

能代宇宙イベントハイブリッドロケット報告書

団体名：神奈川県宇宙ロケット部

1. 実験目的

到達高度 2500m を目標とした新たに海打ち用に設計・製作した機体及び分離機構の運用実験を目的とした。

2. 実験概要

到達高度 2500m の能力を持つハイブリッドロケットを打ち上げ、その後、分離機構によるパラシュート展開で減速落下による軟着陸をさせる。

3. 機体概要

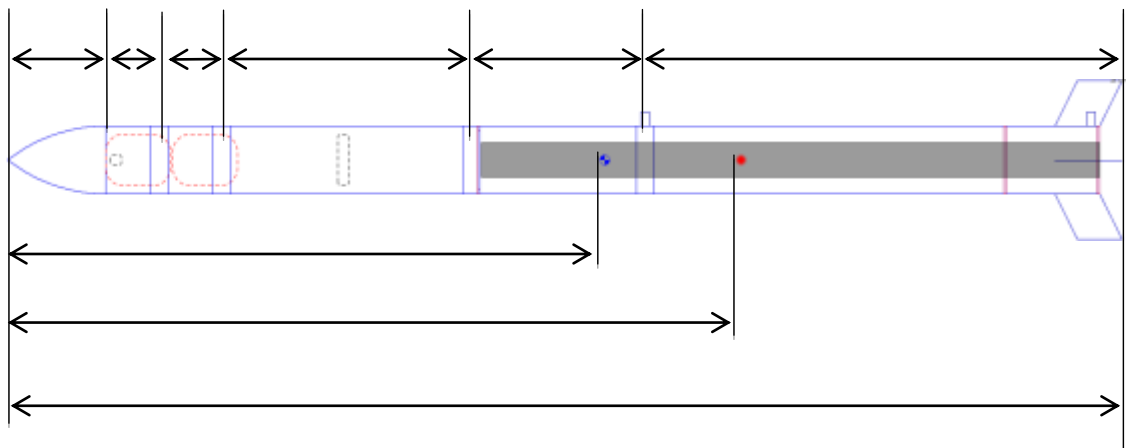


表 1.1 ロケット諸元

ロケット名称	鈴木丸
全長[mm]	2,500
直径(外径)[mm]	φ 151
内径[mm]	φ 150
重量(酸化剤非充填)[g]	9.8
重心(酸化剤非充填)[mm]	1,207
重心(酸化剤充填)[mm]	1,314
圧力中心[mm]	1,650
使用モータ	Hyper TEK L-540
離陸重量[g]	12200
目標到達高度[m]	2,500

表 1.2 重量見積もり

ノーズコーン	148g
カメラ	90g
分離機構部	1016g
電子機器搭載部	464g
ジョイント	470g
モーター(乾燥重量)	5795g
ボディチューブ	1043g
その他	3174g

各モジュール重量とカプラ位置、

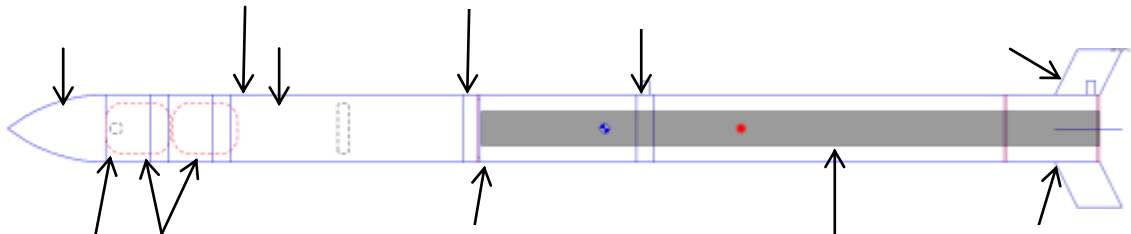


図 1.2 モジュール位置図

表 1.3 モジュール詳細

	部品名	説明
①	ノーズコーン	ABS 樹脂
②	ボディチューブ	CFRP 製 内径φ150[mm] 外径φ151[mm]
③	フィン	CFRP 製 1枚当たり 242[g]
④	エンジン	Hyper TEC L-540 (充填前 5795[g], 酸化剤 2.2[kg])
⑤	パラシュート 1	79[g]
⑥	パラシュート 2	20[g]
⑦	エンジンブロック	A7075-T651 116 [g]
⑧	エンジンマウント上	A7075-T651 150[g]
⑨	エンジンマウント下	A6061P-T6 72 [g]

