

テレメトリ装置の開発と 伊豆大島打ち上げ結果

神奈川大学高野研究室/宇宙ロケット部

神奈川大学工学部機械工科B3

島崎拓己

目次

1. はじめに
2. テレメトリ装置開発
 - 2.1 装置概要
 - 2.2 機能・性能
 - 2.3 電氣的性能
 - 2.4 機械的性能
3. 試験
4. 打ち上げ結果
5. 結論

はじめに

神奈川大学高野研究室/宇宙ロケット部

- 設立：高野研究室2014年4月
宇宙ロケット部2014年9月
- 超小型人工衛星を超小型ロケットで打ち上げるためにハイブリットロケットの研究・開発・打ち上げ実験を行っている。
- 打ち上げ機体数：計9機
- 打ち上げ場所：伊豆大島、秋田県能代市
- 最高到達高度：4779m（研究室）



背景

- 2016年12月に伊豆大島にて打ち上げた機体がロストした際にフライトデータが非常に少なくなってしまった。
- この状況を打開すべく、たとえば機体が回収できなかったとしてもフライトデータは回収できるようにテレメトリ装置の開発を行った。
- 機体回収が行いやすいようにGPS座標の取得にも試みる。



テレメトリ装置開発概要

目的

機体回収ができない場合でも、高度等計測したフライトデータを回収する

概要

計測した下記に二つのデータを無線送信している

- ・ 大気圧センサー（高度計測用）
- ・ GPSによる座標

特徴

- ・ 変調方式にLoRaを用いた無線モジュールを採用
- ・ 障害物が無ければ100km以上の通信が可能
- ・ 特定小電力のため免許不要
- ・ 920MHz帯の周波数を使用

機能・性能

	取得するデータ	データの 保存方法	データの 送信方法	搭載 機数
テレメトリ 装置 (GPS)	- GPS座標（緯度・経度・海面からの高さ） - 受信感度 - 電源投入からの時間	受信したデータをパソコンに保存	受信機をパソコンに接続し、搭載機器から送信する	1個
テレメトリ 装置 (大気圧)	- 高度 （大気圧と温度から算出） - 大気圧 - 受信感度 - 電源投入からの時間	受信したデータをパソコンに保存	受信機をパソコンに接続し、搭載機器から送信する	3個

