、各種センサー搭載基板を製作する電装班、画像送受信のシステムを構築する通信班に分かれて活動した。埼玉と名古屋という離れた2ヶ所で活動を進めたため、頻りにオンライン会議を行い、

議論をしながら製作を進めた。

## 2 機体概要

### 2.1 機体外観

今回製作したペイロードの構成を図1に示す。二

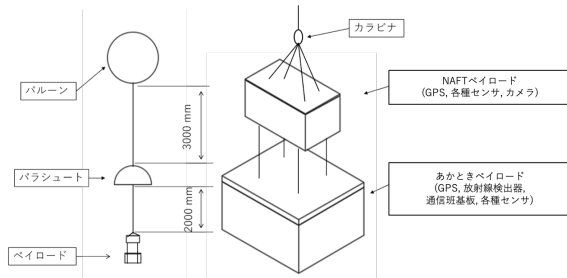


図1 機体構成図

つのペイロードが、パラシュートから締結されている。パラシュートと連結しているNAFTペイロードには、GPS受信機、温湿度気圧センサー、加速度センサー、そしてカメラが搭載されている。カメラは飛行中の外部の様子を撮影する。あかときペイロードには、放射線検出器、カメラモジュールと画像送信機器、GPS受信機、温湿度気圧センサー、加速度センサー、オゾンセンサーを搭載したメイン基板が搭載されている。



図2 各ペイロードの外観

### 2.2 放射線検出器

放射線検出器はシンチレーションカウンタを自分たちで自作した。CsIシンチレータにMMPC(HAMAMATSU C15522[6])を組み合わせて放射線イベントを電気信号で受け取った。信号は

プリアンプで増幅し、ADコンバーターでデジタル信号に変換して読み出し、各イベントをSDカードに記録した。

### 2.3 通信班電装

画像を送信する通信システムは図3の通りである。Raspberry Piで成層圏の様子を撮影し、画像を圧縮した。圧縮した画像データは、2台のArduino Megaに転送された後、接続された計8台のLoRaで地上局へデータを送信した。地上局では、受信したデータを元に画像の復元を行なった。

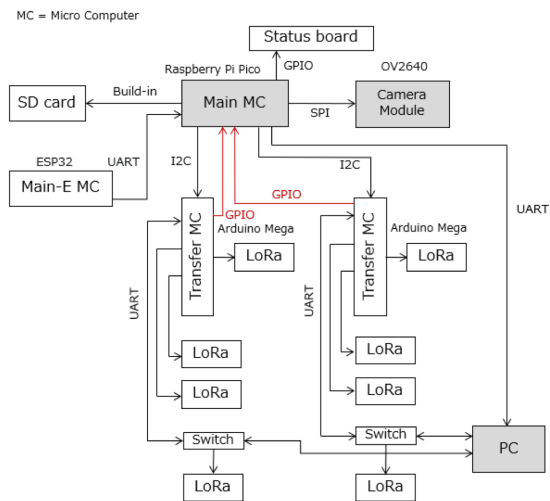


図3 通信班のシステム図

## 3 結果

### 3.1 放球結果

2023年9月22日11時30分に、愛媛県愛南町南レク城辺公園より放球を行なった。愛媛県と高知県の上空を飛行し、高度23,000mに到達した後にバルーンが破裂、午後13時15分頃に土佐湾に着水し、遊漁船でペイロードを回収した。回収したペイロードには破損はなく、わずかに海水の侵入が見られたが電装部に影響は見られなかった。

図4に今回の飛行経路を示す。機体には、GPS情報を地上局に通信する機器を4系統用意し、飛行中は常に機体の位置情報を捕捉できていた。図4の青線は自作のGPS受信機で得た位置と高度で、緑線は気球のフライトシミュレータCUSF[7]を用い

で解析したシミュレーションデータである。今回の飛行は、おおむねシミュレーション通りの位置に着水した。

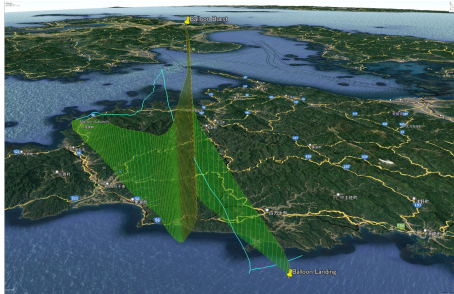


図4 今回の放球の飛行経路

### 3.2 メイン電装

メイン電装では、機体の内部と外部のそれぞれの温湿度と気圧データを取得する予定であったが、機体外部の音湿度センサーのデータについては、途中で断絶してしまった。機体内部のセンサーはペイロード回収まで常に取得できていた。また加速度センサーの値は、SDカードに記録ができなかった。オゾンセンサーについては、SDカードに値を記録できていた。

