

令和元年 10 月 18 日

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

# 初号機打上げ実験 報告書

鹿児島大学大学院理工学研究科 機械工学専攻  
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）は、平成 28 年度から小型ハイブリッドロケットの開発に取り組んできました。この度、多くの方のご支援に支えられ、令和元年 9 月 13 日（金）に辺塚海岸にて小型ハイブリッドロケット初号機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：2.6m

直径：140mm

燃料/酸化剤：アクリル等/液体酸素

質量：19kg（乾燥）、21.5kg（液体酸素充填後）

推力：定格 50kgf

計画到達高度：400m

胴体材料：ガラス繊維強化プラスチック

尾翼材料：炭素繊維強化プラスチック

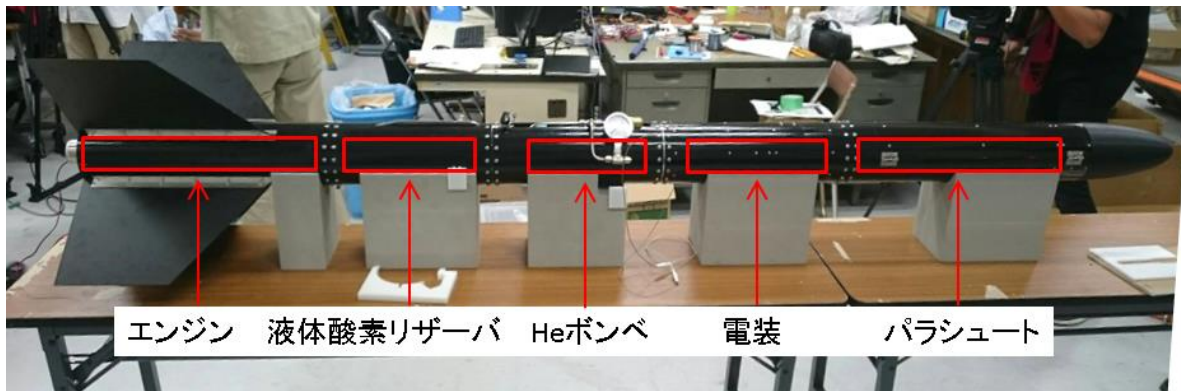


図 1 組立時の様子

## 3. 実験に関わった人員

- |         |   |                                     |
|---------|---|-------------------------------------|
| 実験隊 ... | { | 鹿児島大学 15 名（教員 2 名，技術職員 2 名，学生 11 名） |
|         |   | 第一工業大学 3 名（教員 1 名，学生 2 名）           |
|         |   | (株) コスモテック様 2 名                     |
| 支援隊 ... | { | 肝付町 8 名                             |
|         |   | Team KROX 6 名                       |
|         |   | NPO 鹿児島人工衛星開発協議会 6 名                |

