

JAXA 宇宙医学生物学研究室における研究活動の取り組み

JAXA 泉龍太郎、小川芽久美、井上夏彦、石田暁、田山一郎、松本暁子、三木猛生、永松愛子、大島博、田中一成、向井千秋、矢部志津、小池右、立花正一、東端晃、山崎丘、石岡憲昭

Space Biomedical Research in JAXA

Ryutaro Izumi, Megumi Ogawa, Natsuhiko Inoue, Satoru Ishida, Ichiroh Tayama, Akiko Matsumoto, Takeo Miki, Aiko Nagamatsu, Hiroshi Ohshima, Kazunari Tanaka, Chiaki Mukai, Shizu Yabe, Yuu Koike, Shoichi Tachibana, Akira Higashibata, Takashi Yamazaki, and Noriaki Ishioka

JAXA 2-1-1, Sengen, Tsukuba 305-8505

E-mail: izumi.ryutaro@jaxa.jp

Abstract: This paper introduces the current activity of the JAXA Space Biomedical Research Office, including ongoing clinical space medicine research; for example, flight experiments for ISS astronauts, ground-based study collaborating with antarctic expedition team, moon-base frontier medicine. This paper also explains future plan of the research office.

Keywords: Space Medicine, Biomedical Research, Countermeasure, Human Space Technology

1. はじめに

JAXA (宇宙航空研究開発機構) 有人宇宙環境利用ミッション本部 有人宇宙技術部 宇宙医学生物学研究室(JAXA Space Biomedical Research Office; 以下「J-SBRO」)の研究に取り組む考え方については、昨年の第 24 回宇宙利用シンポジウムで紹介した。今回はこの 1 年間における研究活動を踏まえた現在の状況について紹介する。

2. 研究分野の分類・整理と重要課題の設定

2.1. 目的

J-SBRO が取り組む医学生物学研究は、基本的にヒトの長期宇宙滞在に資することを目的としている。特にこれから日本の宇宙ステーションモジュールが本格的に稼動し、日本人飛行士の長期宇宙滞在が実施されるに際し、国際宇宙ステーション (ISS) での 6 ヶ月程度の長期宇宙滞在における医学的課題の軽減を図り、より安全でより効率的な滞在を実現させることを最優先の目的としつつ、近い将来に想定されるより長期間の有人宇宙活動の支援にも直結する成果も可能な限り得られる研究となるよう、努めることとしている。

2.2. 研究分野の整理・分類

研究分野は、これまでの JAXA における医学研究・運用の蓄積、および既に米口を中心に実施されている ISS の医学運用上の課題を考慮し、長期宇宙滞在の健康管理に必要な観点で、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の 5 つの分野に整理・分類した。

2.3. 重要課題の策定 (表 1)

5 つの研究分野における長期宇宙滞に伴う医学的リスクに対する研究課題 (= 対策法) について、

リスクの度合い、日本や他国における取り組みの状況、実現可能性、および JAXA として取り組む必要性の 4 つの観点から評価し、研究課題の優先順位付けを行い、臨床医学・基礎医学の両分野を

合わせて 59 課題を抽出した。

2.4. 月面開拓医学

2.3 項の 59 課題とは別個に、将来の有人宇宙活動に必要な研究に取り組む視点から、特に月面での医学的課題に注目し、月面開拓医学として新たに 4 つの課題の検討を行っている。

3. 現在の研究活動

3.1. ISS 宇宙飛行士を対象とした医学実験

2009 年 2 月より、若田飛行士による日本人初の長期宇宙滞在が開始される予定であるが、若田ミッションを始め、ISS 宇宙飛行士を対象とした以下の医学実験を実施する予定である。

受動・積算型個人線量計を用いた個人被曝線量の算定

軌道上における簡易型生体機能モニターの検証

ビスフォスフォネート剤を用いた骨量減少・尿路結石予防対策に関する研究

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

3.2. 国立極地研究所(南極越冬隊)との共同研究

南極は、一つの極限環境として、その医学的課題において宇宙環境と共通する点があることから、南極を宇宙の模擬環境として、医学研究を実施することとし、平成 20 年度より、以下の 3 つの研究課題への取り組みを開始したところである。

