

宇宙航空研究開発機構研究開発資料

JAXA Research and Development Memorandum

小型超音速実験機（ロケット実験機）の 豪州作業での地上安全

本田 雅久, 岡 範全, 中野 英一郎, 大貫 武

2007年3月

宇宙航空研究開発機構

Japan Aerospace Exploration Agency

宇宙航空研究開発機構研究開発資料

JAXA Research and Development Memorandum

小型超音速実験機（ロケット実験機）の
豪州作業での地上安全

Ground Safety on NEXST-1 Flight Trial Operation in Australia

本田 雅久, 岡 範全, 中野 英一郎, 大貫 武
Masahisa HONDA, Noriaki OKA, Eiichiro NAKANO and Takeshi OHNUKI

2007年3月

March 2007

宇宙航空研究開発機構

Japan Aerospace Exploration Agency

目 次

概要	1
略語	1
1. 序	2
2. 日豪の枠組み及び安全要求	3
2.1 日豪の枠組み	3
2.2 安全要求	3
3. 安全管理体制	3
3.1 日本の安全管理体制	3
3.2 豪州の安全管理体制	4
4. 保安物の管理	5
4.1 火薬類の管理	5
4.2 その他の保安物管理	7
5. 豪州との調整	7
5.1 火工品の点検方法	7
5.2 FLIBの追加	7
5.3 手順書の確認	8
6. 豪州作業における安全管理の実際	9
6.1 第1回飛行実験失敗後の安全	9
6.2 モータケース追加工	10
6.3 第2回飛行実験準備作業の安全	14
6.4 第2回飛行実験カウントダウン作業の安全	15
6.5 第2回飛行実験回収作業の安全	16
6.6 第2回飛行実験後の危険物の処理	18
7. まとめ	18
8. 謝辞	18
付録：年表	19

小型超音速実験機（ロケット実験機）の 豪州作業での地上安全*

本田 雅久^{*1}, 岡 範全^{*1}, 中野 英一郎^{*1}, 大貫 武^{*1}

Ground Safety on NEXST-1 Flight Trial Operation in Australia

Masahisa HONDA^{*1}, Noriaki OKA^{*1}, Eiichiro NAKANO^{*1} and Takeshi OHNUKI^{*1}

Abstract

NEXST-1 trials were conducted twice in WPA, Australia (July 2002 and Oct 2005). NEXST-1, an experimental airplane, has a solid rocket motor and many kinds of pyrotechnics. Accordingly, both the Japanese workers and Australian officers have focused great attention on their safe handling. This report describes the safety management system, the method used for pyrotechnics control, safety considerations with regards to assembly and the recovery operations including the results of negotiations between Australia and Japan. Furthermore, the operation of the rocket motor case following modifications made according to the re-design requirement is also reviewed.

Key Words : SST, Woomera, Ground Safety, Rocket Motor, Pyrotechnics, NEXST-1

概 要

小型超音速実験機（NEXST-1）の飛行実験は、豪州ウーメラ実験場で2回実施された（2002年7月及び2005年10月）。NEXST-1には、固体ロケットや火工品等多くの火薬類が使用されており、豪州実験準備作業においては、日豪ともその取り扱いに十分な注意を払った。本稿では、豪州実験場における安全の管理体制、火薬類の管理、取り扱い、飛行実験準備作業、飛行実験後の回収作業等について、その考え方から作業の実施結果までを豪州との調整結果も含めてまとめる。併せて、改修設計の一環として実施された推進薬入りでの「ロケットモータ追加工」の経緯・結果についても整理する。

略語		ISC	Incident Site Commander
AOSG	Aerospace Operational Support Group		事故対策指揮官
BAE	BAE SYSTEMS	ISAS	Institute of Space and Astronautical Science
EFS	Explosive Fitting Shop ロケット整備棟		旧宇宙科学研究所（現JAXA宇宙科学研究本部）
ERP	Emergency Response Plan 緊急対応計画書	JAST	Japan Aerospace Technology Foundation (財) 航空宇宙技術振興財団, 各メーカーは、 ここに出向し実験隊を構成した。
FED	Flight Experiment Director 実験隊長	JSO	Japanese Safety Officer
FLIB	Firing Line Intercept Box 点火ライン遮断箱	JTC	Japanese Trial Coordinator
FSO	Flight Safety Officer 飛行安全主任	JGSO	Japanese Ground Safety Officer
GSO	Ground Safety Officer 豪州地上安全責任者	LAL	Launch Area Leader
IB	Instrumentation Building 管制棟	LA1	射点作業責任者 Launch Area 1

* 平成17年3月23日受付 (received 23 March, 2007)

*1 航空プログラムグループ超音速機チーム (Supersonic Transport Team, Aviation Program Group)

	ロケット発射場 No.1
LOL	Launch Operation Leader 打ち上げ作業責任者
LSC	Linear Shaped Charge V型成型爆破線
MS	Movable Shelter 移動式シェルター
MSDS	Material Safety Data Sheet 材料安全データシート
NAL	National Aerospace Laboratory 旧航空宇宙技術研究所
NASDA	National Space Development Agency of Japan 旧宇宙開発事業団
NEXST-1	National Experimental Supersonic Transport 1 小型超音速実験機 1
RA	Risk Assessment リスクアセスメント
RM	Range Manager 実験場総責任者
RCC	Range Control Center 実験場管制室
RF	Radio Frequency 電波
RSAD	Remote Safe Arm Device 遠隔式点火安全装置
RSM	Range Safety Manager 実験場安全責任者
SRA	Supplementary Risk Assessment 補足リスクアセスメント
SSET	Small Supersonic Experimental Airplane Engineering Team 小型超音速実験機開発チーム
SOLO	Safety and Operations Liaison Officer 安全運用連絡担当官
SOP	Safety and Operations Plan 安全運用計画書
TCO	Trial Control Officer 飛行実験管制官
TS1	Test Shop 1 実験機整備棟 No.1
TS4	Test Shop 4 実験機整備棟 No.4
WPA	Woomera Prohibited Area ウーメラ実験場（立ち入り禁止区域）

WES Woomera Emergency Services
ウーメラ緊急サービス

1. 序

小型超音速実験機（NEXST-1）の飛行実験は、豪州ウーメラ実験場（WPA：Woomera Prohibited Area）で2002年7月及び2005年10月の2回実施された。第1回飛行実験では、搭載機器の不具合によりロケットが燃焼しながら墜落したものの、幸いな事に地上設備の破損や人災事故には至らなかった。一方、第2回飛行実験では、作業中の事故も飛行中の不具合も発生せず、飛行実験を無事に終了することができた¹⁾。

NEXST-1は、超音速航空機形状でエンジンの無い「実験機」と実験機を加速する固体燃料を用いた「ロケット」から構成される。実験機は、ロケットにより高度約19kmに運ばれた後、分離され超音速滑空中に種々の空力データを取得し、最終的にはパラシュートで緩降下し、エアバッグにて回収される。これらロケットの分離やパラシュート放出等には、数多くの火工品が使用されている²⁾。火薬類（ロケット推進薬や火工品）の取り扱い経験の少ない旧航空宇宙技術研究所（NAL）の実験隊にとって、沢山の火薬類を搭載した実験機を安全に取り扱うこと（保管、取り付け、機能確認等）は、豪州作業における「地上安全」の重要なテーマの一つであった。また、豪州側にとっても実験場全体の安全運用の観点から重要な事項であった。

飛行実験の安全は、実験の準備作業中の「地上安全」と飛行中の「飛行安全」に分類することができる。ここでは、豪州作業期間（実験準備、カウントダウン、回収、撤収等）を地上安全の範囲として、特に火薬類の取り扱いを中心とした安全について述べたものである。

本稿の前半（第1章～第5章）では、日豪の枠組み、安全の体制、保安物の管理及び豪州との火薬類の取り扱い等に関する調整結果を整理し、後半（第6章）では、WPAにおける安全管理の実施結果について、

- ①第1回飛行試験失敗後作業
- ②モータケース追加作業
- ③第2回飛行実験準備作業
- ④第2回飛行実験カウントダウン作業
- ⑤第2回飛行実験回収作業
- ⑥実験後の危険物の処理作業

の6つの期間に分けて整理する。ここで、モータケース追加作業とは、第1回飛行実験後の改修設計作業において、WPAに保管されているロケットモータの金属ケース部を推進薬の入った状態で追加加工した作業を指す。モータケース追加作業は、第2回飛行実験の約6ヶ月前に2週間実施されたもので、推進薬入りのモータケー

スの加工ということで、安全対策には、特段の注意が払われた。

2. 日豪の枠組み及び安全要求

2.1 日豪の枠組み

NEXST-1プロジェクトは、豪州政府とJAXA（JNAL）との間の協定³⁾に基づき実施されたもので、オーストラリア連邦の代理として安全運用連絡担当官（SOLO：Safety and Operations Liaison Officer）が任命され、WPAを管理しているAOSG（Aerospace Operational Support Group）と日本との各種調整を行なう役割を担った。図2-1にJAXA、AOSG、SOLO、豪州政府の枠組みを示す。

