

委 1 0 - 3

宇宙実験用小型ロケット 2 号機
打上げ計画書

(平成 4 年 8 ・ 9 月期)

(案)

平成 4 年 6 月

宇宙開発事業団

目 次

1. 打上げ計画	1
1. 1 緒 言	1
1. 2 打上げ実施機関	1
1. 3 打上げ実施責任者	1
1. 4 打上げ実施場所	1
1. 5 打上げの目的	1
1. 6 ロケットの機種及び機数	1
1. 7 打上げ期間及び日時	2
1. 8 打上げ隊の組織	2
1. 9 ロケットの飛行計画	2
1. 10 微小重力実験計画	3
1. 11 ロケットの回収計画	3
1. 12 ロケットの主要諸元	7
1. 13 打上げに係わる安全確保	9
2. 関係機関への打上げの通報	12
3. 関係機関への情報の提供	13

表 リ ス ト

第1表	ロケットの飛行計画	5
第2表	実験装置と実験テーマ	6
第3表	ロケットの主要諸元	7

図 リ ス ト

第1図	打上げ隊の組織	4
第2図	実験機器部の形状	6
第3図	ロケットの形状	8
第4図	打上げ当日の警戒区域	10
第5図	ロケットの落下予想区域	11

1.10 微小重力実験計画

宇宙ステーション時代における微小重力実験に必要な、その場観察技術、温度測定及び温度制御技術等の共通実験技術を開発するために、第2表に示す5種類の実験装置により流体物理実験及び材料実験等を実施する。

第2図に実験機器部の形状を示す。

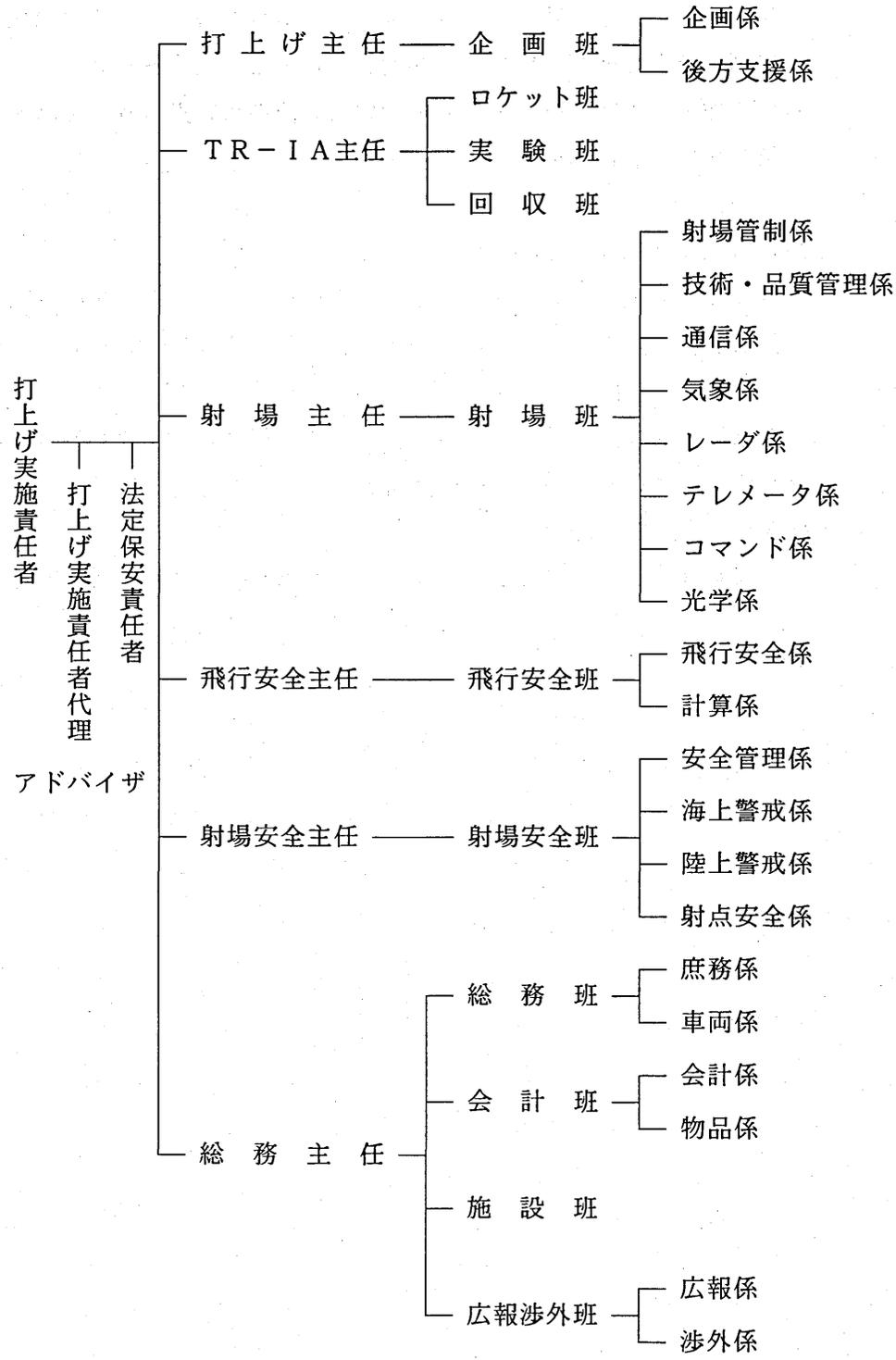
1.11 ロケットの回収計画

微小重力環境での実験を終了したペイロード部は、大気圏に再突入後、空気抵抗及びパラシュートにより減速されながら緩降下し、海面に着水する。

着水後、フローテーションバッグの展開が行われ、浮遊するペイロード部から発信されるビーコン電波と流出するシーマークを目標に、航空機が探索を行う。

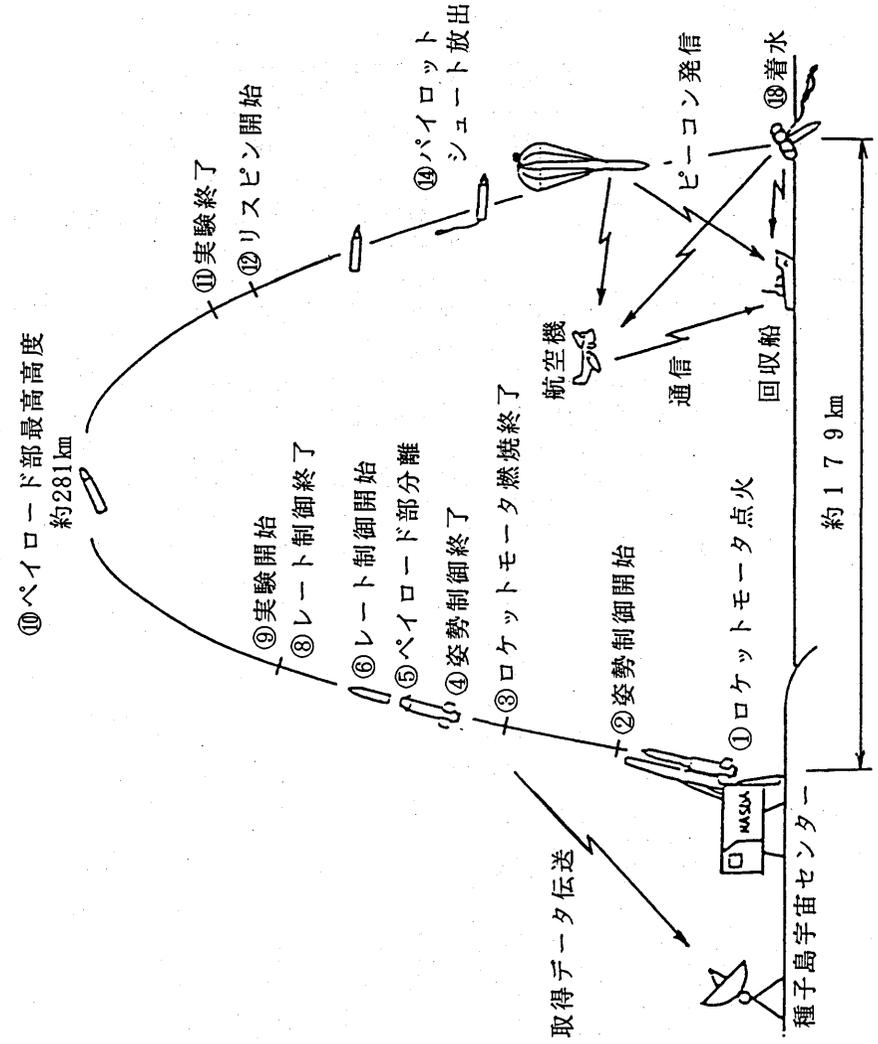
回収船は航空機と連絡をとりながら浮遊海域に向かい、回収を行う。

第1図 打上げ隊の組織



第1表 ロケットの飛行計画

事象	発射後経過時間 分 秒	高度 km
①ロケットモーター点火	0 0	0
②姿勢制御開始	0 1	
③ロケットモーター燃焼終了	0 52	55
④姿勢制御終了	1 3	
⑤ペイロード分離	1 4	79
⑥レイト制御開始	1 4	
⑦タンブリングモーター点火	1 5	
⑧レイト制御終了	1 20	
⑨実験開始	1 20	109
⑩ペイロード部最高高度	1 36	281
⑪実験終了	1 47	159
⑫リスピン開始	1 53	
⑬回収装置アミング	2 8	
⑭パイロシュート放出	2 9	
⑮ドローグシュート放出	2 10	
⑯メイニンシュート全開	2 10	5
⑰メイニンシュート全開	2 13	
⑱着水	2 13	
⑲フロートシューティング展開	2 13	