電氣的性能

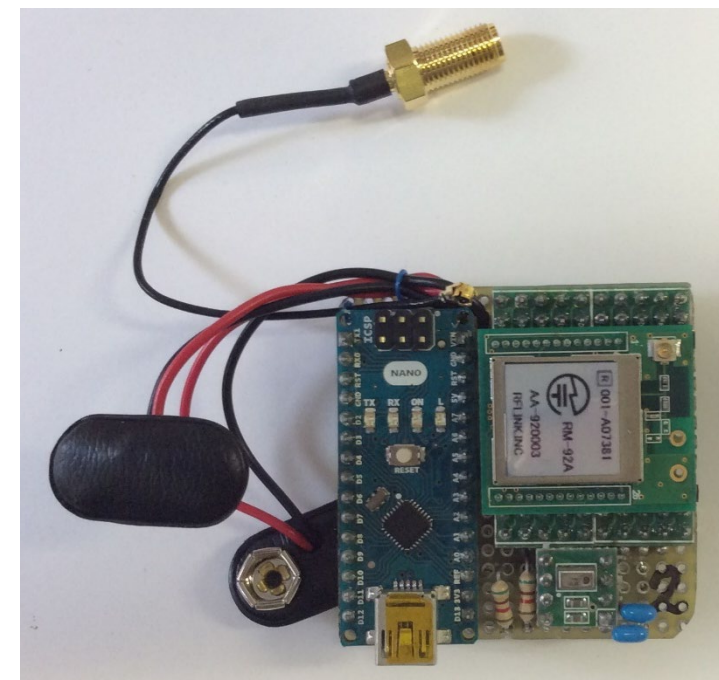
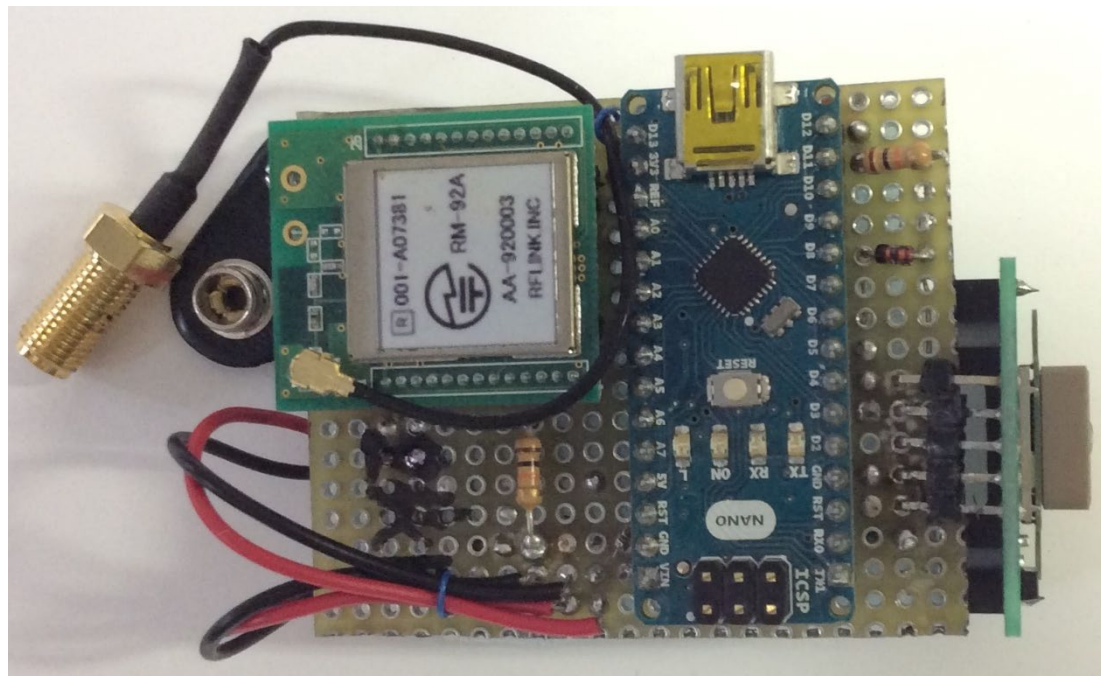
	使用するバッテリーの種類	連続使用時間	サンプリングレート	ソフトウェア機能	備考
テレメトリ装置 (GPS)	二酸化マンガンリチウム電池 (容量1200mAh)	27時間 3分42秒 (電池2個)	1.0Hz	マイコンにarduinoを使用。通信が途絶えないように定期的に再起動している。	データが取れていないときは“NO DATA”を送信する
テレメトリ装置 (大気圧)	二酸化マンガンリチウム電池(容量1200mAh)	37時間 9分46秒 (電池2個)	0.9Hz	マイコンにarduinoを使用。通信が途絶えないように定期的に再起動している	取得したデータから高度を算出した値とともに大気圧の値を送信する

電池を二個使用している理由

- ・ 打ち上げが早朝のため射場作業および当日の早朝作業を回避できるよう前日に電源投入を可能となるように連続使用時間を長くするため
- ・ 片方の電池が断線しても動作するようにするため

機械的性能

	重量	寸法	耐環境性
テレメトリ装置 (GPS)	機器単体：49.0g 実装重量：135g	機器単体：65x35x47.5 実装寸法：90x66x42	防水性・耐振動性・水に浮く
テレメトリ装置 (大気圧)	機器単体：38.5g 実装重量：126g	機器単体： 47.5x47.5x16.5 実装寸法：90x66x42	防水性・耐振動性・水に浮く



試験

実施日	実験内容
6月3日	小田原城・江の島間長距離(30km)通信実験
7月24日	振動試験(データロガー)
8月7日	燃焼試験時に電波通信実験
8月7日	GPS,大気圧振動試験(電池が足りなくて失敗)
8月8日	GPS、大気圧振動試験(8月8日)