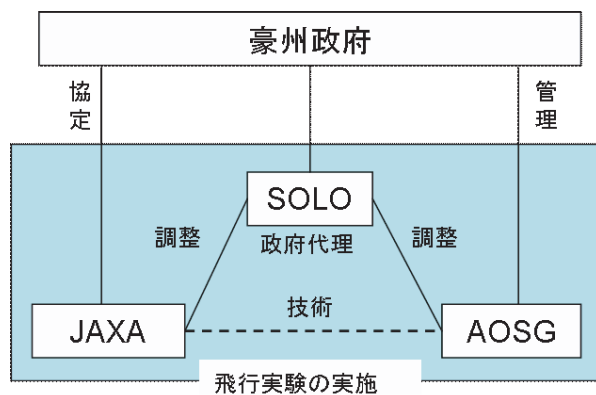


図2-1 日豪の枠組み

2.2 安全要求

(1) 豪州からの要求

第1回飛行実験準備では、豪州／日本の協定に基づき「リスクアセスメント（RA：Risk Assessment）の実施」⁴⁾及び「安全運用計画書（SOP：Safety and Operations Plan）⁵⁾の制定」が行なわれ、プロジェクトの安全性が確認され飛行実験作業に移行した。

飛行実験の安全は、飛行安全と地上安全に分類される。飛行安全は、第3者独立評価機関として選定された豪州のBAE SYSTEMS社が実施したRAにて評価された。一方、飛行安全及び地上安全の基準や手順に関しては、SOLOを介して日豪間で具体的な調整が行なわれた。その調整結果はSOPに記述され、双方がサインアップする形でSOPが制定された。

第2回飛行実験準備でも同じ手順が踏襲され、改修設計結果に基づき、BAE SYSTEMS社が「補足リスクアセスメント（SRA：Supplementary Risk Assessment）⁶⁾」を実施し、SOPも改定され⁷⁾、飛行実験に移行した。図2-2及び図2-3にSRA及びSOPの目次構成を示す。

1. 目的、背景、範囲と概要
2. 関連文書、略語と定義
3. プログラム概要
4. 評価のアプローチ
5. 設計改修に対する評価
6. リンクマージン評価
7. 信頼度評価
8. 故障解析評価
9. 飛行経路評価
10. 危険区域評価
11. 飛行安全評価
12. 安全及び運用計画（SRA）評価
13. コンプライアンス評価
14. 結論と勧告
15. 付録

図2-2 SRAの目次構成

1. 全般
2. 飛行試験の概要
3. 運用要求
4. 安全性検討
5. 地上安全・飛行安全要員
6. 調整手順
7. 検証、訓練、形態管理手順
8. 通常運用手順
9. 異常運用手順
- ANNEX A 危険作業の識別及び手順
- ANNEX B 回収作業手順
- ANNEX C 事故調査手順

図2-3 SOPの目次構成

(2) JAXAからの要求

第1回飛行実験では、豪州側の要求を中心に安全管理を行っていたが、第2回飛行実験では、豪州の要求に加えてJAXAとしての安全管理要求^{8), 9)}も準用することになった。それに伴い、その審査要領に基づいた安全審査会も導入された。

3. 安全管理体制

3.1 日本の安全管理体制

日本の安全管理体制は、図3-1に示す様に安全管理責任者、実験安全主任、地上安全主任、飛行安全主任、各メーカーの安全責任者、総務主任から構成される。第2回飛行実験では、地上安全主任（JGSO：Japanese Ground Safety Officer）を新設し、地上安全管理の強化を図った。

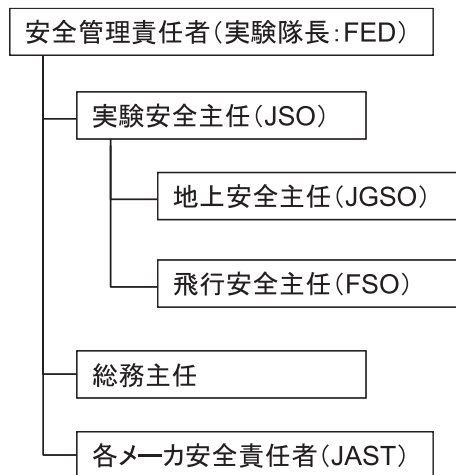


図3-1 日本の安全管理体制（第2回飛行実験）

各責任者の役割は以下の通りである。

①安全管理責任者

（実験隊長：FED: Flight Experiment Director）

- ・飛行実験ならびに豪州生活全般にかかわる安全管理業務の統括
- ・日豪調整の統括
- ・防火責任

②実験安全責任者（JSO: Japanese Safety Officer）

- ・飛行安全及び地上安全の統括
- ・安全教育の実施と徹底
- ・飛行実験実施における管制統括
- ・連絡統制を含む事故処理対策の指揮、監督

③地上安全主任（JGSO）

- ・第2回飛行実験で新設
- ・ロケット班班長が兼任
- ・安全教育実施
- ・安全の観点からの手順書類の点検
- ・実作業での安全の監督
- ・豪州側地上安全管理者（GSO: Ground Safety Officer）との調整、支援
- ・安全管理品目の管理
- ・安全管理要領の作成、維持管理

④ 飛行安全主任（FSO: Flight Safety Officer）

- ・飛行中の緊急停止
- ・JSOが兼務

⑤ 総務主任

- ・交通安全、防火を含む業務環境の整備管理全般に関する指揮、監督
- ・厚生、衛生関連業務の指揮、監督
- ・事故時の通信連絡、広報等の指揮

⑥各JASTグループ安全管理責任者

- ・作業安全注意義務の実行、ならびに必要な技能資格

取得者の確保

- ・個別安全管理実施要領等の作成、維持管理
- ・緊急時の各JASTグループ内連絡及び連絡網の整備

3.2 豪州の安全管理体制

豪州側は、豪州政府代表のSOLOをリーダーとし、実験場総責任者（RM：Range Manager）の監督のもとでGSOが全ての地上安全を監督した。また、日本との調整は、SOLOを介して行なわれた。図3-2にその体制を示す。

豪州側の各担当者の主な役割は以下の通りである。

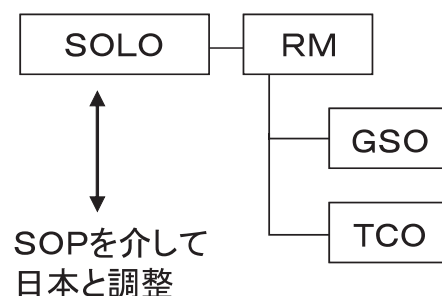


図3-2 豪州の安全管理体制

①安全運用連絡調整官（SOLO）

- ・豪州政府の代表として、豪州側の全責任を負う
- ・SOPのレビュー及び維持改定の管理
- ・打ち上げ準備作業中の結果のレビュー及び安全に係わる場合の日本側への提案
- ・実験場内の状況監視（地上、上空）
- ・飛行安全管理責任

②実験場総責任者（RM）

- ・ロケット点火直前までの全ての作業に関する安全の管理、監督
- ・打ち上げカウントダウン中の緊急停止
- ・風に関する打ち上げ条件の確認
- ・雷雲接近時の安全管理

③地上安全責任者（GSO）

- ・打ち上げ準備作業の安全に係わる手順のレビューと承認
- ・安全に係わる作業の立会い
- ・カウントダウン作業での射点（LA1: Launch Area 1）の人員管理
- ・点火回路の安全性の確認
- ・ランチャ設定角の確認
- ・火工品作業手続き等（必要な場合）
- ・異常事態時の事故対策指揮官（ISC：Incident Site Commander）

④飛行実験管制官（TCO: Trial Control Officer）

- ・実験作業の日々の調整
- ・WPA への立ち入り許可の調整
- ・SOLO, JTC（Japanese Trial Coordinator）との調整
- ・打ち上げカウントダウンのコントロール
- ・RFサイレンスを含む場内放送
- ・点火ライン接続スイッチのオンオフ
- ・地上、上空の侵入者の監視

3.3 緊急時の体制

緊急時の対応は、豪州側発行の緊急対応計画書（Emergency Response Plan）¹⁰⁾ に定義されており、緊急対策委員会は、以下のメンバから組織されている。

委員長： SOLO

事務局： TCO

委員： 豪州実験隊（RM, RSM, GSO）、日本実験隊（FED, JSO, JGSO, JTC）、南オーストラリア州警察、WES（消防、救急）、ウーメラ消防署、ウーメラ病院

