

第 13 回伊豆大島共同打上実験報告書

東京工業大学 CREATE C-29J プロジェクト

2017 年 12 月 8 日

東工大 CREATE

PM 平田孝佑

1. 実験目的及び概要

- ・ テールなどの失われた技術の復活
- ・ 缶サット開放部分など将来使う技術の検証
- ・ 確実なミッション達成のための体制づくり
- ・ 今後のミッションへの技術、知識等の引継ぎ

CREATE ではテールや基板製作などの技術の喪失が起きている。それらの喪失した技術を復活させることが急務であり、本実験では復活させた技術が正しく動作するかを検証を行うことを目的とした。また、これから先のことも見据えてマネジメントなどの体制の見直し、次のミッションに生かせることのできる技術、知識を整えることも本実験の目的とした。

2. 実験日時、場所

実験場所：東京都伊豆大島裏砂漠

打上日時：2017 年 11 月 12 日 10:35

3. 機体詳細

3.1 機体諸元

機体諸元と外観を表 1、図 1 に示す。

表 1 機体諸元

項目	値
機体名称	C-29J
全長	1560[mm]
外径	91[mm]
缶サット非搭載時重量	2937[g]
乾燥重量	3737[g]
酸化剤充填時重量	4178[g]
予想到達高度	750[mm]
使用エンジン	HyperTEK J-250



図 1 機体外観

3.2 構造

図 2 に機体の概要と寸法図を記載する。各部分の詳細は表 2 にて示す。

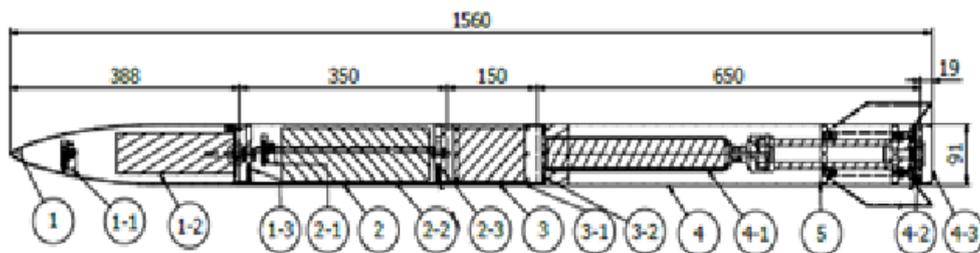


図 2 機体寸法図

表 2 各部品の詳細

番号	名称	主材料	重量等
1	ノーズコーン	CFRP	111.2[g]、Haack series(形状係数 0.333)、 曲線長さ 245[mm]、直線長さ 100[mm]、 直線部外径 91[mm]、肉厚 0.75[mm]
1-1	ノーズ開放機構	ABS 等	51.3[g]
1-2	パラシュート	ナイロン	140[g]
1-3	ノーズカプラ	A5052	265[g]
2	缶サットチューブ	GFRP	152[g]、内径 89.75[mm]、外径 91.11[mm]
2-1	缶サット開放機構	ABS 等	72.0[g]
2-2	缶サット		800[g]
2-3	電装カプラ	A5052	177.5[g]
3	電装チューブ	GFRP	58.0[g]、内径 89.75[mm]、外径 91.11[mm]
3-1	電装		230[g]、基板 2 枚、電池 5 個
3-2	エンジンカプラ	A5052	166.5[g]
4	エンジンチューブ	CFRP	127[g]、内径 89.75[mm]、外径 91.11[mm]
4-1	Hyper-TEK J250		
4-2	エンジン受け板	A5052	95.5[g]
4-3	テール	CFRP	24.5[g]
5	フィンブロック	CFRP,ABS	97[g]、4 枚

本機体は前回の打上実験で打ち上げた C-19K の開放機構を缶サットの放出機構用に改良している。

3.3 電装

本実験で用いた機体には 2 枚の基板が搭載されている。一つはパラシュートと缶サットの開放を行う「開放基板」、もう一つは地上と通信を行う「通信基板」である。2 枚の基板は相互に接続されず独立している。それぞれの基板の外観を図 3,4 に、搭載されているセンサー、及びその諸元を表 3,4 に示す。

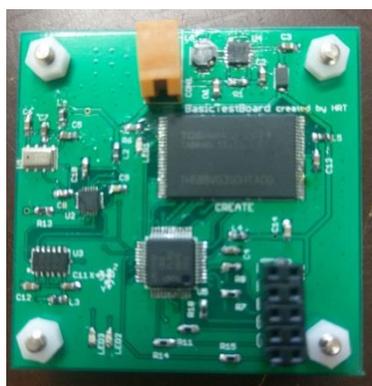


図 3 開放基板外観



図 4 通信基板外観

表 3 開放基板搭載センサー一覧

データ種類	センサー型番	レンジ	サンプリングレート
-------	--------	-----	-----------

加速度	MPU9250	±16[G]	200[Hz]
地磁気		±4800[μT]	200[Hz]
ジャイロ		±250[°/sec]	200[Hz]
気圧	MPL3115	50~110[kPa]	200[Hz]
加速度	ADXL375	±200[G]	200[Hz]