6月3日は通信モジュール単体のみの試験で、長距離(30km)通信が可能かを確認した。

射場の状況を模擬し、複数台同時に電源投入及び通信を行う最終コンフィギュレーション試験の際に混信が発生したため、トラブルシュートを行った。

実施日	実験内容
8月22日	最終コンフィギュレーション試験開始
8月23日	混信発生/トラブルシュート開始
8月24日	トラブルシュート
8月25日	最終コンフィギュレーション試験再開
8月25日	江の島辻堂間(4.7km)通信試験

8月25日の試験は最終コンフィギュレーション試験での混信を受けて、確認のためフライト時と同じ状態で試験を行い、長距離通信が可能であることを確認した。

江の島・辻堂間通信試験



受信局は江の島の展望台中腹（海拔37m）、発信側は小和田浜公園（海拔10m）に設置し、通信試験を行った。通信距離は約4.7km。

江の島辻堂間通信試験



・送信側

計測モジュールをフライト状態と同じように組む。

組んだ後モジュールを手で持ち上げることで、歩道橋の手すり、ベンチや防風林が通信に影響を及ぼさないようにした。



・受信側

受信棒の近くに電源の入れたフライト時と同じ状態の計測モジュールを設置し、受信する際に正常に通信ができるか確認する。

江の島・辻堂間通信試験結果

	大気圧の受信	GPSの受信	備考
宇宙ロケット部機体	○ (-110~-115dBm)	○ (-110~-120dBm)	データの抜けなし
研究室機体	○ (-110~-120dBm)	○ (-110~-123dBm)	データの抜けなし

※通信モジュールは-138dBmまで受信可能

受信局で受信した大気圧の値



[Fri Aug 25 13:03:33.706 2017]	1003.16 hPa	84.33 m
[Fri Aug 25 13:03:33.706 2017]		
[Fri Aug 25 13:03:34.794 2017]	-113,1273027	
[Fri Aug 25 13:03:34.794 2017]	1004.43 hPa	73.72 m
[Fri Aug 25 13:03:34.794 2017]		
[Fri Aug 25 13:03:35.882 2017]	-112,1274113	
[Fri Aug 25 13:03:35.882 2017]	1003.16 hPa	84.33 m
[Fri Aug 25 13:03:35.882 2017]		
[Fri Aug 25 13:03:36.950 2017]	-114,1275198	
[Fri Aug 25 13:03:36.969 2017]	1004.43 hPa	73.72 m
[Fri Aug 25 13:03:36.969 2017]		
[Fri Aug 25 13:03:38.040 2017]	-113,1276283	
[Fri Aug 25 13:03:38.040 2017]	1003.16 hPa	84.33 m
[Fri Aug 25 13:03:38.056 2017]		
[Fri Aug 25 13:03:39.132 2017]	-114,1277369	
[Fri Aug 25 13:03:39.132 2017]	1003.16 hPa	84.33 m
[Fri Aug 25 13:03:39.132 2017]		
[Fri Aug 25 13:03:40.218 2017]	-113,1278454	
[Fri Aug 25 13:03:40.218 2017]	1003.16 hPa	84.33 m
[Fri Aug 25 13:03:40.218 2017]		
[Fri Aug 25 13:03:41.303 2017]	-113,1279540	
[Fri Aug 25 13:03:41.303 2017]	1004.43 hPa	73.72 m
[Fri Aug 25 13:03:41.303 2017]		
[Fri Aug 25 13:03:42.390 2017]	-112,1280625	
[Fri Aug 25 13:03:42.390 2017]	1003.16 hPa	84.33 m
[Fri Aug 25 13:03:42.390 2017]		
[Fri Aug 25 13:03:43.460 2017]	-113,1281711	
[Fri Aug 25 13:03:43.481 2017]	1003.16 hPa	84.33 m