緊急事態が発生した現場では、豪州GSOがリーダーとなり安全の確保・対応・処置を行なう。

4. 保安物の管理

保安物とは、火薬類以外に高圧ボンベやバッテリー類、溶剤等を示す。ここでは、主に火薬類の管理について記述する。

4.1 火薬類の管理

火薬類の管理は、JAXA 資料「小型超音速実験機（ロケット実験機）豪州飛行実験等 火薬類管理要領」¹¹⁾ にその詳細が規定されている。本文書は、第1回飛行実験前に旧NAL文書として一度制定され¹²⁾、その後、一部改定を加えて第2回飛行実験前にJAXAの規定として再制定された。

これらの規定は、あくまで日本人向けの要領となっている。豪州側は、GSOが中心となり豪州のルールに基づいた管理を行った。

ここで取り扱う火薬類は、以下の通りである。

- ・ロケットモータ
- ・ロケット用火工品（試験用含む）
- ・実験機用火工品

(1) 火薬類管理組織

全体の安全管理体制は、プロジェクト全体として定義されているが（図3-1）、特に火薬類の管理体制については、文献9）の中で管理体制が以下の様に定義されている。

- ・火薬類取り扱い統括責任者：実験隊長
- ・火薬類取り扱い責任者：副隊長
- ・管理責任者：ロケット班長（JGSOが兼務）

(2) 保管場所

第1回の飛行実験前に、ロケット用2式、実験機用4式の火薬類がWPAに輸送され、専用の保管庫に保管された。当初、2本のロケットモータはEFS（Explosive Fitting Shop）に保管する予定であったが、豪州の法律により同じ建屋に2本保管することができず、EFSの隣にストレージと称するロケットモータ保管庫（図4-1）を新設し、1本はコンテナに入れた状態でストレージ内に保管し、もう1本は同様の状態でEFS内に保管することが可能となった（図4-2）。

他の火工品類は、新設されたTS1（Test Shop 1）の奥の隔離された部屋に保管された。また、第2回飛行実験の準備作業では、実験機の一部の火工品ハーネスのシールド化作業（信頼性・安全性向上）を実験場で行なう必要が生じたため、TS4（Test Shop 4）の建屋内の既存の火工品保管庫も作業中の一時保管場所として使用された。表4-1に建屋毎の火薬類保管状況一覧を示す。参考のために実験場（Range-E）内の建屋のレイアウトを図4-3に示す。図中IBからLA1までの距離が1kmである。

表4-1 火薬類の保管場所

建屋	用途及び保管された火薬の種類
EFS	<ul style="list-style-type: none"> ・ロケット部の組み立て、機能試験、関係者控え室用 ・ロケットモータ及び点火モータの保管 ・EFS建屋横にロケットモータの専用保管建屋を設置（ロケットモータストレージ）
TS1	<ul style="list-style-type: none"> ・実験機の組み立て、機能試験用建屋 ・隔離された角部屋を火工品専用の保管庫として新設 ・ロケット点火用火工品、非常系火工品、実験機回収系用火工品の保管 ・リーフイングカッターは、パラシュート専用コンテナの中に保管
TS4	<ul style="list-style-type: none"> ・実験機回収系用火工品ラインにシールド作業場所として使用 ・シールドが必要な火工品を建屋内の既設の一時保管庫に保管



図4-1 ロケットモータストレージ (EFS横)



図4-2 ロケットモータ単体保管状態@EFS

図4-3 RANGE-E内の建物のレイアウト
(Google Earthより)

(3) 作業場所での安全

ロケット単体や実験機単体の組み立て時や機能試験時の火薬類の取り扱いは、それぞれEFSとTS1, TS4で行われた。つまり、これらの建屋は火薬類の保管兼作業用の建屋として使用された。また、ロケット部が完成しEFSからLA1 (Launch Area 1) のMS (Movable

Shelter) 内に移動されてから打ち上げまでの間は、ロケットはランチャに吊り下げられた状態でMS内に保管されることになる。以下、それぞれの建屋での作業時の安全についてまとめる。

① EFS

EFSは、その名の通り爆発物を取り扱う専用の建屋であるため、建物自体が立ち入りを制限するための金網の柵で囲まれている。敷地内に入るためには、鍵のかかったゲートを通過する必要があるが、ゲートからEFS建屋までは、保安距離として50 mが確保されている。EFSでは、ロケットモータの保管及び組み立て作業が行なわれることから、柵より内側では火気類及び携帯電話が禁止された。同様に車の進入は、ロケットモータ作業や必要な最小限の作業にとどめ、人の移動用の車は、全てゲート手前に駐車することとした。

豪州側のルールでは、図4-4に示す様にゲート横に危険物を入れる箱が用意されていて、ライターや携帯電話等危険物をその箱に入れてからゲートを通ることになっていた。



図4-4 EFSゲートでの危険物保管箱

② TS1

TS1の火工品保管庫は、TS1の角の部屋の小部屋の奥に設置されていた。実験機組み立てに使用される作業エリアでは、実験機の火工品搭載前までは火気類禁止のみとし、火工品搭載後は携帯の使用も禁止とした。また、火工品保管庫から20mの範囲を常時駐車禁止とした。

③ TS4

TS4での作業は、火工品作業だけで並行作業等は無かったためTS4全体を火気、携帯厳禁とした。

④ MS

MSは、LA1にあるロケットランチャを収納するための移動式シェルターである。MSでは、図4-5に示す様に完成したロケット部がランチャに吊り下げられ保管される。従って、MSの内部では、他の場所と同等の規定を適用するとともに、作業時の人数を必要最小限にとどめる立ち入り規制を行なった。



図4-5 MS内でのロケット保管状態

(4) 出納管理、鍵の管理

前述の通り、火工品の出納管理責任者はロケット班長が兼任し、出納簿の管理、火工品保管庫、ロケットモータ保管庫、EFSそれぞれの鍵の管理等を行った。一方、GSOはSOPに基づき、火薬類の種類、数が記載されている各保管場所の保管許可証を各保管場所の扉の横に掲示した。火薬類の建屋間の移動が発生した場合は、その都度JGSOがGSOに申告した。

4.2 その他の保安物管理

火薬類以外の保安物として、SOPに記載され管理されたものは以下の項目である。それぞれ、使用場所(EFS, TS1等)で各担当メーカにより管理された。

- ・エアバッグ用ボンベ
- ・銀亜鉛電池
- ・熱電池
- ・接着剤、シーラント類
- ・溶剤

5. 豪州との調整

5.1 火工品の点検方法

ロケット点火用火工品には、旧ISASのST-735ロケットを流用しているため鋭感型火工品が用いられ、ロケット/実験機間用分離ボルトや実験機回収系用火工品には、鈍感型火工品が用いられた。これら2種類の火工品

の主な仕様を表5-1に比較して示す。

表5-1 鋭感型と鈍感型火工品の比較

	鋭感型	鈍感型
用途 (例)	ロケット点火	パラシュート分離
ブリッジ抵抗	0.8 Ω	1.2 Ω
推奨電流	0.8A × 10ms	5A × 7ms
最大不発火電流	0.25A × 1分	1A × 5分以上
接続前の確認	検知管	ストレイ電流計測
搭載後の確認方法	点火玉導通試験	コネクタの機械的接続の確認

第1回の飛行実験の準備作業では、火工品点検の方法が火工品を製造したそれぞれのメーカの考えに基づいて決められていたが、第2回飛行実験時は、三機関統合後ということもあり、JAXAとしてできるだけ統一した火工品点検手順を制定することが望まれた。しかしながら、これら2種類の火工品はそれぞれ固有の手順により安全が確保されてきたものであり、一気に手順を統一することは、かえって目に見えない危険を冒す可能性もあることから、手順の統一は実施しなかった。

結局、全体システムとしてはロケット点検方式（鋭感型）と実験機点検方式の2種類の方法（鈍感型）が混在することとなった。それぞれの方式の主な特徴を以下に示す。

① ロケット方式（鋭感型）

- ・火工品搭載前に火工品と同等の点火玉を使った実電流負荷による発火試験を実施する。（国内機能試験時）
- ・火工品の接続前に迷走電流計測するために、検知管を接続し発火しないことを確認する。
- ・ロケット組み立て終了後、点火電源側（地上設備）から微弱電流を流すEND-TO-END導通試験を実施し、点火ライン全体の導通の確認を行なう。
- ・実験機の手順を一部組み入れ、ストレイ電圧計測も行う。（第2回飛行実験で追加）

② 実験機方式（鈍感型）

- ・火工品のコネクタ接続時は事前にストレイ電圧を測定し安全を確認する。
- ・火工品搭載前に機能試験として、火工品模擬抵抗を用いた発火電流確認試験を実施する。
- ・火工品搭載後のEND-TO-END試験は実施しない。コネクタの機械的で接続を確実にすることにより保証する。

