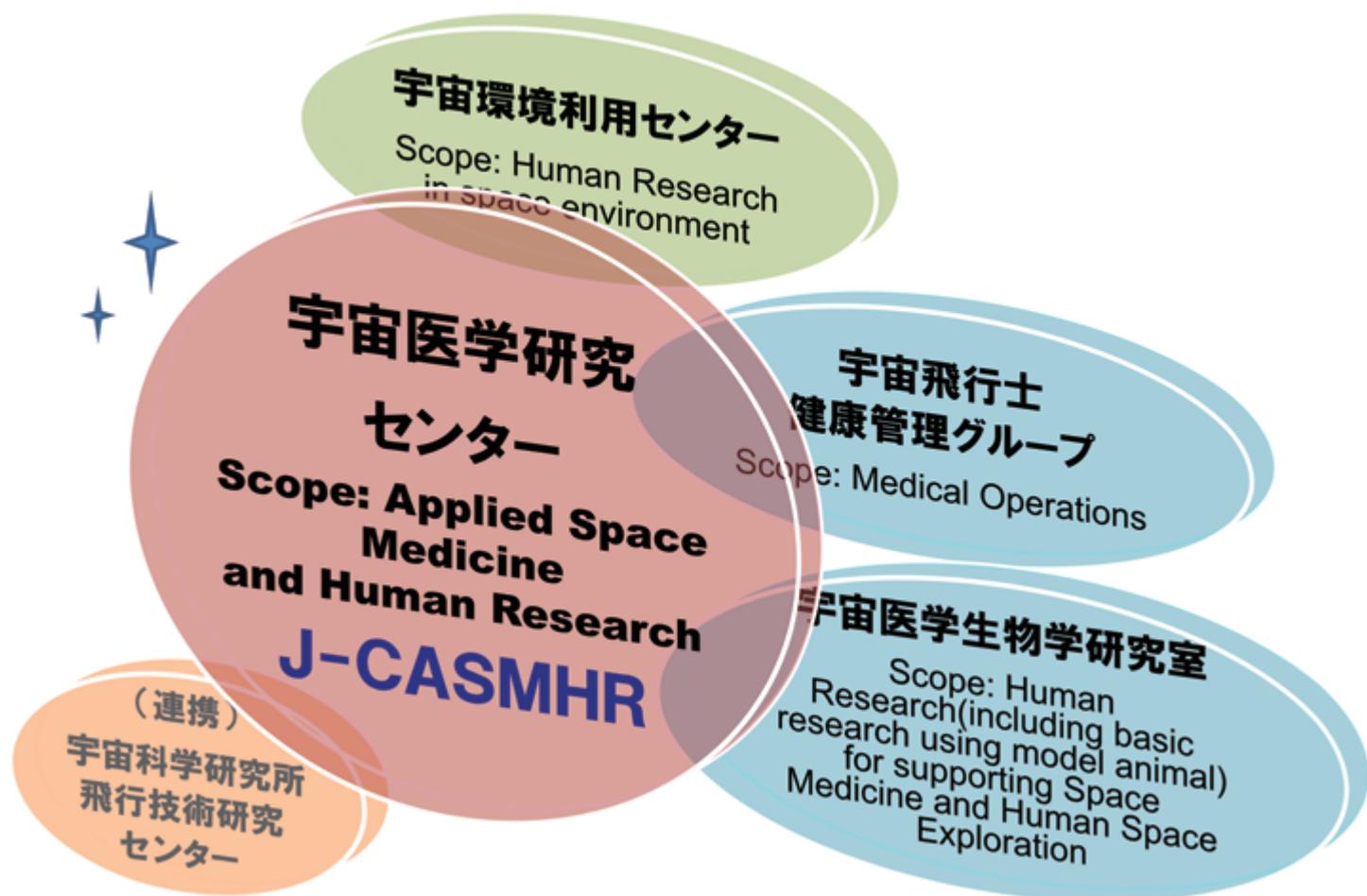


2012-2013 年度 宇宙医学研究センター 年次活動報告 創刊号

J-CASMHR Annual Report 2012-2013

宇宙医学研究を担うJAXAチーム



独立行政法人 宇宙航空研究開発機構

宇宙医学研究センター

JAXA Center for Applied Space Medicine and Human Research



**2012-2013 年度
宇宙医学研究センター
年次活動報告 創刊号**

J-CASMPHR Annual Report 2012-2013

独立行政法人 宇宙航空研究開発機構

宇宙医学研究センター

JAXA Center for Applied Space Medicine and Human Research

目次

はじめに.....	1
2012～2013年のトピックス.....	3
主なイベント.....	8
新聞・報道.....	10
宇宙飛行士運用技術の立場から.....	11
宇宙医学生物学研究室の紹介.....	12
宇宙飛行士健康管理グループの紹介.....	14
有人宇宙環境利用センターの紹介.....	16
宇宙医学生物学研究室研究テーマと概要.....	21
(1) 国際宇宙ステーション利用実験テーマ.....	21
(2) 地上研究テーマ.....	22
1. 生理的対策分野.....	23
骨量減少対策チーム.....	23
体力低下予防対策チーム.....	24
骨格筋量減少対策チーム.....	25
毛髪チーム.....	26
メダカを用いた生理的対策チーム.....	27
免疫チーム.....	28
歯科疾患対策チーム.....	29
2. 精神心理支援分野.....	30
交替勤務対策チーム.....	30
ヴィジランス測定チーム.....	31
3. 放射線被ばく管理分野.....	32
放射線生物影響研究チーム.....	32
4. 軌道上医療分野.....	33
生体リズムチーム.....	33
5. 宇宙船内環境分野.....	34
微生物モニター Myco チーム.....	34
6. 月面開拓医学分野.....	35
月面歩行チーム.....	35
7. 南極利用研究分野.....	36
8. アウトリーチ・教育分野.....	37

9. 搭載準備・軌道上実験運用分野	39
宇宙飛行士健康管理グループ活動内容	42
宇宙環境利用センター活動内容（ヒト対象研究分野）	46
調布航空宇宙センター活動内容（ヒト対象研究）	48
マネジメント活動実績	49
個別活動報告	52
（独）宇宙航空研究開発機構の組織図（2013年12月時点）	69
筑波宇宙センターへのアクセス	70

はじめに

宇宙と医学

—安全な暮らしを支える宇宙開発—

宇宙航空研究開発機構(JAXA)

有人宇宙環境利用ミッション本部

宇宙医学研究センター長

向井千秋

宇宙でも地球でも安全・安心な生活を確立するうえで、医学や医療技術は大きな役割を担っています。また、宇宙開発は有人・無人の探査を通じて人の生活圏の拡大や科学・技術の発展を目指しています。

有人宇宙探査(Human Space Exploration)を支える医学・医療技術:

1961年に Yuri Gagarin が人類初の宇宙飛行をしてから 50 年余りが経ちます。人類はこの間に重力を振り切り宇宙飛行をするロケット技術、地球周回軌道に長期滞在する技術、地球帰還技術等の有人宇宙技術を獲得してきました。日本でも 1985 年には宇宙飛行士が訓練を開始し、これまでに 9 人の日本人が 17 回の宇宙飛行(初のソユーズ商業利用で飛行した日本人ジャーナリストを含む)を行い、人類の活動圏を地球から宇宙にまで広げてきています。今や「宇宙で生活し仕事をする」ことが日常茶飯事になりました。当初は米ソの国威発揚が原動力で推進された宇宙開発も現在では国際協力が必要不可欠で、この国際協力の象徴的なプロジェクトが国際宇宙ステーション(International Space Station, ISS)計画です。地球の低軌道を周回する ISS は、重力レベルが微小重力環境というユニークな多目的施設で、材料科学、生命科学、技術開発、天体や地球の観測、そして、教育等に利用され