特殊な日照時間の体内リズムへの影響に関する研究

新しい運動トレーニング法の有効性に関する研究
長期間入浴できない状態での皮膚の衛生管理技術の研究

3.3. その他の地上研究等

3.1、3.2 項以外の取り組みとして、以下の研究を行っている。バイオシメトリは染色体を解析することにより、ヒトの放射線被曝量を推定する方法で

あるが、放射線医学総合研究所とロシア生物医学研究所との協力により、これまで長期宇宙滞在を行った5名のロシア人宇宙飛行士のサンプルの解析を行っている。それ以外の主な地上実験としては、以下のような活動を行っている。

加圧トレーニング法

ストレスの自己モニタリング法

有毒ガスモニタリング法

3.4. 月面開拓医学

2.4 項で紹介した月面開拓医学として、以下の4つの課題の検討を行っている。

月面等における免疫学的診断の研究

月面ダスト対策の研究

月面有人活動に向けた宇宙放射線影響に関する研究

月面滞在ミッションに必要な運動生理学に関する調査検討

さらに、国立極地研究所との共同研究で実施している皮膚の衛生管理技術に関する研究は、月面での医学でも必要になると考えている。

4. その他の活動

3項で紹介した、実際の研究活動とは別に、以下の取り組みも検討している。

a) 平成21年度以降の研究計画の策定

3項で紹介した研究活動は平成21年度以降も継続・

発展させる予定であるが、これらの課題以外の新たな取り組みも検討している。現在取り組んでいる課題は、そのほとんどがヒトを対象とした宇宙臨床医学研究であるが、今後は動物実験等も視野に入れた宇宙基礎医学研究への取り組みも必要と考えている。

b) 各研究機関との連携体制の整備

3項で紹介した研究活動は、それぞれの状況に応じて外部の研究機関・大学等と共同研究や委託研究を行っている。今後も新たな課題に取り組むに当たっては、それぞれの課題に適した研究体制を組む必要がある。さらに今後、フライト実験を計画・立案するに当たっては、公募で選定された研究課題との協力関係を検討していくことも視野に入れている。

c) 情報拠点としての役割

JAXA 宇宙医学生物学研究室では、さらに日本の宇宙医学生物学研究の拠点として、我が国の宇宙医学生物学を総合的かつ計画的に推し進めるために必要な情報を収集・整理し、発信することも活動目標の一つとしている。具体的には、宇宙医学生物学関連情報の網羅的な収集・整理、J-SBRO 研究活動の定期的な発信、及び関連学会と連携した活動の推進、等を進めていきたい。

【参考文献】

JAXA 宇宙医学生物学研究室における宇宙医学研究の取り組み、2008、第24回宇宙利用シンポジウム

表1. 宇宙医学生物学研究における優先順位付けのまとめ (S、A 評価)

表1 a. S 評価 (「 」は初版で設定された最重要課題、「 」は第二版で追加されたもの)

