

isas23-sbs-050

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~



埼玉大学理学部物理学科4年 西濱大将
Daisuke Nishihama (Saitama University)

ANCO-project Collaboration

ANCO-project とは

- 埼玉大学宇宙工学サークルあかときと
名古屋大学宇宙開発チームNAFTによる共同プロジェクト
- 成層圏での放射線測定を目指すあかときと、
スペースバルーンの運用実績が豊富なNAFT
- 2021年のプロジェクト発足から、今回が2度目の放球
→2022年に放球したが、昨年度は回収できず

AKTK NAFT Coraboration-project

成層圏を科学する
工学と理学の両面から成層圏を目指す！



成層圏の高エネルギー現象の解明研究



1日数回の頻度で生じる明滅オーロラと呼ばれる現象に伴って地球の周りに存在する高エネルギー電子が成層圏になだれ込むことでオゾン層が破壊される

(Y.Miyoshi et al., Scientific Reports, 2011)



地球の周りには高エネルギー現象が他にもある。

例：地球外からやってくる放射線である宇宙線（cosmic rays, CR）の
エネルギーは MeV 領域から超高エネルギーにわたる。

- ① これらの高エネルギー粒子は明滅オーロラに伴う電子のようにオゾン層を
破壊しているのだろうか？
- ② その影響があるのだとしたら、それは紫外線と比較してどの程度だろうか？

ミッションステートメント

- えひめ南予共同気球実験にて、以下の2つのミッションに取り組む

1. 自作放射線検出器の動作確認・放射線量の測定

成層圏での宇宙線に興味

「地上と宇宙空間の中間である成層圏で宇宙線はどれくらいの強度があるのだろうか？」

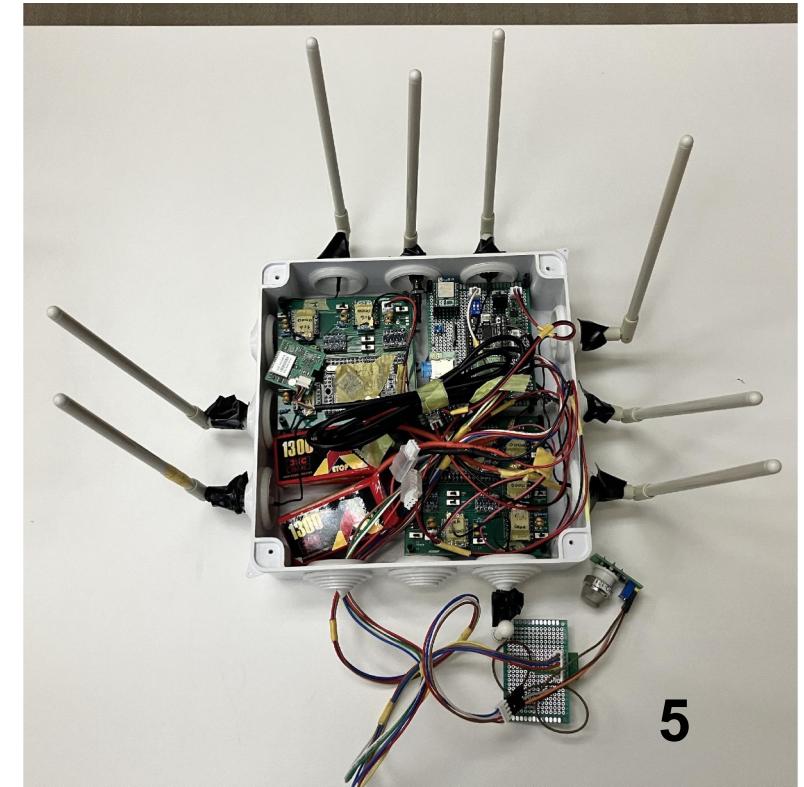
1. 画像のリアルタイム転送

無線技術を活用した試み

「放球中のペイロードの様子を地上から確認できないだろうか？」
4

ペイロード外観

- 放射線検出器と、画像の通信用の基板を搭載したペイロード(左)と、動画撮影カメラ、温湿度、加速度センサーを搭載したペイロード(右)
- いずれのペイロードにもGPS送信機を搭載し、地上局へ常に位置情報を送信



