

2020年までの宇宙医学分野の ISS/きぼう利用シナリオ

平成 24(2012)年 12月
第二版

国際宇宙ステーション・きぼう利用推進委員会
宇宙医学分野研究シナリオ WG

目次

1. はじめに	1
2. 宇宙医学研究の目的	3
3. 「きぼう」初期利用の現状.....	4
3.1 JAXA 宇宙医学研究	4
3.1.1 研究領域.....	4
3.1.2 最重要課題	4
3.1.3 軌道上実験の研究プロセス.....	4
3.1.4 実施している研究テーマ	5
3.2 ライフサイエンス国際公募	6
3.2.1 基本方針	6
3.2.2 選定された研究テーマ	6
4. 国際動向と長期展望	8
4.1 国際動向	8
4.1.1 NASA の動向.....	8
4.1.2 ESA の動向	9
4.2 長期展望	9
5. 目標と重点研究課題	10
5.1 宇宙医学研究への期待	10
5.2 領域別研究課題	10
5.3 重点研究課題の選定	11
5.4 目標1「宇宙飛行士の健康管理に役立つ宇宙医学研究」の重点研究課題.....	12
5.4.1 生理的対策分野	12
5.4.2 精神心理支援分野	12
5.4.3 放射線被曝管理分野	12
5.4.4 宇宙船内環境医学分野	12
5.4.5 軌道上の遠隔医療分野	12
5.5 目標2「メカニズム解明をめざす宇宙医学基礎研究」の重点研究課題	12
5.5.1 生理的対策分野	12
5.5.2 放射線被曝管理分野	12
6. 宇宙医学研究の推進方策	14
6.1 研究コミュニティからの要望	14
6.2 研究公募とプロジェクト研究.....	14
6.3 研究コミュニティ支援	14

6.4 海外機関との連携	15
6.5 アウトリーチ・理解増進・人材育成	15
7. 参考文献	15
別表1 宇宙医学分野の ISS/「きぼう」利用シナリオ WG メンバーリスト	16
別表2 研究課題を絞り込む評価と判定基準	17

1. はじめに

国際宇宙ステーション(ISS)計画への我が国の参加については、2010年8月の宇宙開発戦略本部決定により、2016年以降もISS計画に参加していくことを基本として必要な取組を推進することとされている。2011年8月の宇宙開発戦略専門調査会の報告では、生命科学や観測等の分野では成果が得られつつあり、今後、有人の特徴を活かすなど更に研究内容を充実させて具体的な成果を出す工夫が不可欠である、とされている。加えて、我が国の財政状況や第4期科学技術基本計画などの政策的な状況を踏まえ、JAXA理事長の外部諮問機関であるISS・きぼう利用推進委員会(浅島誠委員長)に対し、JAXA理事長より、今後2020年までのきぼう利用における利用シナリオにおいて重点的に取り組む課題の設定が諮問され、2010年10月より検討が開始された。

きぼう利用推進委員会では、この2020年までのきぼう利用シナリオの検討の指針として、以下の重点化の方向性が示された。

【方向性】ISS / 「きぼう」でしか出来ない最先端の科学的研究

- (1) 長期的視点(5年以上)で、生命科学分野、物質科学分野などの科学的知見獲得を目指す。
- (2) 短期的視点(3年程度)で、以下のブレイクスルーとなる技術・知見の創出を目指す。
 - ・地上における社会問題解決、災害復興への貢献など
 - ・グリーン / ライフイノベーションへの貢献、新産業創生、教育・一般利用など

【方向性】有人宇宙活動のための基盤的な研究開発

我が国の月惑星探査、有人開発にむけ、生命科学、宇宙医学、技術開発分野などでの基盤的な技術・知見を蓄積する。

ISSにおける研究領域は、人文科学、社会科学、宇宙生命科学、物質科学、宇宙地球科学と広い領域に及ぶ(図1)。宇宙生命科学の中には、人類の宇宙進出の基盤となる「宇宙医学」と、サイエンスを探究する「生命科学」の分野があり、生命現象のメカニズム解明に関する研究は共通する分野として連携が期待できる。

