

令和5年4月

鹿児島大学理工学研究科 地域コトづくりセンター  
鹿児島ハイブリッドロケット研究会

鹿児島ロケット4号機  
ユピテル 羽衣シックス号  
打上げ実験報告書

鹿児島大学大学院理工学研究科工学専攻 機械工学プログラム  
鹿児島ハイブリッドロケット研究会 代表  
片野田 洋

## 1. はじめに

鹿児島ハイブリッドロケット研究会（以下、Team KROX）と肝付町は、令和5年3月15日（水）に肝付町辺塚海岸にて「鹿児島ロケット4号機 ユピテル 羽衣シックス号」の打上げ実験を行いました。ここに、打上げ実験の結果について、ご報告いたします。

## 2. ロケット概要

全長/直径	2.60m/140mm
燃料/酸化剤	アクリル，パラフィンワックス/液体酸素（LOX）
質量（LOX 充填後）	19.2kg（LOX は 2.2L = 2.5kg）
計画燃焼時間	7.5 秒（実際の燃焼推定時間はニュース映像の音から約 7 秒）
計画到達高度	2.0 km

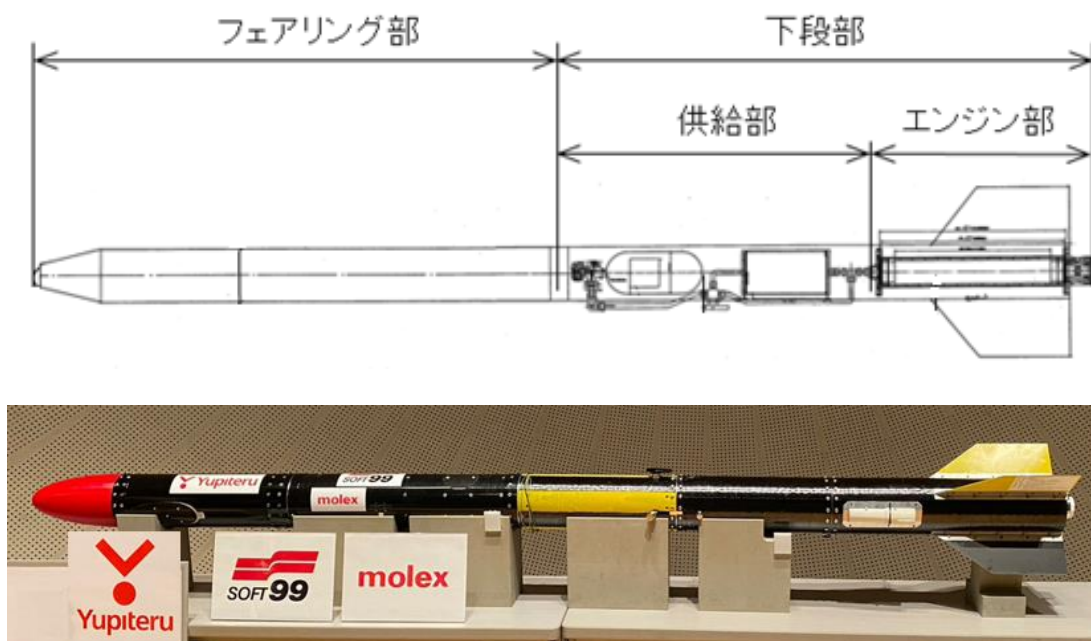


図1 機体の外観

## 3. 3号機からの変更点

- 1) パラシュートの2段階放出機構の改良
- 2) 液体酸素リザーバの大型化と配管簡素化
- 3) SDカードデータを2個のUSBメモリーへバックアップ
- 4) GPSデータ保存方法の改良
- 5) 発煙筒の搭載
- 6) 機体の二色塗装
- 7) カプラーリングの接続部強化
- 8) シラスバルーン入りシリコンシーラント
- 9) Heガス圧力とエンジン燃焼室圧力のデータ保存

4. ペイロード (図 2)

1) NPO 法人鹿児島人工衛星開発協議会製作の模擬人工衛星

- ・ 920MHz 帯特定小電力無線搭載機
- ・ 加速度, 角速度, 温度, 湿度, 気圧測定
- ・ 加速度のデータ送信 (衛星から地上へ)
- ・ 衛星と地上間で送受信可 (単信)
- ・ 寸法: 高さ 100mm×135 mm×135mm
- ・ 重量: 衛星本体 439.43g+ノアコーヒー31.14g=470.57 g