表 1.4 カブラ重量

(1)	エンジンブロックカブラ	254g
(2)	カブラ下	254g
(3)	パラシュート固定カブラ	254g

3-2 分離機構の原理

ノーズコーンとボディチューブにポリエチレンテレフタレート棒を取り付け、開放部を閉めておく。ノーズコーン内部にはめねじ、ポリエチレンテレフタレート棒の先端部、末端部にはおねじが切っており、一段目の先端部はノーズコーン、末端部はナットで固定し、二段目は先端部、末端部ともにナットで固定を行う。

打ち上げ後、タイマーによりニクロム線に電流を流す。ニクロム線に電流が流れ温まり、ポリエチレンテレフタレート棒を焼切ることによって押さえつけられていたバネが開放されノーズコーンが開きパラシュートが開放される。

以下の図は分離機構（1 段階）の解放前と解放後の図である。

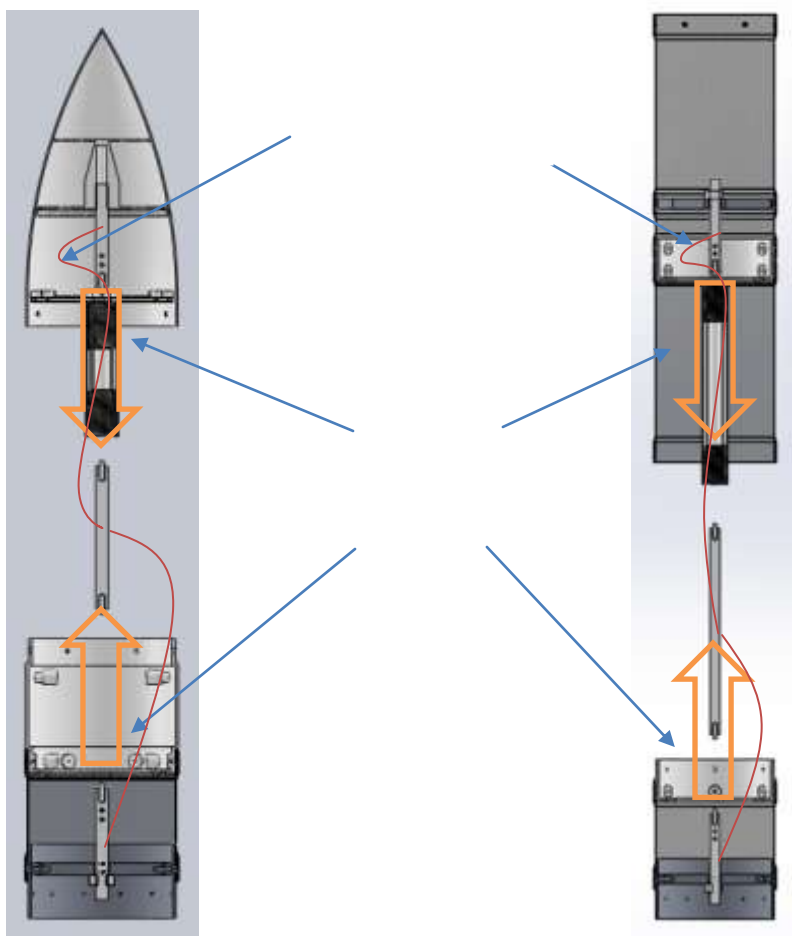


図 4-1.一段目分離後

図 4-2.二段目分離後

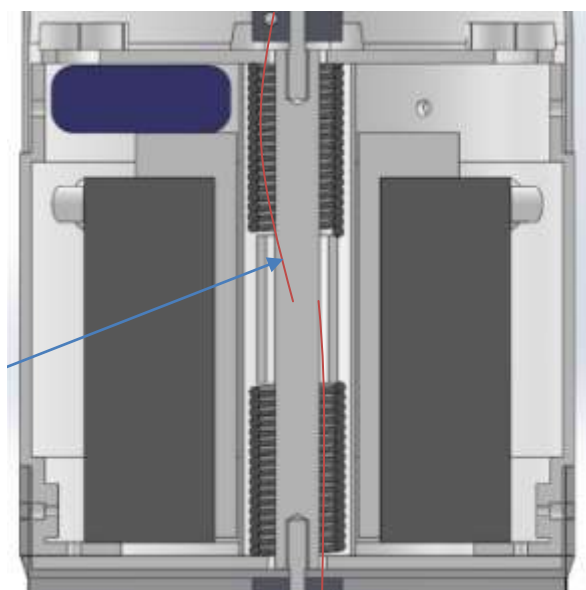


図 4-3.ショックコード連結詳細部

3-3 フィン

打ち上げた機体は海に弾道落下したがほぼ無傷で回収する事が出来た。

材質：ABS樹脂

固定方法：4箇所をM3のねじでフィンステーに固定する。



3-4 ノーズコーン

材質：ABS樹脂

内径：150[mm]

長さ：220[mm]

板厚：1.524[mm]