5.2 FLIBの追加

ロケットの点火は、地上から電源（LA1にあるハットメントと呼ばれる小屋に設置）を供給することで行な

われるが、射点LA1での作業中にロケットを誤点火させない様に、独立に電源ラインを遮断する回路の追加が豪州側から要求された（第1回飛行実験前）。

日本側の地上設備設計当初は、打ち上げカウントダウン中（点火前まで）の緊急停止は、管制棟（IB: Instrumentation Building）のTLMルームにいる打ち上げ作業責任者（LOL: Launch Operation Leader）及びIB内RCC（Range Control Center）にいる日本側実験責任者（JTC: Japanese Trial Coordinator）だけが実施可能な様な設計であったが、豪州の要求により追加されたFLIB（Firing Line Intercept Box）によって、図5-1に示す様にRCCにいる豪州TCO（Trial Control Officer）が日本側と独立に点火ラインを遮断することができる様な構成となった。

このFLIBは、発射制御装置の後流側の点火ラインにダイレクトに接続されているため、LA1での作業安全の確保には非常に有効なものであった。電源からロケット点火火工品まで全系がつながった状態でのLA1作業では、GSOがRCC内に設置してあるFLIB-KEY（KEYは、OFFの状態ではしか抜けない）をTCOから必ず受け取りLA1に携行することでLA1での作業安全をより確実なものとした。

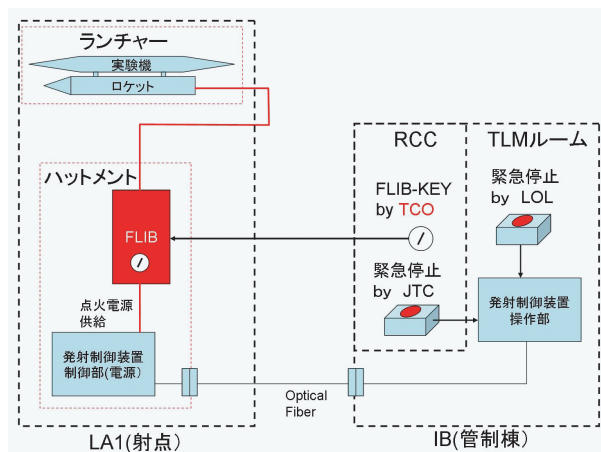


図5-1 IB～LA1のブロック図

また、FLIB内のコネクタの最終接続をフリーズするために豪州により接続部に封印シールが貼られた。図5-2に封印シールを貼られたFLIB内の様子を示す。

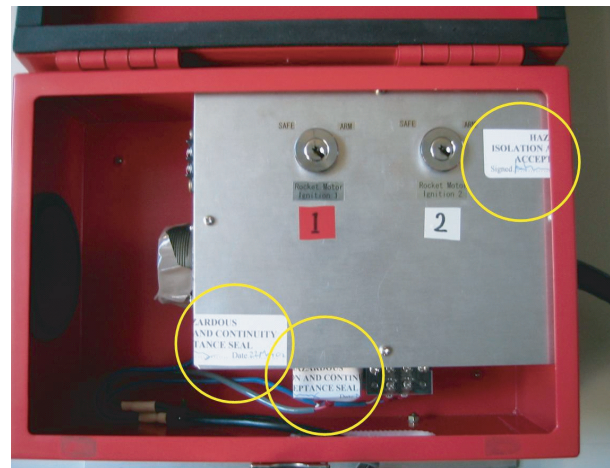


図5-2 FLIB内の封印

5.3 手順書の確認

SOPでは、火工品に関連する作業はすべて「Hazardous Operation Procedures」と定義され、全ての手順書をGSOが点検・承認することが義務付けられていた。そのため、Hazardous Operation Proceduresに指定された作業の手順書は、全て英文併記で作成された。また、火工品本組みつけが開始されてからは、作業のほとんどが危険作業扱いとなるため、打ち上げまでの期間をD-day（第2回飛行実験ではD-20日から開始した）と称し、D-day期間中は、毎日のミーティングの後にSOLO（必要に応じてGSOも参加）と翌日の危険作業の識別、RFサイレンス等の要求、その他のインターフェース事項の調整を行い、日豪間に情報の齟齬が生じない様努めた。

危険作業として英文化された作業は、大きく3つに分類される。ロケットの組み立て・点検手順、実験機の組み立て・点検手順及び実験機/ロケットの回収手順である。

第1回飛行実験準備作業時は、初めての実験準備であり、豪州での準備期間が十分確保されていたため（約6ヶ月）、豪州作業を開始してから豪州と種々の調整を行う時間的余裕があった。第2回飛行実験では、コスト及び実験場利用可能期間の制約から、飛行実験準備作業開始前に日豪間の調整事項を極力終わらせることとし、6月末まで（飛行実験準備作業は7月中旬から開始）に手順書のドラフト版を全て豪州に説明し、SOLO、RM及びGSOの了承を得た。

実際の作業では、全ての作業にGSOが立ち会い、その都度作業安全を確認しながら進められた。

6. 豪州作業における安全管理の実際

以下に示すイベント毎に第1回及び第2回飛行実験の豪州作業での実際の安全管理について整理する。尚、第1回飛行実験準備作業は、内容が第2回とほぼ重複するためここでは省略した。

- ① 第1回飛行実験失敗後
- ② ロケットモータ加工
- ③ 第2回飛行実験準備作業
- ④ 第2回飛行実験カウントダウン作業
- ⑤ 第2回飛行実験回収作業

6.1 第1回飛行実験失敗後の安全

第1回飛行実験は、2002年7月14日に実施されたが、ロケット点火直後に実験機がロケットから分離され、実験機は、ランチャ直下に落下した（図6.1-1）。実験機を失ったロケット部は、全体の重心がずれてしまったこと及び元々ノズルが傾いていることからスパイラルを描きながら約13秒間飛翔し、発射点から約200m北西に墜落、炎上した（図6.1-2）。

ロケットが燃焼しながら墜落するという大規模な事故にも関わらず、人的被害も地上設備等の損傷も全く発生しなかったことは幸いであった。

事故直後は、SOPに定義されている手順に基づきSOLOをリーダーとした「緊急対策委員会」（日本側FED、JTC、TSO等を含む）が設置された。SOLOとRMの協議の結果、人的・物的被害が無いことから、事故のレベルは、SOPに定義されている「Minor Incident」と位置づけられ、その後の事故調査方針が決定された。

一方、日本側では、FEDをリーダーとする「現地調査委員会」が設置された。図6.1-3にその体制を示す。現地調査委員会の作業は、設計結果の確認から現場作業まで多岐に渡ったが、安全に関わる作業に関しては前出の「緊急対策委員会」（SOLOがリーダー）の監督下に置かれた。

以下、実際に行われた事故後の作業について安全の観点から整理する。



図6.1-1 落下した実験機



図6.1-2 ロケット落下時の爆発の様子



図6.1-3 現地調査委員会組織図

(1) 安全の確保（24時間放置）

落下したロケットには未発火の非常装置が搭載されたまま、実験機にはエアバッグ用の高圧ボンベや未発火の工品が搭載されていたことや、テレメータ電波が送信され続けていたことから、搭載されたバッテリーが確実に消耗すると考えられる間（24時間）、実験機及びロケットを放置することとした。

(2) ロケットの安全処置

ロケットには、異常飛行時にロケットモータを爆破できる非常装置が搭載されていたが、ロケット側のアンテナが脱落しモータ爆破の電波を受信することができず、ロケットは破壊されないまま地面に墜落した。(1)の安全時間の確保後、GSOと日本側ロケット担当者が最初にロケットモータに近づき、落下点周りの状況の確認を行なった。その結果、未発火の非常装置は発見されたが、推進薬は全て燃え尽きており、推進薬片は全く発見されなかった。その後、事故調査時の作業安全を確保するために、未発火の非常装置を事故位置から50m以上離れたところに移動した。この非常装置は、翌16日午後、豪州の専門家により、火工品廃却専用の場所にて廃却（焼却による発火）された。

また、ロケットには発火の可能性が残るリチウムを含む熱電池が搭載されていたため、撤収するまでは水によ

る発火を防ぐために雨露をしのぐ養生を施した。

③ 実験機の安全処置

実験機には主に回収系統用の多数の火工品が搭載されていたが、事故の数時間後、火工品動作時の想定飛散域及びテレメータ電波の人体影響域内に近づかないという条件で、GSO及び実験機設計担当者が実験機の被害状況の確認を行なった。

安全に関わる被害状況は以下の通りであった。

- ・非常停止用のカートリッジアクチュエータは、停止信号を受信し発火していた。
- ・メインシュート部のバグラインカッターは、パラシュートコンテナ部の破損により作動していた。
- ・その他の火工品は、構体内部にあるため発火／未発火の識別ができなかった。

24時間放置後も機体内に未発火の火工品が残っているため、以下の安全処置を施し飛散物等や実験機被害状況の確認を行った。

- ・ロケット／実験機間のアンビリカルコネクタを装着し点火回路を遮断した。
- ・バッテリーとJ/B間のコネクタを外して電源供給を遮断した。
- ・火工品動作時の想定飛散域に立ち入らない様作業場所を規制した。