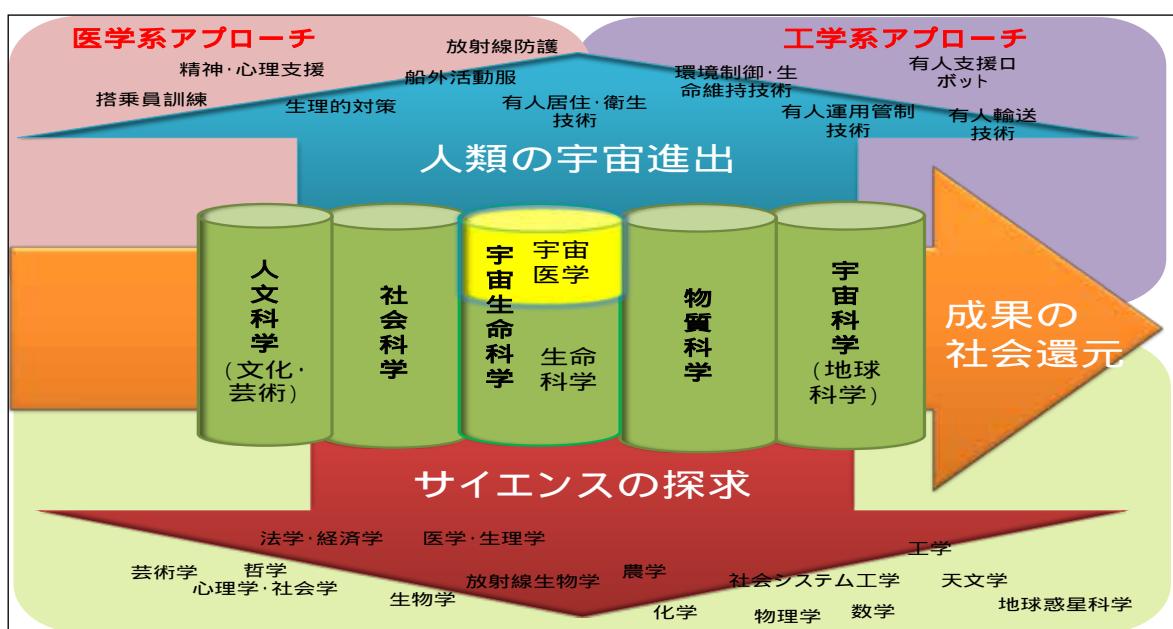


図1 ISSで実施する研究領域

「宇宙医学」は、宇宙生命科学分野の一部に包括されるが、「ヒトの異常を対象」とした研究分野であるため、サイエンスの探究を目指す「生命科学」とは共有部分があるものの、別途、宇宙医学研究シナリオを策定することとなった。ISS・きぼう利用推進委員会の下部組織となる宇宙医学シナリオワーキンググループ(WG)は、過去の研究シナリオと ISS 研究動向を確認し、重点研究課題と推進方策について討議を行ない、「2020 年までの宇宙医学分野の ISS/きぼう利用シナリオ」を作成した。

2. 宇宙医学研究の目的

宇宙飛行士が活動する宇宙空間は、微小重力(μG)、宇宙放射線、閉鎖空間といった過酷な作業環境であり、ヒトの心身には様々な影響が生じる。宇宙滞在初期には、宇宙酔い、体液シフト、感覚器官の搅乱など、長期宇宙滞在では、骨密度低下、カルシウム流出、筋萎縮、生体リズム変調、免疫機能低下、宇宙放射線被曝など、人体リスクはより顕著となる。有人宇宙飛行を成功させるためには、宇宙飛行士の心身の健康を維持し、パフォーマンスを最大限発揮させること、地上帰還後の重力環境への速やかな再適応を促すことが必要である。これらの人體リスクの軽減を立証し、健康管理技術の向上を図るための宇宙医学研究が必要不可欠である。

宇宙医学研究分野では、上記二つの課題のうち、【方向性】を推進する。

【方向性】有人宇宙活動のための基盤的な研究開発

そのためには、微小重力の ISS 環境、さらには $1/6G$ の月・ $1/3G$ の火星への進出を見据え、宇宙環境が与えるリスクの評価とそのメカニズム解明、対抗手段についての研究を推進する必要がある。今後の宇宙医学研究は、宇宙飛行士の健康管理に直接役立つ運動療法やリハビリテーション科学などのマクロサイエンス的研究に加えて、先進的な医学研究手法を積極的に取り入れる手立てを模索し、地上で進んでいる脳科学、再生医療科学、ゲノム科学、創薬科学などの先端科学研究との融合を図り、人體リスクのメカニズムの解明に迫らなければならない。

以上より宇宙医学研究は、次の二つの目標を設定することとした。

- 【目標1】宇宙飛行士の健康管理に役立つ宇宙医学研究
- 【目標2】メカニズム解明をめざす宇宙医学基礎研究

3. 「きぼう」初期利用の現状

きぼう初期利用の宇宙医学研究は、JAXA 宇宙医学生物学研究室が行う研究と、ライフサイエンス国際公募で選定され大学等に所属する研究者が行う研究に大別される。

3.1 JAXA 宇宙医学研究

3.1.1 研究領域

JAXA 宇宙医学生物学研究は、生理的対策、精神心理支援、放射線被曝管理、軌道上医療、および宇宙船内環境医学の5つの分野についてそれぞれ最重要課題を提示し、体系的に研究を進めている¹⁾。

3.1.2 最重要課題

5つの研究分野における最重要課題は、それぞれの分野における医学的リスクについて、その発生頻度、飛行士とミッションへの影響、研究の実現可能性などを考慮し、掲げられたものである。例えば、生理的対策分野では骨量減少や生体リズム調節、精神心理分野では宇宙でのリラクゼーション法、軌道上医療分野では生体機能モニター、放射線被曝管理分野では宇宙放射線被曝計測、宇宙船内環境分野では環境モニタリングなどが最重要課題に挙げられている。