打ち上げ可能

伊豆大島打ち上げ実験

2017年9月3,4日に研究室1機、宇宙ロケット部1機打ち上げた

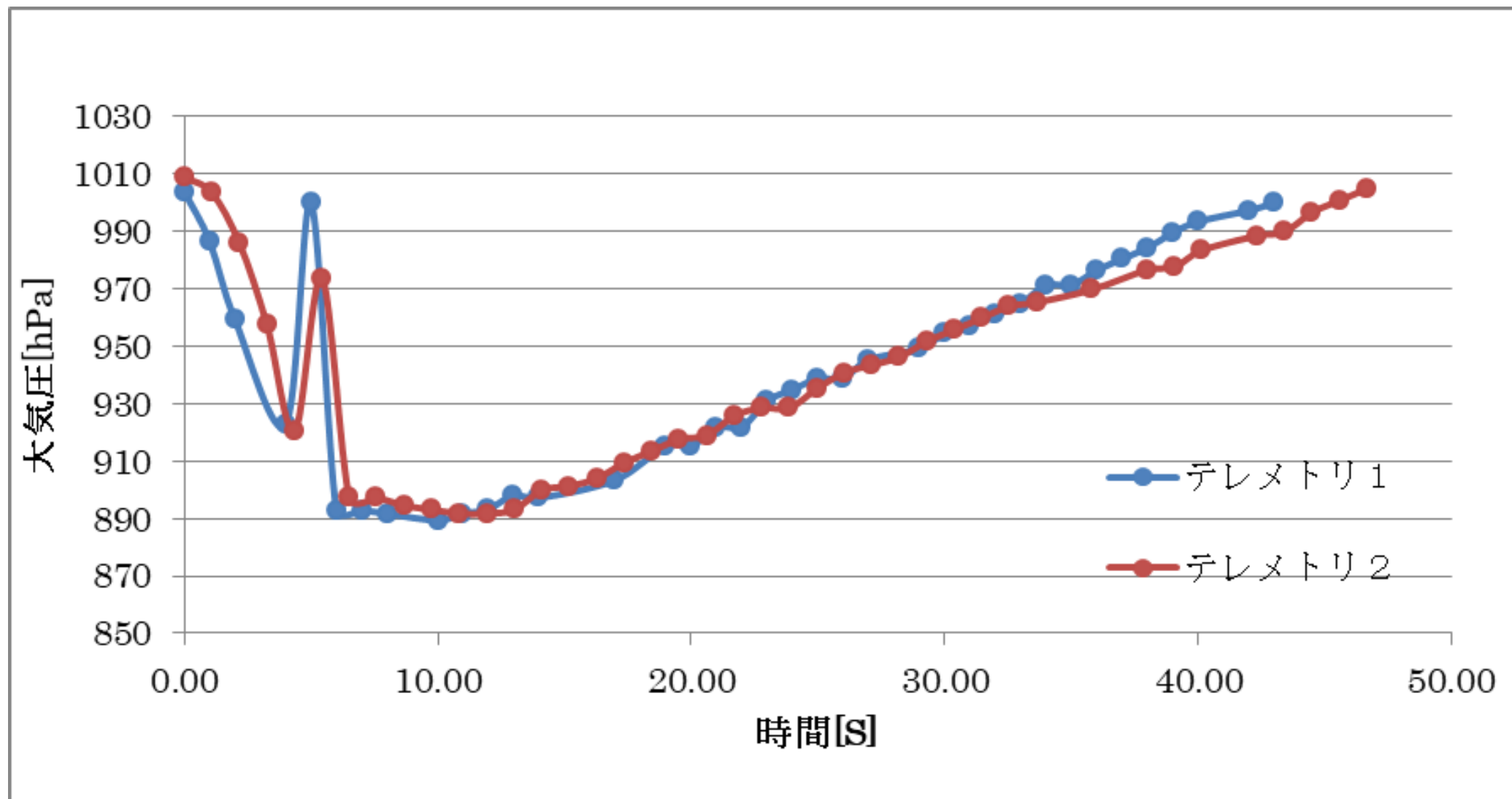


受信機

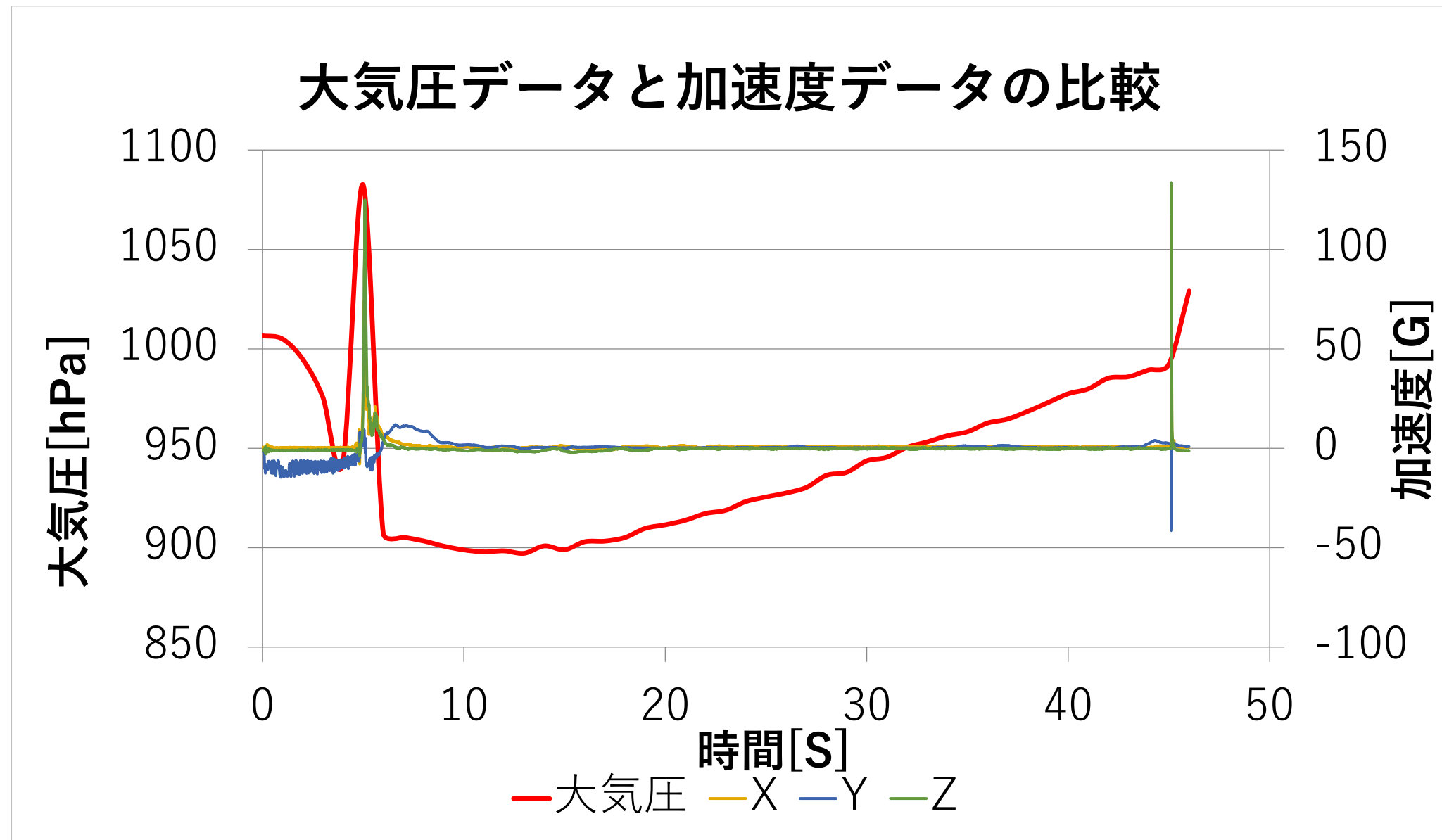
受信局には受信機を3台用意し、機体に搭載されているテレメトリ装置の大気圧2つ、GPS1つを受信する。

宇宙ロケット部打ち上げ結果(大気圧)

サンプリングレート	0.91Hz
データの抜け	ほぼなし
最高高度(速報値)	1085m・1064m
最高高度到達時刻	10秒
フライト時間	43秒



宇宙ロケット部打ち上げ結果(加速度)