実験機は、前胴部及び中胴部の結合部で破壊していたため、図6.1-4に示す様に前胴部とそれ以外の部分に分離してTS1へ輸送された。



図6.1-4 前胴部以外の実験機部の輸送

TS1で実験機の点検作業を行なった際、全ての火工品が取り外すことができた。取り外された火工品は安全な処置を施し、TS1の火工品保管庫に他の火工品と区別して保管された。第2回飛行実験後の撤収作業中に豪州によりこれらの火工品が廃棄処分された。

6.2 モーターケース追加工

(1) 背景

2002年の第1回飛行実験の失敗を受け、各部の設計強度を見直した結果、ロケット／実験機間の分離機構の強度向上が必要となり、それに伴い分離機構が結合されているロケットモータのモーターケースにステップ部を設ける切削加工の必要性が生じた。図6.2-1にモータ追加工部の詳細を示す。打ち上げ用に準備されたロケットモータは、既に推進薬が充填済みであり、推進薬が入ったままでのモーターケース加工という前例の無い作業が余儀なくされた。

本項では、モーターケースの追加工を実施するまでの安全性の検討結果についてまとめる。

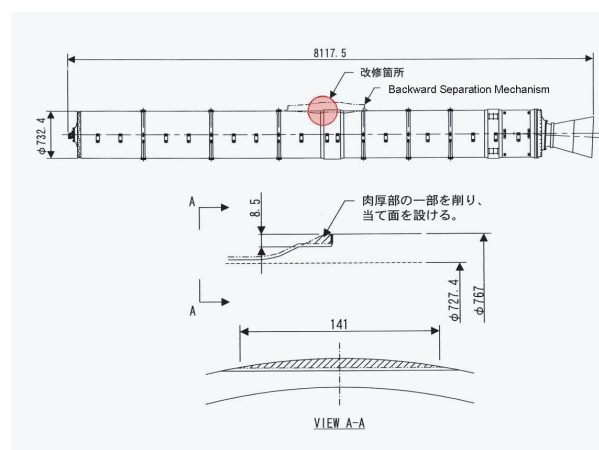


図6.2-1 モーターケース追加工部位概要

(2) 加工方法の検討

第1回飛行実験後は、推進薬入りのロケットモータが豪州に1本、日本に2本保管されていた。どちらを加工するかが最初の議論となった。作業性やコストから考えると日本に保管されているモータの加工が望ましかったが、国内での推進薬入りのモーターケースの加工の許可を監督官庁より得るには年単位の時間がかかることが予想されたため（製造メーカコメント）、早期の実験再開の観点から、国内での調整をあきらめ豪州ウーメラ実験場での作業実施の可能性を追求することとなった。

① 機械による加工（図6.2-2）

豪州側は、早期に飛行実験を再開したい日本側の事情に配慮し、豪州でのモーターケース追加工を前向きに検討してくれた。

モータを加工する部分は、深さ約9mm×幅約140mmであったため、ハンドツールを用いるよりは、切削機械を用いる方が、安全（削りすぎで内部の推進薬まで達しない）でかつ正確と考えられ、機械加工による案が最初

に検討された。しかしながら、ウーメラ実験場に切削機械を設置するコストがかなり高いことが判明し、機械加工案は却下された。

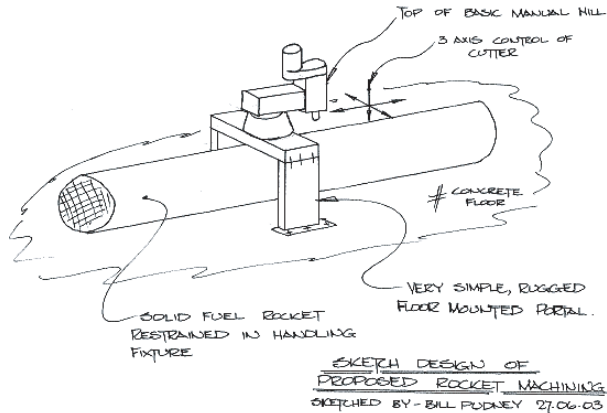


図6.2-2 機械加工案（豪州案）

② ハンドツールによる加工

その後、ハンドツールにより加工方法が日本のメーカー側で検討され、図6.2-3に示すようなエアツール（空気駆動）で加工する方式が豪州側に提案された。

提案された方式では、加工時にかなりの火花が飛び散ることから豪州側の納得が得られず却下された。最終的には、火花の出ない「のこ」と「やすり」を使った手作業での加工方法が採用された（図6.2-4）。

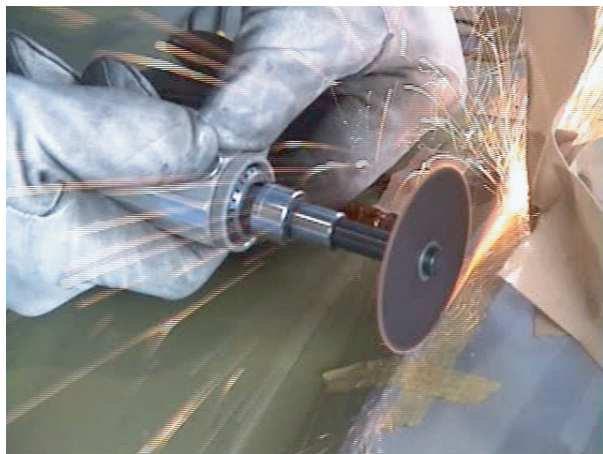


図6.2-3 エアツールによる加工の様子



図6.2-4 手やすりによる加工

(3) 安全審査

推進薬有りでのモータケース加工は、これまで固体ロケットモータの開発を行なって来た旧NASDA, ISASでも前例が無いこともあり、日豪双方で慎重に協議が進められた。以下にその経緯を示す。

① NAL 安全審査

【2003年6月】

モータケース追加工計画の豪州政府への説明に先立ち、担当理事や技術委員による安全審査を実施した。ここでは、基本的な作業の方針や実現性が安全であることが確認され、追って作業開始までに詳細な加工手順の安全審査を実施することとなった。

【2003年9月】

豪州政府との調整結果（2003年9月）を踏まえ、加工方法（手やすり方式）、加工手順、安全管理体制、安全性評価結果等をシステム技術検討チーム及び担当理事他に報告し、審査了承された。

② 豪州政府との事前調整

【2003年6月】

豪州ウーメラでのモータケース追加工の計画全般について説明し、基本的な了解を得た。

【2003年9月】

モータケース追加項の手順、安全管理体制、緊急時の対応、豪州側との連携体制等について豪州政府（GSO, SOLO）と調整。確認し、その結果（実施計画）を了解覚書として取り交わした¹³⁾。

③ 豪州リスクアセスメント

【2004年3月～10月】

モータケース追加工の設計変更は、飛行実験の成功に向けて信頼性を向上させるものとして豪州側に了承された。

④ JAXA 内安全審査

【2004年4月及び5月】 第1回システム安全審査

- ・モータケース追加工部の「設計変更内容」と「加工方法」が設計審査及び第1回システム安全審査会にて報告され了承された。
- ・追加工の具体的な「作業安全」について、第2回安全審査の中で最終確認されることとなった。

【2005年1月】モータケース追加工等安全審査

本追加工作業は、安全の観点から他の作業との並行作業ができないため、打ち上げ準備作業とは別の期間に実施することとし、第2回システム安全審査とは独立に安全審査を実施し、その手順等の安全が確認された。

(4) 安全要求文書

安全に関わる文書類を以下に示す。

① 豪州政府との覚書

- ・「NEXST-1 BOOSTER MODIFICATION」¹³⁾
(モータ加工作業及び安全管理に係る豪州政府との覚書)

② JAXA内安全管理文書 (SSTユニット発行)

- ・「豪州飛行実験等 安全管理要領」¹⁴⁾
- ・「豪州飛行実験等 火薬類管理要領」¹²⁾
- ・「ロケットモータ加工時の退避連絡等について」¹⁵⁾

(5) 安全教育

ロケットモータケース追加工は第2回飛行実験の準備作業としては最初の豪州作業となった。作業開始前に国内にて、JAXA担当者及び各メーカーの代表者を集め安全教育¹⁶⁾を行い安全意識の徹底を図った。

(6) 作業時の安全要求

作業時の要求事項について以下にまとめる。

① 加工場所の要求

- ・火工品が取り扱える場所で加工を行なうこと。

② モータ健全性要求

- ・加工時の振動環境が、ロケットモータが保障している振動環境以下であること。
- ・加工時にモータケースに有害な変形が発生するほどの過大な負荷を掛けないこと。
- ・加工時に推進薬等に性能の劣化をきたすような温度上昇を発生しないこと。

③ 安全性要求

- ・加工工具が作業ミスによりモータケースの厚肉部を突き破って推進薬まで達する能力が無いこと。
- ・駆動源にできるだけ電気をを用いないこと。
- ・加工時に火花が出ないこと (豪州要求)。
- ・JAXA 新型航空機技術開発センター SSTユニットで規定する安全基準に基づいて作業を実施すること。