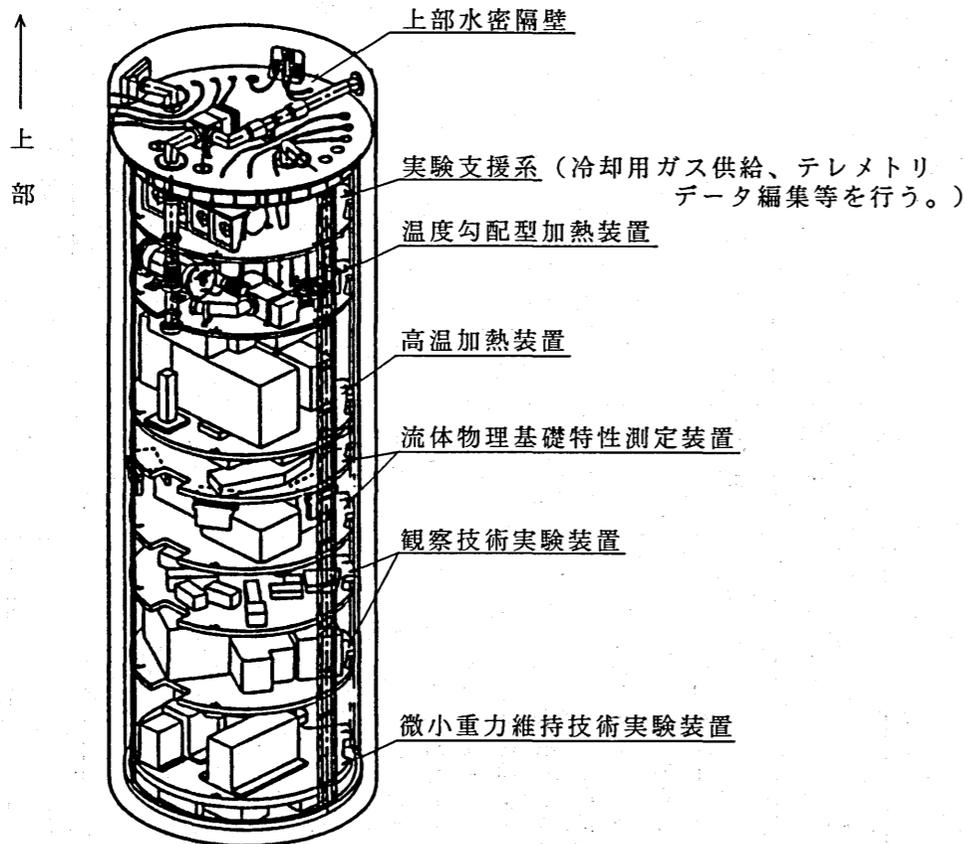


注：数値は概略計画値

第2表 実験装置と実験テーマ

実験装置	実験テーマ
観察技術実験装置	結晶成長時における界面及び環境相のその場観察実験
流体物理基礎特性測定装置	マランゴニ対流の発生とその制御に関する実験
微小重力維持技術実験装置	気泡の発生、成長及び移動に関する実験
温度勾配型加熱装置	半導体の融液成長実験
高温加熱装置	ガラス材料の溶融・凝固実験

第2図 実験機器部の形状



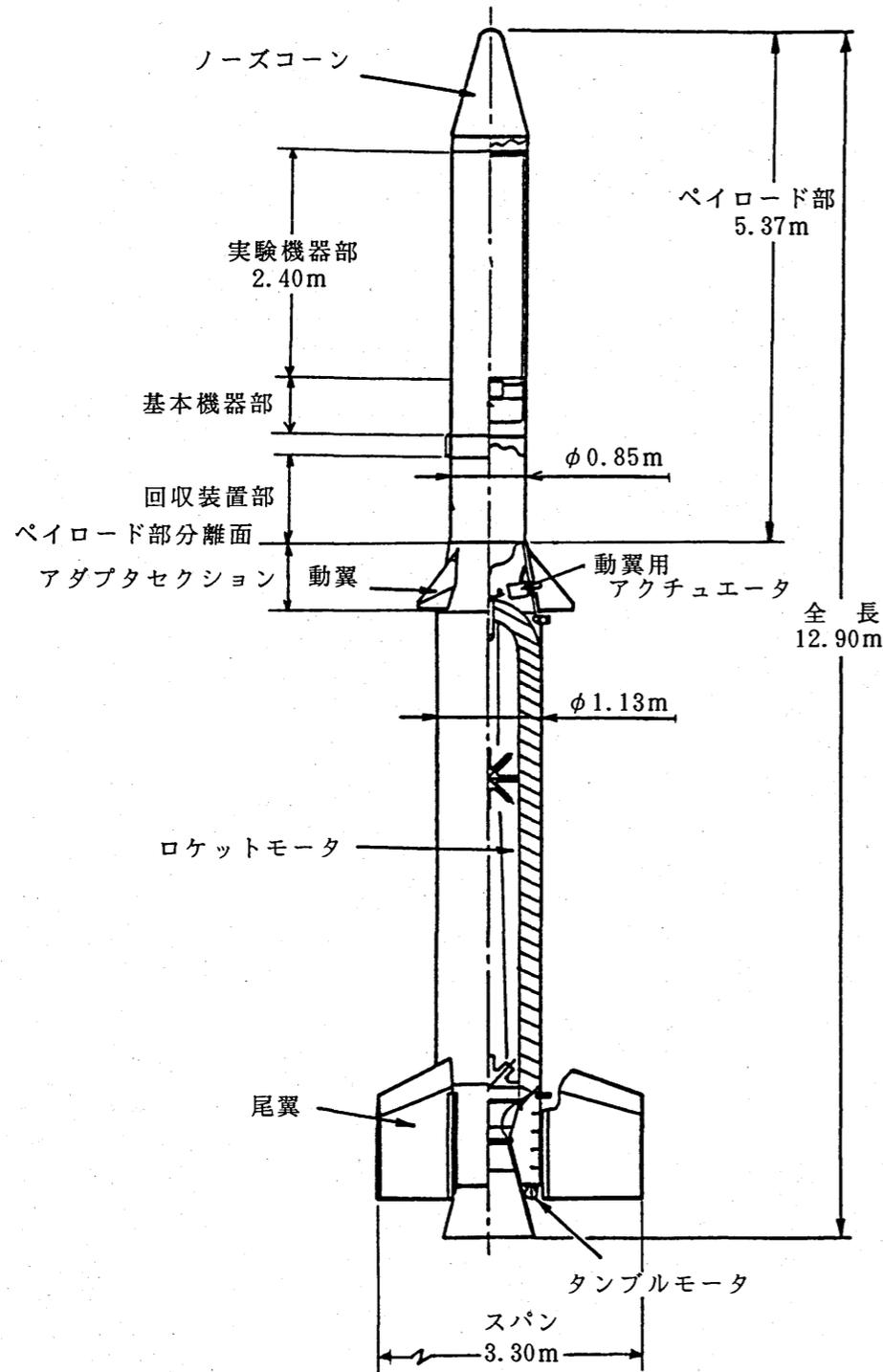
1.12 ロケットの主要諸元

ロケットの主要諸元及び形状を第3表及び第3図に示す。

第3表 ロケットの主要諸元

項目	各段等	第1段		ペイロード部
		モータ部	アダプタセクション	
全長 (m)	12.90			
	6.68	0.85	5.37	
外径 (m)	1.13	1.13(後部) 0.85(前部)	0.85	
全備重量 (t)	10.3			
	8.6	0.2	1.5 (実験機器部 0.7含む)	
推進薬	固体推進薬	—	—	
推進薬重量 (t)	7.0	—	—	
初期推力 (t)	62.0	—	—	
比推力 (s)	272	—	—	
燃焼時間 (s)	52	—	—	
発射上下角 (°)	80			
発射方位角 (°)	120			
到達高度 (km)	約 281		約 281	
水平飛行距離 (km)	約 179		約 179	
姿勢制御	ピッチ・ヨー	動翼		ガスジェット
	ロール	—		ガスジェット
搭載機器等	<ul style="list-style-type: none"> 指令破壊用火工品 タンブルモータ 	<ul style="list-style-type: none"> 動翼用アクチュエータ 動翼用電池 	<ul style="list-style-type: none"> 電池 ガスジェット 慣性センサパッケージ 制御電子装置 VHFテレメータ送信装置 (290MHz帯) C₁系レーダトランスポンダ装置 (5600MHz帯) 指令破壊受信装置 (2600MHz帯) 電力シーケンス分配器 回収装置 (ビーコン送信装置 (290MHz) 含む) 	

第3図 ロケットの形状



1.13 打上げに係わる安全確保

- (1) 打上げに係わる作業の安全については、打上げに関連する法令のほか、別に定める射圏安全管理規程、危険物及び重要施設設備の取扱いに関する規程並びに安全管理計画に従って、措置を講ずる。
- (2) 射場周辺住民に対する安全確保については、あらかじめロケット打上げ計画の周知を図り、警戒区域に立入らないよう協力を求める。
- (3) 打上げに係わる警戒については、次の要領により実施する。