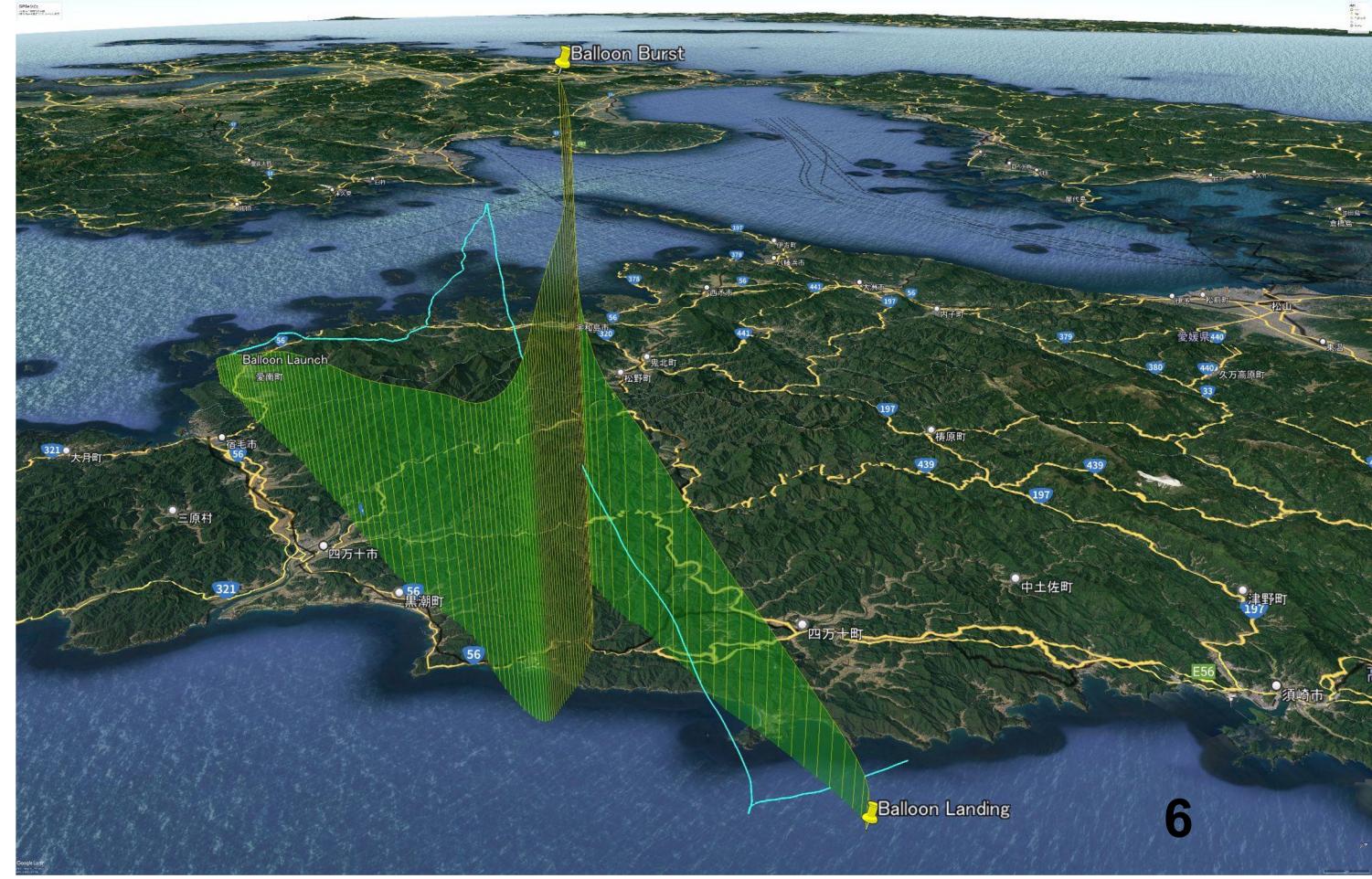
放球結果

- 2023年9月22日11時30分頃、愛媛県愛南町南レク城辺公園より放球
- 愛媛県・高知県上空を通過し、13時15分頃、土佐湾に着水
- 遊漁船によりペイロードの回収に成功

