

宇宙環境利用に関する地上研究の公募について

平成 9 年 5 月 2 1 日
宇宙開発事業団

1. 制度の設立の経緯

平成 8 年 7 月に宇宙開発委員会宇宙環境利用部会にて、宇宙環境利用の総合的な推進方策について報告書がとりまとめられ、この中で「公募により、広範な分野におよぶ数多くの研究者の参加の下に研究を推進する体制を整備すること」が提言された。

これを受けて、科学技術庁及び宇宙開発事業団では、「宇宙環境利用に関する公募地上研究」制度を立案し、当該制度の実施に向けて予算措置、実施の形態等について検討、調整等を行ってきた。

平成 9 年度宇宙開発事業団予算として約 2 3 億円が認可されている。

2. 制度の概要（案）

(1) 制度の目的

国際宇宙ステーションを利用する本格的な宇宙環境利用時代を迎え、宇宙実験の機会が飛躍的に増大するなかで、全国で展開される広範な分野の研究活動と宇宙実験を効果的に結びつけていくためには、具体的な宇宙実験の提案・実施に至るまでの地上における関連研究の推進が必要となっている。

本制度では、このような認識のもと、実際に国際宇宙ステーションの日本の実験棟（JEM）を中心とした宇宙環境を利用する準備段階として、広範な分野の研究者に研究機会を提供し、幅広い宇宙環境利用に関連する地上研究を推進することを目的とする。

(2) 実施体制

○公募地上研究制度の運営は、宇宙開発事業団（以下「NASDA」という。）から（財）日本宇宙フォーラム（以下「JSF」という。）に委託して実施する。

○JSFに有識者から構成される「公募地上研究推進委員会」を設置し、同委員会においてテーマ選定方針の検討、応募テーマの評価、研究成果・進捗の評価等を行う。

○NASDAとJSFは協力して研究支援を行う。

(3) 公募の枠組み

○応募資格

日本国内の大学、国立試験研究機関、民間企業などに所属する研究者または、研究者個人とする。

○研究形態

多様な研究ニーズに応じられるよう、以下の研究実施形態のいずれも可能とする。

- ① J S F との共同研究
- ② J S F からの委託研究
- ③ J S F への招聘研究

一旦、研究実施者を J S F に雇用し研究実施機関へ J S F から派遣するケースも想定する。

研究の実施場所は、共同研究、委託研究ともに原則として提案者の所属する研究機関とする。(招聘研究の場合は J S F と招聘研究者が個別に調整する。)

○研究のフェーズによる区分(図1、表1)

①フェーズⅠ研究

宇宙環境利用を指向した研究テーマについて、宇宙環境利用の有効性や研究手法、実験手段などについて、調査検討や地上実験を行うなど宇宙環境利用に向けた新規アイデアの提案等の初期フェーズにある研究を対象とする。

研究費：原則として6百万円以下/年

研究期間：1～3年間

採用テーマ数：100～200研究テーマ/年程度

②フェーズⅡ研究

宇宙環境利用の意義及び有効性が認められ、研究の手法や宇宙実験に対する実験概念が明確に定義された研究テーマについて、J E M 利用テーマ募集への応募を目標に実験の計画作成及び実験装置等の要求仕様の設定を伴う本格的な宇宙環境利用に向けた準備段階にある研究を対象とする。

研究費：原則として1千万程度～1億円以下/年

研究期間：3年間

採用テーマ数：10～20研究テーマ/年程度

なお、国外在住の研究者が国外で実施する研究に対しては研究費を支出しないこととする。

微小重力実験施設(落下施設及び航空機)については、J S F において一定の回数を確保の上、利用機会を提供する。これらの施設利用料金は上記研究費の範囲には含まないものとする。

また、N A S D A 保有の実験装置、試験設備等については、N A S D A の他の業務の実施に支障のない範囲で無償で使用することができる。

○募集の領域

宇宙環境の特徴（地上では得難い微小重力、高真空、良好な視界、宇宙放射線など）の利用に関連する地上研究テーマを対象とする。例えば、平成8年7月の宇宙開発委員会宇宙環境利用部会報告において示された3分野13領域の宇宙環境利用が有効な研究領域（表2）などを対象とするが、これに限定されず、既成概念にない斬新な発想、思い切ったアイデア等を募集する。

○研究テーマの選定

テーマの選定は、公募地上研究推進委員会及び同委員会の下に設ける専門委員会にて、科学技術上の評価、宇宙環境利用の有効性の評価、研究実施体制の評価をもとに行う。（表3）

フェーズⅠ研究にあつては、書類審査、総合審査にて、フェーズⅡ研究にあつては書類審査、面接審査、総合審査をおこない研究テーマを選定する。書類審査はピアレビュー方式にて実施する。（図2）

（4）成果の取り扱い

研究成果が工業所有権等の対象となる場合は、原則として研究実施機関とNASDAの共有とする。なお、委託先が国立学校の場合には、研究交流促進法に基づきNASDAに権利の一部が譲渡できるよう調整を行う。

4. 今後の予定

平成9年5月21日（水）	公募開始
7月10日（木）	応募締め切り（必着）
7月～8月	評価・選定
9月	研究契約調整
10月	研究開始、平成10年度分公募開始（想定）

以上

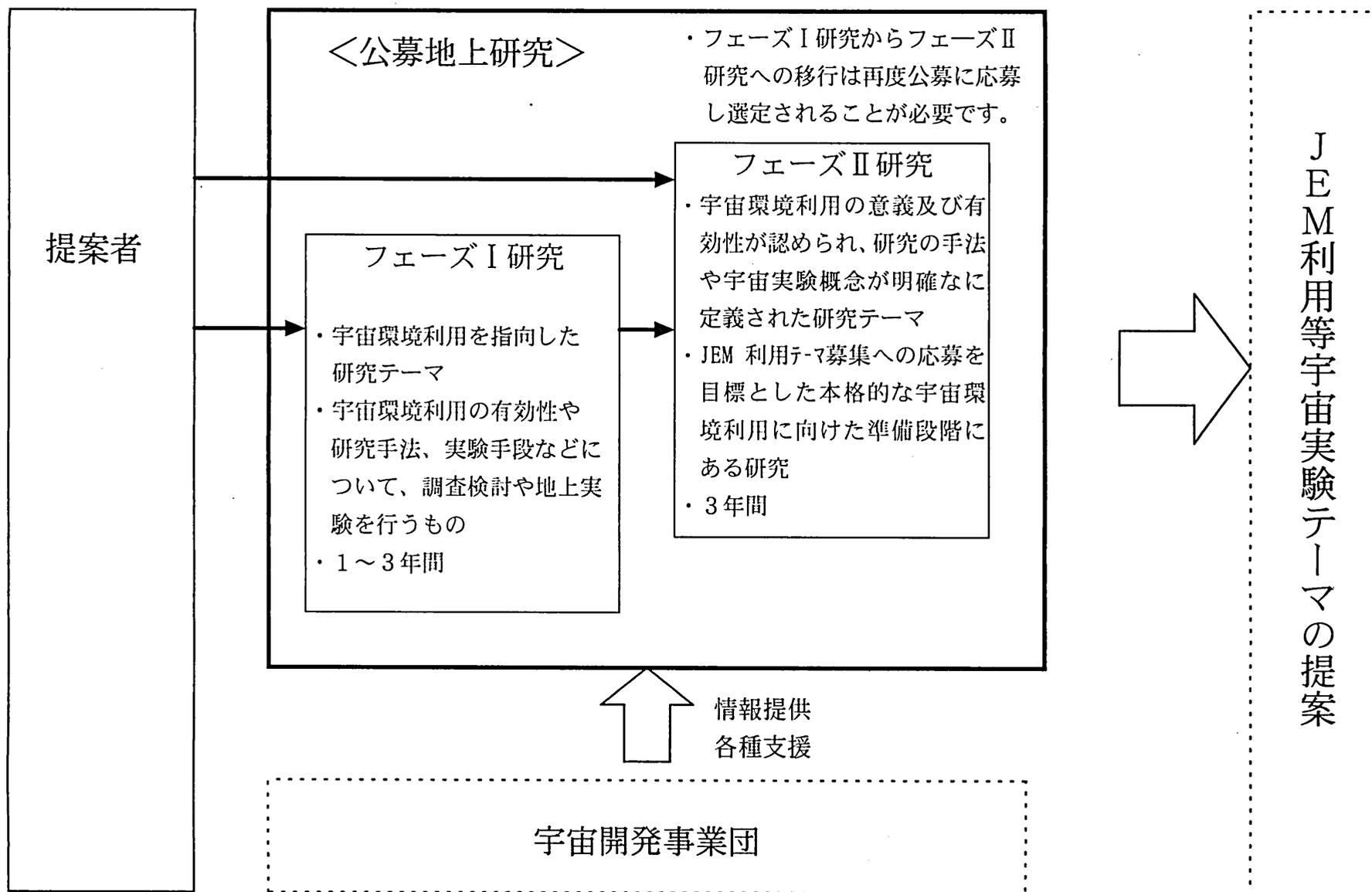


図1 公募地上研究の流れ

表1 研究区分による公募条件／研究評価（案）

研究区分	フェーズⅠ研究	フェーズⅡ研究
定義	宇宙環境を指向した研究テーマについて、宇宙環境利用の有効性や研究手法、実験手段などについて、調査検討や地上実験を行うなど宇宙環境利用に向けた新規アイデアの提案等の初期フェーズにある研究。	宇宙環境利用の意義及び有効性が認められ、研究の手法や宇宙実験の概念が明確に定義された研究テーマについて、JEM利用テーマ募集への応募を目標に実験の計画作成及び実験装置等の要求仕様の設定を伴う本格的な宇宙環境利用に向けた準備段階にある研究。
目標	宇宙環境利用概念の確立	JEM利用テーマ提案
規模（件数）	100～200 研究テーマ／年程度 *注1	10～20 研究テーマ／年程度 *注1
研究費	6百万円以下／年程度 *注2	1千万程度～1億円以下／年程度 *注2
研究期間	1年～ 最大3年まで	原則3年
選定評価	書類審査（ピアレビュー方式） 総合審査	書類審査（ピアレビュー方式） 面接審査 総合審査
研究評価	研究成果報告書（終了時） 研究進捗状況報告書（各年度末） 次年度研究計画書 （毎年、研究継続にあたり委員会の評価有り） 研究報告会での発表	
その他	情報交換の場の提供により、また公募地上研究推進委員が研究の幅を広げる必要があると評価した研究についてチーム化等により研究の強化を図る。	

*注1 採用テーマ件数は応募状況により変動する。

*注2 研究費は調整により提案額と一致しないことがある。

表2 宇宙環境利用が有効な領域

<p>a) 宇宙環境を利用した物質科学、新材料創製、物理・化学現象の解明等に関する研究領域</p>	<p>①熱・物質の移動に関する重力に依存した現象の解明と制御 ②微小重力下での系の均質混合と粒子位置制御を利用した現象の解明と新材料創製 ③微小重力下での自重や静水圧効果等が除去されることを利用した現象の解明 ④無容器処理による現象の解明と新材料創製 ⑤宇宙での超高真空環境の実現と材料研究への利用に関する研究</p>
<p>b) 宇宙環境を利用したライフサイエンス、宇宙医学、有人宇宙技術等の研究に関する研究領域</p>	<p>①生物の構造・機能に対する重力の影響の解明 ②宇宙・地球環境での生物の適応性と生態系に関する研究 ③宇宙放射線の物理的影響と生物・人への影響に関する研究 ④宇宙環境が人体及び精神に与える影響とその対策に関する医学や人間工学の研究 ⑤宇宙環境を利用した生物工学の研究と実験技術の研究開発</p>
<p>c) JEM曝露部利用を目指した理工学・通信、宇宙観測、地球観測、宇宙インフラストラクチャ整備のための基盤的・先端的な技術開発等</p>	<p>①理工学・通信、技術開発等の分野 ・ロボティクス・テレサイエンス関連技術 ・エネルギー関連技術 ・通信関連技術 ・構造物関連技術 ・熱管理・液体管理関連技術 ・宇宙環境計測・影響評価関連技術 ・その他 ②地球観測 ③宇宙観測</p>

表3 テーマ評価・選定における評価基準(案)

評価項目	フェーズ I 研究	フェーズ II 研究
科学技術上の評価	<ul style="list-style-type: none"> 科学的または技術的な意義が高い研究であること 	<ul style="list-style-type: none"> 科学的または技術的な意義が高く、その分野の発展に貢献する研究であること
宇宙環境利用の有効性	<ul style="list-style-type: none"> 宇宙環境利用の有効性が期待されること 	<ul style="list-style-type: none"> 宇宙環境利用の有効性が明確であること JEM 等の軌道上施設を利用した宇宙実験の概念が確立していること
研究実施体制の評価	<ul style="list-style-type: none"> 提案する研究内容を適切に実施できる能力を有していること 適切な研究体制の構築の見通しがあること 研究目標が妥当であること 	<ul style="list-style-type: none"> 提案する研究内容を適切に実施できる能力を有していること 研究体制が妥当であること 研究計画が妥当であること

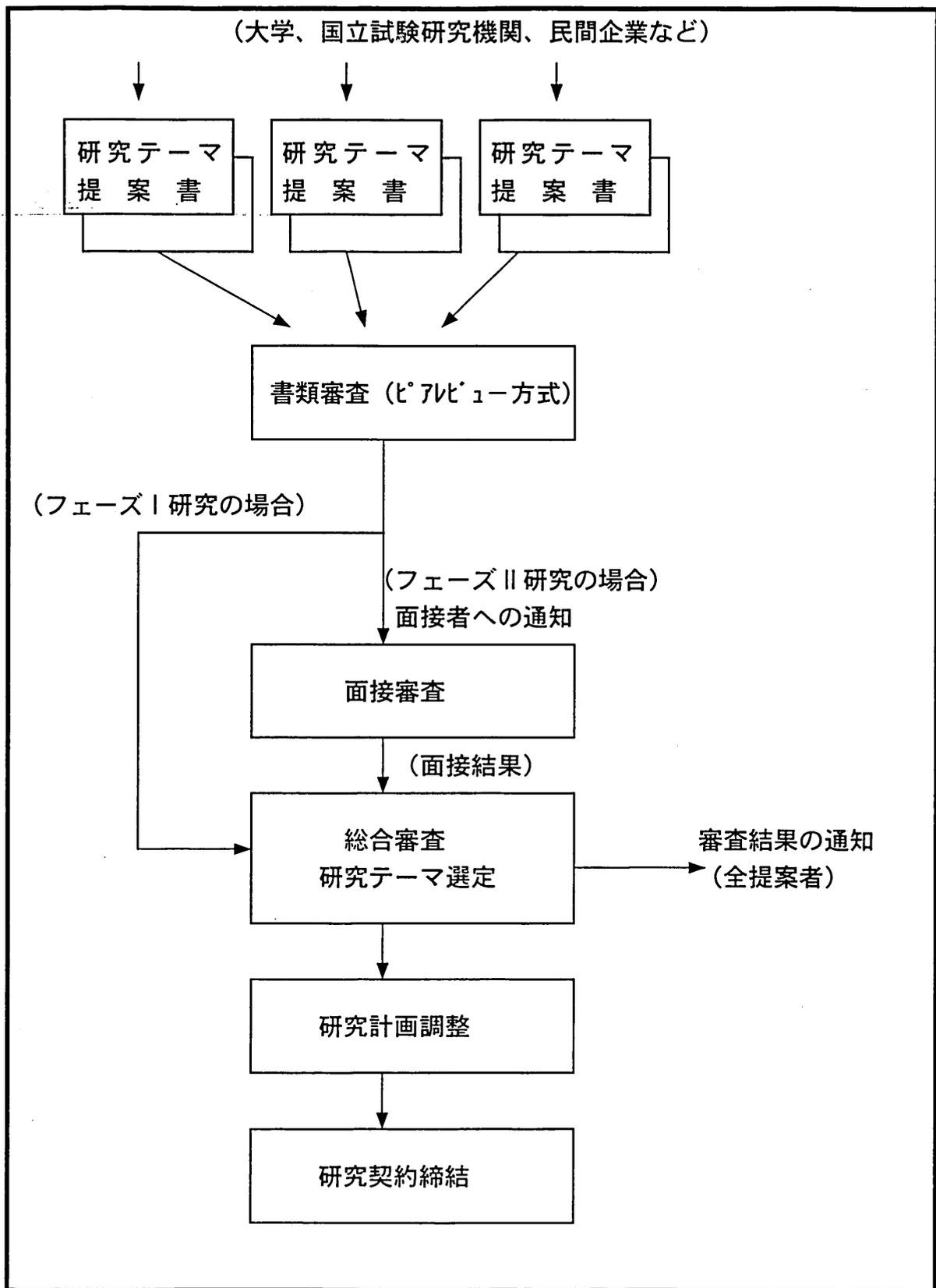


図2 研究テーマ提案書に関する審査の流れ

平成9年度

宇宙環境利用に関する
地上研究公募のご案内

平成9年5月

財団法人日本宇宙フォーラム

1. 公募地上研究制度の目的

国際宇宙ステーションの軌道上における組立の開始が間近になり、宇宙環境利用の本格的時代を迎えようとしています。宇宙環境では、微小重力環境など地上では得がたい環境の下で、実験を実施することができます。

我が国は、独自の実験棟（JEM）をもって、国際宇宙ステーション計画に参加しており、今後、国際宇宙ステーションが完成すると、このような宇宙環境利用の機会が飛躍的に増大することになります。

一方、全国で展開されている広範な分野の研究活動と宇宙実験を効果的に結びつけていくためには、具体的な宇宙実験の提案・実施に至るまでに地上における関連研究の蓄積が必要です。

本制度は、このような認識の下に、実際にJEMを中心とした宇宙環境を利用する準備段階として、幅広い分野の研究者に研究機会を提供し、宇宙環境利用に関連する地上研究を推進することを目的としています。

（JEM : Japanese Experiment Module 宇宙ステーションの日本の実験棟）

2. 公募地上研究制度の概要

- (1) 本制度は宇宙開発事業団からの委託を受けて財団法人日本宇宙フォーラムが運営します。
- (2) 財団法人日本宇宙フォーラムに有識者から構成される「公募地上研究推進委員会」（以下「研究推進委員会」という。）を設置し、公募対象領域をはじめとする公募方針を設定します。
- (3) 応募資格者は、日本国内の大学、国立試験研究機関、民間企業などに所属する研究者、または研究者個人とし、宇宙環境利用に関連する研究テーマを広く公募します。
- (4) 採択するテーマは研究推進委員会が、応募されたテーマの中から選定します。
- (5) 研究契約形態は、研究者の所属する機関と財団法人日本宇宙フォーラムとの共同研究もしくは委託研究、または、財団法人日本宇宙フォーラムへ研究者を招聘し実施する招聘研究とします。
- (6) 研究の実施場所は、原則として研究者の所属する研究機関とします。また、研究の

実施にあたっては、財団法人日本宇宙フォーラムは宇宙開発事業団の協力を得て、研究支援などをおこないます。

- (7) 研究推進委員会は、研究の進捗状況及び成果の評価をおこないます。
- (8) 研究成果は国内外の学会等に積極的に発表することとします。また、研究の実施により生じた工業所有権等は原則として研究実施機関、研究者と宇宙開発事業団との共有となります。
- (9) 本制度は、地上における研究フェーズ（落下施設、航空機等を用いた実験を含む）を対象としています。JEM等を利用した宇宙空間における宇宙実験テーマを実施するには、別途科学技術庁と宇宙開発事業団が行うJEM利用テーマ募集などに応募し、採択される必要があります。