ア. 陸上の警戒

射場及び射場周辺の警戒については、事業団において警戒員を配置し、巡回等必要な措置を講ずるとともに、鹿児島県警察本部及び種子島警察署に協力を依頼する。

(ア) 打上げ当日

打上げ当日における陸上警戒区域は、第4図に示すとおりとし、当該区域には一般の人が立入らないよう協力を求める。

(イ) 打上げ当日以外

危険物等の取扱場所の周辺には、関係者以外立入らないよう必要な措置を講ずる。

イ. 海上の警戒

(ア) 打上げ当日の海上警戒区域については、次のとおりとする。

海上警戒区域は、第4図に示す海域及びその周辺とし、当該区域には、打上げ終了まで船舶が立入らないよう必要な措置を講ずる。

(イ) 上記海上警戒区域のほか、ロケットの落下予想区域についても海面落下時間帯に船舶が立入らないよう協力を求める。

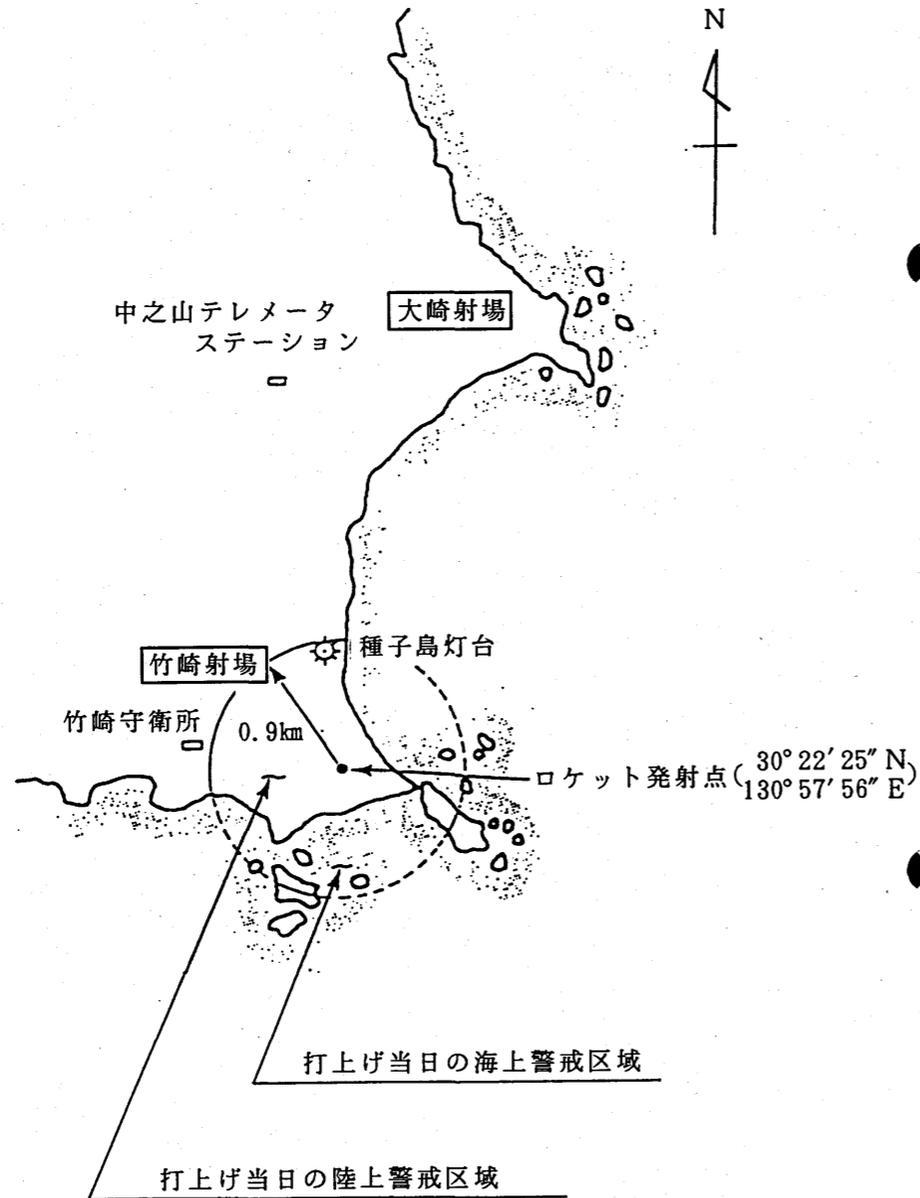
ロケットの落下予想区域を第5図に示す。

ウ. 射場上空の警戒

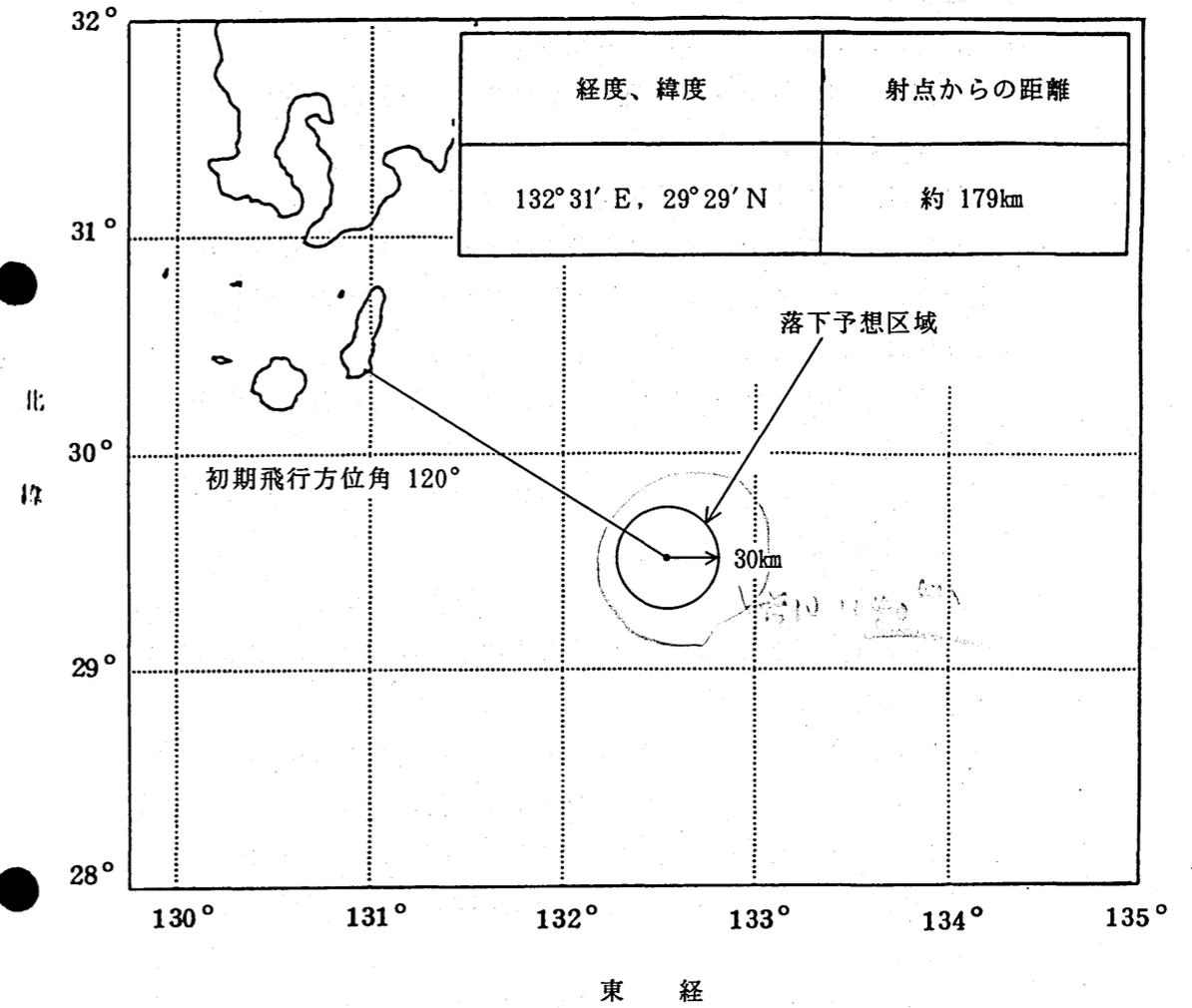
射場上空の航空機の航行安全については、運輸省大阪航空局の鹿児島空港事務所及び種子島空港出張所に連絡を行うとともに、所要の措置が講ぜられるよう協力を依頼する。

- (4) ロケットの飛行安全については、種子島宇宙センターにおいて取得されたロケットの飛行状態に基づき、安全を図るために必要ある場合には、所要の措置を講ずる。

第4図 打上げ当日の警戒区域



第5図 ロケットの落下予想区域



2. 関係機関への打上げの通報

ロケットの打上げの実施、打上げ日の変更等打上げ作業に係わる関係機関への通報は、次の要領により行う。

(1) 打上げの実施、打上げ日の変更等

原則として、打上げ日の前々日15時までに決定し、通報先関係機関に速やかに通報する。

(2) 打上げを実施する旨の通報後の変更等

当日になって、天候その他の理由により打上げを行わない場合には、打上げを行わないこと及び変更後の打上げ日を、速やかに通報する。

(3) 通報の方法

通報は、電話又は電報等によって行うほか、船舶及び航空機に対する周知は、以下により行う。

ア. 一般航行船舶に対しては、海上保安庁の水路通報、無線航行警報及び共同通信の船舶放送等による。

イ. 漁船に対しては、漁業無線局からの無線通信のほか、NHK鹿児島・宮崎、南日本放送、宮崎放送、大分放送各局のラジオ放送及び共同通信の船舶放送による。

ウ. 航空機に対しては、運輸省航空局からのノータムによる。

なお、新東京空港事務所保安部並びに東京、福岡及び那覇の各航空交通管制部及び大阪航空局種子島出張所には、打上げ時刻をその2時間前及び30分前に通報するとともに、打上げ後速やかに打ち上げた旨通報する。

エ. 一般に対しては、NHK鹿児島・宮崎の各放送局等のテレビ及びラジオ放送並びに南日本放送、宮崎放送、大分放送各局のラジオ放送による。

(4) 船舶及び航空機の航行安全に関する通報

第4図に示すロケットの落下予想区域に係わる情報が、あらかじめ発せられるよう以下のとおり関係機関に依頼する。

ア. 船舶の航行安全

ロケットの打上げに係わる情報を、事前に海上保安庁水路部に通報し、

船舶に対する周知方を依頼する。

イ. 航空機の航行安全

航空法第99条の2及びこれに関連する規定に基づき、ロケットの打上げに係わる情報を事前に運輸省大阪航空局鹿児島空港事務所に通報するとともに、打上げ直前まで、打上げ時刻の変更等についても通報する。

3. 関係機関への情報の提供

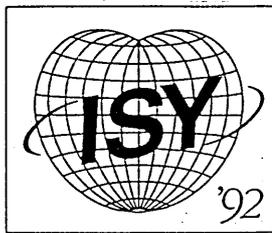
(1) 関係機関

打上げの結果等の情報については、科学技術庁、郵政省、運輸省等関係機関に速やかに通知する。

(2) 報道関係

ア. 報道関係者に対し、打上げに係わる安全確保に留意し、取材の便宜を図る。

イ. 打上げの結果については、実施責任者等から発表を行う。



INTERNATIONAL SPACE YEAR
国際宇宙年

国際宇宙年記念行事

「宇宙実験用小型ロケット「たけさき」(TR-IA) 2号機で 写真による宇宙飛行への参加1万件大募集」について

— あなたの好きな写真を宇宙へ飛行させて見ませんか —

平成4年6月17日
宇宙開発事業団

● 本年1992年は国際宇宙年。今秋には、いよいよ日本人宇宙飛行士が初めてスペースシャトルで宇宙飛行をすることになり、ますます宇宙が身近なものになってきました。

この度、国際宇宙年を記念して、みなさんにご自分の好きな写真を送っていただき、それを宇宙へ連れて行くプロジェクトが実施されます。

みなさんが、きっと一度は思っている「宇宙へ行ってみたい」という夢を写真に託してみませんか。

今年の夏、種子島宇宙センターから、宇宙実験用小型ロケット「たけさき (TR-IA)」2号機が打ち上げられます。そのロケットのペイロード (搭載品) として、みなさんからの写真を公式飛行キット (OFK: Official Flight Kit) に認定し、宇宙実験用の装置とともに積み込みます。

より多くの方のみなさんの夢を宇宙へ運ぶため、「みなさんの代わりに、写真が宇宙飛行する」という形で実現されようとしています。

ロケットは宇宙へ飛び出し、無重力状態で科学実験を自動的に行った後、再び地球上に帰ってきます。その間、あなたの写真は、送ってくれたみなさんの宇宙への思いを乗せて、無重力の宇宙を飛行しているのです。

● 回収した写真は、この宇宙飛行実験計画がよくわかる飛行パスポートにお付けし、「1992年 宇宙飛行公式認定証」として、みなさんにお送りいたします。

問い合わせ先

宇宙開発事業団総務部広報室

TEL: 03-5470-4281~3

【募集要項】

- 1 主催：宇宙開発事業団
 - 2 後援：科学技術庁、日本 I S Y 協議会（いずれも予定）
 - 3 応募写真の規定：あなたのお好きな写真を縦 4 c m × 横 4 c m のプリントにして送って下さい。（白黒／カラーどちらも可）
写真はあなたの顔写真、家族の写真、ペットの写真など自由です。宇宙飛行させたいと思う写真を送って下さい。
その際必ず、写真の裏に氏名、年齢と住所（郵便番号）、電話番号をはっきり記入して下さい。
 - 4 応募資格：18歳（学生の方は高校生まで）以下の方。国籍は問いません。
 - 5 応募の方法：
 - ① 応募写真
写真の裏に氏名、年齢、住所（郵便番号）、電話番号を必ず明記して下さい。（万一のためにも、できるだけ油性のボールペンでお願いします。）
 - ② 応募用紙
B5サイズの紙に、あなたの、
 - ・住所（郵便番号）・電話番号・氏名・性別
 - ・年齢・学校名／学年（職業）と
 - ・送ってくれた写真の種類（自分の写真、母の写真など）と住所・氏名を明記して下さい。
 - ③ 返信用封筒
封筒に72円郵便切手を貼付して下さい。
封筒の大きさ縦12cm横17.5cmとして下さい。
封筒の表に住所（郵便番号）、氏名、電話番号を明記して下さい。
- ①②③を、写真が折れたり損傷したりしないように封筒に入れ、下記6の応募先までお送り下さい。
- 6 応募先：〒105 東京都港区浜松町2-4-1
世界貿易センタービル内郵便局 私書箱第1号
「たけさき2号」宇宙飛行の写真募集係
- 7 問い合わせ先：宇宙開発事業団総務部広報室
電話番号：03-5470-4281～3
ファックス：03-5470-4130
- 8 募集件数：1万件（先着順とさせていただきます。）
- 9 応募締切：平成4年7月15日（水）必着

