

STS-90によるニューロラブ計画の搭載実験の実施について

平成10年3月25日

宇宙開発事業団

1. 計画の概要

ニューロラブ計画は、1990年にブッシュ大統領の定めた「脳研究10年計画」に基づき、米国航空宇宙局（NASA）が米国立衛生研究所（NIH）及び国際パートナーと協力して計画したもので、スペースシャトルを利用した微小重力環境下における神経科学分野の研究を行うことを目的としている。

STS-90において、アメリカ、フランス、日本など5カ国の研究者が参加して実験を行う予定であり、宇宙開発事業団（NASDA）は、実験装置を提供すると共に、6名の日本人研究者の実験支援を行う。

2. 実験の目的

本計画に参加することにより、微小重力環境下での神経科学研究分野における研究基盤の強化及び利用促進を図ると共に、国際宇宙ステーションの日本の実験棟（JEM）の利用運用に先立つ技術開発を行うこと、また、搭乗員の健康管理に関する基礎医学研究の促進を目的とする。

3. 飛行計画の概要

飛行番号	STS-90（オービタ名：コロンビア）
打上げ予定日	1998年4月17日午前3時19分（日本標準時間） 1998年4月16日午後2時19分（米国東部夏時間）
着陸予定日	1998年5月4日午前0時07分（日本標準時間） 1998年5月3日午前11時07分（米国東部夏時間）
飛行期間	16日、21時間48分（予備日1日）
搭乗員	コマンダー（船長）リチャード・シーアフォス他 計7名

（向井搭乗員は、本飛行に於いてバックアップペイロードスペシャリストであって、実験に関する地上の研究者等と搭乗員との交信を担当する予定である。）

飛行日程については、打上げ約2週間前にNASAが正式に決定する予定である。

4. 実験の概要

STS-90は、アメリカ、フランス、日本など5カ国の研究者が参加し、水棲動物実験、自律神経実験など8領域26テーマを実施する予定である。日本の研究者は、代表研究者として1名、共同研究者として5名が次のテーマに参加する。

- (1) μ G下での耳石器神経活動の連続記録
- (2) 微小重力下での大動脈神経性圧反射機構の発達
- (3) μ G下での骨格筋イオン発現に対する神経と甲状腺ホルモンの相互作用
- (4) 無重量下における自律神経系の可塑性
- (5) 前庭-眼神経反射による空間見当識の解析

表-1に日本が関与するニューロラブ実験テーマ・期待される成果等を示す。

また、図-1に上記テーマに対する実験運用スケジュールを示す。

日本が提供する実験装置は、実験テーマ「 μ G下での耳石器神経活動の連続記録」に利用される海水型水棲動物実験装置である。本装置は、第一次材料実験(FMPT)、及び第二次国際微小重力実験室(IML-2)で搭載された実験装置を基礎として新たに以下の機能を付加したものである。

- ① 水棲動物を微小重力環境下で一定温度(14℃)で飼育する。
- ② 神経活動電位、加速度などの実験データをテレメータで連続記録する。
- ③ 地上へデータを送信する。

なお、STS-90は、スペースシャトルに搭載されるスペースラブモジュールを用いた最後の飛行である。

5. 実施計画

STS-90における搭載実験実施計画を別添に示す。

以上

表－１ 日本が関与するニューロラブ実験テーマ・期待される成果（１／２）

参加形態	実験テーマ	実験内容	期待される成果	研究者
日本の実験装置を用いた実験テーマ	(１) μ G下での耳石器神経活動の連続記録	水棲動物（ガマアンコウ）の耳石器（重力を感じる器官）の神経活動を測定し、微小重力環境下および地上での応答の変化を解析する。重力センサーとしての耳石器の機能を調べると共に、微小重力環境に順応する過程での耳石器の感度を調節する中枢から自律神経の役割を調べる。	宇宙酔いや動揺病の発病メカニズムを解明するとともに、動揺病や老化に伴う、平衡機能失調の治療に役立つことが期待されている。	C I 白井 支朗 ／豊橋技術科学大 C I 吉田 薫 ／筑波大 (P I : Mシュタイン)
他国の実験装置を用いた実験テーマ	(２) 微小重力下での大動脈神経性圧反射機構の発達	発育期ほ乳類（ラット）を微小重力下で飼育し、フライト直後に循環器系の自律神経の発育状況や構造を形態学的に解析する。さらに、微小重力に伴う体液シフトがおよぼす大動脈神経の圧反射の発達の様子を生理学的に解析する。	宇宙滞在中に引き起こされる循環器系の失調や、それに伴う生理的変化の調整の詳細について新たな知見が期待されるとともに、搭乗員の帰還後の循環器系診断に必要なデータを得る予定。	P I 清水 強 ／福島県立医科大
	(３) μ G下での骨格筋イマイシン発現に対する神経と甲状腺ホルモンの相互作用	微小重力下で、生後まもないラットが成長する過程の骨格筋の形成される様子を遺伝子レベルで調べ、この形成過程に影響すると考えられる重力、神経活動および甲状腺ホルモンの相互作用を解析する。	宇宙滞在時の自律神経活動の変化によるホルモン変動や筋萎縮に対する新たな知見が期待され、宇宙での健康維持及び帰還後の影響の低減やこれらの予防に役立つことが期待されている。	C I 武田 伸一 ／国立精神・神経センター (P I : ホールドウィン)

表－１ 日本が関与するニューロラブ実験テーマ・期待される成果（２／２）

参加形態	実験テーマ	実験内容	期待される成果	研究者
搭乗員を被験者とする宇宙医学実験テーマ	（４）無重量下における自律神経系の可塑性	宇宙滞在中およびその前後に筋肉の働きを調節する筋交感神経の活動を直接計測し、微小重力環境へ適応してゆくにつれ、どのような神経機能の変化を伴うか、また、地上へ戻った時に生じる循環器障害の発現にどのように関与しているかを検証する。	ヒトの心臓や血液循環の調節を行っている自律神経の働きについてより正確な知見を得ることが出来る。また、宇宙環境に適応する際に生ずる生理学的な不調のメカニズムの解明や軌道上での健康管理に必要なデータを与えるとともに、帰還後の影響と回復についての指針を与えることが期待されている。	C I 間野 忠明 ／名古屋大環境医学研究所 (P I : イックバ' -グ')
	（５）前庭－眼神経反射による空間見当識の解析	宇宙滞在中およびその前後に宇宙飛行士に対し回転イスで直線及び回転加速度を負荷し、それにより生じる眼球運動とめまいの強さ、方向を測定することにより、重力と空間認識の関連性やその変化を解析する。	無重力環境下での人の前庭器官の変調と順応メカニズムを明らかにするとともに宇宙酔いや宇宙での錯覚のメカニズム解明と宇宙飛行士の訓練に役立つ知見を得ることが期待されている。	C I 肥塚 泉 ／聖マリアンナ医科大 (P I : コ-エ)