3.1.3 軌道上実験の研究プロセス

軌道上で実施される宇宙医学実験は、解析機器などの搭載・採取サンプルの輸送・計画調整・運用管制など、実験を運用するためのさまざまな制約があるなかで、研究遂行のため最大限の可能性を追求しなければならない。研究の成果が実際の健康管理に適応されるまでの一般的な流れを以下に示す。

重点研究課題に対して、科学的知見にもとづいて軌道上でも運用が可能な対策を考案し、研究計画を立案する。

軌道上実験の実施に先立っては、模擬宇宙環境(ベッドレスト、閉鎖実験など)で仮説の検証が十分に行われている必要がある。

宇宙実験の科学審査、倫理審査、および宇宙飛行士の同意取得と訓練、他の実験との干渉回避のための調整等を経て、軌道上実験が実施される。

軌道上実験でリスク軽減に関する有効性を確認した後、研究で得られた知見と技術について、宇宙飛行士健康管理運用への適応を検討する。

現在行われている宇宙医学研究における軌道上実験のプロセスを図2に示す。

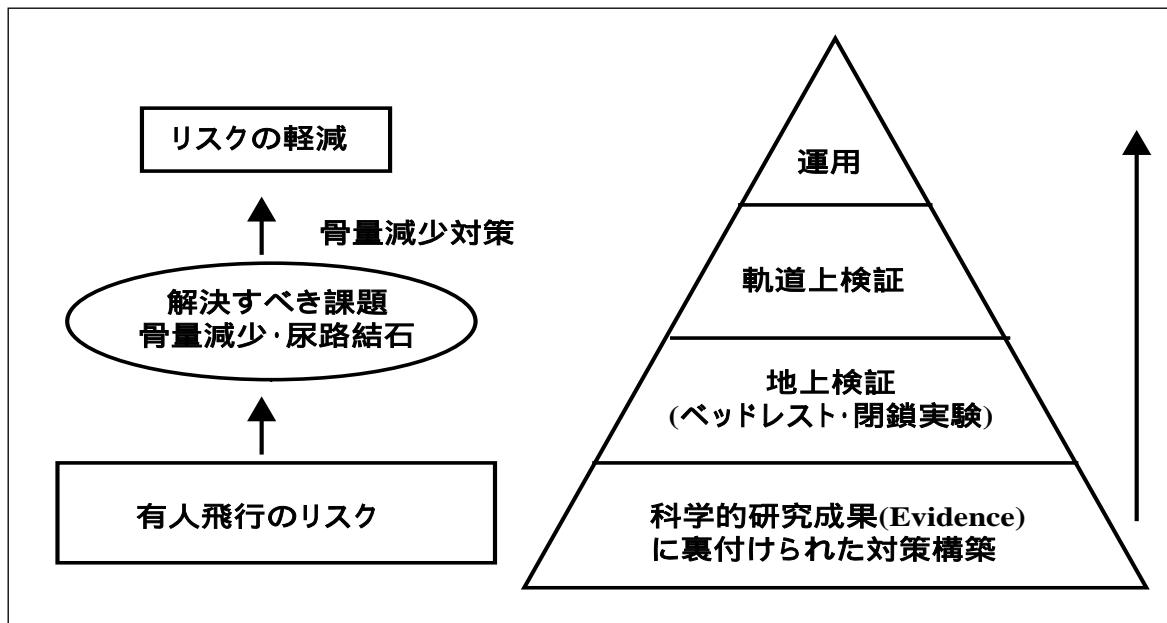


図2 宇宙医学研究における軌道上実験のプロセス

3.1.4 実施している研究テーマ

JAXA 宇宙医学研究としてこれまでに実施している研究テーマを以下に記す。

薬剤を用いた宇宙飛行中の骨量減少・尿路結石予防対策に関する研究 (*)

長期宇宙飛行時における心臓自律神経活動に関する研究

国際宇宙ステーションに滞在する宇宙飛行士の身体真菌叢評価研究

長期宇宙滞在宇宙飛行士の毛髪分析による医学生物学的影响に関する研究

長期宇宙空間保存による宇宙食中の栄養素への影響の検証

宇宙医学実験支援システムの軌道上検証実験(軌道上遠隔診断システム) (**)

