



1. はじめに

第 10 回能代宇宙イベントにおける打上実験では、以下の点を目的と定め、実験を行った。

- ・ CFRP と GFRP を組み合わせたロケットの製作，運用
- ・ 到達高度 1km 級ロケットの製作，運用
- ・ サーボモータを用いた 2 段階減速機構の実証
- ・ 汎用電装基板の実証
- ・ 無線機による通信実証
- ・ K 型ハイブリッドエンジンの運用

2. 参加メンバー

氏名	学年	役職	滞在期間
八島京平	B3	代表, PM, 実験責任者	8/13～8/23
後藤公太	B3	副代表, 電装	8/15～8/23
相澤宏紀	B3	推進班長	8/15～8/23
齊藤誠	B2	電装班長	8/15～8/23
大村徹	B2	構造班長	8/15～8/23
菊谷侑平	B3	電装	8/15～8/21
日下部雄樹	B3	構造, 電装	8/13～8/23
佐々木謙一	B3	構造	8/13～8/23
中村吉秀	B3	電装	8/13～8/23
堀米篤史	M2	推進	8/19～8/21
渡辺将広	M2	推進	8/19～8/21
渡辺祥広	M2	推進	8/19～8/21
宮田英利子	M2	見学	8/19～8/21

指導教員:大竹尚登(東京工業大学 教授)