日本 米 国	4/17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	5/1	2	3
MET	4/16	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
JST	12	0	12	0	12	0	12	0	12	0	12	0	12	0	12	0	12
CDT	12	0	12	0	12	0	12	0	12	0	12	0	12	0	12	0	12
ミッション イベント ト	▲ 打上げ (4/16/02:19p.m.(EDT)) (4/17/03:19a.m.(JST)) △ スパ-スラブ 起動																
実験① VFEU NDAS	△←初期フィク(打上げ約4時間後) 加振 △ 飼育水サンプリング △ 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 実験③ RAHF	飲料水充填 △ 餌交換 △ 汚物袋交換 △ * 毎日1回ラットの健康状態の観察を行う。																
実験④	↔ ↔																
実験⑤ VVIS	△ 装置セット	△ 計測			△ 計測		△ 計測			△ 計測		△ 計測				△ 計測	△ 計測 ↑ 装置収納
FD	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17

実験①: μ G 下での耳石器神経活動の連続記録

実験②: 微小重力下での大動脈神経性圧反射機構の発達

実験③: μ G 下での骨格筋イソマイオシン発現に対する神経と甲状腺ホルモンの相互作用

実験④: 無重量下における自律神経系の可塑性

実験⑤: 前庭-眼神経反射による空間見当識の解析

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)

RAHF: Rodent Research Animal Holding Facility(小動物実験装置)

VVIS: Visual & Vestibular Investigation System(視覚-前庭系実験システム)

MET: ミッション経過時間

JST: 日本標準時

CDT: 米国中部夏時間, EDT: 米国東部夏時間

FD: Flight Day(飛行日)

図-1 実験運用スケジュール

STS-90によるニューロラブ計画
に関する搭載実験実施計画書

平成10年3月

宇宙開発事業団

目 次

1. 概 要	1
1.1 緒 言	1
1.2 S T S - 9 0 におけるミッション計画の概要	1
1.3 我が国の搭載実験の目的	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	1
1.7 輸送システムの名称	1
1.8 スペースシャトル搭乗者名	2
1.9 実施日時及び飛行期間	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 軌道高度	2
1.9.4 軌道傾斜角	2
1.9.5 飛行期間	2
1.9.6 S T S - 9 0 のミッション項目	2
2 打上げ及び実験運用計画	4
2.1 打上げ及び実験運用の実施場所	4
2.2 搭載実験の実施組織	5
2.3 打上げ・飛行・帰還の概要	6
2.3.1 打上げ	6
2.3.2 飛行管制	7
2.3.3 着陸システム	7
2.3.3.1 第一帰還地	7
2.3.3.2 代替帰還地	7
2.4 実験運用計画	8
2.4.1 運用システムの概要	8
2.4.2 実験テーマ	10
2.4.2.1 μ G 下での耳石器神経活動の連続記録	11
2.4.2.2 微小重力下での大動脈神経性圧反射機構の発達	12
2.4.2.3 μ G 下での骨格筋イソマイオシン発現に対する神経と甲状腺ホルモンの相互作用	13
2.4.2.4 無重量下における自律神経系の可塑性	14
2.4.2.5 前庭一眼神経反射による空間見当識の解析	15
2.4.3 実験運用	16
2.4.4 軌道上実験運用スケジュール	16
3. 安全管理	18
4. 関係機関等への情報の提供	18
4.1 関係機関	18
4.2 テーマ提案機関	18
4.3 報道関係	18

図一覧

- 第1図 輸送システム（スペースシャトル／スペースラブ）
- 第2図 NASA関係施設
- 第3図 運用隊の組織
- 第4図 ケネディ宇宙センターの設備・施設配置の概要図
- 第5図 データ伝送システム
- 第6図 日本が提供する海水型水棲動物実験装置の概要
- 第7図 小動物実験装置
- 第8図 医学実験装置
- 第9図 視覚－前庭系実験システム
- 第10図 実験運用スケジュール

表一覧

- 第1表 スペースシャトルの飛行計画（予定）

添付一覧

- 添付1 STS-90搭載実験ペイロード
- 添付2 ニューロラブ計画の研究チームの概要

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、微小重力環境下における神経科学分野の実験（ニューロラブ計画）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-90におけるミッション計画の概要

ニューロラブ計画は、1990年にブッシュ大統領の定めた「脳研究10年計画」に基づき、NASAが米国立衛生研究所（以下「NIH」という）及び国際パートナーと協力して計画したもので、スペースシャトルを利用した微小重力環境下における神経科学分野の研究を行うことを目的としている。

STS-90において、アメリカ、フランス、日本など5カ国の研究者が参加して実験を行う予定であり、NASDAは、実験装置を提供すると共に、6名の日本人研究者の実験支援を行う。

1.3 我が国の搭載実験の目的

我が国は、本計画に参加することにより、微小重力環境下での神経科学研究分野における研究基盤の強化及び利用促進を図り、国際宇宙ステーションの日本の実験棟（JEM）の利用運用に先立つ技術開発を行うこと、また、搭乗員の長期宇宙滞在に対する基礎医学研究の促進を目的とする。

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

ニューロラブ宇宙実験システム

1.7 輸送システムの名称

- ・スペースシャトル コロンビア／スペースラブモジュール（第1図）
- ・飛行番号 STS-90

1.8 スペースシャトル搭乗者名

・ コマンダー (船長)	Richard Searfoss
・ パイロット (操縦士)	Scotto Altman
・ ミッションスペシャリスト (MS)	Richard Linnehan
・ ミッションスペシャリスト (MS)	Kathryn Hire
・ ミッションスペシャリスト (MS)	Dafydd Williams
・ ペイロードスペシャリスト (PS)	Jay Clark Buckey
・ ペイロードスペシャリスト (PS)	James Pawelczyk
・ バックアップペイロードスペシャリスト	Alexander Dunlap
・ バックアップペイロードスペシャリスト	向井 千秋

1.9 実施日時及び飛行期間

1.9.1 打上げ予定日時

1998年4月16日午後2時19分 (米国東部夏時間)

1998年4月17日午前3時19分 (日本標準時間)

なお、打上げ日時は打上げ約2週間前に最終決定される。

1.9.2 着陸予定日時

1998年5月3日午前11時07分 (米国東部夏時間)

1998年5月4日午前 0時07分 (日本標準時間)