宇宙ロケット部打ち上げ結果

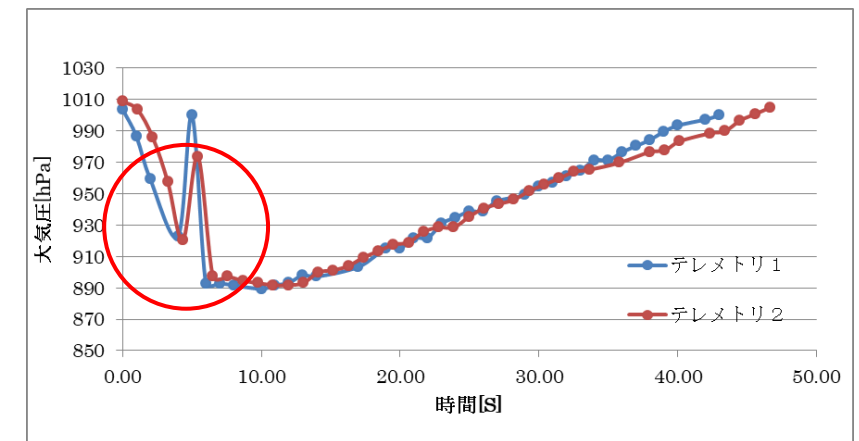
・右図のように機体の気圧が急激に上昇している原因として以下の二つが考えられる。

1. 機体に空いているカメラ用の穴や隙間から気体が流入しセンサがよどみ点を測定してしまっている。

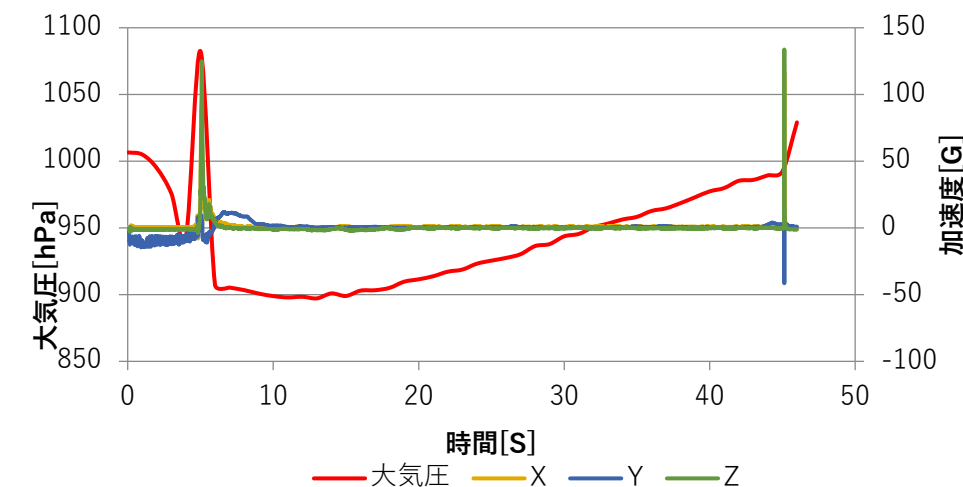
→加速度データや搭載方法から考えにくい

2. 音速を超えたことにより衝撃波が発生しセンサが圧力の上昇した気体を測っている。