表 4 通信基板搭載センサー一覧

データ種類	センサー型番	レンジ	サンプリングレート
加速度	MPU9250	±16[G]	100[Hz]
地磁気		±4800[μT]	100[Hz]
ジャイロ		±250[°/sec]	100[Hz]
気圧	MPL3115	50~110[kPa]	100[Hz]
加速度	ADXL375	±200[G]	100[Hz]

電源はリチウム電池 CR-123A を使用している。

開放基板は 2[G]以上の加速度を 2 秒以上測定するか気圧が 2 秒間連続で減少したときに点火したと判断する。その後、気圧から計算した高度が 760[m]に達するか、11 秒経過すると缶サットを開放する。その 2 秒後にパラシュートを開放する。

通信基板は測定したデータを周期的に地上局に送信し続ける。

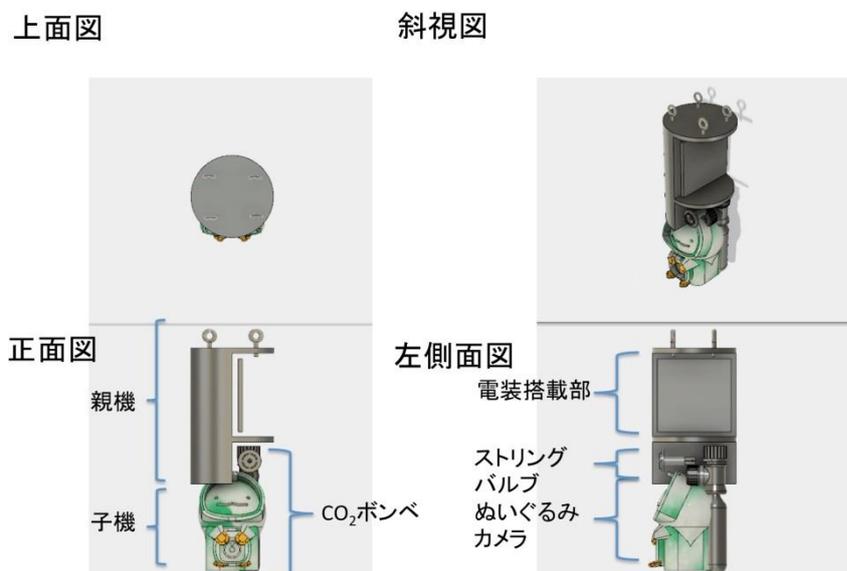
本基板は新しい記録方法の確立と通信によるデータの取得をそれぞれ目的としている。開放基板には CREATE で製作している従来の基板に搭載されている microSD スロットがなく、代わりに NANDflash と呼ばれるメモリ素子を搭載している。また、通信基板は通信素子である TWE-Lite を差し込めるようになっている。

3.4 缶サット

缶サットの外観を図 5 に示す。この缶サットはカメラを搭載して、降下する様子を撮影する。また、CO2 ボンベを搭載し、テグス溶断をトリガーとして空中で風船を膨張させることをミッションとしている。構造は主に 3D プリンタを利用しており、製作コストを下げることに成功した。マイコンには Arduino nano を利用し、加速度センサー、ニクロム線の溶断回路、SD カードへのデータ保存を行う。事前の統合試験や組み立て試験は行うことができず、すべての機能の達成を確認できる前に打ち上げとなってしまった。

また当初の計画では、風船で吊るした子機を親機から分離して単独で落下させる予定であった。風船での投下試験も実施しており、減速落下のめどが立っていた。計画変更の理由は、1)電装系の設計変更、2)開発の遅れ、3)膨張機構の設計変更があった。電装系としては基板のスペースが小さいことに苦労しており、大きくすることで設計の余裕を作りたいという要求があった。膨張機構の動作確認では、CO2 ボ

ンベ取り付け基部から CO2 が漏れ出てしまうという問題を解決することができず、電磁弁を使った空圧制御から一次弁をバネの力で解放する方法に変更した。これらの状況下で猶予がなかったため、計画を変更するに至った。



※パラシュートを省略

図5 缶サット外観

表5 缶サット搭載品一覧

番号	区分 A	区分 B	品名	個数
1	構造 (親機)	空圧系	CO2 ボンベおよび インフレーターバルブ	1
2			チューブ	5
3			空圧三又継手	1
4			ストリングバルブ	1
5		パラシュート	パラシュート	1
6		ボンベ動作機構	ニクロム線	1
7			テグス	1
8		構造体	3D プリンタパーツ	4
9			ネジ	-
10			ナット	-
11			ワッシャ	-
12			アイボルト M4	4
13		ダミーマス	鉄製ネジ、ナット他	-