3. 応募要領

(1) 応募資格

提案者は、以下の要件を満たす日本国内の大学、国立試験研究機関、民間企業などに所属する研究者、または研究者個人とします。（国籍は問いませんが、日本語による応募面接に対応できる語学力が要求されます。）

- (a) 提案する研究内容を適切に実施できる能力を有していること。
- (b) 財団法人日本宇宙フォーラムとの研究契約締結が選定後に可能であること。

(2) 募集の対象

宇宙環境は、微小重力、高真空、良好な視界、宇宙放射線などの地上では得ることのできない特徴を有しており、その宇宙環境を利用することにより、極めて広範な分野にわたる研究や実験、観測等を行うことが期待されます。今回の公募では、幅広い分野の研究者に研究機会を提供するため、宇宙環境利用に関連する地上研究テーマを広く募集します。例えば、平成8年7月の宇宙開発委員会宇宙環境利用部会報告において示された次の3分野13領域の宇宙環境利用が有効な研究領域などが主要な募集の対象となります。ただし、募集の対象はこれに限定されるものではありません。既存概念にはない斬新な発想、思い切ったアイデア等を歓迎します。

(a) 宇宙環境を利用した物質科学、新材料創製、物理・化学現象の解明等に関する研究領域

- ① 熱・物質の移動に関する重力に依存した現象の解明と制御
- ② 微小重力下での系の均質混合と粒子位置制御を利用した現象の解明と新材料創製
- ③ 微小重力下で自重や静水圧効果等が除去されることを利用した現象の解明
- ④ 無容器処理による現象の解明と新材料創製
- ⑤ 宇宙での超高真空環境の実現と材料研究への利用に関する研究

(b) 宇宙環境を利用したライフサイエンス、宇宙医学、有人宇宙技術等の研究に関する研究領域

- ① 生物の構造・機能に対する重力の影響の解明
- ② 宇宙・地球環境での生物の適応性と生態系に関する研究
- ③ 宇宙放射線の物理的影響と生物・人への影響に関する研究
- ④ 宇宙環境が人体及び精神に与える影響とその対策に関する医学や人間工学の研究
- ⑤ 宇宙環境を利用した生物工学の研究と実験技術の研究開発

(c) JEM曝露部利用を目指した理工学・通信、宇宙観測、地球観測、宇宙インフラストラクチャ整備のための基盤的・先端的な技術開発等

① 理工学・通信、技術開発等の分野

- ・ロボティクス・テレサイエンス関連技術
- ・エネルギー関連技術
- ・通信関連技術
- ・構造物関連技術
- ・熱管理・液体管理関連技術
- ・宇宙環境計測・影響評価関連技術
- ・その他

② 地球観測

③ 宇宙観測

(3) 研究区分

提案される研究テーマは、以下のフェーズ I 研究とフェーズ II 研究のいずれかを提案者自ら選択して応募するものとします (図 1 を参照して下さい)。

(a) フェーズ I 研究

宇宙環境利用を指向した研究テーマについて、宇宙環境利用の有効性や研究方法、実験手段などについて、調査検討や地上実験を行うものです。宇宙環境利用に向けた新規アイデアの提案等の初期フェーズにある研究を対象とします。

(b) フェーズ II 研究

宇宙環境利用の意義及び有効性が認められ、研究の手法や宇宙実験に対する実験概念が明確に定義された研究テーマについて、JEM利用テーマ募集への応募を目標に実験の計画作成及び実験装置等の要求仕様の設定を伴う本格的な宇宙環境利用に向けた準備段階にある研究を対象とします。

(4) 募集研究テーマ数

募集する研究テーマ数としては、研究区分毎に以下を予定しています。ただし、最終的な研究テーマ数に関しては、応募状況、提案内容などにより変更することがあります。

(a) フェーズ I 研究：100～200研究テーマ/年程度

(b) フェーズ II 研究：10～20研究テーマ/年程度

(5) 提出書類

研究テーマを提案される方は、本案内に添付する「研究テーマ提案書作成要領」に従って作成した以下の書類を送付していただきます。

(a) 研究テーマ提案書：6部 (正本1部、写し5部)

(b) その他「作成要領」に示される必要な補足資料：1部 (写し)

提出書類は審査以外の目的に使用せず、提案内容に関する秘密は厳守いたします。提出書類の返却はいたしません。

(6) 提出期限

平成9年7月10日 (木) (必着)。

(7) 提出書類等送付先

提出書類等は、下記あてまで、簡易書留でご送付下さい。お送り頂いてから、2週間程度で受理通知を返送いたします。2週間を越えて受理通知が届かない場合はお問い合わせ下さい。なお、提出書類等に不備がある場合、受理できないことがありますのでご注意下さい。また、研究機関等で提出書類等を取りまとめてご送付頂いた場合でも、受理通知は提案者ご本人に直接お送りいたします。

財団法人日本宇宙フォーラム公募研究推進部 大西、北條

〒105 東京都港区浜松町1丁目29番6号 浜松町セントラルビル8階

TEL:03-3459-1653 FAX:03-5470-8426 E-mail:koubo@jsforum.or.jp

4. 研究テーマの選定

(1) 審査方法

応募された研究テーマ提案の審査及び選定は、財団法人日本宇宙フォーラムに設置する研究推進委員会及び同委員会の下に設ける「専門委員会」が行います。図2に示すように、書類審査はピアレビュー方式とし、「フェーズI研究」に係る提案については、書類審査及び総合審査を行い、研究テーマを選定します。また、「フェーズII研究」に係る提案については、書類審査、面接審査及び総合審査を行い、研究テーマを選定します。審査結果については、総合審査の後ご通知いたします。なお、面接を受けられるかたについては、面接日のおよそ2週間前にお知らせいたします。

(2) 審査基準

提案された研究テーマは、研究区分ごとに以下の評価を行い、審査します。

評価項目	フェーズI研究	フェーズII研究
科学技術上の評価	・科学的または技術的な意義が高い研究であること	・科学的または技術的な意義が高く、その分野の発展に貢献する研究であること
宇宙環境利用の有効性	・宇宙環境利用の有効性が期待されること	・宇宙環境利用の有効性が明確であること ・JEM等の軌道上施設を利用した宇宙実験の概念が確立していること
研究実施体制の評価	・提案する研究内容を適切に実施できる能力を有していること ・適切な研究体制の構築の見通しがあること ・研究目標が妥当であること	・提案する研究内容を適切に実施できる能力を有していること ・研究体制が妥当であること ・研究計画が妥当であること

5. 研究実施の概要

(1) 研究費

研究区分に応じ、1研究テーマ当たり、機器・設備費、材料費などの研究費の金額は原則として次の通りとします。

(a) フェーズI研究：6百万円以下/年

(b) フェーズII研究：1千万程度～1億円以下/年

なお、国外在住の研究者が国外で実施する研究に対して研究費を支出することはできません。

(注) 研究費については、研究推進委員会の審査結果を踏まえ決定させていただくことになりますので、必ずしもご希望の額とは一致しないことがあります。

(2) 研究期間

研究区分に応じ、研究期間は1年から3年としますが、平成9年度の募集では、以下を研究期間とします。

(a) フェーズI研究

平成9年10月1日(予定)～平成11年3月31日

または

平成9年10月1日(予定)～平成12年3月31日。

(b) フェーズII研究

平成9年10月1日(予定)～平成12年3月31日。

(3) 研究契約形態

選定された研究テーマについて、財団法人日本宇宙フォーラムは、以下に示す研究契約形態の何れかで、提案者あるいは所属する研究機関と契約を締結します。提案者以外に共同研究者が研究に参加する場合、提案者との調整により、これら研究者と個別に研究契約を締結することがあります。細目については研究テーマ選定後の財団法人日本宇宙フォーラムとの契約の際に調整させていただきます。

(a) 研究者の所属する機関と財団法人日本宇宙フォーラムとの共同研究もしくは研究者の所属する機関への委託研究

(b) 財団法人日本宇宙フォーラムへ研究者を招聘し実施する招聘研究

(4) 研究実施場所

(a) 共同研究もしくは委託研究の場合は、原則として提案者の所属する研究機関

提案者以外に研究に参加する研究者がいる場合には、その研究者の所属する研究機関を含むものとします。

(b) 招聘研究の場合は、財団法人日本宇宙フォーラムと別途調整する場所

(5) 研究支援

財団法人日本宇宙フォーラムは、宇宙開発事業団の協力のもとに、選定された提案者などからの要望に応じ、以下の研究支援業務を行います。

- (a) 落下施設、航空機実験等についての情報提供、実施機会の確保、調整及び技術支援
- (b) 宇宙開発事業団施設についての情報提供、利用に係る調整及び技術支援
- (c) 宇宙実験についての情報提供
- (d) 宇宙実験計画の確立に係る支援
- (e) 研究員などの雇用及び管理
- (f) 研究物品の調達支援

(6) 微小重力実験施設等の利用

微小重力実験施設（落下施設及び航空機）については、財団法人日本宇宙フォーラムにおいて一定の回数確保の上、必要に応じ利用機会を提供いたします。これらの施設利用料金は（1）項に示す研究費の範囲には含まないものとします。また、宇宙開発事業団保有の実験装置、試験設備などについては、宇宙開発事業団の他の業務の実施に支障のない範囲で無償で使用することができます。

(7) 研究員もしくは研究補助員の雇用

研究員もしくは研究補助員（以下「研究員など」という。）を必要とする場合については、財団法人日本宇宙フォーラムが必要な研究員などを雇用し研究実施機関へ派遣するか、あるいは、研究実施機関が必要な研究員などを雇用することとします。なお、これら研究員などの雇用に要する経費は、（1）項に示す研究費の範囲に含むものとします。

(8) 選定された提案者の責務

研究の推進全般について、責任をもってとりまとめていただきます。そのために、以下の報告などを行っていただきます。

(a) 研究報告

研究期間内の各年度末に研究進捗状況報告書、終了時に研究成果報告書を提出していただきます。また、財団法人日本宇宙フォーラムが開催する研究報告会で研究進捗状況及び研究成果を発表していただきます。

研究推進委員会は、研究進捗状況を評価し必要に応じ研究計画の調整を行うとともに、研究成果を評価し必要に応じ助言を行います。

(b) 研究成果の発表

財団法人日本宇宙フォーラムなどが主催するシンポジウムやワークショップへ積極的に参加し、研究成果を発表していただきます。

(9) 工業所有権などの扱い

研究成果が工業所有権（特許権、実用新案権、意匠権）、半導体集積回路配置権及びプログラム著作権の対象となるときは、原則、貢献の度合いに応じて研究実施機関、研究者と宇宙開発事業団との間で共有することになります。なお、委託先が国立学校の場合には、研究交流促進法に基づき宇宙開発事業団に権利の一部が譲渡できるように調整させていただきます。

(10) 研究成果の公表

提案者は、研究期間が終了した後、原則として1年間、研究成果を最初に学会などに公表する権利（第一公表権）を保有することができます。なお、財団法人日本宇宙フォーラムは、提案者と協議の上、提案者の第一公表権を侵害しない範囲で研究成果報告書などの内容を公表する場合があります。

6. 招聘または派遣に伴う勤務条件

(1) 招聘研究者の勤務条件

財団法人日本宇宙フォーラムへ招聘する研究者（招聘研究者）については、原則として財団法人日本宇宙フォーラムの諸規程に従っていただきます。

(2) 研究員などの勤務条件

財団法人日本宇宙フォーラムから各研究機関へ派遣する研究員などについても、原則、財団法人日本宇宙フォーラムの諸規程に従うものとしますが、勤務時間、休憩及び休日等については派遣先の研究機関ごとに定めます。

7. 研究開始までのスケジュール

公募締め切り後、研究開始までのスケジュールとしては、以下を予定していますが、審査の状況などにより前後することがあります。

時 期	実 施 内 容
平成9年7月10日	応募書類提出期限（必着）
平成9年7月～8月	書類審査、面接審査
平成9年9月初旬	総合審査、研究テーマ候補内定
平成9年9月	提案者との研究計画調整、契約の締結
平成9年10月～	研究開始

(注) 面接審査は、平成9年8月18日（月）から8月29日（金）までの期間に実施することを予定しています。

8. その他

(1) 説明会の開催

本制度の内容、応募にあたっての手続き等についての説明会を、東京および大阪で開催することを予定しています。詳しくは、財団法人日本宇宙フォーラムまで直接お問い合わせ下さるか、または、インターネットホームページ (<http://www.homepage.co.jp/jsforum>) をご参照下さい。

(2) 問い合わせ先

本案内、説明会開催などについてのご質問は下記までお問い合わせ下さい。

財団法人日本宇宙フォーラム公募研究推進部 大西、北條

〒105 東京都港区浜松町1丁目29番6号 浜松町セントラルビル8階

TEL:03-3459-1653 FAX:03-5470-8426 e-mail:koubo@jsforum.or.jp

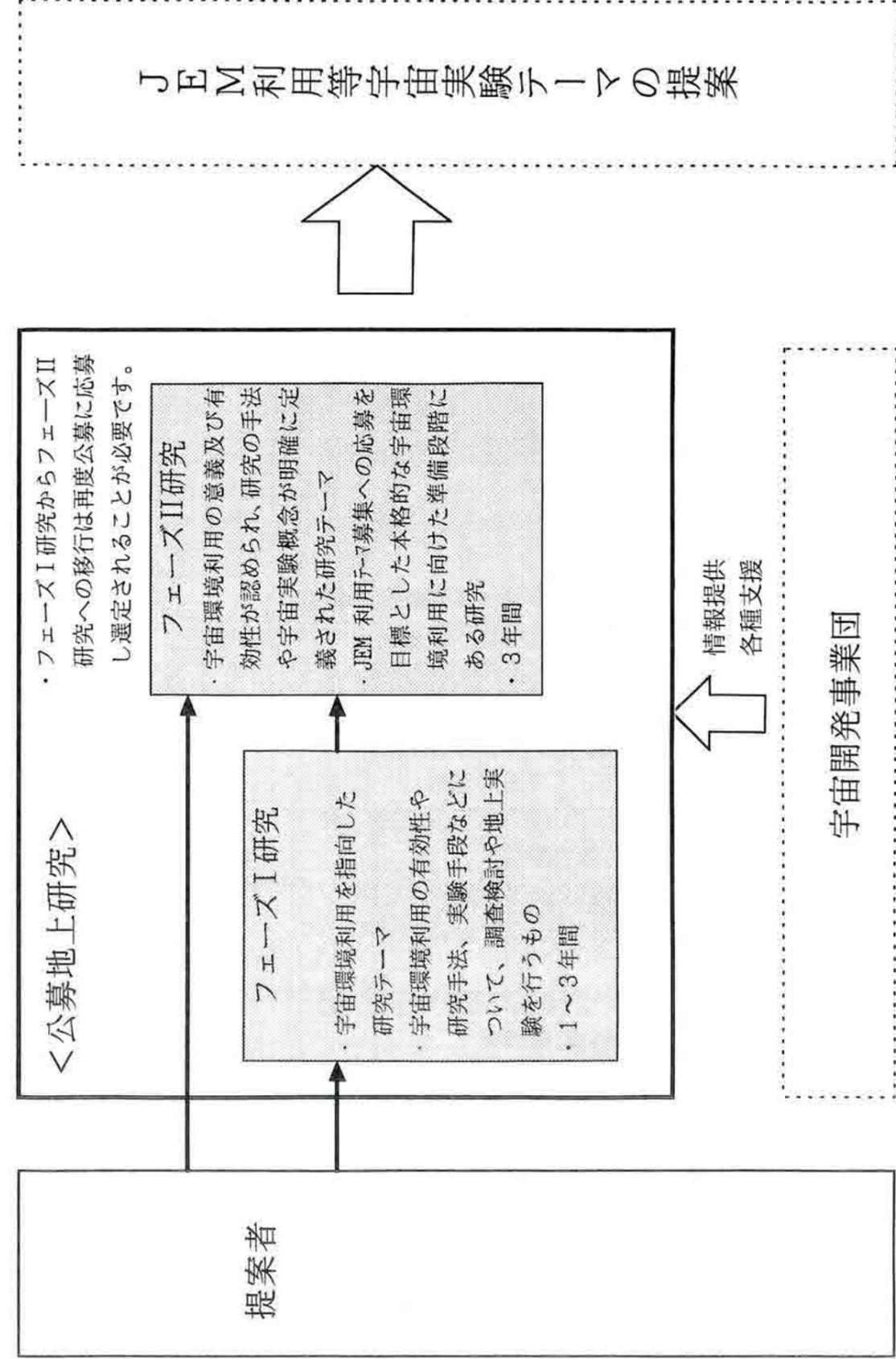


図1 公募地上研究の流れ

宇宙環境利用に関する 地上研究公募

研究テーマ提案書作成要領

< 内容 >

1. 研究テーマ提案書作成にあたって注意すべき点
2. 研究テーマ提案書様式
 - 様式1：応募申請書
 - 様式2：研究計画
 - 様式3：研究予算計画
 - 様式4：研究設備計画
 - 様式5：提案者経歴等

