

STS-95による神経科学実験等の実施について

平成10年9月2日

宇宙開発事業団

1. STS-95の概要

スペースシャトルSTS-95は、宇宙ステーション計画に先立ち宇宙実験の機会を確保するために、米国航空宇宙局(NASA)、欧州宇宙機関(ESA)、宇宙開発事業団(NASDA)等が、スペースハブを用いて向井千秋宇宙飛行士、ジョン・グレン上院議員他を被験者とする医学実験、水棲動物のライフサイエンス実験、及び太陽観測衛星を放出・回収する観測ミッションや極低温熱貯蔵に関する理工学実験などを実施するフライトである。

2. 我が国の実験の目的

脳神経科学分野を中心とする宇宙医学分野及びライフサイエンス分野における我が国の研究基盤の強化を図る。また、国際宇宙ステーションの日本の実験棟(JEM)の利用運用に先立ち、国際協力による宇宙実験の機会を確保し、JEMの利用運用に向けた経験を蓄積する。さらに、向井千秋宇宙飛行士のスペースシャトル搭乗を通じた日本の有人宇宙技術の開発に対する経験及び技術の蓄積を目的とする。

3. 飛行計画の概要

飛行番号:	STS-95(オービタ名:ディスカバリー号)
打上げ予定日:	1998年10月30日 午前4時00分(日本標準時) 1998年10月29日 午後2時00分(米国東部標準時)
着陸予定日:	1998年11月 8日 午前2時04分(日本標準時) 1998年11月 7日 午後0時04分(米国東部標準時)
飛行予定時間:	8日22時間04分(予備日2日)
搭乗員:	コマンダー(船長) カーティス・ブラウン ペーロードスペシャリスト(PS1) 向井 千秋 ペーロードスペシャリスト(PS2) ジョン・グレン 他 計7名

* なお、最終的な打上げ日時は、打上げ約2週間前にNASAが決定する。

4. 実験の概要

STS-95で実施される実験テーマを、実験装置ごとに以下に示す。

a) 海水型水棲動物実験装置

- 「微小重力下におけるガマアンコウ耳石器単一求心性神経の応答ダイナミックス」

b) 有機結晶成長実験装置

- 「拡散法による有機強磁性体の結晶育成」

c) 生物学実験装置(NASA借用品)

- 「高等植物の根の電場及び重力への応答」(*1)
- 「宇宙環境下における植物の形態形成とオーキシンの極性移動に関する研究」
- 「ウリ科植物の重力形態形成」(*2)
- 「微小重力環境における高等植物の成長調節機構」

d) 細胞培養装置(NASA)

- 「ヒト細胞における宇宙放射線及び微小重力による癌遺伝子の変化」

e) 睡眠実験装置(NASA)

- 「睡眠実験」

表-1に、NASDA が行う実験テーマ、内容、期待される成果及び研究者を示す。

図-1に、上記テーマの実験運用スケジュール(暫定)を示す。

上記(*1)及び(*2)の軌道上実験に合わせて、普及啓発を目的として地上でも同実験を小中高校生が実施する。

5. 主な軌道上イベント

- 日本政府要人と向井ペイロードスペシャリスト等との会見(VIPコール)
11月5日 午前5時40分(日本時間)から25分間。
- クルー記者会見
11月6日 午前4時45分(日本時間)から45分間(この内、日本語は最後の11分間)。

6. 実施計画

STS-95に関する搭載実験実施計画を別添に示す。

以上

- 本実施計画に係わる今後の予定(参考)

(1) NASA打上前審査(FRR) 平成10年10月15日

(2) 実時間運用 平成10年10月30日～11月8日まで(日本時間)

表-1 NASDAが行う実験テーマ、内容期待される成果及び研究者(1 / 2)

実験テーマ(実験装置)	実験内容	期待される成果	研究者
微小重力下におけるガマアンコウ耳石器単一求心性神経の応答ダイナミクス (海水型水棲動物実験装置)	水棲動物(ガマアンコウ)の耳石器(重力を感じる器官)から脳に送られる神経活動を打上げから着陸まで連続的に測定し、耳石器の機能が微小重力環境に順応する過程の応答変化を解析する。	本研究では宇宙酔いや動揺病の発病メカニズムの原因究明のための基礎データ、および平衡機能をつかさどる人間の前庭器官の感知機構に関する貴重なデータが得られることが期待される。	PI:ハイシュタイン(ワシントン大) CI:吉田薫(筑波大) CI:臼井支朗(豊橋技術科学大)
拡散法による有機強磁性体の結晶育成 (有機結晶成長実験装置)	新規有機強磁性体である化合物の高品質結晶育成を目指すものであり、擾乱の無い微小重力環境下で有機強磁性体の物性値(違方性等)の測定に適した高品質の大型結晶の育成を目的とする。	新規有機強磁性体の特性・構造等が正確に評価されることにより、液体マグネットとしてのバイオメディカル物質の製造・効果・適合等に関する基礎的な知見が得られることが期待される。	PI:中辻慎一(姫路工業大)
高等植物(野生・突然変異)の根の電場及び重力への応答 (生物学実験装置)	微小重力環境下での電気刺激に対する根の応答を調べることで、根における重力及び電場等の情報伝達機構を解明する。	植物根の電気刺激応答の研究より、植物の重力屈性に関して新規のメカニズムを確立し、将来的には宇宙空間での食料生産(植物栽培)のための基礎データが得られる。	PI:石川秀夫(オハイオ州立大)
宇宙環境下における植物の形態形成とオーキシンの極性移動に関する研究 (生物学実験装置)	重力がオーキシンの極性移動に与えている影響を解析することにより、植物の重力感受機構解明の基礎データを取得する。	植物ホルモンの極性移動と重力との関係に関する理解が深まり、将来的には宇宙空間での食料生産(植物栽培)のための基礎データが得られる。	PI:上田純一(大阪府立大)
ウリ科植物の重力形態形成: キュウリ芽生えのペグ細胞の発達と重力感受機構 (生物学実験装置)	ウリ科植物の芽生え時に、重力にตอบสนองして形成される突起(ペグ)の微小重力下での形成を調べ、植物の重力感受機構の分子生物学的機構を解明する。	ペグ形成に係る重力の効果を分子生物学的に評価することにより、植物の重力屈性に関する新たな知見が得られる。また、ペグ形成機構の解明により、植物体への重力影響の伝達機構が解明される。	PI:高橋秀幸(東北大)
微小重力環境における高等植物の成長調節機構-細胞壁代謝の変化- (生物学実験装置)	微小重力環境下における植物細胞壁の力学的性質及び代謝系の酵素反応、遺伝子発現レベルの変化を解析する。	形態形成に強く関与する細胞壁構築に及ぼす重力の効果を解析することができ、細胞壁形成に関わる蛋白質の機能の遺伝子レベルの理解により、育種への応用が期待される。	PI:保尊隆亨(大阪市立大)

前回と同じもの
エポキシ樹脂
を注入した
ガラス板に貼る

ω

JEMの1/2倍
F2の1/2倍
(507-2のうし
うしを2倍)かつ
今回装置の
設置は)

うしを1/2倍
倍に

生物系は、JEMで
2400G7-2 1677でやる。
(地上では1Gで0.5mm/sで実験)

表－１ NASDAが行う実験テーマ、内容期待される成果及び研究者(2 / 2)

実験テーマ(実験装置)	実験内容	期待される成果	研究者
ヒト細胞における宇宙放射線及び微小重力による癌遺伝子の変化－突然変異・染色体異常・発癌などの解析－ (細胞培養装置)	ヒト株化細胞とハムスター胎児細胞を用い、癌遺伝子及び癌抑制遺伝子の突然変異を指標にして、放射線と微小重力の遺伝子への相乗効果を解析する。	宇宙放射線の影響を、突然変異、染色体異常、細胞の癌化を指標に放射線と微小重力の相乗効果を解析し、宇宙飛行士の健康管理に役立てる。	PI:池永満生(京都大)
睡眠実験 (睡眠実験装置)	体内睡眠物質と考えられているメラトニンの有効性に関する研究で、宇宙飛行士にメラトニンを投与し、睡眠中の脳波の計測と尿の採取を行い、睡眠内容の解析と内分泌代謝系の解析を行う。	宇宙における睡眠障害とその対策としてのメラトニンの有効性に関する知見が得られ、今後の宇宙飛行士の健康管理に役立つことが期待される。	PI:ツァイスラー(ハーバード大) 医学データ解析者:関口千春 (宇宙開発事業団)

- ・生物学実験装置は、NASAの装置をNASDAが借用して実験を行う。
- ・細胞培養装置は、NASAの装置に日本の実験サンプルを搭載して実験を行う。
- ・睡眠実験では、NASAが取得したデータの一部を飛行後に提供を受け、解析を行う。