提供: NASA/JAXA

宇宙医学研究センター長

向井千秋 宇宙飛行士

ています。日本人宇宙飛行士も 3 年に 2 人程度の頻度で、6 ヶ月程度の宇宙滞在を行っています。

宇宙飛行を健康で安全に行うために医学が果たす役割は非常に大きく、そのチャレンジの多くは、地球低軌道より遠い月や火星に人類の活動を展開(Exploration)するための医療技術を開発し、その技術を地上に還元することです。さらに、職業飛行士だけではなく、一般の老若男女が宇宙旅行を楽しめるようにするための医療技術を開発していくことも大切なことです。また、この分野を支える研究は、重力や上下の空間識が人や生物に果たす役割を究明していくものです。宇宙航空研究開発機構(JAXA)は日本人宇宙飛行士の健康管理技術をより確実なものにするために、2007年4月に宇宙医学生物学研究室(JAXA Space Biomedical Research Office, J-SBRO)を、そして、2012年には宇宙医学研究セン

ター（JAXA Center for Applied Space Medicine and Human Research）を設立しました。JAXAは宇宙飛行の医学的なリスクの軽減、健康管理技術の向上、基礎医学研究、研究コミュニティの連携強化、成果の地上社会への貢献等を目的に、生理的対策、精神心理支援、宇宙放射線被ばく管理、宇宙船内環境整備、遠隔医療技術開発を推進しています。また、「宇宙医学は究極の予防医学」、そして、「社会に役立つ宇宙医学」をモットーに、その成果を宇宙飛行士のみならず社会に還元すべく研究を行っています。

宇宙基盤技術の人間生活への応用:

多くの宇宙開発技術が地上に還元されていますが、とくに人工衛星を利用した通信技術や地球環境の観測技術は、人間生活の安全保障に不可欠です。宇宙飛行士にとっても究極の遠隔地である宇宙と地球を結ぶ手段として遠隔通信は必須で、これは宇宙飛行士の健康管理(遠隔医療)をはじめ、遠隔教育、機材の遠隔操作等に使われていて有人宇宙飛行を支える大きな基盤技術となっています。ま

た、様々な人工衛星から地球を観測するとオゾン層の破壊、火山活動、台風・降雨状況、流水分布、海面温度や植物性プランクトン生息、植生分布などが監視でき、天気予報、災害防止、地球温暖化防止、海洋汚染防止、森林破壊防止、砂漠化防止などに役立っています。これらの情報を地球規模の健康管理技術や公衆衛生に役立てていく試みもなされています。

今後、宇宙開発は宇宙商業利用の促進はもとより、一般人の宇宙旅行がそう遠からぬ未来に実現可能となる時代を迎えようとしています。そして、宇宙開発は

“人類のための宇宙開発（Space for Humanity）”を合言葉に、開発技術を地上に還元していくことが強く求められています。このような時代に医学や生物学が宇宙開発に果たす役割は非常に大きいのです。この年報はJAXAが関与する宇宙医学、生物学研究についてまとめてあります。宇宙医学、生物学の発展のためにこの冊子を多くの皆様に利用していただければ幸いです。（向井千秋）

2012年4月～2013年12月のトピックス

アメリカ航空宇宙医学会、ジョー・カーウィン賞受賞！ 2013年5月

宇宙飛行の生理学の理解、宇宙での健康や活動を支える宇宙医学運用への貢献に与えられる賞として知られるジョー・カーウィン賞を向井千秋宇宙飛行士が受賞しました。



受賞の記事

JOE KERWIN AWARD: Chiaki Mukai, M.D., Ph.D.

Sponsored by Wyle

The JOE KERWIN AWARD is presented for advances in the understanding of human physiology during spaceflight and innovation in the practice of space medicine to support optimal human health and performance in space. **Chiaki Mukai, M.D., Ph.D.**, is the recipient of the 2013 Kerwin Award for her prominent leadership in space medicine and human research not only for Japanese research, but also for Spacelabs, Spacehubs, and International Space Station (ISS) missions. With notable dedication, along with her experience as a cardiovascular surgeon, two-time Space Shuttle crewmember, and International Space University professor, she continues to lead ISS life science research at the Japanese Space Agency (JAXA). She has completed numerous microgravity medical experiments, was the first Asian woman to fly in space, contributed to ground preparation and real-time support of Space Shuttle Neurolab experiments, and coordinated and integrated medical science Spacehub payloads at NASA Johnson Space Center. She directs space biomedical research at JAXA and became the first head of the newly organized JAXA Center of Applied Space Medicine and Human Research in 2012, is the principal investigator of three ISS experiments, and was appointed by the World Meteorological Organization to be a member of a high-level task force on the global framework for climate service from 2010-2011.



大反響の国連宇宙空間平和利用委員会、女性宇宙飛行士 50 周年記念パネル

(United Nations, Committee on the Peaceful Uses of Outer Space UN COPUOS PANEL: 50 Years of Women in Space---Space: Building the Future Today---, Dedication of Space Life Science and Medicine, 2013 年 6 月 12-14 日、ウィーン、オーストリア)

国連では、女性の地位向上は優先課題の一つである。今回、テレシコワ宇宙飛行士によるフライト成功から 50 周年の節目を記念して「女性宇宙飛行士 50 周年記念行事」が開かれ、日本から向井千秋宇宙飛行士が参加しました。日本政府が「宇宙」をキーワードに積極支援して、国連の中でも極めて大きく認識され、宇宙外交にも寄与する機会になりました。

向井飛行士の話は、とりわけ医学面の研究も踏まえた大変造詣深いもので非常に面白く、

各国から多数コメントもあり、「彼女は本当に日本人か？」といったジョークも裏で飛び出すほどの人気ぶりでした。最終日の松浦フライトディレクタによる「ISS への日本の貢献」では、丁寧なスライド解説が各国外交団の関心を多くひきつけ、プレゼン終了後には異例の自然発生の拍手が起きました。ISS を通じた日本の活動により、日本の存在感を各国代表団へ強く印象付けました。

(国連宇宙部活動レポートからの抜粋・改訂)



6/12 特別パネル：右から、南ア、カナダ、伊、日本（向井飛行士）、米、OOSA、UNOV（司会）、露（テレシコワ）、中国、アルゼンチン、フランスのパネリスト



テレシコワ女史（中央）の左は中国初の女性宇宙飛行士 Yang LIU



The 29th International Symposium on Space Technology and Science (2013.6.2-9、名古屋)

石田 暁

Technical Session Committee Manager (Space Life Science)

Panel Discussion Organazer, Panelist (Benefits of space life science for humanity)