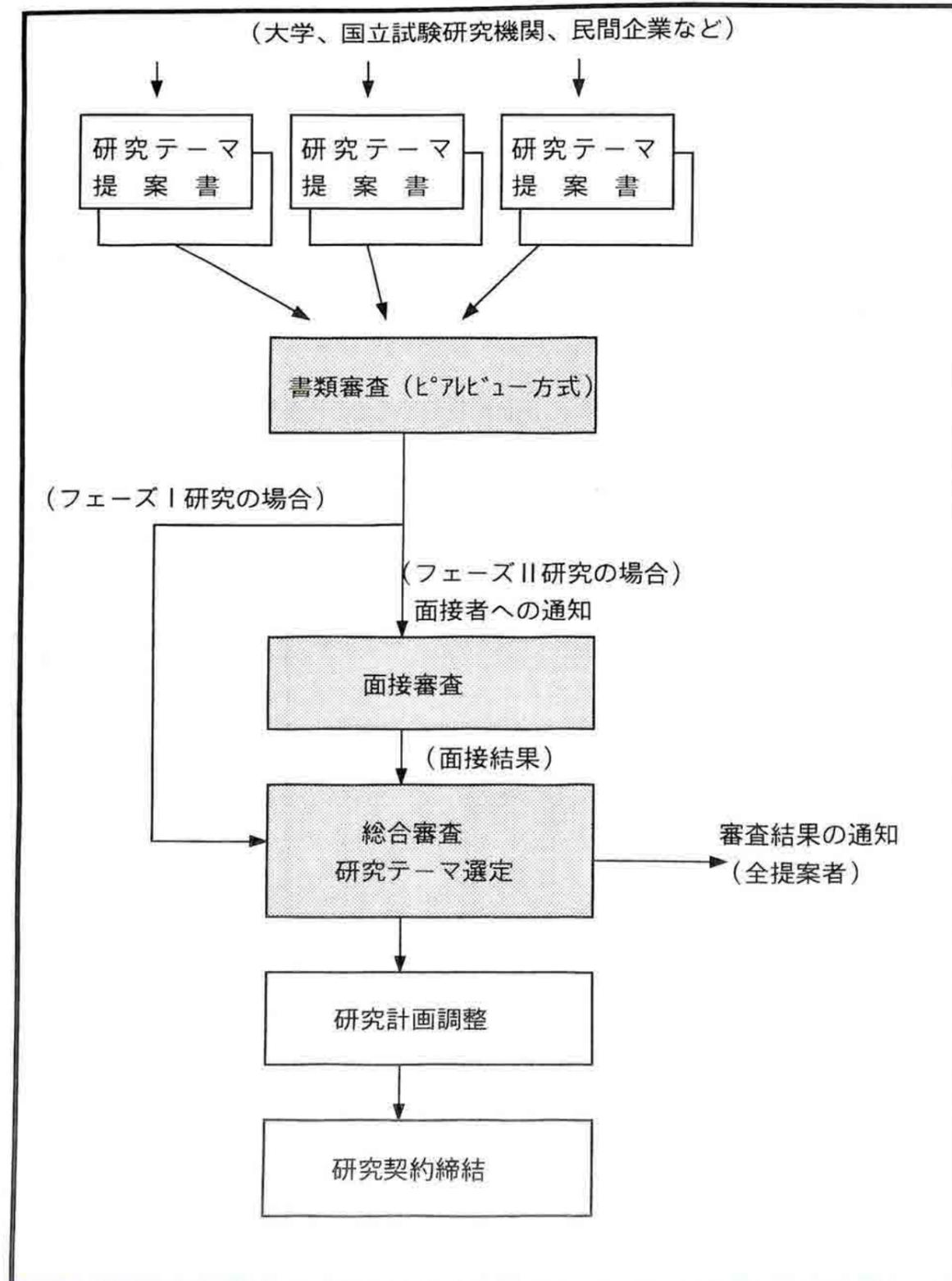


図2 研究テーマ提案書に関する審査の流れ

研究テーマ提案書作成にあたって注意すべき点

1. 研究テーマ提案書の様式

提案に際しては、添付する研究テーマ提案書の様式に従って記入した書類が必要になります。これに示された様式以外での書類は認められません。また、下記項目についても厳守して下さい。

- ①用紙の大きさは、全て日本工業規格A4版とすること。
- ②研究テーマ提案書は、正確を期すため、様式をもとにタイプ、ワープロ又はコンピュータによる印字など、判読しやすいもので作成、記入して下さい。
- ③研究テーマ提案書は日本語で作成し、各々通しページ（様式1の応募申請書から1ページ）を書類右上の所定の欄（各様式で（P / ）と記した箇所）に必ず記入して下さい。
- ④両面コピーでの提出は認められません。

2. 書類の提出

研究テーマ提案書は、正本1部（左肩クリップ留め）及び写し5部（左肩ホッチキス留め）を提出して下さい。

3. 提出締切日

平成9年7月10日（木）17:00迄に下記提出先に必着のこと。
※郵送等の場合、配達等の都合で締切時刻まで届かない場合がありますので、締切の期限に余裕を持って送付されるようご注意下さい。なお、FAXによる提出は受け付けられません。

4. 提出・問い合わせ先

本公募の提出先及び本件に関する問い合わせ先は次の通りです。
財団法人日本宇宙フォーラム公募研究推進部 大西、北條
〒105 東京都港区浜松町1丁目29番6号浜松町セントラルビル8階
TEL: 03-3459-1653 FAX: 03-5470-8426
e-mail: koubo@jsforum.or.jp
インターネットホームページ <http://www.homepage.co.jp/jsforum>
受付時間等 月曜～金曜（祝祭日を除く）10:00～12:00、14:00～17:00
（当受付時間以外は提案書等受け付けられませんので、ご注意下さい。）

5. 補足資料

研究テーマ提案書その他、必要に応じて、以下に示す資料を提出して下さい。

- ①委託研究を希望する場合、提案者所属機関に予め定められた受託研究に関する基準がある場合には、当該基準の写しを1部提出して下さい。
- ②共同研究を希望する場合、提案者所属機関に予め定められた共同研究に関する基準がある場合には、当該基準の写しを1部提出して下さい。

- ③提案者所属機関に予め定められた職務発明に関する基準がある場合には、当該基準の写しを1部提出して下さい。

6. 提案書受理通知はがき及び審査結果通知はがき

受付番号： _____
(記入不要)

提案書の受付の通知及び審査結果の通知をしますので、下記に示した内容のはがき1枚および封書1枚を切手を添付の上同封して下さい。(枠組み・書き込み内容共に楷書で手書き可能です。)

①受理通知はがき

50円 切手	□ □ □
または 官製はがき	提案者の住所
提案者の所属・氏名 様	

(表)

1. 提案者氏名
2. 研究テーマ名
3. 研究区分 (注1)

受付日	
受付番号	

(注2)

〒105
東京都港区浜松町 1-29-6
浜松町セントラルビル 8階

財団法人日本宇宙フォーラム
公募研究推進部

(裏)

宇宙環境利用に関する
地上研究公募

研究テーマ提案書

平成9年 月 日 作成

審査希望分野名	
研究テーマ名 (50字以内)	
提案者氏名	
所属機関名	

(注) 本書式に従って審査希望分野(様式1で選択した分野)、研究テーマ名、提案者氏名及び所属機関名を記入の上、研究テーマ提案書の表紙として作成して下さい。

②審査結果通知用封書

80円 切手	□ □ □
提案者の住所	
提案者の所属・氏名 様	

(表)

〒105

東
財 浜京
団 松都
公法 町港
募人 セ区
研日 ン浜
究本 ト松
推宇 ラ町
進宙 ル1
部フ ビ|
オ ル29
ー 8|
ラ 階6
ム

(裏)

(注1) 「フェーズI研究」、「フェーズII研究」の何れかを記入して下さい。
(注2) 受付日・受付番号は、(財)日本宇宙フォーラムで記入します。

研究予算計画

研究期間内の各年度（「フェーズⅠ研究」の場合は平成9年度、10年度および11年度（希望する場合）、「フェーズⅡ研究」の場合は平成9年度、10年度および11年度）毎に記入して下さい。各項目は消費税を除いた額で算定して下さい。

平成年度	(単位：百万円、十万円未満は切り捨て)	
項目	金額	簡単な積算内訳
(1)直接人件費	(例) 1.5	0.5×3人・月
(2)機器・設備費		
(3)旅費		
(4)謝金及び雑役務費		
(5)材料費・消耗品費		
(6)分析費		
(7)印刷費・複写費		
(8)設備使用料		
(9)その他		
(10)一般管理費		
(11)消費税		
合計		

(注) 各予算項目の内容は以下の通りです。なお、落下施設、航空機等の利用経費は含めないで下さい。

- (1) 直接人件費：研究に直接従事するものの人件費。研究実施機関が雇用する研究員など（研究員もしくは研究補助員）及び財団法人日本宇宙フォーラムが雇用し派遣する研究員などに係る人件費を含むものとします。これらの人件費は1人あたり月額50万円として積算して下さい。なお、国立試験研究機関、国立大などの常勤の研究者の直接人件費は、積算に含めないで下さい。
- (2) 機器・設備費：研究の遂行に必要な測定装置、分析機器、コンピュータ等の購入費、または、借上に要する費用、改造費等。なお、百万円以上の購入設備については、設備の概要

を様式5の設備購入計画に記入して下さい。

- (3) 旅費：研究の遂行に必要な国内外への旅費。
- (4) 謝金及び雑役務費：研究に必要となる専門知識の提供、情報収集等に協力した人物への謝金及び研究実施に当たり、実験補助、資料整理を行うものに対する経費。
- (5) 材料費・消耗品費：研究の遂行に必要な材料、消耗品等の購入費。
- (6) 分析費：研究の遂行に必要な外注分析に要する経費。
- (7) 印刷費・複写費：研究に必要となる印刷費・複写費。
- (8) 設備使用料：実験装置、測定装置その他の設備、備品等であって研究遂行に直接使用する場合におけるその用に要する経費。
- (9) その他：上記(1)～(8)以外のものであり、電子計算機使用料、データベース検索料、学会参加費、通信運搬費、光熱水料、建物借料等、直接研究に必要と認められる費用。
- (10) 一般管理費：研究遂行に必要となる管理・事務部門の経費。暫定的に10%として下さい。契約に当たり、別途調整させていただきます。
- (11) 消費税：(1)～(10)の合計額の5%。

研究設備計画

1. 本研究で使用する主な設備、施設等

(1) 既に利用しており、本研究でも継続して利用可能なもの

(2) 新規に購入する必要があるもの

(3) 宇宙開発事業団が保有しており、利用を希望するもの

2. 設備購入計画 (100万円以上の購入機器について記入して下さい。)

品名	仕様	目的	金額	購入機関	設置場所

(注) 購入設備が多い場合等には、複数枚になっても構いません。

提案者経歴等

1. 提案者経歴

(1) 氏名 (フリガナ)

(2) 所属機関及び役職名

(3) 生年月日 (西暦) 及び年齢

(4) 学 位

- ・ 機関名
- ・ 学位 (論文名)
- ・ 取得年
- ・ 専攻

(5) 研究経歴 (主な職歴と研究内容)

(6) 研究テーマに関連する発表論文
 [著者 (著者は全て記入して下さい。) ・ 発表論文名 ・ 掲載誌 ・ 巻号 ・ ページ ・ 発表年]
 (注) 近年に学術誌等に発表した論文、著書等のうち重要なもの10件程度を選んで、現在から順に発表年次を過去に溯って記入して下さい。これら以外にも研究提案を理解する上で必要な参考文献 [著者 ・ 論文名 ・ 掲載誌 ・ 巻号 ・ ページ ・ 発表年] を挙げて下さい。申請者本人が筆頭著書のものについては番号に○印を付けて下さい。

(7) 提案者発表論文等が引用されている主要な他研究者の発表論文名、著書名
 (注) 近年に学術誌等に発表された他研究者の論文、著書等のうち、提案者の論文、著書等が引用されているものを、お分かりになっている範囲で、現在から順に発表年次を過去に溯って記入して下さい。

2. 派遣研究員の推薦

(1) 派遣研究員として希望する研究者や研究補助者の氏名
 (注) 研究者の氏名が未定の場合、人数のみでも結構です。ただし、その場合には必要な資質等を具体的に記述して下さい。

(2) 必要時期

(3) 確保の目処

宇宙環境利用の手引き

平成9年5月

財団法人日本宇宙フォーラム

はじめに

国際宇宙ステーションの軌道上における組立の開始が間近になり、宇宙環境利用の本格的時代を迎えようとしています。宇宙環境では、微小重力環境など地上では得がたい環境の下で、実験を実施することができます。

我が国は、独自の実験棟（JEM）をもって、国際宇宙ステーション計画に参加しており、今後、国際宇宙ステーションが完成すると、このような宇宙環境利用の機会が飛躍的に増大することになります。

一方、全国で展開されている広範な分野の研究活動と宇宙実験を効果的に結びつけていくためには、具体的な宇宙実験の提案・実施に至るまでに地上における関連研究の蓄積が必要です。

宇宙環境利用に関する公募地上研究制度は、このような認識の下に、宇宙環境を利用する準備段階として、幅広い分野の研究者に研究機会を提供し、実際にJEMを中心とした宇宙環境利用に関連する地上研究を推進することを目的としています。

本書は、公募地上研究制度への応募を検討される方々を対象として、宇宙環境利用の概略のイメージをつかんでいただくことを目的として作成したものです。応募の際のご検討の参考となれば幸いです。

(JEM : Japanese Experiment Module 宇宙ステーションの日本の実験棟)

目 次

1. 宇宙環境利用の歩み	1
2. 宇宙環境の特徴とその利用の有効性	2
2. 1 微小重力	2
2. 2 高真空	2
2. 3 良好な視界	2
2. 4 宇宙放射線	3
2. 5 その他	3
(1) 大気	3
(2) メテオロイド及びスペースデブリ	3
(3) プラズマ	3
(4) 熱環境	3
3. 宇宙環境利用手段の概要	7
3. 1 地上実験手段	7
(1) 微小重力実験手段	7
(2) 宇宙開発事業団施設	7
3. 2 宇宙実験手段	8
(1) 小型ロケット	8
(2) スペースシャトル	8
(3) フリーフライヤ	8
(4) 国際宇宙ステーション	8
付録 宇宙環境利用が有効な研究領域の概要 (宇宙開発委員会宇宙環境利用部会報告からの抜粋)	26

1. 宇宙環境利用の歩み

微小重力環境を利用した実験は、1950年代後半から、主としてロケットの液体燃料の微小重力環境下における挙動を調べる目的で落下塔や航空機を用いて始められました。

宇宙での本格的な材料実験は、米国が人を月面に着陸させたアポロ計画の中で、アポロ14号、16号、17号の司令船において行われたのが最初です。その後、1973年の「スカイラブ計画」、1975年の旧ソ連との国際協力による「アポロ・ソユーズ・テスト計画（ASTP）」において、数多くの材料実験が行われ、1982年7月のスペースシャトル「コロンビア号」の最初の打上げを経て、微小重力をはじめとする宇宙環境の利用が本格的に開始されました。

ロシアは、旧ソ連時代の1986年2月に宇宙ステーション「ミール」を打ち上げ、現在も運用しています。また、後述する国際宇宙ステーション計画の一環として、米国とロシアを中心とした国際協力により「シャトル／ミールミッション」が現在進められています。

国際宇宙ステーション計画は、1984年1月のレーガン米大統領の一般教書における有人宇宙ステーション建設の提唱および先進諸国に対する参加招請を端緒としています。現在、米国、欧州、カナダ、ロシアおよび日本の国際協力のもとに、国際宇宙ステーションの開発が進められています。軌道高度約400kmの宇宙空間に浮かぶ国際宇宙ステーションでは、宇宙環境を利用した宇宙実験により、様々な分野で新たな知見が得られることが期待されています。国際宇宙ステーションは、1998年6月に軌道上での組立が開始され、2002年頃に組立が完了する予定です。

我が国では、1992年1月に第一次国際微小重力実験室（IML-1）計画、1992年9月にスペースシャトルによる第一次材料実験（FMPT）計画、1994年7月に第二次国際微小重力実験室（IML-2）計画、1995年3月に宇宙実験・観測フリーフライヤ（SFU）の打上げ、1997年4月には第一次微小重力科学実験室（MSL-1）計画など、すでに数多くの宇宙環境を利用した実験を行っています。また、我が国は国際宇宙ステーションの日本の実験棟（JEM）の開発および運用・利用を中心として、国際宇宙ステーション計画に参加しており、JEM利用の多様化を図るため、1992年に「第1回宇宙ステーション取付型実験モジュール（JEM）利用テーマの募集」、1996年に「宇宙ステーション取付型実験モジュール（JEM）曝露部初期利用募集」が実施されました。

2. 宇宙環境の特徴とその利用の有効性

宇宙環境は、以下に示すように、微小重力、高真空、良好な視界、宇宙放射線等の地上では容易に得ることのできない特徴を有しており、その宇宙環境を利用することにより、極めて広範な分野にわたる研究や実験、観測等を行うことが期待されます。このような宇宙環境の特徴を踏まえ、平成8年7月の宇宙開発委員会宇宙環境利用部会報告では、宇宙環境利用が有効な研究領域がまとめられています（付録参照）。

2. 1 微小重力

従来、さまざまな研究分野で温度や圧力が実験のパラメータとされてきましたが、重力をパラメータとして利用することも可能となってきました。微小重力環境では、

- ①浮力・沈降が殆どないため、軽いものと重いものが均一に混合できます。
- ②自重・静水圧効果が殆どないため、結晶構造の乱れが生じません。
- ③坩堝などの容器を使用せず物質を空間に保持できるため不純物が混入しません。
- ④浮力による対流が殆ど生じないため、結晶の大型化ができます。

など、地上とは全く異なる現象の発見や解明、新材料や医薬品の創製など、新たな科学技術の展開をもたらす研究が可能となります（図2-1）。また、地上で進化してきた生物の発生・分化及び成長など、生物の構造・機能に対する重力の影響の解明に関する研究も可能となります。

なお、国際宇宙ステーションに取り付けられる我が国のJEMでは、図2-2に示すように、数 μ g程度の微小重力環境と予想されています。

2. 2 高真空

宇宙空間は無限の排気能力をもつ広大な空間であり、地上では実現不可能な大規模の「高真空」環境です。宇宙の真空度は高度によって異なり、図2-3に示すように、国際宇宙ステーションの軌道高度約400kmでは 10^{-5} Pa程度になります。また、ガス分子・原子よりも高速に飛行する宇宙機後方の航跡（ウェーク）には、周辺よりもさらに清浄な高真空状態をつくりだすことができます。この真空環境を利用して、地上では得られない高品質な半導体材料などの製造を目指した様々な研究への活用を図ることができます。

2. 3 良好な視界

地球近傍の宇宙空間には大気がほとんど無く、気象条件に左右されることがないため、良好な視界が確保できると同時に、大気圏外から地球全体を見渡すこともできます。これにより、安定かつ膨大な太陽エネルギーを利用することができます。

たとえば、曝露部初期利用において広大な視野を利用して、オゾン層破壊の原因であり、また気候変動に大きな影響を与える中層大気微量ガス（ O_3 、ClO、BrO、 H_2O 、 HO_2 、NO、 NO_2 等）の、昼夜に係わらず、地域に依存しない、3次元高精度グローバル観測を行う手法を確立することを目標として、超伝導サブミリ波リムサウンダ試験観測（SMILES）が計画されています（図2-4）。

2. 4 宇宙放射線

宇宙空間は、電離放射線や太陽電磁波（ γ 線、X線、紫外線等）などが複合する空間です。宇宙放射線環境は、地球磁場により捕捉された荷電粒子が地球をドーナツ状に取り巻いた放射線帯粒子、広いエネルギー範囲（ $10 \sim 10^{16}$ MeV/核子以上）の陽子、ヘリウム、炭素、酸素、鉄などの多くの核種から成る銀河宇宙線、太陽フレアに関連して発生する高エネルギー粒子等により形成されています。これにより、例えば、宇宙環境での生物の適応性と生態系に関する研究、放射線の物理的効果と生物・人への影響に関する研究など、ライフサイエンスや医学などの分野を始めとした様々な研究の展開が可能となります。

特に、JEM軌道では放射線帯粒子密度が高い南大西洋異常帯（SAA）上空を通過します（図2-5）。そのため、放射線環境計測は、科学的な意義と共に被曝防護上も重要であり、JEMに近い軌道のシャトル/ミールミッションを利用し、JEMの運用に備え、実時間計測実験（図2-6）を生物実験と共に実施しています。

2. 5 その他

(1) 大気

地球周辺の大気密度は、太陽活動及び地磁気活動などにより変動します。主な大気成分は酸素、窒素、ヘリウム、水素ですが、この中で原子状酸素は材料を侵食する成分としてよく知られており、そのフルエンスは、国際宇宙ステーションの軌道で最大 5×10^{21} 個/cm²/年と予測されています。