お送り下さった写真は、先着順に、公式搭載品としてNASDAで登録させていただきます。登録した写真は、1枚ずつ丁寧に「OFK BOX」に納め、密封してロケットに積み込みます。飛行後、BOXを回収し、写真を認定証とともにご住所までお送りします。（1万件に達した時点で締切らせていただきます。残念ながら、ロケットに乗せることが出来なかった方からの応募書類はお返しさせていただきます。）

(参考)

宇宙科学研究所夏期打上げについて

平成4年6月17日

1. 打上げの目的

上部成層圏での、オゾン層の観測。(1990年8月以来、今回が6回目。1990年から5～6年程度の期間、観測を続行し、長期的な変動についての知見を取得する。)

2. 打上げロケット

MT-135-57 (全長 3.3m、重量 0.07t)

3. 打上げ期間及び日時

(1) 打上げ期間

9月9日(水)～9月30日(水)

(2) 打上げ日時

9月9日 午前11時00分

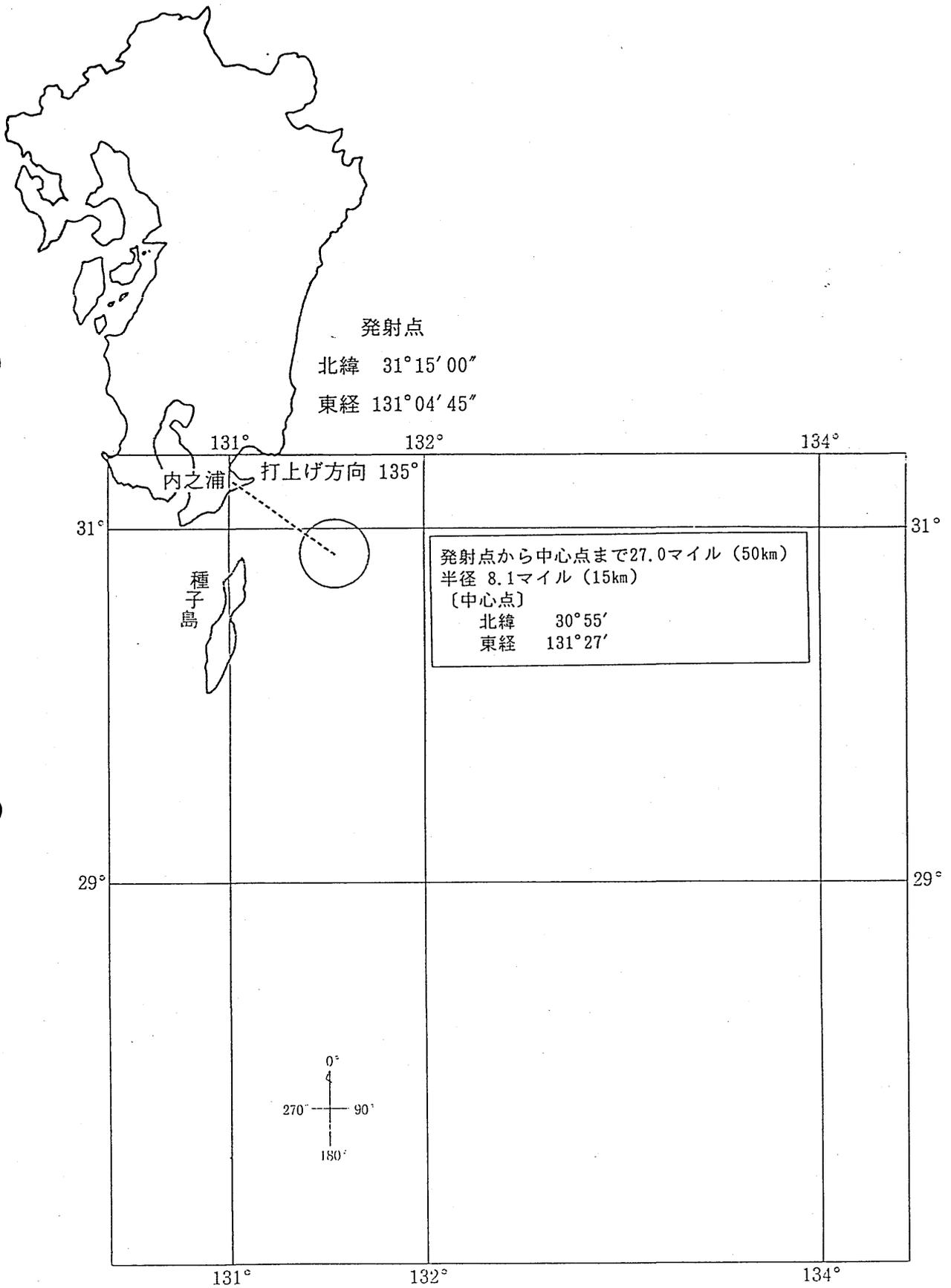
4. 内容

実験内容は、従来の5回の実験とほぼ同じ。

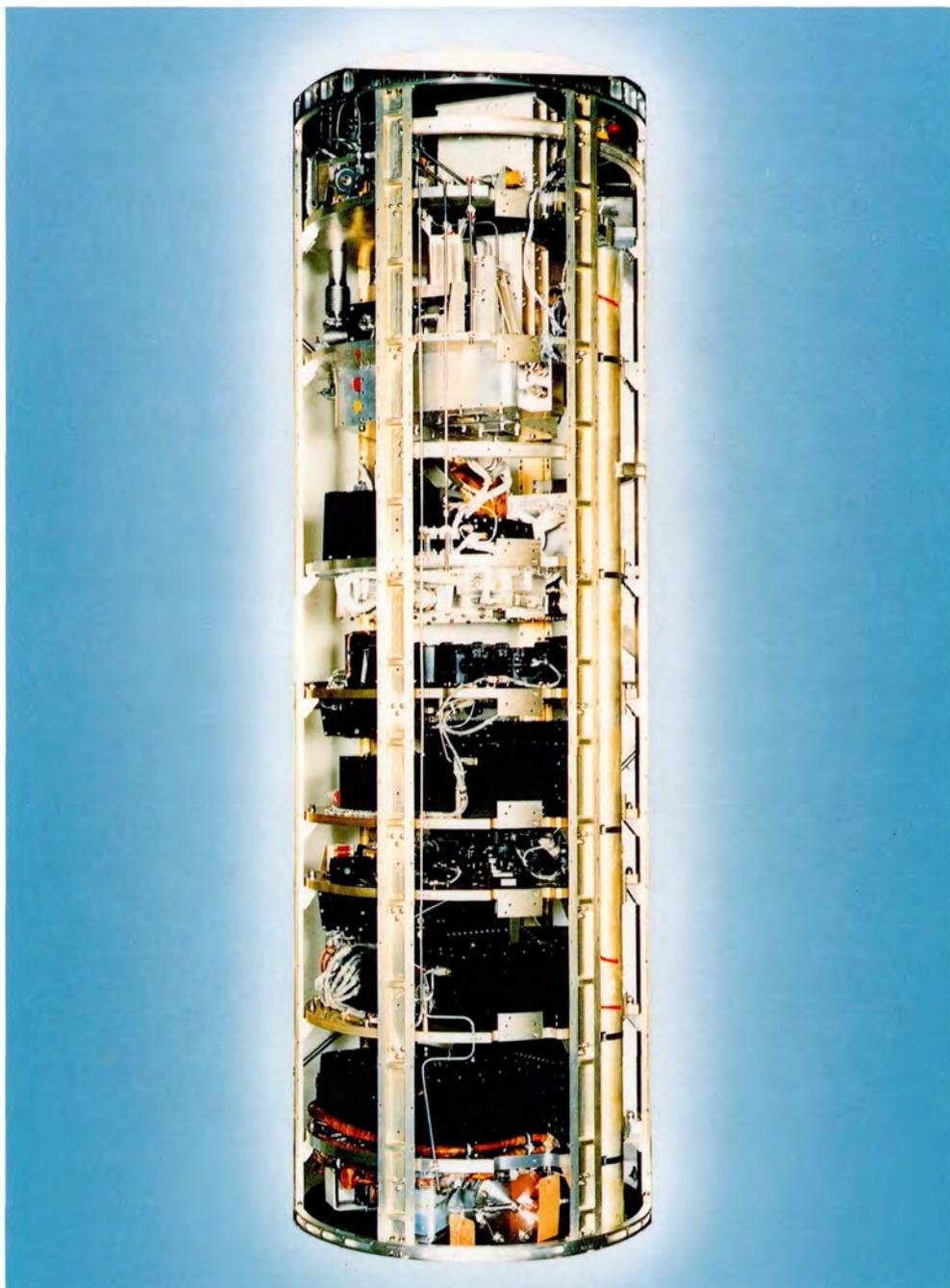
ロケットは打上げ方向135度で発射。到達高度約55kmでオゾンゾンデを放出し、射点より約50km(半径15km)に着水。

オゾンゾンデは、パラシュートで降下しながら、高度約20kmまでのオゾン密度を測定(紫外線の吸収量の測定)する。

平成4年度観測ロケット落下予想区域概念図 (MT-135型)