Chiaki Mukai, Hiroshi Ohshima, Satoru Ishida

隔年で開催される「宇宙技術および科学の国際シンポジウム(International Symposium on Space Technology and Science: ISTS)」の第29回大会が、2013年6月に愛知県名古屋市で開催されました。毎回、宇宙医学生物学研究室はテクニカルセッションの1つである「Space Life Science」のセッション運営を担っており、宇宙で行われている研究実験から地上における研究開発に至るまで、JAXA や宇宙開発関係者の内外から幅広く寄せられた成果や概況の発表を運営しています。今回は、国際協力が進められている各種研究の中でも、日本がアジアの国々と協力して進めているテーマの発表が多く、今後アジア地域の国々との連携をより一層深めていくことが、研究の拡充や深化に繋がっていくことを実感しました。

また、「Benefits of space life science for humanity」と題してパネルディスカッションの企画運営も行いました。これは、前回の第28回大会(沖縄県宜野湾市:2011年6月開催)で企画運営したパネルディスカッション「Human exploration in space」において、政策・哲学・理

念・文化等の観点から有人宇宙飛行の在り様を考えていく、問題意識高揚の場として議論を展開した内容をふまえたもので、前回のパネルよりも「Space Life Science」セッションの特色を強く打ち出し、有人宇宙飛行に必要な宇宙医学と社会への還元を分かり易く紹介して、議論を行うパネルとしました。向井千秋氏が座長を務め、パネリストには国内の研究者のほか、アジア地域の宇宙生命科学系の研究者にも参加頂き、聴講者からの質問や意見も受けながら進めました。

今回は、パネルディスカッションの直後に、テクニカルセッションを運営するプログラムを組ませて頂きました。パネルの機会を利用して宇宙医学生物学という分野への興味や理解の促進を図ることができ、引続き専門的な関連の話題をテクニカルセッションで扱ったことにより、より議論を活発にすることができました。

今後もISTSの活動を通して、宇宙医学生物学の研究開発成果に係る発表や議論を活性化させていきたいと考えています。



図1 パネルディスカッションの風景
(座長：向井千秋、名古屋国際会議場)

タニタ食堂訪問

須藤正道

2012年6月5日に東京都板橋区にあるタニタ本社を訪問し、食堂にて管理栄養士の荻野菜々子さんからタニタ食堂でだしているメニューについて伺ってきました。タニタ食堂の健康メニューはすべての材料をしっかりと測り栄養バランスを考えたレシピを作っています。健康管理を考えて1食約500kcalになるようにレシピは考えられていました。全員で試食しましたが、味、量ともよく考えられてい

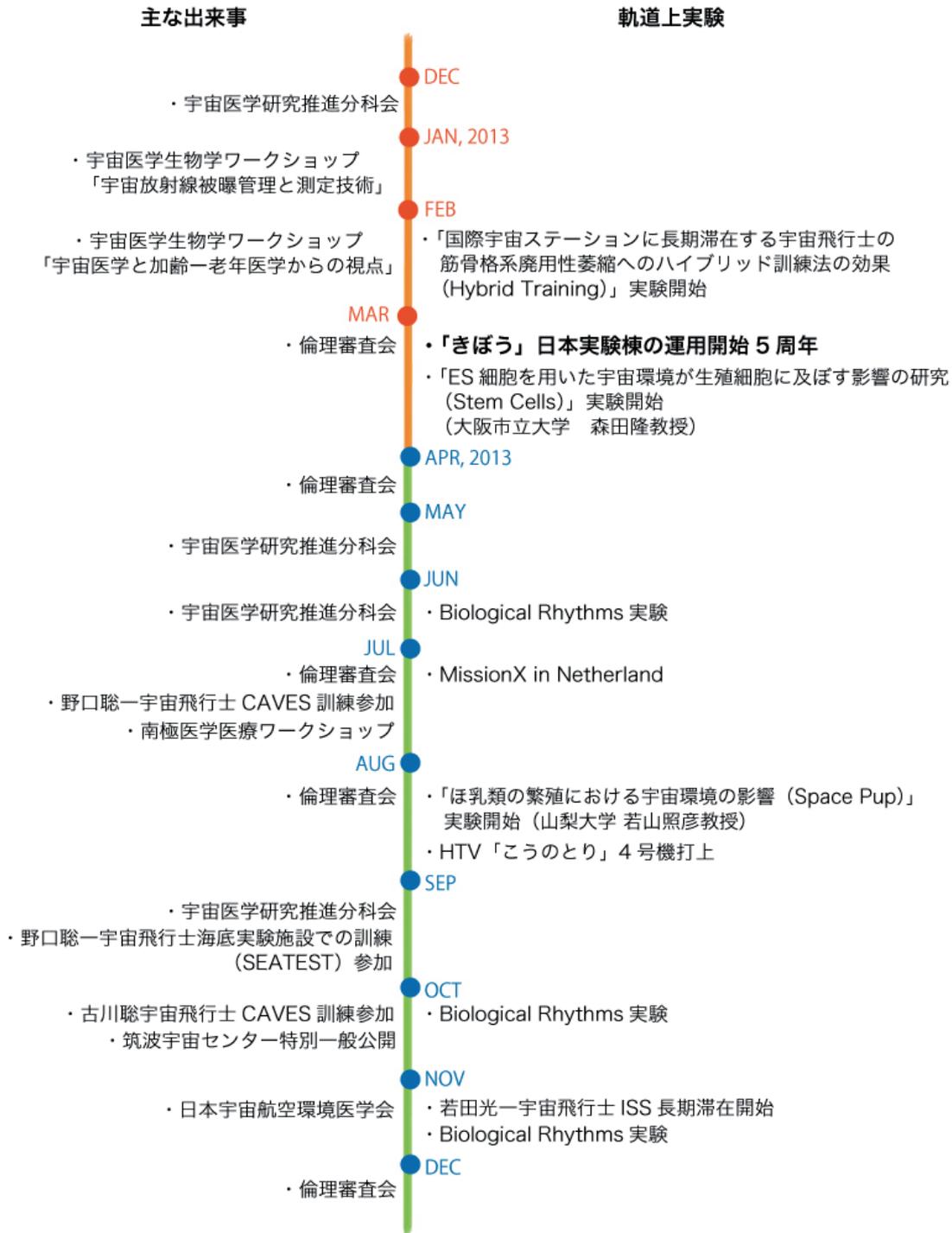
ました。また、谷田千里社長とも面会しタニタの食事・運動・休養のベストバランスのご提案を通して、健康づくりのサポートについて話を伺いました。今後の宇宙食や健康管理に大変参考となりました。

参加者：向井千秋、太田敏子、大島 博、松本暁子、須藤正道



主なイベント





宇宙飛行士運用技術の立場から

宇宙飛行士運用技術部長 山本雅文

JAXA宇宙飛行士運用技術部(略称「飛行部」)では、国際宇宙ステーション(ISS)などの有人宇宙システムにおける宇宙飛行士の活動、その業務支援及び支援技術の研究開発、宇宙医学生物学研究等の業務を実施しています。現在、飛行部は次の3グループと1室から構成され、常勤・非常勤の職員合わせて総勢約40名が働いています。

① 宇宙飛行士グループ

宇宙飛行士グループは、宇宙飛行士の搭乗及び訓練、関連する業務支援を実施しています。現在、JAXAに所属する8名の宇宙飛行士のうち5名(向井、若田、野口、古川、星出)がスペースシャトル搭乗やISS長期滞在を経験するとともに、各種訓練を継続実施しています。他の3名(油井、大西、金井)は今後のISS長期滞在に向けて、米国、ロシア、欧州、カナダ、日本の各国で準備と訓練を行っています。