(2) メテオロイド及びスペースデブリ

メテオロイドの起源は、彗星や小惑星等と考えられます。主要な成分は、鉄、酸素、珪素、マグネシウム等であり、高度2000km以下では大半が径0.1mm程度で、総重量約200kgといわれています。また、スペースデブリ（宇宙ゴミ）の起源は、人工衛星の爆発、表面材料剥離、ロケットの固体燃料噴射等と考えられています。高度2000km以下では、1988年当時の推定で総重量1.5~ 3×10^6 kgですが、米国では、地上からの観測で総重量 2×10^4 kg、約4500個のスペースデブリを確認しています。大半が高軌道傾斜の軌道を平均速度10km/secで周回しています。

(3) プラズマ

プラズマは、電子、酸素、水素、ヘリウム、一酸化窒素等のイオンから成ります。これらは、主に中性大気が宇宙線や太陽光などによって電離したものです。一般に、電子密度は、高度250~300kmで極大（日照側で 10^{12} 個/m³オーダー）となります。

(4) 熱環境

太陽光の直接入射、太陽光が地球大気により散乱され戻ってくる地球アルベド、地球からの赤外放射（OLR）は、宇宙機への入熱量を支配する主な要因です。国際宇宙ステーションでは設計上の熱環境条件を、太陽定数は1321~1423W/m²、アルベドは0.2~0.4、高度30kmでのOLRは177~287W/m²、宇宙背景放射温度は3Kとしています。

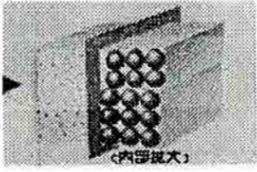
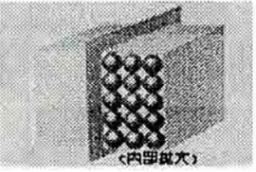
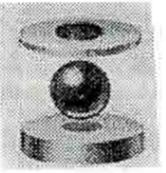
無重力環境の主な効果	重力環境下	無重力環境下	無重力環境下での新材料創製 (例)
重いものが沈んだり、軽いものが浮いたりすることがない			セラミック繊維強化 耐熱複合材料 ▼ 優れたジェットエンジンの材料
完全な結晶構造が得られる			完全結晶構造半導体 ▼ 優れた半導体素子、センサー
物質を空間に保持できる			高純度赤外線透過ガラス ▼ 優れた光学材料
大きな有機物結晶が成長できる			タンパク質結晶 ▼ 結晶構造の解明

図2-1 微小重力の有効性 (例)

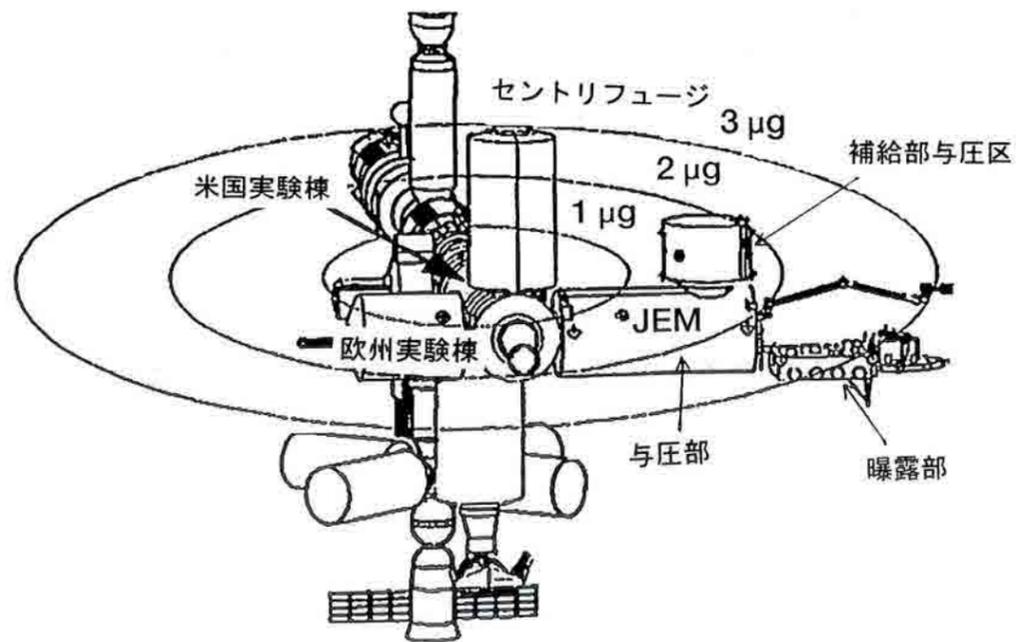
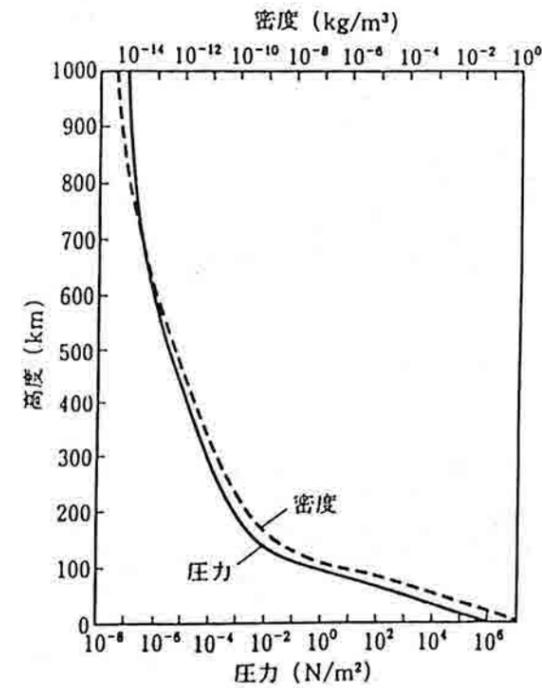
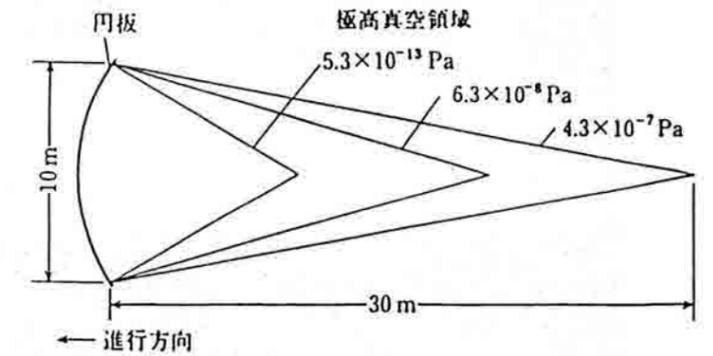


図2-2 国際宇宙ステーションの微小重力環境



宇宙における圧力と密度の変化



直径10mの円盤のウェークにできる極高真空の圧力分布

図2-3 宇宙における真空環境

出典) 宇宙と材料、日本材料科学会編、1991年10月

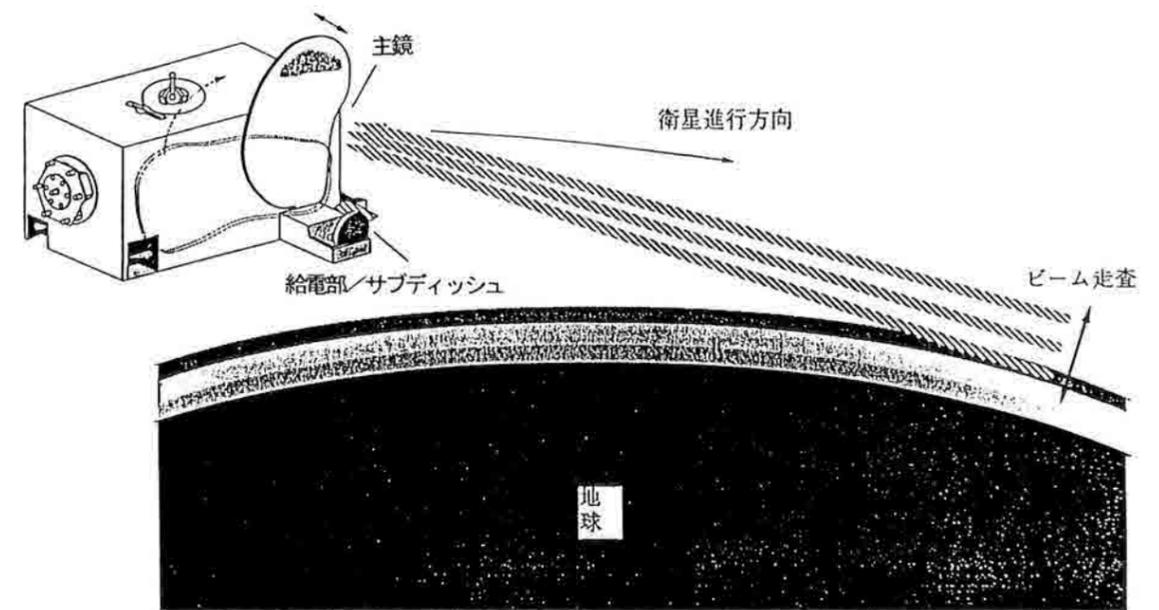
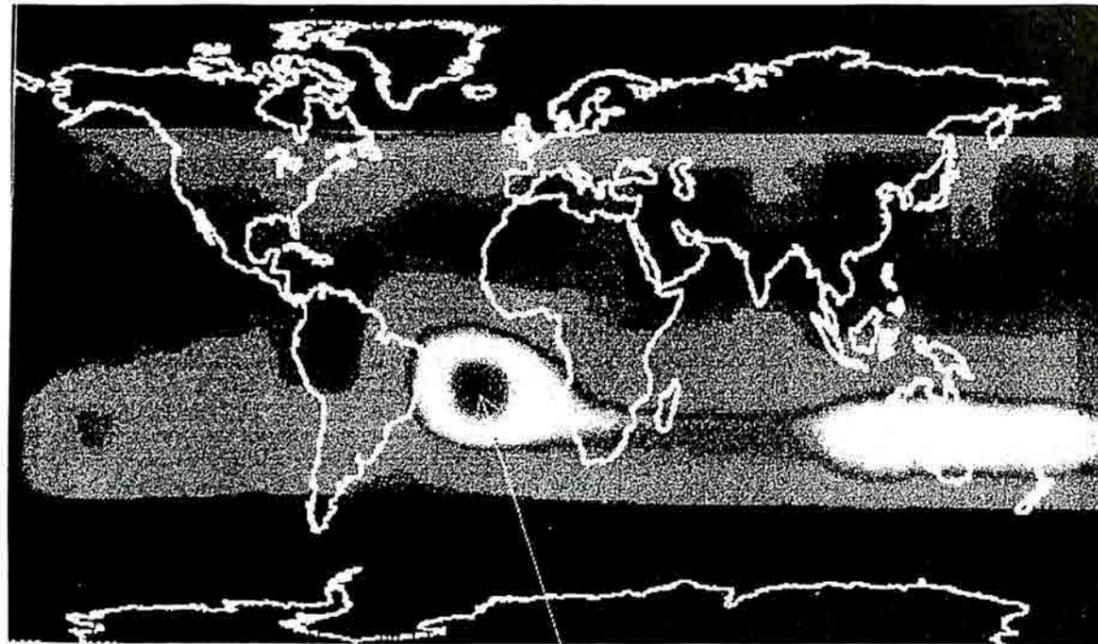
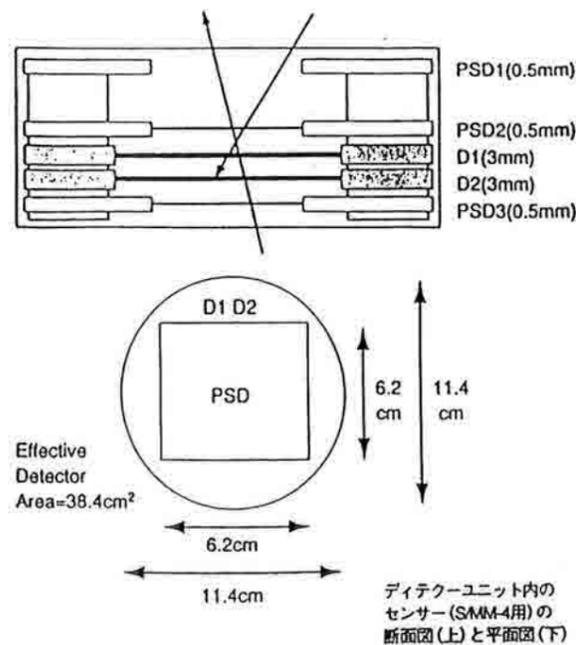


図2-4 SMILESの概念図



南大西洋異常帯(SAA: South Atlantic Anomaly)
SAA上空では、陽子・電子等の荷電粒子の密度
が大きく増加します

図2-5 放射線帯粒子密度の分布



PSD1~3及びD1~2はともにシリコンの結晶でできた検出材、斜め上下からの2本の矢印はセンサーに入射する粒子を示します。検出材で宇宙放射線粒子がそれに入射・通過する際に失ったエネルギーを測定し、それにPSD1~3で検出される粒子の入射角度を組み合わせるとその粒子が検出材に垂直に入射した際のエネルギーを求めることができます。このエネルギー値をさらに解析することにより粒子の核種等を識別できます。

図2-6 実時間放射線モニタ装置

3. 宇宙環境利用手段の概要

3.1 地上実験手段

宇宙環境利用に関する公募地上研究制度は、以下に示す落下施設、航空機等を用いた実験の実施が可能です。

(1) 微小重力実験手段

地上で微小重力環境が得られる実験手段としては、落下施設、航空機などがあります。それぞれ微小重力レベル、微小重力の持続時間などに固有の特徴を持っており、目的に応じて使い分けられています。図3-1は、これら地上の微小重力実験手段及び主要な宇宙実験手段の微小重力持続時間とレベルの関係の一例を示しています。

(a) 落下施設

地上で簡易的に微小重力環境を得る手段の一つとして、物体を自由落下させることによって微小重力環境を得る落下施設があります。落下施設は、簡便で微小重力環境も比較的良く、しかも繰り返しや手直しが短時間に何回もできるという利点があります。そのため、本格的な微小重力実験をする前の予備的な実験などを行う手段として多く利用されています。表3-1は、我が国の代表的な落下施設の主要諸元を示しています。

(b) 航空機

航空機を放物線飛行させることにより、機内に微小重力環境を得ることができます。航空機を用いた微小重力実験は、微小重力環境が20秒程度得られ、比較的簡単に繰り返しができ、実験者が搭乗して実験操作、観察ができる等の特徴があります。我が国では、小型双発ジェット機MU-300を使用した航空機実験システムが宇宙開発事業団により整備され(表3-2)、継続的に微小重力実験が行われています。

(2) 宇宙開発事業団施設

宇宙開発事業団筑波宇宙センターには、人工衛星、ロケット、及びこれらに積み込む機器が、打上げ時や宇宙空間での厳しい条件下で性能を発揮できることを確認したり、宇宙開発の技術を高めるための新しい技術や機器の研究開発を行うために、様々な試験設備が整備されています。また、筑波宇宙センター内に設けられた宇宙ステーション総合(SSIP)センターには、JEMの開発・運用及びJEM等での宇宙実験を支援するための様々な試験設備等が整備されています。表3-3に主要な設備の概要を示します。

3. 2 宇宙実験手段

以下の宇宙実験手段を利用した宇宙空間における宇宙実験テーマを実施するには、別途科学技術庁と宇宙開発事業団が行うJEM利用テーマ募集などに応募し、採択される必要があります。

(1) 小型ロケット

小型ロケットは、空気抵抗の非常に小さい大気圏外まで実験装置を打ち上げ、放物運動を行うことにより、数分間の良質な微小重力環境を提供します。

我が国では、宇宙開発事業団により、微小重力実験用小型ロケットTR-1Aが開発され、1991年3月に初号機が打ち上げられて以来、ほぼ年1回の割合で現在までに5回の打ち上げが行われています。表3-4および図3-3はTR-1Aの主要諸元および概観です。また、表3-5はこれまでに行われた実験と今後の予定を示しています。

(2) スペースシャトル

スペースシャトルに搭載される宇宙実験施設には、欧州宇宙機関が開発した円筒型の宇宙実験室スペースラブ、比較的小規模の実験装置が搭載可能なゲットアウエイスペシャル(GAS)、ヒッチハイカおよびミッドデッキロックカなどがあります。我が国においても、これらの施設を利用した宇宙実験を数多く実施しています。表3-6はその代表的なミッションの概要を示しています。

(3) フリーフライヤ

宇宙実験手段の内、無人で運用され、一定期間の後回収されるものを一般にフリーフライヤと呼びます。フリーフライヤは回収後、保守整備することにより、再使用が可能です。

我が国では、宇宙開発事業団/科学技術庁、宇宙科学研究所/文部省、新エネルギー・産業技術総合開発機構/通商産業省の共同プロジェクトとして開発された宇宙実験・観測フリーフライヤ(SFU: Space Free-Flyer Unit)が、1995年3月、H-IIロケットにより打ち上げられ、1996年1月にスペースシャトルにより回収されています。表3-7および図3-4はSFUの主要諸元および概観です。また、表3-8はSFUで実施された実験の概要を示しています。

(4) 国際宇宙ステーション

国際宇宙ステーションは、図3-5に示す概観のように、計画に参加する各国が提供する要素より構成されています。国際宇宙ステーションは利用者に対して、電力、排熱、通信などのリソースを提供する能力を有していますが、各国が利用できるリソース量は国際間の取り決めによって配分されます。表3-9は国際宇宙ステーションの主要諸元を示しています。

我が国が開発する国際宇宙ステーションの日本の実験棟(JEM)は、図3-6に示す概観のように、搭乗員が宇宙服などの特殊な服装を要しない「シャツ・スリーブ」の状態で実験作業が可能な実験施設であるJEM与圧部、宇宙空間に曝露された実験施設であるJEM曝露部、実験装置の移動・交換などを行うJEMマニピュレータ、及び、実験装置・実験試料などの輸送を行うために使用する補給部などから構成されます。これらの主要諸元は表3-10に示す通りです。さらに宇宙開発事業団では、宇宙ステーション利用の推進と効率化を図るため、表3-11に示す多数の利用が予想される汎用的実験装置及び我が国の宇宙環境利用の推進に重要と考えられる基礎的、共通基盤的実験のための装置(これらの装置を「共通実験装置」と呼びます)の開発を進めています。共通実験装置は、研究者の多様なニーズに応えられるように宇宙実験で要求される基本的な実験機能を提供します。