図 2.27 ノーズコーン

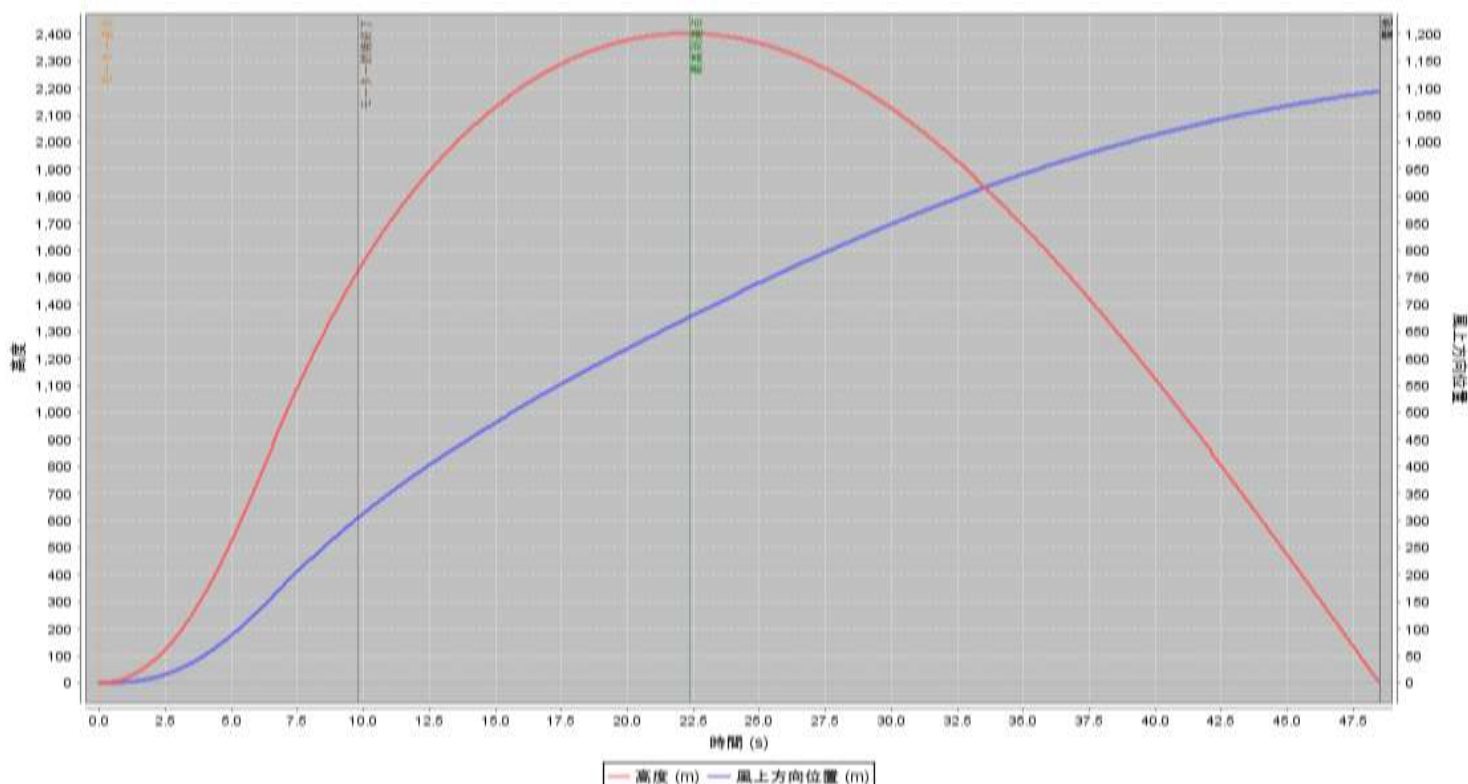
4.実験結果

打ち上げ実験日：2015年08月21日

打ち上げ時間：午前07時09分

打ち上げ予定時刻は午前05時30分だったが、作業などの遅れで打ち上げが遅れた。

分離機構のバネは、前日の打ち上げの分離面が開いていることを反映し、弱いものに交換した。打ち上げには成功したが、分離は確認できなかった。また、機体が破損し、データロガーの回収に失敗したため、高度などの正確なデータが得られなかった。そのため OpenRocket を用いてコリレーション解析を行い、高度の推定を行った。具体的には風向、風速の実測データを解析前提として、地上カメラの映像から得た飛行時間と解析結果の飛行時間が一致するように、推力、抗力を調節する方針とした。