

平成4年に実施された宇宙実験・衛星に係る開発結果の評価について

平成5年4月

宇宙開発委員会技術評価部会

平成4年に実施された宇宙実験・衛星に係る開発結果の評価について

平成5年4月16日  
宇宙開発委員会技術評価部会

宇宙開発委員会技術評価部会は、平成4年に行われた以下の宇宙実験・衛星に係る開発結果を評価するために必要な技術的事項について、平成5年3月4日以来、調査審議を行ってきたが、このたびその結果をとりまとめたので報告する。

- I. 平成4年1月22日～1月31日宇宙開発事業団が参加した第1次国際微小重力実験室（IML-1）搭載実験
- II. 平成4年3月24日～4月3日文部省宇宙科学研究所が国際協力により実施した実施の粒子加速装置を用いた宇宙科学実験（SEPAC）
- III. 平成4年9月12日～9月20日宇宙開発事業団が国際協力により実施した第一次材料実験（FMPT）
- IV. 平成4年7月24日文部省宇宙科学研究所が国際協力により打ち上げた磁気圏観測衛星（GEOTAIL）

なお、平成4年2月11日に宇宙開発事業団が行ったH-1ロケット（2段式）による地球資源衛星1号（JERS-1）の打上げ結果については、平成4年1月13日に技術評価部会報告書を取りまとめている。

## 目 次

(頁)

I. 第1次国際微小重力実験室 (IML-1) 搭載実験に係る実験装置の開発結果	
1. 宇宙実験の概要 -----	1
2. 飛行中の実験結果及び分析 -----	3
II. 粒子加速装置を用いた宇宙科学実験 (SEPAC) に係る開発結果	
1. 宇宙実験の概要 -----	8
2. 飛行中の実験結果及び分析 -----	9
III. 第一次材料実験 (FMPT) に係る開発結果	
1. 宇宙実験の概要 -----	14
2. 飛行中の実験結果及び分析 -----	17
IV. 磁気圏観測衛星 (GEOTAIL) に係る開発結果	
1. 開発の概要 -----	39
2. 開発結果の分析及び今後の対策 -----	41
V. 総合意見 -----	53

## 別 添

1. SEPAC実験装置の高圧電源部内サイリスタを用いた保護回路 ----	56
2. FMPT搭載実験装置の概要 -----	60
3. FMPT搭載実験装置の稼働結果 (今後への反映事項等詳細分析) --	72
4. 略語表 -----	111

## 参 考

1. 第1次国際微小重力実験室 (IML-1) 搭載実験、粒子加速装置を用いた宇宙科学実験 (SEPAC)、第一次材料実験 (FMPT)、及び磁気圏観測衛星 (GEOTAIL) に係る、開発結果の評価に関する審議について (平成5年2月24日 宇宙開発委員会決定) -----	112
2. 宇宙開発委員会技術評価部会構成員 -----	113

## 1. 第1次国際微小重力実験室（IML-1）搭載実験に係る実験装置の開発結果

### 1. 宇宙実験の概要

#### (1) 目的

今回の実験は、宇宙環境利用技術の基盤整備の一環として、宇宙実験に必要な技術の開発、蓄積を図るとともに、これに続く第一次材料実験などの国際協力／国際共同作業を必要とする計画の実施に向けて経験の蓄積を図ることを目的としたものである。

#### (2) IML-1の概要

国際微小重力実験室は、米国航空宇宙局（NASA）がスペースシャトル／スペースラブの飛行機会を提供し、各国が実験装置を提供することで、各国共同で微小重力環境等での材料やライフサイエンス関係の実験を行うものである。

IML-1は、最初の国際微小重力実験室計画であり、米国、欧州、カナダ、日本等11か国から提案された結晶成長や細胞培養等の42テーマの実験が行われた。

この中で、我が国は、宇宙開発事業団が有機結晶成長装置及び宇宙放射線モニタリング装置による2テーマの実験を行った。

#### (3) 搭載実験装置の概要

##### (ア) 有機結晶成長装置（図1-1）

有機結晶成長装置は、2個の実験セル（有機結晶成長セル）から構成され、そのうち1個には外部からの微小振動を減衰させる機能が付加されている。

各実験セルは、2つの隔壁により3室に分かれており、両端の2室にはドナー溶液、アクセプタ溶液が入っており、隔壁を開くことにより両溶液が中央の反応室に拡散し、有機結晶が成長するようになっている。

##### (イ) 宇宙放射線モニタリング装置（図1-2）

宇宙放射線モニタリング装置は、微生物孢子、植物種子、動物卵等を放射線検出材に固定積層し、宇宙放射線に被曝させるものである。また、放射線検出材は宇宙放射線の飛跡及び強度に関するデータを取得することが出来る。

#### (4) 実験実施までの経過

##### (ア) 実験準備（図1-3）

宇宙開発事業団が提供する実験装置のうち、有機結晶成長装置については平成2年1月に輸送及び輸送後の点検を行い、同年2月1日にNA

S Aに引き渡された。また、宇宙放射線モニタリング装置については、同年2月に輸送及び輸送後の点検を行い、同年3月1日にNASAに引き渡された。

その後、NASA主体の組立整備作業が行われたが、試料の保管期間の関係から、有機結晶成長装置については平成3年11月ケネディ宇宙センターにて試料を収納した。また、宇宙放射線モニタリング装置については、一旦装置を日本に返送し、同年11月に試料を収納し、12月2日に再度NASAに引き渡された後、スペースラブに搭載された(図1-4参照)。

(イ) 打ち上げ経過及び結果

IML-1実験装置を搭載したスペースシャトル「ディスカバリ」号は、雷の発生が予想されたことから予定より1時間遅延したものの、平成4年1月22日23時53分(日本時間、以下同じ)、米国のケネディ宇宙センターから打ち上げられた。

打ち上げ時刻：平成4年1月22日 23時53分(日本時間)

打ち上げ場所：米航空宇宙局ケネディ宇宙センター

(米国フロリダ州)

天 候：晴、北東の風約5m/秒

「ディスカバリ」は、打ち上げ後約40分後には軌道修正用のエンジンを噴射し所定の軌道に投入された。「ディスカバリ」の飛行計画と結果は下表の通りである。

	飛行計画	飛行結果
打ち上げ日時	1992年1月22日 22時53分	1992年1月22日 23時53分
打ち上げ地点	ケネディ宇宙センター (米フロリダ州)	同 左
軌道高度	約300km	同 左
飛行時間	7日1時間12分	8日1時間14分
着陸地	ドライデン飛行研究施設 (米カリフォルニア州)	同 左
着陸日時	1992年1月30日 0時05分	1992年1月31日 1時07分

打ち上げ2時間10分後、スペースラブの起動が行われ、IML-1の各実験が開始された。

なお、「ディスカバリ」の状態も良好であり、宇宙実験の科学的成果を充実させる目的で、飛行期間が当初の予定より1日延長された。

2. 飛行中の実験結果及び分析

(1) 実験結果の概要

IML-1の実験は、宇宙開発事業団の2実験を含み全般的に順調に行われた。

有機結晶成長装置は、打ち上げ5時間27分後にバルブが開栓され、実験が開始され、打ち上げ7日10時間14分後にバルブが閉栓され実験を終了した。

宇宙放射線モニタリング装置は、打ち上げ9時間25分後に所定の場所に設置され、打ち上げ7日9時間36分後に収納され、実験を終了した。

(2) 実験結果及び分析結果

(7) 有機結晶成長装置

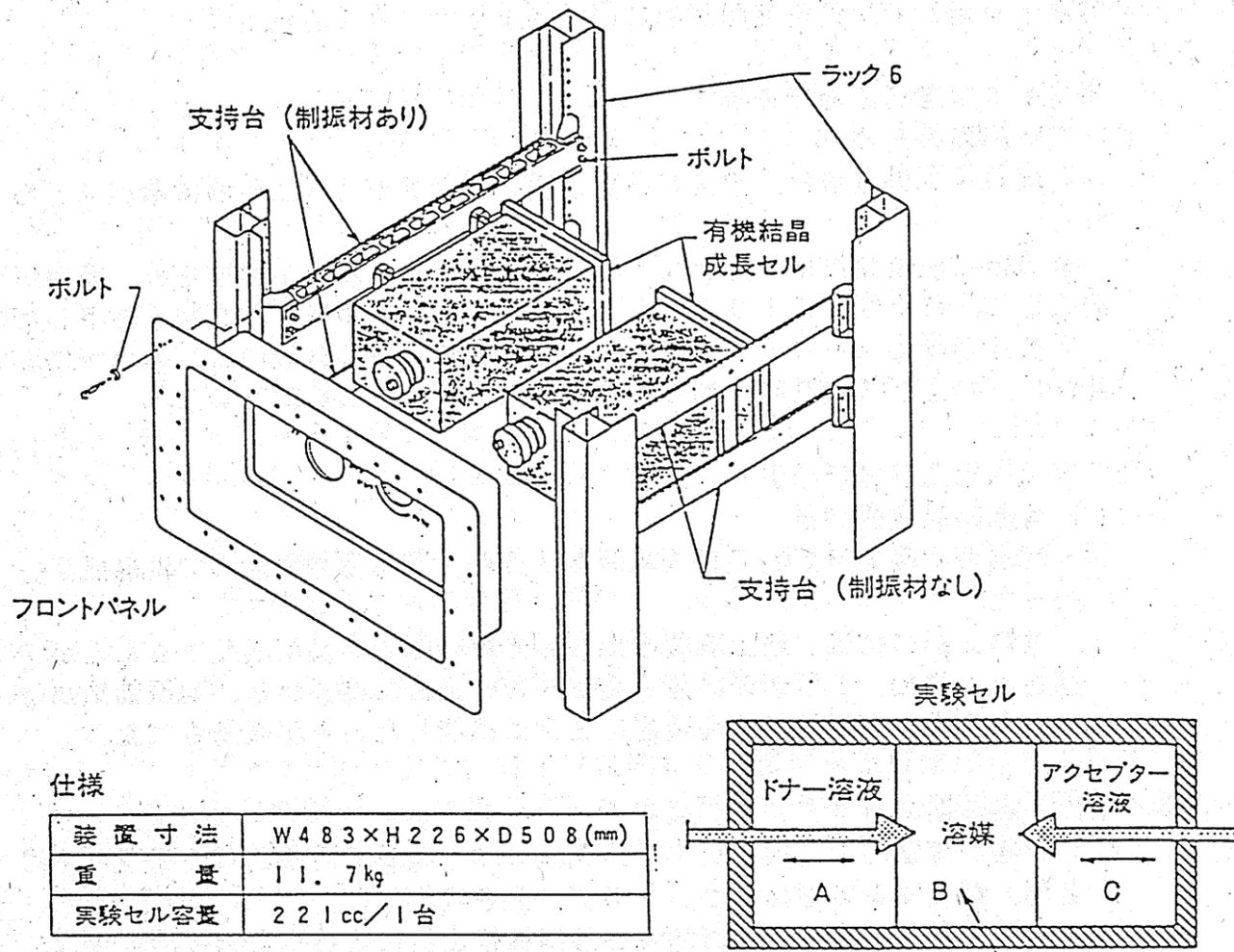
今回の実験では、約7日4時間47分間、微小重力環境下で結晶成長を行った。

試料分析の結果、地上実験と比較して短時間で結晶が成長することが確認され、また、2種類の結晶成長セルで成長した結晶から、制振効果が認められる等、有機結晶成長装置は正常に機能したことが確認された。

(イ) 宇宙放射線モニタリング装置

今回の実験では、約7日11分間、スペースラブ内の所定の場所に設置され、飛来する宇宙線についてのデータを収集した。

試料分析の結果、生物試料及び放射線検出材による宇宙線検出効果は、ほぼ予想した通りのものであることが認められる等、宇宙放射線モニタリング装置は正常に機能したことが確認された。



仕様

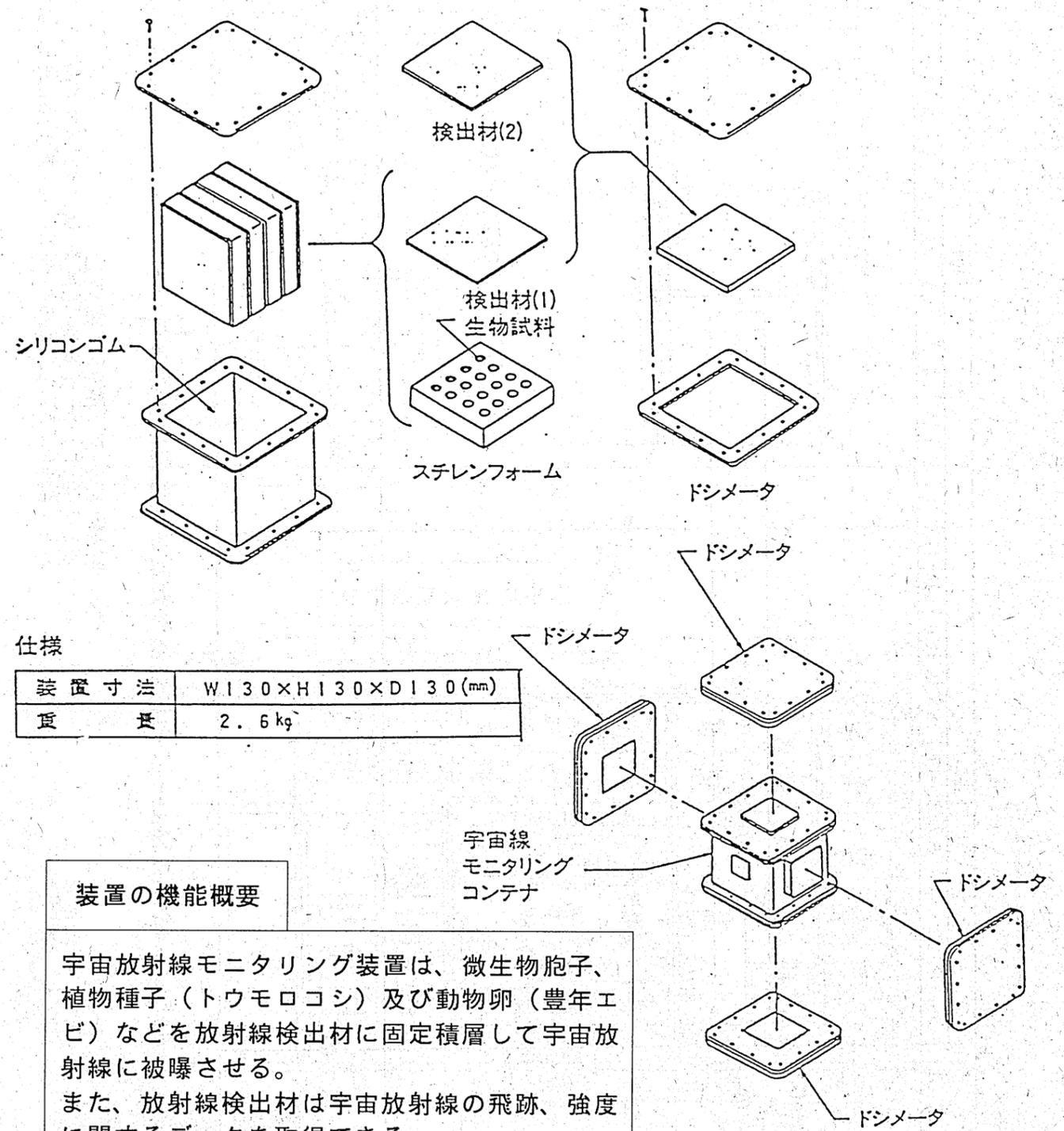
装置寸法	W483×H226×D508(mm)
重量	11.7kg
実験セル容量	221cc/1台

装置の機能概要

有機結晶成長装置は、2個の実験セル（有機結晶成長セル）から構成され、そのうち1個には外部からの微小振動を減衰させる機能が付加されている。各実験セルの内部は、2つの隔壁により3室（A、B、C）に分かれており、各室は溶媒で満たされ、両端の2室A、Cにはそれぞれドナー物質、アクセプター物質が入っている。ドナー物質、アクセプター物質が中央の反応室Bに拡散し、そこで化学反応が生じることによって有機結晶が成長するものである。