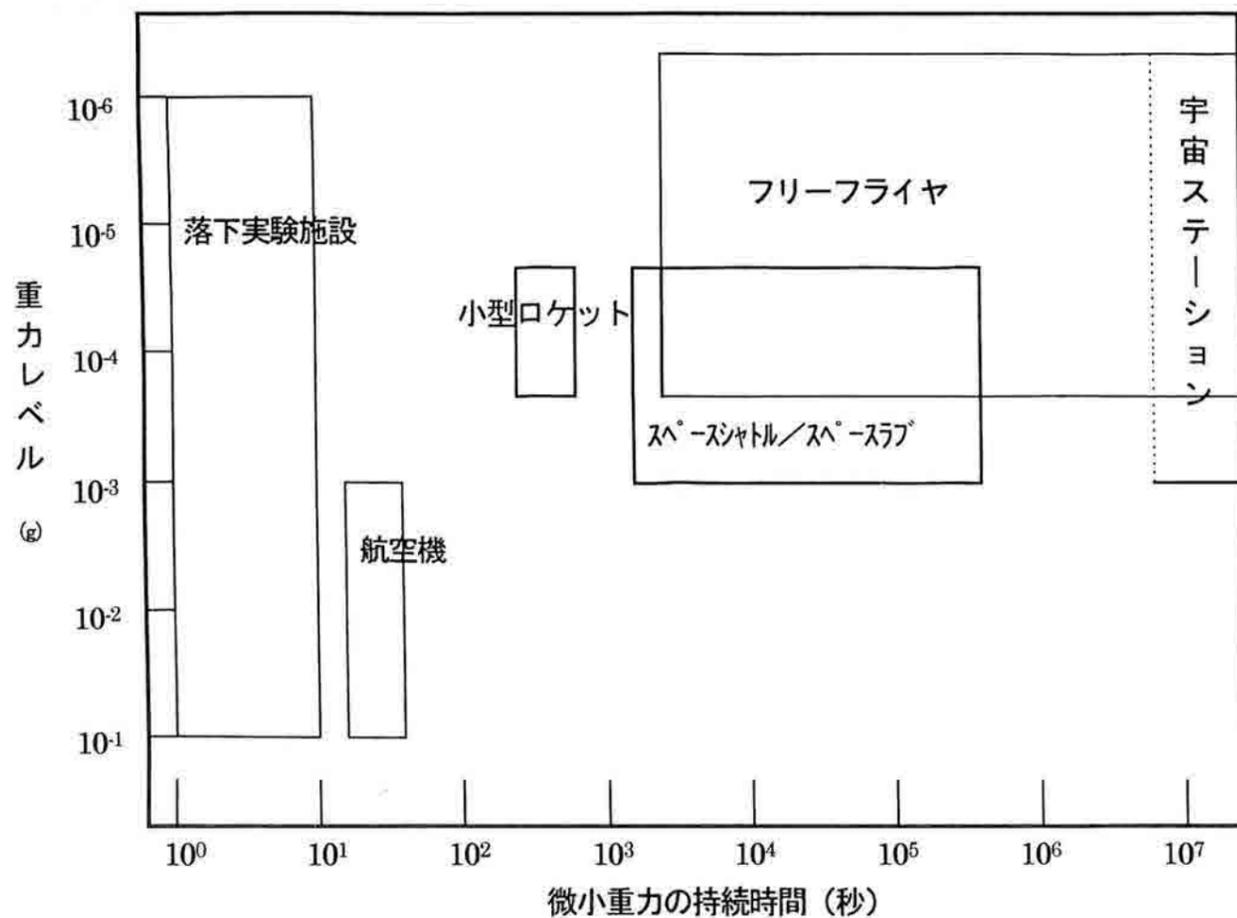


図3-1 宇宙実験手段の比較

表3-1 我が国の主要な落下施設の主要諸元

運用会社	(株) 日本無重量総合研究所 (MGLAB)	(株) 地下無重力実験センター (JAMIC)
落下施設所在地	岐阜県土岐市土岐津町	北海道空知郡上砂川町
落下方式	真空自由落下・シングルカプセル方式	大気中落下・空気抗力補償・二重カプセル方式
落下距離	・自由落下=100m ・制動部=50m	・自由落下=490m ・制動部=200m
微小重力時間	4.5秒	10秒
微小重力レベル	10 ⁻⁵ g以下	10 ⁻⁵ g以下
制動方式	・フリクションダンパ ・ペローダンパ	・エアーダンピング機構 ・メカニカルブレーキ ・非常制動装置
カプセル外径	φ900×H2,280 (mm)	φ1,800×H7,850 (mm)
ペイロード容積	φ720×H885 (mm)	W870×D870×H918 (mm)
ペイロード質量	最大400kg	最大500kg

表3-2 航空機実験システムの概要

使用航空機	航空機の種類	小型双発ジェット機
	航空機の形式	三菱式MU-300型
	客室寸法	L4.76×W1.50×H1.45 (m)
実施場所	基地空港	名古屋空港
	実験空域	K空域 (遠州灘沖) またはG空域 (北陸沖)
放物線飛行	飛行パターン	(図3-2)
	飛行時間 (離陸~着陸)	2時間/フライト (1フライト/日)
	実験飛行時間 (空域内)	1時間/フライト
	放物飛行回数	6回~10回
	微小重力レベル、時間	$3 \times 10^{-2} g$ 以下、約20秒間
機内配置	実験装置	2ラック分 (共通ラック寸法、搭載重量=L450×W700×H900、100kg以下)
	実験支援システム	5ラック分 (Gデータシステム、計測データ収録部、映像データ収録部、環境計測センサ、電源部等)
	オペレータ席	実験装置操作員: 2座席 実験支援システム操作員: 1座席
機内環境	飛行中の機内温度/湿度/気圧	15~30°C/10~40%/約0.9気圧
	飛行中の振動	5~54Hz、0.25mm複振幅
供給電力	DC28V: 25A×2系統、AC100V: 1.5kVA (オプションとして、0.5kVAの小型インバータの搭載が可能)	
搭乗者	実験搭乗者: 1実験ラック当たり1名	
搭載物の制限	高圧ガス、可燃性物質、放射性物質および有害物質などの搭載は禁止	

表3-3 筑波宇宙センターの主要設備

施設・設備名		概要		
各種試験設備	大型スペースチェンバ	人工衛星が宇宙空間で受ける太陽光の照射、高真空、極低温を人工的に作り出す装置。		
	放射計スペースチェンバ	人工衛星に搭載して地球の表面を可視光、赤外光等で観測する光学観測機器を宇宙空間を模擬した高真空、極低温状態で試験。		
	電波試験設備	人工衛星の電波系の試験、衛星・ロケットに搭載するアンテナの試験等に使用。大小2つの電波無反射室、アンテナ試験装置、電波測定塔等から構成。		
	振動試験装置	人工衛星及びロケット搭載機器がロケット打上げ時の振動に耐えることを確認。加振力13.6t、7.9t等の振動試験装置を整備。		
	衛星衝撃試験装置	衛星とロケット分離時の衝撃、及び衛星の太陽電池パドルを展開するときの衝撃等を試験。		
	大型質量特性測定装置	人工衛星の軌道投入、軌道上での姿勢制御のために必要となる質量特性 (重心、慣性、能率、動約合) を測定。		
	大型磁気試験装置	人工衛星は磁気を帯びたまま打上げると地球の磁場の影響を受けて姿勢が変化するため、打上げ前に衛星の磁気をできるだけ少なくするための装置。		
	音響試験設備	ロケット打上げ時に発生するエンジンの音やロケットが空気を通過する際にロケット自体が受ける空気の振動等に伴う音の影響を試験。		
	超高真空材料表面特性試験設備 (整備中)	高真空下での材料表面の観察・分析や腐蝕試験による腐蝕耐性の変化測定、及びガス吸着効果等の評価。		
	真空機器耐性評価試験設備 (整備中)	高真空下での機器要素の故障解析や不均一温度環境下での作動限界マーキングの確認及び寿命試験に使用。		
	真空振動試験設備 (整備中)	真空環境で打上げ環境相当の振動条件に曝露した後の供試体の作動耐性を評価。		
	真空複合環境試験設備 (整備中)	紫外線、電子線、原子状酸素等の材料への単独または複合照射による影響を評価。		
	宇宙実験棟	物理特性測定装置	材料系の物理特性等のデータの取得。 (表面張力、ぬれ性、密度、屈折率、熱伝導率、熱膨張率)	
		テレサイエンス技術開発設備	宇宙ステーション内で行う遠隔実験に必要とされる支援技術の開発を目的とし、軌道系 (宇宙ステーション) と地上系 (オペレーションセンター) を模擬することが可能。	
μg 物理現象シミュレーション		宇宙実験を計画する場合に、予め地上及び微小重力環境下における対流現象、凝縮現象の実験条件を数値計算により予測するためのもの。		
生体信号解析支援システム		宇宙実験や航空機実験などで得られる膨大な時系列、生体信号の中からノイズの埋められた信号や特徴を効率的に抽出・可視化し、そのメカニズムを理解・解明するための解析手段を提供。		
宇宙環境利用データベースシステム		提供している情報は、実験計画情報、実験結果情報、実験装置情報、実験支援技術情報、実験手段情報、実験条件情報及びミッション情報。		
宇宙ステーション総合 (SSIP) センター		宇宙ステーション試験棟	マニピュレータ機構試験設備 JEM-EH/TFM組立試験設備	実時間シミュレータ、二次元定盤、親アーム先端運動模擬装置、疑似子アーム、地上支援装置から構成。 JEMシステムチェックアウト装置、宇宙ステーション本体インタフェース・シミュレータ、JEMシステム作業台などから構成。
無重量環境試験棟		無重量環境模擬水槽	水槽のサイズは直径16m、深さ10.5mであり、JEMハードウェアの開発段階でのEVA/IVAに対する設備確認、手順書の開発、JEMのモックアップを用いる訓練が行われるもの。	
宇宙飛行士養成棟		閉鎖環境適応試験設備	実験モジュール、居住モジュール、空気調和設備、二酸化炭素/有害ガス除去設備、運動制御設備、データ取得・解析システム等から構成され、最大8人の被訓練者/被験者がモジュール内 (閉鎖環境) に滞在した状態で最長6ヶ月の連続運動が可能。	
		低圧環境適応試験設備	主室、副室、圧力調整設備、空気調和設備、運動制御設備、データ取得システム等から構成され、主室では最大6人の訓練者/被訓練者が最低0.2気圧までの低圧環境の体験が可能。	
		宇宙医学検査設備	下半身陰圧負荷装置、直線加速度負荷装置、回転椅子負荷装置等から構成。	

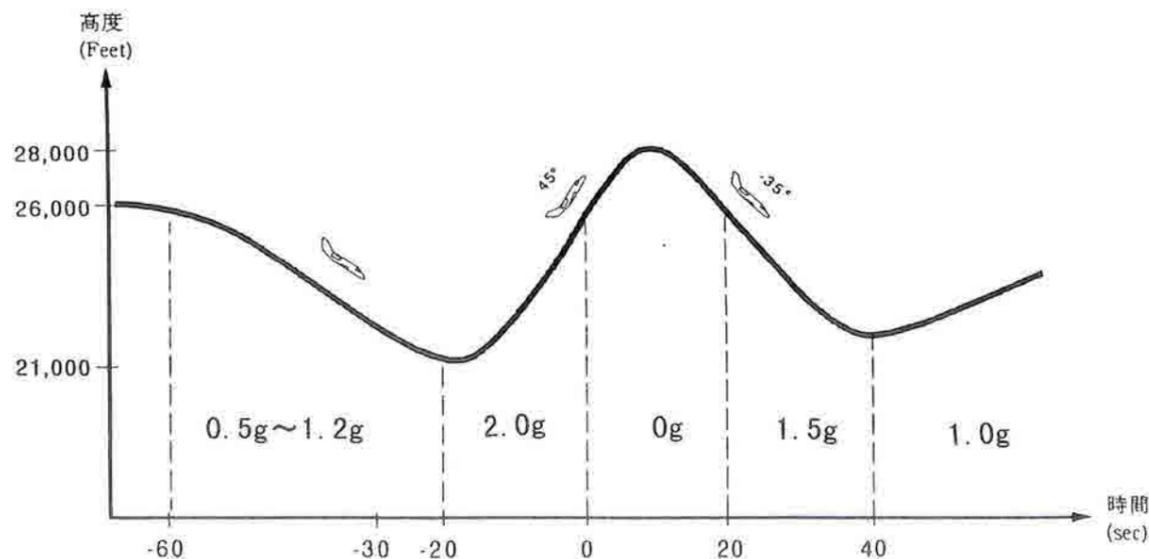


図3-2 MU-300の飛行パターン

表3-4 小型ロケットTR-IA (5号機) の主要諸元

項目	諸元
全長 (m)	13.44 (ペイロード部 5.91)
外径 (m)	1.125 (ペイロード部 0.85)
到達高度 (km)	約 274
ペイロード重量 (kg)	最大 750kg
μgレベル (g)	10 ⁻⁴ 以下
μg持続時間 (min)	約 6

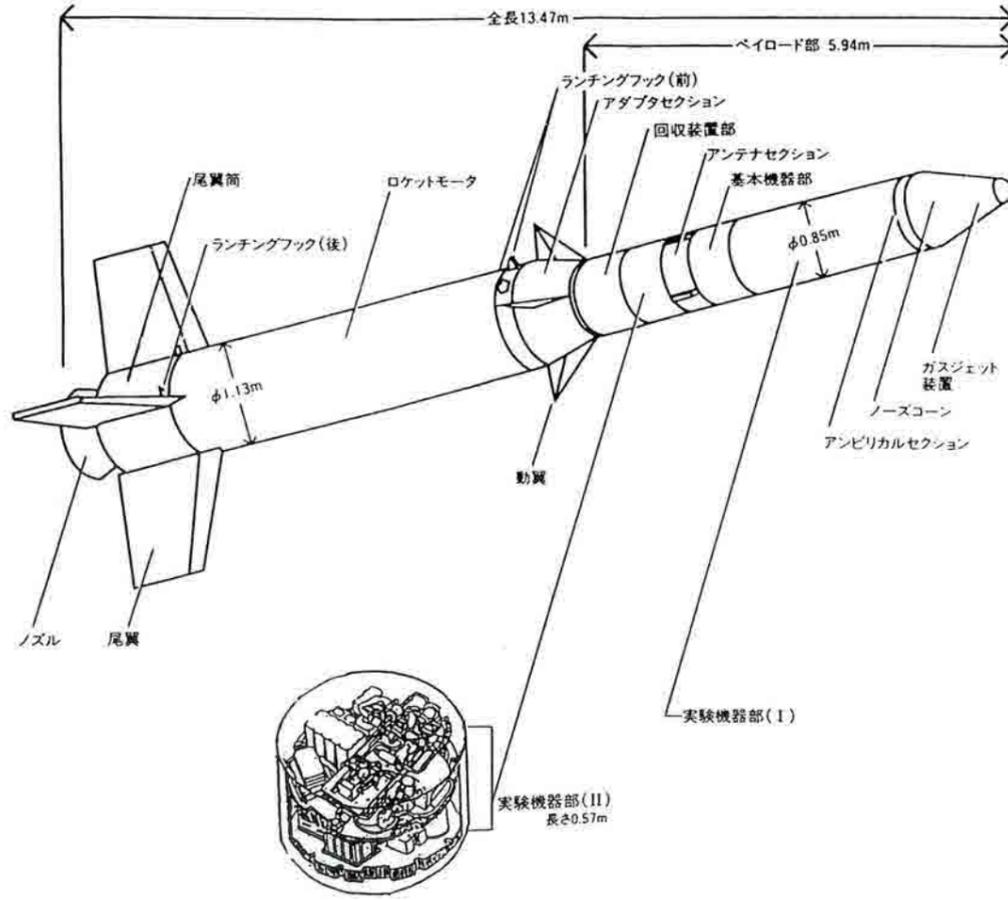


図3-3 TR-IAの概観

表3-5 過去のTR-IA実験と今後の予定

TR-IA機体番号	打上時期	実験テーマ名	実験装置名
1号機	1991年3月	1) 結晶成長時における界面及び環境相のその場観察実験 2) マランゴニ対流の発生とその制御に関する実験 3) 気泡の発生、成長及び移動に関する実験 4) 粒子分散合金の溶融・凝固実験 5) 酸化物高温超電導体の溶融・凝固実験	1) 観測技術実験装置 2) 流体物理基礎特性測定装置 3) 微小重力維持技術実験装置 4) 汎用加熱装置 5) 高温加熱装置
2号機	1992年8月	1) 結晶成長時における界面及び環境相のその場観察実験 2) マランゴニ対流の発生とその制御に関する実験 3) 気泡の発生、成長及び移動に関する実験 4) 半導体の融液成長実験 5) ガラス材料の溶融・凝固実験	1) 観測技術実験装置 2) 流体物理基礎特性測定装置 3) 微小重力維持技術実験装置 4) 温度勾配型加熱装置 5) 高温加熱装置
3号機	1993年9月	1) 結晶成長時における界面及び環境相のその場観察実験 2) マランゴニ対流の発生とその制御に関する実験 3) 気泡の発生、成長及び移動に関する実験 4) 高融点複合化合物の合成実験 5) 固液界面形状に及ぼす微小重力の影響実験	1) 観測技術実験装置 2) 流体物理基礎特性測定装置 3) 微小重力維持技術実験装置 4) 汎用加熱装置 5) 温度勾配型加熱装置
4号機	1995年8月	1) 多面体結晶形状安定理論の微小重力下での検証 2) 液柱マランゴニ対流による振動流の3次元観察 3) 微小重力環境下の化合物半導体鉛錫テルルの融液拡散係数の測定 4) 微小重力下での錫-鉛共結晶系合金の凝固 5) フローティングゾーン シリコンメルトの温度変動の測定	1) 観測技術実験装置 II 型 2) 流体物理実験装置 II 型 3) 汎用加熱装置 4) 温度勾配型加熱装置 5) 高温加熱装置
5号機	1996年9月	1) 分散系の自己組立成長 2) 微小重力場の核沸騰熱伝達機構に関する基礎実験 3) 均一噴霧の生成及びその燃焼 4) ゲルマニウム半導体溶液の自己拡散の研究 5) 微小重力環境における溶液の間隙浸透性 6) シア-セル法によるゲルマニウム半導体溶液の高精度拡散係数測定技術の開発	1) 観測技術実験装置 II 型 2) 流体物理実験装置 II 型 3) 多目的均熱炉 4) 多目的均熱炉 5) 燃焼現象実験装置 6) 多目的均熱炉
6号機 (予定)	1997年夏	1) 非定常マランゴニ対流の三次元流動と液柱表面温度の同時観測 2) 液体金属の自己拡散係数における同位体効果の研究 3) 微小重力環境での Al-Ti 包晶系合金の凝固組織 4) 骨芽細胞の増殖関連遺伝子などの発現に及ぼす微小重力の影響 5) シリコンメルト液柱内の対流可視化観察	1) 流体物理実験装置 II 型 2) 多目的均熱炉 3) 多目的均熱炉 4) 培養細胞実験装置 5) 高温加熱装置 II 型
7号機 (予定)	1998年夏	1) 水の樹枝状成長におけるパターン形成への微小重力の効果 2) InAs-GaAs 相互拡散係数の測定 3) 高融点金属性複雑融体の拡散の研究 4) 神経細胞の増殖、分化に及ぼす微小重力の影響 5) 均一分散噴霧中の火炎伝播に関する研究	1) 観測技術実験装置 II 型 2) 多目的均熱炉 3) 多目的均熱炉 4) 培養細胞実験装置 5) 燃焼現象実験装置