3. 機体の紹介

機体概要図を以下図 3.1 および 3.2 に示す。

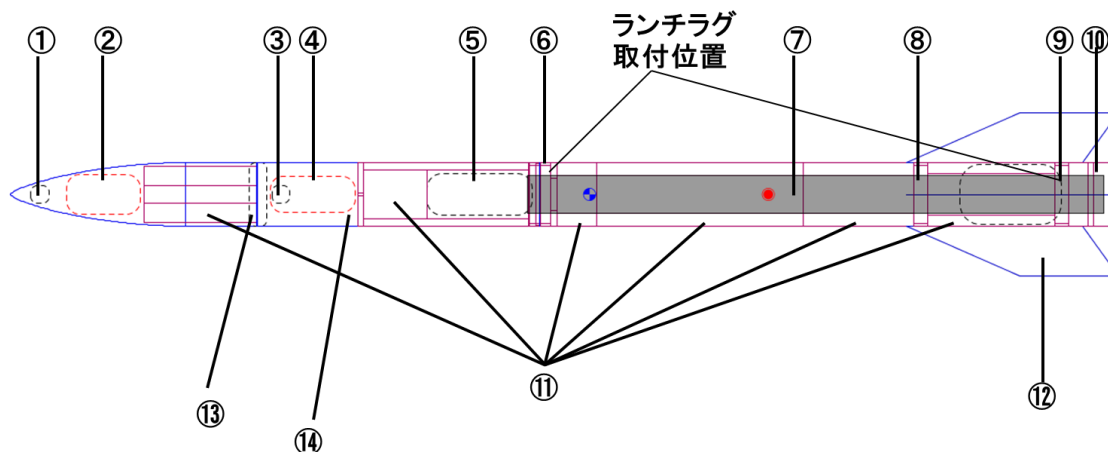


図 3.1 機体概要図

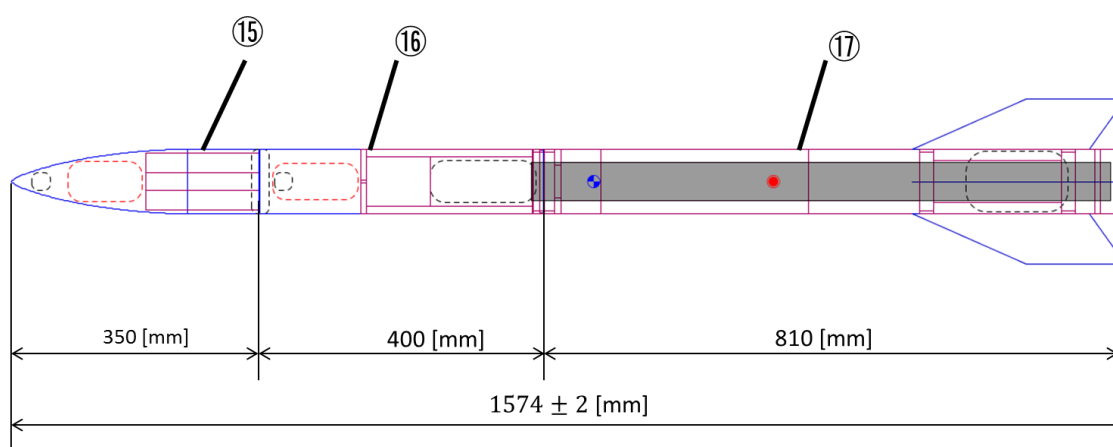


図 3.2 機体寸法

機体データは以下のとおりである。

全長	1574±2[mm]
ボディーチューブ径	91[mm]
乾燥重量	5074[g]
離陸時重量	6096[g]
回収時重量	4326[g]
離陸時安定比	0.123
燃焼終了時安定比	0.187
ランチャ離脱速度	24.5[m/s]
到達高度	1270[m]

また、図 3.1,2 に対応する各構成部品の説明を表 3.3 に示す。

表 3.3 各構成部品及び重量

	部品名	説明
①	サーボモータ, 錘	第一分離機構で使用するサーボモータ及び錘(200[g])
②	第一パラシュート	パラシュート直径 500mm(274[g])
③	第二分離機構	サーボモータ等(300[g])
④	第二パラシュート	パラシュート直径 1000mm(169[g])
⑤	電装	アビオニクス搭載区画, 密閉する(700[g])
⑥	カプラ, エンジン受け(上)	アルミニウム(A5056)製, 寸法図は図 2.2, 2.3(201[g])
⑦	エンジン	HyperTEK K-240(充填前 1607[g], 酸化剤 1022[g], 燃焼終了後 859[g])
⑧	フィン固定リング(上)	アルミニウム(A5056)製(18[g])
⑨	フィン固定リング(下)	アルミニウム(A5056)製(18[g])
⑩	エンジン受け(下)	アルミニウム(A5056)製(134[g])
⑪	浮き	スタイロフォーム
⑫	フィン	t=5[mm]アクリル樹脂, 寸法図は図 2.5(計 325[g])
⑬	分離部リング	アルミニウム(A5056)製(300[g])寸法図は図 2.8
⑭	パラシュート固定プレート	アルミニウム(A5052)製, 寸法図は図 2.7
⑮	ノーズコーン	CFRP 製, Haack series(形状係数 0.333), 曲線部長さ 250[mm], 直線部長さ 100[mm], 直線部外径 91[mm], 肉厚 0.5[mm], 第一分離で軸方向に二つに開頭(70[g])
⑯	ボディーチューブ	GFRP 製, 内径 90[mm], 外径 91[mm], 長さ 400[mm] (209[g])
⑰	エンジンチューブ	CFRP 製, 内径 90[mm], 外径 91[mm], 長さ 810[mm] (210[g])

パラシュートの解放は, ノーズ先端にいれるバネの力でノーズコーンが二つに分かれることで解放される第一分離と, ボディーチューブ内区画に収納したパラシュートをバネで押し出す第二分離の二段階で構成され, 2 段階減速を行う. 打ち上げ時にはどちらもバネの力をサーボモータの爪で押さえ, 解放信号によってサーボモータが回転し, 解放が行われる. アビオニクスに搭載されている気圧センサデータから高度を取得し, 解放のタイミングを判断する. 第 1 分離は最高点到達時, 第 2 分離は最高点到達後高度 100[m]まで下がったときに行われる.

搭載計器は以下のとおりである.

- ・ 3 軸加速度(小レンジと中レンジ)

- ・ 3 軸ジャイロ
- ・ 3 軸地磁気
- ・ 気圧
- ・ 気温

完成機体の画像を図 3.4 に示す.



図 3.4 機体完成図

4. 工夫した点・苦勞した点

東京工業大学 CREATE の強みは以下の 3 点である.

1. CFRP チューブを自作し、軽量の機体を実現することが出来る
2. チューブ自作用の型の小径化による高高度ロケット製作を実現
3. 金属加工はもちろん、レーザー加工機や 3D プリンタによる自由度の高いものづくりが可能

CREATE の強みを最大限に生かすために以下の 5 点に挑戦した.