④ 豪州との合意文書からの内容変更

- ・加工時のモータケースの温度モニタを電気式から、サーモラベルに変更 (分解能は、10度)
- ・サーモラベルが60度を示した場合は作業を中断
- ・最終仕上げは、安全のためにサンドペーパーだけで作業を実施

(7) 作業場所及び立ち入り禁止区域

① 作業場所及び人員配置

作業場所は、ロケットモータ組み立て作業を行なうEFSで行なう。EFS内のレイアウト及び人員配置を図6.2-5に示す。EFS内では、避難経路の確保や緊急時の救急箱等が準備された。

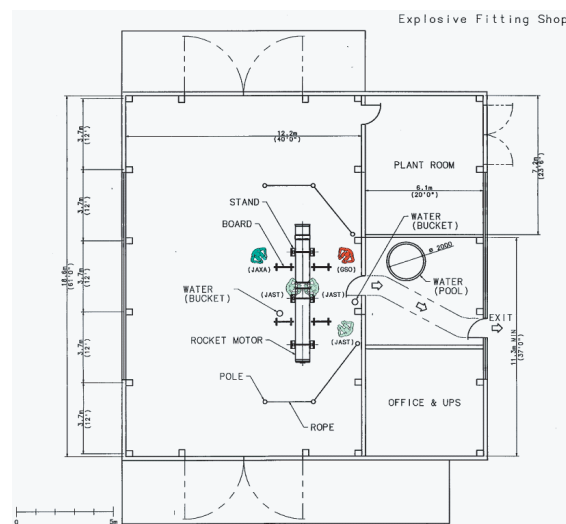


図6.2-5 EFS内の配置

② 立ち入り禁止区域 (図6.2-6)

- ・EFSより半径640m (推進薬静爆距離) 以内は、関係者以外立ち入り禁止
- ・半径640mに係るレンジ内の道路を封鎖

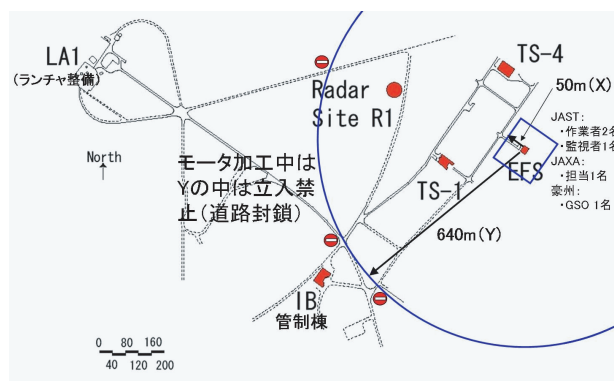


図6.2-6 立ち入り禁止区域の設定

(8) 作業の実施

① 加工手順

加工手順の流れを図6.2-7に示す。モータの健全性確認のために、加工の前後に超音波検査を行なった。具体的手順書は、「小型超音速実験機（ロケット実験機） ロケットモータ加工等作業手順書」¹⁷⁾にて規定している。

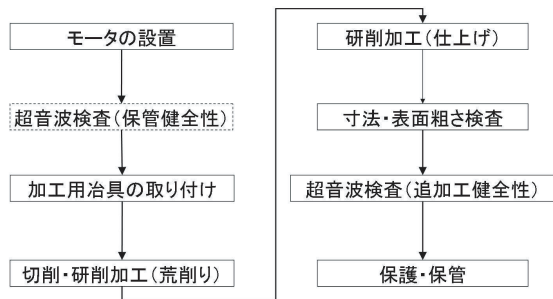


図6.2-7 加工手順

② 実施期間

2005年2月14日～2月16日

③ 安全処置の実際

加工作業は、安全上の問題も発生せず予定期間内に無事に終了することができた。安全に係わる現地の記録写真を以下に示す。

(a) 火工品取り扱い中の表示 (図6.2-8)

加工中は、作業中であることを明示するためにEFSのゲートの外に設けられた赤い旗を掲揚した。これは、事故が発生したときそこに人がいるのかどうかを確認するためで、豪州側が準備したものである。

(b) 救急箱等の常設 (図6.2-9)

加工時に眼に何か入った場合等を考慮して洗眼用の水が用意された。合わせて救急箱も用意した。

(c) EFSへの道路封鎖

EFSへ続く道路は、図6.2-10の様に道路を封鎖し、間違ってもEFSへ行かないようにした。

(d) ドアノブ (図6.2-11)

緊急時の即座に屋外へ脱出可能な様にドアのラッチボルトをビニールテープで止め、緊急時に押すだけで開くような工夫を施した。

(e) 作業者のアース (図6.2-12)

作業者は、安全のためにアースバンドを足に装着した。

(f) モータ健全性確認 (図6.2-13)

加工の前後に超音波検査によりモータの健全性を確認した。



図6.2-8 EFSゲートの赤い旗



図6.2-9 洗眼用の水と救急箱



図6.2-10 道路の封鎖状況



図6.2-11 ドア・ラッチボルトの処置



図6.2-12 アースバンドの装着



図6.2-13 モータの健全性チェック（超音波）

6.3 第2回飛行実験準備作業の安全

(1) 体制

第2回飛行実験準備作業は、2005年7月12日より開始された。安全の体制は、第3章で示した通りである。

(2) 安全の監督

毎朝のミーティングでJGSOから安全に係わる注意事

項を連絡・徹底し、夕方のミーティング（デブリーフィング）で、翌日の安全に係わる事項の確認（火工品作業の有無、立ち入り規制の有無、電波関連作業の有無、RFサイレンスの時間帯等）を行なった。デブリーフィング後は、SOLOとのミーティングを行い、RFサイレンス（TCO担当）、火工品作業の立会い（GSO担当）の時間帯等を調整した。

また、適宜JGSOにより現場の安全確認を行なった。

(3) 作業時の服装等

作業場所での安全のために以下の項目をルール化した。

- ・作業場では、帽子、ヘルメット、安全靴着用する。
- ・ヘルメットは作業現場での着用を基本としたが、実験機表面のセンサ類や平滑面を傷つける可能性がある場合は、着用の要否をその都度判断可能とした。
- ・火工品取扱者及び装着後の作業者は、全て帯電防止服、安全靴を着用し、特に取扱者に関しては、アースバンドの着用する。
- ・EFS,TS1等の火工品作業場に入るときは、アース棒で人体の静電気を逃がす。

(4) 立ち入り規制

各作業での立ち入り規制は、以下の3種類に分離される。

① 火工品作業

各火工品作業での立ち入り規制は、以下の通りである。

(a) EFS作業

EFSには、ロケットモータが保管されていることから関係者以外は立ち入り禁止とした。また、EFSに人がいる時は、必ず赤旗の掲揚を行なった（豪州要求）。また、EFSでの火工品点検時には、EFSゲート内はゲートを封閉した（図6.3-1）。



図6.3-1 EFSのゲートの封閉

(b) TS4作業

TS4では、実験機の火工品の単体点検と国内で実施できなかったハーネス部のシールド化を行なった。本作業は、コネクタタイプではなく火工品に直接つながっているハーネスの加工作業であったことから図6.3-2の様な保護具装着での作業となった。TS4は、この作業専用に使用することができたので、建物そのものを関係者以外立ち入り禁止とした。



図6.3-2 TS-4での火工品作業の様子

け干渉しない様なスケジュールを組むと共に、火工品作業時は、TCOから「RFサイレンス」をレーダーサイトに連絡しレーダーからの電波放射作業を行なわないようにし、その状況をJGSOがインカムでアナウンスした。IB屋上にコマンド送信アンテナが設置されたため、アンテナ使用時は屋上への立ち入りが禁止された。

また、実験機のテレメータ機能試験時に作業者が実験機の直近で電波強度を計測する作業が必要であったため、図6.3-4に示す様な電波防護服を豪州より借用した。

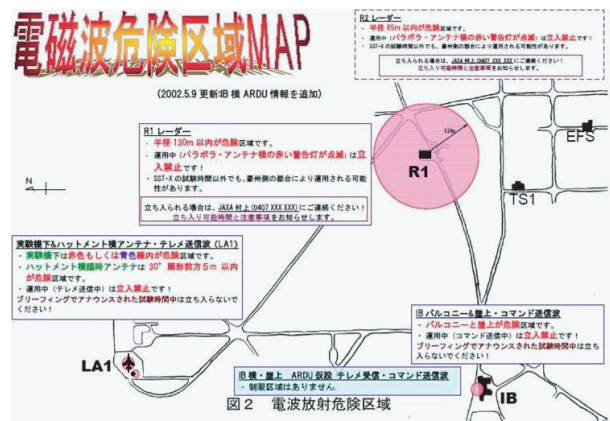


図6.3-3 電波放射危険域の揭示

(c) LA1作業

ロケットモータがEFSからLA1に移動した日 (D-10) から、RANGE-Eの入り口及びIBからLA1につながる道にセキュリティゲートを設け、24時間監視のガードマンを配置し、セキュリティ管理を行なった。その時点からは、LA1に行く場合には、前日にJGSO経由でSOLO (TCO) に申請し、入退場毎にガードマンが、申請リストとIDカードの照合を行なった。