表3-6 我が国が参加したシャトルミッション

ミッション名	打上時期 (シャトルID)	ミッション概要
第1次国際微小重力実験室 (IML-1)	1992年1月 (STS-42)	IMLシリーズは、スペースラブに各国から持ち寄せられた実験装置を搭載し、共同で微小重力実験を行う計画です。IML-1はIMLシリーズの第1回目で、1992年1月に実施され、結晶成長や細胞培養等39テーマの実験が行われました。 我が国は、有機結晶成長装置、宇宙放射線モニタリング装置を搭載し、実験を行いました。
第1次材料実験 (FMPT)	1992年9月 (STS-47)	FMPTは、スペースラブを利用して実施された、日米共同宇宙実験計画です。宇宙実験技術の習得を目的として、地上での実施が困難な材料実験22テーマとライフサイエンス実験12テーマが行われました。
第2次国際微小重力実験室 (IML-2)	1994年7月 (STS-65)	IMLシリーズの第2回目で、米国航空宇宙局(NASA)、宇宙開発事業団(NASDA)、欧州宇宙機関(ESA)、ドイツ航空宇宙機関(DARA)、ドイツ航空宇宙研究所(DLR)、カナダ宇宙機関(CSA)、フランス国立宇宙研究所(CNES)の7機関が参加して約80テーマの実験が行われました。 我が国からは、水棲生物飼育装置や電気泳動装置等が搭載されました。
第1次微小重力科学実験室 (MSL-1)	1997年4月 (STS-83) 及び 1997年7月 (STS-94) -予定-	我が国は、JEMで予定されている微小重力実験テーマの予備実験および宇宙実験技術の開発のための実験を目的として、NASAが実施するMSL-1に参加しました。各国から5つの機関が参加して、28テーマの実験が行われます。1997年7月に再飛行が計画されています。 我が国からは、大型均熱炉等が搭載されます。
スペースシャトルを使った ロボットアームの飛行試験 (MFD)	1997年8月 (STS-85) -予定-	JEMマニピュレータ子アームと同等の機能・性能を有するロボットアームを、スペースシャトルの荷物室に搭載し、それをシャトル船内から搭乗員が操作し、無重量環境下での機能・性能を確認します。また、地上からも遠隔操作を行います。 更に、MFDの飛行機会を利用した材料曝露実験と、流体による熱制御実験を研究する二相流体ループ実験も実施します。
ニューロラブ計画	1998年3月 (STS-90) -予定-	ニューロラブ計画は、NASAと国立公衆衛生院(NIH)が協力して計画したもので、宇宙環境における神経科学分野の実験を行うことを目的としています。米国、欧州、カナダ及び日本などの8ヶ国が参加し、水棲動物実験、発達実験、自律神経実験など8領域34テーマの実験が行われることになっています。

表3-7 SFUの主要諸元

項目	諸元
寸法	φ4.46×H2.8(m)
最大寸法	27m
重量	打上げ時 4000kg(ノミナル) 回収時 3200kg
軌道	高度 300~500(km) 傾斜角 28.5度
姿勢制御	太陽指向(ノミナル)
運用期間	運用6ヶ月/実験4.5ヶ月(各機関1.5ヶ月)
通信	Sバンド 対地上 128kbps、16kbps、1kbps 対SFU 1kbps
実験搭載	ペイロードボックス6個及び本体直接取付
電力	発生電力 2700W以上 供給電力 850W以上
微小重力環境	10 ⁻⁴ g

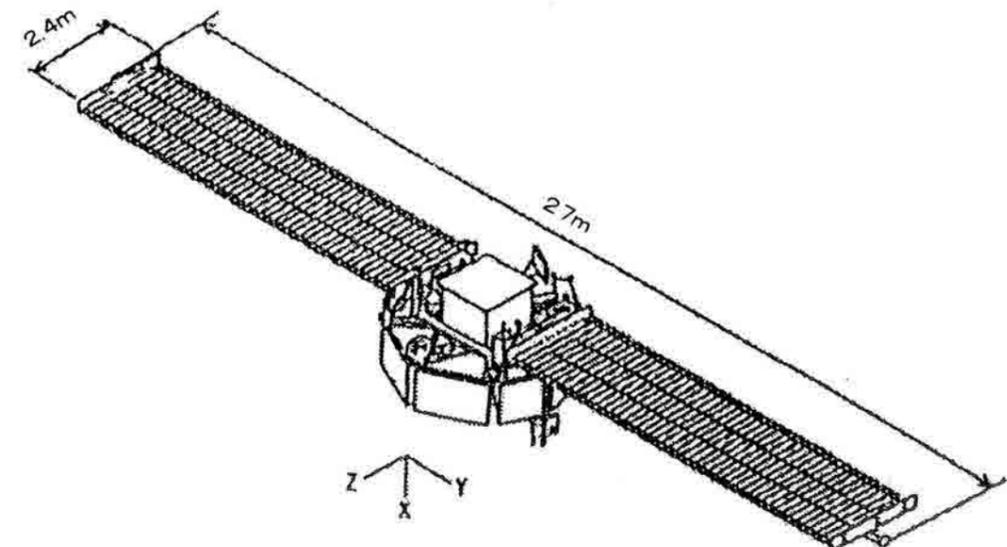


図3-4 SFUの概観

表3-8 SFU実験の概要

実施機関	実験装置名	実験概要
宇宙科学研究所 (ISAS)	宇宙赤外望遠鏡 (IRTS)	<ul style="list-style-type: none"> 宇宙に普遍的に広がる有機物質を観測しました。 宇宙初期における星・銀河形成の痕跡を観測しました。 黄道光の精密なスペクトル観測を行いました。 遠赤外観測を行い、宇宙の電離した炭素の分布を観測しました。 新たに絶対温度が数Kという低温の宇宙塵の存在を示唆するデータを取得しました。
	2次元展開/高電圧ソーラアレイ (2D/HV)	2Dアレイの展開収納実験を行い、膜面やワイヤレスの組み合わせにより大型の構造物システムを宇宙に構築するための基礎データを取得しました。
	電気推進実験装置 (EPEX)	MPD (Magneto - Plasma Dynamic) アークジェットによる電気推進実験を行い、パルスの力積約 3mNsec、比推力約1,000秒 (MAX) を得ることができました。
	プラズマ計測装置 (SPDP)	SFU本体上及びその周辺に形成される特有の宇宙環境を計測するとともに、宇宙環境データの提供を通じて他の搭載実験を支援しました。
	宇宙生物実験装置 (BIO)	<ul style="list-style-type: none"> アカハライモリを用いて、宇宙での産卵と卵の初期発生に及ぼす重力の影響を探りました。 生物実験装置の生命維持機能等を宇宙空間で実証しました。
	凝固・結晶成長実験装置 (MEX)	微小重力環境を利用し、無対流下での凝固・結晶成長中における固液界面近傍の液相中の濃度・温度分布を可視化し、界面形態の形成因子を探りました。
宇宙開発事業団 (NASDA)	SFU搭載実験機器部 (EFFU)	<ul style="list-style-type: none"> ポンプにより循環させた冷媒に実験機器等から発生した熱をコールドプレートを介して吸熱させ、ラジエータから放熱することで熱制御を行う流体ループ熱制御システム技術の実証を行いました。(流体ループ熱制御系実験) JEM曝露部に搭載される装置交換機構 (EEU) とほぼ同等のEEUを用いて分離・結合実験を行い、EEUの機能性能データ及び潤滑性能データを取得しました。(装置交換機構実験) 実験装置近傍、インタフェース部及びポンプ近傍に加速度センサを取り付け、微小重力計測を行いました。(微小重力環境特性実験) JEM等で使用予定の材料の軌道上環境による変化、劣化データを取得し、JEM等への適用評価、及び劣化原因となる放射線等の照射量測定も行いました。(材料曝露実験)
	気相成長基礎実験装置 (GDEF)	将来の高機能電子材料として期待されている、ダイヤモンド薄膜の化学気相成長に関する実験技術の習得や、熱対流の抑制による結晶成長条件の安定化等を目的として、プラズマ観測実験及びダイヤモンド薄膜成長実験を行いました。
新エネルギー・産業技術総合開発機構	複合加熱炉 (GHF)	GHFを用いて4件の化合物半導体結晶成長実験を実施しました。軌道上の実験期間において、全ての実験試料の熔融・凝固を確認しました。今後は、更に詳細な結晶評価を進めると共に、微小重力における結晶成長の総合的検討を行う予定です。
	焦点加熱炉 (MHF)	MHFを用いて2件の化合物半導体結晶成長実験を実施しました。軌道上での実験期間において2実験で6個の実験試料の結晶成長実験が実施できたと共に、全ての実験試料が宇宙において熔融・凝固したことを確認しました。
	単熱炉 (IHF)	地上での予備実験をベースに設定した温度プロファイル等の実験条件を十分満足する結果を得ました。

表3-9 国際宇宙ステーションの主要諸元

項目	主要諸元	
寸法	約110×75 (m)	
重量	約415 t	
搭乗員数	7名 (組立期間は3名)	
軌道	ノミナル軌道	軌道高度：400km、軌道傾斜：51.6°の円軌道
	最小運用高度	180日間の自然な高度低下後においても、278kmの高度が確保できること
	最大高度	460km
姿勢	ノミナル姿勢	微小重力運用時：TEA (LV LH近傍)
	許容姿勢範囲	ロール/ピッチ/ヨー各軸：±15°以内
	姿勢決定精度	姿勢各：±3°以下 (各軸、3σ)、姿勢レート：±0.01°/sec以下 (各軸、3σ)
提供	電力 (米国提供要素)	ペイロード電力：30kW (年平均)
	排熱 (米国提供要素)	ユーザ利用排熱リソース：30kW (年平均)
リソース	通信能力 (米国TDRSシステム)	Kuバンド：最大50Mbps Sバンド <ul style="list-style-type: none"> アップリンク：72kbpsまたは6kbps ダウンリンク：192kbpsまたは12kbps

注) TEA (Torque Equilibrium Attitude)：トルク平衡姿勢。空力及び重力傾度等の外乱に対して力学的に平衡な姿勢。
 LV LH (Local Vertical / Local Horizontal)：局地的鉛直/局地的水平 (図3-5参照)。

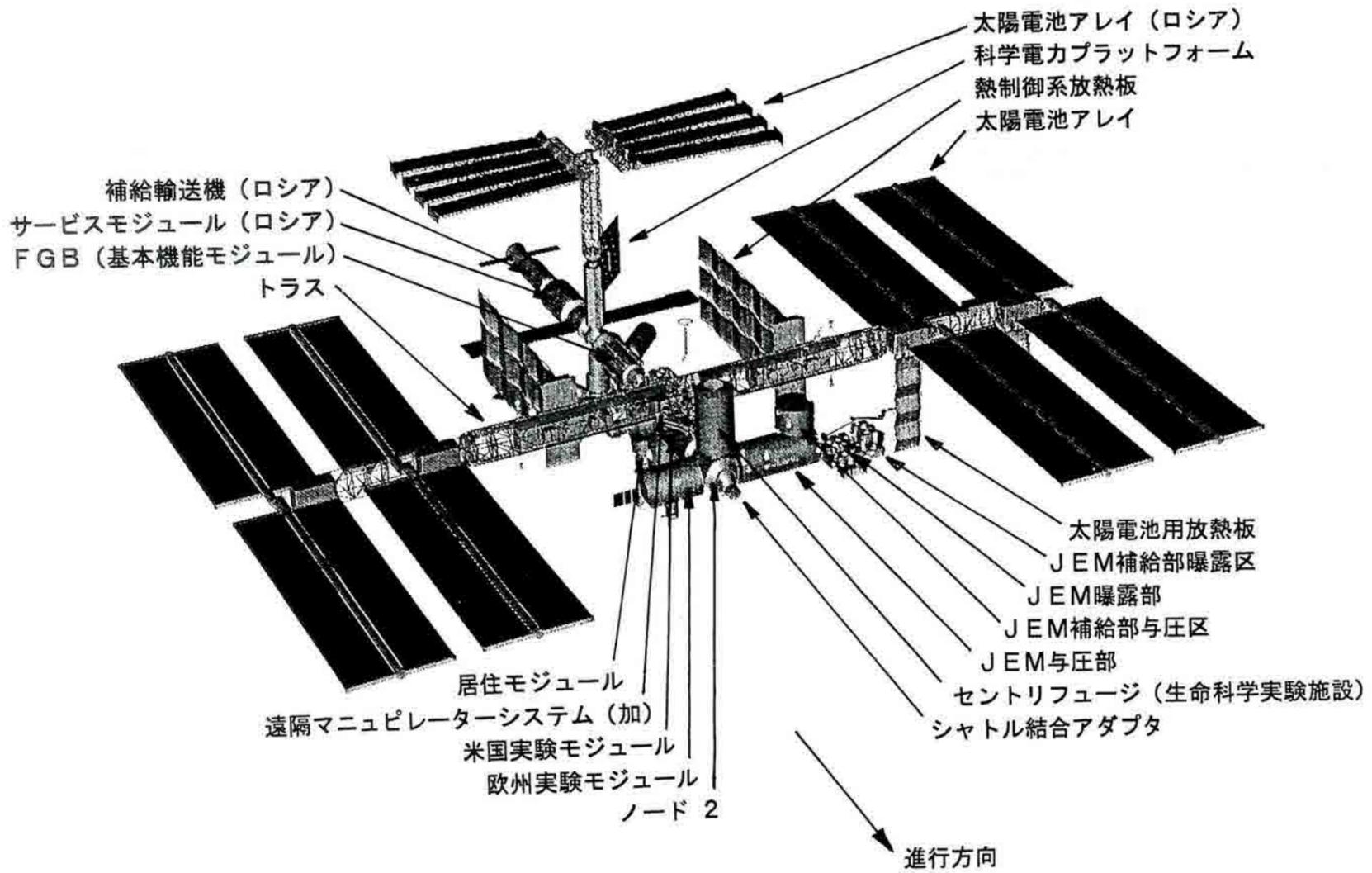


図3-5 国際宇宙ステーションの概観

表3-10 JEMの主要諸元

	与圧部	補給部		曝露部	JEMマニピュレータ
		与圧区	曝露区		
形式	円筒型	円筒型	フレーム型	箱型	親子型方式
寸法	外径 4.4m 内径 4.2m 長さ 11.2m	外径 4.4m 内径 4.2m 長さ 3.9m	幅 4.9m 高さ 2.0m 長さ 4.2m	幅 5.0m 高さ 4.0m 長さ 5.2m	親アーム長さ 9.9m 子アーム長さ 1.7m
空虚重量	15.2 t	5.0 t	0.8 t	3.8 t	1.7 t
搭載ラック数または実験装置数	ラック総数23個 (実験ラック10個)	与圧部ラック8個	曝露部実験装置3個	曝露部実験装置10個	親アーム取扱い重量最大7 t
電力	最大25 kW	120 V 直流			
通信制御	32 bit 計算機システム、高速データ伝送				
搭乗員	通常2名、最大4名 (時間制限有)				
寿命	10年以上				

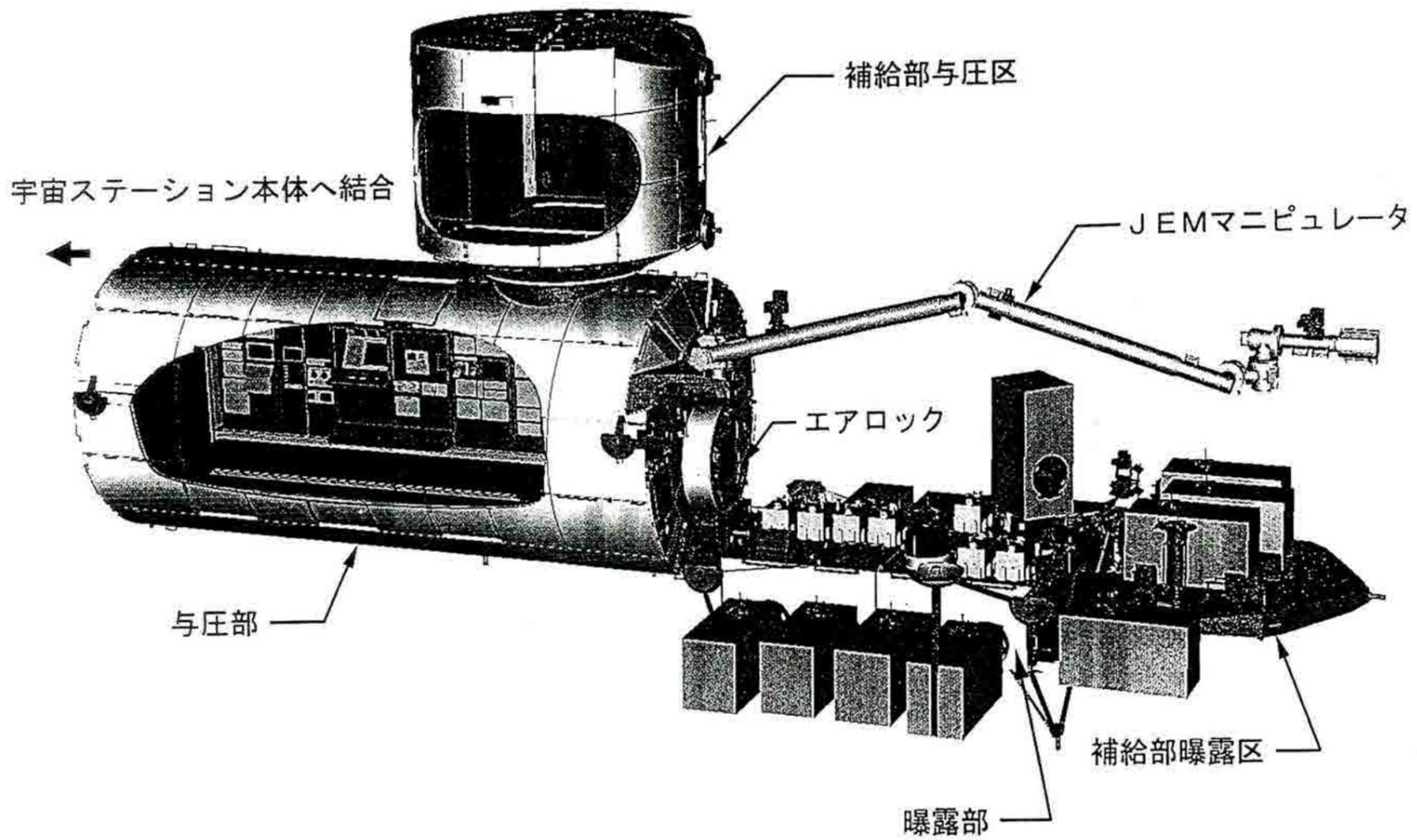


図3-6 JEMの概観

表3-11 JEM共通実験装置 (1/3)