* : ライフサイエンス国際公募に応募し選定され JAXA/NASA の国際共同研究として実施。

** : 宇宙環境利用センター主体による実験を支援。

各テーマの概要は、以下の HP に公開されている。

<http://iss.jaxa.jp/kiboe/exp/condition/#incomplete>

これまでに獲得した研究成果を以下に記す。微小重力環境では骨吸収が亢進し、地上の骨粗鬆症のおよそ10倍の速さで骨量が減少することが明らかになっているが、骨粗鬆症治療薬ビスフォスフォネートの予防的服用と運動療法を組み合わせると、骨量減少と尿路結石リスクが軽減することを立証しつつある。ホルター心電計を用いた心臓自律神経活動の評価によれば、ISS長期滞在宇宙飛行士のサークルディアンリズムは、フライト直後に一旦変化するが後半には改善する傾向がみられた。軌道上における規則的な生活リズムの重要性が示唆される。宇宙環境の生体影響を調べる目的で実施した毛髪や人体常在菌叢の研究は、現在解析が進行中で、研究成果が期待される。「きぼう」には脳波計、電子聴診器なども搭載され、取得したデータを軌道上の端末と地上で共有する宇宙医学実験支援システムの検証が実施された。

なお、JAXA宇宙医学研究では、上記軌道上テーマの他に、軌道上実験を目指す地上の基礎宇宙医学研究として、筋萎縮、運動療法、栄養療法、免疫障害、放射線生物影響、月面歩行、月面ダスト、モデル動物メダカによる環境応答の評価法などの研究も進められている²⁾。

3.2 ライフサイエンス国際公募

3.2.1 基本方針

宇宙環境利用研究委員会の宇宙医学専門委員会で作成した「宇宙医学分野の研究シナリオ(第4版)」では、「宇宙環境を利用した基礎医学研究推進」と「心身に与える影響解明と対策構築を目指す臨床医学研究」を、宇宙医学の研究目標としている³⁾。日本が世界にリードし独創性が発揮される研究を開拓すること、ヒトの宇宙滞在に必要な医学課題の解決に役立つこと、および将来の有人宇宙活動推進に貢献することなどが、基本方針である。

3.2.2 選定された研究テーマ

ライフサイエンス国際公募で選定された研究テーマを以下に記す。

A) 2004年ライフサイエンス国際公募選定テーマ

薬剤を用いた宇宙飛行中の骨量減少・尿路結石予防対策に関する研究(*)