2) ノアコーヒーのコーヒー豆 31.14g

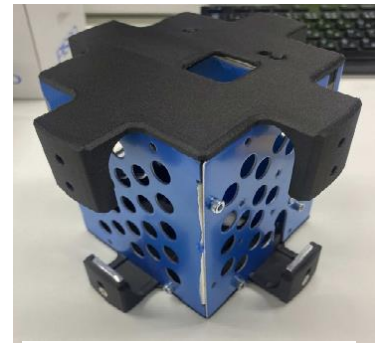


図 2 模擬人工衛星

5. 実験に関わった人員

表 1 人員数

実験隊 (21 名)	鹿児島大学 14 名 (教員 1 名, 学生 13 名) 第一工科大学 4 名 (教員 1 名, 学生 3 名) Team KROX 3 名
技術支援員 (3 名)	鹿児島大学 1 名 (教員 1 名) (株) コスモテック 2 名
運営支援員 (38 名)	Team KROX 6 名 肝付町 16 名 内之浦漁業協同組合 (警戒・回収船 2 隻, 潜水士 2 名) 4 名 NPO 法人鹿児島人工衛星開発協議会 2 名 (株) HEIYA (インターネット中継) 2 名 肝付町観光協会 2 名 支援企業 5 社 6 名
計 62 名	

## 6. 射場概要

図3に示すように、肝付町の辺塚海岸に3種類の区域を設定しました。

- ①打上時立入禁止区域（打上時，実験隊を含め立入禁止区域）
- ②地上警戒区域（打上時，実験隊以外は立入禁止区域）
- ③海上警戒区域（打上時，一般船舶と釣り客の退避依頼区域）

指令所とした土地の地権者に一時使用の許可を頂き，プレハブを1棟設置しました。打上げ前の海上の警戒と機体の回収用に，内之浦漁業協同組合から漁船を2隻出していただきました。