② 宇宙飛行士運用グループ

宇宙飛行士運用グループは、宇宙飛行士の搭乗及び養成・訓練に係る計画の企画・調整及び推進、ISS計画等における宇宙飛行士に係る技術調整、それらの業務に必要な施設及び設備に関する業務等を実施しています。

③ 宇宙飛行士健康管理グループ

宇宙飛行士健康管理グループは、宇宙飛行士の健康管理及びそれに必要な施設

設及び設備に関する業務等を実施しています。現在、健康管理責任者の下、フライトサーजन(航空宇宙医学専門医)、生理的対策担当、精神心理支援担当、放射線被ばく管理担当、環境管理担当等が宇宙飛行士の健康管理を実施しています。

④ 宇宙医学生物学研究室

宇宙医学生物学研究室は、宇宙医学及び生体の宇宙環境適応に係る研究及び関係する宇宙実験の実施、それらに必要な技術及び実験装置・機器等の研究、開発等を実施しています。

2012年には、星出宇宙飛行士が第32次/第33次長期滞在クルーとして、7月から11月までの約4か月間ISSに搭乗し、3回の船外活動(EVA)や宇宙医学実験を含む数々の重要な任務を遂行しました。飛行部はその総力を挙げて、星出宇宙飛行士のミッションを支援し、宇宙飛行前後及びISS長期滞在中の運用支援、健康管理、及び多種多様な宇宙医学実験運用を実施し、多大な成果を上げることができました。

2013年には、若田宇宙飛行士が第38次/第39次長期滞在クルーとして11月にISS搭乗を開始しました。2014年3月には日本で初めてのISSコマンダー(船長)に就任し、2014年5月に地上に帰還する予定です。飛行部は、宇宙飛行士支援要員、健康管理要員の強化を含め、若田宇宙飛行士のミッションを着実に支援し、ISSの成果を創出していく所存です。

宇宙医学生物学研究室の紹介

宇宙医学生物学室長 大島 博

JAXA 宇宙医学生物学研究室(JAXA Space Biomedical Research Office, 以下 J-SBRO) は、2007 年の研究室創設以来、国際宇宙ステーション・日本実験棟「きぼう」での宇宙環境利用を目指した様々な宇宙医学生物学研究を実施しています。J-SBRO が推進する宇宙医学生物学研究は、宇宙飛行に伴う医学的リスクを軽減し飛行士個人やチームのパフォーマンスを向上させる宇宙医学研究と、生体変化メカニズムを基礎的に解明するため細胞・メダカ・マウスなどを用いた宇宙生物学研究の2つから構成されています。

宇宙医学の研究分野は、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の5分野に分け、それぞれ分野別に解決すべき課題を設定し、それらに対する宇宙医学生物学研究に取り組んでいます。

【5つの分野と研究テーマ】

1. 生理的対策分野
骨量減少・尿路結石、筋機能・萎縮低下、トレーニング・運動処方、代謝・栄養、免疫機能低下、口腔衛生向上技術、口腔セルフケア、メダカの生体イメージング
2. 精神心理支援分野
睡眠・生体リズムへの影響と対策、長期閉鎖隔離環境でのストレス・疲労モニター
3. 放射線被曝管理分野
宇宙放射線被曝による確率的影響(物理的計測、生体影響と生物学的計測等)、バイオドシメトリ
4. 軌道上医療分野

ホルター心電計による生体モニター、軌道上医療システム(Onboard Diagnosis Kit)

5. 宇宙船内環境分野

身体微生物叢モニタリング、船内環境(空気、水、騒音等)モニタリング

これら幅広い分野の研究テーマを推進するため、研究室の研究員・開発員・JAXA プロジェクト研究員に加えて、多くの招聘・客員研究員、嘱託、その他国内外の大学や研究機関との共同・委託研究を行いながら研究を実施しています。

個々の研究計画は、有人サポート宇宙医学研究推進分科会で科学評価を、人間を対象とする研究開発倫理審査委員会で倫理評価を、有プロ研究推進委員会でプログラム(資金・体制・意義)評価を受けて、承認を得てから実施しています。

宇宙医学研究: これまでISSに長期滞在する若田飛行士(2009年)、野口飛行士(2010年)、古川飛行士(2011年)、星出飛行士(2012年)、若田飛行士(2013年)や、NASAなど他局の宇宙飛行士を対象として「骨量減少・尿路結石予防研究」、「ホルター心電計を用いた心臓自律神経研究」、「身体真菌叢研究」、「毛髪研究」、「軌道上医療システム」に関する宇宙医学研究を行い、大学の共同研究者などと共同で「日本宇宙食の栄養影響」、「バイオドシメトリ」などの実験を実施しました。

宇宙生物学研究: 宇宙航空プロジェクト研究員や招聘・客員・併任の研究員らを中心にこれまで「メダカのライブ・イメージング技術」、

「メダカの遊泳パターンと筋活動」、「メダカの遅筋萎縮メカニズム」、「筋萎縮タンパク質の発現リズムと食事療法」の研究を終了しました。現在は、「心機能低下を予防する(HIAT)運動療法」、「免疫機能障害のメカニズム」、「口腔セルフケアプログラム」、「温熱刺激による筋萎縮予防」、「低線量・長期宇宙線被曝影響」、「線量当量計測技術」などの研究を実施しています。

月面開拓医学研究：ISS・きぼうに続く将来の有人宇宙活動に向けた月面で必要となる宇宙医学研究を「月面開拓医学研究」と名付け、「月面ダスト」、「月面放射線」、「月面歩行と転倒予防」に関する研究を2009年より実施しました。現在は、「月面歩行と転倒予防」に関する研究を大学との共同研究として実施しています。

ISS きぼう利用公募研究：2012年からJ-SBROがISS利用の公募研究の宇宙医学分野を担当することになり、「2020年までの宇宙医学分野のISS・きぼう利用シナリオ」に基づいて募集選定を行いました。平成24年度きぼう利用テーマとして、重点課題テーマ「免疫・腸内環境の統合評価」、一般テーマ「視力変化に影響する頭蓋内圧評価」が選定され、宇宙実験に向けた準備作業を代表研究者等と開始しています。

アウトリーチ・情報発信：Mission-X(Train like an astronaut)に参加し、子供に対する食育と運動の啓発活動や、オランダとの交信イベントを行いました。また、中高齢者の健康増進に役立てるために「健康長寿」、「健康増進」、および「快眠」に関するJAXA宇宙医学パンフレットを関連学会の協力を得て作成したり、国立極地研とJAXAとの共同研究成果をまとめ報告書として発行しました。

宇宙医学生物学研究ワークショップ：
「Workshop on Human Behavior and

Performance in Space Flight」、「宇宙放射線被ばく管理と測定技術」、「宇宙医学と加齢」の各ワークショップを開催し、各分野の専門家と研究成果発表や討議を行って将来の研究推進に役立てました。また、「ISS 利用成果シンポジウム」などで、宇宙医学の研究成果を紹介しました。

外部研究資金獲得：JAXA 内部の研究予算が年々削減される状況の中、科研費を獲得し、大学や企業が主体となる Center of Innovation への研究申請にも協力しました。新たな取り組みとして、国内企業との共同研究開始に向けた調整を進め、さらに、海外研究機関との連携として、米国の National Space Biomedical Research institute (NSBRI) やロシアの Institute of Biomedical Problems (IBMP) との共同研究に関する協議を開始しました。