有機結晶反応室

図1-1 有機結晶成長装置



仕様

装置寸法	W130×H130×D130(mm)
重量	2.6kg

装置の機能概要

宇宙放射線モニタリング装置は、微生物孢子、植物種子（トウモロコシ）及び動物卵（豊年エビ）などを放射線検出材に固定積層して宇宙放射線に被曝させる。また、放射線検出材は宇宙放射線の飛跡、強度に関するデータを取得できる。

図1-2 宇宙放射線モニタリング装置

事項	1990				1991				1992							
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4
搭載実験装置及び射場関係	整備															
KSC射場整備作業																
宇宙放射線モニタリング装置																
有機結晶成長装置																
PCCC運用作業	<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 45%;"> <p>引渡し(3/1) <input type="checkbox"/> 装置搬入</p> <p>引渡し(2/1) <input type="checkbox"/> 装置搬入</p> </div> <div style="width: 45%;"> <p>日本へ返送 <math>\Delta</math> <input type="checkbox"/> KSCへ輸送</p> <p>地上対照実験 <input type="checkbox"/> 輸送</p> <p>試料充填(KSC) <input type="checkbox"/> 結晶取出し及び輸送 (KSC→日本)</p> <p>試料充填(日本) <input type="checkbox"/> 輸送 (DFRF→KSC) (KSC→日本)</p> </div> </div>															

図1-3 IML-1射場整備作業及び実験運用作業スケジュール

注 DFRF: ドライデン飛行研究施設  
 CPS: PCCCで行う実験運用計画についてのシミュレーション  
 JIS: PCCCに加え、MCCが参加し、飛行計画も含んだシミュレーション

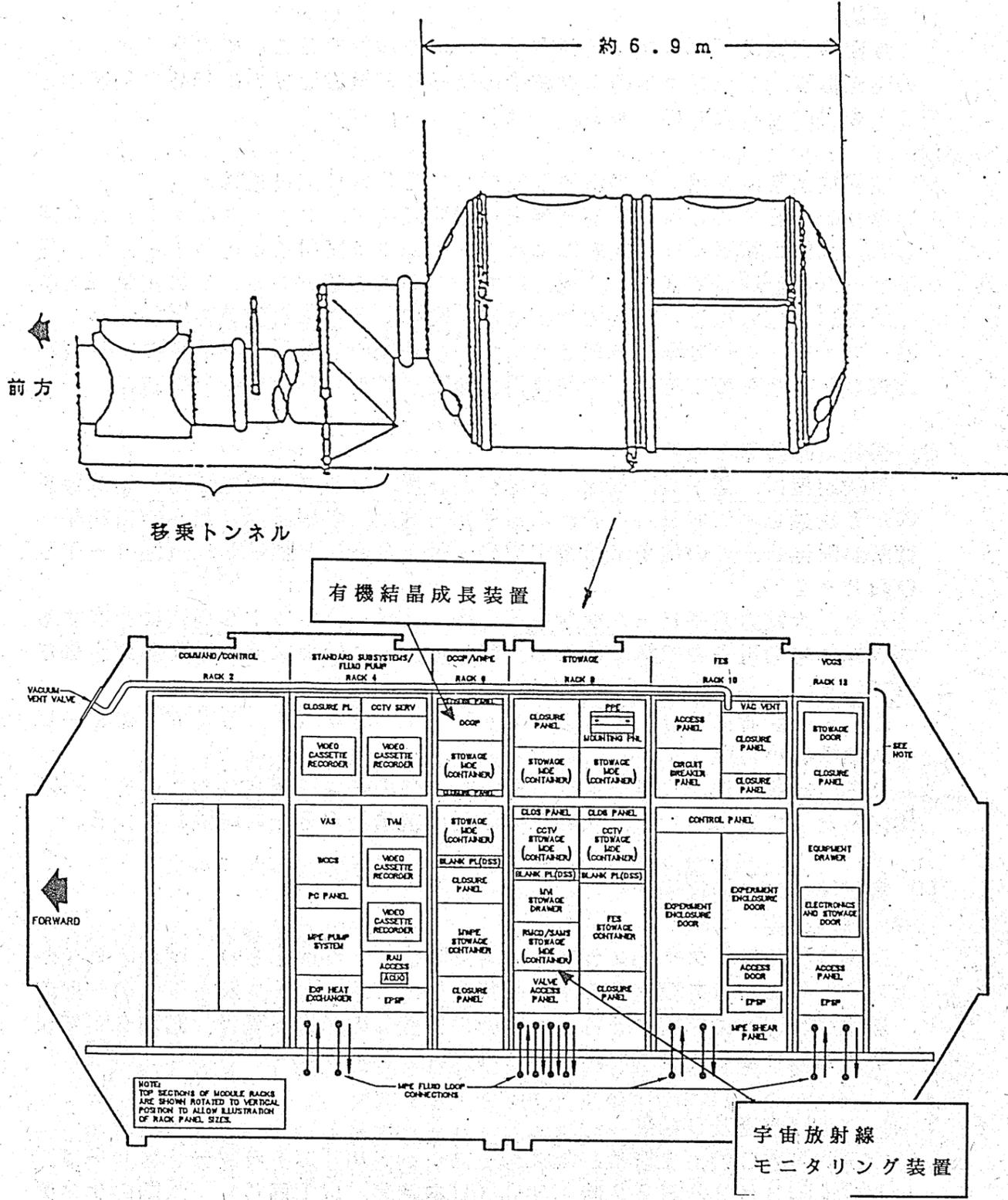


図1-4 スペーススラブの外観と実験装置の搭載場所

## II. 粒子加速装置を用いた宇宙科学実験 (SEPAAC) に係る開発結果

### 1. 宇宙実験の概要

#### (1) 目的

今回の実験は、プラズマ及び電子ビームを放射することにより、オーロラの発光機構、プラズマ中の荷電粒子の運動及び電磁波動の励起等を解明することを目的としたものである。

#### (2) 粒子加速装置を用いた宇宙科学実験 (SEPAAC) の概要

今回のSEPAACは、文部省宇宙科学研究所が、スペースシャトルを利用して、大電力電子ビーム放射による人工オーロラ実験等を行うとともに、電子ビームを低周波で変調し、地上においてそれを観測するための実験である。

なお、大電力電子ビーム放射実験は、昭和58年に日米協力実験としてスペースラブ-1号計画で予定されたが、電子銃の電源系の不具合により実施出来なかったものであり、今回は再実験として行われたものである。

#### (3) 搭載実験装置の概要

実験装置は、電子銃、電源、各種計測装置、プラズマ発生装置、制御装置等から構成されており、このうち電子銃、電源、各種計測装置を宇宙科学研究所が開発し、その他を米航空宇宙局 (NASA) が提供した (図II-1及び図II-2)。

また、大電力電子ビーム放射を行う際、スペースシャトル周辺に存在するプラズマ中の電子を収集するため、球状電極、中性ガス発生装置等が装備されている。

これらの装置により、 $6.25 \text{ keV} \cdot 1.2 \text{ A}$  ( $7.5 \text{ kW}$ ) の電子ビームの放射が可能である。

なお、本装置は、スペースラブ-1号実験の際に使用されたものを、一部改修したものであるため、大部分の装置は製造後13年を経過している。

#### (4) 実験実施までの経過

##### (7) 実験準備

実験装置は、スペースラブ-1号実験後、一部改修され、昭和59年から61年にかけて再実験の準備が行われたが、スペースシャトルの一連の液体燃料漏れに起因する打上げ計画の見直しの影響を受け、昭和61年以降数回にわたって打上げが延期された。

##### (1) 打上げ経過及び結果

SEPAAC装置を搭載したスペースシャトル「アトランティス」号は、平成4年3月24日22時13分 (日本時間、以下同じ)、米国のケネディ宇宙センターから打ち上げられた。

打上げ時刻：平成4年3月24日 22時13分 (日本時間)

打上げ場所：米航空宇宙局ケネディ宇宙センター  
(米国フロリダ州)

天候：晴

気温：20度

「アトランティス」は、打上げ後約40分後には軌道修正用のエンジンを噴射し所定の軌道に投入された。「アトランティス」の飛行計画と結果は下表の通りである。

	飛行計画	飛行結果
打上げ日時	平成4年3月23日 22時10分	平成4年3月24日 22時13分
打上げ地点	ケネディ宇宙センター (米フロリダ州)	同左
軌道高度	295 km	同左
飛行時間	8日22時間10分	9日22時間10分
着陸地	ケネディ宇宙センター (米フロリダ州)	同左
着陸日時	平成4年4月1日 20時20分	平成4年4月3日 20時23分

打上げ3時間30分後から電池の充電が開始され、約16時間30分後から各種機器の試験及び電子銃のカソードのアクティベーションが行われた。

その後、大電力電子ビームの放射等の実験が実施された。

### 2. 飛行中の実験結果及び分析

#### (1) 実験結果

3月26日10時から11時にかけて、まず $5 \text{ keV} \cdot 0.8 \text{ A}$  ( $4 \text{ kW}$ ) の電子ビーム放射を行った。

続いて3月26日20時30分から27日3時にかけて、最大出力である $6.25 \text{ keV} \cdot 1.2 \text{ A}$  ( $7.5 \text{ kW}$ ) の放射を行い、自然のオーロラに混じって人工オーロラが生成された様子を観測した。

3月26日15時30分より15時35分まで、日本上空で電子ビームア

ンテナによる低周波電波放射実験が実施され、札幌近郊など6か所での地上観測が行われた。

これによって、

- (7) 大出力電子ビーム放射の確認
  - (イ) 人工オーロラの生成及びスペースシャトルからの観測
  - (ウ) 電子ビームを変調して長いアンテナとして用いた低周波電波の放射実験及び地上での観測
- は、予定通り行われた。

ただし、低周波電波放射実験については、スペースシャトルからの電波の放射は行われたが、地上での受信は認められなかった。これは、理論的に予測される受信レベルに大きな幅があり、受信が可能かどうかを含めて実施されたものである。

その後、人工オーロラ実験やプラズマ実験など各種の実験がさらに行われたが、3月27日米国上空での低周波電波放射実験中に、電池から高圧電源に過剰な電力が流れ、安全ヒューズが溶断して実験が中断した。

## (2) 電源系の不具合

### (7) 不具合の状況

3月27日午前5時、電子ビームを用いた低周波電波放射実験が開始されたが、開始2分30秒後に、高圧電源部の入力電圧が低下し、同時に高圧発生/電子ビーム放出が停止した。

### (イ) 不具合部位の分析及び不具合原因の推定

「アトランティス」帰還後機器を調査したところ、電源に設置されていたヒューズが溶断していることが判明した。このヒューズを正常なものに交換し点検したところ、特に異常は見い出されなかった。

したがって、何らかの理由により瞬間的に大電流が流れ、ヒューズが溶断したことにより電子ビームの放出が停止したものと推定された。

ヒューズの溶断時に行われていた低周波電波放射実験は、今回初めて実施された実験であり、変調された電子ビームの放射に伴って、高圧電源装置内の2つのサイリスタが通弧し易くなっており、これにより大電流が流れたものと推定される。

また、高圧電源は、ヒューズの溶断に至る前に保護回路が作動するようになっていたが、帰還後不具合が再現しないこと、目視検査から放電等による機器表面上の異常が発見出来なかったことから、今回の不具合は、通弧が起こった時に保護回路も正常に機能しなかったものと推定された(別添1参照)。

保護回路が動作しなかった原因について、帰還後の試験で正常に動作していることから、一過性のものであり、

- ・保護回路の素子そのものが劣化していたこと

- ・保護回路またはインターフェースユニットの制御ラインに大きなパルス雑音が入ったこと

が原因として考えられた。特に前者については、本装置は製造から13年を経ていることや、「異常がなければ出来るだけそのまま使用する」という方針等により再実験が実施されたことから、可能性が高いと考えられた。

なお、電源装置については、当時まだゲートターンオフサイリスタ(GTO)の実績があまりなかったことからサイリスタを採用したものであるが、現在ではGTOの使用が一般的でかつ信頼性が高い回路が設計出来る。