センサーの動作を確認できた
ペイロード内部の温湿度・気圧は
取得できたが、
ペイロード外部の温湿度・気圧が
途中で断絶してしまった

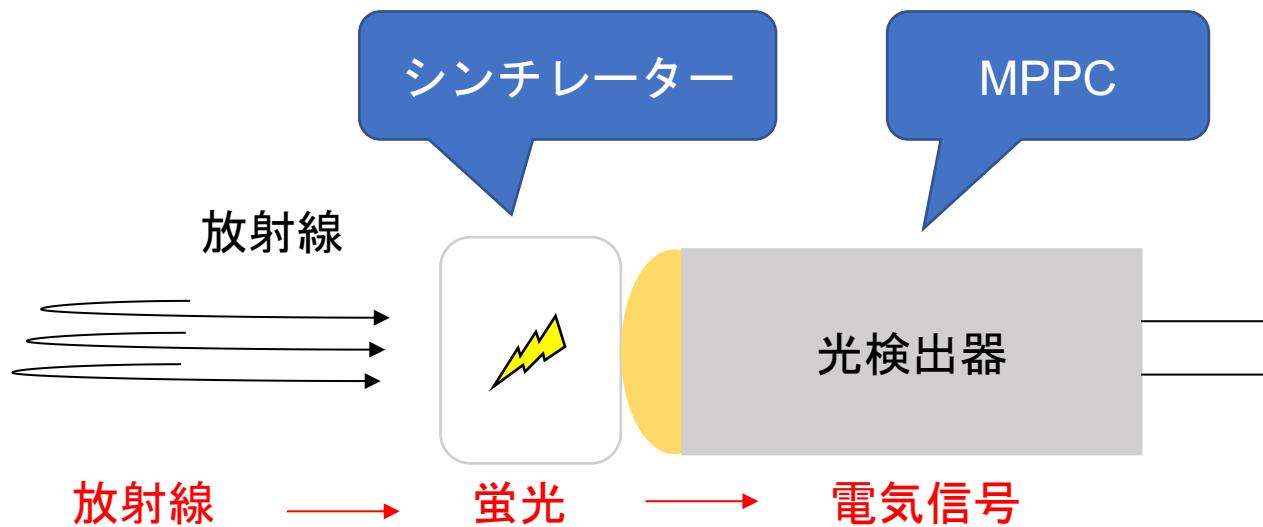
カメラは放球後、1時間は動作した
が、途中で電源が落ちてしまった

水色 => 搭載GPSの位置情報
緑線 => 気球シミュレーション結果
(<https://predict.sondehub.org/>)