宇宙飛行士健康管理グループの紹介

—医学運用に発する研究を達成するために—

総括医長／健康管理グループ長 緒方克彦

【はじめに】

我々健康管理グループ(Medical Operations Team: MedOps)は、2013年度当初に組織目標として“医学運用上の諸問題に関連する研究(MedOps Related Research: MORR)に着手する”旨を明記した。現状と将来像を下記に示す。

- ① :2013年度以前に開始していた研究
 - ・船内被服の毛羽減少加工技術の開発
 - ・無重量体重計の開発
- ② :現在検討中の研究
 - ・宇宙日本食メニューの開発
 - ・軽量かつ簡便な操作性を有する脳波計及び覚醒度測定装置の開発
 - ・精神的および身体的ストレスと疲労度を評価する研究
- ③ :近い将来、手掛けるべき研究
 - ・宇宙栽培植物に関する研究
 - ・機能性宇宙食の開発
 - ・頭痛発生メカニズムとCO₂濃度の相関に関する研究
- ④ :他部門への支援
 - ・新世代宇宙服の研究開発
 - ・放射性遮蔽材の開発(未定)

【健康管理グループの研究に関する指針】

① 密接不離な医学運用と宇宙医学研究

本来 NASA の HRP (Human Research Program) は、2005 年当時の FS リーダーであった Dr. Jeffry Davis 率いるチームが、この先 15 年間の医学運用にかかわる全ての危

険要素(Hazards)を網羅的に解析した所にその端を発している。翌 2006 年リスクの同定と評価、2007 年研究テーマの選定と進み、2008 年に予算配分等を含む経営管理学的評価を経て、同年に制定された。このように幅広く、長期的視野を持って戦略的指針を策定することはもちろん大事なことだが、策定後も情勢の変化を加味し改定作業を継続的に行う事がとても重要である。

医学運用者はリスクを現認する最も近い立場にいるが、だからこそ解決しなければならない問題と関連する研究テーマの設定を常に脳裏に思い描き、研究者に発信しなければならない。運用研究や医療機器の開発については、自ら主導的に携わることも求められる。

② 死角のないアプローチ

前述の HRP の研究分野には大分類として生理的対策、軌道上医療、精神心理支援、船内環境対策、放射線被ばく管理の 5 分野があることは周知である。しかしそれぞれの研究の展開は各極ごと或いは時代の流れにより、随分不揃いな進展を遂げてきた。生理的対策分野に関しては往時のベッドレスト研究の成果もあり相当に成熟した業績を上げてきた。精神心理支援分野については神経心理学・行動科学的手法としてかなりの成果を収め、現在の選抜や訓練に反映されているが、一方で疲労や勤務管理といった超長期滞在で問題となるであろう精神生理学的アプローチは欠落している。船内環境対策分野では解決すべき事項が次々に明らかにされつ

つあり、惑星探査時代を睨めば、放射線被ばく管理分野とともにカウンターメジャー等装備品の開発が望まれる時代に差し掛かっている。軌道上医療分野についても、軽量小型で簡便な操作とともに安全性信頼性を有する日本の技術は、超長期滞在以降には切迫した需要が見込まれるのだが、ISS では余りその兆しが見られない。

5 分野の中で何が解決し、何が未解決か。何が喫緊の課題で、何が“将来大問題となるか”について幅広く調査分析を繰り返し、研究室や関連機関と情報を共有し、次に述べる JAXA としての中長期戦略の策定を充実させる必要がある。

③ 中長期研究開発の視点(中期は5年、長期は15年程度を想定)

研究開発に要する期間は相当長期に亘るのが普通で、中長期の視点を保有することは当然の話なのだが、ともすれば社内の研究計画承認のプロセスにおいては、費用対効果や社会に与えるインパクトが優先され、源流が見えなくなるケースが少なくない。

この際重要なのは、将来の宇宙開発状況に沿った重点課題の設定とその見直しであろう。宇宙医学研究に大きなインパクトを与える状況とは、例えば宇宙飛行士を帰還直後に本国(日本)に後送しリハビリテーション等を実施する“ダイレクト・リターン”や、1年以上の宇宙超長期滞在、月・火星等の惑星探査などを指し、少しでも将来その可能性があれば研究テーマとして検討すべきである。会社の事業計画や予算折衝においては、こうした開発方針を公表することについて熟慮を重ねた上で慎重であるべきだが、研究テーマを振作する視点から言うと、もっと大胆かつ柔軟に提示する必要があることは言うまでもない。

【終わりに】

2014 年度に向けて、健康管理グループは MMOP*の様々な分野に応じて、既述した如き各研究計画を策定中であり、一部は研究を開始するテーマもある。ご興味のある様々な分野の研究者との刺激的な交流を期待しますので、ぜひお気軽に MedOps メンバーにお声をかけてください。

*MMOP: Multilateral Medical Operations Panel (多極間医学運用会議)

医学基準、環境監視(水、空気、微生物等)、生理的対策、放射線被ばく管理、栄養など12 亜分野によって構成され、医学運用に関わる諸問題の解決や監視等を行っている。

有人宇宙環境利用センターの紹介

宇宙環境利用センター長 上垣内茂樹

宇宙環境利用センターは、我が国の国際宇宙ステーション計画において、日本の実験棟「きぼう」を利用して行う宇宙実験の準備段階から実施、その後の成果の取りまとめまでを担当するセンターです。

宇宙実験研究は広く JAXA 内外の研究者や企業から提案されるものですが、その実験を「きぼう」の中で実現するためには、実験の準備から「きぼう」の中での実験方法、打上げと回収時の作業について、通常の上の研究室での実験とは違った配慮や手段が必要な場合が多く、それらの計画を事前に十分に検討し、実施する必要があります。

当センターでは、「きぼう」での実験を行う際に必要となる知識と経験を有する職員が、実験計画の立案から実施まで研究者とともに従っております。また、それぞれの実験に必要な「きぼう」での実験に必要な特別な機材の開発も従ってしております。当センターのある筑波宇宙センター宇宙実験棟には「きぼう」で使用している実験装置と同じ機能を持った装置が設置してあり、事前に「きぼう」で行う実験の方法や手順を検討したり、地上対照データの取得や宇宙飛行士へ実験操作の訓練を行っております。

「きぼう」で行われる実験には、ヒトを使った研究を含む生命科学実験や物質物理学の分野の研究、さらに企業による技術開発、船外実験プラットフォームで行う地球や宇宙の観測実験などがあります。当センターではそれぞれの分野について、専門知識のある担当者が前述の業務にあたっております。

また、これから宇宙実験を行うことを考えている研究者や企業から宇宙での実験の方法や有効なデータの取得の方法について相談を受けることや、逆に JAXA から有力な分野については、「きぼう」の利用を研究者や企業に提案して、新しい利用実験を開拓することも当センターの業務です。

さらに、準備の整った実験について、それらの実験要求に基づき、「きぼう」で実験を実施する際の軌道上でのスケジュールを他国の実験担当者とは調整して決めていくことも当センターの重要な役割の一つです。