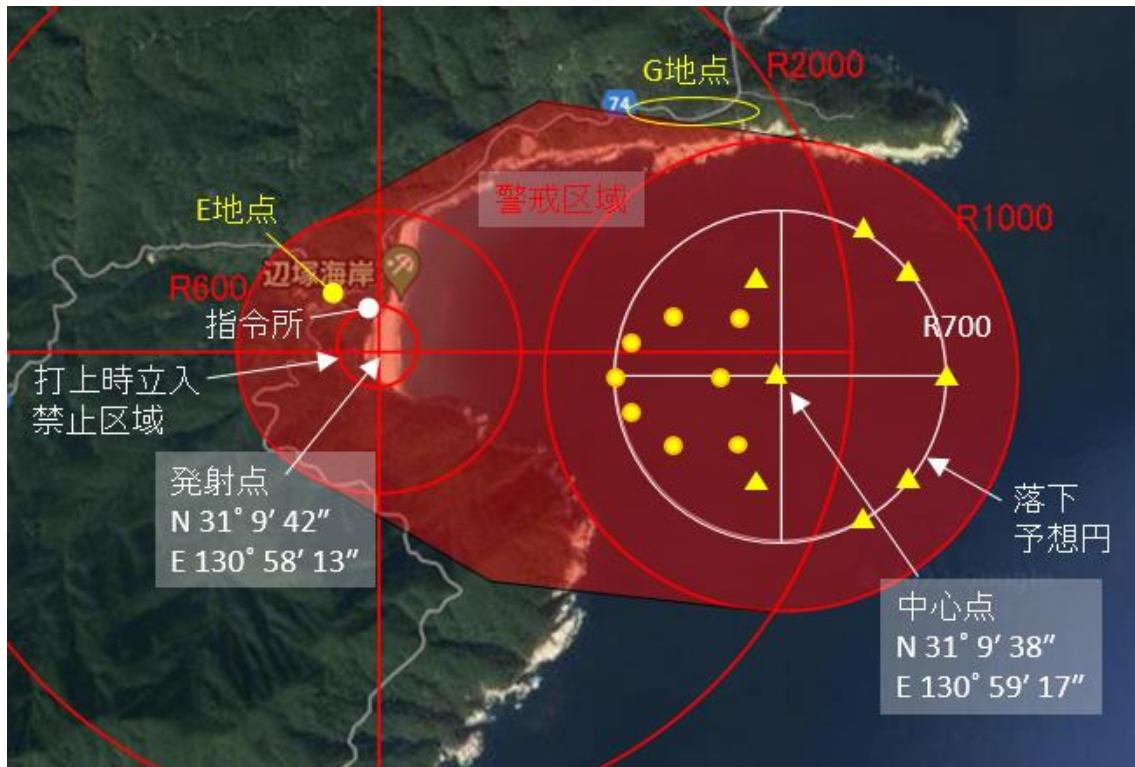


図3 射場の概要

## 7. 関係各所への手続きと連絡

下記の関係各所と事前調整を行いました。

- (1) 国土交通省 大阪航空局関西空港事務所，大阪航空局鹿児島空港事務所
- (2) 防衛省 海上自衛隊鹿屋航空基地 第一航空群司令部
- (3) 第十管区海上保安本部  
鹿児島海上保安部 志布志海上保安署
- (4) 鹿児島県  
大隅地域振興局建設部管理第一係，第二係  
肝付警察署
- (5) 内之浦漁業協同組合
- (6) 大隅肝属地区消防組合指令課
- (7) 肝付町消防団

## 8. 実験関連日程

打上げ実験に係る作業工程を表2に示します。図4～9に打上げの準備状況を示します。

表2 作業工程

実施日	実施内容
3/1 (水)	第1回 Go/NoGo 判断 → Go 判定
3/8 (水)	第2回 Go/NoGo 判断 → Go 判定
3/10 (金)	辺塚海岸の指令所にプレハブ建設
3/13 (月) 晴れ	準備作業 (ランチャー設置, 防護壁構築)
3/14 (火) 晴れ	第3回 Go/NoGo 判断 → Go 判定 準備作業, リハーサル, 報道陣対応
3/15 (水) 晴れ	打上げ, 報道陣対応, 撤収作業
3/16 (木) 晴れ	撤収作業, 海岸清掃



図4 プレハブ (指令室)



図5 ランチャーの土台据付作業



図6 ランチャーの組立て作業



図7 機体のランチャー通し確認作業



図 8 指令室内での最終組立て



図 9 打上げ前の機体の設置状況

## 9. 実験結果

### (1) 打上げ日時

令和 5 年 3 月 15 日 (水) 15 時 40 分

### (2) 打上げ時の天候

天気：晴れ

地上の風向風速：4.44m/s 東風 (14 時)

### (3) ランチャー設定条件

方位角：東方向

迎角：80 度 (鉛直状態から海側へ 10 度傾斜)

### (4) 打上げ結果

打上げ後の飛行軌道を図 10 に示します。機体がランチャーのレールに沿って上昇する途中 (発射から約 0.2 秒後) に第 1 段パラシュートの蓋が意図せず外れ、そのため第 1 段パラシュートが機体外に放出され、開傘したことで機体に意図しない空気抵抗が作用しました。その結果、機体は旋回と上昇を繰り返して砂浜に落下しました (図 11)。第 1 段パラシュート用の蓋は、ランチャー近くに落下していました (図 12)。第 2 段パラシュートは空中で放出されていません。



図 10 飛行軌道 (2 枚の画像の合成)



図 11 機体の落下状態



図 12 第 1 段パラシュート用蓋の落下位置

## 10. 打上げ結果の評価

4号機打上げ結果の評価を表3に示します。最大の課題としていた飛行データの二重バックアップに成功しました。発煙筒による飛行軌道の可視化にも成功しました。パラシュートは1段目が早期に開傘してしまいましたが、1段目パラシュートは飛行中に破損することがなく、強度設計が妥当であることを確認することができました。計画していた到達高度2kmは第1段パラシュート脱落により達成できませんでした。その原因について次章で調査結果をご説明します。

表3 4号機打上げ結果の評価表

	評価項目	評価	説明
1	飛行データの二重バックアップ	◎	2個のUSBメモリへの保存に成功
2	ヘリウムガス圧力とエンジン燃焼圧力のデータ取得	◎	飛行中のデータ取得に成功
3	発煙筒による飛行軌道の可視化	◎	発煙筒の始動に成功
4	パラシュートの2段階展開	△	1段目が早期開傘したものの、飛行により破損せず強度の妥当性を確認
5	到達高度2km程度	×	11章にて原因を説明

## 11. 第1段パラシュートの蓋が外れた原因

4号機では3号機と同じくパラシュートは2段階展開としており、飛行軌道の頂点付近で第1段目を開き、海面上300m付近で第2段目を開くように設計していました。パラシュートはそれぞれ円筒状に丸め、図13のように機体の上段部に斜めに格納していました。図13に緑色で示す蓋を閉めることでパラシュートが機体外に出ないようにしていました。蓋の内側にはツメがあり、ツメをサーボモーターでロックして打上げました。