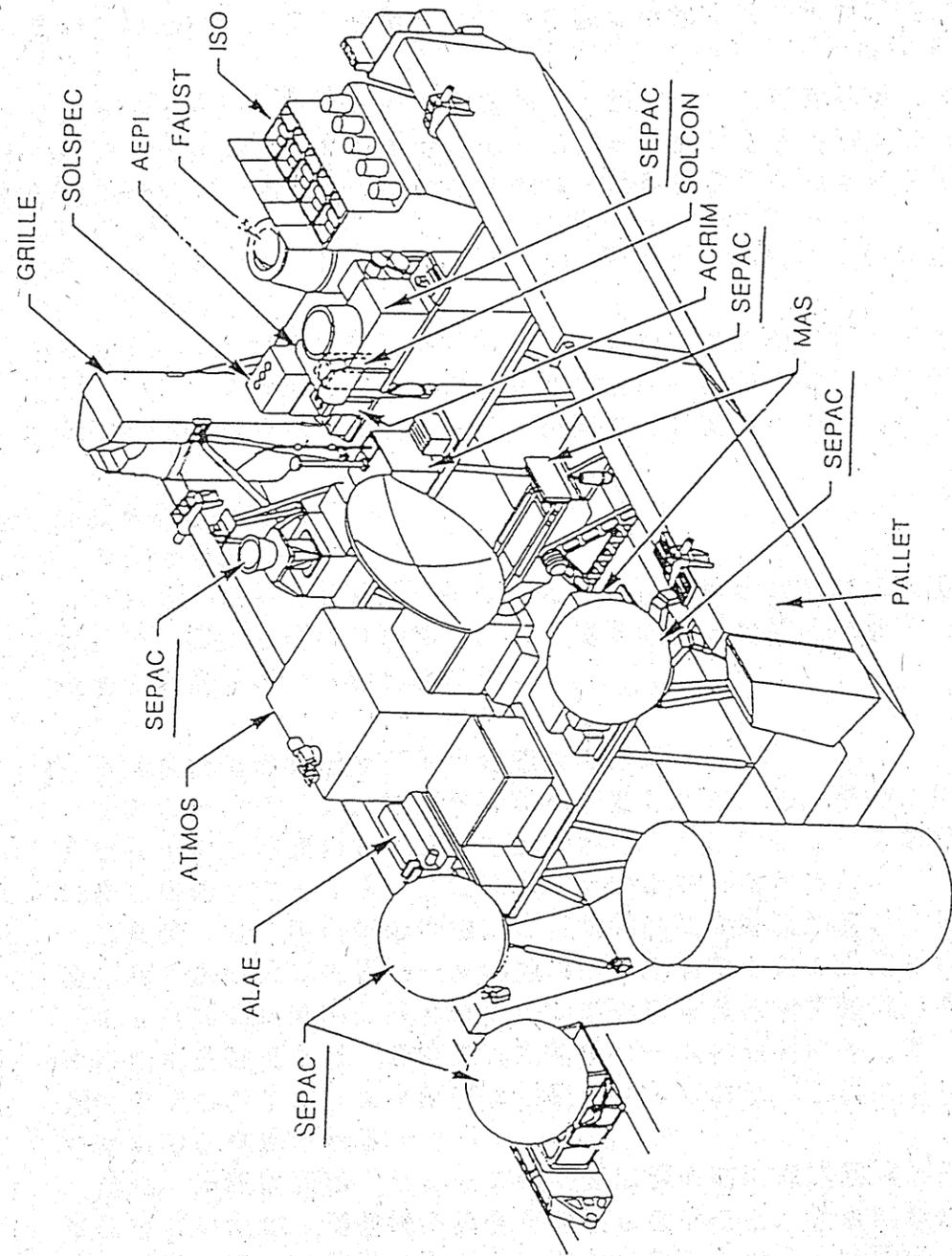


図 II - 1 SEPAC 機器配置図 (1)  
下線部が SEPAC 関連機器

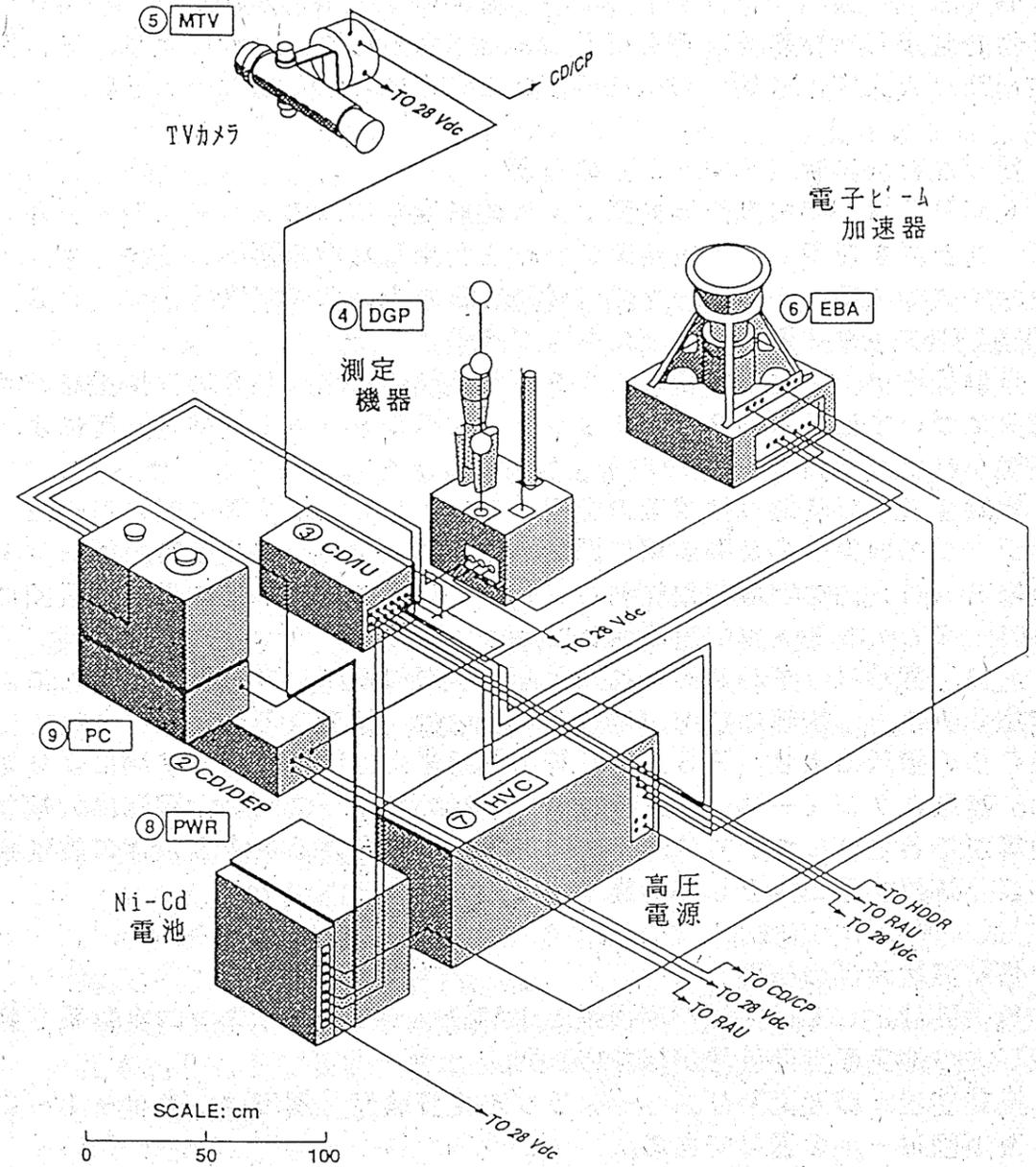


図 II - 2 SEPAC 機器配置図 (2)

### Ⅲ. 第一次材料実験 (FMP T) に係る開発結果

#### 1. 宇宙実験の概要

##### (1) 目的

FMP Tはスペースシャトルに我が国の科学技術者が搭乗し、宇宙空間の特性を利用した材料実験等を行うこととしたもので、これにより、宇宙実験技術及び有人宇宙技術の修得を行うことを目的としたものである。

##### (2) 第一次材料実験 (FMP T) の概要

FMP Tは、宇宙開発事業団が、米国航空宇宙局のスペースシャトル/スペースラブを使用して宇宙空間の特性を利用した材料関係22テーマ、ライフサイエンス関係12テーマの実験及び日本人の搭乗科学技術者 (P S) の健康管理データの取得を行ったものである。

実験操作は、主として日本人P Sが行うが、日本人P Sの作業量を超える部分については、NASAのミッションスペシャリスト (MS) 等によって実験が行われた。

実験装置及び実験進捗状況の監視、日本人P S、MS等に対する連絡、実験データの取得等の実験運用に関する管制は、マーシャル宇宙飛行センター (MSFC) 内の実験運用管制所 (POCC) において宇宙開発事業団によりNASAの支援を得て実施された。

なお、実験は、予め定められた計画・手順に基づいて行うが、これにより実施することが困難な状況が生じた場合には、軽微な不具合等についてはPOCCの指示により、P S、MS等の判断または所定の緊急手順により処置し、実験スケジュール、スペースシャトルのリソース (電力等) に大幅な変更等がある場合については、12時間毎に開催されるNASAとの調整会議により処置することとして実施された。

##### (3) 搭載実験装置の概要

実験装置としては、材料実験系11装置、ライフサイエンス実験系9装置及びその他実験補助装置が搭載された。

搭載装置、概要図及びスペースラブの主要諸元・環境は、表Ⅲ-1～Ⅲ-3及び図Ⅲ-1の通りである。

また、装置の概要等は、別添2の通りである。

##### (4) 実験実施までの経過

###### (7) 実験装置の輸送、搭載準備

###### (a) 実験装置のNASAへの搬入

ライフサイエンス実験系の装置については平成2年9月6日に、材料実験系装置については同9月26日に、米国NASAケネディ宇宙センター (KSC) に搬入された。

###### (b) 実験装置の搭載準備

搬入後、スペースシャトルの一連の液体燃料漏れに起因する打上げ計画の見直しにより、FMP Tの打上げが約14ヶ月延長され、FMP T搭載実験装置はKSCにおいて一時保管されることとなった。

平成3年1月から4月にかけてライフサイエンス実験系装置のフライトトラックへの搭載作業が実施されたが、装置の保管が長期にわたるため、同9月に装置の保守点検及び寿命部品の交換が行われた。

なお、スペースシャトル「エンデバー」号は、平成4年8月25日射点へ移行された。

###### (c) 生物試料の搭載準備

平成4年7月下旬より、実験研究者の参加を得て生物試料処理施設 (ハンガール) において生物試料の調製作業及び実験機材の整備作業が行われ、打上げの18時間前にスペースシャトルに搭載 (レイトアクセス) された。

なお、KSCにおける実験装置の整備状況は図Ⅲ-2の通りである。

###### (4) 実験運用シミュレーションへの参加

平成4年1月から8月にかけて、マーシャル宇宙飛行センターにおいて、実験運用要員の宇宙開発事業団職員、研究者等により、不具合が生じた場合への対応を含む実験運用シミュレーションが行われた。また、この実験運用シミュレーションに先立ち日本国内で机上訓練等要員訓練が行われた。

###### (7) 日本人搭乗科学技術者の健康管理及び訓練

###### (a) 日本人搭乗科学技術者の健康管理の経過

NASAの規定に基づく1年1回のジョンソン宇宙センター (JSC) での医学検査の他、日本国内での医学検査、心理面接の実施等により日本人P Sの健康管理が行われた。

打上げ直前には、宇宙開発事業団の専門医が、NASAの専門医の支援を行うことにより、日本人P Sの健康状態がミッション遂行に問題ないことが確認された。

###### (b) 搭乗員訓練

搭乗員に対する訓練については、日本国内において実験テーマについての基礎知識、実験装置についての応用知識等の修得訓練にはじまり、実験操作、日米搭乗員による合同訓練が平成2年4月までに実施された。

その後、スペースシャトルの打上げ変更に伴い、平成3年から、NASAにおいて総合的な訓練が実施された。その主要な項目は次の通りである。

・実験テーマ毎の操作訓練及び実験予定スケジュールに沿った訓練

- ・ 特定テーマを対象とする熟達訓練及び実験試料を使用した操作訓練
- ・ 搭載実験装置のミッションシーケンステストへの参加訓練
- ・ スペースシャトル/スペースラブ搭乗のための飛行準備訓練

(I) 打上げ経過及び結果

F M P T 実験装置を搭載した「エンデバー」は、平成4年9月12日23時23分（日本時間、以下同じ）、K S C から打ち上げられた。

打上げ時刻：平成4年9月12日23時23分  
 打上げ場所：米航空宇宙局ケネディ宇宙センター（米国フロリダ州）  
 天 候：晴、北東の風約5m/秒

「エンデバー」は、打上げの約40分後には軌道修正用のエンジンを噴射し、所定の軌道に投入された。飛行計画と結果は下表の通りである。  
 また、「エンデバー」の搭乗員については、日米7名が搭乗し、我が国からは毛利 衛 P S が搭乗した。なお、向井 千秋バックアップ P S、土井 隆雄バックアップ P S は、P O C C で実験支援を行った。

	飛行計画	飛行結果
打上げ日時	平成4年9月12日 23時23分	平成4年9月12日 23時23分
打上げ地点	ケネディ宇宙センター (米国フロリダ州)	同左
軌道高度	約300km	同左
飛行時間	6日20時10分	7日22時30分
着陸地	ケネディ宇宙センター (米国フロリダ州)	同左
着陸日時	平成4年9月19日 19時59分	平成4年9月20日 21時53分

「エンデバー」は、当初約7日間の飛行予定であったが、飛行期間を1日延長し、約8日間の飛行後、9月20日21時53分にK S C に帰還した。

2. 飛行中の実験結果及び分析

(1) 実験装置の稼働概要

F M P T 搭載実験は、材料実験関係22テーマ、ライフサイエンス実験関係12テーマの合計34テーマの実験と日本人P S の健康管理データの取得を、約7日間のスペースシャトル飛行中に行うことを計画していたが、飛行中のスペースシャトル/スペースラブの電力等のリソースに余裕が生じたことから、1日延長して約8日間にわたって予定した実験を実施した他、追加の実験等を行った。

F M P T 搭載実験に係る実施計画と実績の概要は図III-3に示す通りである。

当初計画と異なる主な点は、

- ① 材料実験の関係でNo.10ラックの水漏れのため、No.8ラックで実施できる実験を前倒しで実施したこと、
  - ② 飛行期間の1日延長に伴って追加の実験を行ったこと、
- で、実験はほぼ順調に実施された。  
 なお、水漏れは搭乗員と地上のP O C C との連携により、飛行2日目に修理された。

(2) 日本人搭乗科学者の実験操作及び健康管理

F M P T の各実験は日本人P S を含むペイロードクルー4名が2名ずつ12時間シフトに分かれ実施された。  
 日本人P S の健康については、飛行中は24時間専門医によりモニタされ、帰還後は、帰還直後、3日目、1ヶ月後にそれぞれ所定の検査が行われ、良好な健康状態にあることが確認された。

(3) 飛行中及び帰還後の実験研究者関連作業

転卵、培地の交換等のライフサイエンス系実験の一部については、生物試料処理施設（ハンガール）において、軌道上の温度及び湿度データに合わせて、地上での対照実験が24時間体制で行われた。  
 また、材料実験系試料及びライフサイエンス実験系試料は、帰還後に実験内容に応じた条件により日本へ輸送し、平成5年2月9日までに順次実験研究者への引き渡しが行われた。

(4) 実験結果の分析

F M P T の実験装置としては、連続加熱型電気炉、高温加圧型電気炉等の材料実験系11装置、無担体電気泳動装置、前庭機能実験装置等のライフサイエンス実験系9装置、その他実験補助装置が搭載された。  
 各装置等の稼働結果の分析、今後の計画への反映事項としては、表III-4の通りであり、各装置とも安全性を確保しつつほぼ計画値内で稼働させることが出来たと認められる。  
 また、今後の計画への反映事項等としての詳細な分析結果は別添3の通り

である。

これらの実験装置の開発については、

- ・多数の機関から提案され、集約された実験テーマに対応した適切な実験システムを開発すること、
- ・自主技術による有人宇宙実験技術の蓄積を図ること、
- ・多数の実験を効率的に行うため複数の実験テーマに共通して使用出来る実験装置を中心とすること、

等の基本方針により実施された。

F M P Tはこのような実験装置の開発の方針に基づいて、我が国として初めて実施された本格的な有人宇宙実験であり、その結果から今後の宇宙実験への反映すべき事項について計画のフェーズに沿って示すと以下の通りである。

#### (7) 実験装置設計及び実験計画策定段階

- ・安全性の確保等搭載性要求と実験テーマ、内容との適合性

F M P Tの実験装置の設計及び実験計画の策定に当たっては、安全性確保等の搭載性要求に対して適合させる必要があり、調整過程において実験要求、実験装置の設計見直し等が生じている。

実験研究者の実験要求を実験装置の設計、運用に最大限反映していくためには、早い段階から安全性確保等の搭載性要求に係る条件の明確化を図りつつ、実験研究者と調整を行っていくことが重要である。

- ・計画の進捗状況と実験テーマ、内容との適合性

上述の安全性確保等の搭載性要求についての考慮に加えて、実験テーマ、内容の設定に当たっては、実験研究者の実験要求を実験装置の設計、運用に最大限反映するように努めるとともに、計画の進捗状況等を踏まえて、実施までの間においても可能な限り柔軟に対応し、実験研究者と調整を行っていくことが重要である。

- ・予備実験による無重力環境下での基礎データの蓄積

濡れ性が原因と推定される球結晶成長実験装置の熔融試料の付着、液滴マニピュレーション実験装置の液滴切り離し時の操作性について、無重力環境下での基礎データの不足によると考えられる状況が発生している。

これらの状況については、今後とも可能な限り落下塔、航空機等の簡易微小重力実験手段を用いた予備実験を行い無重力環境下でのデータの蓄積を図り、実験装置等の仕様、実験計画の策定に反映させることが重要である。

- ・実験装置の運用の柔軟性の確保

音波浮遊炉や液滴マニピュレーション実験装置等については、地上で

十分な機能確認が原理的には困難であり、実験パラメータを精度よく確定出来なかった。このような装置については、軌道上での実験パラメータの変更機能、自動シーケンスのオーバーライド機能、保守性の改善等により搭乗員等による臨機な対応が可能となるよう実験装置の設計時に配慮することが重要である。

また、装置の自動化を進めるに際してはテレオペレーションの援用等についても今後配慮していくことが望まれる。

#### (4) 製作、検査及び試験の段階

- ・効果的な品質管理

F M P Tの実験装置については、与圧環境下で稼動すること及び経済性の観点から、原則的には一般部品を用いて製作された。

これらの実験装置の軌道上運用の結果としては、各装置の稼働が確認されるとともに各実験が実施されたと認められる。

しかしながら、装置の一部に例えば材料系冷却水切り替えバルブのロックナットのゆるみ、イメージ炉のモータスティック、無担体電気泳動装置の吸光度モニタ分離検出器受光部へのバッファ液の漏洩等の状況が生じた。このような状況を踏まえて、品質管理について実験の成否にクリティカルと考えられる製造・組立工程を明確にし、これに重点を置いて管理を行う等効果的に実施していくよう更に検討を進めることが重要である。

また、地上試験の実施、保管等の過程を考慮し、製作等の段階を通じて装置の信頼性の確保に努めることが重要である。

- ・試料カートリッジ等の試験、検査方法の改善

高温加圧型電気炉用試料カートリッジ、金属微粒子生成実験装置の実験球等の実験試料については製造品質の確認が構造的に困難な場合がある。

これらの試料カートリッジ等については、設計上の工夫、製造後の試験、検査方法の改善等潜在的な欠陥を防止するような方策について更に検討を進めることが重要である。

#### (5) 保管、保守点検

- ・長期保管時の品質確保

F M P Tにおいては、実験装置の射場搬入後の打上げ変更等により結果的には搬入後打上げまで約2年間を要することとなった。有機結晶成長実験装置の試料の変質、熱電式恒温恒湿保持装置の減湿材の劣化等の経験を踏まえ、長期保管による実験試料等の性能劣化要因の抽出にあたっては細心の注意を払うとともに、実験研究者と調整のうえ射場等における実験装置の保管、整備計画を設定することが重要である。

・実験装置の保守点検に関する改善

射場での整備作業においては、実験装置のスペースシャトルへの搭載作業等により、実験装置の保守点検のためのアクセスに制約がある。今回のこれらの制約下における整備作業の結果を踏まえ、今後、ラック搭載後の実験装置の点検、整備が容易に出来るように実験装置の設計に反映すること及び実験内容に適合した搭載時期等に配慮することが望まれる。