1.9.3 軌道高度

約280km

1.9.4 軌道傾斜角

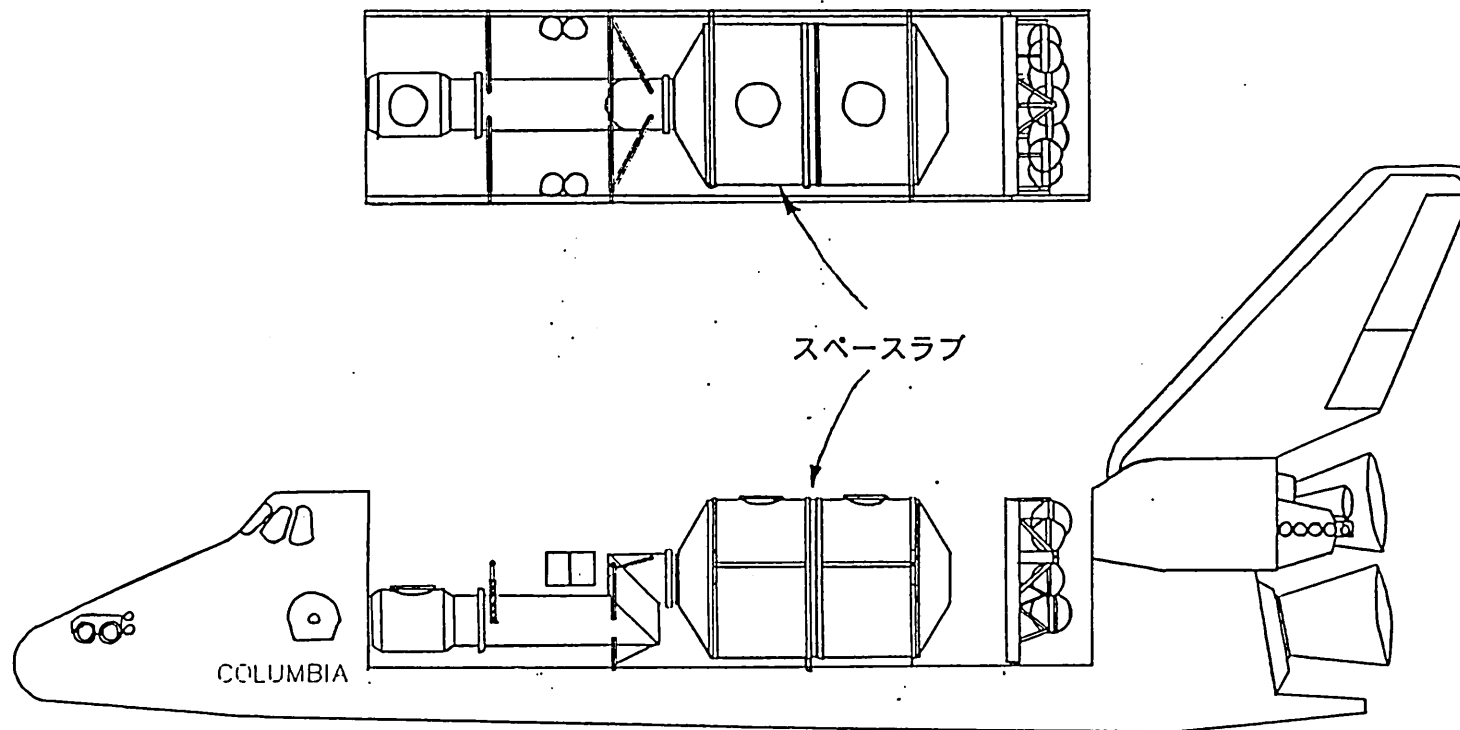
39度

1.9.5 飛行期間

16日、21時間48分 (予備日1日)

1.9.6 STS-90のミッション項目

添付1にSTS-90搭載実験ペイロードを、添付2にニューラブ計画の研究チームの概要を示す。



第1図 輸送システム (スペースシャトル/スペースラブ)

2.1 打上げ及び実験運用の実施場所

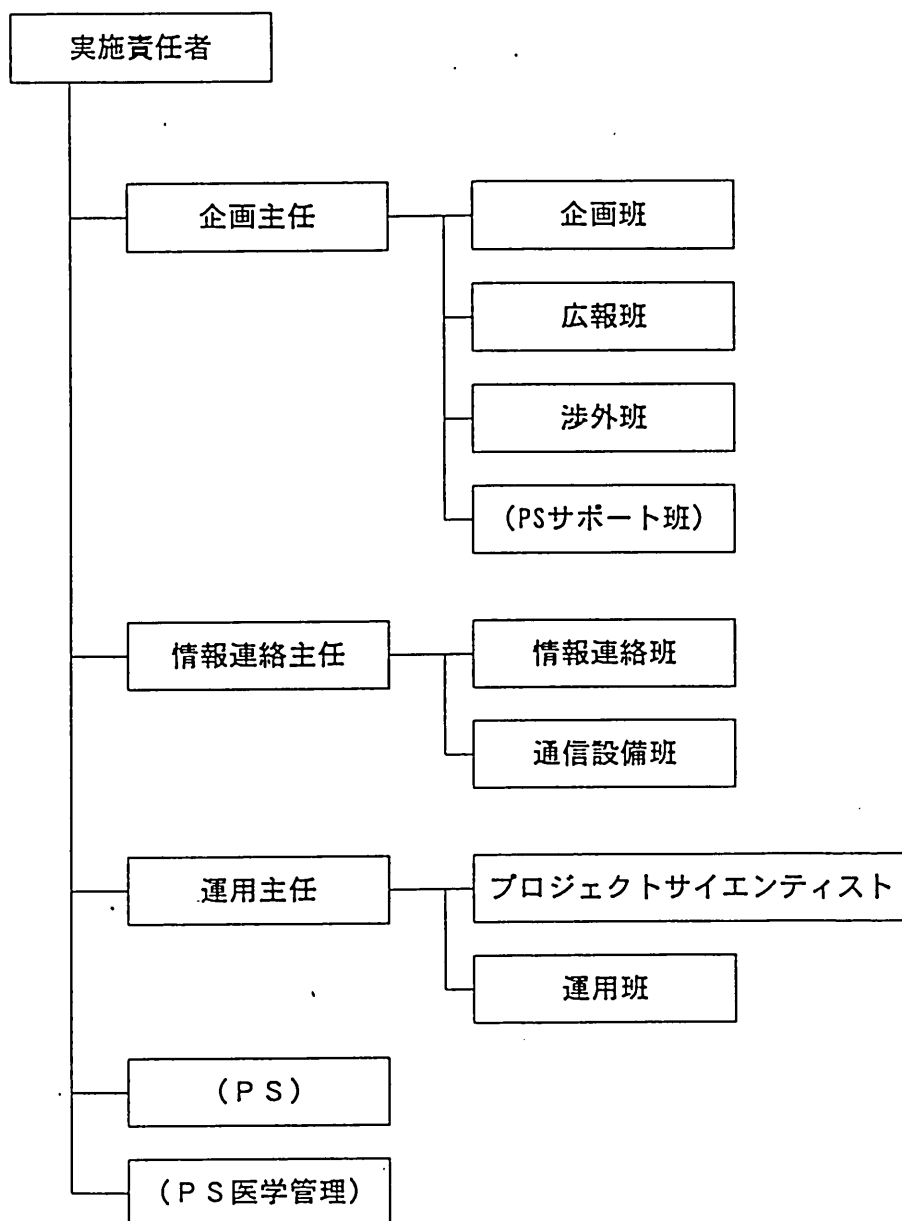
射場	フロリダ州	ケネディ宇宙センター
第一帰還地	フロリダ州	ケネディ宇宙センター
代替着陸地	カリフォルニア州	ドライデン飛行研究センター
シャトル飛行運用管制	テキサス州	ジョンソン宇宙センター
通信ネットワーク管制	メリーランド州	ゴダード宇宙飛行センター
通信地上局	ニューメキシコ州	ホワイトサンズ試験研究施設
実験運用実施施設	フロリダ州	ケネディ宇宙センター
	テキサス州	ジョンソン宇宙センター
	カリフォルニア州	エイムズ研究センター