	医学的リスク	研究課題	臨床	基礎
1.生理的 対策	骨量減少(飛行時、帰 還時及び帰還後)	薬剤を用いた対策法の研究 / 帰還後の骨量回復支援策		
		骨量減少メカニズムの解明 / 筋骨格系萎縮の基礎的メカニズム・ 重力感知機構の解明		
	飛行中の尿路結石のリス ク	薬剤投与法の研究		
	筋機能の低下	軌道上の新たな運動器具の研究 効果的なトレーニング法の研究 (特に体幹筋群 前腕筋群) (軌道上の身体活動状態のモニター) (バイオフィードバック療法の活用) (人工重力負荷装置 + 運動負荷装置) 軌道上の姿勢制御構築過程の研究 帰還後の効果的なリハビリ法 最適な運動プログラムに関する研究		
	筋機能の低下	筋萎縮・再生のメカニズムの解明		
	飛行中の代謝変化・栄 養 アンバランス	機能性宇宙食; 特定保健用食品・サプリメント等の利用を含む		
	宇宙環境が生体に及 ぼす長期的影響(継世 代影響を含む)	軌道滞在中及び帰還後の宇宙飛行士の健康管理のため、従来の 短期の滞在では顕在化しなかった長期滞在による生体への影響 について、継代的なものや既知でないものも含め、主としてライフ サイクルの短いモデル生物を用いた調査により広範囲に検索		
2.精神心 理支援	長期閉鎖隔離環境滞 在の影響	適応度の評価手法の研究 対策法の研究 宇宙でのリラクゼーション法		
	異文化(多文化)環境 の影響	異文化適応訓練の対策法の研究		
	睡眠・生体リズム障害 の影響	地上運用要員に対する、生体リズム調節の対策法の研究		
3.放射線	被曝による確率的影響 (がん死亡)	計測 宇宙放射線被曝管理で必要とされる宇宙放射線の計測機 器整備のための検討		
		計測 物理計測機器・技術の開発		
		宇宙天気予報の整備		
		宇宙放射線の生体影響と生物学的計測法(パイオドシメトリ) パ イオドシメトリ		
		宇宙放射線の生体影響と生物学的計測法(パイオドシメトリ) 宇 宙飛行士サンプル解析		
		宇宙放射線の生体影響と生物学的計測法(パイオドシメトリ) 放 射線生物影響の解明		
4.軌道上 医療	疾病・外傷発生時の対 応(中等症)	診断: 生体機能モニター(簡易、自己診断機能付など)		
	疾病・外傷発生時の対 応(重症)	診断: 生体機能モニター(簡易、自己診断機能付など)		
	宇宙環境における薬物 療法が未確立	宇宙環境における薬物の代謝や体内での分布、投与方法などにつ いての研究		
	宇宙服着用者の医学 的安全確保の要求	宇宙服に装備する医学的モニタリングや警告システム等の開発に 資する研究機器 宇宙服長時間着用時の、体表面の衛生環境維持		
5.船内環 境	船内空気環境汚染(微 生物汚染は別途)によ る健康障害	モニタリング		
	騒音による健康障害	対策(船内)		
	予期せぬ感染症の発 生	船内モニタリング/クルーの微生物叢モニタリング		

表 1 b . A 評価

	医学的リスク	研究課題	臨床	基礎
1.生理的 対策	飛行中の代謝変化・栄養アンバランス	体組成測定による栄養状態の評価 / 血液・尿検査に基づく代謝状態の評価		
		栄養代謝系に対する長期宇宙環境の影響		
	免疫機能低下	免疫機能変化の解明		
	宇宙環境中における循環器系の障害 (機能低下、重症不整脈発生等)	宇宙における不整脈発生の機序		
		微小重力における循環機能の変化のメカニズムの解明		
軌道上での平衡機能低下 空間識失調	神経調節機構・平衡機能に関する研究			
2.精神心 理支援	長期閉鎖隔離環境滞在の影響	適応度の評価手法の研究		
		高次脳機能とストレスの関連性		
	少人数特殊集団の影響	対人関係訓練(含リーダーシップ・フォローシップ)の研究		
		グループ・ダイナミクス評価手法		
	異文化(多文化)環境の影響	異文化コンフリクトのマネジメント手法の研究		
	業務・休息のスケジュールの影響	疲労状態の評価手法の研究		
睡眠・生体リズム障害の影響	日照時間・照度と生体リズムの関連に関する研究			
	睡眠シフトのプロトコル確立のための対策法の研究			
	断眠のパフォーマンスに与える影響の対策法の研究			
3.放射線	被曝による確率的影響(がん死亡)	放射線影響軽減対策		
4.軌道上 医療	疾病・外傷発生時の対応(軽症)	診断: 生体機能モニター(簡易、自己診断機能付など)		
		地上からの支援体制システム		
	疾病・外傷発生時の対応(中等症)	地上からの支援体制システム		
		救急対応	診断: 搭載用診断機器・医学データの自己診断機能・治療機器	
	地上からの支援体制システム			
	循環動態・生体信号取得を目的としたテレメトリーシステムの利用			
微小重力下で使用可能な持続点滴装置の研究				
宇宙環境における薬物療法が未確立	宇宙環境における薬物の代謝や体内での分布、投与方法などについての研究			
5.船内環 境	予期せぬ感染症の発生	対策		
	宇宙における閉鎖環境の生物的影響の探索が不十分	長期滞在における有害事象の検索、そのメカニズムの解明と対策の立案		