(I) 軌道上運用

・搭乗員操作の确实性の確保

F M P Tにおいては、軌道上で搭乗員が确实な操作を行うために、外觀及び操作性が同等な訓練装置を使用した搭乗員訓練を地上で行っており、結果は極めて有効であったと認められる。

しかしながら、有機結晶成長実験装置の軌道上での栓の開閉確認が出来なかった例にも見られるように、軌道上での搭乗員の确实な操作の実施のためには、今後、搭乗員または地上運用要員が操作結果を確認出来るよう装置の動作確認機構に配慮する必要がある。

また、装置について、可能な限り自動化するものと搭乗員による高度な操作を要するものとに分けること及び搭乗員操作を要するものについては操作の容易性の向上を図るとともに装置毎の自動化の程度を実験手順等に反映することにより、実験実施の确实性が確保されるよう検討していくことが望まれる。

・地上支援体制

F M P Tでは、実験研究者の協力を得て地上での運用支援体制の確保を図り、材料実験系システム冷却水切り替えバルブの水漏れの軌道上修復作業及びこれにともなう実験スケジュールの変更作業を順調に実施することが出来た。これらの地上支援作業においては、実験の目的に即応した技術的判断が必要となるため、地上支援作業においても地上支援要員の事前の十分な訓練と実験研究者の運用への参加が極めて有効であった。

更に、F M P Tでは日本人バックアップP Sが軌道上の搭乗員との連絡にあたったことも含め、実験研究者と搭乗員との連携を十分に図ることが出来た。今後の宇宙実験の実施においても、効果的な実験実施のため、実験研究者と実験操作を行う搭乗員との連携の確保に配慮していく必要がある。

表 III - 1 F M P T 搭載実験装置と実験テーマ

装置名称	実験テーマ
(材料実験系) ①連続加熱型電気炉	<ul style="list-style-type: none"> <li>・新超電導合金の溶製</li> <li>・二種の溶融金属の相互拡散および凝固生成する合金化合物の組織と構造</li> <li>・高剛性・超低密度炭素繊維/アルミ合金複合材料の製造研究</li> <li>・無重力下におけるSi-As-Teアモルファス半導体の製造</li> <li>・無重力条件下における共晶系合金の凝固に関する研究</li> </ul>
②高温加圧型電気炉	<ul style="list-style-type: none"> <li>・複合脱酸した鋼塊中の脱酸生成物の生成機構</li> <li>・粒子分散型合金の作製</li> <li>・液相焼結機構の研究</li> </ul>
③温度勾配型電気炉	<ul style="list-style-type: none"> <li>・狭バンドギャップ三元混晶半導体、鉛錫テルル単結晶の無重力下における結晶成長</li> <li>・非混合合金系の凝固・成長に関する研究</li> <li>・無重力環境下における化合物半導体結晶の作製 (In Ga Asの研究)</li> </ul>
④イメージ炉	<ul style="list-style-type: none"> <li>・無重力下における帯溶融法によるPbSnTe大型単結晶の試作</li> <li>・浮遊帯域溶融法による化合物半導体結晶の作製</li> <li>・ガラスの高温挙動</li> <li>・無重力下におけるサマルスカイトの合成</li> </ul>
⑤音波浮遊炉	<ul style="list-style-type: none"> <li>・非可視域用光学材料の研究</li> </ul>
⑥液滴マニピュレーション実験装置	<ul style="list-style-type: none"> <li>・音波浮遊装置内での液滴の挙動と音波干渉履歴の研究</li> </ul>
⑦球結晶成長実験装置	<ul style="list-style-type: none"> <li>・シリコン球結晶の成長とその表面酸化</li> </ul>

装置名称	実験テーマ
⑧泡挙動実験装置	・温度勾配及び、超音波定常波のある場における泡の挙動の解明
⑨マランゴニ対流実験装置	・無重力下での材料製造過程におけるマランゴニ対流の研究
⑩金属微粒子生成実験装置	・無重力下における気相金属凝結機構の研究
⑪有機結晶成長実験装置	・無重力環境下における有機金属結晶の成長

なお、実験補助装置として、データ記録ビデオシステム、35mmスチルカメラを搭載（ライフサイエンス系と共用）。

装置名称	実験テーマ
(ライフサイエンス実験系) ①無担体電気泳動装置	・生体成分の無重力下での電気泳動法による分離条件の確認 ・フリーフロー電気泳動による細胞の分離
②前庭機能実験装置	・無重力順応過程における視-前庭性姿勢・運動制御の研究
③発光刺激実験システム	・宇宙空間における視覚安定性の研究 ・無重力環境での知覚-動作機能の研究「手動制御特性の研究」
④ハエ容器	・HZE（高エネルギー重粒子放射線）および宇宙放射線の遺伝的影響
⑤酵素結晶実験キット	・無重力を利用した酵素の結晶成長
⑥卵ラック	・骨と軟骨の発生と成長に及ぼす無重力の影響
⑦細胞培養実験キット	・哺乳類培養細胞の超微構造と機能に及ぼす無重力の影響に関する研究
⑧カビ成長箱	・アカパンカビを用いた概日性リズムの研究
⑨宇宙放射線モニタリング装置	・宇宙放射線の生物への影響の検討と宇宙飛行士の放射線防御対策の開発
*尿モニタリング装置（NASAより借用）	・搭乗者の内分泌系の反応及び代謝変化

なお、実験補助装置として、赤外線テレメータシステム、熱電式恒温恒湿保持装置（高温用）、熱電式恒温恒湿保持装置（低温用）、35mmスチルカメラ、冷蔵庫、身体機能測定装置、顕微鏡、データ記録ビデオシステムを搭載

表 III-2 スペースラブの主要諸元

項目	内容
コアモジュール	4.1mφ×2.7mL (ショートモジュール)
実験モジュール	4.1mφ×2.7mL (この2モジュールを結合し、両端ドームをつけた全長約7mのロングモジュール1個ができる。)
搭乗員	1~4名
搭載ペイロード重量	5,500kg
搭載ペイロード容積	7.6~22m³
軌道	(1) 高度: 185 ~ 535km (2) 軌道傾斜角: 28.5° ~ 104°
ミッション期間	7~30日間
再使用回数	約50回
供給電力	(1) 平均: 3~4kW (2) ピーク: 8kW (3) エネルギー: 300kWH
データ伝送	30~50Mbps
データ記録	30Mbps (デジタル) 2.5 MHz (アナログ) 5.0 MHz (ビデオ)

表 III-3 スペースラブの主要環境条件

項目	概略値
加速度	打上げ時及び着陸時: 最大3G 軌道上: 10 <sup>-4</sup> G
振動	カーゴベイ内 (打上げ時のみ): 145dB 騒音レベル モジュール内 (打上げ時のみ): 136dB 騒音レベル
温度	モジュール内: 装置は、20~40°Cに保たれている。 キャビン内: 18~27°C
汚染	オービタ、スペースラブ、実験装置から生じる。できる限りの低レベルまで減らすよう設計上予防策がとられている。

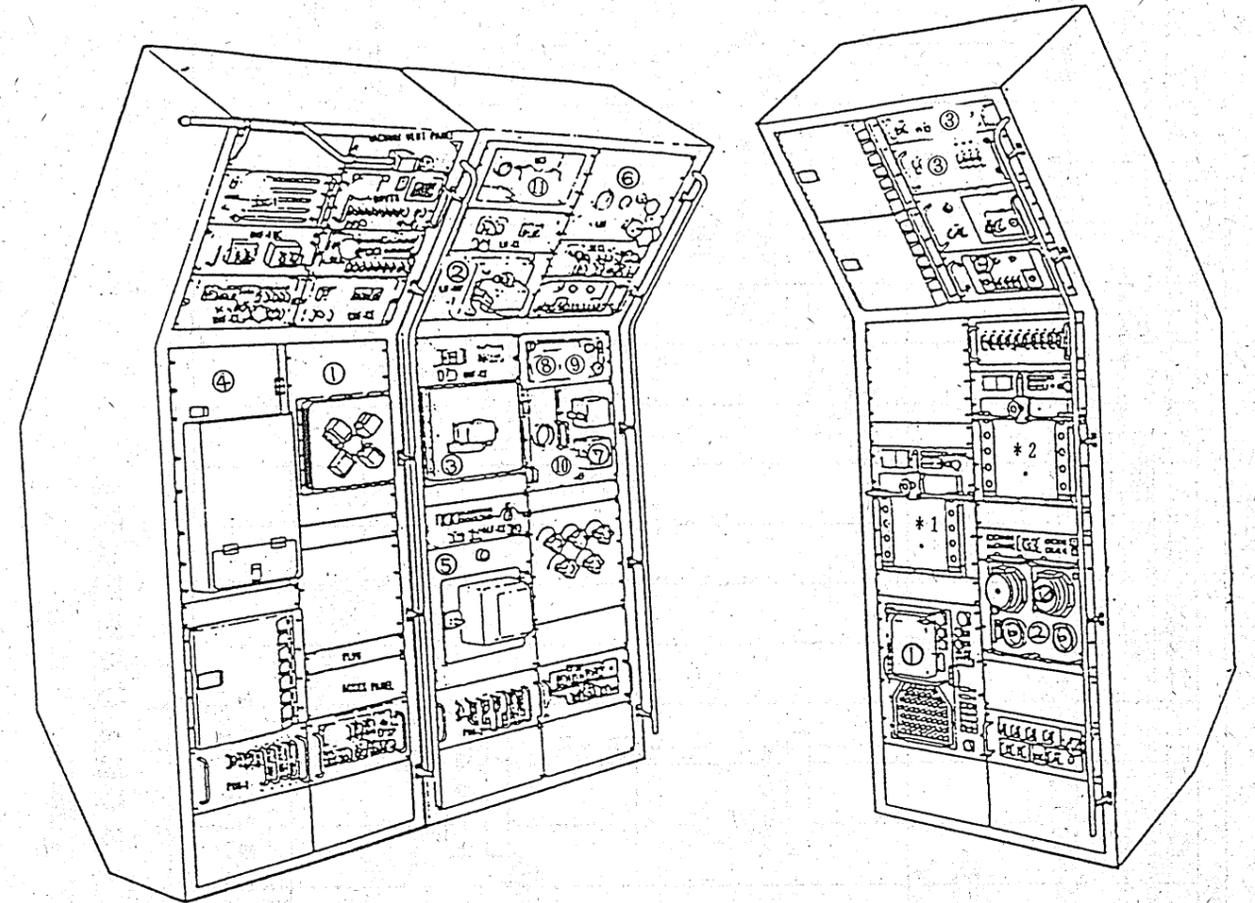
材料実験系

ライフサイエンス実験系

(ラックNo.8)

(ラックNo.10)

(ラックNo.7)

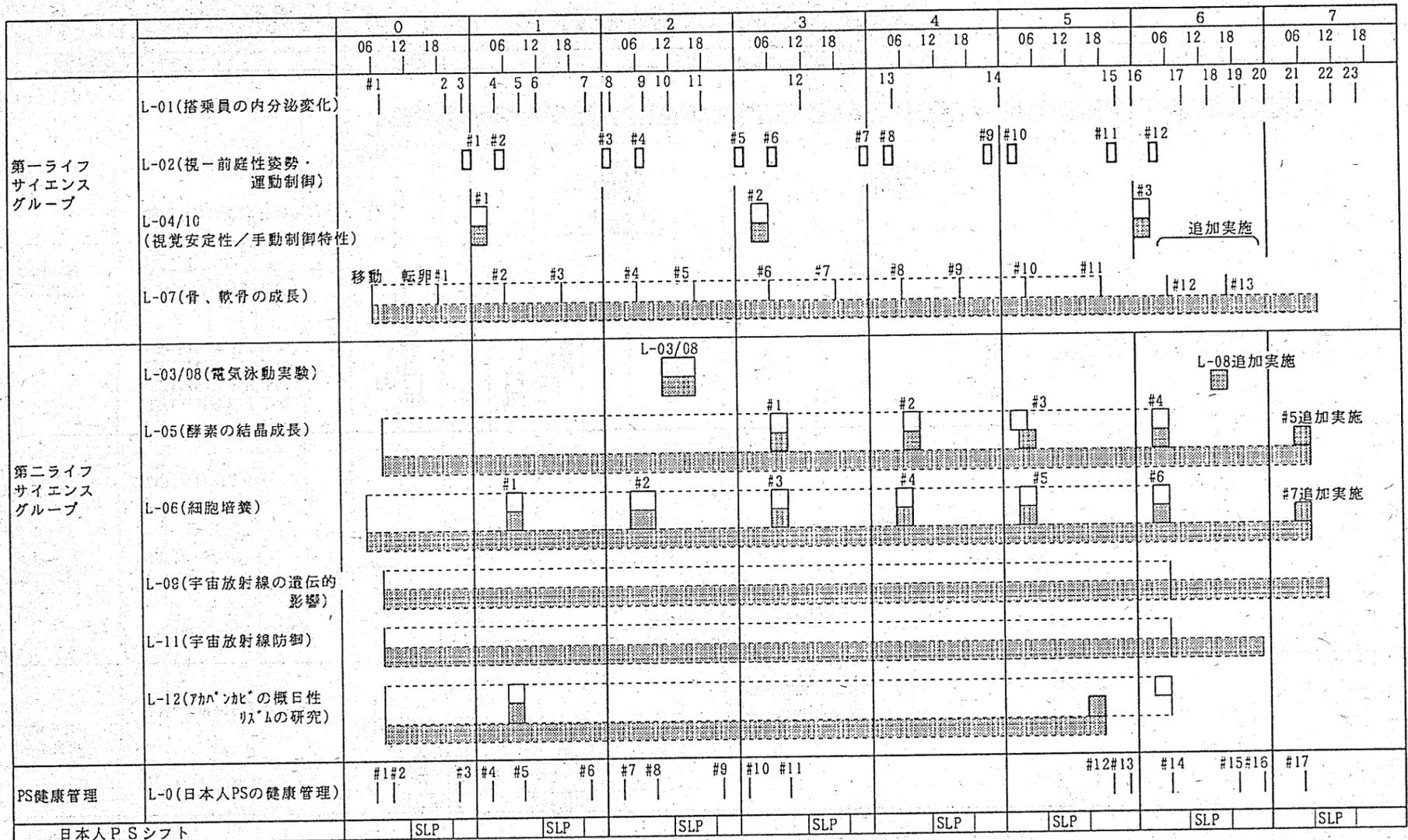


- ① 連続加熱型電気炉
- ② 高温加圧型電気炉
- ③ 温度勾配型電気炉
- ④ イメージ炉
- ⑤ 音波浮遊炉
- ⑥ 液滴モニタリング実験装置
- ⑦ 球結晶成長実験装置
- ⑧ 泡挙動実験装置
- ⑨ マイクニ対流実験装置
- ⑩ 金属微粒子生成実験装置
- ⑪ 有機結晶実験装置

- ① 無担体電気泳動装置
- ② 前庭機能実験装置
- ③ 刺激信号制御装置
- ③' 赤外線テレメータ受信機
- \*1 恒温恒湿保持装置 (低温用)
- \*2 恒温恒湿保持装置 (高温用)
- (\*: 実験補助装置)
- 以下の装置はコンテナ等に搭載
- ④ ハエ容器
- ⑤ 酵素結晶実験キット
- ⑥ 卵ラック
- ⑦ 細胞培養実験キット
- ⑧ カビ成長箱
- ⑨ 宇宙放射線モニタリング装置

図 III-1 FMPT 実験システムの概要図

	平成2年				平成3年								平成4年														
	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
NASA MILESTONE			←				レベルIV									707搭載			ミッション搭載	レベルIII/II	レベルI					打上げ(9/12)	掃選(9/20)
材料実験系	△搬入(9/26)	輸送後点検	△ターナー(11/1)				保守点検					保守点検						EGSE設置	ミッションテスト	MST	インターフェーステスト	MST	保守点検	EGSE撤収	MTU/Fテスト		ミッションテスト & 日本返送
ライフサイエンス実験系	△搬入(9/26)	輸送後点検	△ターナー(10/17)				ミッションテスト				保守点検							EGSE設置	ミッションテスト	MST	インターフェーステスト	MST	EGSE撤収				ミッションテスト & 日本返送
																			ハンカ-Lリハーサル(第2回)					ハンカ-L生物試料準備作業	地上対照実験		試料後処理