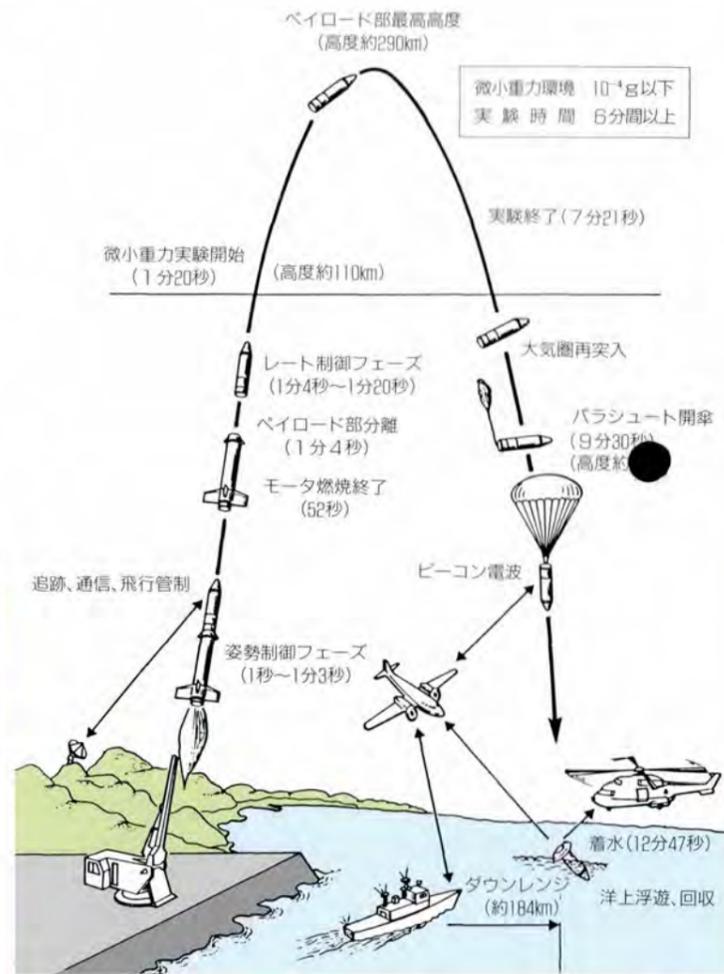
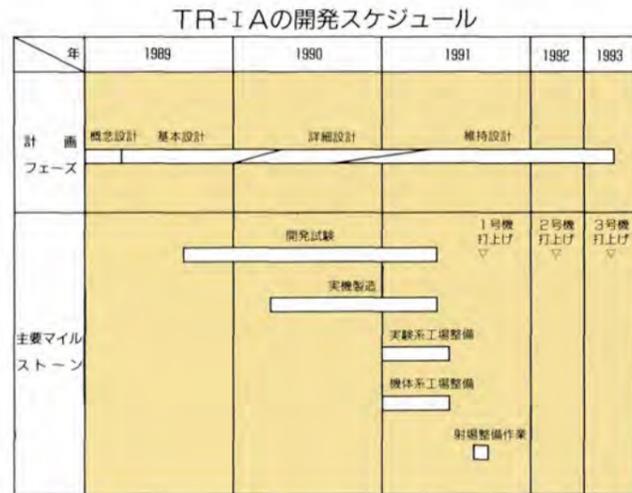
宇宙実験用小型ロケット(TR-IA) 微小重力実験システム



TR-IA実験計画の概要

宇宙実験用小型ロケット(以下TR-IAと略す)微小重力実験計画は、宇宙ステーション時代における各種の微小重力実験に必要とされる共通的な実験支援技術を開発するとともに、小型ロケットによる微小重力予備実験手段の確立を図ることを目的としたものです。

TR-IAロケットは、全長約13mの1段式固体ロケットで、750kgの実験装置を含むペイロード部を高度約290kmに打上げ、 $10^{-4}g$ (地上重力の一万分の一)以下の微小重力環境を6分間以上保持し、実験を終了した後ペイロード部を海上にて回収できる能力を有しています。



小型ロケット微小重力実験テーマと実験協力者

実験装置	第1号機 (平成3年度夏期)	第2号機 (平成4年度夏期)	第3号機 (平成5年度夏期)
観察技術実験装置	結晶成長時における界面及び環境相のその場観察実験 塚本勝男(東北大学理学部)、栗林一彦(宇宙科学研究所宇宙輸送研究系)、沢田 勉(無機材料研究所第13研究グループ)		
流体物理基礎特性測定装置	マランゴニ対流の発生とその制御に関する実験 東 久雄(航空宇宙技術研究所宇宙研究グループ)、平田 彰(早稲田大学理工学部)、桑原啓一(石川島播磨重工業製鉄研究所)		
微小重力維持技術実験装置	気泡の発生、成長及び移動に関する実験 岡部宜之(電子技術総合研究所エネルギー基礎部)、石川正道(三菱総合研究所先端科学研究所)、石井伸也(三菱重工機高砂研究所)		
汎用加熱装置	粒子分散合金の溶融・凝固実験 村松祐治 (金属材料研究所第4研究グループ)	(搭載せず)	セラミックス材料の合成実験 小田原 修 (東京工業大学大学院総合理工学研究科)
温度勾配型加熱装置	(搭載せず)	半導体の融液成長実験 西永 公 (東京大学工学部)	固液界面形状に及ぼす微小重力の影響実験 木下恭一 (日本電信電話株式会社基礎研究所)
高温加熱装置	酸化物高温超伝導体の溶融・凝固実験 戸叶一正	ガラス材料の溶融・凝固実験 早川淳二	(搭載せず)

TR-IAロケット

このロケットは、機体中央部(アダプタセクション)に4枚装着した動翼で飛行初期の姿勢制御を行うことを特徴とし、これによって通常の打上げ方式の固体ロケットよりも高い飛行経路を実現し、微小重力環境を維持する時間(6分間以上)を確保することが可能となっています。また、風などの原因による飛行経路のずれを姿勢制御で補正できるため、姿勢制御のない従来の固体ロケットに比べて落下分散域を小さくすることができ、回収作業の時間短縮にもつながります。

ペイロード部には全長約3mの水密部があり、内部には宇宙実験機器とロケットの主要機器が搭載され、海上から回収された後の機器の再使用が可能となるよう考慮されています。ロケットの搭載機器としては、機体の姿勢を検出する慣性センサパッケージ、機体の姿勢制御等の演算を行うとともに各種のイベント信号を発生する制御電子装置、電力・シーケンス信号の分配を制御する電力シーケンス分配器、技術データの伝送を行うVHFテレメータ送信装置、飛行位置を地上のレーダが知るためにレーダからの電波に回答して電波を発するレーダトランスポンダ、及びこれらに電力を供給する電池等があります。

ペイロード部後部には回収をするために必要な装置が取り付けられています。これらの装置には、降下時に順次開傘する3種類のパラシュート(パイロットシュート、ドローグシュート、メインシュート)、メインシュート放出から海上浮遊中まで位置を知らせるための電波を出し続けるビーコン送信装置とアンテナ、着水後に海水電池により作動し膨張するフロートションバッグ、その膨張用ガスを供給するCO₂ボンベ、海水中に溶け出して螢光色により航空機からの発見を容易にするシーマーカー等があります。

TR-IAの主要諸元

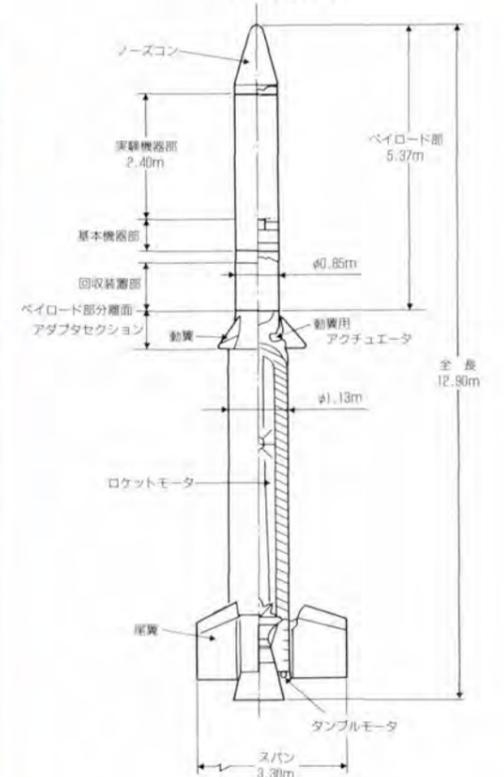
項目	第1段		ペイロード部
	モータ部	アダプタセクション	
長(m)	12.90		
外 径(m)	6.68	0.85	5.37
全 備 重 量(t)	10.3		
推 進 薬	固体推進薬		
推 進 薬 重 量(t)	7.0		
初 期 推 力(t)	62.0		
比 推 力(s)	272		
燃 焼 時 間(s)	52		
発 射 上 下 角(°)	80		
発 射 方 位 角(°)	120		
到 達 高 度(km)	約 290		約 290
水 平 飛 行 距 離(km)	約 184		約 184
姿 勢 制 御	ピッチ・ヨー ロール	動 翼	ガスジェット ガスジェット
搭 載 機 器 等	●指令破壊用火工品 ●タンブルモータ	●動翼用 アクチュエータ ●動翼用電池	●電池 ●ガスジェット ●慣性センサパッケージ ●制御電子装置 ●VHFテレメータ送信装置(290MHz帯) ●レーダトランスポンダ装置(5600MHz帯) ●指令破壊受信装置(2600MHz帯) ●電力シーケンス分配器 ●回収装置(ビーコン送信装置(290MHz)含む)

TR-IAの主要シーケンス

事 象	発射後経過時間	高 度
① ロケットモータ点火	分 0 秒	0 km
② 姿勢制御開始	1	
③ ロケットモータ燃焼終了	52	55
④ 姿勢制御終了	1 3	
⑤ ペイロード部分離	1 4	80
⑥ レート制御開始	1 4	
⑦ タンブルモータ点火	1 5	
⑧ レート制御終了	1 20	
⑨ 実験開始	1 20	110
⑩ ペイロード部最高高度	4 40	290
⑪ 実験終了	7 21	180
⑫ リスピン開始	7 25	
⑬ 回収装置アミング	8 50	
⑭ パイロットシュート放出	9 30	5
⑮ ドローグシュート放出	9 40	
⑯ メインシュート放出	9 50	
⑰ メインシュート全開	9 57	
⑱ 着水	12 47	
⑲ フロートションバック展開	12 47	

注: 数値は概略計画値

TR-IAの形状

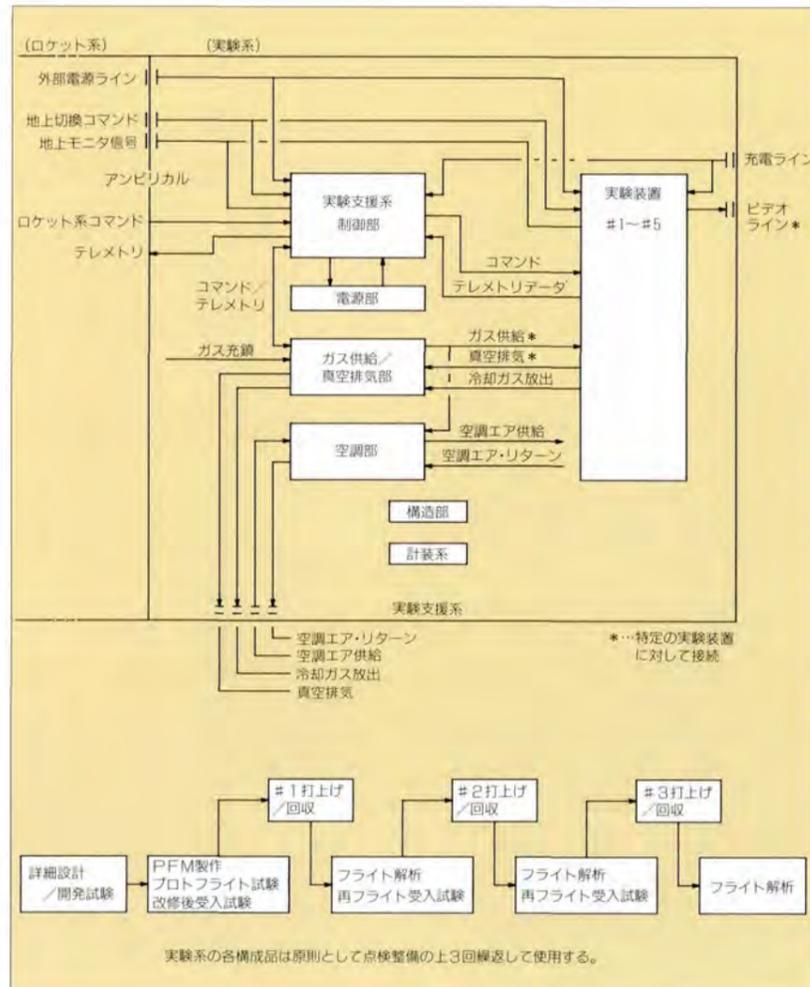


微小重力実験システム

TR-IAロケット・ペイロード部の実験機器部には、宇宙実験用の実験装置5種類と実験支援系としてのテレメトリデータの送信、ガス供給やガス排気、真空排気等の機能がシステムの構成されています。