2.2 搭載実験の実施組織

搭載実験はニューロラブ運用隊のうち、企画班、情報連絡班、運用班により行う。第3図に運用隊の組織図を示す。

下記（ ）内は、バックアップP Sの向井搭乗部員が搭乗した場合に体制に組み込む。



第3図 運用隊の組織

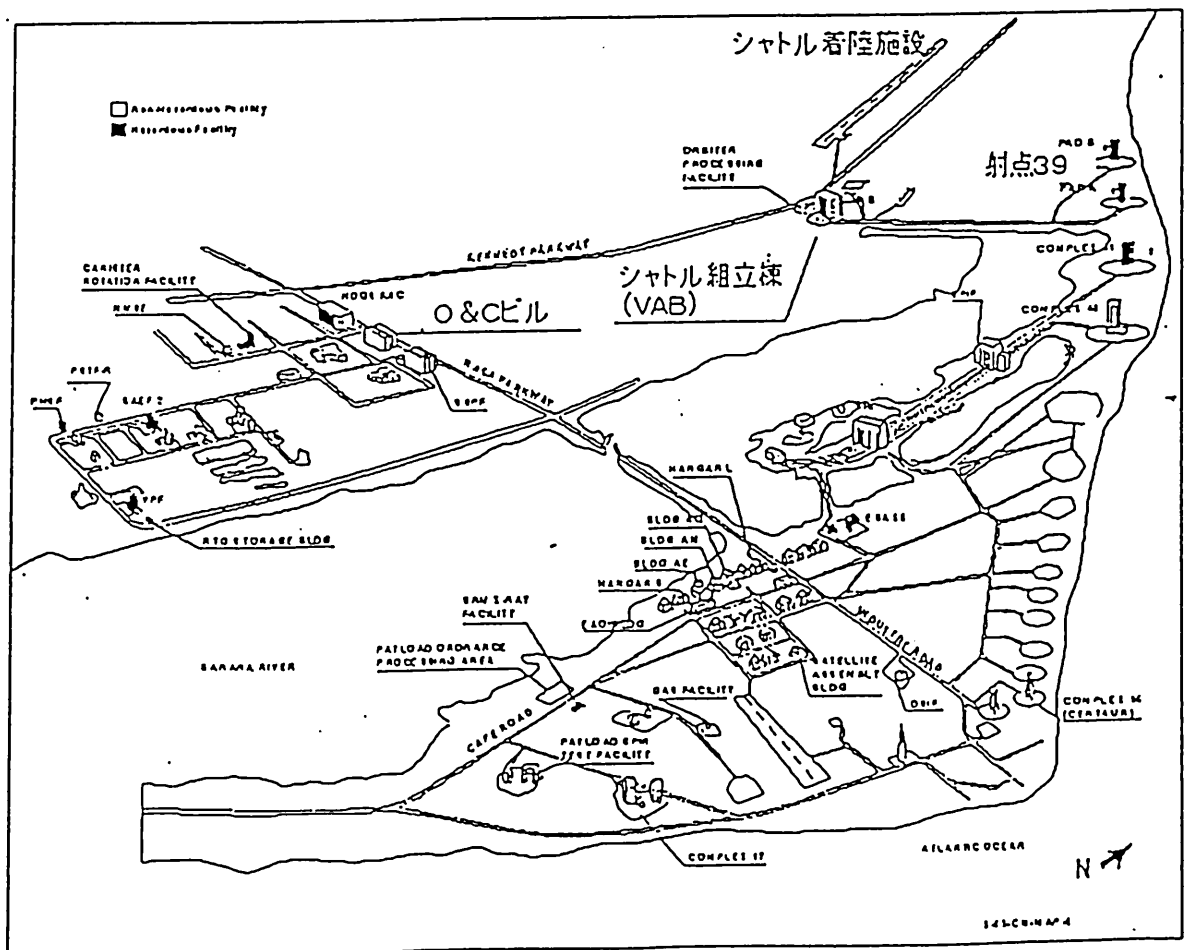
2.3 打上げ・飛行・帰還の概要

2.3.1 打上げ

ニューロラブ宇宙実験システムを搭載したスペースシャトル（STS-90、オービタ：コロンビア号）は、ケネディ宇宙センター（39B発射台）（第4図）から打上げられる。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。

搭載実験用の生物試料は、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。

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分後に高度約280kmの円軌道に投入される。



第4図 ケネディ宇宙センターの設備・施設配置の概要図

2.3.2 飛行管制

スペースシャトルの飛行管制は、ジョンソン宇宙センター（J S C）内のミッションコントロールセンター（M C C）から静止軌道上の追跡データ中継衛星（T D R S）を介して行われる。

飛行管制の主な役割は、飛行計画の変更などに際して必要となる新しい目標姿勢の設定計画をすることで、特に姿勢に関する制約などはシャトルの搭載コンピュータシステムにはプログラムされていないので、地上で考慮しなければならない。

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、次に姿勢変更（後部を進行方向へ向ける）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、オービターが減速され、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。大気圏再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（K S C）に着陸する。

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。

2.3.3.1 第一帰還地

S T S - 9 0 の第一帰還地はケネディ宇宙センター（K S C）のシャトル着陸施設が予定されている。ケネディ宇宙センターはフロリダ州ケープカナベラル近郊のメリットアイランドに位置し、スペースシャトルの着陸に使用する滑走路を有するほか、2 基の発射台、組立工場（V A B）、発射管制センター（L C C）などを有する。

2.3.3.2 代替帰還地

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リフォルニア州のドライデン飛行研究センター（D F R C）が指定されている。