* : JAXA/NASAの国際共同研究として実施。

B) 2009年ライフサイエンス国際公募選定テーマ

宇宙飛行士の筋骨格系廃用性萎縮へのハイブリッド訓練法

前庭・血圧反射系の可塑性とその対策

長期宇宙滞在がヒトの脳循環調節機能に及ぼす影響

長期宇宙滞在中の傾き感覚の形成に対する視覚と頸部深部感覚の関与

宇宙飛行デコンディショニングの対抗措置としての人工重力とエルゴメータ運動

各テーマの概要は、以下のHPに公開されている。

http://iss.jaxa.jp/kiboexp/application/app_international_public.html

2009年ライフサイエンス国際公募選定テーマは、それぞれ軌道上実験運用に向けた準備や調整が行われ、フライト実験審査完了テーマから、軌道上実験が逐次開始される。

これまで、きぼうで実施した宇宙医学研究と、ライフサイエンス国際公募で選定された宇宙実験準備を行っている研究テーマ、および今後の展望を図3に示す。

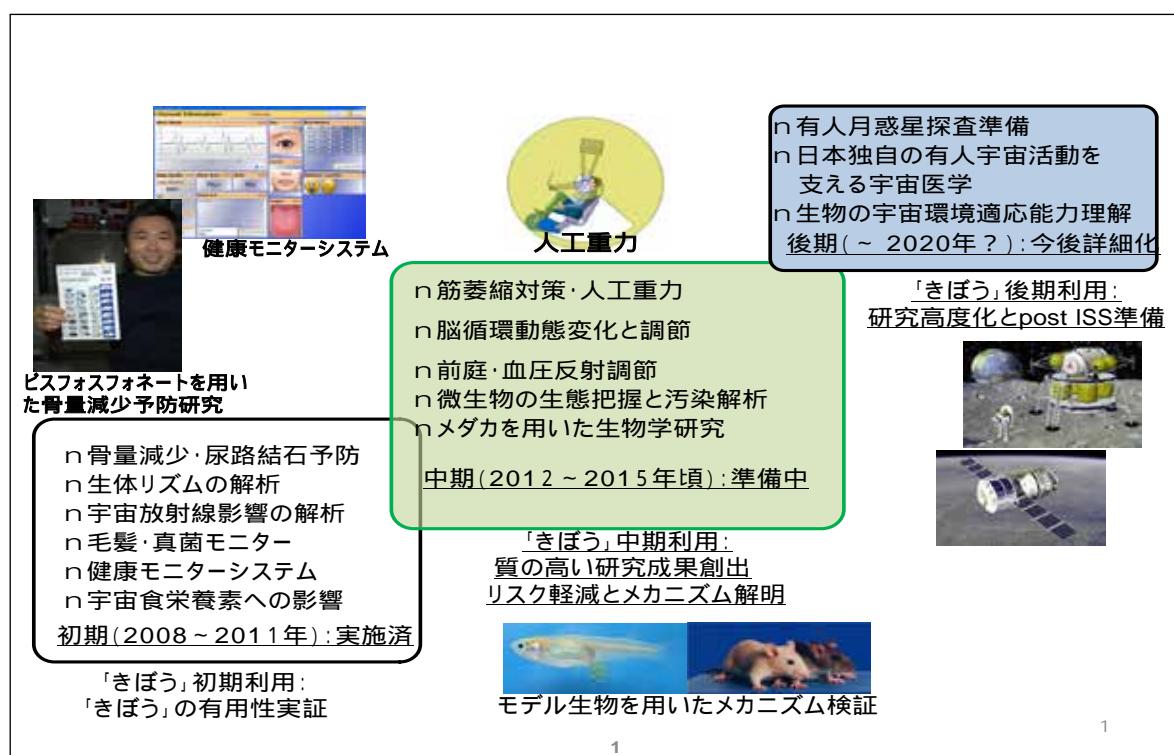


図3 「きぼう」利用宇宙医学研究の現状と未来

4. 國際動向と長期展望

4.1 國際動向

4.1.1 NASA の動向

NASA(米国航空宇宙局)は、ISS で長期宇宙滞在の医学データ取得と、月面や火星探査に必要となる技術検証を実施している。ISS・月・火星飛行に必要な宇宙医学研究課題を、Human Research Roadmap に公開し、これに対する研究を行っている⁴⁾。

米国科学アカデミーは、NASA の要請により宇宙での生命科学および物理科学における今後 10 年間の NASA の活動計画に関する学術コミュニティからの提言を Decadal survey としてとりまとめ、2011 年 4 月 Recapturing a future for space exploration: Life and physical sciences research for a new era として発表した⁵⁾。これらの中から、本シナリオに関連する主な研究課題を以下に示す。

宇宙環境でのヒトに対する分野横断的課題

- ・帰還後の起立耐性低下に関する総合的なメカニズム解明
- ・人工重力による対策法の検証
- ・宇宙飛行士の食事、栄養、エネルギーバランス
- ・宇宙飛行士と動物に対する短期と長期の放射線被曝の影響の継続的研究
- ・細胞研究による放射線毒性の評価項目

動物およびヒトの基礎医学分野の課題

- ・骨量維持と骨量減少の可逆因子とカウンターメジャーに関する薬物治療を含めた研究
- ・骨量減少と薬物治療に関する動物を用いたフライト実験
- ・宇宙飛行期間中のT細胞の活性化と免疫機構の変化
- ・宇宙での予防免疫の試みに関する動物研究
- ・げっ歯類を用いた宇宙における機能的および構造的な継世代変化の研究

研究課題に対する優先順位は、宇宙探査のリスクやコスト低減、NASA でしか行えない研究、他機関のニーズとの相乗効果、宇宙環境利用が必須で効果的であること等の判断基準で設定している。

実施体制は、Human Research Program⁶⁾、National Space Biomedical Research Institute⁷⁾、および Universities Space Research Association⁸⁾などがある。

4.1.2 ESA の動向

ESA(欧州宇宙機関)は、欧州宇宙生命物理科学計画 ELIPS (The Programme for European Life and Physical Science in Space)を3年ごとに策定し、ISS利用や地上研究を推進している⁹⁾。

欧洲科学財団(ESF)が、EUのファンディングを活用して、有人探査に向けた欧洲生命科学研究のロードマップ THESEUS (Towards Human Exploration of Space – a European Strategy)をとりまとめて活動を行っている¹⁰⁾。

4.2 長期展望

宇宙医学研究の長期展望を図4に示す。初期フェーズ(スペースシャトル期)では、人体への影響評価、診断/治療法の検討、ISS研究への準備などが行われた。実践フェーズ(ISS/「きぼう」期)は、飛行士の健康管理技術の検証/向上、ポスト ISS 準備研究を行い、成果の創出が期待されている。未来フェーズ(ポスト ISS 期)は、月/火星飛行の宇宙医学研究、日本独自の有人宇宙活動を支える宇宙医学研究などが想定されている(図4)。



図4 宇宙医学研究の長期展望

5. 目標と重点研究課題

5.1 宇宙医学研究への期待

宇宙医学において最も必要となる研究は、微小重力環境、閉鎖空間、および宇宙放射線で生じる人体リスクを軽減できることを立証する宇宙飛行士の健康管理に役立つ研究である。

ISS/「きぼう」の宇宙環境や地上模擬宇宙環境(ベッドレスト研究や閉鎖実験)を利用した質の高い臨床研究成果の創出、そしてメダカ/マウス/ラットなどモデル生物を用いたメカニズムの基礎的解明が求められている。他国はポスト ISS 準備研究として月/火星飛行や独自の有人宇宙船開発に必要な医学研究に着手し、ISS を月/火星飛行のテストベッドとして利用することなども検討を開始している。