注(1) □: 計画 ■: 実績を示す。  
 注(2) L-01, L-02, L-0 については、実績のみ示す。  
 注(3) SLP: 毛利PSの睡眠時間帯を示す。  
 注(4) [-----]: 実験継続を示す。

図III-3 FMP Tタイムラン (計画と実績) (2/2)

表III-4 FMP T実験装置の搭載実験稼働結果 (1/10)

<材料実験系>

F M P T 実験装置		今後の計画への反映	
装置名・仕様概要	搭載実験での達成技術目標	稼働結果	
<p><b>連続加熱型電気炉</b>                      概要: 最高1300°Cまでの加熱を行う均熱炉、試料の同時処理                      温度制御: プリプログラム制御                      温度均一性: 6°C以下                      カートリッジ 温度変動度: ±4°C以内</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>プリプログラム温度制御方式の実証</li> <li>温度均一性、温度変動度の達成</li> <li>複数試料の同時処理機能の実証</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>温度制御は正常に実施</li> <li>温度均一性、温度変動は仕様を満足</li> <li>試料同時処理機能は正常に動作</li> </ul>	<p>IML-2: (適用なし)</p> <p>宇宙ステーション: 均熱炉</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>プリプログラム温度制御</li> <li>試料交換の自動化</li> <li>温度変動度の低減化</li> <li>温度均一性の向上</li> </ul>
<p><b>高温加圧型電気炉</b>                      概要: 最高1600°Cまでの加熱を行う均熱炉                      温度制御: プリプログラム制御                      温度均一性: 8°C以下                      カートリッジ 温度変動度: ±5°C以内                      試料加圧: ガス圧、10kg/Cm<sup>2</sup></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>プリプログラム温度制御方式の実証</li> <li>温度均一性、温度変動度の達成</li> <li>ガス圧による試料加圧方式の実証</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>温度制御は正常に実施</li> <li>温度変動は仕様を満足</li> <li>温度均一性は仕様を満足</li> <li>試料加圧効果を確認</li> </ul> <p>溶解試料(M-6)がリークして熱電対に付着したため、試料温度が約20°C高い値を示した。原因は、試料カートリッジ組立時の封止ガラスの取り付け手順にミスがあったためと推定</p>	<p>IML-2: 高温加圧型電気炉</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>プリプログラム温度制御</li> <li>ガス圧による試料加圧</li> <li>温度変動度の向上(±1.5°C)</li> <li>予定している加圧条件下では漏洩試料が熱電対まで到達する可能性が無いように設計</li> </ul> <p>宇宙ステーション: 均熱炉</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>プリプログラム温度制御</li> <li>試料交換の自動化</li> <li>温度変動の低減化</li> <li>温度均一性向上</li> </ul>

表III-4 F M P T 実験装置の搭載実験稼働結果 (2/10)

F M P T 実験装置			今後の計画への反映
装置名・仕様概要	搭載実験での達成技術目標	稼働結果	
<p><b>温度勾配型電気炉</b> 概要：高温部最高1200℃、勾配60℃/cmの温度勾配加熱炉</p> <p>温度制御：プリプログラム制御 カートリッジ 温度変動度：±1℃以内 試料攪拌：超音波、約33kHz</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>プリプログラム温度制御方式の実証</li> <li>所定の温度勾配を達成するためのヒータ3分割方式による温度勾配形成機能の実証</li> <li>温度変動を小さくすること</li> <li>超音波試料攪拌機能の実証</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>温度制御は正常に実施</li> <li>所定の温度勾配を実現</li> <li>温度変動は仕様を満足</li> <li>超音波試料攪拌は正常に実施</li> </ul>	<p>IML-2： (適用なし)</p> <p>宇宙ステーション：勾配炉</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>最高温度の向上</li> <li>温度勾配能力の増強</li> <li>温度変動の低減化</li> <li>試料攪拌の1方式として超音波攪拌を今後検討</li> </ul>
<p><b>イメージ炉</b> 概要：帯溶融法による結晶成長炉</p> <p>加熱温度：最高1400℃(φ4mmのロッド) マニュアル調整機能：試料の接合、温度調整 炉移動速度：2~200mm/時 試料回転速度：3~30回/分 雰囲気ガス流量：0.2~1.8ℓ/分</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>安定した溶融帯形成のための試料温度及び試料位置調整機能の実証</li> <li>雰囲気ガスの制御機能の実証</li> <li>無重力下での加熱能力(ランプ能力)の確認</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>溶融帯形成機能、試料回転機能、ガス流量調整機能は正常に動作</li> <li>加熱能力を確認</li> <li>炉移動機能に関してはモータスティックの発生はあったが潤滑剤の塗布により復帰、装置納入後長期間(約6年間)の保管により潤滑剤が乾燥したこととモータ内部の摩耗により負荷が増大したことが原因と推定</li> <li>一部試料の酸化があったが、原因は上記不具合により実験順序を変更して実施する必要が生じたため、残留酸素により酸化したものと推定</li> </ul>	<p>IML-2： (適用なし)</p> <p>宇宙ステーション：帯域炉</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>加熱能力の向上(温度、ランプ寿命)</li> <li>操作性の向上</li> <li>可動部保守点検の可能な設計化</li> <li>雰囲気制御能力の向上</li> </ul>

表III-4 F M P T 実験装置の搭載実験稼働結果 (3/10)

F M P T 実験装置			今後の計画への反映
装置名・仕様概要	搭載実験での達成技術目標	稼働結果	
<p><b>音波浮遊炉</b> 概要：円筒型の炉心管内に超音波定在波を形成し、ミラー炉ランプ集光により試料を浮遊加熱冷却する</p> <p>加熱温度：最高1400℃ 音波周波数：8kHz~25kHz 音圧レベル：160dB以上</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>周波数サーチによる定在波形成方式の実証</li> <li>試料加熱中の定在波の維持</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>周波数サーチによる定在波形成機能は正常に動作</li> <li>定在波の乱れが地上で予想したより大きかったため試料が白金ケージに接触したまま溶融冷却する結果となった</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>計算速度の高速化により試料の振動等による音場の乱れを小さくする</li> <li>実験状況の変化に対応出来るよう軌道上において実験パラメータの変更操作等出来るシステムとする</li> </ul> <p>IML-2： (適用なし)</p> <p>宇宙ステーション：浮遊炉(類似)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>宇宙で浮遊制御パラメータを設定出来る装置に設計</li> </ul>
<p><b>液滴ナビゲーション実験装置</b> 概要：直方体の浮揚箱内で3軸の定在波を形成し、液滴を浮遊させる</p> <p>スピカ数：3ヶ 音波周波数：1500~1800 Hz 音圧レベル：150~163 dB 温度：常温</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>周波数サーチによる定在波形成及び維持の実証</li> <li>音場内での液滴形成の実証</li> <li>液滴の無接触浮遊維持</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>周波数サーチによる定在波形成は達成</li> <li>音場内での液滴形成及び切り離しは確認</li> <li>最初の液滴の切り離し直後に液滴がスピーカに付着したため以後の実験は音場が乱れ意図した実験が行えなかった</li> </ul>	<p>IML-2： (適用なし)</p> <p>宇宙ステーション：浮遊炉(類似)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>液滴形成方法の明確化</li> <li>装置のメンテナンス性の向上</li> <li>実験状況の変化に対応出来るよう軌道上において実験パラメータの変更操作等出来るシステムとする</li> </ul>

表III-4 F M P T 実験装置の搭載実験稼働結果 (4/10)

F M P T 実験装置		稼働結果	今後の計画への反映
装置名・仕様概要	搭載実験での達成技術目標		
<p><b>球結晶成長実験装置</b>                      概要：Arガス雰囲気中で最高1450℃まで加熱し、球状結晶を作製する2種類の電気炉から構成（それぞれ球状試料用、棒状試料用）                      温度制御：プリプログラム制御                      温度変動度：±2℃以下                      特殊機能：赤外線センサーによる溶融確認</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>プリプログラム温度制御方式の実証</li> <li>赤外線センサによる試料の溶融確認</li> <li>温度変動を小さくすること</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>温度制御は正常に実施</li> <li>赤外線センサーによる試料溶融確認機能は正常</li> <li>温度変動は仕様を満足</li> </ul> <p>試料は次のような状況</p> <p>&lt;球状試料&gt;                      溶融試料がTaカプセルに接触し球状試料とならなかった</p> <p>&lt;棒状試料&gt;                      溶融試料が石英ルツボに接触して予定以上に溶融され球状試料とならなかった                      濡れ性の影響と推定されるが研究者の行う飛行後解析の進捗と合わせて引き続き原因を究明する</p>	<p>IML-2：（適用なし）</p> <p>宇宙ステーション：各種電気炉                      ・試料とルツボ、カプセルの濡れ性に関するデータの蓄積（地上及び航空機実験でデータを蓄積中）                      ・試料とルツボの間のクリアランスの確保</p>
<p><b>流体物理実験装置</b>                      7) 泡挙動実験装置                      a) 超音波実験セル                      気泡の形成：シリンジ                      周波数：10～25 (KHz) でスイープ                      b) 温度勾配実験セル                      気泡、液泡形成：シリンジ                      温度：高温側60±℃、低温側10±℃</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>シリンジによる泡の形成</li> <li>超音波スイープ</li> <li>温度勾配形成機能の実証</li> <li>気泡の光学観察・記録</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>泡の形成は達成。2つのシリンジのうち1つからの泡の注入が出来なかった。原因は注入針に封止部のゴムが詰まったためと推定</li> <li>超音波スイープは正常に動作</li> <li>温度勾配は正常に形成</li> <li>所定の画像をVTRに記録</li> </ul>	<p>IML-2：（適用なし）</p> <p>宇宙ステーション：流体物理実験装置（類似）                      ・気泡注入機構の信頼性向上                      ・超音波発生機構                      ・広範囲高精度な温度勾配の実現                      ・流れの三次元計測等</p>
<p>4) マランゴニ対流実験装置                      温度制御：高温側と低温側の温度差5, 10, 15℃の3種</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>温度勾配機能の実証</li> <li>トレーサによるマランゴニ対流の可視化</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>温度勾配は形成</li> <li>マランゴニ対流を正常に観察記録</li> <li>試料ホルダ引抜きが最初不完全であったが、ホルダを追加回転させて自由界面を形成した。回転引き抜き機構のネジ山のピッチが操作手順書の回転数に対応したものでなかったことが原因。（所定のピッチと相違）</li> </ul>	

表III-4 F M P T 実験装置の搭載実験稼働結果 (5/10)

F M P T 実験装置		稼働結果	今後の計画への反映
装置名・仕様概要	搭載実験での達成技術目標		
<p><b>金属微粒子生成実験装置</b>                      概要：実験球フィラメントに付着させた試料を蒸発させ、球面に付着させる                      実験温度：約1150℃                      実験球：Ar封入球2個、Xe封入球2個</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>プリプログラム温度制御の実証</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>温度制御プログラムは正常に動作</li> <li>実験球1個のフィラメント上の温度計測値に温度変動があった                      実験球の製造上のバラツキが原因と推定</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>熱電対の試験手法の改善</li> <li>実験環境に適合した温度計測手段の選択</li> </ul> <p>IML-2：（適用なし）</p> <p>宇宙ステーション：（適用なし）</p>
<p><b>有機結晶成長実験装置</b>                      概要：有機化合物を拡散、反応させ、有機結晶を成長させる                      小型セル：結晶成長過程の観測（写真）                      溶媒 0.8cc                      ドナー、アセプター 1.23cc                      大型セル：大型結晶作製                      溶媒 75cc                      ドナー、アセプター 73cc</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>安全性を考慮した容器設計の実証（試料との反応性とシール）</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>安全性上問題なし</li> </ul> <p>試料は次のような状況</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>小型セル：結晶成長せず                      長期保管中に観測窓からの入光による試料の変質が原因と推定</li> <li>大型セル：結晶成長せず                      搭乗員からはバルブを開けたとの報告があったが、解析の結果バルブ開操作が不完全であったことが原因と推定されるものの特定出来ない</li> </ul>	<p>IML-2：（適用なし）</p> <p>宇宙ステーション：溶液成長装置、蛋白結晶成長装置など                      ・開閉の確認出来る装置に設計                      ・変質の可能性のある試料については、長期保管の条件を明確化                      ・搭乗員操作を要求する装置については、作動を確認出来る機能を付与</p>
<p><b>材料実験系システム冷却水切り替えバルブ</b></p>		<ul style="list-style-type: none"> <li>バルブから冷却水の漏洩が生じた組立時にバルブ全閉でロックナットにトルクを掛けたため実質トルクが不足し、バルブの開動作に伴いロックナットが緩んだことが原因と推定</li> <li>軌道上修理を実施</li> </ul>	<p>IML-2：</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>バルブ組立時、バルブ開の状態でもロックナットにトルクを掛ける手順とする</li> <li>ロックナットに緩み防止のワイヤを掛ける</li> </ul>

表III-4 F M P T 実験装置の搭載実験稼働結果 (6/10)

<ライフサイエンス実験系>

F M P T 実験装置			今後の計画への反映
装置名・仕様概要	搭載実験での達成技術目標	稼働結果	
<p><b>無担体電気泳動装置</b>                      泳動槽：60W*100H*4D (mm)                      泳動電解強度：max 100v/cm                      泳動電流：max 100mA                      分離検出：内蔵吸光度計と地上モニタによる分離判断                      分取：60分画にて可能                      レイトアクセス型実験装置</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・厚型泳動槽の軌道上での機能確認</li> <li>・分離検出判断システムの評価</li> <li>・泳動試料分取の最適化</li> <li>・本体レイトアクセスの実施</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・泳動機能は正常に動作</li> <li>・内蔵吸光度計から正常なデータが得られなかった。原因は受光部のイメージセンサ部分へ泳動緩衝液が漏洩したためと推定</li> <li>・地上実験データを基に分取の最適化を試みた</li> <li>・正常にレイトアクセスを実施</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・受光部への試料液の漏洩防止対策の強化</li> <li>IML-2：(電気泳動装置)*</li> <li>・本体にも吸光度モニタを併設*</li> <li>・分離検出器の安定化と信頼性向上</li> <li>宇宙ステーション：(電気泳動装置)</li> <li>・装置の大型化</li> <li>・泳動方法の複数化</li> <li>・安全性の向上</li> </ul>
<p><b>前庭機能実験装置</b>                      2台のフィッシュパッケージを収納                      (1台で最大体長30cmの鯉1匹収納)                      生命維持期間：2週間                      環境制御：化学フィルによる水質維持                      水温制御：20℃~25℃(±1℃)                      生体信号計測：脳波用アンプ、2チャンネル/可変ゲイン                      上面・側面ウィンドウから実験用光刺激機能                      レイトアクセス・7-リムバル型装置</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・生命維持能力の確認</li> <li>・鯉の脳波計測</li> <li>・レイトアクセス・7-リムバルの実施</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・打上前から飛行・帰還・試料取り出しまで約11日間生命維持を達成</li> <li>・鯉の脳波データを正常に取得</li> <li>・正常にレイトアクセス・7-リムバル実施</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>IML-2：(水棲生物飼育装置)*</li> <li>・イモリ/メダカ/金魚等多種類の小型水棲動物を同時飼育*</li> <li>・給餌機能/試料ハンドリング機能等の追加*</li> <li>・生命維持期間：19日</li> <li>宇宙ステーション：(小動物飼育装置)</li> <li>・生命維持の長期化</li> <li>・生体信号計測の多機能化</li> <li>・軌道上の安全性向上</li> </ul>

- 34 -

表III-4 F M P T 実験装置の搭載実験稼働結果 (7/10)