### 3.3 放射線検出器

放射線検出器は、電源を投入後回収まで常に稼働していることが確認できた。図5に今回の飛行で得られたデータを示す。飛行中にいくつかの放射線イベントを検知していることがわかる。

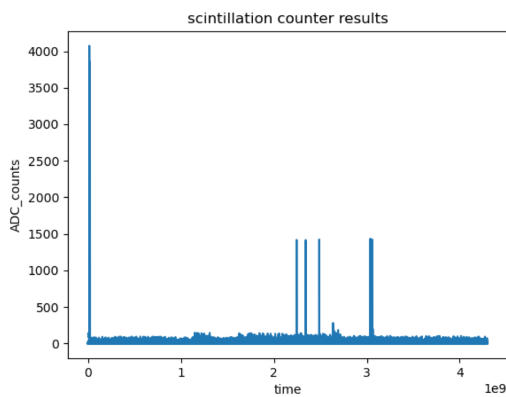


図5 本実験で得られた放射線検出器のデータ

### 3.4 通信班

予定では、成層圏の画像送信を8台のLoraで同時運用する予定であったが、不具合により1台のみで運用を行なった。

今回の放球では、高度15kmにて画像を撮影し、画像サイズを6kBまで圧縮した。その後、1台のLoraで地上局へ繰り返しデータを送信し続けた。図6に上空で撮影した画像及び受信データを示す。地上局では、送られたデータを受信することができたが、データの欠損率や誤データが多く元の画像の復元ができていない。



図6 成層圏で撮影した画像と受信したデータ

図7に機体側から送信したデータに対して、受信できたデータの割合を示す。各送信ごとに受信できたデータ量にばらつきが見られたが、おおよそ20~40パーセントのデータ量を受信できた。

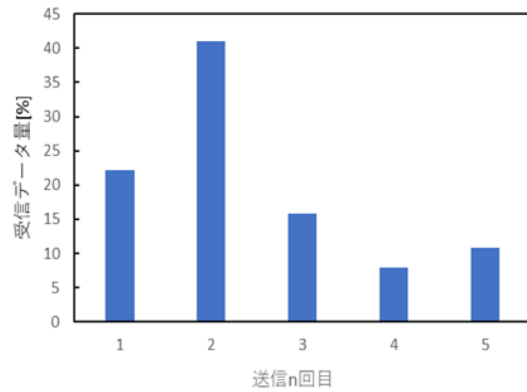


図7 地上局の受信データの割合

## 4 考察

今回の放球で得られたデータに対して、以下の3点を中心に解析を行なっている。一つ目は、今回の飛行経路のシミュレーションと得られた位置情報の差異に関してである。バルーンは高度30000mで

破裂する設計であったが、23000m と予定より低い高度で破裂した。二つ目は放射線データについてである。高度との関係、オゾンセンサーの値との相関について考察を進めていく。三つ目は、受信した画像データの復元である。こちらは、欠損したデータを機械学習などを利用して復元できないか取り組んでいる。

## 5 まとめ

2023年9月に実施された第二回えひめ南予共同気球実験で中気球の放球と回収を行なった。自作の放射線検出器の動作を成層圏で確認できた。また放射線イベントの検知に成功をした。更に複数のLoRaとマイコンを用いた画像送信の通信システムを構築し、成層圏で撮影した画像を圧縮して、地上局へ送信することができた。

最後に、本実験はえひめ南予共同実験の運営や愛媛県と高知県の方々を含め、多くの人の協力の元で実験を実施することができた。本実験に関わった全ての皆様に感謝いたします。

## 参考文献

- [1] 埼玉大学宇宙工学サークルあかとき公式 HP, <https://akatoki-saidai.github.io/>
- [2] 関東圏インカレロケット団体 CORE 公式 HP, <https://www.corerocket.net/>
- [3] 名古屋大学宇宙開発チーム NAFT 公式 HP, <https://naft.space/>
- [4] えひめ南予共同気球実験公式 HP, <https://ehimenannyoballoon.wixsite.com/nannyoballoon>
- [5] 足立恭果. オゾンと放射線の関わりを解き明かす—ANCO-Project. 2022年度大気球シンポジウム. 2022. isas22-sbs-041. <https://jaxa.repo.nii.ac.jp/records/49009>
- [6] MPPC モジュール C15522-1310SA 浜松ホトニクス, <https://www.hamamatsu.com/jp/ja/product/optical-sensors/mppc/mppc-module/C15522-1310SA.html>
- [7] CUSF <https://predict.sondehub.org/>