本来なら着水地点の GP 座標も用いて合わせこみを行うべきだが、GPS 座標値を紛失したため、着水地点の合わせこみまでは行えなかった。当てはめに際しては下記のパラメータを用いた。結果として、推力、抗力を調整すること無く、飛行時間について良い一致が得られた。



オープンロケットによるシミュレーション結果

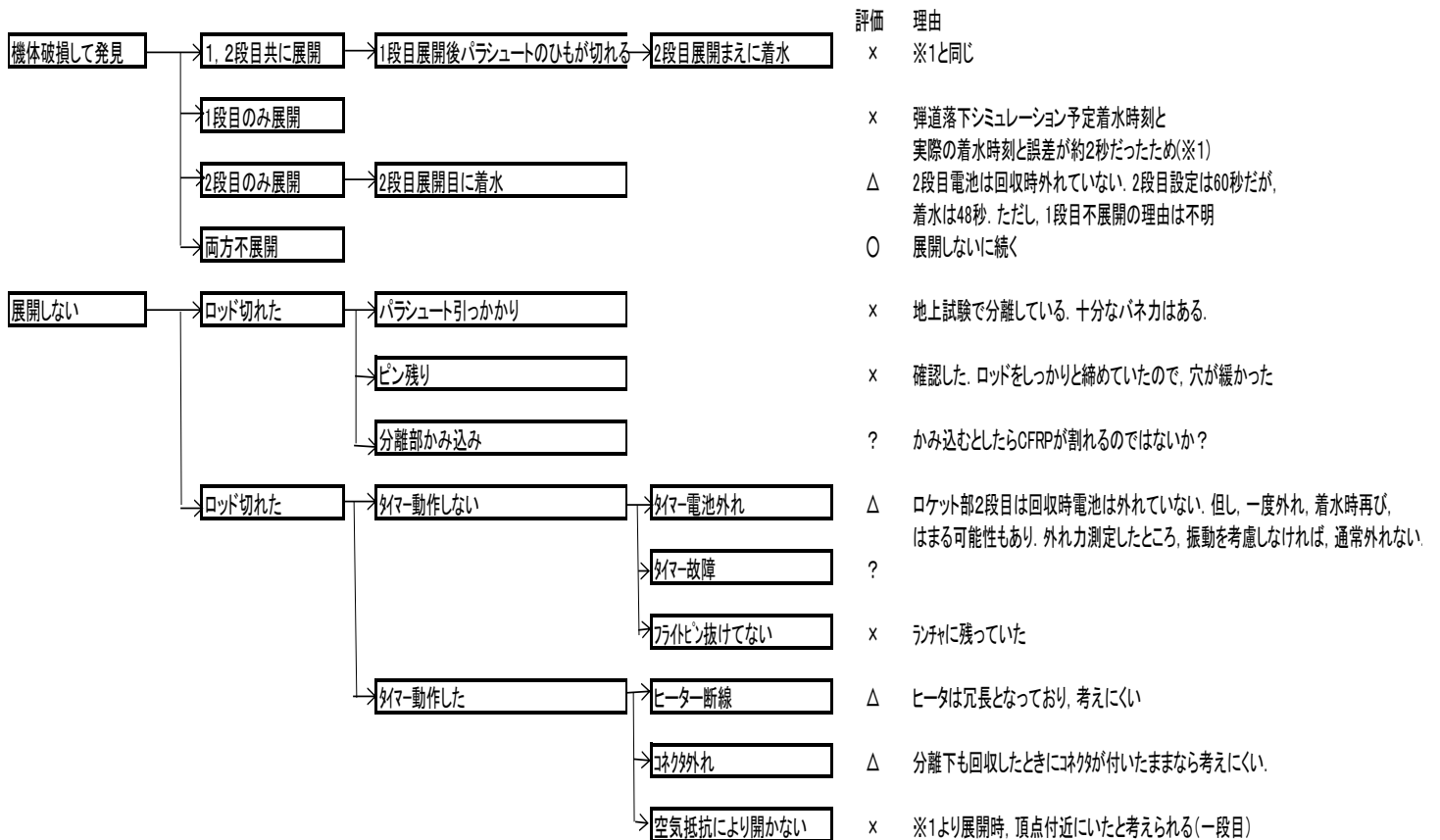
項目	実測	解析
風速	2.3m/s	2.0m/s
風向	238°	225°
推力	100% (満充填のため推定)	100% -
抗力	—	完成報告書（実測反映） から変更なし
飛行時間	48s	48.6s