図-1 STS-95実験運用スケジュール(暫定)

日本 米 国	10/29	30	31	11/1	2	3	4	5	6	7	8
MET		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
JST	12	0	12	0	12	0	12	0	12	0	12
CST	12	0	12	0	12	0	12	0	12	0	12
ミッション イベント	▲ 打上げ (10/29/02:00p.m.(EST)) (10/30/04:00a.m.(JST)) △ スパースラブ 起動 ◇ (◇は発表文、お知らせ) 打上げ状況 (L+1h)			△ スパースラブ放出		△ スパースラブ回収		△ VIPコール	△ 軌道上記者会見		▲ 帰還 (11/7/12:04p.m.(EST)) (11/8/02:04a.m.(JST)) △ スパースラブ 停止 ◇ 着陸結果 (R+1h)
実験① VFEU NDAS	△ ←インシテック (打上げ5時間後) 加振 探液 データ記録 *毎日2回データレコーダのテープ交換を行う。										
実験② OCC	△ スパースラブ 開放								△ スパースラブ 閉鎖		
実験③ BRIC -RT	△ ←セットアップ データ記録 電気刺激										
実験④ BRIC -AUX	データ記録 給水 凍結										
実験⑤ BRIC -PT	記録/サンプル固定 給水										
実験⑥ BRIC -RC	サンプル移動 データ記録 → △ △ ← 凍結										
実験⑦ CCM	データ記録										
実験⑧	データ取得										
FD	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	

実験①～⑧及び略語については、次ページ参照。

図-1 STS-95実験運用スケジュール(暫定)

実験テーマ

- 実験①：微小重力下におけるガマアンコウ耳石器単一求心性神経の応答ダイナミクス
- 実験②：拡散法による有機強磁性体の結晶成長
- 実験③：高等植物（野生・突然変異）の根の電場及び重力への応答
- 実験④：宇宙環境下における植物の形態形成とオーキシンの極性移動に関する研究
- 実験⑤：ウリ科植物の重力形態形成－キュウリ芽生えのペグ細胞の発達と重力感受機構－
- 実験⑥：微小重力環境における高等植物の成長調節機構
- 実験⑦：ヒト細胞における宇宙放射線及び微小重力における癌遺伝子の変化
- 実験⑧：睡眠実験

略語

- VFEU : Vestibular Function Experiment Unit(海水型前庭機能実験装置)
- NDAS : Neural Data Acquisition System (神経活動電位計測装置)
- OCC : Organic Crystal Growth Chamber (有機結晶成長実験装置)
- BRIC : Biological Research in Canisters (生物学実験装置)
- BRIC-RT : BRIC-ROOT (BRIC 実験：高等植物（野生・突然変異）の根の電場及び重力への応答)
- BRIC-AUX : BRIC-AUXIN (BRIC 実験：宇宙環境下における植物の形態形成とオーキシンの極性移動に関する研究)
- BRIC-PT : BRIC-PEGT (BRIC 実験：ウリ科植物の重力形態形成：キュウリ芽生えのペグ細胞の発達と重力感受機構)
- BRIC-RC : BRIC-RICE (BRIC 実験：微小重力環境における高等植物の成長調節機構)
- CCM : Cell Culture Module (細胞培養装置)
- MET : ミッション経過時間
- JST : 日本標準時, CST : 米国中部標準時, EST : 米国東部標準時
- FD : Flight Day (飛行日)

STS-95
搭載実験実施計画書

平成10年9月

宇宙開発事業団

目 次

1. 概要.....	1
1.1. 緒 言	1
1.2. STS-95ミッションの概要	1
1.3. 我が国の実験の目的	1
1.4. 搭載実験の実施機関	1
1.5. 搭載実験の実施責任者	1
1.6. NASDA実験システムの名称	2
1.7. 輸送システムの名称	2
1.8. スペースシャトル搭乗者名	2
1.9. 飛行計画の概要	2
1.9.1. 打上げ予定日時	2
1.9.2. 着陸予定日時	2
1.9.3. 飛行期間	3
1.9.4. 軌道高度	3
1.9.5. 軌道傾斜角	3
1.9.6. STS-95のミッション項目	3
2. 打上げ及び実験運用計画	6
2.1. 打上げ及び実験運用の実施場所	6
2.2. 実験運用の実施組織	7
2.3. 打上げ・飛行・帰還の概要	8
2.3.1. 打上げ	8
2.3.2. 飛行管制	8
2.3.3. 着陸システム	8
2.4. 実験運用計画	10
2.4.1. 運用システム概要	10
2.4.1.1. 搭乗員訓練計画	11
2.4.1.2. 射場運用作業計画	11
2.4.1.3. 実時間運用計画	11
2.4.2. 実験の概要	13
2.5. 実験テーマの概要	16
2.5.1. 微小重力下におけるガマアンコウ耳石器単一求心性神経の応答ダイナミクス	17
2.5.2. 拡散法による有機強磁性体の結晶育成	17
2.5.3. 高等植物(野生・突然変異)の根の電場及び重力への応答	17

2.5.4. 宇宙環境下における植物の形態形成とオーキシンの極性移動に関する研究	18
2.5.5. ウリ科植物の重力形態形成:キュウリ芽生えのペグ細胞の発達と重力感受機構	18
2.5.6. 微小重力環境における高等植物の成長調節機構—細胞壁代謝の変化—	18
2.5.7. ヒト細胞における宇宙放射線および微小重力による癌遺伝子の変化	19
2.5.8. 睡眠実験	19
3. 搭載実験装置の概要	20
3.1. NASDAの搭載する実験装置	20
3.1.1. 海水型水棲生物実験装置(VFEU/NDAS)	20
3.1.2. 有機結晶成長実験装置(OCC)	21
3.1.3. 生物学実験装置(BRIC)	22
3.2. NASAの搭載する実験装置	23
3.2.1. 細胞培養装置(CCM)	23
3.2.2. 睡眠実験装置(SLEEP-2)	24
4. 安全管理	25
4.1. NASDAの搭載する装置、実験の安全管理	25
4.2. 日本人搭乗員の安全管理	25
5. 日本人搭乗員の健康管理	25
6. 関係機関等への情報の提供	25
6.1. 関係機関	25
6.2. テーマ提案機関	25
6.3. 報道関係	26
6.4. インターネット	26
添付-1 NASDA以外のSTS-95搭載実験ペイロード	27

1. 概要

1.1. 緒言

宇宙開発事業団(以下、「NASDA」という)は、米国航空宇宙局(以下、「NASA」という)のスペースシャトルを利用して、宇宙ステーション計画に先立ち主にライフサイエンス分野の実験を行う。

本実施計画書は、スペースシャトルの打上げから、飛行運用管制、帰還に亘って、NASDAが実施する実験及び、NASAが実施する飛行運用管制に関する実施計画等について記述したものである。

1.2. STS-95の概要

スペースシャトルSTS-95は、宇宙ステーション計画に先立ち宇宙実験の機会を確保するために、米国航空宇宙局(NASA)、欧州宇宙機関(ESA)、宇宙開発事業団(NASDA)等が、スペースハブを用いて向井千秋宇宙飛行士、ジョン・グレン上院議員他を被験者とする医学実験、水棲動物のライフサイエンス実験、及び太陽観測衛星を放出・回収する観測ミッションや極低温熱貯蔵に関する理工学実験などを実施するフライトである。

1.3. 我が国の実験の目的

脳神経科学分野を中心とする宇宙医学分野及びライフサイエンス分野における我が国の研究基盤の強化を図る。また、国際宇宙ステーションの日本の実験棟(JEM)の利用運用に先立ち、国際協力による宇宙実験の機会を確保し、JEMの利用運用に向けた経験を蓄積する。さらに、向井千秋宇宙飛行士のスペースシャトル搭乗を通じた日本の有人宇宙技術の開発に対する経験及び技術の蓄積を目的とする。

1.4. 搭載実験の実施機関

宇宙開発事業団

理事長 内田 勇夫

東京都港区浜松町2丁目4番1号 世界貿易センタービル

1.5. 搭載実験の実施責任者

宇宙開発事業団 宇宙環境利用システム本部

本部長 村山 英敏

1.6. NASDA実験システムの名称

STS-95宇宙実験システム

1.7. 輸送システムの名称

スペースシャトル ディスカバリー/スペースハブ モジュール

飛行番号 STS-95

1.8. スペースシャトル搭乗者名

コマンダー(船長)	Curtis L. Brown (5)
パイロット(操縦士)	Steven W. Lindsey (2)
ミッションスペシャリスト(MS)	Scott E. Parazynski (3)
ミッションスペシャリスト(MS)	Stephen K. Robinson (2)
ミッションスペシャリスト(MS)	Pedro Duque (1)
ペイロードスペシャリスト(PS)	向井 千秋 (2)
ペイロードスペシャリスト(PS)	John H. Glenn (2)