2.4 実験運用計画

ニューロラブ宇宙実験システムを搭載したスペースシャトルの飛行計画を第1表に示す。

第1表 スペースシャトルの飛行計画（予定）

1	ミッション名	ニューロラブ計画
2	STS飛行番号	STS-90
3	オービター名	コロンビア号
4	打上げ予定日時 注1	1998年4月16日午後2時19分(米国東部夏時間) 1998年4月17日午前3時19分(日本標準時間)
5	ロンチウインドウ	2時間30分
6	打上げ場所	ケネディ宇宙センター、39B発射台
7	軌道高度	約280km(円軌道)
8	軌道傾斜角	39度
9	飛行期間	16日、21時間48分(予備日1日)
10	地球周回周期	約90分
11	搭乗員数	7名
12	着陸場	第一着陸場：ケネディ宇宙センター 代替着陸場：ドライデン飛行研究センター
13	着陸予定日時	1998年5月3日午前11時07分(米国東部夏時間) 1998年5月4日午前0時07分(日本標準時間)

注1：打上げ日時はNASAが打上げ約2週間前に最終決定する。

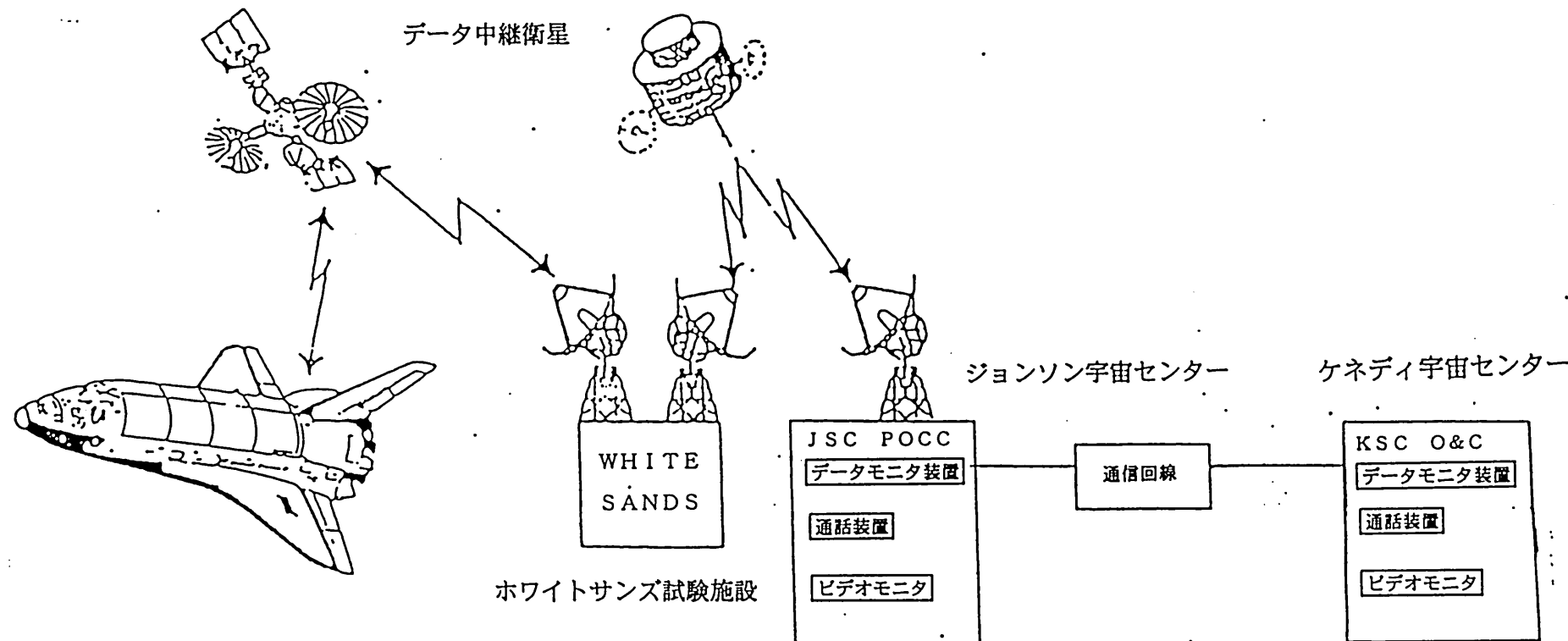
2.4.1 運用システムの概要

実験の実施は、軌道上で1日を活動時間と睡眠時間に2分し、実験担当クルーが1シフトで行う。

NASDAの行う実験運用作業については、ケネディ宇宙センターにおいて搭載実験装置の運用状況、実験実施状況の監視、評価及び地上対照実験を行うとともに、必要に応じジョンソン宇宙センターよりシャトルのクルーに対し、音声による指示、支援を行う。

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る。その後、米国通信衛星(DOMSAT)を経由しケネディ宇宙センター、ジョンソン宇宙センターに配信される。

データ伝送システムを第5図に示す。



第5図 データ伝送システム

2.4.2 実験テーマ

STS-90は、アメリカ、フランス、日本など6カ国の研究者が参加し、水棲動物実験、自律神経実験など8領域26テーマを実施する予定である。日本の研究者は、代表研究者として1名、共同研究者として5名が次のテーマに参加する。

- (1) μ G下での耳石器神経活動の連続記録
- (2) 微小重力下での大動脈神経性圧反射機構の発達
- (3) μ G下での骨格筋イマイシシ発現に対する神経と甲状腺ホルモンの相互作用
- (4) 無重量下における自律神経系の可塑性
- (5) 前庭-眼神経反射による空間見当識の解析

なお、STS-90は、スペースシャトルに搭載されるスペースラブを用いた最後の飛行である。

2.4.2.1 μ G下での耳石器神経活動の連続記録

(1) テーマ概要

・代表研究者：S. ハイシュタイン（米国ワシントン大学）

・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（NASDA）

<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）の神経活動を測定し、微小重力環境下及び地上での応答の変化を解析する。重力センサーとしての耳石器の機能を調べるとともに、微小重力環境に順応する過程での耳石器の感度を調節する中枢から自律神経の役割を調べる。

