

第 12 回能代宇宙イベント報告書

東京工業大学 CREATE C-18K プロジェクト

2016 年 12 月 20 日

PM 中込航

1. 実験目的

今回 CREATE では多段式ロケットの打上を目指し、加速度センサもしくは気圧センサによって得られた記録が事前に設定した条件を満たせば、一定時間経過後に 2 段目の点火装置を想定した回路に電流が流れる装置を製作した。この装置によりモデルロケット用イグナイターを点火させる。点火されたことを回収したロケットのログおよびイグナイターの目視確認により確かめる。

2. 機体概要

① 構造

機体外観を以下の図 2.1 に示す。



図 2.1 機体外観

機体諸元表を表 2.2 に示す。

表 2.2 諸元表

機体全長	2.38[m]
機体径	91[mm]
乾燥重量	3.87[kg]
酸化剤充填時重量	4.62[kg]
予想到達高度	1304[m]

機体寸法を以下の図 2.3 に示す.

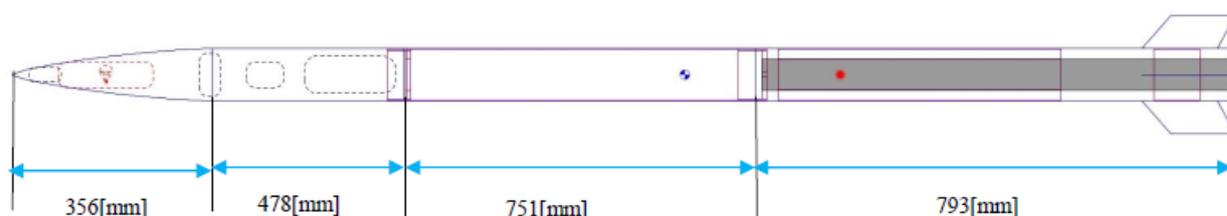


図 2.3 機体寸法

機体概要を以下の図 2.4 に示す.

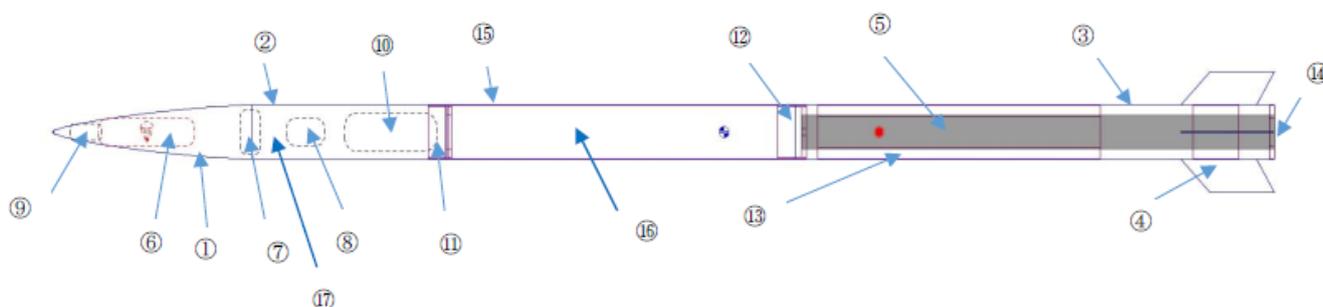


図 2.4 機体概要

図 2.3 における各部品の名称と寸法・材料等を表 2.5 に記載する.