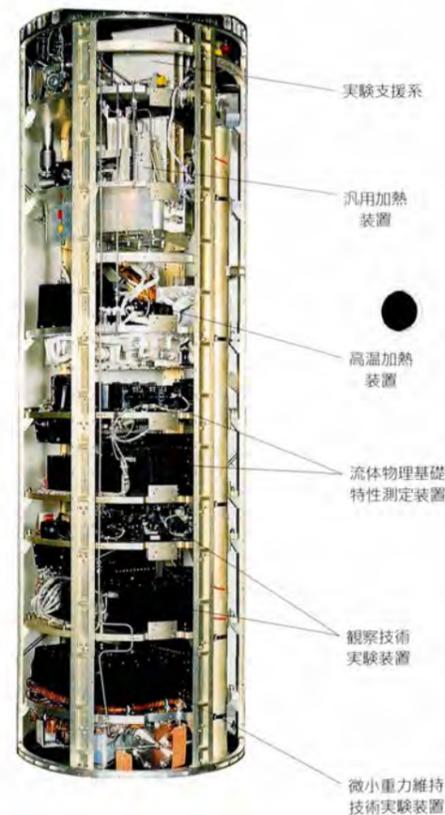
搭載される5種類の実験装置は、3回のTR-IA微小重力実験用として開発される6種類の実験装置、即ち、観察技術実験装置(OBS)、流体物理基礎特性測定装置(FTX)、微小重力維持技術実験装置(BDH)、汎用加熱装置(ITF)、温度勾配型加熱装置(TGF)、高温加熱装置(HTF)、から各号機毎に選択されます。どの実験装置も、打上げ・回収後に必要な改修を施すことにより、1~3号機を通じて通算2~3回のフライト実験に使用されます。

実験支援系は、各実験装置を統合し、かつ実験系とロケット系との間のインタフェースをとります。各実験装置の実験データをロケット系経由で地上へテレメトリ送信するとともに、実験準備や実験開始の信号、実験停止の信号等を実験装置側へ送信します。また、アンビリアルケーブルを介して地上支援装置(AGE)との間でもデータの授受が行われます。打上げ直前まで、外部電源との接続や外部AGEによる空調等も行われます。



システム諸元等

- ①微小重力環境 : $1 \times 10^{-4} g$ 以下(約6分間)
- ②空調温度 : 約25℃(打上げ前)
- ③ガス供給(ヘリウムガス) : 6.0 kg/dm³A(真空弁駆動用)
1.6 kg/dm³A(炉内冷却用)
- ④真空排気 : 1×10^{-4} Torr 以下(実験室内)目標
- ⑤重量 : 750 kg 最大
- ⑥テレメトリ容量 : 10.24 kbps 最大



1号機の搭載状況

観察技術実験装置(OBS)

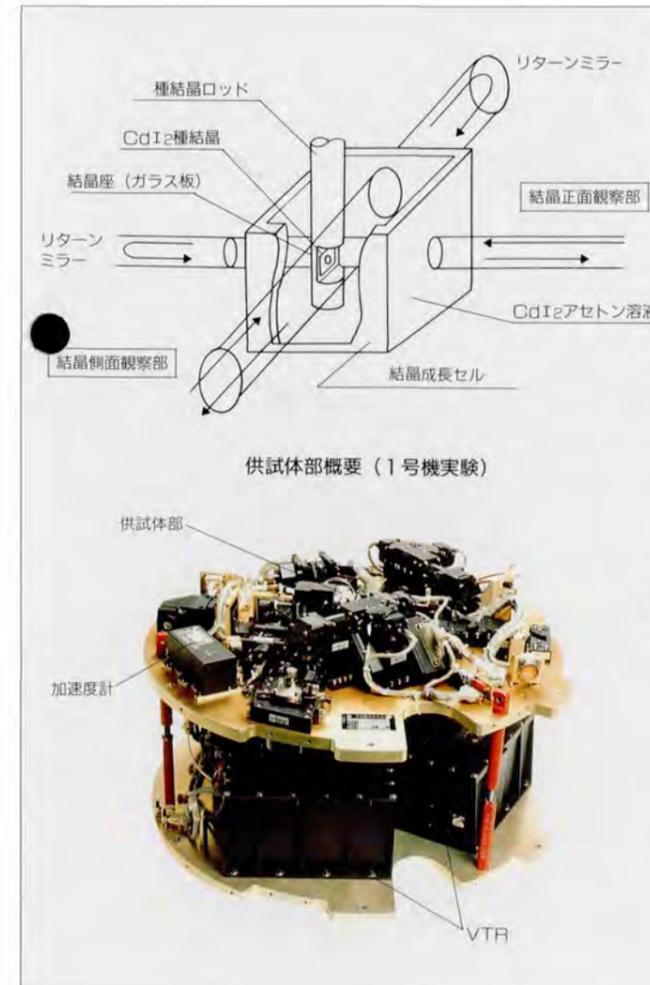
観察技術実験装置(OBS: Observation Experiment Equipment)は、擾乱の少ない微小重力環境で結晶成長を行い、その結晶成長時における界面及び環境相の温度・濃度分布を光学的に観察、記録するものです。

結晶成長のための温度制御はペルチエ素子により行われます。

実験の状況を観察するためOBSには、結晶表面の観察に適した振幅変調顕微鏡、及び液相の温度と濃度の同時測定が可能な2波長顕微鏡コモンパス干渉計が備えられています。振幅変調顕微鏡は観察物体の位相勾配(厚み分布)をコントラストに変換する顕微鏡です。また、2波長顕微鏡コモンパス干渉計は、参照光と試料光の光路を一致させて振動耐性を向上させたほか、波長による屈折率の違いを利用して温度の2次元分布と溶液濃度の2次元分布の測定を可能にしたものです。

本実験装置に搭載された光学装置は、3次元的观察を実現するために、結晶の正面観察用と側面観察用との2方向観察が可能な配置となっています。

部	コンポーネント	性能	諸元
観察・計測部	振幅変調顕微鏡	・観察方式 ・結晶表面段差検出分解能(位相差換算値) ・光源	振幅変調方式 0.025波長以下 0.005波長以下(目標) LED
	2波長顕微鏡コモンパス干渉計	・観察方式 ・相対過飽和度分解能 ・相対温度分解能 ・光源	共通光路干渉方式 0.2波長以下(位相差換算) 0.2波長以下(位相差換算) レーザ・ダイオード
	VTR	・方式	8mm
電源部	バッテリー	・公称容量 ・種類	10AH Ni-Cd
	重量	・装置重量	100kg(1号機の場合)



1号機実験テーマ: アセトン溶液から成長するCdI₂結晶のその場観察実験
実験協力者: 東北大学 塚本 勝男

アセトン溶液からのCdI₂結晶の成長実験を行なう。この溶液では溶解度特性が負となり、加熱のみで結晶成長が可能となる。試料は、28℃飽和溶液を用いる。28℃以下では結晶の成長は起こらず、28℃以上では結晶成長が起こる。この特徴を利用して、温度上昇法による結晶成長を行う。

2号機実験テーマ: 融解過程の可視化実験
実験協力者: 宇宙科学研究所 栗林 一彦

金属、半導体によく似た融解、凝固過程を示す有機材料のサクシノニトリル-アセトンを試料とする。打上げ前に十分な時間の保持を行なうことで均一な組成の固相、液相及び平坦な界面を得る。微小重力環境に入った後一定の温度勾配を維持したまま加熱し、界面を移動させる。

3号機実験テーマ: 溶液からの高圧下結晶成長のその場観察実験
実験協力者: 無機材質研究所 沢田 勉

圧力駆動による結晶成長では、成長の初期条件として均一な過飽和度を瞬時に設定できる。

塩化アンモニウムの水への溶解度が、加圧により減少することを利用して、この水溶液の圧力を急激に上げることにより、結晶成長を行なう。

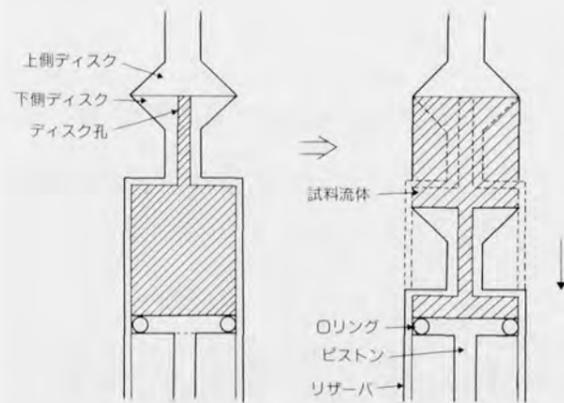
流体物理基礎特性測定装置 (FTX)

流体物理基礎特性測定装置 (FTX: Fluid Dynamics Technology Experiment Equipment) は、小型ロケットを用いてマランゴニ対流の発生・観察を可能とするように開発された実験装置です。

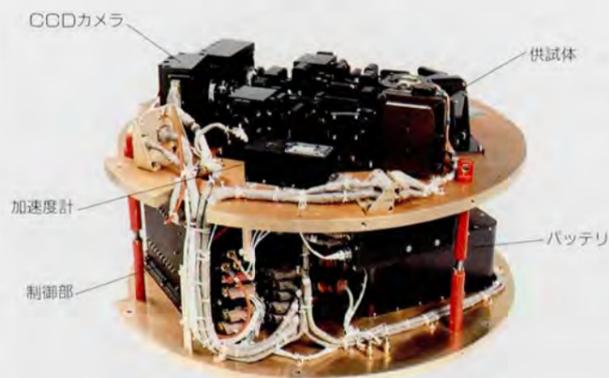
供試体部の内部には最初2枚のディスクが密着されており、打上げ後実験開始信号を受信すると下側ディスクが下降開始し、供試体部のシリコンオイルがリザーバから自然に押し出される形で、自由表面を持つ液柱が上下ディスク間に形成されます。上下のディスク間で、クーラー (ペルチエ素子) 及びヒーターを用いて、マランゴニ対流の発生に必要な温度勾配の制御を行います。