カッコ内は宇宙飛行回数(STS-95 による飛行を含む)

1.9. 飛行計画の概要

表-1. 9に、STS-95の飛行計画の概要を示す。

図-1. 9に、STS-95の搭載コンフィギュレーションを示す。

1.9.1. 打上げ予定日時

1998年10月30日 午前4時00分(日本標準時)

1998年10月29日 午後2時00分(米国東部標準時)

なお、最終的な打上げ日時は打上げ2週間前に NASA が決定する。

1.9.2. 着陸予定日時

1998年11月 8日 午前2時04分(日本標準時)

1998年11月 7日 午後0時04分(米国東部標準時)

1.9.3. 飛行期間

8日22時間04分(予備日2日)

1.9.4. 軌道高度

約574km

1.9.5. 軌道傾斜角

約28.5度

1.9.6. STS—95のミッション項目

添付—1. に、STS—95搭載実験ペイロードの概要を示す。

表-1.9 STS-95 の飛行計画概要

オービター名	ディスカバリー号
打上げ予定場所	米国フロリダ州 NASAケネディ宇宙センター 39B発射台
打上げ予定日時*	1998年(平成10年)10月29日 午後2時00分(米国東部標準時) 1998年(平成10年)10月30日 午前4時00分(日本標準時)
着陸予定場所	米国フロリダ州 NASAケネディ宇宙センター
着陸予定日時*	1998年(平成10年)11月7日 午後0時04分(米国東部標準時) 1998年(平成10年)11月8日 午前2時04分(日本標準時)
第二着陸予定場所	米国カリフォルニア州 NASAドライデン飛行研究センター
飛行予定時間*	8日22時間04分
飛行高度	310ノーティカルマイル(約574km)
軌道傾斜角	28.5度
搭乗員数	7名
STS-95の主なペイロード(積荷) (図1.9に搭載コンフィギュレーションを示す)	・スペースハブ シングルモジュール (SPACEHAB-SM) (NASDA 実験装置等を搭載) ・太陽物理観測衛星スパルタン201-05 (Spartan201-05) ・ハッブル宇宙望遠鏡軌道上システム試験 (HOST) ・第3次国際極超紫外線観測装置 (IEH-03)

*最終的な打上げ日等は、打上げ2週間前にNASAが決定する。

STS-95

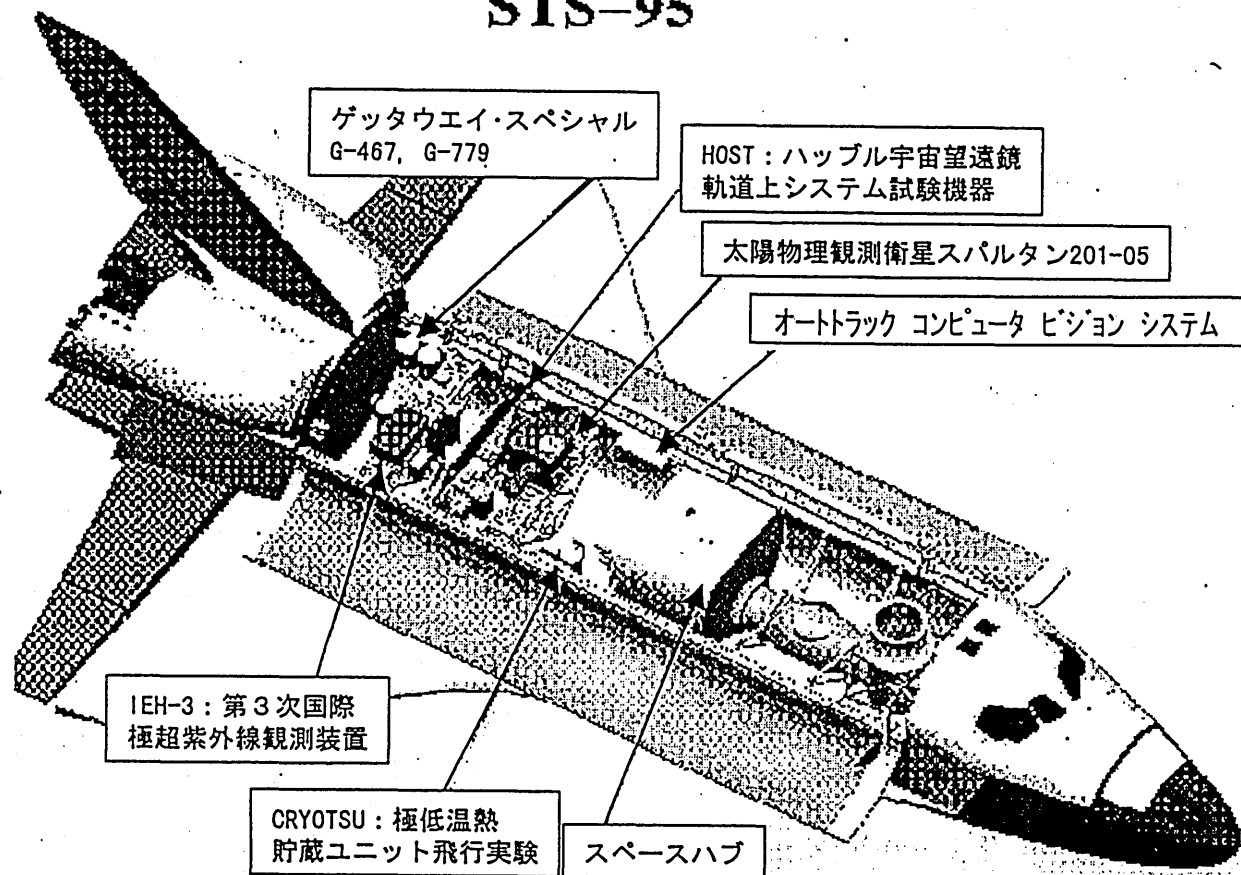


図-1. 9 STS-95搭載コンフィギュレーション

2. 打上げ及び実験運用計画

2.1. 打上げ及び実験運用の実施場所

搭載実験に使用されるNASA施設の配置を図-2.1に示す。

主な実施場所は次の通り。

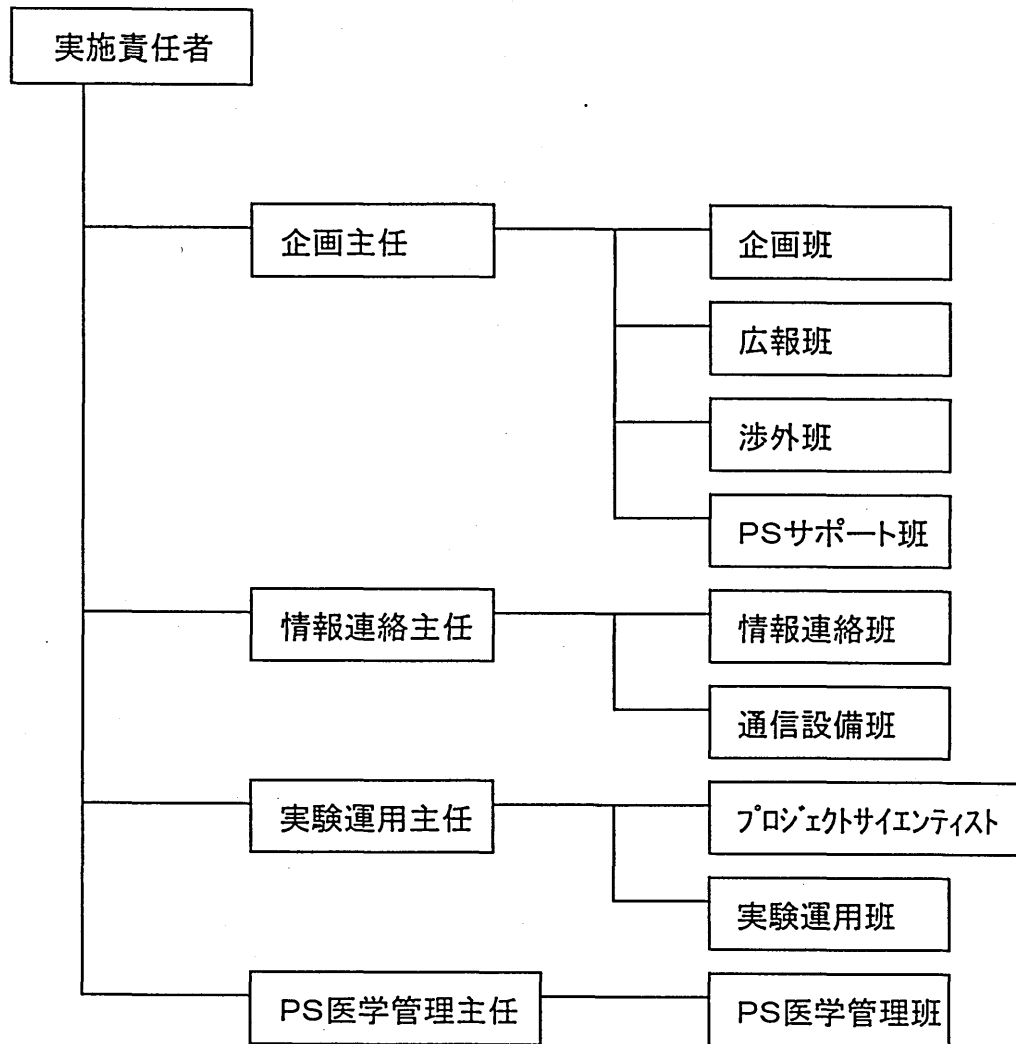
射場…………… フロリダ州 ケネディ宇宙センター
 第一帰還地…………… フロリダ州 ケネディ宇宙センター
 代替着陸地…………… カリフォルニア州 ドライデン飛行研究センター
 シャトル飛行運用管制…… テキサス州 ジョンソン宇宙センター
 通信ネットワーク管制…… メリーランド州 ゴダード宇宙飛行センター
 通信地上局…………… ニューメキシコ州 ホワイトサンズ試験研究施設
 実験運用実施施設…………… フロリダ州 ケネディ宇宙センター
 テキサス州 ジョンソン宇宙センター