こうした国際情勢の中で、宇宙医学研究における日本の貢献が問われている。研究成果を学術論文にまとめて公表することに加えて、さらには宇宙医学の取り組みや成果を教育や高齢者の健康増進など社会に役立てることも期待されている。

5.2 領域別研究課題

宇宙医学シナリオ WG では、過去の JAXA や NASA の宇宙医学研究シナリオと、これまでに「きぼう」で実施した JAXA や他国の宇宙医学研究テーマを検討した後、領域別に宇宙医学の研究課題を提示した(表1)。

A1 骨領域	骨・ミネラル代謝異常の予防を企図した臨床研究 骨・ミネラル代謝異常のメカニズム解明	A7 栄養代謝領域	宇宙での栄養所要量評価 宇宙での栄養プログラムと機能性宇宙食
A2 筋・運動領域	微小重力での筋萎縮評価 筋萎縮予防対策 (トレーニング法、電気刺激、人工重力、薬物、栄養)	B 精神心理支援領域	宇宙での食事調達と宇宙食中の栄養成分維持 心理・行動に関する研究(アンケートや半構造化面接) ストレス・疲労の自己評価とストレスマネジメント技術 日本人の特性や異文化交流に関する研究
	筋萎縮と筋再生のメカニズムの解明		睡眠障害の予防・対処法
	神経筋、筋腱接合部の変化と拘縮予防対策	C 放射線被曝管理領域	次世代被曝計測技術と防護体系の検討 低線量・長期被曝によるバイオマーカーの検出 宇宙線子線の各種エネルギーを考慮した放射線生物学研究 効果的な遮蔽材料と防護剤の開発
A3 循環系領域	軌道上循環変化と帰還後起立耐性低下の機序解明と対策 小型非侵襲的血圧、心拍、皮膚の血流測定 短時間小型血圧の検証	D 軌道上医療領域	遠隔診断・分析技術(小型の診断・分析機器の搭載化と技術検証) 遠隔治療技術の改善(搭載用医療機器の改良) 健康に関するデータの自己管理システム
A4 血液免疫領域	放射線被曝による免疫・造血組織の基礎的解析 血液・免疫評価法の確立	E 船内環境医学領域	水/空気/微生物/騒音の環境評価と管理技術 水、空気の再生とゴミの低減化技術
	小型簡便デバイスの開発と搭載	F その他の領域	乳酸浮腫の診断と対策、高尿酸予防、スキンケア対策 月火星飛行のテストベッドとしてのISS利用研究 月面開拓医学(月火星飛行への地上準備研究) 日本独自の宇宙船に必要な健康管理技術
A5 神經・前庭系領域	耳石機能モニターと体性感覚入力評価 宇宙酔い、空間識形成、めまいの実態調査		
	脳機能イメージングによる神経機能解明		
	耳石機能検査におけるビオスピロメトリーとの有用性の検討		
A6 生体リズム領域	睡眠・生体リズムのバイオモニタリング技術 睡眠・生体リズムの障害特性や適応能力に関する多様性 睡眠・生体リズム障害の予防・対処法		

表1 領域別研究課題

5.3 重点研究課題の選定

これら約40項目の研究課題から、長期宇宙滞在ミッションへの応用性・緊急性・必要性、実現可能性、およびJAXA要求(独自性、社会還元性、投資と成果のバランス)を考慮した判断基準(別表2)に基づいて重点研究課題を評価・選定した。目標1「宇宙飛行士の健康管理に役立つ宇宙医学研究」と目標2「メカニズム解明をめざす宇宙医学基礎研究」として選定された重点研究課題を図5に示す。