F M P T 実験装置			今後の計画への反映
装置名・仕様概要	搭載実験での達成技術目標	稼働結果	
<p><b>熱電式恒温恒湿保持装置</b>                      温度制御範囲：10℃~40℃                      温度制御精度：±1℃                      湿度制御範囲：30~80%RH                      湿度制御精度：±10%RH                      換気量：1.1ℓ/分                      内容積：45ℓ</p>	<p>(高温用)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・温度37.5℃/湿度60%に制御</li> </ul> <p>(低温用)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・温度20.0℃/湿度60%に制御</li> </ul>	<p>(高温用)</p> <p>温度/湿度とも規定値を満足</p> <p>(低温用)</p> <p>温度は正常に制御                      湿度が運転開始後80%を超えたため、室内空気と通路を設けることにより70%に下がった</p> <p>原因は内蔵減湿剤を可能な限り短期の露出状態で済む射場スケジュールとしたにもかかわらず、予想以上に吸湿性能が劣化したためと推定</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>IML-2：(恒温槽)*</li> <li>・減湿剤の収納保管状態を改善する様手順を変更</li> <li>*CO<sub>2</sub>ガス供給ユニットによりCO<sub>2</sub>イネータとして使用出来る機能を追加</li> <li>宇宙ステーション：                      恒温恒湿機能を蛋白質結晶成長装置・細胞培養装置等に組み込み能動的な加湿・除湿機能をもたせることを検討中</li> </ul>

- 35 -

表III-4 F M P T 実験装置の搭載実験稼働結果 (8/10)

F M P T 実験装置			今後の計画への反映
装置名・仕様概要	搭載実験での達成技術目標	稼働結果	
<p><u>発光刺激実験システム</u></p> <p>発光刺激装置 (LIS) (十字型配置LED)                      刺激信号制御装置 (LIC)                      身体固定装置 (軌道上組立型)                      マニピュレータ (ジョイスティック)                      赤外線テレメータ装置</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・無重力下での被験者の中立姿勢の維持</li> <li>・スペースラブ内で使用可能な赤外線テレメータ装置</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・正立・側立・半倒立等のモードで被験者 (PS) の身体を中立姿勢に固定し発光刺激実験を正常に実施出来た</li> <li>・各測定データは正常に送受信され、地上にダウンリンクされた</li> </ul>	<p>IML-2 : (適用無し)</p> <p>宇宙ステーション:                      有人宇宙開発のための実験構想において引き続き検討していく</p>

- 36 -

表III-4 F M P T 実験装置の搭載実験稼働結果 (9/10)

F M P T 実験装置			今後の計画への反映
装置名・仕様概要	搭載実験での達成技術目標	稼働結果	
<p>(恒温恒湿保持装置関連実験器具)</p> <p><u>ハエ容器</u>                      飼育用バイアル (ジョウゴバ I 用)                      ポリカーボネート製 32本                      収納ケース 2個</p> <p><u>酵素結晶実験キット</u>                      ピストン操作による2液混合機構                      ポリカーボネート製・結晶成長過程観察可能</p> <p><u>卵ラック</u>                      防振機構 (バネとゲル材の組み合わせ)                      卵コンテナ (鶏卵30個収納)</p> <p><u>細胞培養実験キット</u>                      動物細胞用 1種                      植物細胞用 1種</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・搭載安全性との適合性確保</li> <li>・試料の生命維持</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>・搭載安全性との適合性確保</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>・搭載安全性との適合性確保</li> <li>・授精卵の振動からの保護</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>・搭載安全性との適合性確保</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・試料のハエの幼虫・成虫を飛行期間中正常に生命維持し無事回収した</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>・2液混合操作は液漏れ等なく正常に行われ、生成した結晶を無事回収した</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>・試料の授精卵を打上げ時の振動環境から無事保護し良好な状態で回収した</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>・液体操作 (培養液の注入など)、顕微鏡下での写真撮影等正常に実施出来た</li> </ul>	<p>IML-2 :                      (細胞培養キット)                      ・F M P T と同様の物を使用</p> <p>(制振実験装置) (類似)                      ・制振構造部へ防振技術を適用</p> <p>宇宙ステーション:                      (蛋白質結晶成長装置) (類似)                      ・結晶方式の多様化                      ・一貫処理 (システム化)</p> <p>(細胞培養装置) (類似)                      ・培養方式の多様化                      ・一貫処理 (システム化)</p>

- 37 -

表III-4 FMP T 実験装置の搭載実験装置の搭載実験結果 (10/10)

F M P T 実験装置		今後の計画への反映
装置名・仕様概要	搭載実験での達成技術目標	稼働結果
カビ成長箱 透明成長管 (ガラス製 6本) ポリカーボネイト製成長箱 完全遮光可能	・搭載安全性要求を確保	・飛行期間中良好な状態で試料の生育を維持し無事回収した
宇宙放射線モニタリング装置 固体検出材 (プラスチック) 生物試料 (微生物胞子; 植物種子; 動物卵)	・影響評価のための放射線データの蓄積	IML-2: (宇宙放射線モニタリング装置) (類似) リアルタイムモニタリング 宇宙ステーション: (環境計測装置) (類似) リアルタイム放射線モニタを含め検査中

IV. 磁気圏観測衛星 (GEOTAIL) に係る開発結果

1. 開発の概要

(1) 目的

磁気圏観測衛星 (GEOTAIL) は、日米協力により、地球の磁気圏尾部の深奥部や比較的地球に近い磁気圏の観測を行うことにより、太陽風から地球磁気圏尾部へのエネルギー流入や、尾部に蓄えられたエネルギーの爆発的な開放のメカニズム等に関する研究を、実施することを目的としたものである。

(2) 衛星及び実験の概要

GEOTAIL計画は、文部省宇宙科学研究所が衛星を開発し、米国のデルタII型ロケットにより打上げられた国際協力プロジェクトである。

(7) 衛星の概要

GEOTAILは、直径2.2m、高さ1.6mの円筒形をしたスピン安定型衛星で、打上げ時の重量は約1,009kgであり、その概要については図IV-1~3及び表IV-1に示す通りである。

軌道上で衛星は、長さ50mのアンテナ4本及び磁場測定装置用の6mマスト2本を伸展し、巡航状態で黄道面に軸がほぼ垂直な毎分20回転のスピンにより姿勢を安定させる。なお図IV-1~3及び表IV-1にGEOTAILの概要を示す。

搭載観測装置の概要は以下の通りである。このうち、次の5個の観測装置の主要部分は国内開発であるが、一部に米国や欧州の大学・研究所との共同開発のものもある。

① 電場計測装置 (EFD)

プラズマの運動及び粒子の加速メカニズムに密接な関連を持つ電場を測定する装置で、プローブ法及びビーム法の2方式の測定方式が採用された。なお、イオンビーム源については欧州のESTECにより開発された。

② 磁場計測装置 (MGF)

磁気圏尾部を中心とした地球磁気圏の大規模な構造及びその構造的変化を引き起こす乱れを測定する装置で、微弱な磁場強度を精度良く測定するために、センサはマスト中央及び先端に設置されている。

③ 低エネルギー粒子計測装置 (LEP)

地球磁気圏や太陽風の中の比較的エネルギーの低いプラズマの状態を測定する装置で、3種類のセンサにより密度の低い電子及びイオン、太

陽風イオン等を包括的に観測するものである。

④ プラズマ波動計測装置 (PWI)

プラズマ中で、波動・粒子相互作用などにより励起されるプラズマ波動を観測する装置で、3種類の受信機から成っている。なお、1台の受信機については、米国アイオワ大学により開発された。

⑤ 高エネルギー粒子計測装置 (HEP)

磁気圏尾部で起きている粒子加速機構の解明を主目的とする観測装置であるが、同時に太陽フレアに伴って放出される高エネルギー粒子の観測も行うために、開発されたものである。なお、センサの一部はドイツのマックスプランク研究所により開発された。

また次の2個の観測装置については、米国が開発を担当したものである。

⑥ プラズマ計測装置 (CPI)

LEPと同様の観測目的で開発された。

⑦ 高エネルギー粒子及びイオン組成計測装置 (EPIC)

HEPと同様の観測目的で開発された。

(1) 実験概要

GEOTAILは、打上げ後約2年半は月スイングバイにより最遠距離137万kmの長楕円軌道にあり、ほとんど地球の夜側に留まることにより磁気圏尾部の探査を行い、その後は遠地点20万km、近地点5万kmの軌道上から比較的地球に近い磁気圏の観測を行うものである(図IV-4参照)。

(3) 打上げ経過及び結果

GEOTAILを搭載したデルタII型ロケット212号機は、平成4年7月24日23時26分(日本時間、以下同じ)、米国のケープカナベラルから打ち上げられた。

打上げ時刻：平成4年7月24日 23時26分

打上げ場所：米ケープカナベラル空軍ステーション  
(米国フロリダ州)

天 候：晴れ

気 温：35度

ロケット各段の燃焼と飛翔は共に正常で、発射20分40秒後に衛星と第3段の分離が行われ、以下のような暫定軌道に投入された。

近地点高度	184 km
遠地点高度	341, 164 km
軌道傾斜角	28.6度
軌道周期	8.58日

暫定軌道投入後、スピンドアウン、速度修正、アンテナ伸展等が予定通り行われ、平成4年9月8日に第一回月スイングバイが行われ、その後速度調整を行いつつ、平成5年4月16日までに計6回の月スイングバイが予定通り行われた。

2. 開発結果の分析及び今後の対策

(1) 開発結果

前述の通り、米国デルタII型ロケットにより、GEOTAILは所定の暫定軌道に投入され、その後も順調に所定の軌道上を飛行している。

また、科学観測装置については、順次起動及び動作試験が行われ、低エネルギー粒子計測装置(LEP)を除き観測機器の動作が正常であることが確認され、定常観測を開始した。なお、観測装置以外の衛星各部については、正常に機能している。

(2) 低エネルギー粒子計測装置(LEP)のデータ異常

LEPは、磁気圏及び太陽風のプラズマ粒子の観測を行うための3種類のセンサと、各々の高圧電源及び増幅器の制御並びにデータ編集を行う電子回路部から構成されている(図IV-5、6参照)。

(7) 不具合の状況

LEPについて、低圧電源を使用する電子回路部の動作試験終了後、8月20日高圧電源を投入してセンサ部の初期試験を行い、これが順調に動作することが確認された。

その後8月22日に観測を実施したところ、観測開始約1時間半後に突然、LEPからのデジタルデータが「0」になり、センサの一つであるイオン質量分析器(LEP-MS)内に組み込まれている高圧電源の一つの電圧(MHO)が異常に高い値を示した(図IV-7参照)ため、観測装置非常停止コマンドにより本装置の運用を停止したものである。

(1) 不具合部位の推定

LEPデータのうち、アナログデータをLEP内で切り換えて出力する機能等は正常に動作しており、内部のタイミング関係の論理回路は正常に動作していることから、不具合は、データをテレメータに出力するためのインターフェース回路のICがラッチアップを起こし、電源電圧が低下したために発生したと推定された。

なお、ラッチアップによる影響については、ICと電源部との間には保護抵抗が入っており、ICの破損には至っておらず、また他の部分にも影響が及んでいないものと推定された。

#### (ウ) 不具合原因の推定

今回のICのラッチアップの原因として、LEP-MS内の高圧電源内で放電が発生し、それによるトランジェント電流が電源リターンラインに流れることにより、リターンラインの電位が上がり、ICに逆バイアス状態が発生しラッチアップが起こった可能性が高いと推定された。

なお、宇宙環境下におけるICのラッチアップの原因としては放射線によるものが多いが、LEP-MS内の高圧電源電圧が異常に高い値を示したこと、トランジェント電流によるラッチアップ発生が、搭載予備部品を用いた再現試験により確認されたことから、その可能性は低いと考えられる。

#### (I) 放電発生原因の推定

ICのラッチアップを誘発した放電の発生原因については、電源投入後の温度上昇に伴い高圧電源部（高圧導線部を含む）で発生したアウトガスに起因する可能性が高いと推定された。

すなわち、図IV-8の電源部ケースの温度に示す通り、高圧電源投入により電源部の温度が上昇し、瞬間的に発生したアウトガスが高圧導線の芯線に沿ってセンサ内に噴出し、放電が発生したと推定された。

また、地上での真空試験における高圧電源投入には特に異常は認められなかった。これは、地上試験での温度が30~40℃であったのに対し、軌道上においては電源部の平均温度は8℃であり、地上試験と打上げ以降のアウトガスの進行には差があったことから、打上げから高圧電源投入までの時間経過が十分でなかったものと考えられる。

なお、このアウトガスについては、センサ内には極力アウトガスの少ない材質が使用されており、打上げ後4週間において高圧電源が投入され、初期試験は問題なく行われたこと、及び定常的なアウトガスによる放電の特徴であるコロナ状のノイズが観測されなかったことから、瞬間的なものであったと推定される。