共通実験装置	概要	基本仕様
材料実験系 共通実験装置	温度勾配炉 (GHF)	<p>温度勾配炉は真空炉であり、3つの加熱室と一つの冷却器を備え、温度勾配を作り出しています。各加熱室は独立に駆動可能であり、また実験試料は試料自動交換機構によって実験毎に自動的に交換されます。</p> <p>加熱温度範囲：500~1600℃ 温度安定性：1600±0.2℃ (1時間) 温度勾配：最大150℃/cm (1450℃) 移動速度：0.1~200mm/hr 温度測定点：5点 (最大10点)</p>
	帯域炉 (AFEX)	<p>帯域炉は微小重力下で材料実験を実施するための多目的集光加熱炉です。回転楕円体形状の反射鏡を持ち、その一方の焦点に設置された試料は、他方の焦点に配置されている1500Wのハロゲンランプにより加熱溶融されます。また、ハロゲンランプを用いる代わりに、試料のまわりにセラミックヒータを配置することにより、均一加熱実験を行うことも可能です。試料に対しては2軸のX線観察、可視ビデオ観察、放射温度計測、及び5chの熱電対による温度計測が可能です。</p> <p>加熱温度範囲：最大1600℃ (試料による) 温度安定性：±3℃ (試料1600℃時) 試料移動範囲：50mm 試料移動速度：0.1~100mm/hr 試料回転：0~10rpm 観察機能：X線観察 (2軸)、放射温度計、可視ビデオ観察、5ch熱電対温度計測 最大ランプ電力：1500W 最大許容試料形状：直径20mm×長さ100mm ガス供給：Ar、N₂ その他 (オプション)</p>
	流体物理実験装置 (FPEF)	<p>流体実験装置の標準的なミッションとして、液柱内のマランゴニ対流現象の研究に関するものを想定しており、2枚のディスク間に液柱を形成し、温度勾配を形成することによりマランゴニ対流を発生させることが可能です。また、実験セル部または観測・計測機器の一部を交換することにより、液柱内のマランゴニ対流現象の研究以外の様々な実験要求に対応することが可能です。</p> <p>容積/寸法 1/4ダブルラック：W482mm×H621mm×D660mm 実験系 液柱形成寸法：φ70×50πmm (最大) 温度制御範囲：高温側 室温~100℃ 低温側 -10℃~室温 観察系 2次元流速計測：観察 CCDカメラ (2台) 照明 スリット光 3次元流速計測：観察 CCDカメラ (3台) 照明 ストロボ光 計測系 赤外放射温度計：検出波長域 8~12μm 計測温度範囲 -10~100℃ 時間分解能 307μm/秒 表面流速計測：紫外レーザ 1次元流速計測：超音波流速計 実験セルと装置本体の間には、以下のインターフェースを用意しています ・汎用アナログ/デジタルI/F ・汎用デジタル通信I/F ・汎用電源 ・画像出力I/F ・ガス/冷却水I/F</p>

表 3-11 JEM 共通実験装置 (2/3)

共通実験装置	概要	基本仕様	
材料実験系 共通実験装置	溶液/蛋白結晶成長実験装置 (SPCF)	<p>この装置は微小重力環境下での溶液からの結晶成長(蛋白質を含む)の基本現象を研究する実験を提供します。結晶を成長させる解析用結晶成長部では数個のセルカートリッジ内に多数のセルを装備し、各セルを周期的に CCD カメラで観察し、結晶成長の確認が可能です。セルカートリッジは交換でき、多数の実験回数を提供します。</p>	<p>・結晶化成長観察部 体積/寸法 1/4 ダブルラック、W 482mm×H621mm×D660mm 実験条件制御 温度制御 -1°C~220°C 圧力制御 1~2000kgf/cm² 観察装置 振幅変調顕微鏡 マイケルソン型干渉顕微鏡(実時間位相シフト機能付) マッハウエンダ型二波長干渉顕微鏡 光散乱計</p> <p>・解析用結晶生成部 体積/寸法 1/8 ダブルラック、 W 482mm×H310mm×D660mm 実験条件制御 温度制御 0°C~35°C 観察装置 CCD カメラ</p>
	浮遊炉 (ELF)	<p>浮遊炉は微小重力環境を利用して、試料を浮遊させた状態で加熱・冷却することができる材料実験装置です。試料の浮遊により、容器なしで実験することができ、容器に起因する汚染や応力歪みの影響を排除した実験ができます。測定系としては放射温度計、熱画像温度計及びビデオカメラを装備しています。</p>	<p>浮遊方式 静電浮遊 加熱方式 レーザ加熱(検討中) 加熱温度範囲 ~2100°C (φ 10mm) ~1600°C (φ 20mm) 対象試料材質 金属、セラミック、ガラス 最大試料寸法 φ 20mm 測定系 放射温度計 熱画像温度計 ビデオカメラ</p>
	均熱炉 (ITF)	<p>均熱炉は微小重力環境下での高温材料の生成や溶融試料の凝固・拡散現象の研究に使用される多目的実験炉です。2個の拡張機器スロットが設けられており、ここに試料の測定・付加機器を配置することにより、幅広い実験要求に対応できます。</p>	<p>加熱温度範囲 200~1800°C以上 降温速度 200°C/min 以上 (1600°C加熱実験時) 試料寸法 φ 36mm×L 250mmの包絡で1重封入した試料に対応 拡張機器 最大2系統が設置可能</p>

24

表 3-11 JEM 共通実験装置 (3/3)

共通実験装置	概要	基本仕様	
ライフサイエンス系 共通実験装置	クリーンベンチ (CB)	<p>クリーンベンチは、JEM 内部でライフサイエンス/バイオテクノロジーの実験を実施するために無菌操作が可能な閉鎖された作業空間を提供します。実験試料・器材(培養容器など)を作業空間(作業チャンバー)に持ち込み/持ち出しする際の微生物汚染を防止するために前室を持ち、前室内で殺菌剤噴射による殺菌が可能です。作業チャンバー全面は透明素材で作られ、視認性の良い無菌環境下で実験操作を行うことができます。</p>	<p>形式 引き出し型グローブボックス 体積/寸法 1/2ダブラック W482mm×H1243mm×D660mm 内蔵装置 マイクロコンピュータによる操作(テレサイン対応) 位相差/蛍光顕微鏡 130倍~1290倍 作業モニタ用 CCD カメラ 環境制御 クリーン度 クラス 100 相当 殺菌方法 アルコール噴霧、UV 照射 温度制御 15°C~38°C (顕微鏡ステージ 4°C 可能) 環境モニタ 温度、有機ガス、微粒子 ユーザー I/F 電源 24V ビデオ出力端子 RS422 出力端子</p>
	水棲動物実験装置 (AAEF)	<p>この装置は小型の淡水産及び海水産の水棲動物を JEM 内の環境下で飼育するための装置です。長期間の飼育が可能で、発生、分化や個体の微小重力環境への様々な反応など、幅広い分野の研究に利用することができます。</p>	<p>外形 1/4 ダブルラック単位 環境制御 温度制御 14°C~30°C 溶存酸素 60%~95% pH 制御 6.7~7.5 ライフサポート 連続 90 日以上 継代飼育可能</p>
実験支援装置	画像取得処理装置 (IPU)	<p>画像取得処理装置は JEM に搭載されている実験装置から送られてくる様々な実験画像データを符号化・編集して、JEM システムの伝送ラインに出力する装置です。この装置の特徴は、JEM 及び実験装置と多様なインターフェースをもつこと、4ch 同時独立に動画の取得・圧縮ができること、またビデオテープを使用し、各 ch あたり 120 分間の動画データを記録できること、等です。</p>	<p>体積/寸法 1/4ダブラック、W482mm×H621mm×D660mm 信号 I/F 1553B、RS422、ビデオ、イーサネット、高速データ I/F 入出力データ 入力データ ビデオ信号 (NTSC)、テレメトリ、操作コマンド、静止画 (デジタル) 出力データ ビデオ信号 (NTSC)、テレメトリ、制御コマンド、圧縮画像データ (MPEG2) 画像処理 MPEG1/2 4ch 同時圧縮、1ch 伸張、ユーザープログラムの実行 記憶装置 ビデオセットレコーダ (Hi8×4 式)、リムーバブル HD ユーザー I/F 操作パネル 8inchカラー液晶モニタ</p>
	冷蔵庫・冷凍庫 (RF)	<p>宇宙での実験、特にライフサイエンスやバイオテクノロジーの実験では実験試料や必要な薬剤などを低温で保管する必要があるため、-80°C、-20°C、4°Cの3種類の温度のものを準備しています。</p>	<p>温度 -80°C -20°C 4°C</p>

25

付録 宇宙環境利用が有効な研究領域の概要
(宇宙開発委員会宇宙環境利用部会報告からの抜粋)

1. 宇宙環境を利用した物質科学、新材料創製、物理・化学現象の解明等に関する研究領域

宇宙環境を利用した物質科学、新材料創製、物理・化学現象の解明等(以下、物質科学等という)に関する研究領域としては、これまでに実績のある研究や新たな研究、基礎的な研究から具体的な応用の狙いを有する研究、独創的な研究など、さまざまな研究提案に広がりを持って柔軟に対応可能であるとともに、これらの研究が宇宙環境利用の効果との関係の観点から体系化が図られるよう、以下のとおりの研究領域を考える。

○熱・物質の移動に関する重力に依存した現象の解明と制御

○微小重力下での系の均質混合と粒子位置制御を利用した現象の解明と新材料創製

○微小重力下で自重や静水圧効果が除去されることを利用した現象の解明

○無容器処理による現象の解明と新材料創製

○宇宙での超高真空環境の実現と材料研究への利用に関する研究

(1) 熱・物質の移動に関する重力に依存した現象の解明と制御

材料製造に関わる現象や化学反応現象などでは、温度や濃度等の勾配が存在するため、重力の影響により、密度の違いに伴う対流が発生する。このように、さまざまな現象における熱や物質の移動には、重力が大きく関与する。微小重力を利用するあるいは特殊な環境を設定するなど、重力の影響を変化させることによって、これら現象の熱・物質の移動を制御したり、新たな現象を解明することが可能となる。

熱・物質の輸送における重力による対流の抑制は、輸送現象そのものの精密な解析に有効である。拡散係数等の熱物性値の計測やマランゴニ対流といった現象においては、地上では重力による対流のために精度の良い計測や観察が阻害されるが、微小重力下ではそういう外乱がなくなり、高精度で計測・観察することが可能になる。これらの計測や観察により得られる熱物性値や流体モデル等を用いることにより、より高品質な半導体結晶等を製造するために必要となるシミュレーションの高度化が図られ、製造

技術の改善等に大きく寄与することが期待されている。

複雑な現象のモデル化という点でも、微小重力は有効である。結晶成長、凝固といった材料生成過程や燃焼等の化学反応などの現象における熱・物質の輸送は、地上では、ほとんど拡散と対流の複合として現れる。対流による熱・物質の輸送は、非線形性が強く、複雑な場合には解析的な取扱いが不可能に近くなるため、対象とする現象の実態を正確に把握することは極めて困難になる。微小重力下では、純粋な拡散による熱・物質の輸送が実現されるため、複雑な現象が単純化され、現象の実態を把握・解析することが容易となり、現象のモデル化が図られる。

例えば、燃焼現象では、燃焼に伴い大きな温度勾配が発生する。地上では著しい対流により燃焼現象そのものを観察・測定することは不可能であるが、微小重力下では、火炎伝播挙動等の精度良い計測が可能となる。このような研究によりエンジン等の燃焼効率の改善が図られれば、省エネルギーの効果など、大きな経済的なメリットが期待される。また、沸騰現象では、気液界面での大きな密度差のため、地上では沸騰核の生成と共に生成気泡の加熱面からの剥離が生じ、沸騰核の発生挙動等の観察・計測は不可能であるが、微小重力下では、その解明が可能となる。さらに、結晶成長においては、固液界面への物質輸送や界面での物質の取込みが結晶の質に大きく影響する。地上においては、結晶成長によって生じる濃度勾配や温度勾配、組成変化等に伴う対流が発生し、結晶成長過程や結晶の質に影響を与える。微小重力下では、このような対流の抑制により、結晶成長メカニズムの解明や高品質結晶の育成条件の把握など、結晶成長過程の理解・解明が可能となるとともに、高品質な半導体結晶等の育成が可能となり、地上での半導体製造等に大きく寄与することが期待される。

これらの研究のための実験技術としては、さまざまな輸送現象を3次元的に観察し、解析する技術や、シミュレーション技術、結晶成長表面の観察技術等が必要である。これらの技術は地上での実験、研究の高度化にも寄与すると期待される。

(2) 微小重力下での系の均質混合と粒子位置制御を利用した現象の解明と新材料創製

互いに混じり合わない液体と液体、気体と液体、個体と液体等の間においては、地上では、密度差により浮遊や沈降が生じ、互いに分離する。微小重力下では、このような系において、微細粒の分散状態を達成でき、長時間維持できる。このような微小重力の効果を利用することにより、新たな現象の解明や新材料の創製が図られる。

このような効果を利用することによって大きく進展すると考えられる研究の一つは、相分離現象の解明である。地上では、相分離の初期に、密度差に起因した相の移動が生じ、これに伴い凝集メカニズムが働くために、重力に依存しない相分離のメカニズムを実験的に検証することはほとんど

不可能である。微小重力下では、重力に影響されない相分離の過程を連続的に観察可能であり、そのメカニズムの解明が期待される。

また、結晶の周りの環境を対称的に維持できることで、結晶成長に有効であることが考えられる。タンパク質結晶などの核発生や成長過程においては、地上では、重力による沈降・浮遊作用が成長する核の周りの拡散場の対称性を乱し、成長界面の過飽和度を大きくするなどの影響により、良質な結晶の育成を阻害する。微小重力下では、成長核周囲の対称性を確保することができるため、大型・良質のタンパク質結晶の成長が期待される。大型・良質のタンパク質結晶の育成により、これまで解明されていなかった結晶構造の解明が可能となり、タンパク質の構造と機能との関係の研究を促進し、タンパク合成による新たな医薬品等の創製に大きく貢献することが期待されている。

また、材料製造においても、密度の異なる複数の成分を巨視的に均一に分散した状態を維持できることを利用して、均一組成の粒子分散合金、偏晶合金等の新たな材料を製造することが考えられる。これらの研究・実験については、均一分散に必要な条件が整理されつつあり、これまでの宇宙実験から得られた知見に基づく高品質材料の創製が期待されるとともに、これら新材料の特性把握を通じて、地上における高強度複合材料の実用化への波及が期待される。

これらの研究のための実験技術としては、溶融・凝固の試料温度を直接測定する技術や温度の安定性・均一性を高精度に制御する技術、溶融試料中の気泡を除去する技術、相分離過程や凝固界面形状を観察する技術等が必要であり、これらの技術は、従来の宇宙実験の高度化を促し、宇宙における新材料創製の基盤を形成していくものと期待される。

(3) 微小重力下で自重や静水圧効果等が除去されることを利用した現象の解明

地上においては、物質には重力方向に自重が作用し、流体等ではこの静水圧の効果により、厳密には、物質の密度は高さの関数になる。静水圧は、自由表面が存在する系や、圧縮率が大きい系では特に影響が大きいことから、静水圧効果等を除去する必要がある研究や実験では、微小重力の利用が期待される。

静水圧除去効果の有効性を示す例として、臨界点近傍の流体挙動が挙げられる。物質は、臨界点付近では、気体とも液体ともつかない性質を持つようになり、圧縮率が大きくなる。地上では、微小な位置の差による静水圧によって、臨界流体の圧縮の程度が変化し、系内を一樣な状態に維持することができないため、正確な物性値を計測することができない。微小重力下では、静水圧効果が無く、系を一樣な状態に維持することが可能であり、臨界点での物性の高精度な計測が期待される。

また、自重や静水圧の効果除去することの特徴として、大型液体ブリッジを安定に生成可能であることが挙げられる。地上よりも遥かに大きな

液体ブリッジが維持できることから、マランゴニ対流や濡れ性の実験などの格好の実験環境が得られる。また、浮遊帯域溶融法等での液体ブリッジを利用した高品質な結晶の育成にも有効であり、地上では実現不可能な大きさの単結晶を得ることができる。

物質の中には、極めて柔らかいものがあり、このような物質については、地上では、製造段階で自重により変形が生じるため、大型結晶の成長は困難である。微小重力下では、自重や静水圧効果が無いため、このような柔らかい物質でも製造可能となる。過去、地上では困難であったヨウ化水銀の大型結晶の成長が微小重力実験によりはじめて成功している。このような材料の中には計測素子として期待されるものもあり、新たな材料の創製や先端技術の発展に寄与することが期待される。

これらの研究のための実験技術としては、特に、臨界現象等の観察・測定では、極めて高度な温度制御及び計測を必要とするとともに、現象観察と温度制御とを対応させて実験を行う必要からテレサイエンス技術が必要となる。テレサイエンス技術は、本研究領域のみならず宇宙実験に広く重要かつ必要な技術であり、宇宙実験の高度化に寄与するものと期待される。

(4) 無容器処理による現象の解明と新材料創製

微小重力環境では、高温に加熱した流体を、空間に浮遊させ、維持し、処理する無容器処理が可能である。これは、微小重力環境の特徴を活かせる実験技術であり、基礎、応用研究ともに、地上の技術では困難なさまざまな革新が期待されている。

無容器処理の最大の特徴は、容器との界面除去効果である。容器界面における不均一核生成が抑制されるため、大きな過冷却が実現可能となり、地上では通常出現しない準安定相を作り出すことが可能となる。準安定相では、通常得られない特異な電氣的・磁氣的な機能・性質が発現する可能性があることが期待されており、微小重力下での実験によりはじめて新材料が得られる可能性がある。

坩堝からの不純物の混入防止も、極めて大きな利点となる。一般に、高付加価値材料は、坩堝との反応性が大きく、地上では高純度結晶を得ることはできない。無容器処理により、高純度の材料を製造することが可能となる。例えば、光ファイバー等の光学素材には、坩堝との反応性が大きいものがあり、高機能の材料の製造が期待される。

無容器処理は、高品質結晶の成長を行うためにも有効である。容器と接して結晶が成長するとき、容器と結晶の間に発生する歪みのため多くの欠陥が発生する。浮遊状態で結晶を成長させれば、このような歪みを受けることなく、高完全性の結晶を得ることが可能となる。

無容器処理は、物性計測にも有効である。微小重力環境では、液滴球の真球度が良好になることもあり、通常物性計測法では困難な過冷却状態での物性計測、高反応性物質の物性計測等の高精度化が可能となる。

無容器処理を利用した微小重力実験は緒についたばかりであり、浮遊体の位置制御方法、加熱方法など、多くの技術開発課題があるが、その克服と相俟って、飛躍的な科学技術上の成果の創出が期待できる。

(5) 宇宙での超高真空環境の実現と材料研究への利用に関する研究

宇宙空間は無限の排気能力を持つ広大な空間であり、地上では実現不可能な大規模の高真空が実現できる。熔融状態からの高純度物質の製造にとって、雰囲気からの不純物の混入が大きな問題である。宇宙環境利用の特徴である浮遊状態の達成と高真空を利用し、地上では実現困難な熔融状態からの高純度物質の製造が達成できると期待される。

半導体の製造では、素子動作の信頼性のために清浄な結晶が必要とされ、混入する不純物の制御がデバイスの進歩とともにますます重要となっている。特に、エピタキシャル成長においては、ハイドロカーボンや僅かな炭素等の不純物ガス原子の成長相内への取込みが問題となっている。宇宙空間では、ウェーク（航跡）の利用による清浄な高真空状態を実現することにより、地上では得られない高品質な物質の製造が可能になることが考えられており、半導体デバイス製造等に用いることが期待されている。

さらに長期的には、高真空に加え、宇宙の広大な空間、浮遊状態の実現を利用することにより、宇宙での大規模な材料製造プロセスなどの発展の可能性も秘めている。

2. 宇宙環境を利用したライフサイエンス、宇宙医学、有人宇宙技術等の研究に関する研究領域

宇宙環境を利用したライフサイエンス、宇宙医学、有人宇宙技術等（以下、ライフサイエンス等という）に関する研究領域については、宇宙環境と生物・人間との関わり合いの観点に基づき、現在広く注目されている研究から新しい視点からの研究、基礎的な知見の獲得を目指した研究から応用的な研究など、さまざまな研究提案に柔軟に対応可能であるとともに、新たな研究手法の研究や共通基盤的な研究を促し、数理・工学的アプローチや実験技術の研究開発に積極的に対応していくものとして、以下のとおりの研究領域を考える。