表 2.5 部品一覧表

	部品名	材質等	重量等
①	ノーズコーン	CFRP 製	Haack series(形状係数 0.333), 曲線長さ 245[mm], 直線長さ 110[mm], 直線部外径 91[mm], 肉厚 1[mm], (⑨と合計して 209[g]) ノーズフェアリング 2 枚で構成され, 一方をボルトで⑦に締結, もう一方が分離する
②	電装チューブ	GFRP 製	内径 89.5[mm], 外径 91[mm], 長さ 475[mm] (215 [g])
③	エンジンチューブ	CFRP 製	内径 90[mm], 外径 91[mm], 長さ 790[mm] (149[g])

④	フィン	バルサ+CFRP	4枚+固定具(PLA)で 110[g]
⑤	エンジン	HyperTEK K-240	充填前 1071 [g], 酸化剤 748[g]
⑥	パラシュート	減速を行うパラシュート	122[g]
⑦	パラシュート固定板・カプラ	アルミ(A5052)製	M8 アイボルト, ナット, カラビナも含めて 317[g]
⑧	点火試験装置	Lipo バッテリー+モデロケ用イグナイター	105[g]
⑨	開放機構	サーボモータ等	① と合計して 209[g]
⑩	電装	ロガー, 開放電装	237[g]
⑪	電装カプラ	アルミ(A5052)製	168[g]
⑫	エンジン受け(上)	アルミ(A5052)製	178[g]
⑬	フロート	スタイロフォーム(青)製	67 [g]
⑭	エンジン受け(下)	アルミ(A5052)製	91[g]
⑮	フロート部ボディチューブ	CFRP 製	内径 90[mm], 外径 91[mm], 長さ 750[mm] (⑯と合計して 477[g])
⑯	ペットボトル	PET と MDF 製	(⑮と合計して 477[g]) 炭酸水用 1L ペットボトルを使用. 外径は 82.6[mm] 一番フィン側のペットボトルに空圧バランスを取るためにセメントを 200[g]追加 固定具は MDF のリングで PET と CFRP を接着.この接着剤はセメダインスーパーX
⑰	シーマーカー	SEA DYE MARKER(商品名)	138[g], 固定用のテグス 2[g]

※各モジュールを締結するボルトやモジュールを跨ぐ配線があるので合計は諸元に一致しない。

② 電装

C-18K の電装は水密ボックス内に基板と電池が搭載される予定だったが直前の動作試験で電流が足りずにサーボモータが動かなくなったので急遽 LiFe 電池に変更した。そのため水密ボックス内に電池が入らなくなり水密ボックスの外に出す

ことになった。水密ボックスには水密性を保ちつつ内外の気圧差をなくすための通気弁とボックス外へコードを出すための水密弁が取り付けられている。(図 2.6)

二段目モデルロケット点火用の基板も加工設備の不調でボックス内に収まるサイズで作ることができず、こちらも水密ボックス外に出ることになった。(図 2.7)



図 2.6 水密ボックスと LiFe 電池

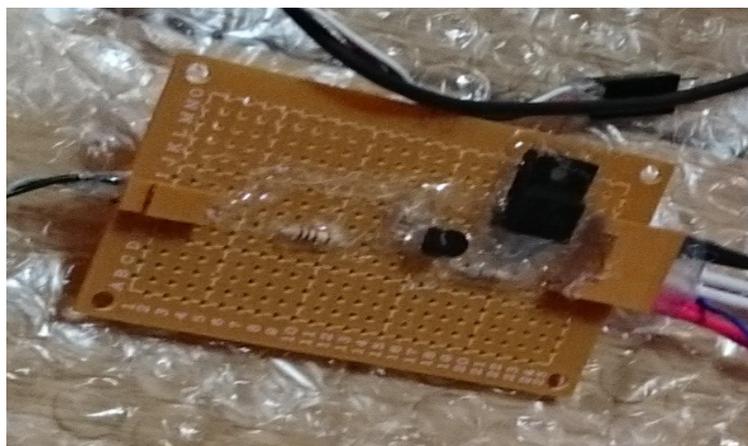


図 2.7 モデルロケット用イグナイターの点火用基板

データログ用基板(図 2.8)はもともと別のプロジェクトで使われていたものを製品の継承とコストダウンの試験のため導入した。加速度センサ 2 種類，地磁気センサ，ジャイロセンサー，気圧センサを搭載しており，GPS と通信用のデバイスを接続することが可能である。また，外部電源から電池を充電することも可能で