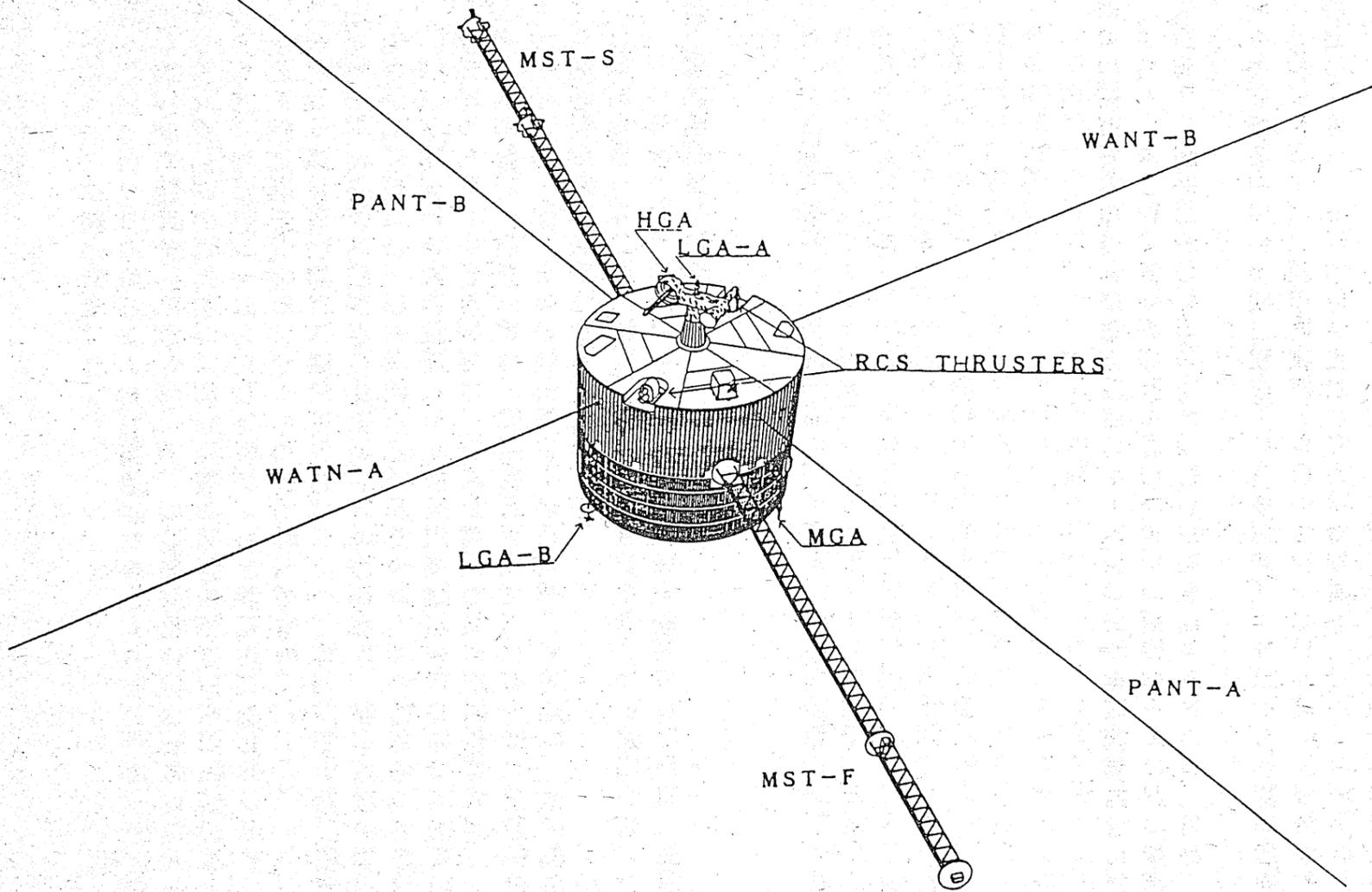
#### (オ) 今後の対策

LEPのデータ異常については、高圧電源部内で発生した瞬間的なアウ

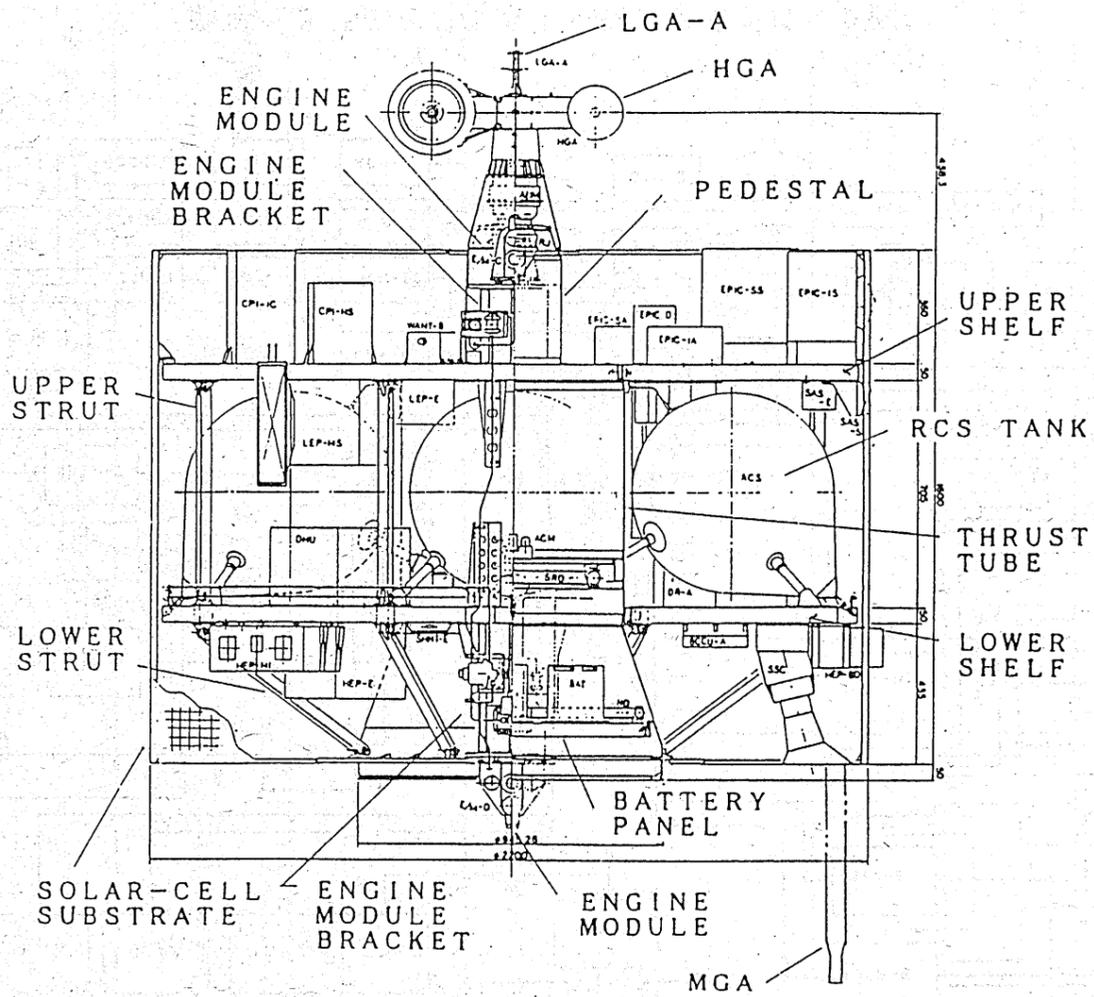
トガスにより放電が発生し、そのトランジェント電流が、電源リターンラインに流れることによりインターフェース部のICがラッチアップを起こしたことが原因と推定された。

ラッチアップは、一旦電源を落とせば解消できるが、このICは電源に常時接続する設計になっているので、衛星が日陰に入った時点でバッテリーを切り離すことにより、衛星電源を一時的に落とすことが適当と考えられる。

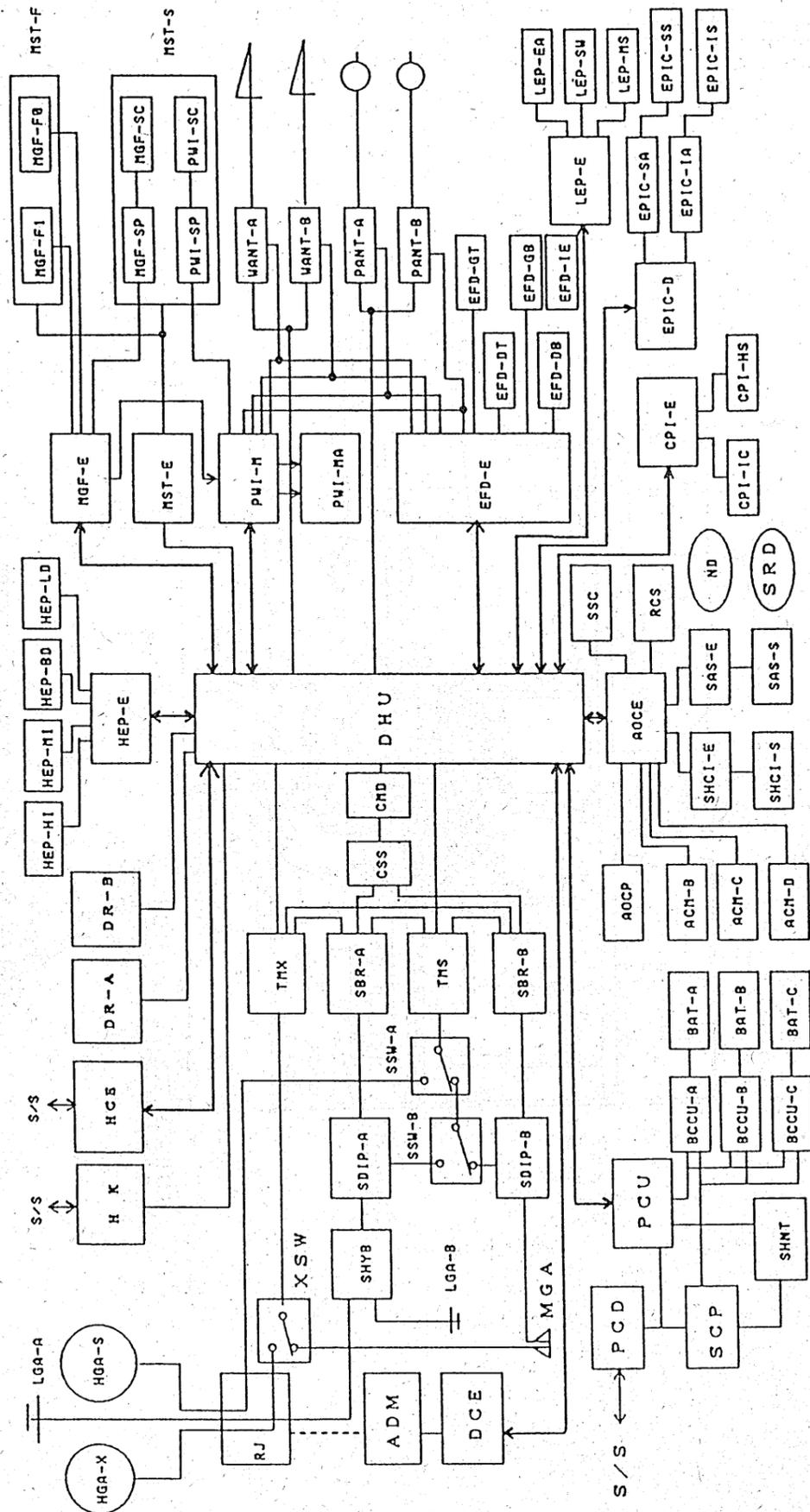
なお、プラズマ計測装置については、LEPの他に米国アイオワ大学が開発したCPIを搭載しておりこれと冗長系を組んでいることから、当面はこの計測装置を使用してデータの取得を継続することが適当である。