放射線測定のセットアップ

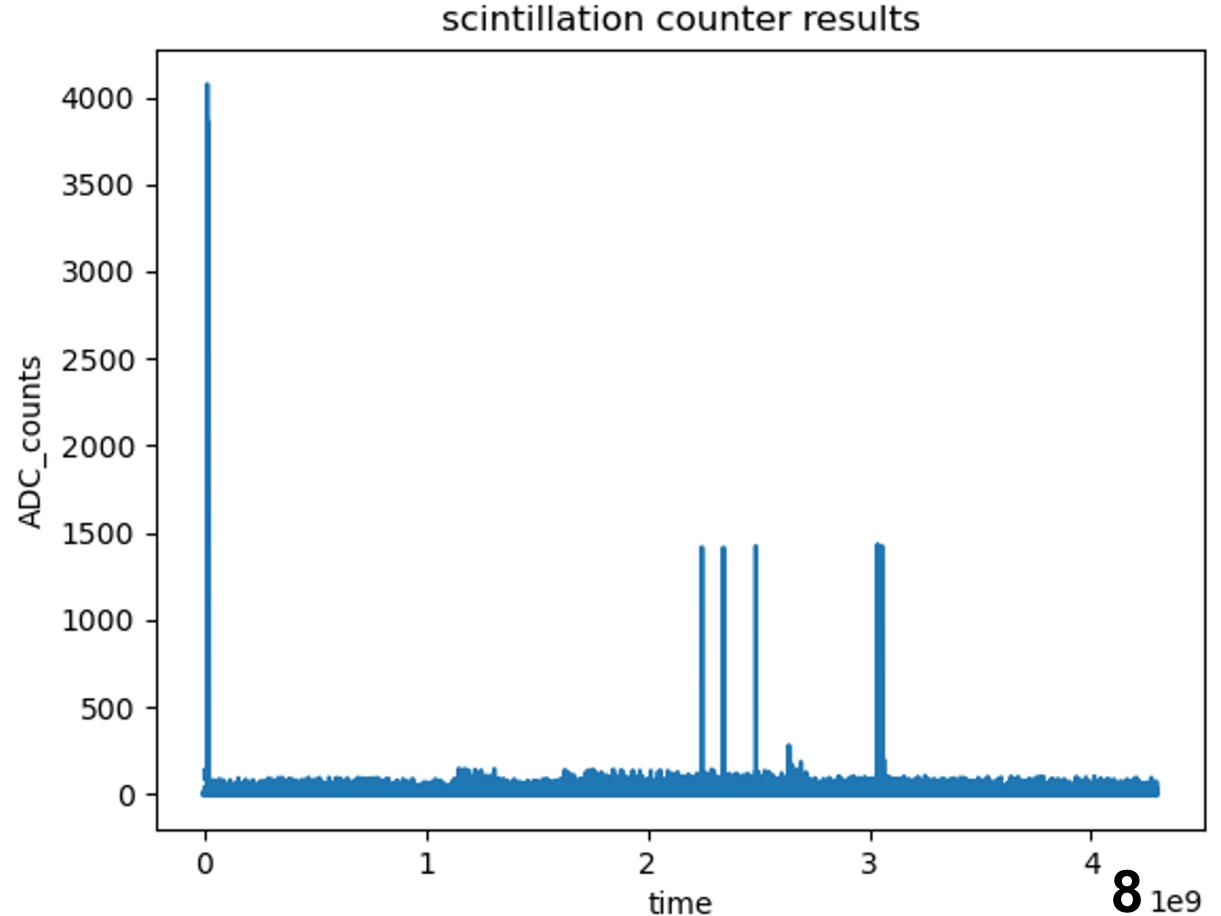
- CsIシンチレータと、MPPCを組み合わせた放射線検出器を自作
 - 2021年3月御宿共同打上実験で運用したものと同様の検出器
- MPPCからの信号の読み出しも自分達で回路設計を行った
 - プリアンプ
 - ADコンバータ
 - ピークホールド回路