## 4. 射場概要

図 2 のように、肝付町の辺塚海岸に 2 種類のエリアを設定しました。

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）

指令所の土地は、地権者の方に一時使用の許可を頂いた上で、仮設プレハブを 1 棟設置しました。機体の回収用に、内之浦漁協から漁船を 1 隻出して頂きました。

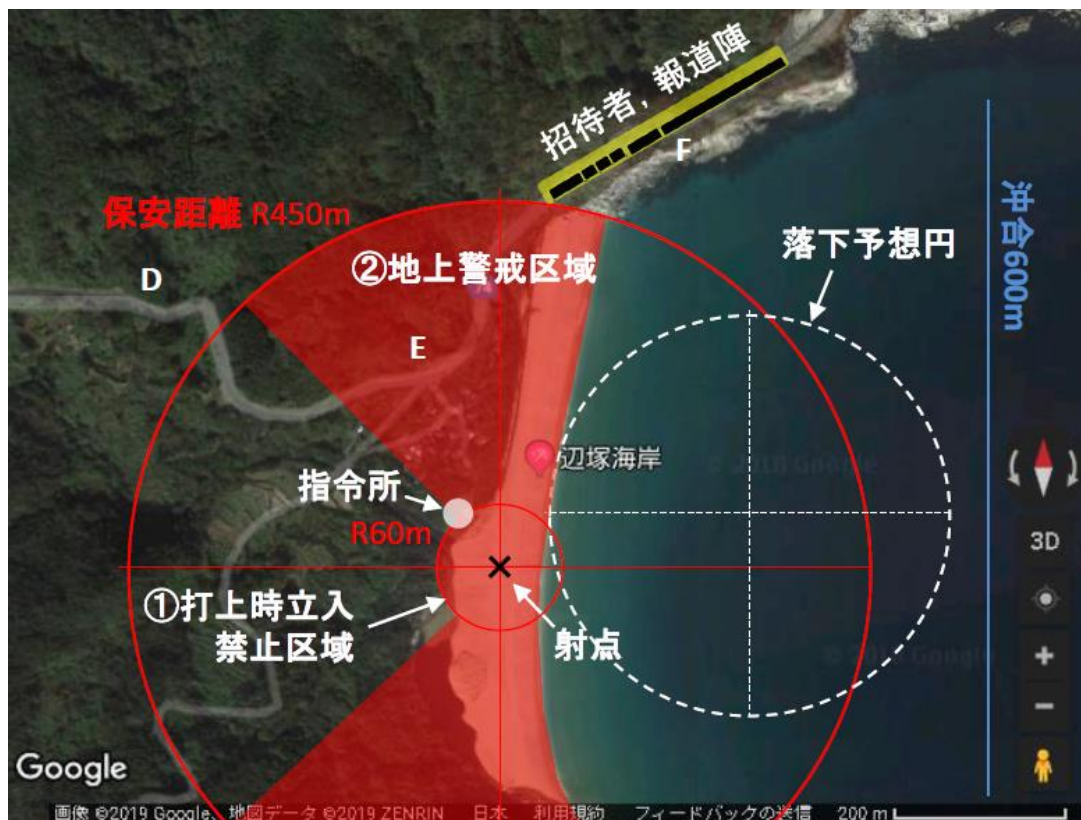


図2 射場の概要

5. 実験関連日程

	当初予定	実際
9/3 (火)	第1回 Go/NoGo 判定	判定結果：実施
9/6 (金)	第2回 Go/NoGo 判定 プレハブ建設工事, 仮設電源工事	判定結果：9/11 打上げ, 9/12~14 予備日 プレハブ建設工事 (図3), 仮設電源工事
9/9 (月)	事前準備 (ランチャー設置, 防護壁構築)	事前準備 (ランチャー設置 (図4~6), 防護壁構築 (図7))
9/10 (火)	リハーサル	機体の羽根とランチャーが接触する可能性 が発覚 (図8). 打上げを9/13に延期.
9/11 (水)	打上日	ランチャーの修正, 機体の修正
9/12 (木)	予備日	リハーサル
9/13 (金)	予備日	打上げ (6章に記載)
9/14 (土)	予備日	撤収作業



図3 プレハブ建設工事



図4 ランチャー土台用の土木工事  
(杭打ち, 水準揃え)