あるが今回は使用しないこととした。



図 2.8 データログ用基板

データログ用基板のプログラムは最初から作り直した。電源投入から 5000 秒間はなにもせず 5000 秒経過したらデータ取得を始める。また、点火検知のためのシーケンスにも入る。点火検知は

- 1.Z 軸の加速度の大きさが 2G 以上で 2 秒以上連続してかかる
- 2.気圧から計算した高度が 100m 以上になったとき

の二つのどちらかを満たしたときとした。1 を満たして 15 秒経過するか 2 を満たして 13 秒後に二段点火を実行する。その 2 秒後にパラシュート開放用のサーボモータを駆動，そこから 150 秒までデータを取得し，その後，書き込み終了処理をして電池の水没に備える。

3. 結果

① 打上準備

構造

組み立ては 8 月 25 日の 8:15 ごろから開始した。複数回の開放試験を実施したのちに 10:50 に待機状態に入った。ランチャ挿入についても問題なく実施された。

電装

組み立ては 8:15 ごろから開始し，水密ボックスの組み立て及び二段目点火用基板，サーボモータとの接続は順調に進んだ。電池の消耗を極力抑えるためロケット本体への統合はぎりぎりまで伸ばした。その後，水密ボックスと電池をロケット内部に統合，ロケットはランチャに挿入された。この時点で点火検知のための待機状態に入っていたと考えられる。

推進

GSE の展開は 8:45 ごろから開始し，他団体の打ち上げのため，2 度の退避・脱圧を行い 10:45 ごろに N_2O が 5.5MPa を超える高圧であると判った。これは当日の高温によるものである。当初展開完了後に予定していた機体のランチャ挿入を N_2O の冷却を待っている間に行うこととし 11:00 ごろに完了した。11:20 ごろ

に N2O が 5.3MPa を下回り GSE の展開を再開し、続けてステム挿入を行った。発射予定時刻は 12:00 となった。

② 打上

12:00 発射予定として点火シーケンスを開始するが、ステムに挿す金属部品の締結が不十分で配管冷却のための予備充填をした際にステムが抜けてしまった。12:15 を発射予定としこの修正にあたり、再び点火シーケンスを実施すると酸化剤充填まで正常に行われ予定通り点火された。ランチャ離脱から約 1 秒で水平からの姿勢角が 70° から 55° 程度に傾き(図 3.1)、その後も緩やかに角度を下げながら上昇していった。

パラシュートの開傘が目視により確認され、点火から 98 秒後にトランシーバーから着水が確認されたと報告があった。



図 3.1 ランチャ離脱から約 1 秒後の飛翔の様子

③ 回収

回収にあたった漁船から着水が目視で確認できたため、機体の回収は問題なく行われた。着水時の衝撃でフィンが 2 枚折れ、エンジンチューブの下端付近は炭素繊維が露出していた。(図 3.2)

フロート部ボディチューブの一部に亀裂が入っていた。(図 3.3)これは、シミュレーションでは開傘時の対気速度は 70m/s を超えていたと予想されることから、ノーズフェアリングが外れた際に勢いよく衝突したためと考えられる。

分離側ノーズフェアリングにも欠損が見られた。(図 3.4)これは、分離したノーズが減速作用を生じることで機体本体との間にオープニングショックを生じてし

まい、強い力が生じワイヤーの張力によってノーズを破壊したと考えられる。

電装は水密ボックスの外にある部品のみ水没したことを除けば無傷で回収できた。(図 3.5, 図 3.6)