图IV-1 GEOTAIL外觀圖



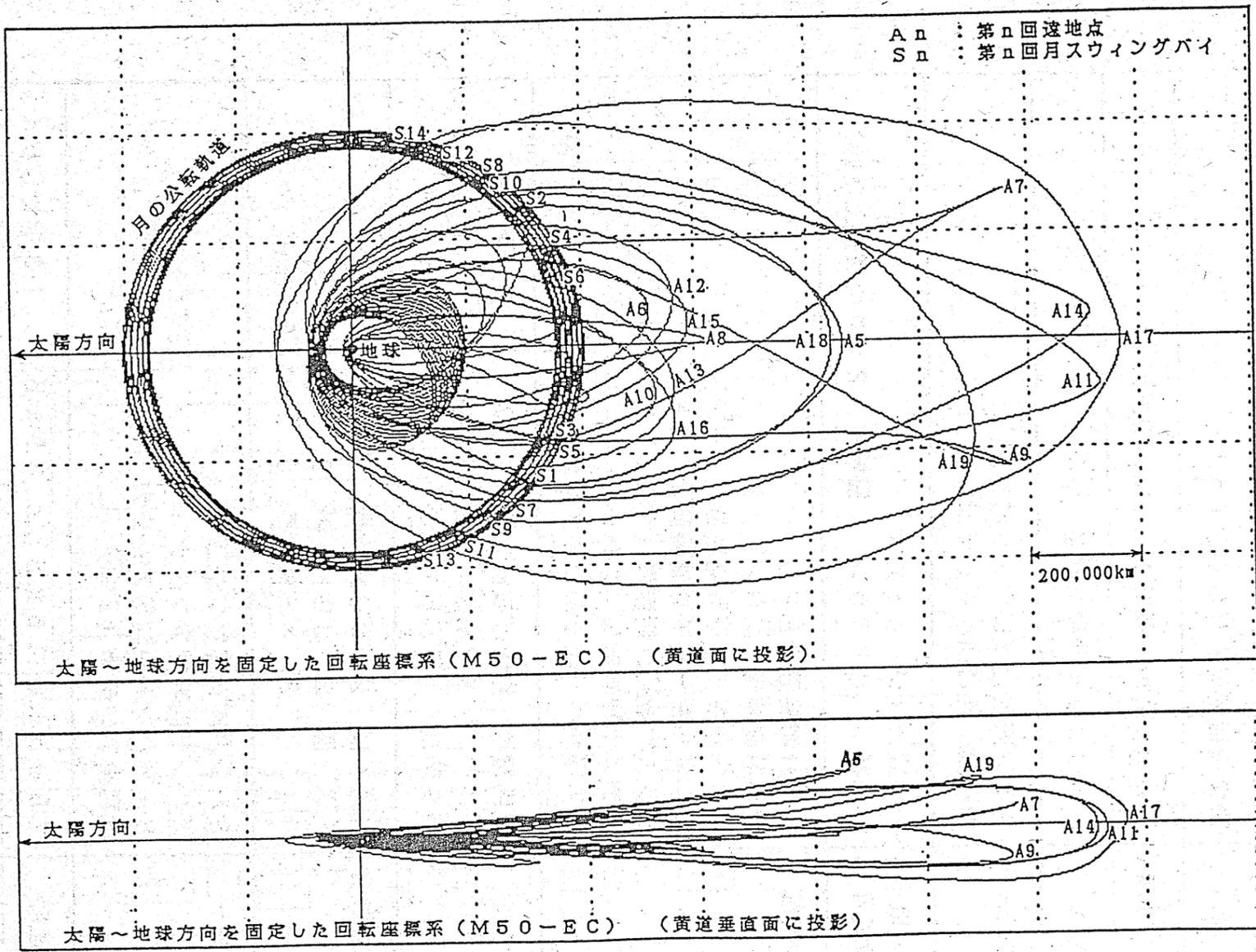
图IV-2 GEOTAIL断面图



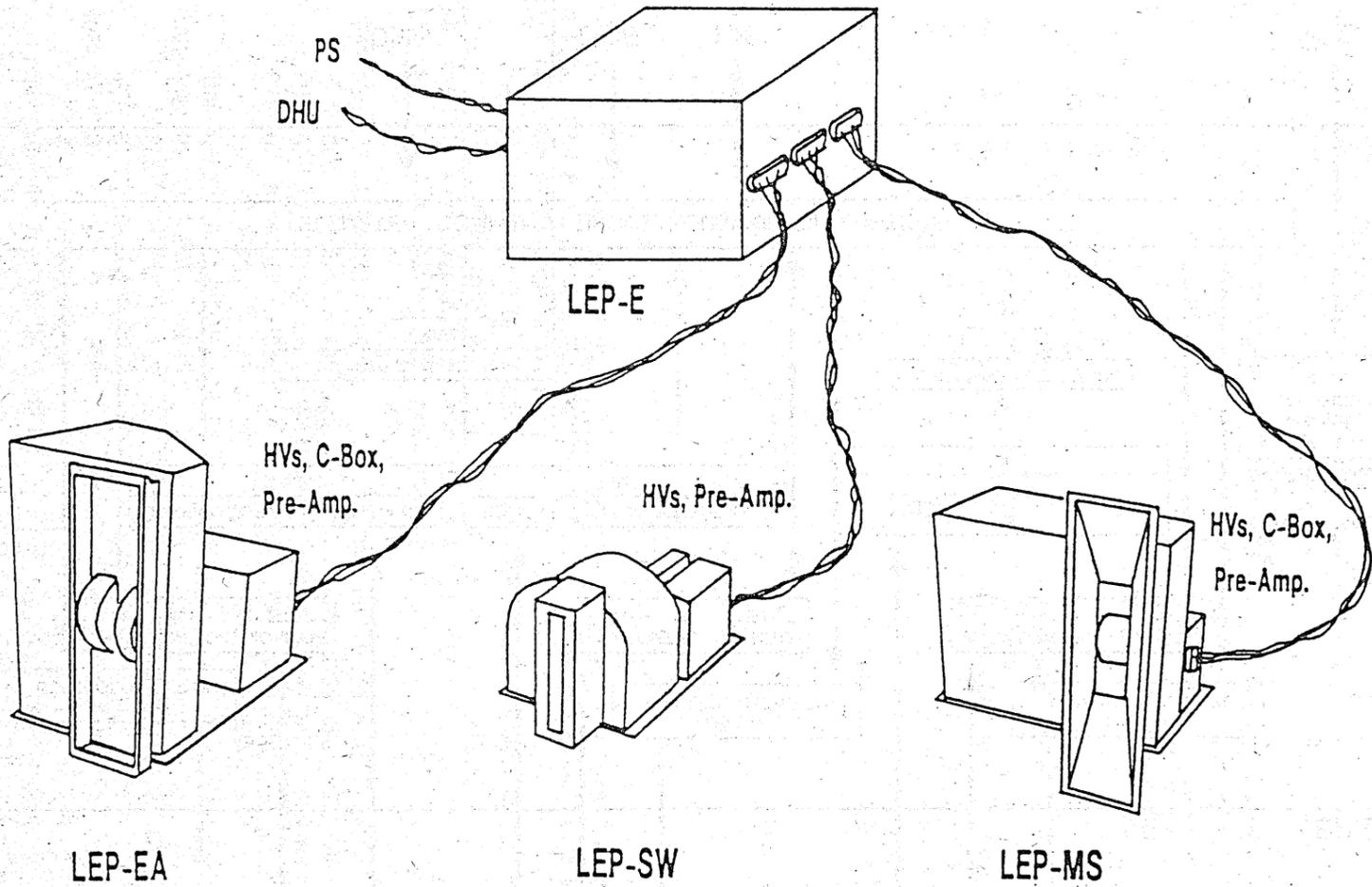
図IV-3 GEOTAILシステムブロック図

表IV-1 磁気圏観測衛星 (GEOTAIL) の主要諸元

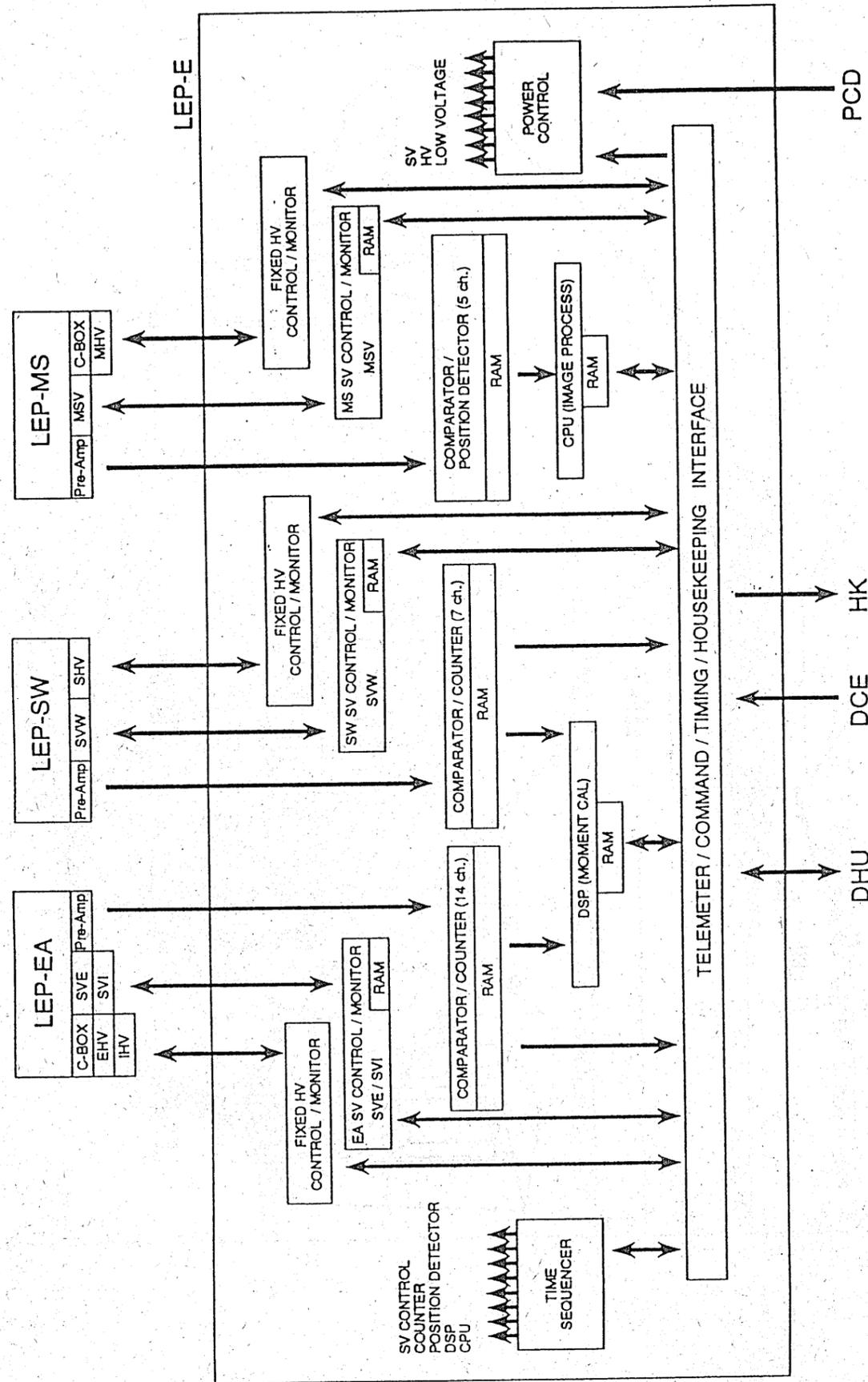
名称	磁気圏観測衛星 (GEOTAIL)
形状・寸法	直径2.2m、高さ1.6mの円筒形
総重量	1,009kg (打上げ時)
姿勢制御方式	スピン安定型 (毎分20回転) 回転軸: 黄道面に対しほぼ垂直
姿勢・軌道制御装置	一液式ガスジェット方式 燃料: ヒドラジン 搭載量: 360kg (打上げ時)
ミッション機器	電場計測装置 (EFD) 磁場計測装置 (MGF) 低エネルギー粒子計測装置 (LEP) 高エネルギー粒子計測装置 (HEP) プラズマ波動計測装置 (PWI) プラズマ計測装置 (CPI) 高エネルギー粒子及びイオンの組成計測装置 (EPIC)
電源	太陽電池 打上げ直後: 約370W 3年半後: 約340W バッテリー 19AH×3台
使用周波数等	受信 2.0GHz帯 送信 2.2GHz帯、2.5W/0.1W 8.4GHz帯、0.8W/0.1W
アンテナ	Sバンド高利得アンテナ Xバンド高利得アンテナ S・Xバンド中利得アンテナ 低利得アンテナ (2本)
伝送速度	256bps, 16kbps, 65kbps, 131kbps
データ記録	記憶容量450MB エンドレス方式磁気テープレコーダ



図IV-4 GEOTAILの軌道計画  
(地球-太陽固定の回転座標系)



図IV-5 LEP構成



図IV-6 LEP機能ブロック図

GTL DL LEP 920822-09-00 08.22 13.46.10 FI 4-177 TI 04C647BF H 0 UDSC(A)  
 A REAL S RNGB B 16K 0 X REL A 65K 2 SA ON 205 SB ON 191 DC 11-18 LOCK ON

LEP ON RAM ON DS DSP ON EN RUN  
 MS-RAM ON DS Z80 ON EN RUN  
 IP EN ADRS 3800 ANS 34

CAL OF REC 0 BURST 00

AD \*\*\* WR \*\*\* BR \*\*\* HV \*\*\* MS \*\*\* Z80 \*\*\*  
 EA1 \*\*\* EA2 \*\*\* EA3 \*\*\* EA4 \*\*\* DSP \*\*\*

<EA> SVE ON A +3873 -4095  
 RLS + 476 - 440  
 EHV ON 2 RLS DS OF 2 RET H  
 SVI ON A +4052 -4038  
 RLS + 103 - 77  
 IHV ON 2 RLS DS OF 2  
 <SW> SVW ON A +3605 -3619  
 RLS + 112 - 118  
 SHV ON 2 RLS DS OF 2  
 <MS> SV ON + 0 - 958  
 RLS +2344 -2567  
 MHV ON 6 RLS DS OF 0 RET L  
 3

<HK> EHI 251 SHI -2539 EA 10.2  
 EHO 2253 SHO -303 SW 10.7  
 IHI -2444 MHI -4713 MS 11.8  
 IHO -301 MHO -2287  
 MSH -10.1 RPA 5.0

BOUNDARY EA-E 2 EA-I 0  
 STATUS 1 7  
 MS-SV CONT MAX 7 MIN 0  
 SPIN1-1 1 19 1-4 3 16  
 2-1 2 15 2-4 0 12  
 3-1 2 11 3-4 3 8  
 4-1 2 7 4-4 1 4

(正常値)

GTL DL LEP 920822-09-00 08.22 13.46.14 FI 5-209 TI 04C6483F H 0 UDSC(A)  
 A REAL S RNGB B 16K 0 X REL A 65K 2 SA ON 210 SB ON 191 DC 11-18 LOCK ON

LEP OF RAM OF DS DSP OF DS RST  
 MS-RAM OF DS Z80 OF DS RST  
 IP DS ADRS 3800 ANS 00

CAL OF REC 0 BURST 00

AD \*\*\* WR \*\*\* BR \*\*\* HV \*\*\* MS \*\*\* Z80 \*\*\*  
 EA1 \*\*\* EA2 \*\*\* EA3 \*\*\* EA4 \*\*\* DSP \*\*\*

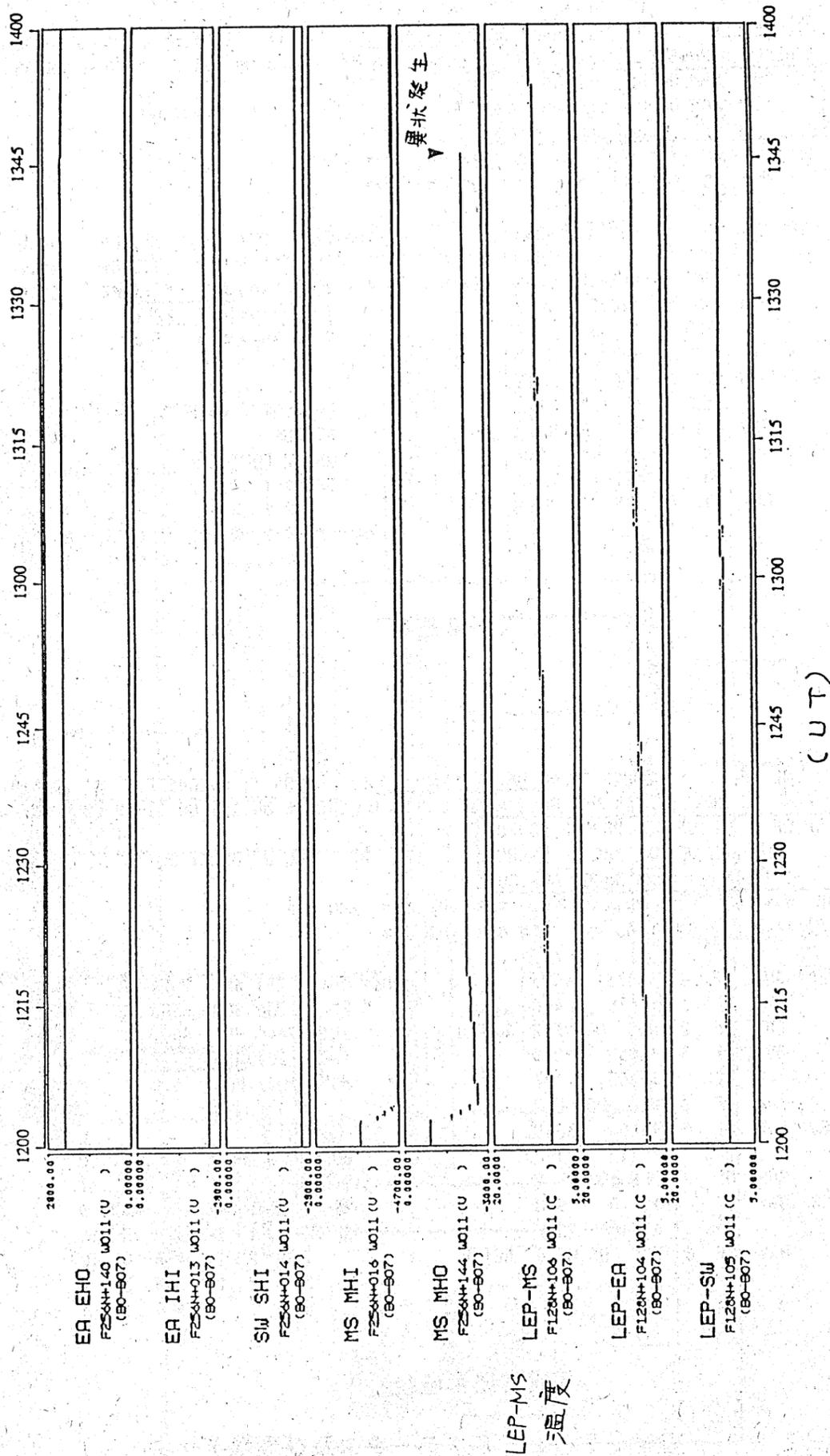
<EA> SVE OF A +3873 -4095  
 RLS + 476 - 440  
 EHV OF 2 RLS DS OF 2 RET H  
 SVI OF A +4052 -4038  
 RLS + 103 - 77  
 IHV OF 2 RLS DS OF 2  
 <SW> SVW OF A +3605 -3619  
 RLS + 112 - 118  
 SHV OF 2 RLS DS OF 2  
 <MS> SV OF + 0 - 958  
 RLS +2344 -2567  
 MHV OF 6 RLS DS OF 0 RET L  
 3

<HK> EHI 251 SHI -2524 EA 10.2  
 EHO 2236 SHO -303 SW 10.7  
 IHI -2444 MHI -4600 MS 11.8  
 IHO -301 MHO -5717  
 MSH -10.1 RPA 5.0

BOUNDARY EA-E 2 EA-I 0  
 STATUS 1 7  
 MS-SV CONT MAX 7 MIN 0  
 SPIN1-1 1 19 1-4 3 16  
 2-1 2 15 2-4 0 12  
 3-1 2 11 3-4 3 8  
 4-1 2 7 4-4 1 4

(異常発生直後)

図IV-7 LEPステータス及び環境データ



図IV-8 LEP環境データ

V. 総合意見

平成4年に実施された宇宙実験・衛星に係る開発結果についての技術評価部会による審議の結果は以下の通りである。

1. 第1次国際微小重力実験室 (IML-1) 搭載実験

IML-1 搭載実験において、宇宙開発事業団が参加して実施した2テーマの実験については、当初の計画通り軌道上での実験を実施し、宇宙実験技術に関するデータを取得することが出来たことから、所期の目的は達成されたものと考えられる。

今後とも、これらの経験を蓄積し、将来の宇宙実験に必要な技術の開発及び国際協力を必要とするミッションの遂行の際に随時活用することが望まれる。

2. 粒子加速装置を用いた宇宙科学実験 (SEPAC)

今回のSEPACは、昭和58年のスペースラブ-1号の計画を引き継いで行われた再実験であり、日米協力により文部省宇宙科学研究所が実施したものである。

その実験の実施結果について、電子部品の劣化等が原因と推定される中断に至ったものの、それ以前に当初予定された大電力放射実験等3テーマの実験は実施されたことから、所期の目的は達成されたものと考えられる。

3. 第一次材料実験 (FMPT)

FMPTは、宇宙開発事業団により、我が国として初めて本格的に宇宙空間の特性を利用した材料実験等を行うこととしたもので、これにより、宇宙実験技術及び有人宇宙技術の修得を行うことを目的として実施された。

実施に当たっては実験テーマを募集するとともに、可能な範囲で多数の実験を行うこととして、材料実験22テーマ、ライフサイエンス実験12テーマの計34テーマの実験が計画され、米国のスペースシャトル「エンデバー」号に我が国の搭乗科学技術者が搭乗し、当初の飛行予定から1日延長の8日間にわたり当初予定された宇宙実験が行われた。

また、有人宇宙実験における安全性確保については、NASA、実験研究者等との調整を通じて特に安全上の問題を生ずることなく実験装置が運用された。

あわせて、日本人搭乗員の飛行前、飛行中、飛行後における健康管理が実施された。

以上の通り、FMPTの所期の目的は達成されたものと考えられる。

なお、材料実験系システムの水漏れ等の不具合が発生し当初の実験計画を変更したことや、濡れ性等の物理的特性等に関し無重力環境下において予め十分予測し得なかった現象が実験結果に影響を与えたと推定される事象があったことを含め、多くの経験が得られている。

これらのFMPTから得られた成果及び経験については、第2次国際微小重

力実験室（IML-2）搭載実験や宇宙ステーション計画等今後の計画に反映される予定となっているが、その反映が確実に実施される必要がある。

また、今後とも、IML-1の経験等も含め、FMPTで得られた経験を蓄積し、宇宙実験を実施することにより、宇宙環境利用に関する基礎的なデータ、技術の蓄積を図っていくことが望まれる。

#### 4. 磁気圏観測衛星（GEOTAIL）

GEOTAILは、日米協力により文部省宇宙科学研究所が開発し、打ち上げた衛星で、現在まで順調に飛行を続けており、また搭載機器による各種観測も計画通り定期的に行われていることから、所期の目的は達成されたものと考えられる。

なお、低エネルギー粒子計測装置で取得データの異常が発生したが、冗長系を有しているとともに、日陰において電源を断つことにより回復するものと推定された。この取得データ異常の一次要因は、電源部の部品からのアウトガスによる放電であると推定されたことから、従来からアウトガス対策については実施されてきたところであるが、今後の衛星開発においては、軌道上のアウトガス除去の際に温度を考慮することをはじめとして、万一放電した場合の影響の最小化、電源分離のための設計、アウトガスが発生する部品の使用を抑制した機器の開発等、一層きめ細かな対応を講じていくことが重要である。

## 別添

1. SEPAC実験装置の高圧電源部内サイリスタを用いた保護回路
2. FMPT搭載実験装置の概要
3. FMPT搭載実験装置の稼働結果（今後への反映事項等詳細分析）
4. 略語表

## 参考

1. 第1次国際微小重力実験室（IML-1）搭載実験、粒子加速装置を用いた宇宙科学実験（SEPAC）、第一次材料実験（FMPT）及び磁気圏観測衛星（GEOTAIL）に係る、開発結果の評価に関する審議について（平成5年2月24日 宇宙開発委員会決定）
2. 宇宙開発委員会技術評価部会構成員