<期待される成果>

本研究は宇宙酔いや動揺病の発病メカニズムを解明するとともに、動揺病や老化に伴う、平衡機能失調の治療に役立つことが期待されている。

(2) 実験装置（日本が提供）：海水型水棲動物実験装置（VFEU）

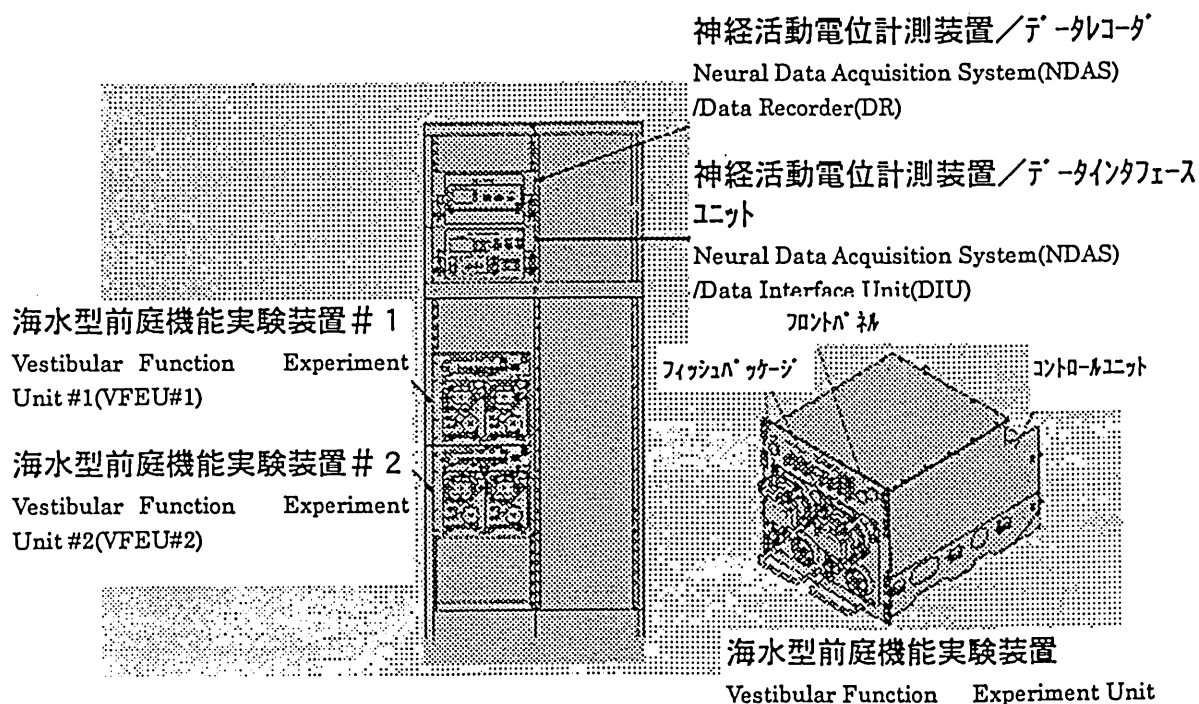
本装置は、第一次材料実験（FMPT）用に開発した前庭機能実験装置、及び第二次国際微小重力実験室（IML-2）用に開発した水棲生物飼育装置を基礎として新たに以下の機能を付加した装置である。

①水棲動物を微小重力環境下で低温（14℃）飼育する。

②神経活動電位、加速度などの実験データをテレメータで連続記録する。

③地上へデータを送信する。

第6図に、日本が提供する海水型水棲動物実験装置の搭載図を示す。



第6図 日本が提供する海水型水棲動物実験装置の概要

2.4.2.2 微小重力下での大動脈神経性圧反射機構の発達

(1) テーマ概要

- ・代表研究者：清水 強（福島県立医学大学）
- ・実験装置：小動物実験装置（NASA）

<実験概要>

発育期のラットを用い、フライト後に血圧調整を担う大動脈の圧力センサとその制御を行う自律神経の発育状況を解析する。さらに、微小重力が引き起こす体液移動が影響するといわれている大動脈神経の圧反射の発達の様子を電気生理学的な実験から解析する。

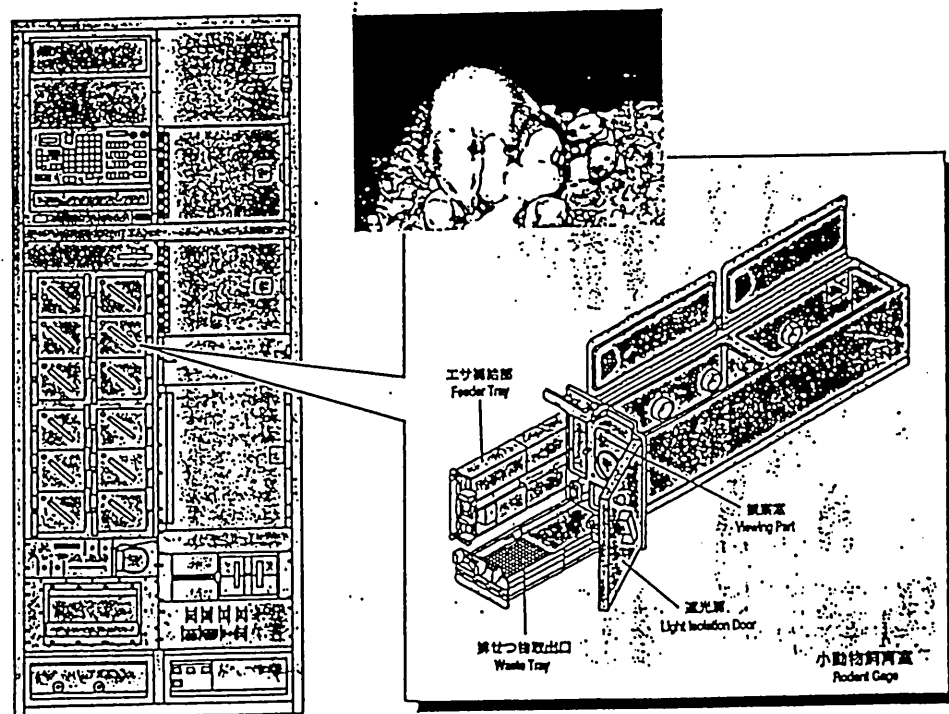
<期待される成果>

本研究は、宇宙滞在中に引き起こされる循環器系の失調や、それに伴う生理的変化の調整の詳細について新たな知見が期待されるとともに、搭乗員の帰還後の循環器系診断に必要なデータを得る予定。

(2) 実験装置：小動物実験装置

スペースラブを用いたライフサイエンス軌道上実験に使用されるラット等の飼育装置。

（第7図）この装置は、スペースラブのダブルラックに組み込まれ、軌道上において、動物飼育のために必要な温度等の環境コントロール、餌、水、光調整及び排泄物処理を行うことができる。また、この装置のデータシステムは、スペースラブのデータ取得システムに接続できるように設計されている。本装置は、NASAにより提供されている。



第7図 小動物実験装置

2.4.2.3 μ G下での骨格筋イソマイオシン発現に対する神経と甲状腺ホルモンの相互作用

(1) テーマ概要

- ・ 代表研究者：K. ボルドウィン（米国カリフォルニア大学アーヴァイン校）
- ・ 共同研究者：武田伸一（国立精神・神経センター）
- ・ 実験装置：小動物実験装置（NASA）