図-2.1 NASA関係施設

2.2. 実験運用の実施組織

STS-95の実験運用は、図 2.2 に示す運用隊を編成して実施する。



図－2. 2 STS－95運用隊編成図

2.3. 打上げ・飛行・帰還の概要

2.3.1. 打上げ

スペースシャトル ディスカバリー(STS-95)は、ケネディ宇宙センター(KSC)39B発射台(図-2.3.1.)から打上げられる。

打ち上げの準備として、搭載実験装置は打上げ約3ヶ月前にKSCに隣接するスペースハブ・ペイロード組立施設(SPPF)で、スペースハブ・モジュールに搭載される。そして、スペースハブ・モジュールはKSCの組立施設でコンテナに積み込まれ、このコンテナを垂直に立て直した後、打上げ射点でスペースシャトルのカーゴベイ(荷物室)に搭載される。

また、搭載実験用の生物試料は、KSCの組立施設及びハンガーLで準備を行い、打上げ約40時間前から作業が開始され、約20時間前までにはスペースシャトルに搭載される。

打上げのための最終秒読みは、発射約8時間前から開始され、スペースシャトル外部タンクへの燃料や、酸化剤の充填が開始される。また、発射約3時間前に所定の健康管理や、検査を終えた搭乗員が搭乗する。

発射6秒前にメインエンジンが点火され、推力が正常であることを確認された後、固体ロケットブースターに点火され、スペースシャトルのリフトオフが始まる。垂直に発射されたスペースシャトルは、その後姿勢を変更しながら上昇を続け、固体ロケットブースターの分離、外部燃料タンクの分離、メインエンジンの燃焼終了の後に、軌道修正用エンジンの噴射が行われ、打上げ約40分後に地球周回軌道へ投入される。

2.3.2. 飛行管制

スペースシャトルの飛行管制は、リフトオフ直後からジョンソン宇宙センター(JSC)内のミッションコントロールセンター(MCC)から静止軌道上の追跡データ中継衛星(TDRS)を介して行われる。MCCは、スペースシャトルの運航全体に対して責任を有しており、着陸まで24時間体制でオービタシステムの監視を行う。

2.3.3. 着陸システム

スペースシャトルの地球への帰還は、まずカーゴベイのドアを閉じることから始まり、次に後部を進行方向に向ける姿勢変更を行う。この姿勢で軌道制御用エンジンを作動させることにより、オービタが減速され、地球周回軌道から大気圏突入のためのだ円軌道に突入する。大気突入後は空気抵抗により減速しながら高度を下げ、第一帰還地であるケネディ宇宙センター(KSC)に着陸する。

第一帰還地は、KSCのシャトル着陸施設が予定されている。天候その他の理由などにより第一帰還地に着陸できない場合は、代替着陸地としてカルフォルニア州のドライデン飛行研究センター(DFRC)が指定されている。

なお、搭載実験用の生物試料は、着陸約6時間後にスペースシャトルから取り出される。

2.4. 実験運用計画

2.4.1. 運用システム概要

実験の運用は、軌道上で実験担当の宇宙飛行士が実験運用を1シフトで行う。

NASDAの行う実験運用作業は、JSCのミッション・コントロールセンター(MCC)のペイロード運用管理センター(POCC)において、24時間体制(3交替制)で搭載実験運用の運用状況及び実験実施状況の監視、評価を行うとともに、必要に応じて軌道上の作業を指示及び支援する。

なお、スペースシャトルから地上に伝送されるデータは、TDRSを経由したスペースネットワークにより、一旦ホワイトサンズ局へ伝送され、その後米国通信衛星(DOMSAT)を経由してジョンソン宇宙センター、ケネディ宇宙センターに配信される。

図-2.4.1. に、データ伝送システムを示す。

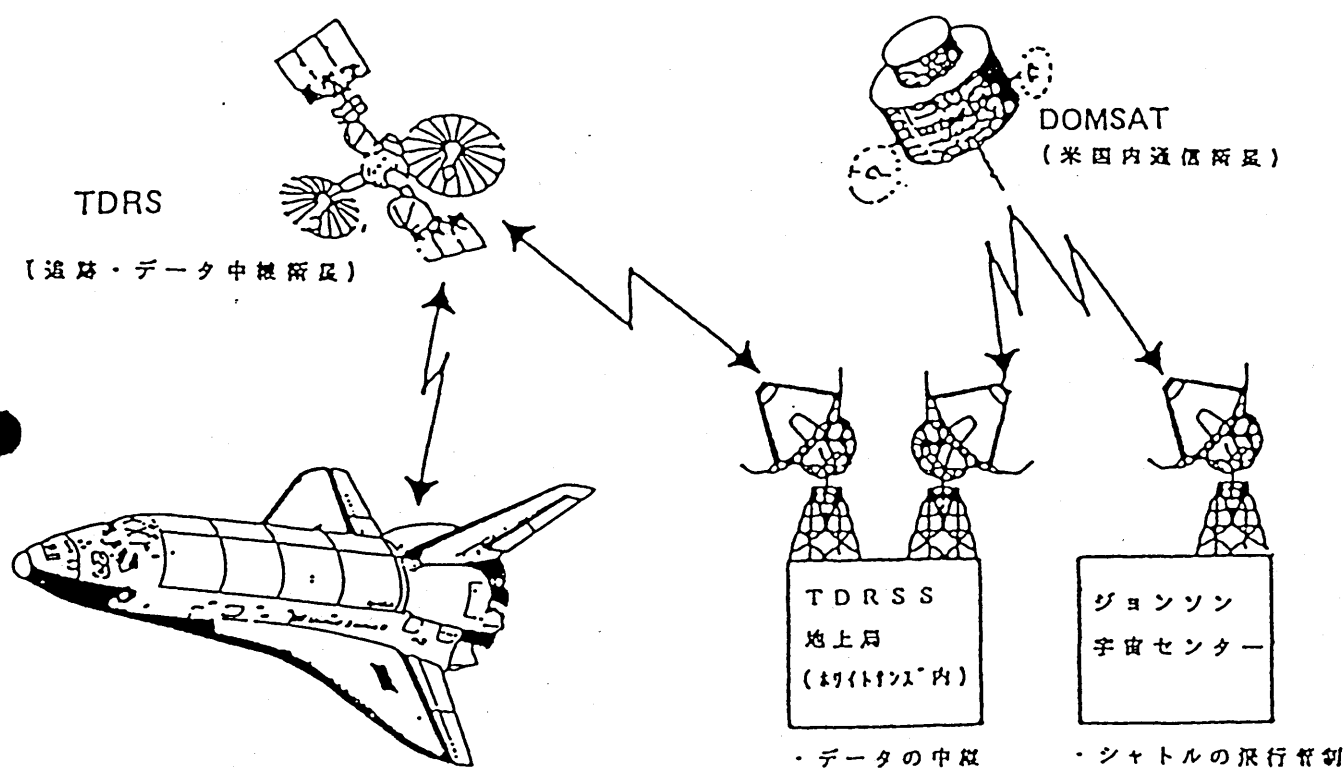


図-2. 4. 1 データ電送システム

2.4.1.1. 搭乗員訓練計画

実験操作を担当する搭乗員が実験の目的や意義を正しく理解し、また実験装置や実験試料の操作に習熟して実験を正確に実施することを目的として、搭乗員訓練が実施される。STS-95においては、搭乗員訓練は全て米国内で実施される。訓練全体のスケジュール作成はNASAが担当し、NASDAは日本の実験テーマ及び装置に関する搭乗員訓練実施の際に要員を派遣する。