図5 ランチャー上段部の設置作業



図6 指令所から望むランチャー



図7 指令所の防護

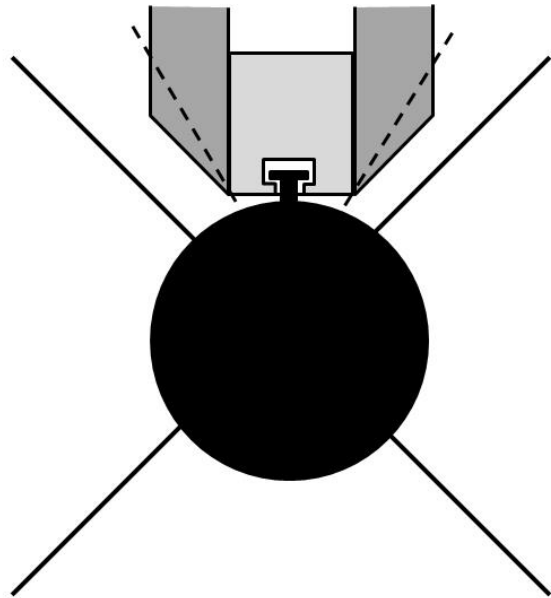


図 8 機体の尾翼とランチャーの干渉

## 6. 関係各所への連絡

下記に示す関係各所と事前調整を行いました。

- 国土交通省 大阪航空局鹿児島空港事務所 管制保安部航空管制運航情報官
- 防衛省 海上自衛隊鹿屋航空基地 第一航空群司令部運用幕僚
- 第十管区海上保安本部
  - 交通部 航行安全課海務係
  - 鹿児島海上保安部 志布志海上保安署
- 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
- 内之浦漁業協同組合
- 肝付町役場企画調整課企画調整第二係
- 大隅肝属地区消防組合指令課

## 7. 実験結果

### (1) 打上げ日時

令和元年 9 月 13 日 (金) 14 時 15 分

### (2) 打上げ時の天候

天気：晴れ時々曇り

風向：東風

風速：約 5m/s

### (3) ランチャー設定条件

方位角：真東方向

迎角：80 度 (鉛直状態から海側へ 10 度傾斜)

#### (4) 打上げ結果

図9に示すとおり機体は高度約20m、水平方向に約55m飛行し、海面に突入しました。後に、電装部品の一部を除き、波打ち際で機体を回収しました。解析の結果、打上げ時のエンジンの推力が想定の半分程度しか出ていなかったことが分かりました。

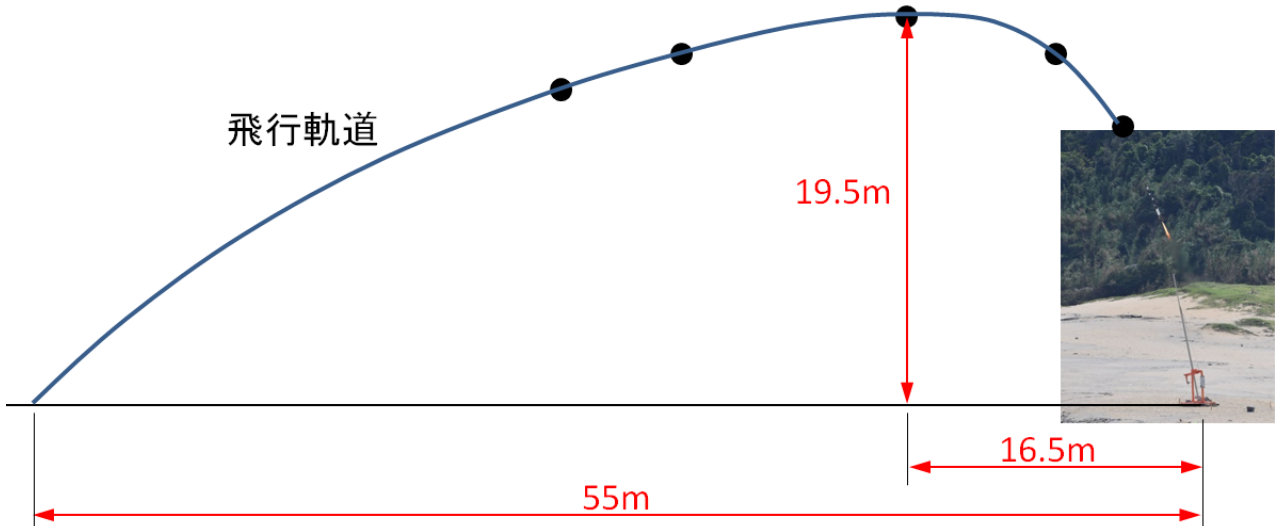


図9 打上げから水没までの飛行軌道

#### 8. 低飛行高度となった推定原因（一例）

JAXA 内之浦宇宙空間観測所で燃焼試験を行った際は、図10に示すように、点火前には液体酸素から蒸発した低温のガス酸素がノズル出口から排出され、白煙となって見えていました。そのため、エンジン内はガス酸素で満たされており、イグナイター（点火器）に着火することで直ちに燃焼が開始しました。しかし、打上げ時は、図11に示すように点火前に全く白煙が見られませんでした。このことから、エンジン内の酸素濃度は大気中と同程度であったと考えられます。そのため、イグナイターの燃え方が弱く、その結果、液体酸素をエンジン内に噴射しても強い燃焼が起こらず、低推力となった可能性があるかと推定しています。