放射線測定の結果

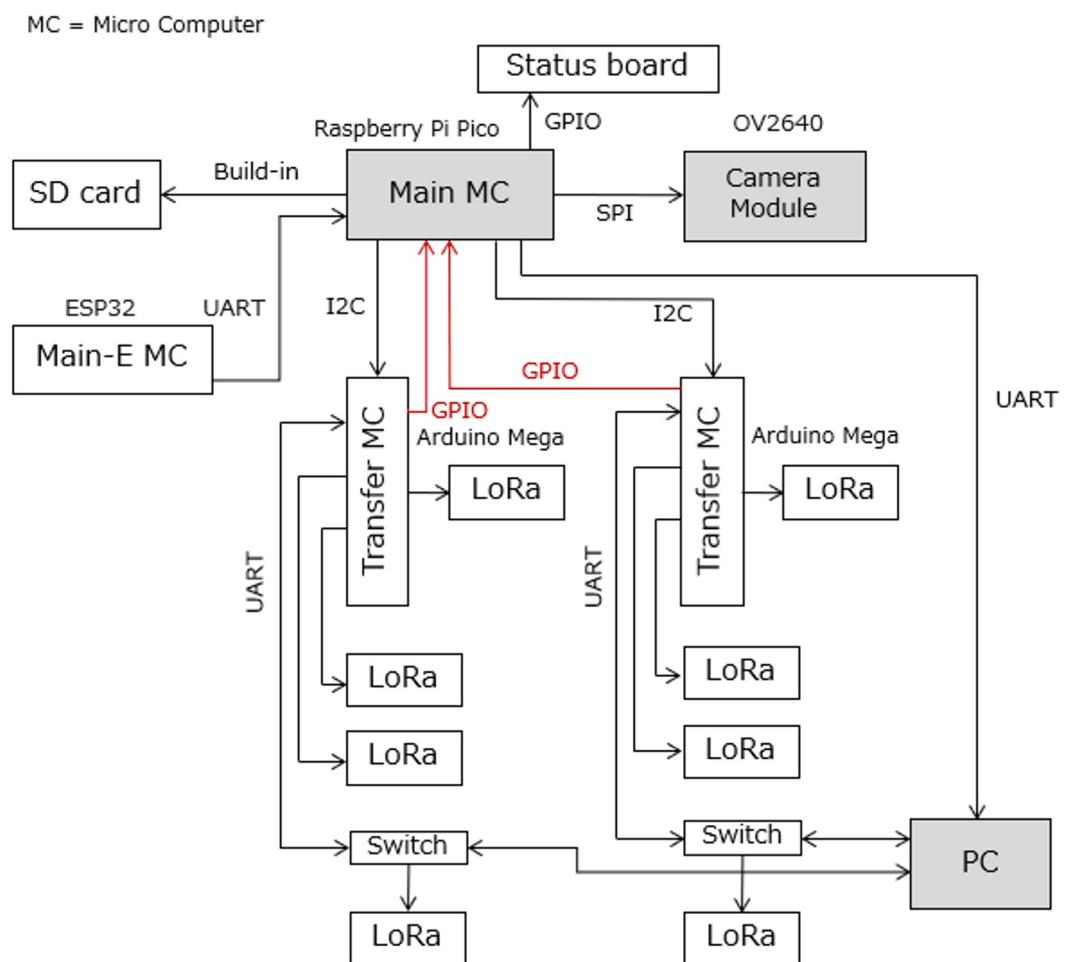
- 成層圏で放射線検出器が動作し、放射線イベントを検知した

- 今後の目標
 - 得られたデータから放射線量の推定
 - 放射線量と高度の関係を探る
 - オゾン濃度の関係について



通信班のセットアップ(システム図)

- LoRa (920MHz, 無資格で使用できる)
 - 30 kmほどの距離を誰でもリアルタイムでの画像を転送を実現できる
 - 通信速度が遅い
- Raspberry Pi Picoで画像を圧縮
- 圧縮したデータをArduino Megaに転送
- Arduino Megaに接続された8台のLoRaから地上へデータを送信