2.4.1.2. 射場運用作業計画

2.4.1.2.1. 打上げ前射場作業

海水型水棲動物実験装置、生物学実験装置及び細胞培養装置を使用する実験は、ケネディ宇宙センター(KSC)においてシャトルに搭載される実験試料を準備し、所定の時刻(打上げの約 40-16 時間前、具体的な時刻はNASAとの調整において決定)にNASA側に引き渡す。NASAは受領した試料をシャトルに搭載する。

2.4.1.2.2. 飛行中射場作業

生物学実験装置及び細胞培養装置を使用する実験では、シャトルが飛行中、シャトル内で実施されている実験と同等の実験を、KSCおよび研究者の実験室(1G環境下)で実施する。ただし、生物学実験装置を使用する実験の進行はシャトル内よりも24時間程度遅らせ、シャトルの培養温度の変化にあわせて、地上対照実験の培養温度を変化させる。

2.4.1.2.3. 飛行後射場作業

シャトルに搭載された実験試料は、所定の時刻(帰還約6時間後)にNASA側より受領する。受領した実験試料は速やかに各研究者に引き渡され、試料の観察、測定、処理、日本への輸送準備等の帰還後実験を実施する。

2.4.1.2.4. 第二帰還地における射場作業

ケネディ宇宙センターの天候不順等によりシャトルが第二帰還地(ドライデン飛行研究センター)に着陸した場合に備え、第二帰還地において実験試料の受領準備を行う。シャトルが第二帰還地に着陸した場合は、実験試料を受領し速やかにKSCへ輸送する。

2.4.1.3. 実時間運用計画

2.4.1.3.1. 実験データ伝送システム

スペースシャトルから地上に伝送されるデータはTDRSを経由したスペースネットワークにより、一旦ホワイトサンズ局へ伝送される。その後、米国通信衛星(DOMSAT)を経由しジョンソン宇宙センター、ケネディ宇宙センターに配信される。

2.4.1.3.2. 実時間運用

軌道上での実験は、各実験装置毎に割り当てられた搭乗員により、1シフトで実施される。ジョンソン宇宙センター(JSC)における実時間運用管制は、24時間体制でダウンリンクデータや搭乗員の音声による報告をモニタし、実験の実施状況を監視・評価する。不具合等が発生した場合には、実験手順や実験タイムライン(スケジュール)のリプラン案を作成してNASA側と調整し、最大限の科学的成果が得られる様に努める。

2.4.2. 実験の概要

STS-95 において、日本の研究者は次のテーマに参加する。

- (1) 微小重力下におけるガマアンコウ耳石器単一求心性神経の応答ダイナミクス
- (2) 拡散法による有機強磁性体の結晶育成
- (3) 高等植物(野生・突然変異)の根の電場及び重力への応答
- (4) 宇宙環境下における植物の形態形成とオーキシンの極性移動に関する研究
- (5) ウリ科植物の重力形態形成:キュウリ芽生えのペグ細胞の発達と重力感受機構
- (6) 微小重力環境における高等植物の成長調節機構—細胞壁代謝の変化—
- (7) ヒト細胞における宇宙放射線及び微小重力による癌遺伝子の変化—突然変異・染色体異常・発癌などの解析—
- (8) 睡眠実験

日本の実験装置として、上記(1)「微小重力下におけるガマアンコウ耳石器単一求心性神経の応答ダイナミクス」に利用される海水型水棲動物実験装置は、ニューロラブ計画で搭載された実験装置に、軌道上で魚の神経電位をアナログモニタする機能を付加したものである。また、上記(2)「拡散法による有機強磁性体の結晶育成」に利用される有機結晶成長実験装置は、第一次国際微小重力実験室計画(IML-1)で使用したものである。

また、上記(3)～(6)の植物実験及び(7)の細胞実験では、NASAから借用した生物学実験装置及び細胞培養装置を使用する。さらに、上記(8)の睡眠実験では飛行後にデータを NASA から受領する。

図-2.4.2 に、上記テーマの実験運用スケジュールを示す。

図-2.4.2 実験運用スケジュール(暫定版)

H10.7.28 作成											
日本	10/30	31	11/1	2	3	4	5	6	7	8	
米 国	10/29	30	31	11/1	2	3	4	5	6	7	8
MET	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
JST	12	0	12	0	12	0	12	0	12	0	12
CST	12	0	12	0	12	0	12	0	12	0	12
ミッションイベント	▲ 打上げ (10/29/02:00p.m.(EST)) (10/30/04:00a.m.(JST)) △ スペースシャトル 起動 ◇ (◇は発表文、お知らせ) 打上げ状況 (L+1h)		△ スペースシャトル放出		△ スペースシャトル回収		△ VIP コール	△ 軌道上記者会見	▲ 帰還 (11/7/12:04p.m.(EST)) (11/8/02:04a.m.(JST)) △ スペースシャトル 停止 ◇ 着陸結果 (R+1h)		
実験① VFEU NDAS	△ ← ニュートリックス (打上げ5時間後) 加振 振液 データ記録 *毎日2回データリコーダのテープ交換を行う。										
実験② OCC	△ スペースシャトル 開放								△ スペースシャトル 閉鎖		
実験③ BRIC -RT	△ ← セットアップ データ記録 電気刺激										
実験④ BRIC -AUX	データ記録 給水 凍結										
実験⑤ BRIC -PT	記録/サンプル固定 給水										
実験⑥ BRIC -RC	サンプル移動 データ記録 → △ △ ← 凍結										
実験⑦ CCM	データ記録										
実験⑧	データ取得										
FD	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	

実験①～⑧及び略語については、次ページ参照。

図—2. 4. 2 実験運用スケジュール(暫定版)

実験テーマ

- 実験①：微小重力下におけるガマアンコウ耳石器単一求心性神経の応答ダイナミクス
- 実験②：拡散法による有機強磁性体の結晶成長
- 実験③：高等植物（野生・突然変異）の根の電場及び重力への応答
- 実験④：宇宙環境下における植物の形態形成とオーキシンの極性移動に関する研究
- 実験⑤：ウリ科植物の重力形態形成—キュウリ芽生えのペグ細胞の発達と重力感受機構—
- 実験⑥：微小重力環境における高等植物の成長調節機構
- 実験⑦：ヒト細胞における宇宙放射線及び微小重力における癌遺伝子の変化
- 実験⑧：睡眠実験

略語

- VFEU : Vestibular Function Experiment Unit(海水型前庭機能実験装置)
- NDAS : Neural Data Acquisition System (神経活動電位計測装置)
- OCC : Organic Crystal Growth Chamber (有機結晶成長実験装置)
- BRIC : Biological Research in Canisters (生物学実験装置)
- BRIC-RT : BRIC-ROOT (BRIC 実験：高等植物（野生・突然変異）の根の電場及び重力への応答)
- BRIC-AUX : BRIC-AUXIN (BRIC 実験：宇宙環境下における植物の形態形成とオーキシンの極性移動に関する研究)
- BRIC-PT : BRIC-PEGT (BRIC 実験：ウリ科植物の重力形態形成：キュウリ芽生えのペグ細胞の発達と重力感受機構)
- BRIC-RC : BRIC-RICE (BRIC 実験：微小重力環境における高等植物の成長調節機構)
- CCM : Cell Culture Module (細胞培養装置)
- MET : ミッション経過時間
- JST : 日本標準時, CST : 米国中部標準時, EST : 米国東部標準時
- FD : Flight Day (飛行日)

2.5. 実験テーマの概要

表-2.5 にSTS-95におけるNASDA実験テーマ一覧を示す。また、2.5.1.-2.5.8.項に各テーマの概要を示す。

表-2.5 STS-95実験テーマ

研究者名	実験テーマ名	実験装置
PI:Highstein(ワシントン大) CI:吉田薫(筑波大) CI:臼井支朗(豊橋技術科学大)	微小重力下におけるガンマアンコウ耳石器単一求心性神経の応答ダイナミクス	海水型水棲動物実験装置
PI:中辻慎一(姫路工業大)	拡散法による有機強磁性体の結晶育成	有機結晶成長実験装置
PI:石川秀夫(オハイオ州立大)	高等植物(野生・突然変異)の根の電場及び重力への応答	生物学実験装置
PI:上田純一(大阪府立大)	宇宙環境下における植物の形態形成とオーキシンの極性移動に関する研究	生物学実験装置
PI:高橋秀幸(東北大)	ウリ科植物の重力形態形成:キュウリ芽生えのペグ細胞の発達と重力感受機構	生物学実験装置
PI:保尊隆亨(大阪市立大)	微小重力環境における高等植物の成長調節機構-細胞壁代謝の変化-	生物学実験装置
PI:池永満生(京都大)	ヒト細胞における宇宙放射線及び微小重力による癌遺伝子の変化-突然変異・染色体異常・発癌などの解析-	細胞培養装置
PI:Czeisler(ハーバート大) 医学データ解析者:関口千春(宇宙開発事業団)	睡眠実験	睡眠実験装置