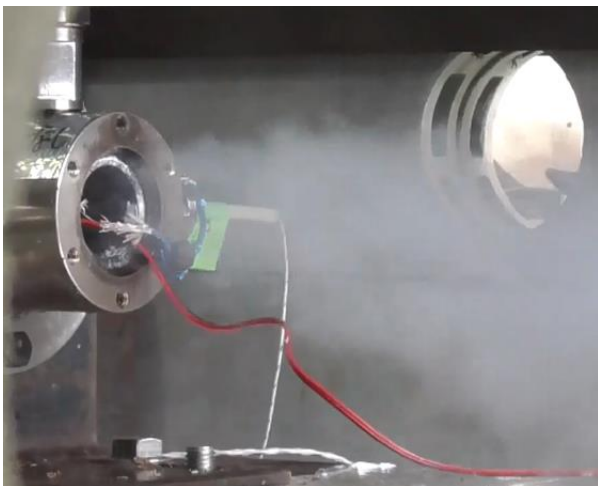


図10 燃焼試験時の点火直前の状態



図11 打上げ時の点火直前の状態

## 9. 今後の計画

- (1) 7章, 8章に記載した事項の更なる原因究明と対策の検討
- (2) 2号機の資金確保
- (3) 2号機用エンジンの設計
- (4) 2号機用エンジンの燃焼試験 (JAXA 内之浦宇宙空間観測所)
- (5) 2号機打上げ

## 10. 奨学寄附金の使途

平成30年8月1日から令和元年9月4日までに頂いた寄附金3,746,000円は、下記のように使わせて頂きました。当初は予算が不足する見込みでしたが、新規に獲得した外部資金を優先的に執行したため、538,890円の寄附金が残りました。これは2号機の開発に使わせていただきます。なお、奨学寄附金以外に、外部資金などの研究費からも支出しています。

表1 奨学寄附金の使途

	平成30年8月1日～令和元年9月4日に頂いた寄附金	3,746,000円
1	材料費, 加工費 (ステンレスの加工, 溶接等)	523,762円
2	消耗部品費 (アクリル, 電子部品, 継手, バルブ等)	511,457円
3	液体酸素, ヘリウムガス, 窒素ガス	111,564円
4	旅費, 交通費 (JAXA 相模原での打合せ, 打上げ実験)	653,721円
5	レンタル物品費 (プレハブ, 仮設トイレ, レンタカー等)	816,350円
6	仮設電源工事 (打上げ実験期間のプレハブ用)	330,056円
7	宇宙保険	210,080円
8	その他	50,120円
	支出合計	3,207,110円
	残金	538,890円

## 11. おわりに

鹿児島ハイブリッドロケット研究会は、令和元年9月13日(金)に肝付町の辺塚海岸で、小型ハイブリッドロケット初号機を打上げました。計画高度400mに達することはできませんでしたが、設計、製作、打上げまでの全ての工程を経験し、多くのことを学ぶことができました。初号機の実験結果の原因を解明するとともに対策を立て、2号機の開発に生かしたいと考えています。

## 謝辞

この度の初号機打上げ実験は、多くの方からのご寄附なしには実現しませんでした。加えて、肝付町役場、内之浦漁業協同組合、辺塚海岸在住の方々、指令所の地権者の方、消防組合、消防団、警察署に様々な支援をしていただきました。ここに深くお礼申し上げますとともに、2号機以降も引き続きご協力を賜りたく、今後ともよろしく願いいたします。