*風向は北0°として反時計回りを正とする

その結果得られた高度は2402mとなった。この高度を到達高度の推定値とした。

5.不具合の原因と考察

FT図を用いて原因究明をはかった。



上記の表の△と○のところが考えられる不具合箇所改善余地のある点である。
 不具合の原因として飛行中に電装内の電池がランダム振動により取れてしまったことが考えられる。しかし、今回行った電池脱落試験と打ち上げ時にかかる垂直静加速度のシミュレーションと回収した機体に残っていた電装に一部電池が残っていたことから衝撃加速度やランダム振動による脱落はないとは断定はできないが、その可能性は低い。
 なお、以下に電池脱落試験と垂直静加速度のシミュレーションの結果を示す。

• 電池脱落試験

試験方法：ひもの両端にそれぞれ電池と荷重測定器を取り付け、取り付けた電池をそのまま電池ボックスにはめ込み、その状態で引っ張り電池が電池ボックスから抜ける時の荷重を測定する。

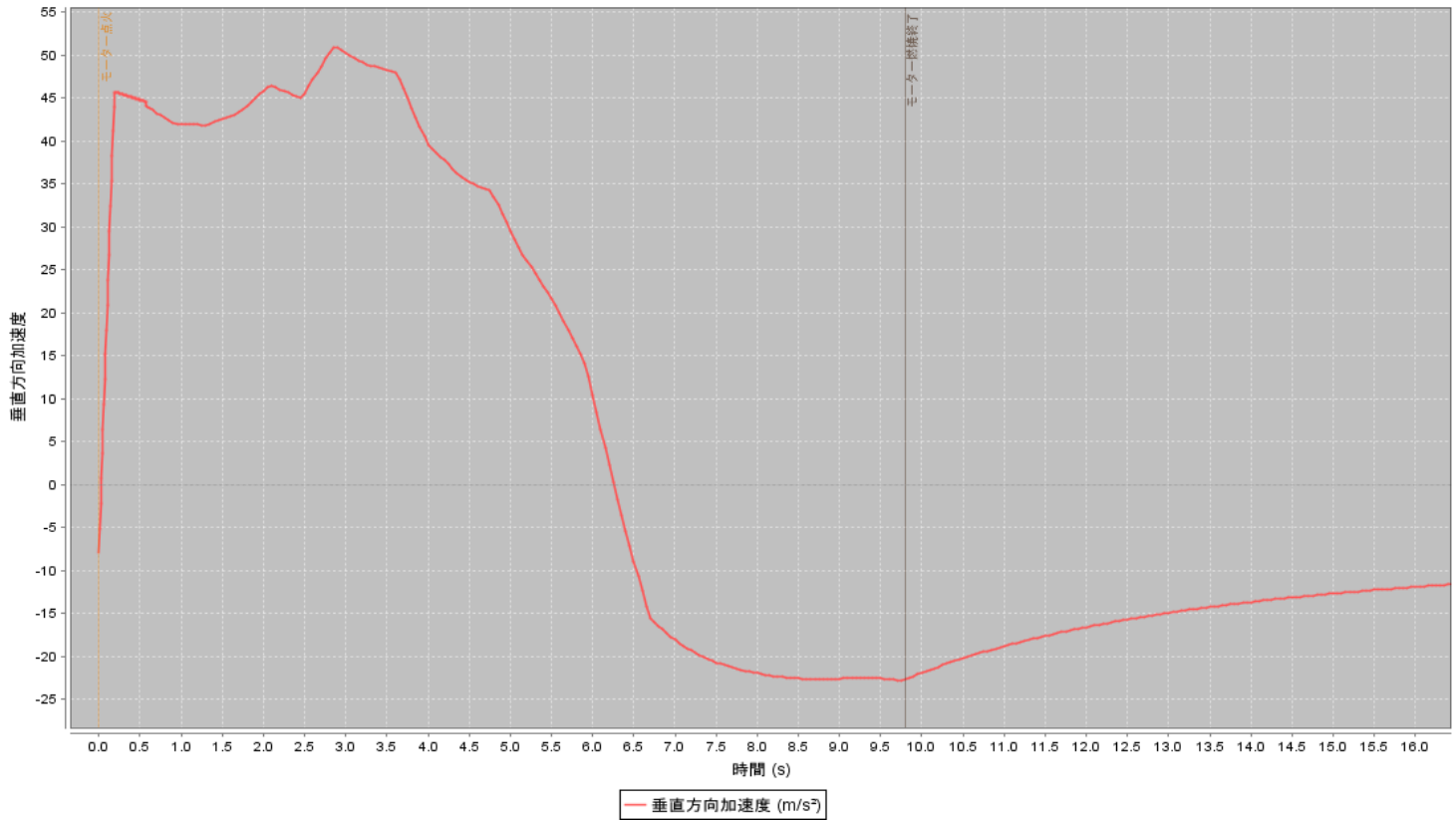
条件：電池に取り付けるヒモの向きを「縦」と「横」、引っ張る速さを「速い」と「遅い」のそれぞれの条件で測定を行う。

試験結果

横				
質量(g)	kg	G		
46.1	0.77	16.7	ゆっくり	
	0.75	16.3	ゆっくり	
	0.74	16.1	ゆっくり	
	0.81	17.6	早い	
	0.81	17.6	早い	
	0.84	18.2	早い	
縦				
質量(g)	kg	G		
46.1	1.95	42.3	ゆっくり	
	1.81	39.3	ゆっくり	
	1.74	37.7	ゆっくり	
	1.99	43.2	早い	
	1.90	41.2	早い	
	1.94	42.1	早い	

電池が脱落するためには、最低でも 16.7G の負荷が必要との結果が得られた。

- 打ち上げ時にかかる垂直静加速度のシミュレーション



結論:シミュレーション上、打ち上げ時にかかる負荷は垂直静加速度から最大で5Gなので、電池が脱落する負荷には満たなかった。
しかし、衝撃加速度やランダム振動による脱落はないとは断定はできない。

6.今後の反映

FT 図の結果を受けて、

- 少しでも外れる可能性のある電池やコネクタをしっかりと固定する。
- 分離機構の締め付けが機体内部からではなく、機体外部から出来るように改良する。

またデータを確実に回収するために、

- 弾道落下した場合でもデータロガーが回収できるようにデータロガー単体を浮くように改良し、データロガーの X, Y, Z 軸が動かないように固定する必要がある。
- ビーコンから気圧データを落とすように改善する。