<実験概要>

生後間もないラットを用い、骨格筋を形成する筋肉タンパク質の形成過程に影響すると考えられる重力、神経活動及び甲状腺ホルモンの動きについて詳細な解析を行う。

<期待される成果>

本研究は宇宙滞在時の自律神経活動の変化によるホルモン変動や筋萎縮に対する新たな知見が期待され、宇宙での健康維持及び帰還後の影響の低減やこれらの予防に役立つことが期待されている。

(2) 実験装置：小動物実験装置

2.4.2.2 (2) 参照

2.4.2.4 無重量下における自律神経系の可塑性

(1) テーマ概要

- ・代表研究者：D. エックバーグ（米国マックギア研究所）
- ・共同研究者：間野 忠明（名古屋大学）
- ・実験装置：医学実験装置（ESA/NASA/DARA）

<実験概要>

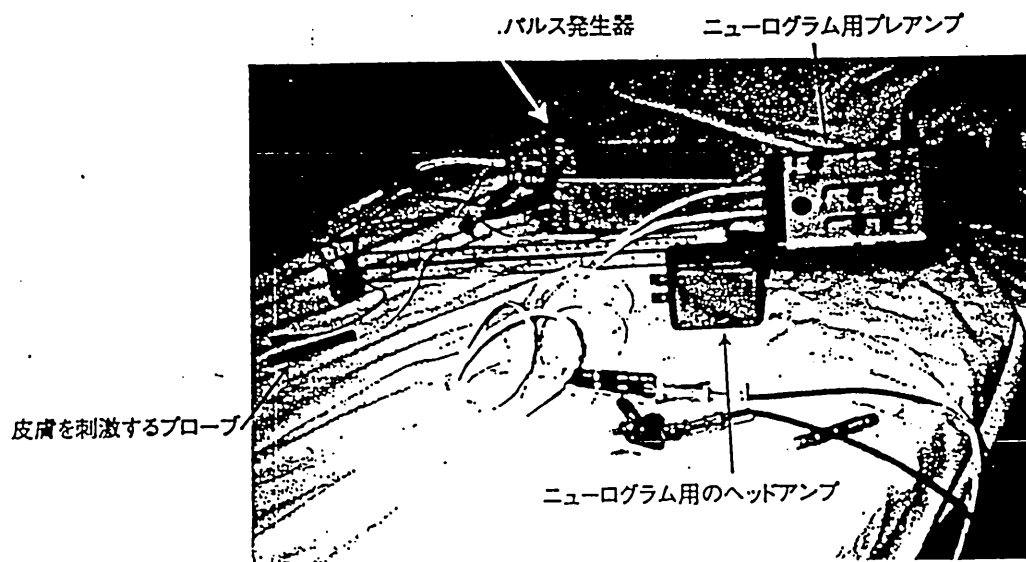
宇宙滞在中及びその前後に筋肉のなかの血管の働きを調整する自律神経である筋交感神経の活動を直接計測することによって、地上で常に重力に対して力を発揮している筋交感神経活動が、無重力環境へ適応してゆくにつれ、どのような変化を示すかを検証する。

<期待される成果>

本研究によってヒトの心臓や血液循環の調節を行っている自律神経の働きについてより正確な知見を得ることができる。また、宇宙環境に適応する際に生ずる生理学的な不調のメカニズムの解明や軌道上での健康管理に必要なデータを与えると同時に、帰還後の影響と回復についての指針を与えることが期待されている。

(2) 実験装置：医学実験装置

軌道上で生体信号を計測する各種装置を搭載する。これらの装置により、血圧、心電図、筋交感神経活動電位等が計測される。また、下半身陰圧装置、ハンドグリップなどの生体刺激を引き起こす装置も搭載する。これらにより取得されたデータは、コンピュータにより軌道上で処理が行われる。本装置は、NASA、ESA、DARA（ドイツ宇宙機関）により提供されている。（注：現在、DARAはドイツ航空宇宙センター（DLR）に統合されている。）



第8図 医学実験装置

2.4.2.5 前庭一眼神経反射による空間見当識の解析

(1) テーマ概要

- ・代表研究者：B. コーエン（マウントシナイ医学大学）
- ・共同研究者：肥塚 泉（聖マリアンナ医科大学）
- ・実験装置：視覚／前庭系実験システム（E S A）

<実験概要>

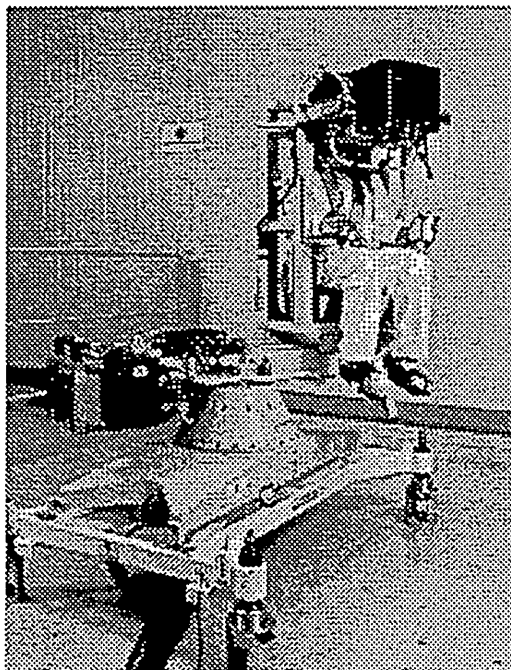
フライトの前中後に宇宙飛行士に対して回転椅子で直線及び回転加速度を負荷し、それにより生じる眼球運動とめまいの強さ、方向を測定することにより重力と空間認識の関連性やその変化を解析する。

<期待される成果>

本研究では、無重力環境下での人の前庭器官の変調と順応メカニズムを明らかにするとともに宇宙酔いや宇宙での錯覚のメカニズム解明と宇宙飛行士の訓練に役立つ知見を得ることが期待されている。

(2) 実験装置：視覚－前庭系実験システム

主に、回転椅子、視覚刺激・眼球運動計測装置及び実験制御装置により構成される。スペースラブ内に設置されたモータ稼働の椅子により被験者を回転させ、加速度を発生させる。この装置は、暗箱となっており、視覚刺激と眼球運動の記録のため刺激装置と眼球撮影用カメラが内蔵されている。本装置は、E S A（欧州宇宙機関）により提供されている。



第9図 視覚－前庭系実験システム

2.4.3 実験運用

実験運用は、スペースシャトルが打上げ段階を完了し、高度約280kmの地球周回軌道に投入された後、NASAのミッション（ペイロード）スペシャリストにより実施される。

実験運用は、あらかじめ作成された手順書に基づいて作業を実施され、そのデータをNASA SDAの実験運用担当がモニターする形で進められる。

実験運用中に不具合等が発生した場合には、NASA及び実験運用担当と搭乗員が連携を取りながら処置される。このような事態に速やかに対応するため、あらかじめ想定される不具合については不具合処置手順が作成されている。また、不具合処置手順が作成されていない不具合が発生した場合には、実時間で不具合処置手順を作成し対処する。なお、飛行中の実験スケジュールは12時間単位で見直しが行われる。