欠損率と画像

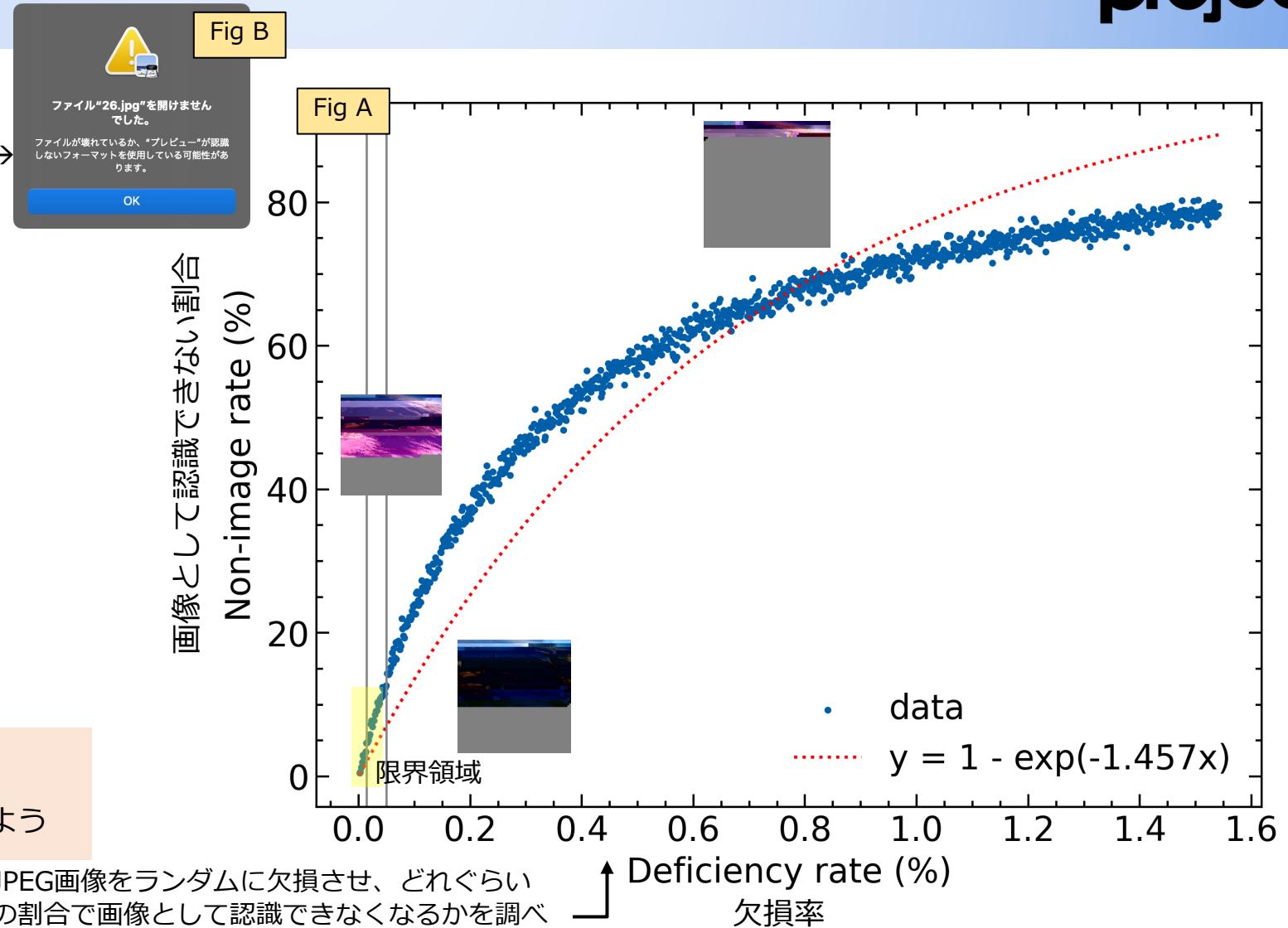
実験結果

Non-image →
こんな感じに開けないもの

- 0.015%
 - Non-image 5%未満
 - 20回やって1回失敗
 - **妥当な気がする**
- 0.050%
 - Non-image 10%未満
 - 10回やって1回失敗

まとめ

画像データに、ほぼ(絶対に近い)欠損が出ないような通信アルゴリズムを考える必要がある。



JPEG画像をランダムに欠損させ、どれくらいの割合で画像として認識できなくなるかを調べた。2000×1000=200万枚の画像で試験した

再送信システム

スペースバルーンから地上局

8 bit = 1 byte

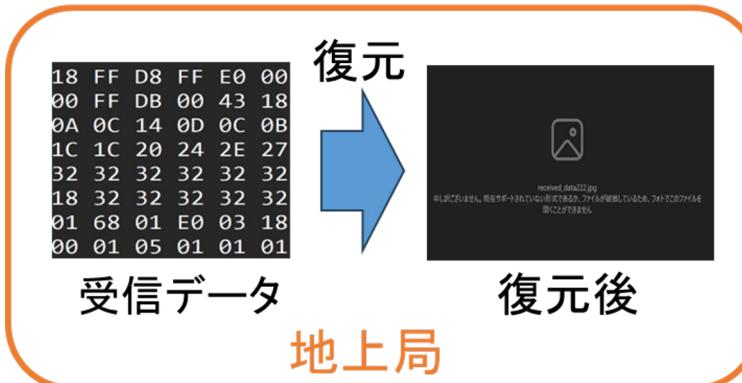
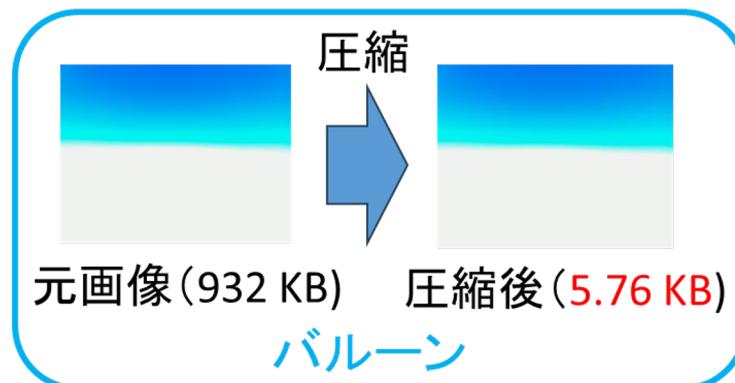