観察用光学系は、液柱断面観察用と液柱表面観察用とから構成され、精密な観察を可能にしています。マランゴニ対流の可視化手法としては、シリコンオイル内に混入したアルミニウム微粉末の動きを観察する方法を採用しています。

部	コンポーネント	性能諸元
観察・計測部	液柱断面観察用光学系	・空間分解能 200 μ m ・光源 ハロゲンランプ
	液柱表面観察用光学系	・空間分解能 1mm以下(全体形状観察) 200 μ m以下(液柱表面観察) ・光源 ハロゲンランプ
	VTR	・方式 8mm
電源部	バッテリー	・公称容量 10AH ・種類 Ni-Cd
	重量	・装置重量 94kg(1号機の場合)



液柱形成方式



1号機実験テーマ：マランゴニ対流及び表面張力波の観察実験 実験協力者：航空宇宙技術研究所 東 久雄

液柱の両端を加熱、冷却することにより液柱表面に温度勾配がつき、それにより表面張力差が生じ、いわゆるマランゴニ流が誘起される。液柱内部にも流れが誘起されるが、このマランゴニ流の初期からの形成過程とそれに伴う内部流の変化を観測する。

スポットヒータに大電力を投入して、シリコン液を局部的に加熱し、急峻な温度勾配をつけることにより表面張力波を誘起し、それを観測する。

2号機実験テーマ：マランゴニ対流現象の微細機構の観察実験 実験協力者：早稲田大学理工学部 平田 彰

本実験では、温度差を変化させることにより、液柱内マランゴニ対流に関して、定常層流から振動流、乱流への遷移過程を明らかにする。速度計測用アルミ微粉末及び温度計測用感温液晶を用い、速度・温度分布の実測を同時に行う。

3号機実験テーマ：電気力によるマランゴニ対流の制御実験 実験協力者：石川島播磨重工業(株)技術研究所 桑原 啓一

微小重力下においては、マランゴニ効果によって流れが支配されるため、マランゴニ対流を制御することが重要な課題と考えられている。

本実験では、電気力によりマランゴニ対流がどう変化するかを調べることを目的として温度差、液柱高さ、電場の強さを変えることにより温度場、速度場に与える影響を明らかにする。

微小重力維持技術実験装置 (BDH)

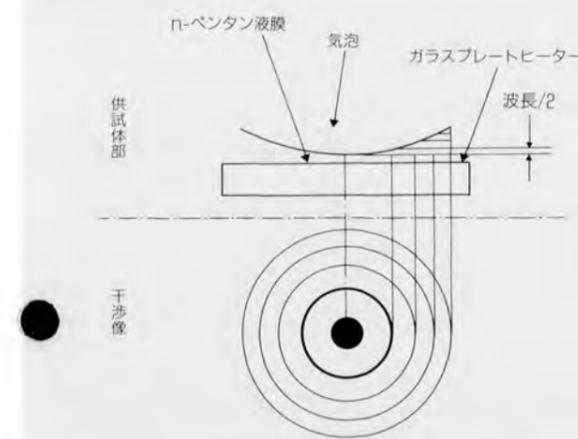
微小重力維持技術実験装置 (BDH: Bubble Generation, Dynamics and Handling Experiment Equipment) は、微小重力環境下で流体中に気泡を発生させ、その成長、挙動等の様子を、フィゾー干渉計 (1号機のみ) 及びCCDカメラで観察し、VTRに動画像を記録する実験装置です。画像データの他に、温度、圧力、加速度データ等が取得されます。また、微小重力維持部として防振機構の開発を進め、1号機では要素データ取得を行い、2、3号機ではVTRからの外乱防振用にゲル材を利用した防振材を取り付けます。

供試体部は、1、2、3号機で実験目的に応じて製作・改修されます。1号機は気泡を発生させるための加熱部を有します。

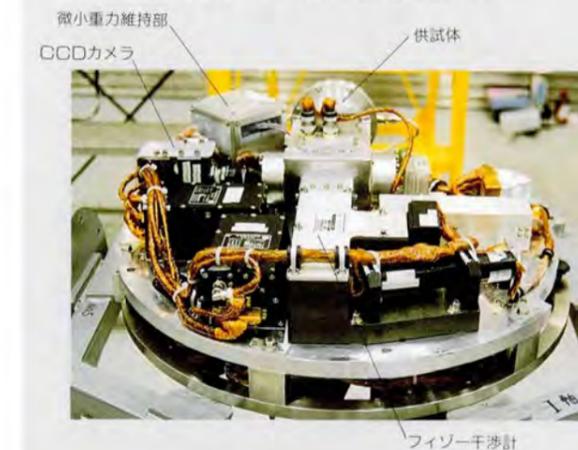
3号機では気泡注入機構、及び人工的なg-ジッター若しくは定在波音場を発生させるための圧電素子部を有します。

1号機に搭載されるフィゾー干渉計は、異なる位相を持つレーザー反射光が生じる干渉縞を利用して、同心円状に生じる干渉縞の間隔を測定することによって、気泡とガラス面上の液膜の膜厚を知るものです。

部	コンポーネント	性能諸元
観察・計測部	フィゾー干渉計	・観察方式 フィゾー干渉方式 ・計測精度 波長/10 ・光源 He-Neレーザー
	気泡挙動観察部	・観察方式 CCDカメラ
	VTR	・方式 8mm
	微小重力維持部	・方式 受動制御方式 ・固有振動数 5 Hz
電源部	バッテリー	・公称容量 10AH ・種類 Ni-Cd
	重量	・装置重量 93kg(1号機の場合)



フィゾー干渉計による膜厚測定原理



1号機実験テーマ：沸騰気泡発生実験 実験協力者：電子技術総合研究所 阿部 宜之

沸騰媒体としてn-ペンタンを用い、硬質ガラス面上に蒸着した酸化インジウムを通電加熱することによって気泡を特定の箇所に発生させる。

本実験では、特に微小重力における沸騰現象で重要な役割を果たすと考えられている液膜 (Microlayer) の観察に着目し、平板上の加熱面に発生させた気泡の下部の液膜の厚さをフィゾー干渉計により測定し、媒体の熱力学的状態、熱流束を変えたときの影響を調べる。

2号機実験テーマ：気泡挙動観察実験 実験協力者：(株)三菱総合研究所 石川 正道

微小重力下での材料実験において、気泡の存在がどの程度実験に影響を及ぼすかの評価が重要な課題となっている。一方、軌道上で観測される残留重力変動のうち、その絶対強度が最も大きいものは、搭乗員の動きなどによって発生するパルス状のg-ジッターであることが知られている。

本実験では、各種材料実験で発生する気泡の挙動をモデル化し、パルス状のg-ジッターを人工的に与え、その強度及び気泡の数をパラメータとした場合の、気泡の移動量を精密に測定することを目的とする。

3号機実験テーマ：気泡操作実験 実験協力者：三菱重工業(株)高砂研究所 石井 伸也

本実験では、各種材料実験で混入する気泡や、流体容器内のスロッシング等で発生する気泡に音波を与え、分散した気泡を一ヶ所に集めることにより処理を容易にする方法によるデバイス開発の基礎データを取得することを目的とする。

汎用加熱装置(ITF)

汎用加熱装置(ITF: Isothermal Furnace)はTR-IAロケットに搭載され、約6分間の微小重力環境を利用して、粒子分散合金等の溶融・凝固実験ができるように設計されています。

炉体は、短時間で効率よく昇温するために、断熱材としてタンタルおよびステンレス箔による多層断熱を採用しており、加熱時には真空引きを行いさらに断熱効果をあげることができます。

地上での予備加熱機能を活用して、比較的低電力(600W)による短時間急速加熱を実現しました。加熱制御は、ヒータ温度によるフィードバック制御を採用し、均熱性及び温度設定精度の確保を図りました。

部	コンポーネント	性能諸元
炉体部	均一加熱炉	<ul style="list-style-type: none"> ・加熱方式 抵抗加熱方式 ・加熱温度 1150°C ・温度均一性 10°C ・温度設定精度 ±5°C ・温度変動 ±1.5°C ・ヒータ電力 600W ・温度制御方式 ヒータ温度によるIPD制御 ・冷却方式 Heガスによる冷却(封入または放流) ・サンプル寸法 (直径)15mm×(長さ)80mm
電源部	バッテリー	<ul style="list-style-type: none"> ・公称容量 10AH×2 ・種類 Ni-Cd
	重量	・装置重量 87kg(1号機の場合)

温度勾配型加熱装置(TGF)

温度勾配型加熱装置(TGF: Temperature Gradient Furnace)は、微小重力環境下で試料を溶融、一方向凝固の実験を行い、この際の結晶成長の様子を光学的に観察、記録できるように開発中の実験装置です。

炉内には高温部と低温部の2つのヒータ部分があり、加えられる熱量の差異により試料部に温度勾配を生じさせます。温度勾配を保ちながら高温部、低温部の両方を一様に温度低下させると、それまで溶融状態にあった試料は方向性を持って低温側から徐々に凝固します。

溶融、凝固の過程や、固液界面の様子は、炉壁に設けられた観察窓からCCDカメラにより観察され、取得された画像データはVTRに記録されます。観察窓があっても加熱特性への影響が少ない炉のタイプとしてゴールドミラー炉が用いられています。

部	コンポーネント	性能諸元
炉体部	ゴールドミラー炉 2ゾーン型	<ul style="list-style-type: none"> ・最高温度 1100°C ・温度勾配 40°C/cm ・温度変動度 ±1.5°C(TBD) ・使用電力 高温部、低温部共300(W)Max ・温度センサ 熱電対6ch ・ヒータ 2(高温部、低温部各1) ・サンプル寸法 (直径)10mm×(長さ)100mm
観察・記録部	VTR	・方式 8mm
電源部	バッテリー	<ul style="list-style-type: none"> ・公称容量 10AH×2 ・種類 Ni-Cd
	重量	・装置重量 TBD

1号機実験テーマ：粒子分散合金の溶融・凝固実験 実験協力者：金属材料技術研究所 村松 祐治

本実験は、微小重力下での溶融・凝固により高性能な粒子分散合金を試作しようとするもので、微小重力時間、炉の使用温度に鑑み、銅系粒子分散合金について実験を行う。母材を銅(Cu)とし分散粒子は酸化物(Al_2O_3)と金属(タングステン)である。

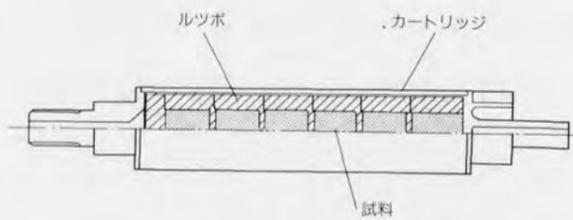
Cuの融点は1083°Cであるが、短時間に溶融するために最低1150°Cまで昇温、冷却においては、過冷却現象により1083°Cより低い温度で凝固が起こるので、微小重力下で素早く1000°C近辺まで冷却する。