2.5.1. 微小重力下におけるガマアンコウ耳石器単一求心性神経の応答ダイナミクス

代表研究者: S.M.Highstein(ワシントン大学)

共同研究者: 吉田 薫(筑波大学)、臼井支朗(豊橋技術科学大学)

実験装置: 海水型水棲動物実験装置

<実験概要>

水棲動物(ガマアンコウ)の耳石器(重力を感じる器官)から脳に送られる神経活動を打上げから着陸まで連続的に測定し、耳石器の機能が微小重力環境に順応する過程の応答変化を解析する。

<期待される成果>

本研究では宇宙酔いや動揺病の発病メカニズムの原因究明のための基礎データ、および平衡機能をつかさどる人間の前庭器官の感知機構に関する貴重なデータが得られることが期待される。

2.5.2. 拡散法による有機強磁性体の結晶育成

代表研究者: 中辻慎一(姫路工業大学)

共同研究者: 安西弘行

実験装置: 有機結晶成長実験装置

<実験概要>

新規有機強磁性体である化合物の高品質結晶育成を目指すものであり、擾乱の無い微小重力環境下で有機強磁性体の物性値(異方性等)の測定に適した高品質の大型結晶の育成を目的とする。

<期待される成果>

新規有機強磁性体の特性・構造等が正確に評価されることにより、液体マグネットとしてのバイオメディカル物質の製造・効果・適合等に関する基礎的な知見が得られることが期待される。

2.5.3. 高等植物(野生・突然変異)の根の電場及び重力への応答

代表研究者: 石川秀夫(オハイオ州立大学)

共同研究者: マイケル・エバンス(オハイオ州立大学) 他

実験装置: 生物学実験装置

<実験概要>

微小重力環境下での電気刺激に対する根の応答を調べることにより、根における重力及び電場等の情報伝達機構を解明する。

<期待される成果>

植物根の電気刺激応答の研究より、植物の重力屈性に関して新規のメカニズムを確立し、将来的には宇宙空間での食料生産(植物栽培)のための基礎データが得られる。

2.5.4. 宇宙環境下における植物の形態形成とオーキシンの極性移動に関する研究

代表研究者:上田純一(大阪府立大学)

共同研究者:宮本健介(大阪府立大学)他

実験装置:生物学実験装置

<実験概要>

重力がオーキシンの極性移動に与えている影響を解析することにより、植物の重力感受機構解明の基礎データを取得する。

<期待される成果>

植物ホルモンの極性移動と重力との関係に関する理解が深まり、将来的には宇宙空間での食料生産(植物栽培)のための基礎データが得られる。

2.5.5. ウリ科植物の重力形態形成:キュウリ芽生えのペグ細胞の発達と重力感受機構

代表研究者:高橋秀幸(東北大学)

共同研究者:東谷篤志(東北大学)他

実験装置:生物学実験装置

<実験概要>

ウリ科植物の芽生え時に、重力に応答して形成される突起の微小重力下での形成を調べ、植物の重力感受機構の分子生物学的機構を解明する。

<期待される成果>

ペグ形成に係る重力の効果を分子生物学的に評価することにより、植物の重力屈性に関する新たな知見が得られる。また、ペグ形成機構の解明により、植物体への重力影響の伝達機構が解明される。

2.5.6. 微小重力環境における高等植物の成長調節機構—細胞壁代謝の変化—

代表研究者:保尊隆亨(大阪市立大学)

共同研究者:神阪盛一郎(大阪市立大学)他

実験装置:生物学実験装置

<実験概要>

微小重力環境下における植物細胞壁の力学的性質及び代謝系の酵素反応、遺伝子発現レベルの変化を解析する。

<期待される成果>

形態形成に強く関与する細胞壁構築に及ぼす重力の効果を解析することができ、細胞壁形成に関わる蛋白質の機能の遺伝子レベルの理解により、育種への応用が期待される。

2.5.7. ヒト細胞における宇宙放射線および微小重力による癌遺伝子の変化

－突然変異・染色体異常・発癌などの解析－

代表研究者：池永満生（京都大学）

共同研究者：加藤友久（京都大学）他

実験装置：細胞培養装置

<実験概要>

ヒト株化細胞等を用い、癌遺伝子及び癌抑制遺伝子の突然変異を指標にして、放射線と微小重力の遺伝子への相乗効果を解析する。

<期待される成果>

宇宙放射線の影響を、突然変異、染色体異常、細胞の癌化を指標に放射線と微小重力の相乗効果を解析し、宇宙飛行士の健康管理に役立てる。

2.5.8. 睡眠実験

代表研究者：C.A.Czeisler（ハーバード大）

医学データ解析者：関口千春（宇宙開発事業団）

実験装置：睡眠実験装置

<実験概要>

体内睡眠物質と考えられているメラトニンの有効性に関する研究で、宇宙飛行士にメラトニンを投与し、睡眠中の脳波の計測と尿の採取を行い、睡眠内容の解析と内分泌代謝系の解析を行う。飛行後に代表研究者からNASDAに提供されるデータの解析を行う。

<期待される成果>

宇宙における睡眠障害とその対策としてのメラトニンの有効性に関する知見が得られ、今後の宇宙飛行士の健康管理に役立つことが期待される。

3. 搭載実験装置の概要

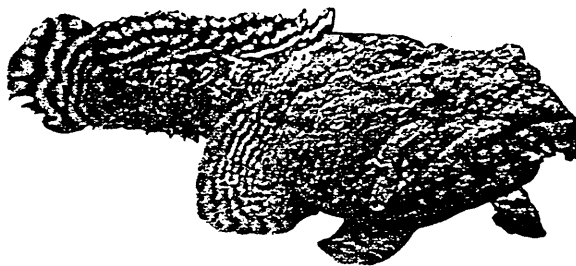
3.1. NASDAの搭載する実験装置

3.1.1. 海水型水棲動物実験装置(VFEU/NDAS)

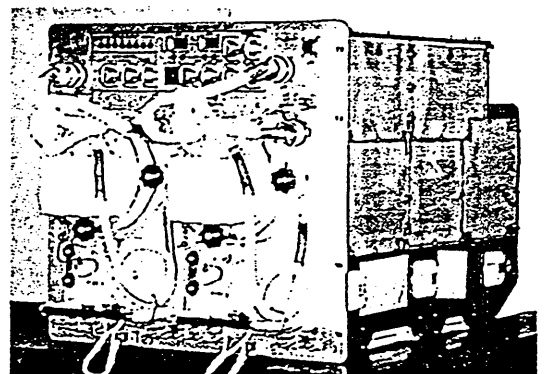
本装置は海水型前庭機能実験装置(VFEU)と神経活動電位計測装置(NDAS)の2装置から構成される。第一次材料実験(FMPT)で開発された前庭機能実験装置に、第2次国際微小重力実験室(IML-2)で開発された水棲生物飼育装置の技術を活かし、海水魚にも対応したもので、ニューロラボ計画に次いで2回目の飛行であり、今回は軌道上における神経電位のアナログモニター機能を追加した。

VFEUは微小重力環境下の海水中で、ガマアンコウ等の水棲生物を長期間(26 日以上)飼育し、神経系の実験を行うことが可能。NDAS は VFEU で飼育中のガマアンコウから神経活動電位等のデータを光通信で転送し、データの処理、連続記録、地上へダウンリンクする機能を有する。

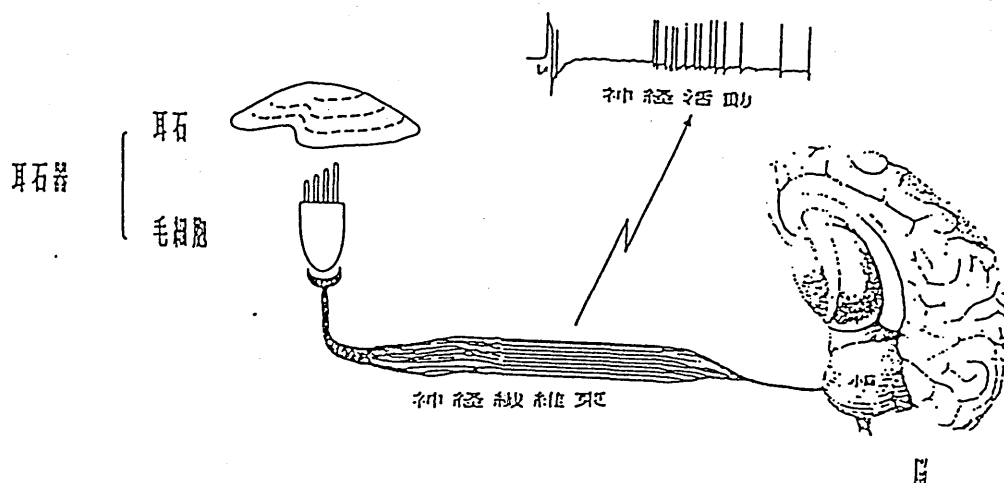
なお、STS-95ではスペースハブ側の機能の関係から、神経電位データのダウンリンクは行わず、軌道上の記録のみとする。