② 雷雲接近時

9月後半には、雷雲の接近が何度か発生した。雷雲監視は、RCCにあるストームスコープをRMが監視し、必要に応じて日本側に通告することとした。

ロケット関係者は、ロケットモータが保管されている (LA1に移動後も寿命切れの点火モータが保管されている) EFSで、実験機関係者は、火工品 (主に第1回の事故機品) が保管されているTS1で作業を行なっているため、雷警報が出ると総員がIBへ退避した。

(5) 電波放射 (RF) に対する安全

電波放射は、放射される電波に対する人員の安全の確保に加えて (図6.3-3)、火工品に対する安全を考慮する必要がある。

準備作業では、電波放射と火工品関連作業ができるだ



図6.3-4 電波防護服による作業

6.4 第2回飛行実験カウントダウン作業の安全

飛行実験当日は、T (打ち上げ時刻) より270分前に打ち上げのGO/NOGOの判断を行い、カウントダウン作業を開始する。

(1) 体制

カウントダウン時の体制は、前日までの飛行実験準備作業とは異なる。当日は全ての管制が管制棟 (IB) から行なわれた。図6.4-1に示す様にIBは2階建となっており、作業関係者は、2階のRCC及びTLMルームか、

1階の待機室（食堂）で待機或いは作業を行なった。

実験全体は、RCCにいるJTCが指揮をするが、T-270min～T-0minの間は、TLMルームにいる打ち上げ作業責任者LOL（LOLとLOL2の2人で分担）が具体的指示を射点作業責任者（LAL: Launch Area Leader）にコールするという形をとった。

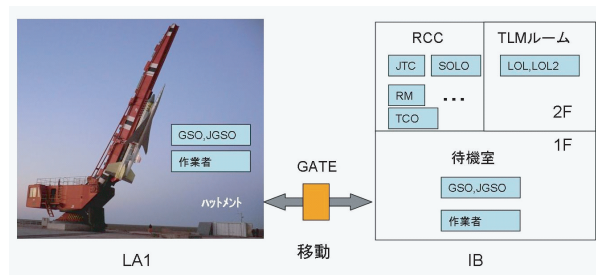


図6.4-1 カウントダウン作業時の人員配置

(2) 安全の確保

① LA1作業

LA1では、ランチャ作業、実験機作業、ロケット作業、ハットメント作業等かなりの作業があったが、既にロケットが完成状態であることから、常に作業は必要最小限の人数に絞って行なうことを最優先した。そのため、並行作業が発生しない様なタイムスケジュールを組むと共に、一つの作業単位のグループがIBに戻って来たことを確認してから次の作業単位の作業グループがLA1へ向かうような手順をとった。

LOLからコールが来ると、待機しているGSO, JGSO（LALを兼ねる）が、作業者と共にLA1に移動し、GSO監督の下、LA1での最終作業を行なった。IBとLA1の間には、前述の通りゲートが設けられおり、ゲートを出入りする度に一人一人のIDと申請リストの照合がガードマンにより行なわれた。

全てのLA1作業が終了した時点で、総員がLA1より退避したことをGSO/JGSOが確認し、LOLに伝えることでLA1の安全の最終確認を完了した。

② IBの人員退避

全員がIBに退避した時点で、各部屋（総務班の部屋を含む）の人員点呼が行なわれ、最終安全の確認を行なった。

③ 飛行実験中

第2回飛行実験時は、ロケット飛行中に指令破壊を行った場合は、非常にまれなケースとして微小な破片がIBに落下する可能性があったため（IBの建物に損傷を与えるものではない程度）、打ち上げ時は、テラスや屋上等屋外等で打ち上げを見ることを禁じた。

④ 飛行実験終了

実験機の着地が確認された時点でJTCより飛行実験の終了がコールされ、そのコールをもってIB内退避が解除され同時にRANGE-E内の移動禁止も解除された。

6.5 第2回飛行実験回収作業の安全

実験機着地後は、実験機の回収作業及びロケットの回収作業が残されている。日本国内のロケットの打ち上げとは異なり、燃焼後のロケットは陸上に落下する。WPAは、「クリーンアップポリシー」に基づき、飛行後のロケットのWPAから運び出すことを要求している。実験機もロケットも火工品を搭載しているため、回収作業では不発火の火工品が残っている可能性を考慮した作業手順が必要であった。

安全に関しては、これまでの作業同様、GSOが全ての安全を監督し、実効上の作業の安全を、JGSO（回収班リーダーを兼ねる）が監督した。

(1) 実験機の回収作業

全てのシーケンスが終了し実験機が無事着地した場合は、シーケンスを司る火工品は全て発火しているが、非常停止に使われる火工品（カートリッジアクチュエータ）が未発火のまま搭載されている。一方、シーケンスがうまくいかない場合は、実験機には未発火の火工品が搭載されたままの状態である。

着地した実験機の状態により、作業手順の内容が異なるため、実験機回収作業は3つのステップにより実施された。

① 実験機探索

実験機が着地した位置を確認後、実験機の探索及び安全状態の確認の目的で、GSO, JSOの2名がヘリコプターに搭乗し、探索に向かう計画であった。今回の実験では、地上カメラの映像より着地後のメインシュートの切断がうまく行っていないという判断がなされ（GSO判断）、上記2名の他にメインシュート設計担当者（米国IRVIN社）も探索に同行した。着地点に行ってみると実際はメインシュートは切断され、外見上は未発火の火工品もなく全てが正常であった。

② データレコーダの回収

次のステップで実験機からデータレコーダを取り出した。データレコーダを取り出す前に未発火の火工品（正常に着地している場合は、非常用のカートリッジアクチュエータ）の安全処置を行う必要があるため、データレコーダを取り出すための作業員の他に火工品取り扱いができる作業員を加えて着地点に向かった。実験機着地点は、IBから約15kmであったが、図6.5-1に示す様

な道路も無い場所であるため、回収班の安全確保の観点より以下項目を考慮した。

- ・自動車は、全て四輪駆動車
- ・回収班の先頭車両と最後尾車両は、安全の観点より豪州側が運転（図6.5-2）
- ・IBとの連絡のために衛星回線電話、無線、携帯電話
- ・車両間の通信に無線
- ・各車両に救急箱、水



図6.5-1 実験機回収地点

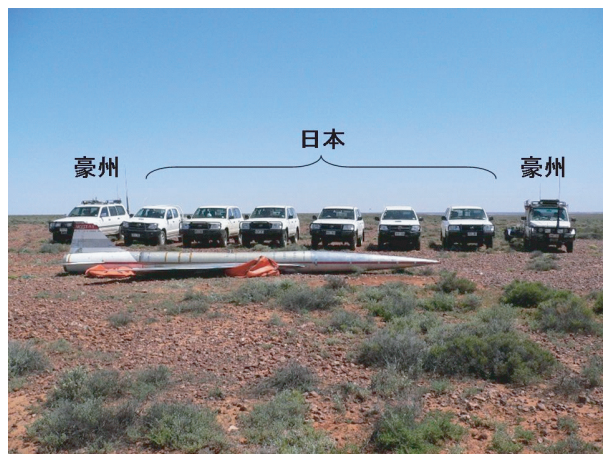


図6.5-2 回収班の構成

着地点に到着後は、最初に実験機から電波が発信していないことを確認した。バッテリーのコネクタを取り外した後、火工品メーカ担当者による火工品動作状況の確認を行い、未発火の火工品（カートリッジアクチュエータ）の安全処置を行った。全ての安全が確認された後は、飛行実験データを記録したデータレコーダの取り外し作業及び実験機養生作業が行われた。

③ 実験機回収

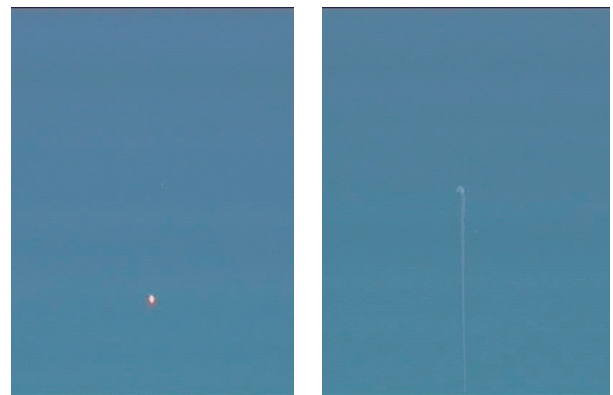
打ち上げ時刻の延期（ウィンドウを7時～12時と設定）や道路が無い場所からの回収作業であることを考慮し、