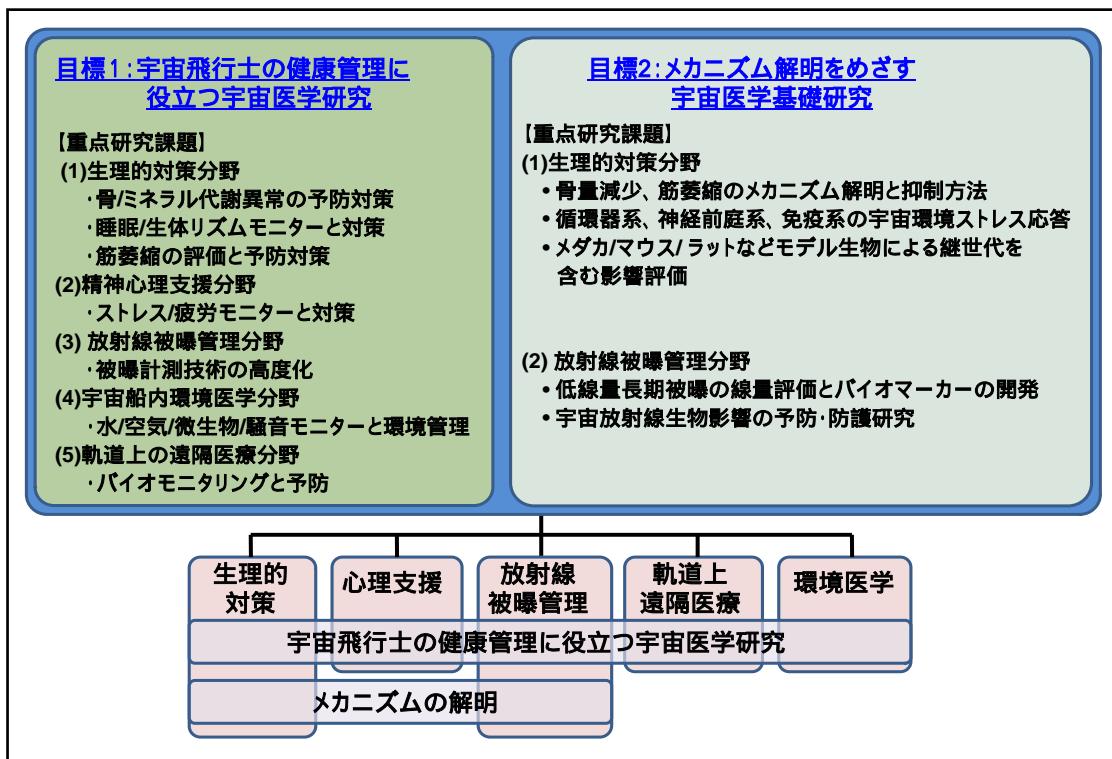


図5 宇宙医学分野の目標と重点研究課題

5.4 目標1「宇宙飛行士の健康管理に役立つ宇宙医学研究」の重点研究課題

5.4.1 生理的対策分野

- ・骨/ミネラル代謝異常の予防対策
- ・睡眠/生体リズムのモニターと対策
- ・筋萎縮の評価と予防対策

5.4.2 精神心理支援分野

- ・ストレス/疲労のモニターと対策

5.4.3 放射線被曝管理分野

- ・被曝計測技術の高度化

5.4.4 宇宙船内環境医学分野

- ・水/空気/微生物/騒音のモニターと環境管理

5.4.5 軌道上の遠隔医療分野

- ・バイオモニタリングと予防

目標1の重点研究課題として、宇宙飛行に伴う顕著なリスクの軽減を図るため、生理的対策分野から、骨量減少/ミネラル代謝異常、睡眠/生体リズム、筋萎縮、精神心理支援分野からストレス/疲労の計4つの重点研究課題を選定した。また、軌道上での医学運用に必要な医療技術として、被曝計測技術、船内環境管理技術、および遠隔医療技術の3つの重点研究課題を選定した。

5.5 目標2「メカニズム解明をめざす宇宙医学基礎研究」の重点研究課題

5.5.1 生理的対策分野

- ・骨量減少、筋萎縮のメカニズム解明と抑制方法
- ・循環器系、神経前庭系、免疫系の宇宙環境ストレス応答
- ・メダカ/マウス /ラットなどモデル生物による継世代を含む影響評価

5.5.2 放射線被曝管理分野

- ・低線量長期被曝影響の線量評価とバイオマーカーの開発
- ・宇宙放射線生物影響の予防・防護研究

目標2の重点課題として、健康管理に役立つ宇宙医学研究の基礎的な裏付けを与えるために、生理的対策分野から、骨量減少/筋萎縮、循環器系/神経前庭系/免疫系の環境応答、およびモデル動物利用など3つのメカニズム解明に関する重点研究課題と、放射線被曝部分野から、低線量長期被曝の線量評価と、放射線影響予防・防御の2つの重点研究課題を選定した。

これらの重点研究課題は、それぞれの地上研究の進捗状況や、宇宙実験運用の環境変化をふまえて必要に応じて見直しを行い、改訂版に反映させる。

6. 宇宙医学研究の推進方策

宇宙医学研究を推進するにあたっては、初期フェーズから現在に至る研究実施の過程で得た経験をもとに問題点を改善し、選定された重点研究課題に対して投資に見合う成果を創出していく必要がある。JAXA は研究テーマの開発に努めるとともに、宇宙医学研究に参画する国内外の研究者の裾野の拡大をはかり、連携の要として研究プロジェクトのマネージメント(研究計画書・報告書の作成、資金管理など)、研究コミュニティー支援などを行っていく役割を担う。

6.1 研究コミュニティからの要望

研究コミュニティからは、JAXA に対して、フライ特実験の定期的な募集、公募地上研究の復活、および国際動向や宇宙実験技術に関する情報提供などに関して、強い要望が出されている。

6.2 研究公募とプロジェクト研究

宇宙環境利用の研究推進として、これまでフロンティア共同研究、公募地上研究などが行われ、宇宙医学実験の準備研究が行われてきた。当初、ISS 利用は 2015 年終了の予定であったので、公募地上研究の制度は休止した。近年はフライ特実験のみが不定期に募集され、大学等の研究者は自ら外部資金を獲得して地上の準備研究を継続せざるを得なかった。