ガマアンコウ
Oyster Toadfish

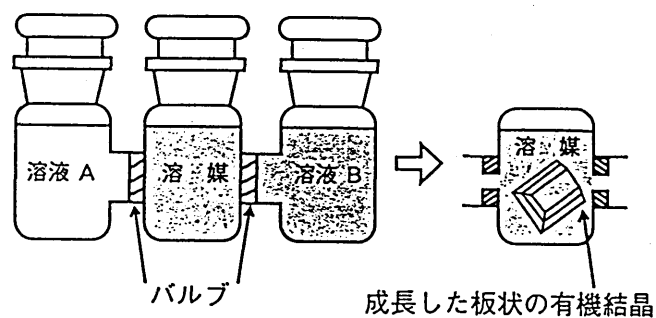
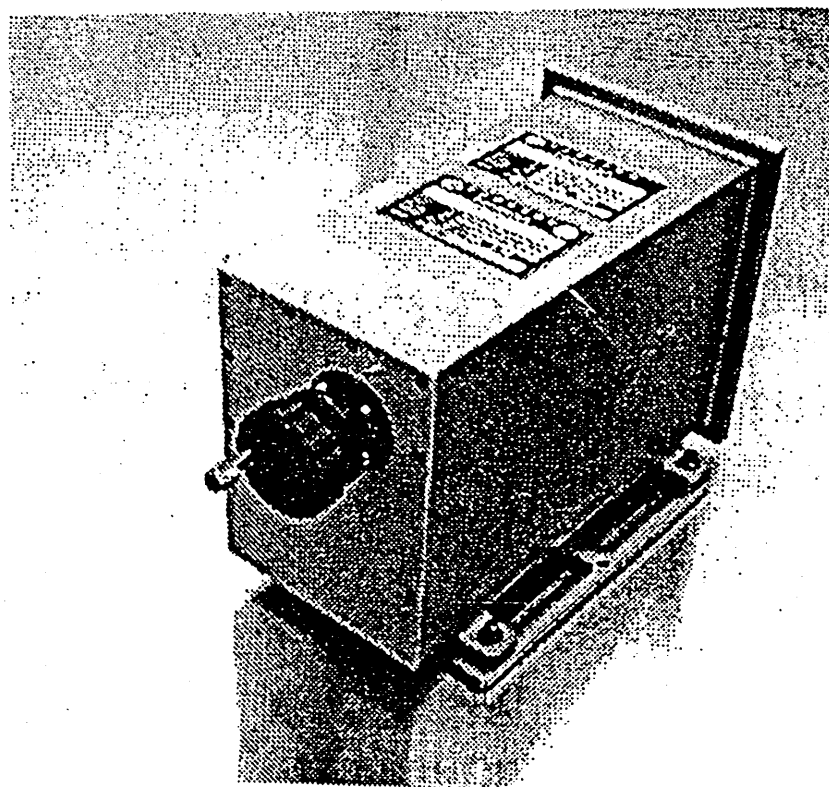


海水型水棲動物実験装置 (VFEU/NDAS)
Vestibular Function Experiment Unit / Neural
Data Acquisition System (VFEU/NDAS)



3.1.2 有機結晶成長実験装置(OCC)

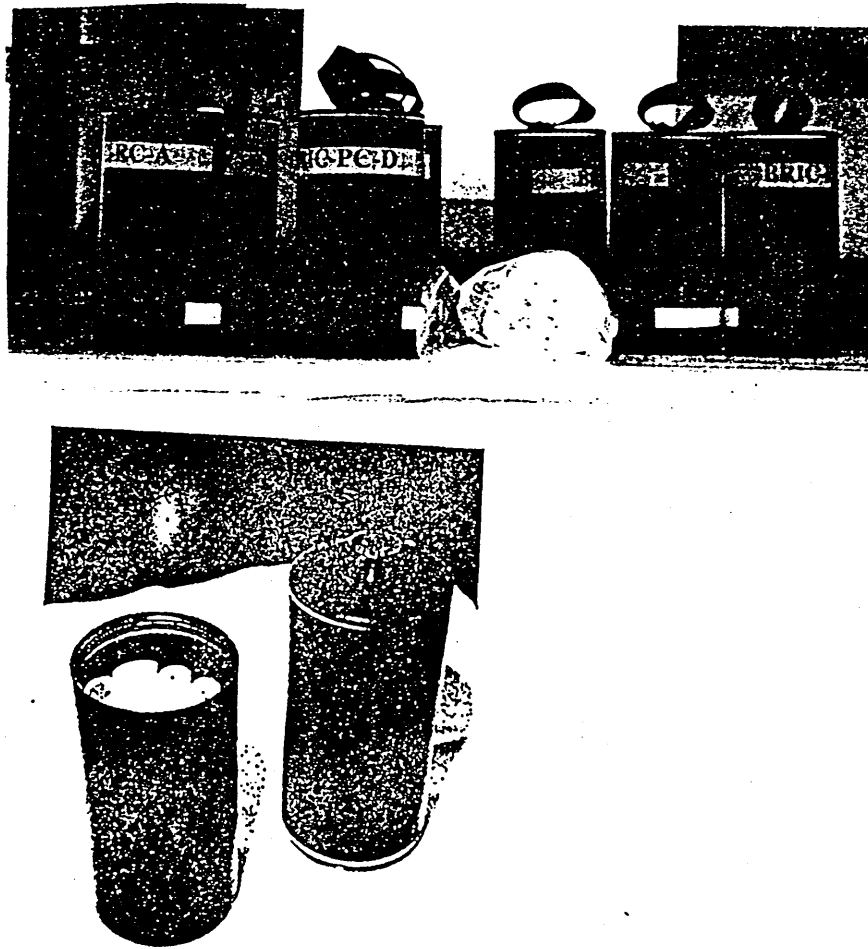
本装置は第1次国際微小重力実験室(IML-1)に搭載された有機結晶成長装置(OCGP)の結晶成長セル部分を使用するものである。2つの溶液容器と1つの溶媒容器を有し、それぞれの溶液容器から溶媒容器に通じる通路には開閉バルブがある。軌道上で搭乗員がバルブを開にすることにより、比重の異なる各々の溶液は微小重力下で拡散し、溶媒溶液中に結晶が生成される。



有機結晶成長実験装置 (OCC)
Organic Crystal growth Chamber

3.1.3. 生物学実験装置(BRIC)

本装置はNASDAがNASAより借用して実験を行う。植物サンプル(トウモロコシ、キュウリ、アラビドプシス等)を収納して培養するキャニスタである(温度等の環境条件をコントロールする機能はない)。冷蔵庫(OSRF)、冷凍庫(GN2 フリーザ)及び植物培養容器(PGC)等の関連装置と組み合わせて実験を実施する。



BRIC-60(Biological Research In Canister)

サイズ：内径 74mm・内面高さ 140mm

(直径 60mm、高さ 15mm のシャーレが 9 枚収納可能)