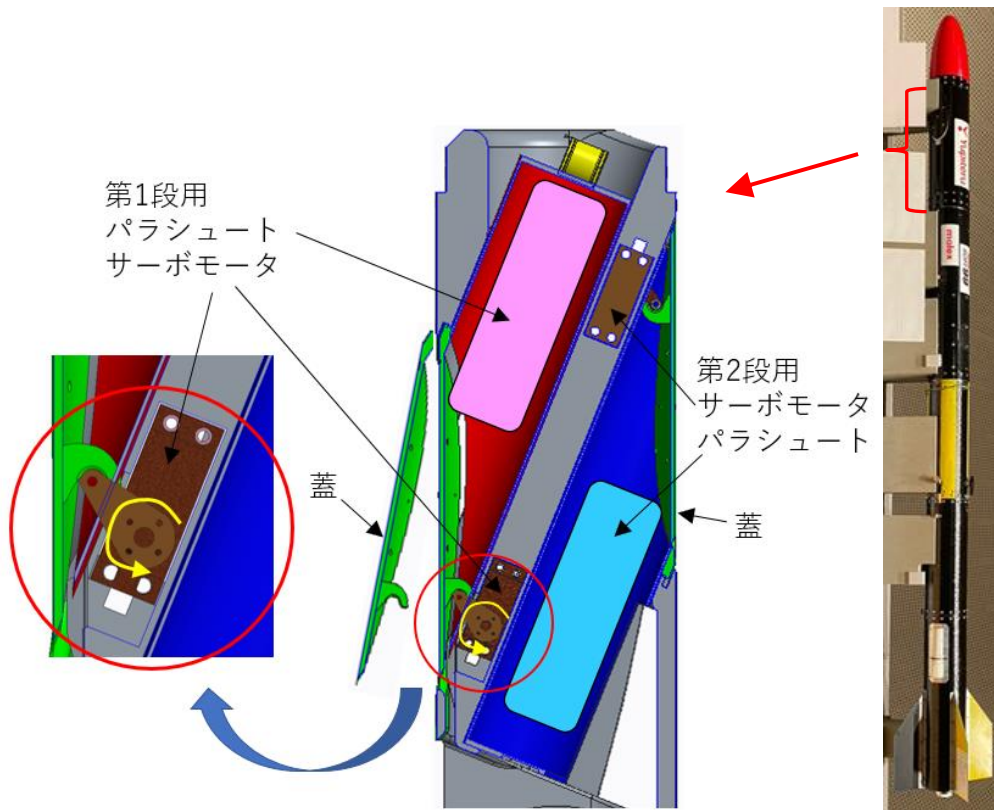


図13 第1段パラシュートの正常なロック解除の模式図



機体が頂点を通過した後に第1段パラシュート用のサーボモータを駆動させて蓋のロックを解除する手順でしたが、実際には発射から約0.2秒後に第1段パラシュートの蓋が外れました。原因を調査した結果、2個のモバイルバッテリーの電源ON・OFFの順序ミスにより、蓋のロックが緩くなっていた可能性が高いことが分かりました。機体内には図14に示す通り3個のモバイルバッテリーA、B、Cを搭載していました。打上げ当日、射点での最終確認作業中に1個のGPS受信機が動作不良を起こしたため、モバイルバッテリーA、Bの電源をOFF・ONしました。2個のモバイルバッテリーは電源をA、Bの順番でONにする必要がありましたが、これを逆にした可能性が高いことが分かりました。そのため蓋のロックが緩み、発射時に脱落した可能性が高いと考えています。