ISS 利用を 2015 年から 2020 年に延長するので、フライ特実験公募は今後毎年行うものとする。従来のフライ特実験公募に加えて、地上公募研究や、プロジェクト研究企画なども新たに検討する。

6.3 研究コミュニティ支援

これまでに、JAXA からの研究コミュニティ支援として、国際動向や宇宙実験技術に関する情報提供、シンポジウム・ワークショップ・セミナーの企画、ヴァーチャルインスティテュート(グランドデザイン)構想、ベッドレスト・閉鎖実験・国際プロジェクト研究の公募などを進めてきた。しかしながら、これらの企画は宇宙医学研究の推進に必ずしも十分には活用されておらず、実践的に、より内容の充実をはかる必要がある。

6.4 海外機関との連携

NASA、ESA、IBMP(ロシア 生物医学問題研究所)など海外宇宙機関と連携をとりながら、長期のベッドレスト実験や閉鎖実験などの国際共同研究に参加して、国際協力を推進する。

6.5 アウトリーチ・理解増進・人材育成

宇宙医学や宇宙生物学の研究成果は、学会や雑誌などへの公表にとどまらず、科学的内容を解りやすく一般に伝える手立てを積極的に考え、青少年の科学理解増進、一般市民の健康増進、および未来を担う人材育成など、社会に役立てることが重要である。

7. 参考文献

- 1) 宇宙医学生物学研究の進め方および最重要課題(第2版)
(JAXA 有人宇宙技術部技術資料 JFX-2005035)
- 2) 2009-2010 年度 宇宙医学生物学研究室 年次活動報告(ISSN 1349-113X)
- 3) 宇宙医学分野研究シナリオ(第4版)宇宙環境利用研究委員会宇宙医学専門委員会(<http://iss.jaxa.jp/utiliz/pdf/med4.pdf>)
- 4) Human Research Roadmap (<http://humanresearchroadmap.nasa.gov/>)
- 5) Recapturing a future for space exploration: Life and physical sciences research for a new era (http://www.nap.edu/openbook.php?record_id=13048&page=R1)
- 6) Human Research Program
(<http://www.nasa.gov/exploration/humanresearch/index.html>)
- 7) National Space Biomedical Research Institute (<http://www.nsbri.org/>)
- 8) Universities Space Research Association (<http://www.usra.edu/>)
- 9) The Programme for European Life and Physical Science in Space
(http://www.esa.int/esaHS/SEMFUZ4DHNF_iss_0.html)
- 10) Towards Human Exploration of Space – a European Strategy: THESEUS
(<http://www.theseus-eu.org/>)

別表1 宇宙医学分野のISS/「きぼう」利用シナリオWGメンバーリスト

シナリオWG	委員・事務局	氏名	役職	専門分野
シナリオ WG委員	WG長	松本俊夫	徳島大学 大学院ヘルスバイオサイエンス研究部 教授	推進委員
	WG長代理	大島博	JAXA有人宇宙技術部宇宙医学生物学研究室 研究領域リーダ	宇宙医学
	委員	向井千秋	JAXA有人宇宙環境ミッション本部 本部長補佐	宇宙医学
	委員	後藤勝利	JSTイノベーションサテライト茨城 館長	科技政策
	委員	池田恭治	国立長寿医療センター 運動器疾患研究部 部長	骨代謝
	委員	林由紀子	国立精神神経医療研究センター 神経研究所・疾病研究第一部 室長	筋肉
	委員	岩崎賢一	日本大学 医学部 教授	循環器
	委員	肥塚泉	聖マリアンナ医科大学 耳鼻咽喉科 教授	神経
	委員	立花正一	防衛医科大学 防衛医学研究センター 異常環境衛生研究部門 教授	精神心理
	委員	島田義也	放射線医学総合研究所 放射線防護研究センター 発達期被ばく影響研究グループ グループリーダ	放射線
	委員	三島和夫	国立精神神経医療研究センター 精神生理研究部 部長	生体リズム
	委員	渋谷彰	筑波大学大学院人間総合科学研究科 教授 免疫学	免疫

別表2 研究課題を絞り込む評価と判定基準

A. 評価基準		B. 判定基準
1. 長期宇宙滞在 ミッションへの影響と 応用	ア:高い イ:可能性あり ウ:低い	S ・長期ミッションへの影響と応用がアで、 他の3項目が全てa
2. 緊急性/必要性	a:早期に着手すべき b:必要性あり c:必要性に乏しい	A+ ・長期ミッションへの影響と応用がアで、 他の3項目にaが2つ
3. 実現可能性	a:十分期待できる b:一部期待できる c:困難	A ・長期ミッションへの影響と応用がア かいで、他の3項目にcがない
4. JAXA要求 (独自性、社会還元、 投資と成果のバランス)	a:高い b:あり c:低い	B ・長期ミッションへの影響と応用がイで、 他の3項目にcが2つ
		C ・上記以外