○宇宙医学生物学研究室 招聘嘱託・招聘職員

- ・太田 敏子 招聘嘱託 筑波大学 名誉教授
(元:大学院人間総合科学研究科 基礎医学系 教授)
- ・岩崎 賢一 招聘研究員 日本大学 医学部 教授
- ・須藤 正道 招聘研究員 東京慈恵会医科大学 教授
- ・立崎 秀夫 招聘研究員 放射線医学総合研究所 被ばく医療部 室長
- ・二川 健 招聘研究員 徳島大学 大学院ヘルスバイオサイエンス研究 教授
- ・鈴木 豪 招聘研究員 陸上自衛隊開発実験団 部隊医学実験隊 前任研究員
- ・尾田 正二 招聘研究員 東京大学 大学院新領域創成科学研究科 准教授
- ・山本 直宗 招聘研究員 藍野病院 内科診療部長
- ・寺沢 和洋 招聘研究員 慶應義塾大学 医学部 助教
- ・水野 康 招聘研究員 東北福祉大学 子ども科学部 准教授
- ・青木 滋 招聘研究員 清水建設(株) 技術研究所 主任研究員
- ・浅香 智美 招聘研究員 東京大学 大学院新領域創成科学研究科 特任研究員
- ・加藤 完 招聘研究員 理化学研究所 総合生命医科学研究センター 研究員

○宇宙飛行士健康管理グループ

- ・緒方 克彦 グループ長(2013年1月より)
- ・佐藤 勝 副グループ長(主任開発員)
- ・松本 潤 主任開発員
- ・堂山 浩太郎 主任開発員
- ・藤森 謙 主任開発員(2013年3月退職)
- ・岩佐 俊一 主任開発員
- ・宮本 正明 主任開発員
- ・嶋田 和人 医長(主任開発員)(2013年7月より飛行技術研究センター)
- ・松本 暁子 医長(主任開発員)
- ・三木 猛生 医長(主任開発員)
- ・菊地(小笠原) 知子 医長(開発員)
- ・安西 耕 医長(開発員)(2013年10月退職)
- ・石橋 寧子 保健師(主事)(2013年10月より)
- ・神山 慶人 開発員
- ・齊藤 久美子 開発員
- ・松村 智英美 開発員
- ・金子 祐樹 開発員

○宇宙飛行士健康管理グループ 招聘職員

- ・松崎 一葉 招聘研究員 筑波大学 大学院人間総合科学研究科 教授

・鈴木 豪 招聘研究員 陸上自衛隊開発実験団 部隊医学実験隊 前任研究員
(宇宙医学生物学研究室招聘職員併任)

(2) 宇宙環境利用センター(ヒト研究担当)

・上垣内 茂樹 副センター長 技術領域総括(上席開発員)
・白川 正輝 技術領域リーダー(主幹開発員)

○宇宙医学研究センター (J-CASMHR) メンバー



向井千秋センター長のお誕生日会



一般公開日:ミッション X の
サプライズ



各国のフライト・サーजन達と(GCTCにて)
2013年6月



2012年筑波宇宙センター特別一般公開日

宇宙医学生物学研究室研究テーマと概要

(1) 国際宇宙ステーション利用実験テーマ

分野	テーマ	研究者	実施状況
生理的対策	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 (Bisphosphonate)	PI: 松本俊夫(徳島大学) CI: 中村利孝(国際医療センター)・郡健二郎(名古屋市立大学)・大島博(徳島大学、国際医療センター、名古屋市立大学との共同研究)	実施中
生理的対策	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響に関する研究 (Hair)	PI: 向井千秋 CI: 寺田昌弘・東端晃・石岡憲昭・山田深・大島博(鹿児島大学との共同研究)	解析中
軌道上医療	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 (Biological Rhythms)	PI: 山本直宗 CI: 大島博・水野康・大塚邦明(東京女子医科大学) (東京女子医科大学との共同研究)	解析中
軌道上医療	長期宇宙飛行時における 48 時間心臓自律神経活動に関する研究 (BLR48)	PI: 向井千秋 CI: 大島博・山本直宗・水野康・大塚邦明(東京女子医科大学) (東京女子医科大学との共同研究)	実施中
軌道上医療	簡易型生体機能モニタ装置解析ソフトの軌道上検証 (Onboard Diagnostic Kit: ODK)	PI: 向井千秋 CI: 大島博・石田暁・相羽達弥・山田深	実施中
宇宙船内環境	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 (Myco)	PI: 槇村浩一(帝京大学)、杉田隆(明治薬科大学) CI: 太田敏子・山田深・東端晃・石岡憲昭・向井千秋 (帝京大学、明治薬科大学との共同研究)	解析中
生理的対策	国際宇宙ステーションに長期滞在中の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の効果 (Hybrid)	PI: 志波直人(久留米大学) CI: 大島博・山田深(久留米大学との共同研究)	実施中
生理的対策	無重力での視力変化等に影響する頭蓋内圧の簡便な評価法の確立 (IPVI)	PI: 岩崎賢一(日本大学) CI: 向井千秋(日本大学との共同研究)	計画詳細化中
生理的対策	宇宙環境における健康管理に向けた免疫・腸内環境の統合評価 (Prebiotics)	PI: 大野博司(理化学研究所) CI: 服部正平(東京大学)、菊地淳(理化学研究所)、太田敏子、山田和彦(女子栄養大学)、加藤完、向井千秋(理化学研究所、東京大学、女子栄養大学との共同研究)	計画詳細化中
生理的対策	メダカのライブ・イメージングによる宇宙環境ストレス応答の評価	PI: 向井千秋 CI: 浅香智美・大平宇志・尾田正二・岩崎賢一・須藤正道・大島博(東京大学、山口大学との共同研究、お茶の水女子大学との研究協力)	計画詳細化中

(2)地上研究テーマ

分野	テーマ	研究者	実施状況
生理的対策	長期宇宙滞在中の心機能低下を予防する運動療法に関する研究(HIAT)	PI: 松尾知明 CI: 大島博・山田深・相羽達弥 (筑波大学との共同研究)	終了
生理的対策	骨格筋機能低下に対する温熱刺激を用いた予防策の実用化に向けた研究	PI: 大平宇志 CI: 寺田昌弘・太田敏子・二川健・須藤正道・大島博・向井千秋 (筑波大学との共同研究)	実施中
生理的対策	宇宙環境における免疫機能障害のメカニズムの解明	PI: Minh-Hue Nguyen(ミンフェ グエン) CI: 寺田昌弘・太田敏子・向井千秋 (理化学研究所との共同研究)	終了
生理的対策	宇宙飛行士を対象とした口腔セルフプログラムの開発に関する研究	PI: 財津崇 CI: 安西耕・三木猛生・緒方克彦・太田敏子・大島博・向井千秋 (東京医科歯科大学との共同研究)	実施中
精神心理支援	「きぼう」運用管制チームの生活および睡眠実態調査	PI: 水野康 CI: 大島博・松本暁子・相羽達弥・山口孝夫	実施中
軌道上医療	眼球関連情報を用いたヴィジランス評価法の開発	PI: 阿部高志 CI: 水野康・太田敏子・須藤正道・緒方克彦・大島博・向井千秋 (精神・神経医療研究センター、東京医科大学との共同研究)	実施中
放射線被曝管理	低線量率・長期被ばくに対する宇宙放射線の生物影響研究	PI: 向井千秋 CI: 永松愛子・浅香智美	実施中
月面開拓医学	月面歩行と転倒予防に関する研究	PI: 山田深 CI: 大島博・松尾知明・向井千秋	実施中
南極利用	生体リズム(睡眠覚醒リズム、脳波、心臓自律神経機能)、毛髪分析、微生物叢解析、ハイブリッドトレーニング改良の4領域7テーマの研究課題	向井千秋、宇宙医学生物学研究室 (国立極地研究所、および東京女子医科大学、帝京大学、明治薬科大学、鹿児島大学、久留米大学、スリープウェル(株)との共同研究)	終了
アウトリーチ・教育	「ミッションX」を活用した健康増進と宇宙医学生物学研究の理解増進	相羽達弥・須藤正道・太田敏子・尾田正二・石田暁・山田深・大島博・向井千秋	実施中