4号機では同じ間違いが起きないように対策を行うとともに、仮に蓋が外れてもパラシュートが誤放出されないような機構を採用する計画です。

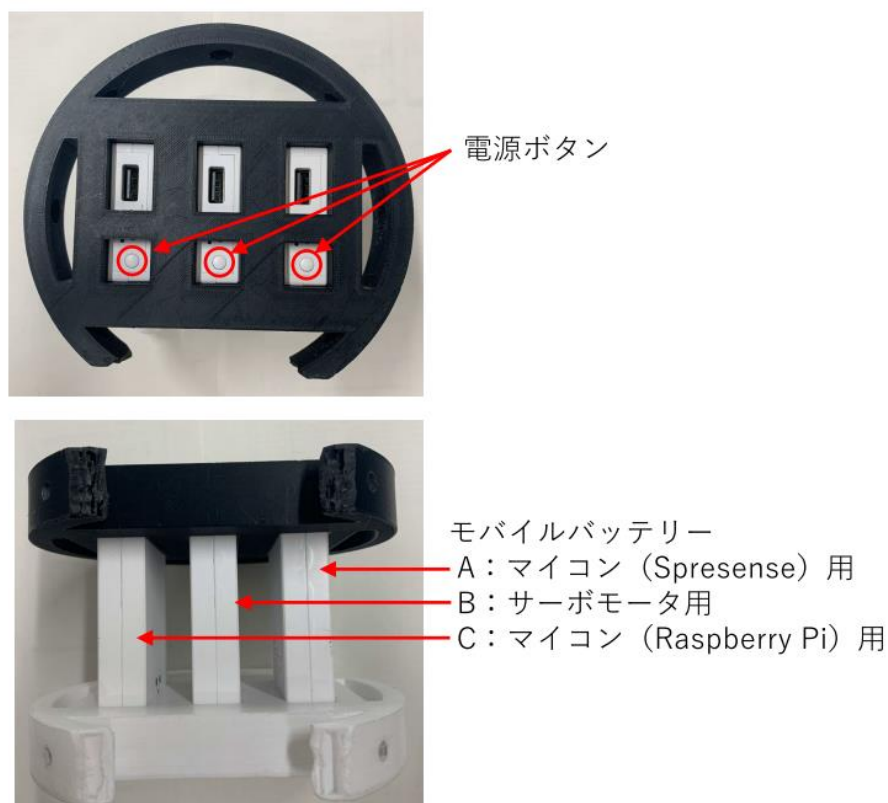


図14 モバイルバッテリーの機体内への格納状況  
(リング部品の欠けている部分は機体落下時の破損)

## 12. 4号機の開発と打上げに要した費用

表4 4号機の開発と打上げに要した費用  
(令和4年4月～令和5年3月)

	費目	費用(円)
1	4号機開発費用	1,534,000
2	4号機製作費用	2,156,000
3	旅費	262,000
4	レンタル物品費(プレハブ, レンタカー等)	677,000
5	仮設電源工事(打上げ実験期間のプレハブ用)	320,000
6	宇宙保険	210,000
7	その他	456,000
	合計	¥ 5,615,000

## 13. 5号機の計画

- (1) パラシュート放出機構の安全性と確実性の向上
- (2) 軽量化
- (3) 資金確保
- (4) 打上げ実験(時期未定)

## 14. 現地取材に来ていただいた報道機関

テレビ局：KKB 鹿児島放送， KTS 鹿児島テレビ， KYT 鹿児島読売テレビ， MBC 南日本放送，  
NHK 鹿児島放送局

新聞社：朝日新聞， 共同通信社， 南日本新聞， 南九州新聞， 読売新聞

## 15. おわりに

鹿児島ロケット4号機 ユピテル 羽衣シックス号は、プライムパートナー企業3社様(株式会社ユピテル様、株式会社ソフト99コーポレーション様、日本モレックス合同会社様)、並びに個人5名様から頂いたご寄附により開発と製作を行うことができました。県内外の23を超える企業・団体には機体部品の製作にご協力いただきました。また、県内の5つの企業・団体には運営へのご支援をいただき、事故・怪我等もなく無事に打上げ実験を行うことが出来ました。飛行結果は、打上げ直後の第1段パラシュート不時開傘により、射点の近傍に落下しました。軽微な破損はありましたが、打上げ前とほぼ同じ状態で回収できたことにより、当初の主目的である全ての搭載記録装置の回収が実現でき、飛行データの二重バックアップに成功したことを確認することができました。私たちは今回の打上げ実験を通して貴重な飛行データを手に入れ、今後の改良につながる多くのことを学びました。これらの成果を5号機の開発に生かしたいと考えています。

## 謝辞

この度の打上げ実験に際しましては、肝付町、内之浦漁業協同組合、辺塚在住の方々、指令所等の地権者の方、消防組合、消防団、警察署、NPO法人鹿児島人工衛星開発協議会、鹿児島大学理工学研究科地域コトづくりセンターに多大なるご支援をいただきました。特に、肝付町の職員の方々には打上げのための打合せ、地元の方々との調整、関係各所および役場内での調整、打上げ実験に

使用する資材の手配・準備・運搬や、打上げ実験期間中の多岐にわたる業務にお時間と労力を割いてくださり、ありがとうございました。

多くの方々に支えられて鹿児島ロケットの開発と打上げを実施できていることに心から感謝し、鹿児島ハイブリッドロケット研究会代表としてここに深くお礼申し上げます。5号機以降も引き続きご支援、ご協力を賜りたく、どうぞよろしく願いいたします。