図 3.2 回収された機体



図 3.3 フロート部ボディチューブの破損状況



図 3.4 分離側ノーズフェアリングの破損状況



図 3.5 水密ボックス内のデータログ用基板

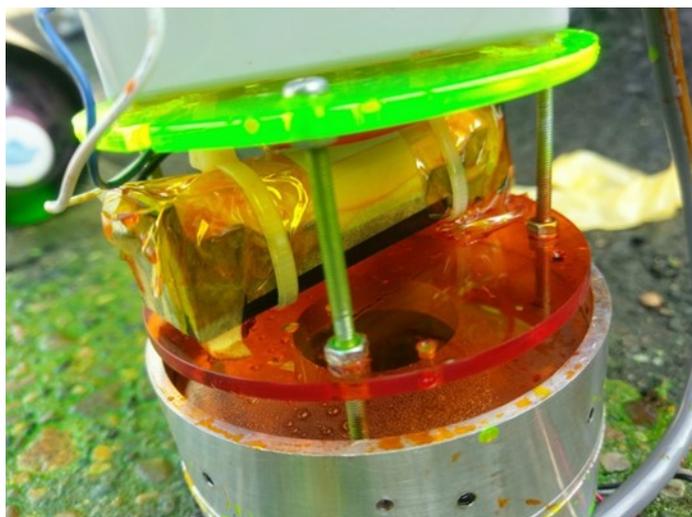


図 3.6 水没した LiFe 電池

④ 解析

回収した機体の micro SD HC カードに記録されていたデータは破損していた。当初飛行を予定していた気象条件に合わせてパラシュート開放後 150 秒でファイルを閉じるように設計したものの、実際の点火から着水までの飛行時間は 98 秒となっていて着水の時に電源喪失したものと考えられる。設計段階で使用を予定していた電池は予備も含めて全て直前になって開放機構のサーボモータに対して電流不足を起こし、急遽電源として別種類の電池を水密ボックスの外に配置していた。今回は飛行中のログを取得できなかったため、カメラの動画などから解析を行った。解析の結果を表 3.1 に示す。

表 3.1 画像解析データ

内容	値
最高到達高度	700~1282[m]
ランチャクリア速度	25[m/s]
飛行時間	98[s]
エンジン燃焼時間	5.6[s]

最高到達高度については、着水時付近では異常降下が見られなかったが開傘時付近ではどうなっているか分からないため、降下時間から推定される値とシミュレーションから得られた値の範囲にあると考えられる。

また、イグナイターは折れていて点火された形跡も確認できなかった。

4. 総括

本実験のサクセスクライテリアと達成状況を表 4.1 に示す。

表 4.1 サクセスクライテリアと達成状況

サクセスレベル	内容	判断基準	成否
ミニマム	加速度センサ・気圧センサのログを取得	記憶媒体からファイルが解析できる状態であること	失敗 記録されていたファイルは破損データであった
フル	スパークされたイグナイターを回収し、電流計での検知と点火判断のタイミングが一致	ログの解析、スパークは目視による判断	失敗 ログの取得失敗に加え、飛行中の衝撃でイグナイターが折れていた
アドバンスト	なし		

PM, 構造担当者より

設計に力を入れ始めたタイミングが遅く、ミッションを行う部分の設計が不十分なうちに製作に取り掛かってしまった。作業工程の管理不足も深刻で、その場しのぎの設計変更となりミッションの失敗要因を作ってしまった。

結果、多段式ロケットの「実証機」として実証したい項目をサクセスクライテリアに並べたが何ひとつとして実証することは出来なかった。

今後の CREATE では作業工程・日程の管理について対策を講じ再発防止を目指す。

電装担当者より

今回はトラブルなどで直前まで様々な変更があった。事前にテストを何回も重ねていれば防げたかもしれない事象がいくつかあったので次回からはより余裕をもった工程で作業することが課題である。また、水密ボックスに関してもロケット本体に入るサイズが小さいので水密ボックスを複数使用する、ロケットの区画で水密構造を作るなどの水密区画の拡大による対策が必要である。データの保存方法についても SD カードだけに頼らず別の方法も模索していきたい。

謝辞

NEWS COMPANY 様や株式会社ミスミ様、回収のために協力して下さった漁師の皆様、作業場を貸して下さった柳町商店街の皆様、燃焼実験の場所を貸して下さった千葉工業大学・和田豊准教授、このイベントを成功させるために全力で取り組んで下さった運営の皆様、そしてこのイベントを応援しお力添えくださった近隣住民の皆様に厚く御礼申し上げます。