1. 生理的対策分野

骨量減少対策チーム

大島 博

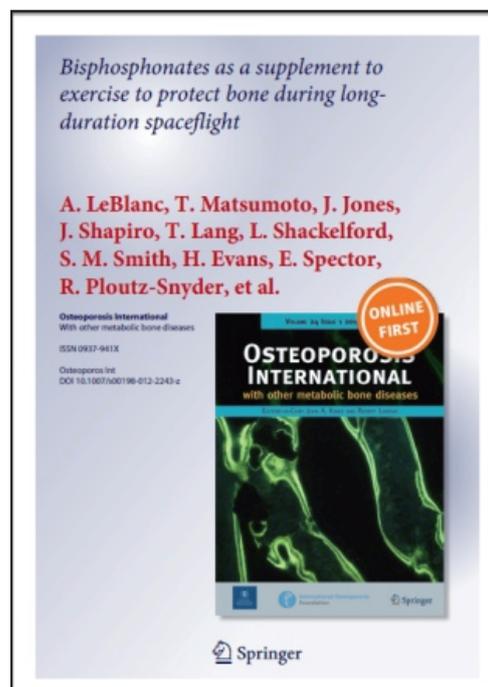
研究課題「ビスフォスフォネート剤を用いた骨量減少・尿路結石予防対策に関する研究 (Bisphosphonate)」

微小重力環境では、骨への荷重負荷がなくなるので地上の骨粗鬆症の約 10 倍の速さで骨量は減少する。6 か月間の長期宇宙飛行では、週 6 日間、毎日 2 時間の運動を実施しているが、大腿骨頸部海綿骨の骨量はqCT で平均 15%減少する。著しい骨吸収亢進と骨形成は不変から、骨リモデリングのアンカプリングが生じ、急速な骨量減少が荷重骨に生じる。

そこで、骨粗鬆症治療薬として約 10 年前から臨床に用いられ、骨量増加と骨折発生率低下のエビデンスが多数あるビスフォスフォネート(骨吸収抑制剤)を予防的に投与することを考案し、90 日間のベッドレスト研究でその有用性を確認した。その成果をもとに、ライフサイエンス国際公募に応募して採択され、NASA と共同でビスフォスフォネートを用いて長期宇宙飛行に伴う骨量減少と尿路結石リスクを軽減する宇宙実験を行っている。

8 人の飛行士が、経口薬投与への研究参加を同意し、飛行 2 週間前から飛行終了時までビスフォスフォネートを毎週服用した。筋力運動(ARED 使用)により骨量減少は軽減するが、筋力運動にビスフォスフォネートを併用すると、骨量はほとんど減少しなかった。IRED(ARED 以前の抵抗運動機器)と ARED の筋力運動では、宇宙飛行の骨吸収増加と尿中Ca排泄増加を抑制できないが、ビスフォスフォネートを併用すれば、骨吸収亢進は抑制され、尿中Ca排泄増加も抑制でき、その結果を下記の論文発表した(図)。初コントロール群(インクリメント

17まで)は、旧式の抵抗運動機器(iRED)を用いて筋カトレーニングを行っていた。本薬剤の予防投与の最初の被験者(インクリメント 18)から、改良型抵抗運動機器(ARED)を用いた筋カトレーニングが開始された。そこで薬剤投与と筋カトレーニングの効果をより適切に検討するために、新たなコントロール群(ARED を用いて筋カトレーニングし、薬剤を服用しない)に対する医学データ取得を開始した。(徳島大学医学部 松本俊夫教授、国際医療センター 中村利孝 総長特任補佐、名古屋市立大学 郡健二郎 教授 との共同研究)



LeBlanc A, Matsumoto T, Jones J, Lang T., Shackelford L, Smith S, Evans H, Spector E, Ploutz-Snyder R, Sibonga J., Keyak J, Nakamura T, Kohri K, Ohshima H: Bisphosphonates as a Supplement to Exercise to Protect Bone during Long Duration Space Flight. *Osteoporosis Int* 24:2105-14, 2013

体力低下予防対策チーム

大島 博・山田 深・松尾 知明・向井 千秋

微小重力環境下での筋や体力の著しい萎縮は、ISS 長期宇宙滞在で生じる最も重要な医学的課題の1つに挙げられている。長期宇宙滞在する飛行士は、週6日間約2時間半の運動で、有酸素トレーニングと筋力トレーニングを行っているが、帰還後の有酸素能力や筋力は、飛行前より平均で約10~20%低下している。宇宙飛行士の体力低下を軽減するためには、有効な運動機器を搭載し、短時間で効果的なトレーニング法を開発し、適切な栄養摂取の工夫が必要とされている。

1. 微小重力下における効果的な運動器具・トレーニングに関する研究:「国際宇宙ステーションに長期滞在する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の効果(Hybrid)」

大島 博・山田 深

ハイブリッドトレーニング法は、動作時に拮抗筋に電気刺激を行い、主動筋の随意収縮に運動抵抗を与える運動トレーニング法である。電気刺激装置は、リハビリテーション施設で使用するものと同様であるが、運動時に拮抗筋側の筋肉が刺激され、主動筋は自発求心性に遅筋が主に収縮し、拮抗筋は電気刺激により遠心性に速筋が主に収縮されるので、微小重力下での筋力トレーニングが可能となり、運動時に骨に長軸荷重が加わる。

大学や病院での有用性検証をふまえて、国立極地研究所との共同研究として南極地域観測隊員の運動検証を実施した。ライフサイエンス国際公募で研究テーマとして採択され、現在軌道上実験に向けた準備を行っている。(久留米大学医学部 志波直人教授との共同研究)

2. 「長期宇宙滞在中の心機能低下を予防する運動療法に関する研究(HIAT)」

松尾 知明・大島 博・山田 深・相羽 達弥

運動(エクササイズ)による心臓への負荷増大は微小重力環境下での体力低下を防止するだけでなく、心筋萎縮、心機能低下の予防策としても有効である。他方、今後の長期滞在に向けては、運動の所要時間は可能な限り短縮させたい。また、運動により増加するエネルギー消費量が宇宙滞在中に生じる飛行士の体重減少に関与することが指摘されている。本研究は運動の時間とエネルギー消費量を減少させ、且つ、体力低下や心筋萎縮の予防に効果のあるトレーニング法の開発に向けた取り組みである。

2010年度より、一般成人男性を対象とした地上実験に筑波大学と共同で行っている。JAXAで考案した自転車運動トレーニング法(HIAT, 13 min, 180 kcal)をISSで主として行われているトレーニング法(CAT, 40 min, 360 kcal)と比較したこれまでの実験により、①HIATを週5回(8週間)おこなうことで、全身持久性体力が向上し、心筋が増大すること、②HIATの週当たりの頻度を減少(週3回)させても、週5回と同等の効果が得られることを確認した。次の課題は宇宙飛行士を対象とした宇宙実験での効果検証である。(筑波大学体育専門学群 田中喜代次教授との共同研究)