○生物の構造・機能に対する重力の影響の解明

○宇宙・地球環境での生物の適応性と生態系に関する研究

○宇宙放射線の物理的効果と生物・人への影響に関する研究

○宇宙環境が人体及び精神に与える影響とその対策に関する医学や人間工学の研究

○宇宙環境を利用した生物工学の研究と実験技術の研究開発

(1) 生物の構造・機能に対する重力の影響の解明

地球上のほとんどの生物が重力環境に依存し、長い進化の過程からきわめて多様な種固有の構造と機能を獲得してきた。これら地球上での生物が有する重力に依存した構造と機能の必然性について理解することは、生命の本質を解明する上で重要な知見を与えることが期待できる。

宇宙環境においては、地上の重力に束縛されず任意に重力レベルを設定できることから、生物が重力によって受ける影響を、より明確かつ詳細に研究することが可能となる。

この研究領域においては、生物の発生・分化及び成長、植物の重力感受・応答、動物の重力感受とシグナル伝達、重力に依存する遺伝子発現と調節など、分子、細胞、器官、個体など、異なったレベルの特徴的な現象に着目した研究の実施により、重力に依存する生物特有の素過程を支配しているメカニズムを解明することが期待される。

(2) 宇宙環境での生物の適応性と生態系に関する研究

地球生命環境の特徴である遺伝子、種及び生態系の多様性が、人工的な環境によって大きな影響を受け始め、生物と環境の相互作用や生態系維持のための研究が重要な課題となっている。地球上の極限環境にも存在する様々な生物が獲得した環境適応能力の解明やその進化過程についての研究も、生物が本来有する環境適応能力を解明する上で重要である。これらの研究は、地球生命がおかれた現状を理解し未来を予測する上で必要なだけでなく、生命の起源と進化に関し新たな知見を与えることが期待できる。

この研究領域では、生物と環境の相互作用のうち、重力、太陽紫外線、真空、電磁場、温度、放射線など、生物系にとって重要なさまざまな環境因子に着目し、これまで進化の過程で獲得してきた環境適応能力が、遺伝子、個体、あるいは生態系としてどのような影響を受けるかについて理解することが期待される。また、環境を制御する技術に関しても、生物・生態学及び物理・化学の両方の側面からの研究を行うとともに、宇宙環境など、特異な閉鎖環境に長期間滞在する生物によって構成される生態系が受ける変化や影響についても、ライフスパンを超えた研究の展開が期待される。

さらに、宇宙ステーションの曝露部などを利用し、月や火星などの「圏外環境」での生命の生存可能性や地球外生命の存在可能性を探究することは、原始地球やオゾン層が減少した地球環境などのシミュレーションとして生命の起源や適応限界について新たな知見を与えることが期待される。

(3) 宇宙放射線の物理的効果と生物・人への影響に関する研究

宇宙に存在する放射線は、バンアレン帯を構成する電子やプロトンの他、地球上ではほとんど存在しない高エネルギー粒子などがあり、そのレベルは軌道上での位置や太陽活動によって大きく変動する。これらの宇宙放射線は、長期に宇宙滞在する搭乗員や生物試料に持続的な影響を与えるが、そのメカニズムや線量率効果などは明らかではない。

この研究領域では、宇宙放射線の物理的側面と生物影響のメカニズムの解明をねらい、突然変異や遺伝子修復の変化、微小重力との複合効果、低線量粒子放射線の長期被曝影響などについて研究を行うことが期待される。また、生物や人の長期宇宙滞在時の宇宙放射線の量的及び質的実態を詳細に把握するための宇宙放射線計測、予測技術、さらには、放射線防護の観点から、線量当量の算出、被曝管理のための計測技術・健康管理技術の開発に関する研究の進展が期待される。

(4) 宇宙環境が人体及び精神に与える影響とその対策に関する医学や人間工学の研究

宇宙環境に人が長期滞在する場合に生じる生理的影響と精神科学的な影響については、これまでNASAやロシアにおける宇宙飛行でかなり調べられてきたが、それらの詳細やメカニズムについては、未だ十分理解されていない点が多い。我が国においては、これまでほとんど有人宇宙飛行によるデータが無く、宇宙滞在時に生じる複雑な影響については、今後、国際協力も踏まえたさらに詳細な研究とその対策が重要である。また、人間の宇宙滞在における安全性の向上、作業能率の向上、グループパフォーマンスの向上及び快適性の向上を目的として、有人安全技術や人間工学などの工学分野の研究も重要である。

この研究領域では、有人による長期宇宙滞在時の影響として注目すべき心循環器、骨・カルシウム、筋肉、神経・前庭系、栄養代謝、血液・免疫、精神・心理などの生理学的及び人間科学的影響の把握とそのメカニズムの解明並びに対処手法の研究を行い、人体の生理学的知見の蓄積等により人間に対する理解を広げるとともに、有人宇宙飛行の安全性・作業能率等の向上を図ることが期待される。また、これらの研究を通じて、地上の医療等への貢献を果たすことが重要である。

(5) 宇宙環境を利用した生物工学の研究と実験技術の研究開発

宇宙という特殊環境において生体システムが引き起こされる順応や適応といった短期的・長期的影響は、宇宙でのライフサイエンス等の研究の重要な課題の一つである。このような宇宙環境での宇宙医学や生物学における問題を詳細かつ体系的に理解するためには、数理・工学モデルによる解析と実験による評価を併せて行うことが必要である。

また、微小重力環境の効果を利用したバイオプロセス技術を活用するこ

とにより、高分子や生体超分子などの物性研究や、タンパク結晶化の詳細観察とメカニズムの解析、さらに、これらの成果に基づくタンパク結晶化の制御などを目標とした研究が可能となる。また、現在広く利用されている遺伝子のクローニングやゲノム解析技術には、遺伝子自身やそのDNAフラグメントなどの巨大分子の分離精製が必要とされており、微小重力環境を利用した効果的な物質分離・分析法についての研究、開発を進めることが有効である。我が国では、宇宙での細胞培養技術に関してこれまで実績があり、細胞生物学の研究とともに、微小重力下の細胞のさまざまな応答や機能が調べられてきた。培養細胞は、動物細胞のみならず、植物の細胞や組織なども今後利用対象にされていくことが期待され、培養技術も微小重力環境でより効果的な方法を開発することが課題である。さらに、細胞培養技術と物質分離、解析技術の複合化による軌道上での効果的なバイオプロセス技術の研究開発についても今後必要と考えられる。

さらに、本研究領域では、宇宙環境を利用したライフサイエンス等の研究をサポートするためのバックグラウンドとして、細胞工学、遺伝子工学、タンパク工学などの専門領域の成果を活用した研究の立案や、研究に必要な分析・解析技術の高度化と技術開発についても進めていくことが必要である。また、軌道上でのライフサイエンス実験や地上でのシミュレーションをサポートするための試料処理、軌道上解析、テレサイエンスといった基盤的な実験支援技術（スペースバイオテクニクス）の研究開発を強化し、軌道上でのライフサイエンスの実験の質を高めることが重要である。これら技術の研究開発の成果は、軌道上実験をサポートだけでなく、地上の産業技術、分析技術などに広範囲にスピノフすると考えられる。また、本領域を設定することによって、工学系研究者の積極的な参加が期待される。

3. JEM曝露部利用を目指した理工学・通信、宇宙観測、地球観測、宇宙インフラストラクチャ整備のための基盤的・先端的な技術開発等

JEM曝露部利用を目指した理工学・通信、宇宙観測、地球観測、宇宙インフラストラクチャ整備のための基盤的・先端的な技術開発等については、もともと宇宙での研究や実験を指向したものである。このため、材料・ライフサイエンス分野等とは異なり、公募により研究を推進するシステムで推進すべき研究領域として、宇宙との複合領域となる新たな研究領域を設定する必要はない。むしろ、以下に示すそれぞれの分野や活動において、宇宙インフラストラクチャ整備のためのJEM曝露部の有効な活用、全体的な観測目的や観測シナリオの中でJEM曝露部の特徴を活かした利用等の視点から具体的な構想をまとめていくことが重要である。

(1) 理工学・通信、技術開発等の分野

宇宙インフラストラクチャは、高度化・多様化する宇宙活動を効率的かつ安定的に展開して行くために必要な共通基盤的なシステムである。JEM曝露部は、宇宙インフラストラクチャの開発・利用に必要な共通的な技術の実証を行う場として有効であるとともに、宇宙環境を理解し、その利用の高度化を図るために必要な技術データの収集・蓄積を行う場として有効であり、最大限の活用を図ることとして、計画的に利用を進める。

①ロボティクス・テレサイエンス関連技術

ロボティクス・テレサイエンス関連技術は、宇宙実験等に係る自動化・自律化、宇宙飛行士の船外活動作業の代行、軌道上宇宙作業ロボットの実現など、将来の宇宙インフラストラクチャの開発・利用に不可欠な共通的な技術領域である。その技術開発は、人間のインテリジェンスと器用さへの挑戦であるとも言え、JEM曝露部は、このような未知かつリスクな実験に最適の場を提供する。

②エネルギー関連技術

エネルギー関連技術は、科学技術創造立国としての我が国にとって、独自性・自立性を確保すると同時に真の国際貢献を可能とするために発展させるべき重要な技術である。また、今後、宇宙に活動を広げていく際にも必ず必要になるものであり、無線でのエネルギー伝送の技術、太陽熱の利用技術、電力貯蔵技術など、宇宙インフラストラクチャの開発・利用のための鍵となる技術である。さらに、宇宙でのエネルギー関連技術の発展は、地上での基礎工学研究や、プラズマ物理・半導体物理等の理学研究の推進への寄与も期待される。JEM曝露部は、このようなエネルギー関連技術の実証を行うために好都合な条件を数多く備えている。

③通信関連技術

通信関連技術におけるJEM曝露部利用は、以下の意義、必要性があり、これらの技術課題について、JEM曝露部を利用して実証を行うことは極めて有意義である。

- ・ 将来の宇宙インフラストラクチャにおける大容量通信・データ中継システムに必要な技術の実証実験とデータ取得
- ・ 高度情報通信基盤やグローバル・インフォメーション・インフラストラクチャ(GII)構築に必要な超高速衛星通信システム等の実現の鍵となる技術に関する実験実証とデータ取得
- ・ 次世代の高度な衛星通信システムに必要な要素技術における我が国の技術開発能力の向上

④構造物関連技術

21世紀には、宇宙インフラストラクチャとして、各種プラットフォームなどの大規模な宇宙構造物が想定されるが、このためには、軌道上での軽量の構造物の展開・組立等に関する設計・構築技術の確立、姿勢制御の安定化、衝撃荷重の低減、高度宇宙環境利用のための微小重力環境の改善等が課題となる。これら課題の解決に向けて着実に技術開発を進めるためには、宇宙環境下での材料・機構部品の劣化、熱変形、振動等の諸現象の把握や技術実証方法の研究を行うとともに、地上試験のみでは不十分な要素技術の実証や新しいコンセプトの構造物の研究開発を軌道上で行う必要がある、JEM曝露部はそのための有効な場となる。

⑤熱管理・液体管理関連技術

将来の宇宙インフラストラクチャにおいては、エネルギー需要の増大や温度管理等に関するミッション要求の多様化・高度化、軌道上での燃料の貯蔵・再補給といった新たなニーズなどに応じて、大容量の熱輸送・排熱や極低温冷却といった熱の管理技術及び熱輸送用液体や極低温液体推進剤等の液体の管理技術が重要である。これらの要素技術の実証を行うためには、JEM曝露部は有効な場となる。

⑥宇宙環境計測・影響評価関連技術

JEM曝露部では、宇宙空間に開放された場での宇宙環境の利用が可能となるが、そのためには、利用すべき宇宙環境を十分に理解することが重要である。科学衛星等の観測により、自然科学の立場からの地球周辺の宇宙環境の理解が進んできたものの、宇宙環境利用の立場からのデータの収集や蓄積、宇宙環境が材料や部品に与える影響の理解は依然として十分なものではない。このため、JEM曝露部を利用して、宇宙ステーション周辺/軌道近傍における宇宙放射線、中性ガス、プラズマ、磁界、電界、電磁波、紫外線等の宇宙環境を計測しデータを蓄積するとともに、スペースデブリについても、回収等の将来的な対策を念頭に置きつつ、計測を行う。また、宇宙用の部品・材料に対して宇宙環境が及ぼす影響についてもデータを収集・蓄積する。

⑦その他

これまで我が国では検討が十分ではなかったが、最近米国等においてJEM曝露部利用を目指した研究が進められているものとして、極低温での物理現象など、基礎物理現象の研究が挙げられる。また、重力環境制御、軌道・姿勢制御、宇宙環境計測・スペースデブリ捕獲など、幅広い用途が想定されるテザー技術もJEM曝露部利用の可能性が考えられる。

(2) 地球観測

地球環境を監視し、環境破壊を防ぎ、環境を保護するためには、変化の実態を把握し、そこで起こっている現象のメカニズムを解明し、モデル化してシミュレーションを行い、将来を予測し、その結果に基づいて対策を立てる、ということが必要である。このためには、地球全体規模での環境の観測、監視が重要であり、宇宙からの地球観測は、その不可欠の手段である。このような地球環境観測を効率的かつ効果的に行うために、長期的な観測シナリオを検討し、これに基づき将来必要となる観測センサや観測システム技術の研究開発を進めることが重要である。JEM曝露部は地球観測として以下の利点を有しており、このような観測シナリオの中で有効に利用していくことが重要である。

- ・ 軌道高度が比較的低高度で、通常の衛星では実現し難い高度を長期にわたって維持できること
- ・ 軌道傾斜角が51.6度で、人間活動の行われる主要な緯度範囲をカバーしていること
- ・ 重量・電力等のリソースの制約が比較的小さいこと
- ・ 機器の構成変更や保守の可能性があるため、開発要素の多い機器による検証実験等にも利用できること

地球観測センサや観測システムに関しては、今後、技術的な難度の高い大気観測を中心としたミッションの実現が課題となっている。上記のJEM曝露部の利点を踏まえ、これらのミッションに対してJEM曝露部が有効な場を提供することが期待される。これまでの検討により、特に初期の利用として、大気中の水蒸気・エアロゾルや風ベクトルの観測に有効なレーザーレーダ（ライダー）の搭載実験、大気中の微量気体からのサブミリ波放射の計測の宇宙実証、地球温暖化の現象解明とモデル化に重要な上層雲のレーダによる観測実験、対流圏の大気成分の全地球的な観測などのミッションが提案されてきた。今後さらに本分野の研究を推進することで、より高度な地球観測ミッションの提案がなされることが期待される。

(3) 宇宙観測

人類は、宇宙や太陽系の起源そして構造、地球及び生命体の誕生といったものへの科学的興味を常に探究し続けてきた。この要求に応える宇宙の科学的探究の活動は、ますます重要なものとなっている。これらによって得られる様々な知見や知識は、新しい宇宙観・地球観・生命観を生み出し、新たな思想や文化の創造、知的で成熟した社会の実現に貢献するものと考えられる。

このような宇宙科学、とりわけ宇宙からの天文観測において、JEM曝露部の利用は、姿勢変動や視野、高精度のポインティング、有人システムに伴う安全性要求等の制約があるものの、観測装置の開発期間の短縮や定期的な輸送手段の確保が可能であり、重要な観測イベントの時期に合わせた実験装置の搭載が可能となること、実験装置の回収による実験内容の多様化や技術

実証実験が可能となることなどの利点を有している。このため、宇宙観測の分野においても、科学的に意義があり国内に推進できる研究グループがあること、他の宇宙観測衛星や地上での観測と重複せずに相補的であること、曝露部の特徴を生かせることなどの考え方に基づき、JEM曝露部を有効に利用していくことが重要である。

宇宙観測の分野においては、宇宙科学研究所を中心として衛星などを用いた科学観測の成果と経験が積み重ねられている。JEMにおけるミッションでもそれらに対応する高度な観測計画が期待されており、この観点からの検討は既に長期にわたり行われてきた。特に初期の利用においては、制約条件に十分配慮した計画を厳選し、確実な科学的成果を目指すことが重要であるが、初期のJEM曝露部の有効な利用に向け、そうした条件を満たす計画として、以下のような具体的ミッションが提案されてきた。

- ・ X線全天モニタ等による高エネルギー天体や突然現象の監視・発見
- ・ 未解明であるガンマ線バースト現象の探索・研究
- ・ 高エネルギー宇宙線の直接観測による宇宙線の起源の解明
- ・ 太陽の次期活動期に合わせたX線スペクトルなどの活動モニタリング
- ・ 高エネルギー電子の観測による宇宙空間での電子加速などの研究

今後、JEMの環境条件や利用の可能性が明確になるにつれて、さらに、電波や可視・赤外線観測などの分野でも優れた提案がなされることが期待される。

受付番号： _____
(記入不要)

宇宙環境利用に関する
地上研究公募

研究テーマ提案書

平成9年 月 日 作成

審査希望分野名	
研究テーマ名 (50字以内)	
提案者氏名	
所属機関名	

研究計画

研究テーマ名：	
研究区分：	研究分野：
1. 研究目的	
2. 研究概要	

研究計画

研究テーマ名：

3. 科学的または技術的な意義

4. 宇宙環境利用との関連

研究計画

研究テーマ名：

5. 波及効果

6. 研究体制

研究計画

研究テーマ名：

7. 研究期間

8. 研究計画

研究計画

研究テーマ名：

9. 従来及び現在実施中の研究との位置付け、関係

10. 国内外の研究状況

研究計画

研究テーマ名：

11.他制度からの助成等の有無

12. その他

研究予算計画

平成 年度	(単位：百万円、十万円未満は切り捨て)	
項 目	金 額	簡単な積算内訳
(1)直接人件費		
(2)機器・設備費		
(3)旅費		
(4)謝金及び雑役務費		
(5)材料費・消耗品費		
(6)分析費		
(7)印刷費・複写費		

研究予算計画

平成 年度	(単位：百万円、十万円未満は切り捨て)	
項 目	金 額	簡単な積算内訳
(8)設備使用料		
(9)その他		
(10)一般管理費		
(11)消費税		
合 計		

研究設備計画

1. 本研究で使用する主な設備、施設等

(1) 既に利用しており、本研究でも継続して利用可能なもの

(2) 新規に購入する必要があるもの

(3) 宇宙開発事業団が保有しており、利用を希望するもの

2. 設備購入計画 (100万円以上の購入機器について記入して下さい。)

品名	仕様	目的	金額	購入機関	設置場所

(注) 購入設備が多い場合等には、複数枚になっても構いません。

提案者経歴等

1. 提案者経歴

- (1) 氏名 (フリガナ)
- (2) 所属機関及び役職名
- (3) 生年月日 (西暦) 及び年齢
- (4) 学 位
 - ・ 機関名
 - ・ 学位 (論文)
 - ・ 取得年
 - ・ 専攻
- (5) 研究経歴 (主な職歴と研究内容)

- (6) 研究テーマに関連する発表論文

- (7) 提案者発表論文等が引用されている主要な他研究者の発表論文名、著書名

2. 派遣研究員の推薦

- (1) 派遣研究員として希望する研究者や研究補助者の氏名

- (2) 必要時期

- (3) 確保の目処