形状：筒型、上下 2 連にすることが可能

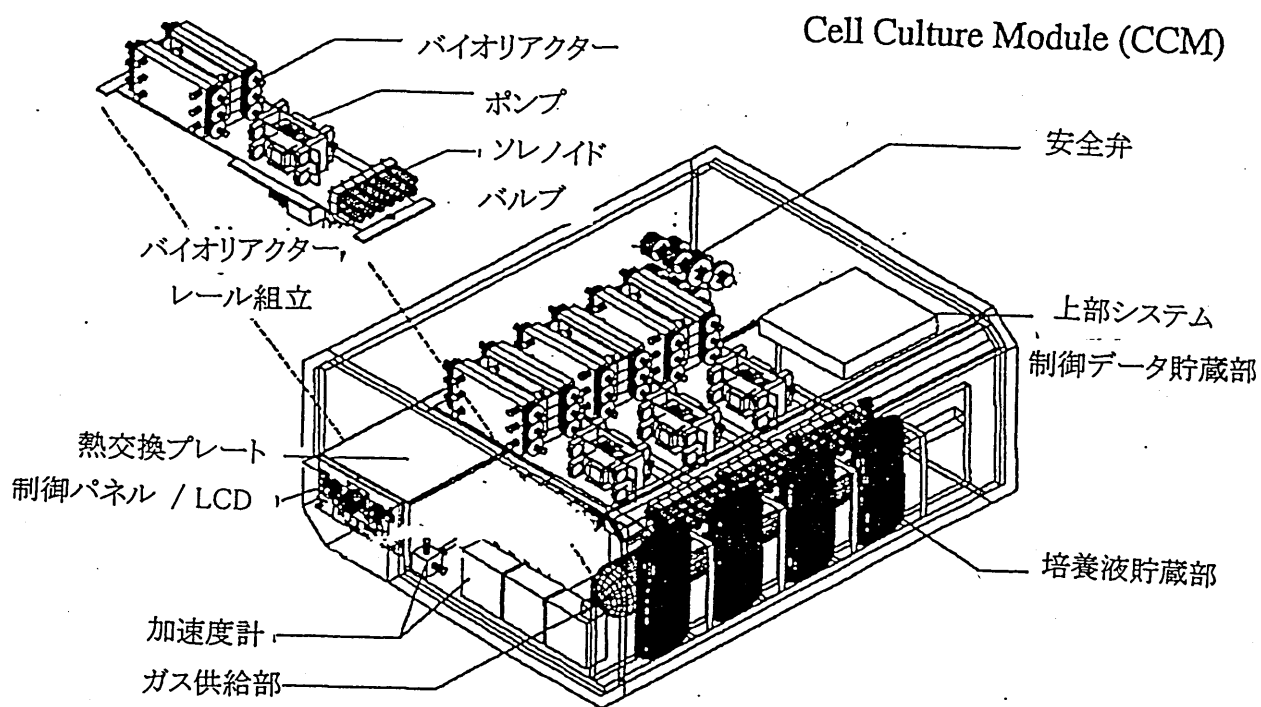
暗黒条件で実験可能、フリーザーに入れることが出来る

減圧に備えての通気性孔あり(実質上は通気性なし)

3.2. NASAの搭載する実験装置

3.2.1. 細胞培養装置(CCM)

本装置は自動運転で細胞を培養する機能を有し、既に10回以上のフライト実績がある。シャトルのミッドデッキロッカーに搭載可能であり、あらかじめ設定されたスケジュールに従って培地の交換や培地への薬剤の投与を行う。本ミッションではNASAと共同で利用される。



3.2.2. 睡眠実験装置(SLEEP-2)

本装置はニューロラブに続く2回目の飛行であり、以下の装置により構成される。

- Polysomnograph Sleep System (Sleep Net, RIPスーツからのデータを抽出する睡眠の計測装置。脳波等のデータを記録するデジタル・スリープ・レコーダーを含む)
- Thinkpad コンピューター
- LSLE Actigraphs (Activity Monitor : 手首に装着し、動きを記録する)
- Actillums
- BCTMS (Body Core Temperature Measurement System)
- 尿採取装置
- RIP (Rest - In - Peace) スーツ (Sleep Net からの配線はこのスーツに接続される)
- メラトニン・キット (メラトニンと placebo (偽薬)) 等

4. 安全管理

4.1. NASDAの搭載する装置、実験の安全管理

STS-95に搭載される全ての実験装置、実験試料等は、NASAが開催する飛行安全審査において、その安全性について審査される。また、射場に持ち込む実験関連機器及び射場において実施される各種作業に関わる安全性についても、NASAが主催する地上安全審査において審査される。飛行安全審査はNASA/ジョンソン宇宙センター(JSC)、地上安全審査はNASA/ケネディ宇宙センター(KSC)にて実施される。NASDAは 2.5.項に示す実験テーマ及び 3.1.項に示す実験装置に関する審査資料を作成し、NASAの安全審査を受ける。

4.2.日本人搭乗員の安全管理

日本人搭乗員の安全管理は、NASA搭乗員と同様、NASAの実施する安全審査・確認プロセスにより行われるが、日本人搭乗員の安全管理上疑義のある時は協議を申し入れる。このため、NASDAはNASAペイロード準備審査(PRR)、飛行前審査(FRR)等各種審査資料の確認を行い、飛行中はNASAのミッションマネジメントチーム(MMT)ミーティングに参加し、問題のないことを確認する。

5. 日本人搭乗員の健康管理

日本人搭乗員の健康を管理するため、NASAと共同で飛行前健康診断及び飛行後医学検査を実施する。また、飛行中は、NASAが実施する健康管理及びプライベート・メディカル・カンファレンスの支援を行う。

6. 関係機関等への情報の提供

6.1. 関係機関

搭載実験の実施状況や向井搭乗員の活動状況等の情報は、関係機関に速やかに通知する。また、ブラウン船長及び向井、グレン ペイロードスペシャリスト(PS)等は軌道上で日本政府要人と会見する予定である。

6.2. テーマ提案機関

実験テーマ提案者及び実験テーマ提案者の所属機関に対しては、当該実験の実施状況に係わる情報を提供するほか、実験データについても速やかに提供する。

6.3. 普及啓発及び報道

パンフレット、リーフレットの充実と共に、青少年のためのイベントとして、「キュウリの芽出し」及び「トウモロコシの根の電場による曲がり」の軌道上実験にあわせて、地上での同実験を小中高校生が実施する。

報道関係者に対し、軌道上記者会見を実施すると共に取材の便宜を図る。また、実験実施状況や向井搭乗員の活動状況等については、状況に応じて随時発表を行う。

主な軌道上イベントは、以下の通り。

- 日本政府要人と向井PS等との会見(VIPコール)

11月5日 午前5時40分(日本時間)から25分

- クルー記者会見

11月6日 午前4時45分(日本時間)から45分間(この内、日本語は最後の11分間)

6.4. インターネット

実験の実施状況の概要は、NASDAホームページを通じて一般に公開する。また、実験実施状況に関する研究者のコメントや、向井搭乗員の活動状況等についてもホームページで公開し、宇宙開発や宇宙実験に対する啓蒙活動の一環とする。

NASDA 以外の STS-95 搭載実験ペイロード(1/2)

	搭載実験ペイロード／テーマ名	スポンサー
1	SPACEHAB 内で行われるその他の実験 ① AGHF (Advanced Gradient Heating Facility) ② OSTE0 (Osteoporosis Experiment in Orbit) ③ ADSEP (Advanced Organic Separations) ④ ASC-8 (Astroculture) ⑤ BIODYN-A (Biotechnology Dynamics-A) ⑥ CIBX (Commercial ITA Biomedical Experiment) ⑦ CPCG (Commercial Protein Crystal Growth) ⑧ MGBX (Microgravity Glovebox) ⑨ MEPS (Microencapsulation Electrostatic Processing System) ⑩ NIH-C8 (National Institutes of Health Cell Culture Module (CCM)) ⑪ PTO (Protein Turnover Experiment) ⑫ SLEEP-2 (Clinical Trial of Melatonin as Hypnotic for Space Crew) ⑬ NHK Camera 等	ESA CSA NASA NASA NASA NASA NASA NASA NASA NIH/NASA NASA NASA NHK
2	ハッブル宇宙望遠鏡軌道上システム試験 (HOST) ① NICMOS 冷却システム ② HST 486 コンピューター ③ 半導体データー・レコーダ ④ 光ファイバーの試験	NASAゴダード宇宙センター
3	太陽物理観測衛星スパルタン 201-05 (Spartan201-05) ① 紫外線コロナ分光器 ② 白色光コロナグラフ ③ スパルタン改良実験 ④ ビデオ誘導センサ実験 ⑤ 宇宙実験モジュール ⑥ TAS ベリリウム実験 ⑦ オービター・スペース・ビジョン・システム	NASAゴダード宇宙センター

NASDA 以外の STS-95 搭載実験ペーロード (2/2)

	搭載実験ペイロード／テーマ名	実施機関
4	第3次国際極超紫外線観測装置 (IEH-03) ①太陽極超紫外線観測装置 (SEH) ②天文研究のための紫外線スペクトログラフ望遠鏡 (UVSTAR) ③天文研究のためのスペクトログラフ／望遠鏡 (STAR-LITE) ④太陽定数観測装置 (SOLCON) ⑤小型アマチュア無線通信衛星 (PANSAT) ⑥CONCAP-IV (Consortium for material development in Space Complex Autonomous Payload IV) ⑦G-764 (GAS-764)	NASAゴダード宇宙センター 南カリフォルニア大 アリゾナ大／NASA／ASI アリゾナ大 ベルギー王立研究所 米国海軍大学院 アラバマ大 ブレーメン大／ZARM
5	その他の実験 ①極低温熱貯蔵ユニット飛行試験 (CRYOTSU) ②ゲッタウェイ・スペシャル ③開発試験ペイロード ④その他	NASAゴダード宇宙飛行センター NASAゴダード宇宙飛行センター NASA NASA他
6	①補完ペイロード (DSO ; Detailed Supplementary Objectives).....	NASA、NASDA