14	構造 (子機)	風船	ゴム風船、アルミ風船	3
15		ぬいぐるみ	ぬいぐるみ	1
16		カメラ	GoPro	1
17	電装 (親機)	マイコン	Arduino nano	1
18		センサー	9 軸センサーMPU-9250	1
19			SD カード	1
20			EEPROM	1
21			フライトピン	1
22		基板		1
23		バッテリー	CR123A	2

4. 結果

4.1 打上準備

前日までにロケット、缶サット共に完成していたが、動作試験が十分に行うことができなかった。

打上は当初 11 月 12 日 9:00 の予定だった。しかし、前日の強風により、他機体の打ち上げが延期になり、11 月 12 日 10:30 の打上となった。

4.2 打上当日

地上支援設備(GSE)の準備に人員を割いていたため、8:30 ごろから組み立てを開始した。他機体の打上による作業の一時中断があったものの、電装と構造の統合までは問題なく進んだ。

その後、電装と構造を統合し、開放試験を行った。このとき、サーボをロックしたあとにサーボが微小振動をするときがあった。何回か開放試験を行ったが再現性がなく、このときは原因を突き止められなかった。しかし、サーボの挙動に関しては微小振動程度なら問題なかったため、そのまま作業を進めた。



同時に缶サットの組立が完了した。図 6 に組み立ての様子を示す。

9:30 ごろに缶サットと統合、組み立てが完成し、現地審査を行った。問題なくクリアし、射点に向けて搬入を開始した。射点に到着し、ランチャーに機体を挿入した。点火点まで退避、本部からの許可を待ち、点火シーケンスに入った。酸化剤充填も問題なく完了し、10:35 点火、離床した。

4.3 打上結果

離床した機体は上昇、しかし、缶サットとパラシュートは開放されず、落下した。安全確認をし、退避を解除したあとに捜索を開始。しかし、発見できなかった。

5. 解析

5.1 飛翔解析

打上結果に記した通り、機体はパラシュート、缶サットともに放出せず弾道飛翔した。落下地点が特定できず、機体内に搭載した通信基板との無線通信も行えなかったため、到達高度はシミュレーション(HyperRocket を使用)からの推測値となる。飛翔中に機体の空中分解や異常飛翔は見られなかったのでシミュレーションを用いての飛翔解析を行った。

打ち上げ前最終の風向風速:地上 5m で北向き 3.2m/s よりシミュレーションで求めた推測到達高度は 750.0m である。また弾道落下位置は射点より、北向きを基準として東向き 17 度の北北東およそ 190m のところであると推測された。点火点からはほぼ真北におよそ 263m のところであると推測される。打ち上げ時に点火点から、北向きを基準として西向きに 7 度の北北西の方向に弾道落下していく機影を見た部員がいたことより、シミュレーションはおおよそ妥当であると考えられる。今後、機体が発見され落下位置が特定され次第改めてシミュレーションを行い、推定到達高度を再計算する予定である。弾道飛翔した原因については 5.3 節に述べる。

5.2 サクセスクライテリアの達成状況

表 6 に本実験のサクセスクライテリアと達成状況を記した。

表 6 サクセスクライテリアと達成状況

レベル	内容	判断基準	可否判断
ミニマム	テール技術の復活	テールを作り装備する	○
	GSE の改修	新しい GSE で打上	○
	新しいロガーの開発	新ロガーでデータ取得	×
フル	缶サット放出の開放機構開発	缶サットを放出してロケットも減速着地	×
	ロケットと地上局の通信	飛行中に通信できている合図を送受信する	×
アドバンス ド	GPS 座標から着地点予測	GPS 座標を取得する	×
	シミュレーションの中身を理解する	シミュレーション内部の計算式を理解する	×
	9月に完成させる	9月に組み立て試験を行う	×

今回の打上では機体をロストしたため、データが記録できたかなどの基本的なことも確認できなかった。しかしながら、ロストテクノロジーの一つであったテールは製作し、装備することができた。また、GSE も新たに更新し、新しい GSE で打上することもできた。

しかし、本実験では一人当たりの負担が大きくなっていくことがあり、それにより通信機能や動作試験などが十分に行えなかった。これはスケジュール調整や各部門ごとの連絡が不活であったことが原因である。その部分は反省として次のプロジェクトからどうするべきか、一つの事例として残していきたい。

5.3 動作検証

今回の打上で缶サットとパラシュートの両方が開放されなかった原因は組み立て時に見られたサーボの微小振動に起因するものと推測できる。実際にフライト品として電装に使われていたケーブルは単線であった。その両端のコネクタは圧着端子によるものなので単線では接触不良を起こす可能性があった。そこで、実際の打上時の電装部分を再現してケーブルのみ単線で製作したものとより線で製作したものの 2 パターン用意し動作比較を行う予定である。

謝辞

日頃からご支援いただいている株式会社 NEWS COMPANY 様、材料や工具などの面でご支援をいただいている株式会社 ミスミ様、落合様はじめ寄付をいただいた東工大

OBの方々、実験に際し、ご協力いただいている大島町役場の方々をはじめ、本実験にご協力いただいた方々に厚く御礼申し上げます。