1. CREATE 初の海打ち
2. K 型ハイブリッドエンジンによる km 級打上
3. 2 つの新機構を備えた二段階減速機構
4. 無線によるロケットと地上局間の通信
5. CFRP と GFRP の特徴をいかし、双方を使用した機体

新しいことに挑戦することには苦勞が伴うものであり、上記の 5 点すべてにおいて苦勞が伴った。特に二段階減速機構については製作初期に想定していた設計から大幅な改良を行った

5. 結果

1 度目の挑戦で不点火だったため、再挑戦をおこなったところ N2O ボンベの残量が少なかったため充填に失敗した。その後、ボンベの交換を行い 3 度目の挑戦で点火に成功した。ただし、エンジンが燃焼を続けている段階でノーズが脱落し、第 1 パラシュートが解放されてしまった。エンジン燃焼中に解放した際、パラシュートは破れ、十分な減速を行うことが出来なかった。ノーズの脱落原因は、ノーズを根元で固定する ABS 樹脂製部品による拘束不足で、打上の振動によって脱落したと考えられる。しかし、降下中に第 2 パラシュートが解放され、減速落下に成功した。機体はノーズ半分を除いて回収に成功した。打上結果をまとめたものを表 5.1 に示す。

表 5.1 打上結果

打上場所	打上日時	風向風速	打上方位角仰角	落下位置
落合浜 (秋田県能代市) N 40° 14' 34.3 E 140° 07' 37.6	2014/8/21 11:40	西 (風速記録なし)	西向き 270° 仰角 87°	射点から西南西 約 50m の位置 (保安圏内)

ロガーアビオニクスは以下理由により、打ち上げ前セットアップからランチャ挿入後待機時のデータまでしか得られなかった：SD カード上の記録データは打ち上げ 40 分前の 10 時 50 分を境に終了しており、それ以降の飛行中を含むデータの記録は無かった。

ロケット回収後、ロガーアビオニクスの電源電圧が低くバッテリー残量が少なかったことが確認されたため、電池の消耗が間接的ないし直接的な原因で記録が停止したと推測する。電装で保証する電池の耐久時間は安全をみて 3 時間としていたため、7 時 45 分の電池交換から 3 時間以上が経過した打ち上げ時刻では電池残量が十分にあるかの確証は無かった。

記録が行われていた際のデータ取得は加速度、気圧、気温について成功したが、地磁気センサについては取得された値が更新されない不具合が発生し失敗した。GPS はモジュールからデータを取得出来たが、測位できた衛星数が少なかったためか有効な座標データは含まれておらず、時刻データのみ記録されていた。

ロガーアビオニクスの動作状況について、二段目パラシュートの解放においてプログラム通りの「高度低下検知→開放」が行われたように見えたことや、回収時にパラシュート解放用サーボのホーンが正常開放位置にあったこと、回収後の安置時にサーボが突然動作したことなど、電池の消耗によってマイコン自体が動作停止したことを原因とすると矛盾する事項があるため、ログが停止した経緯は調査中である。現在は、SD カードを動作させるのに必要な電圧が得られなくなったタイミングで SD 書き込みにエラーが起こり、以後の SD への書き込みが行われなかったがセンシングとそれを元にした処理系は動作していた、という考察が有力である。

無線でのデータのダウンリンクを行う地上局設備では、ロケット組み立て時からロケット内部から発信される無線を受信できなかった。無線モジュールの破損は確認できなかったため、現在は、無線モジュール搭載の「電波法の規制による干渉防止機能」が影響したと考えている。(試験結果)

6. 今後の課題

今回の打上実験で現れた課題を以下に示す.

- ・不点火の原因究明と確実な点火への改良
- ・サーボモータとバネを用いた新式分離機構の設計改良
- ・無線によるデータダウンリンク手法の確立
- ・退避直前まで電装への給電を可能とするアンビリカルケーブルの実現
- ・ロガーアビオニクスプログラムによる省電力化
- ・ロガーアビオニクスの冗長性向上

(作成 八島京平 大村徹 齊藤誠 ほか)