- packet label (1マス1 byte)
 - unsigned int 8bit*3(=24)
 - 0 – 16777215 (~17MB)
 - phase num
 - unsigned int 8bit
 - 0 – 255
 - photo data
 - binary (24 byte)
- 同時運用で生じる不具合の対策が間に合わなかったため、本番では1台のLoRaのみで画像を送信
 - 再送信システムも未検証

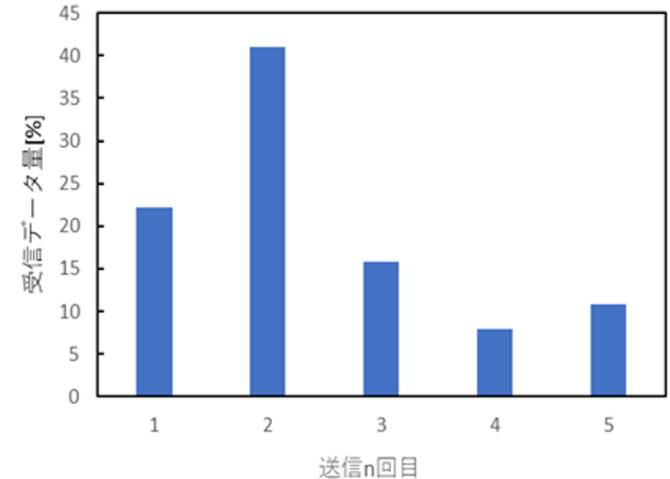
通信班の結果

画像送受信の流れ

1. 高度15 kmで画像撮影
2. 画像を6 KBに圧縮
3. 圧縮後画像をLoRa1台で地上へ繰り返し送信
4. 受信データを復元



- ・欠損率大
- ・誤データ多 → 復元困難



送信n回目における受信データ量[%]

今後

送信データから欠損部分を削除し、どのような画像が得られるか確認 12

まとめ

放球結果

- 2023年9月に実施したえひめ南予共同気球実験にて、中気球の放球・回収に成功した
- 自作の放射線検出器の動作を確認し、放射線イベントの検知に成功した
- 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に成功した

今後の課題

- 得られた放射線データや他のセンサーの値を解析し、成層圏環境の理解を深めていく
- 地上局で受信した画像の復元作業を引き続き行う
- 今回のペイロードで生じた不具合の原因究明と対策を考え、システムのブラッシュアップを図る

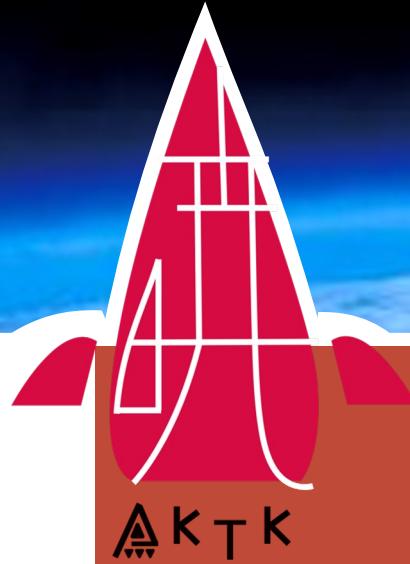
Back up



名古屋大学宇宙開発チーム

Nagoya-university Aerospace Flight Technology

- ・総部員数：52名（名古屋大学・名古屋工業大学）
- ・2012年：学生団体初のスペースバルーン打上げに成功
- ・現在は5つの班で構成
 - スペースバルーン班
 - ロケット班
 - CanSat班
 - 宇宙エレベーター班
 - 教育班



埼玉大学宇宙工学サークル あかとき

- ・総部員数：53名（埼玉大学・東京理科大学）
- ・2021年：小型シンチレーション式放射線検出器を開発し、COREが開発する「ひばり1」ロケットにて、高度約700mからその性能評価を行う
- ・文部科学省主催第10回サイエンス・インカレ：
関電工賞・石井浩介賞のダブル受賞
- ・プロジェクト毎の人工衛星や探査機、飛翔体技術に関わる開発・研究を行う