→取得した加速度データから最高速度を求め、その値を用いて圧力を算出したところ圧力上昇時の値と比べ妥当な値を示した。



大気圧データ

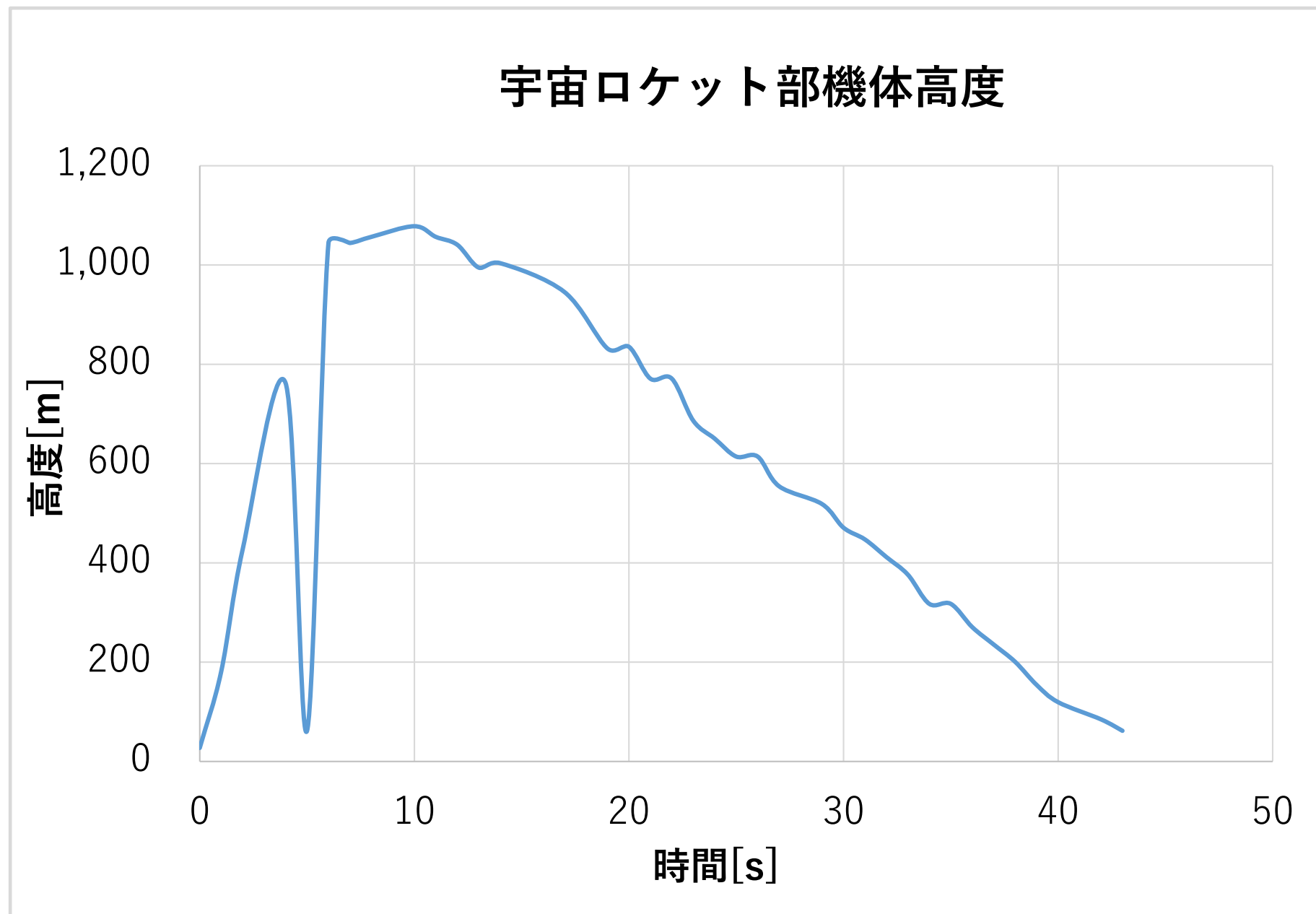


大気圧データと加速度データの比較

機体が音速を超えたことで衝撃波が発生し、圧力の上昇した気体を測定した

宇宙ロケット部機体打ち上げ結果

最高到達高度	1073.5m (2つのデータの平均)
フライト時間	約43秒
最高到達時間	約10秒



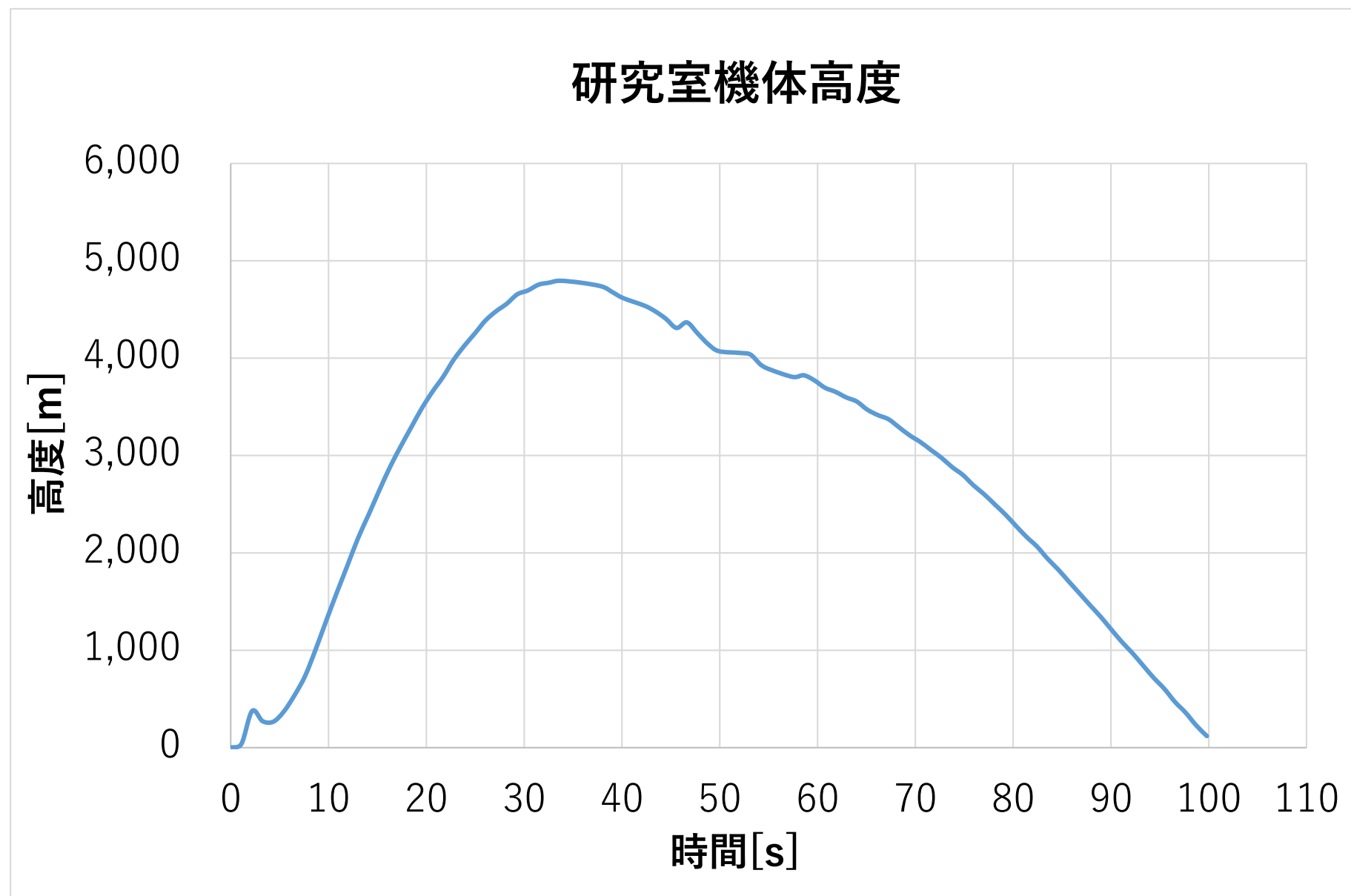
宇宙ロケット部打ち上げ結果(GPS)

フライト中にGPS座標を追えたことで着水後すぐに回収船が着水地点に向かうことができ、すばやく機体を回収することができた。



研究室機体打ち上げ結果

最高到達高度	4779.3m (2つのデータの平均)
フライト時間	約100秒
最高到達時間	約34秒



結論

テレメトリ装置開発の成果

- 機体がたとえ回収できなかったとしても、打ち上げ高度や大気圧等のフライトデータを得ることができた
- GPSを搭載することで機体回収にかかる時間が大幅に短縮することができた

ご清聴ありがとうございました