打ち上げ当日には実験機を回収せず、翌日に回収する計画としていた。初日は、計画通りデータレコーダのみの回収を行い、2日目に実験機の回収作業に移行した。2日目も初日と同じ準備を行ない、実験機の回収作業にあたった。回収作業で用いられた重機類のオペレーションは、豪州の法律に基づき、豪州の有資格者の作業とした。

(2) ロケット探索・回収の安全

飛行実験当日は、実験機発見後の2時間と翌日の2時間程度ロケットの探索を行なったが発見に至らなかった。

ロケットには、実験機同様、非常系火工品が搭載されているが、ロケット／実験機分離後、非常系火工品の動作が地上からのカメラで確認できたため（図6.5-3）、落下したロケットに安全上の問題は無いと判断され（GSO判断）、探索を終了した。



(a) 発火した瞬間

(b) 発火後の煙

図6.5-3 ロケット分離後のLSC動作の瞬間

しかしながら、撤収作業期間中に再度ロケット探索にチャレンジすることとなり、3台の4輪駆動車による地上からの探索を行った。ロケットは、着地予想地点に近いところで着地していたため、探索を開始してからしばらくして発見することができた。ロケットが着地した場所の様子を図6.5-4に示す。ロケットの落下シミュレーションによると実験機を分離後もロケットは風見安定で弾道飛行し、約マッハ1のスピードで頭から地面に激突する。図6.5-4の写真からもわかる様に、ロケット部は、直径数メートルのクレータを形成して胴体ごとすっぽりと地面に埋没したと考えられる。クレータの大きさからもマッハ1の激突のすざましさを確認することができる。クレータ表面や外周に散乱しているのはロケット後端部の尾翼部やノズル部のみであった。ロケット胴体部が地面にもぐる時に横に広がっている尾翼部は地面と衝突し、地中に埋没できずノズル部と一緒に砕け散ったと考えられる。



図6.5-4 ロケット着地地点の様子

ロケットの搭載品には、熱電池が搭載されており、溶液等が危険物にあたるため地中に全て埋まったロケットを掘り起こすことは、危険が伴うと判断され（GSO）、ロケットの掘り出し作業は行わず飛散物も合わせてその場に埋めることとなった。

飛散物の回収及び埋め込みは危険作業であることから、日本側は作業立会いのみとし、埋め込み及び整地作業は豪州側のみで行なわれた。図6.5-5にその時の様子を示す。豪州側が着用している防護服は、あらかじめ提出されているロケット部の材料安全データシート（MSDS: Material Safety Data Sheet）に基づき、豪州側が準備したものである。飛散物を埋めた後は、その場を平らにし、目印の赤い旗を立てた。



図6.5-5 ロケットの処理

6.6 第2回飛行実験後の危険物の処理

第2回飛行実験後、WPAに持ち込んだ危険物（SOPにリストアップされているもの）で残ったものは以下の通りであった。

①火工品

②溶剤及び接着剤

③使用済み及び未使用の熱電池

豪州の「クリーンアップポリシー」に基づき全て国内に持ち帰ることが原則であったが、豪州側との調整により、火工品は、豪州の手による廃棄処理を行うこととし、溶剤及び接着剤は今後の試験等を考慮して現地にそのまま保管することとなった。

7. まとめ

小型超音速実験機プロジェクトの豪州作業における地上安全について、豪州との枠組み、安全管理の体制、火薬類の管理、取り扱い方法、実作業での実施結果等を整理した。

今回のプロジェクトは、ロケットを豪州で打ち上げること自体が初めての試みであり、第1回の飛行実験準備作業中は、すべての作業が試行錯誤の連続であった。安全管理もその例外ではなかった。しかしながら、第1回飛行実験の経験や2週間のロケットモータ追加工業での経験を通して、第2回飛行実験に向けた磐石な体制を整えることができ、2回目の飛行実験では、作業中及び飛行実験での事故も発生せず、無事に終了することができた。

WPAは、これまでも固体ロケット爆破実験やALFLEX飛行実験やHyshot実験等JAXAの実験にしばしば利用されてきた。今後ともJAXAが実験場として利用していく可能性は大いに考えられる。本稿が今後のプロジェクトの安全管理の参考になれば幸いである。

8. 謝辞

第1回飛行実験で約7ヶ月、第2回飛行実験で約3ヶ月の豪州作業であったが、長きにわたる外国での作業であったにも関わらず、全期間を通して、安全に関わる事故が一度も発生しなかったことは誇るべきことである。これも一重にJAST（三菱重工業㈱、川崎重工業㈱、富士重工業㈱、㈱IHIエアロスペース、細谷火工㈱、日油技研工業㈱）をはじめとする実験隊員全員のお陰である。あらためて感謝の意を表する。

参考文献

- 1) 平子, 大貫, 町田, 進藤, 「小型超音速実験機」飛行実験概要, 日本航空宇宙学会誌, pp191-196, Vol.54, No.630, 2006年
- 2) 町田, 吉田, 多田, 川村, 本田, 「小型超音速実験機」実験機システム, 日本航空宇宙学会誌, pp219-227, Vol.54, No.631, 2006年
- 3) Commonwealth of Australia/NAL, "Agreement between Commonwealth of Australia and National

Aerospace Laboratory in relation on a Scaled
Supersonic Experimental Airplane Project,”

2001年

- 4) BAE SYSTEMS,” Assessment of the Risk Analysis for the Flight Trials of the SST Non-Powered Experimental Airplane in the Woomera Prohibited Area,” 2000年
- 5) NAL,” Safety and Operations Plan for the NEXST-1 Flight Trials in the Woomera Prohibited Area, Issue_1,” SST-0118, 2002年
- 6) BAE SYSTEMS,” Supplementary Risk Assessment for the NEXST-1 Flight Trials in the Woomera Prohibited Area,” SST/BAE/RP-005, 2004年
- 7) JAXA,” Safety and Operations Plan for the NEXST-1 Flight Trials in the Woomera Prohibited Area, Issue_2,” GNS-05016, 2005年
- 8) JAXA,「総合技術研究本部システム安全審査要領」(GGQ-03003A)
- 9) JAXA,「小型超音速実験機（ロケット実験機）システム安全プログラム計画書」(SST-0402), 2005年
- 10) AOSG,” Emergency Response Plan for the NEXST-1 Flight Trials in the Woomera Prohibited Area,” AR-011-748, 2005年
- 11) JAXA,「小型超音速実験機（ロケット実験機）豪州飛行実験等 火薬類管理要領」(GNS-05008), 2005年
- 12) NAL,「小型超音速実験機（ロケット実験機）豪州飛行実験等 火薬類管理要領」(SST-0208), 2002年
- 13) JAXA, ” NEXST-1 BOOSTER MODIFICATION” (モータ加工作業及び安全管理に係る豪州政府との覚書), 2003年
- 14) JAXA,「小型超音速実験機（ロケット実験機）豪州飛行実験等 安全管理要領」(GNS-05009), 2005年
- 15) JAXA,「ロケットモータ加工時の退避連絡等について」(SST-0423A), 2005年
- 16) JAXA,「小型超音速実験機（ロケット実験機）ロケットモータ加工等 豪州作業開始前 教育用資料」(SST-0420), 2005年
- 17) JAXA,「小型超音速実験機（ロケット実験機）ロケットモータ加工等作業手順書」(SST-0421), 2005年

付録 年表

2000年10月	RA実施
2001年2月9日	ロールアウト
2001年4月20日	日豪の協定締結
2002年1月22日	WPA 飛行実験準備作業開始
2002年6月25日	SOP Issue_1 制定
2002年7月14日	第1回飛行実験
2002年7月15日～	現地事故状況調査
2003年10月1日	宇宙航空研究開発機構発足
2004年9月7, 8日	SRA実施
2004年4,5月	第1回システム安全審査
2005年1月24日	ロケットモータ加工安全審査
2005年7月11日	第2回システム安全審査
2005年9月22日	SOP Issue_2 制定
2005年9月28日	第3回システム安全審査
2005年10月10日	飛行実験
2005年10月10日	実験機探索, データレコーダ回収
2005年10月10日	ロケット探索
2005年10月11日	ロケット探索, 実験機回収作業
2005年10月20日	ロケット探索
2005年10月24日	ロケット後処置
2005年10月27日	残火薬類廃棄処理
2005年11月3日	撤収終了

宇宙航空研究開発機構研究開発資料 JAXA-RM-06-011

発 行 平成 19 年 3 月 30 日

編集・発行 宇宙航空研究開発機構

〒 182-8522 東京都調布市深大寺東町 7-44-1

URL: <http://www.jaxa.jp/>

印刷・製本 株式会社 実業公報社

本書及び内容についてのお問い合わせは、下記をお願いいたします。

宇宙航空研究開発機構 情報システム部 研究開発情報センター

〒 305-8505 茨城県つくば市千現 2-1-1

TEL : 029-868-2079 FAX : 029-868-2956

© 2007 宇宙航空研究開発機構

※本書の一部または全部を無断複写・転載・電子媒体等に加工作することを禁じます。