3号機実験テーマ：セラミックス材料の合成実験 実験協力者：東京工業大学 小田原 修

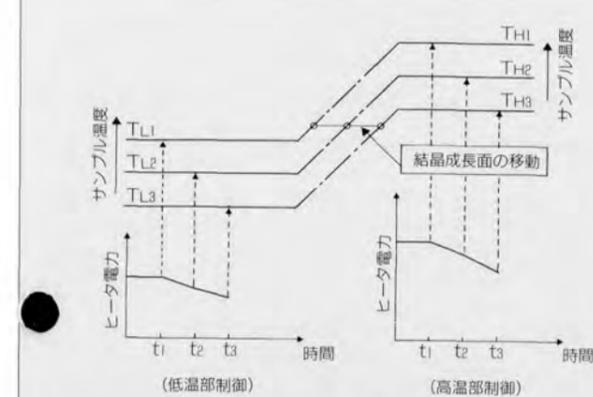
金属粉末で構成される燃焼体は、局所を着火することにより反応が自発的に進行し、短時間で高温に達する。

本実験では、加熱温度が1000°C程度の電気炉で反応が誘導できる系として、Ti-B-Al系を使用しその2次反応系としてAl-Zr- Fe_2O_3 系を採用する。Ti-B-Al系の反応による最高到達温度は、約2200°C程度と考えられる。

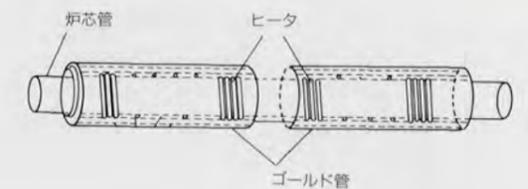
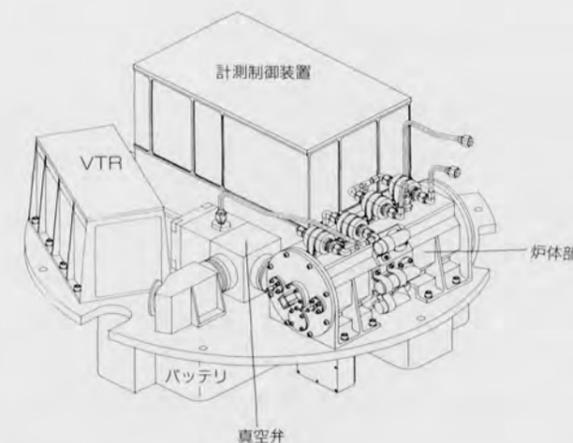
高温状態で高融点複合材料の実験を行い、さらに燃焼反応の伝播過程を調べることで、微小重力場の効果を評価検討する。



試料カートリッジ形状



温度制御概念図



ゴールドミラー炉概要図

2号機実験テーマ：半導体の融液成長実験 実験協力者：東京大学工学部 西永 頌

石英アンプル管内に封入した長さ10cm(直径10mm)のGe単結晶棒を約5cmを残し一端から融解する。その後1cm/分の成長速度が得られる程度に冷却し成長を完了する。通常の融液成長は1cm/時間の程度であるので、2桁近く早く成長させることにより転位の低減化をはかる。急速成長における不純物の偏析現象を調べる。

3号機実験テーマ：固液界面形状に及ぼす微小重力の影響実験 実験協力者：日本電信電話(株)基礎研究所 木下 恭一

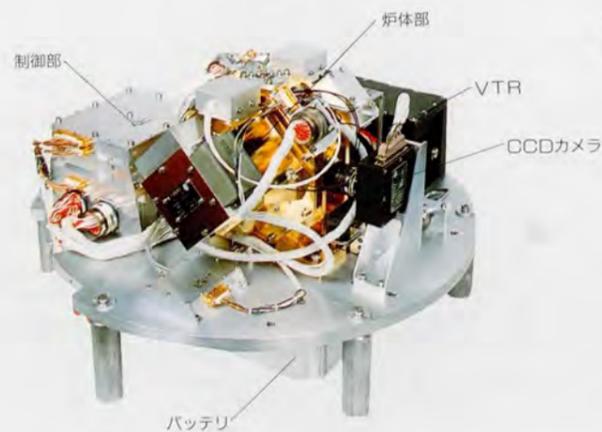
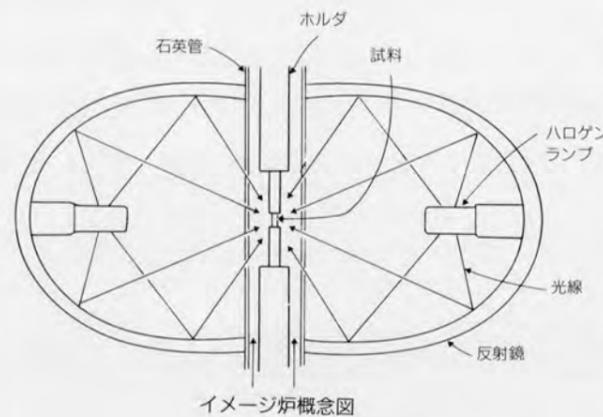
PbBr₂融液を温度勾配炉中で一方向凝固させて固液界面を形成する。PbBr₂は波長0.4-30μm帯で透明で、かつ融点も373°Cと低く、その場観察に適した材料である。融液と結晶との界面の観察は融液と結晶との屈折率差を利用する。融液内の流れはトレーサにより可視化して観察する。

高温加熱装置(HTF)

高温加熱装置(HTF:High-Temperature Furnace)は、イメージ炉を加熱系に持ち、双楯円体の反射鏡でハロゲンランプの赤外光を集光して、試料部をスポット的に加熱します。イメージ炉の概念を図に示します。このイメージ炉を用いることにより、接触を少なくし、汚染や反応を最小限に抑えています。

イメージ炉動作時の炉体温度上昇の抑制のため、物質の状態変化(固体から液体への変化)を利用した蓄熱材による蓄熱器を開発し、装置の軽量化を実現しました。また、加熱炉の急速加熱特性を維持したままで内部の実体観察が可能な観察システムを開発しました。

部	コンポーネント	性能	諸元
炉体部	イメージ炉	<ul style="list-style-type: none"> 加熱方式 加熱温度 加熱ランプ ランプ電力 冷却方式 サンプル寸法 	双楯円型イメージ加熱 1700°C(最大) ハロゲンランプ 880W(440W×2) Heガスによる冷却 (直径)15mm×(長さ)80mm
観察・記録部	VTR	方式	8mm
電源部	バッテリー	<ul style="list-style-type: none"> 公称容量 種類 	4AH×4 Ni-Cd
	重量	装置重量	79kg(1号機の場合)



1号機実験テーマ：酸化物高温超伝導体の溶融・凝固実験 実験協力者：金属材料技術研究所 戸叶 一正

酸化物高温超伝導体の臨界電流密度を向上させる一つの有力な手法として、超伝導体母相内部に異相を分散させた複合体とし、これによって磁束線のピン止め力を向上させる方法が研究されている。本実験では、比重差の影響の無い無重力環境中でイットリウム系酸化物を溶融・凝固させ、異相が均一に分散した組織をもつ複合超伝導体の形成を試みる。

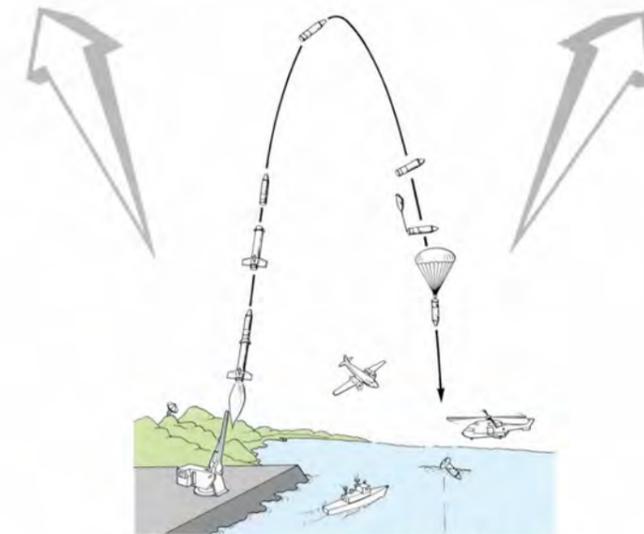
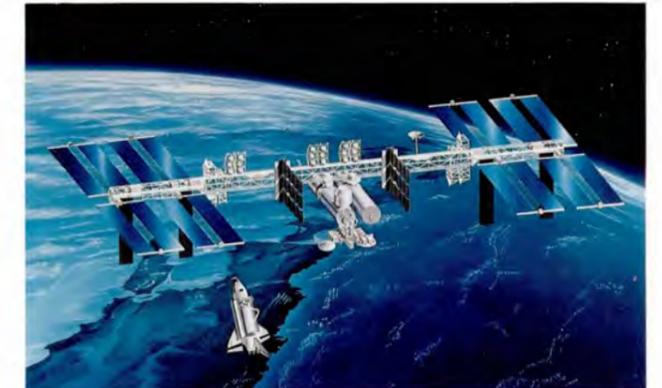
2号機実験テーマ：ガラス材料の溶融・凝固実験 実験協力者：大阪工業技術試験所 早川 博二

微小重力下において、ガラスの無容器溶融を行い、無接触状態の冷却過程を観察する。高温加熱装置(イメージ炉)の焦点に試料をセットし、非接触に近い状態で溶融する。溶融完了後の凝固過程における温度変化を連続的に観測し、ガラス組織との対応を研究する。

将来への展望

TR-IAの宇宙実験計画では、6種類の実験装置を開発して1~3号機に搭載しますが、これらの実験装置の開発及び宇宙実験を通じて目標にしているのは下表に示す各種実験技術の開発です。スペースシャトル/スペースラブを利用する

宇宙実験や、将来の宇宙ステーションを利用する宇宙実験が本格化する時代に向けて、微小重力実験を推進する上で必要となる共通の実験技術を開発し、宇宙環境利用促進のための技術基盤の整備を行います。



開発すべき共通実験技術と実験装置の対応

搭載実験装置	観察技術実験装置	流体物理基礎特性測定装置	微小重力維持技術実験装置	汎用加熱装置	温度勾配型加熱装置	高温加熱装置
開発すべき共通実験技術						
温度測定及び温度制御技術	○	○	○	○	○	○
その場観察技術	○	○	○		○	○
高温処理技術				○		○
材料と容器の適合性評価技術				○		○
微小重力の擾乱による影響評価技術	○	○	○		○	
マランゴニ対流の測定・制御技術		○				
物理現象シミュレーション技術	○	○	○			
振動制御技術			○			
試料分離技術			○			



NASDA

宇宙開発事業団

〒105 東京都港区浜松町2-4-1 世界貿易センタービル
TEL: 03-5470-4111 FAX: 03-3433-0796