2.4.4 軌道上実験運用スケジュール

軌道上で実施される実験運用スケジュールを第10図に示す。

実験①：μG下での耳石器神経活動の連続記録
 実験②：微小重力下での大動脈神経性圧反射機構の発達
 実験③：μG下での骨格筋イソマイオシン発現に対する神経と甲状腺ホルモンの相互作用
 実験④：無重量下における自律神経系の可塑性
 実験⑤：前庭一眼神経反射による空間見当識の解析

第 10 図 実験運用スケジュール

3. 安全管理

ニューロラブ実験システムのスペースシャトルによる打上げは、地球周回軌道への投入、スペースシャトルの飛行管制、実験に関する軌道上の装置の操作、地球への帰還はNASAにより実施され、これに関する安全管理はNASA側で実施される。このため、スペースシャトルに搭載する全てのペイロードは、NASAが開催する安全審査において、その安全性について審査され、また、射場に持ち込む各種実験機器、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併せて審査された。NASAではこれらの安全審査を2種類の審査会で審査しており、前者を飛行安全審査、後者を地上安全審査と称している。なお、飛行安全審査はNASA/JSC、地上安全審査はNASA/KSCにて実施された。

NASDAが提供するシャトル搭載装置の飛行安全性審査に関しては、フェーズ0/1が平成8年5月に、フェーズ2が平成9年3月に、フェーズ3が平成9年8月に、デルタフェーズ3が平成9年12月に実施された。

また、地上安全性審査に関しては、フェーズ0/1/2が平成8年8月に、フェーズ3が、平成9年3月に実施された。

以上の審査会により、本搭載装置は安全上問題のないことが確認された。

4. 関係機関等への情報の提供

4.1 関係機関

搭載実験の状況等の情報については、関係官庁等関係機関に速やかに通知する。

4.2 テーマ提案機関

テーマ提案機関は、進行状況に応じ適宜情報を提供するほか、搭載実験の結果得られたデータ等は速やかにそれぞれのテーマ提案機関、代表研究者/共同研究者に提供する。

4.3 報道関係

- ・報道関係者に対し、取材の便宜を図る。
- ・搭載実験の状況については、状況に応じて随時発表を行う。

STS-90 搭載実験ペイロード

	搭載実験ペイロード／テーマ名	実施機関
1	ニューロラブ (Neurolab) 詳細は、添付2参照	NASA、NASDA、ESA、 DARA (DLR)、CNES、CSA
2	第4次生物反応器実証システム (BDS-04; Bioreactor Demonstration System - 04)	NASA
3	シャトル振動力実験 (SYF; Shuttle Vibration Forces)	NASA
4	ゲット・アウェイ・スペシャル (GAS; Get-Away Special) ① GAS197: 省パワー二段極低温冷却器の性能実証 ② GAS744: CCD 紫外域分光器によるオゾン層観測 ③ GAS772: (TBD)	NASA
5	開発試験ペイロード (DT0; Development Test Objectives) ① DT0623: キャビン内の空気状態のモニタ ② DT0667: 飛行中の着陸操縦訓練装置 (PILOT) の試験 ③ DT0700-16: S-バンドによるコマ送り画像送信実証試験	NASA
6	補完ペイロード (DS0; Detailed Supplementary Objectives) ① DS0331: 着陸後の歩行能力検証実験 ② DS0497: 微小重力が細胞に及ぼす医学的な影響と、潜伏ウィルスの反応の調査 ③ DS0904: 人間工学に関する評価	NASA

ニューロラブ計画(STS-90)の研究チームの概要

	研究チーム	研究目的 (実験対象)	実験テーマ	日本人研究者の参加
1	神経可塑性研究チーム	・ラットとマウスを用いた宇宙空間での神経可塑性(注1)の発現に関する研究	①宇宙飛行中のリズム感覚と平衡感覚のコントロール	—
			②中央前庭の適応性の研究	—
			③Zero-G環境における位置と方向の認識	—
			④脳内の遺伝子発現に微小重力が及ぼす影響	—
			⑤宇宙空間における神経可塑性の多角的研究	—
2	水棲動物研究チーム	・水棲動物(ガマアンコウ、ソードテイルフィッシュ、淡水性の貝)を用いた内耳前庭の微小重力環境への適応に関する研究	① μ G下での耳石器神経活動の連続記録	共同研究者として参加
			②微小重力環境における前庭組織の発達	—
3	哺乳動物の発育研究チーム	・ラットとマウスを用いた遺伝と経験(環境)が神経系発達へ及ぼす影響の研究	① μ G下での骨格筋イソマイオシン発現に対する神経と甲状腺ホルモンの相互作用	共同研究者として参加
			②宇宙飛行における神経の発達	—
			③重力減少が神経系の発達に与える影響	—
			④微小重力と前庭伝達路の発達	—
			⑤筋肉組織の発達における微小重力の影響	—
			⑥微小重力下での大動脈神経性圧反射機構の発達	代表研究者として参加
			⑦出生後の運動能力の発達における重力の影響	—
4	感覚・運動・行動研究チーム	・搭乗員の運動能力の変化に基づく宇宙環境への適応と適応過程の研究	①理論の枠組みと内部モデル	—
			②宇宙飛行中の視覚-行動の相互作用	—
			③空間での方向認識における視覚の役割	—
5	前庭器官研究チーム	・宇宙における搭乗員の眼の動きと内耳の働きの相関関係と、微小重力環境への適応に関する研究	①前庭-眼神経反射による空間見当識の解析	共同研究者として参加
			②微小重力環境における眼-耳の相互作用	—
6	睡眠生理学研究チーム	・搭乗員の睡眠時におけるホルモン分泌・呼吸の測定とデイトタイムの作業能率の変化との関係に関する研究	①搭乗員による催眠状態の臨床試験	—
			②微小重力環境における睡眠と呼吸	—
7	神経生理学研究チーム	・宇宙におけるコオロギ頭部の回転の様子の観察と神経系の変化の研究	①宇宙空間における昆虫の重力感知系の発達	—
8	自律神経系研究チーム	・宇宙での搭乗員の血圧変化の測定と微小重力環境が自律神経系に及ぼす影響の研究	①人工神経ネットワーク及び心臓血管の規則的動作	—
			②宇宙空間における心臓血管制御神経の発達	—
			③無重量下における自律神経系の可塑性	共同研究者として参加
			④微小重力環境における自律神経生理学	—

注1: 神経が新たな結合を形成したり、これまでとは違う経路で伝達したりすることにより、環境の変化に対応しようとする現象