トレーニング風景

骨格筋量減少対策チーム

大平宇志・寺田昌弘(宇宙科学研究所)・太田敏子・二川 健・須藤正道・大島 博・向井千秋

研究課題「骨格筋機能低下に対する温熱刺激を用いた予防策の実用化に向けた研究」

微小重力環境下において、ヒトやげっ歯類の特に抗重力筋に萎縮や速筋化(新たな速筋型ミオシン重鎖の発現)が誘発される。骨格筋は、人体最大の臓器とも言われ、生体内でも多様な役割を担っていることから、その量・質的变化は、宇宙滞在中および地球帰還後の宇宙飛行士の健康リスク増加につながる。したがって、宇宙環境への骨格筋の適応メカニズムの解明およびその予防策の確立は宇宙医学研究分野における最重要課題の一つとなっている。

現在、宇宙飛行士は運動処方により、骨格筋の特性維持に努めている。しかし、その効果は十分には得られておらず、新たな運動プログラム確立の必要性を主張する報告も存在する。一方、現在、宇宙飛行士が軌道上で行う運動プログラムは、飛行前に行った運動プログラムの結果や軌道上の運動機器使用に係る制

約などを基に、各人で異なるものが計画されている。したがって、すべての宇宙飛行士に対し同一の運動プログラムを適用することは困難であり、運動に替わる、または運動と組み合わせることで相乗的な骨格筋特性変化防止効果が得られるカウンターメジャーの確立が望まれる。そこで、我々は“温熱刺激”に着目し、その新たなカウンターメジャーとしての有効性を検証することを目的に研究を行っている。

温熱刺激には、①簡便に行うことができる、②服薬に比べ、利用する際の精神的抵抗等が少ない、③局所に処方することで、必要な部位でのみ効果が得られることが予想される等の利点がある。また、本研究により得られる基礎的データは、有人宇宙開発分野だけでなく、地上の生活における温熱刺激の実用化および一般化を計画するうえで有用な知見となることが期待される。

(筑波大学 生命科学動物資源センター 高橋智センター長との共同研究)

運動処方

- ・ トレッドミル、自転車エルゴメーター、抵抗運動機器を用いる。
- ・ 週6日、約2.5時間/日
- ・ 運動プログラムは、各人の状態に合わせて異なるものが計画される。

(大島ら, Jpn J Rehabil Med, 2006)

問題点

- ◆ 効果には個人差が確認されており、運動プログラムの改良や運動処方以外のカウンターメジャーの確立が必要である。

(Trappe et al., J Appl Physiol, 2009; Fitts et al., J Physiol, 2010)

候補: **温熱刺激**、人工重力、電気刺激、薬剤など

本研究では、新たなカウンターメジャーとして温熱刺激の有効性を検証する。

図 軌道上で実施されている骨格筋機能低下に対するカウンターメジャー

毛髪チーム

石田 暁・相羽達弥・山田 深・大島 博・向井千秋
寺田昌弘・東端 晃・石岡憲昭(宇宙科学研究所)

研究課題「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響に関する研究(Hair)」

本研究は 2009 年より開始しており、宇宙飛行士の毛髪を採取し、宇宙飛行士が宇宙滞在によって生体に受ける影響を毛髪サンプルの解析から評価しようというものである。毛根部からは遺伝子を抽出し、遺伝学的解析を行っている。また、毛幹部においては微量元素の分布を観察し、体内からのミネラル代謝を検討している。

宇宙飛行士の毛髪採取本数には制限があり、1 回につき 5 本のみしかサンプリングできない。そのため、少ない本数での毛根遺伝子の解析手法を確立する必要があり、これまで検討を重ねてきた。その成果は、Advances in Bioscience and Biotechnology 誌に報告した。

現在、長期滞在宇宙飛行士 10 名からサンプルを採取し、毛根部の遺伝子について DNA マイクロアレイ解析を、毛幹部においては EPMA (Electron Probe Micro Analyzer)を用いた含有ミネラル成分の解析を実施している。その結果、宇宙滞在中に特異的に発現が変化するいくつかの遺伝子が特定され、いくつかの毛髪含有ミネラル成分の変化も観察している。

また、本研究における対照実験として、国際宇宙ステーションに約 3 か月間滞在したマウスやスペースシャトルで約 2 週間宇宙に滞在したマウスから皮膚サンプルも取得し、解析を行っている。これら対照実験のデータと宇宙飛行士のデータを比較し、軌道上滞在中の宇宙飛行士の健康状態の指標となる結果を得たいと考えている。

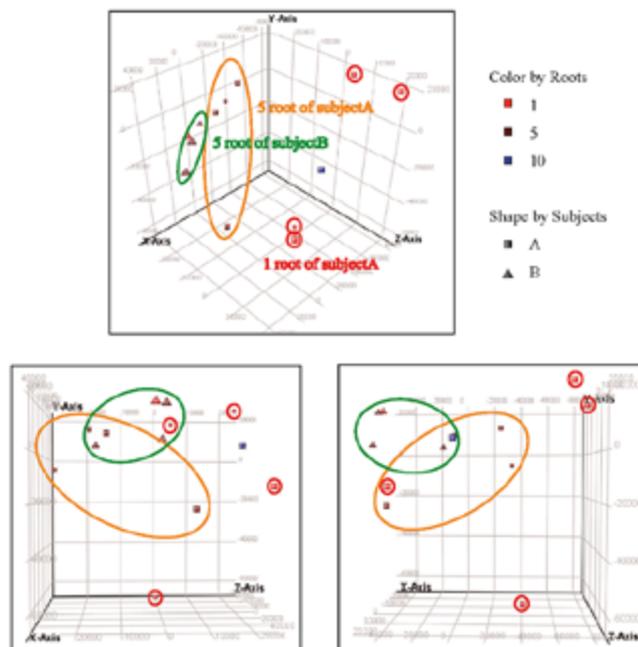


図 PCA 解析における毛根の本数と被験者ごとの遺伝子発現の相関性。本数が多くなるほど遺伝子発現のばらつきが小さくなることを示している。(Terada et al., Advances in Bioscience and Biotechnology 2013)

メダカを用いた生理的対策チーム

浅香智美・大平宇志・尾田正二・岩崎賢一・須藤正道・大島 博・向井千秋

日本固有のモデル脊椎動物であるメダカは、これまで宇宙環境にて飼育されてきた実績がある。またメダカは、地上では1960年代よりin vivoの系として放射線研究に用いられていることに加え、顕微鏡下で生きたまま評価できる利点を持つ。我々は、メダカを用いて宇宙空間の環境ストレスを検証し、環境適応と発育の観点から宇宙環境の人体への影響を評価することを目的としている。

メダカのライブ・イメージングによる宇宙環境ストレス応答の評価【軌道上実験:きぼう利用第2期後半期間候補テーマ】

本研究では、メダカを用い、試料の回収等を伴わないライブ・イメージングにより、1)宇宙環境下での行動変化、2)心臓自律神経の発達を、経時的・定量的に評価し、長期宇宙滞在が生体へ及ぼす影響の評価解析方法を開発することを目指す。また、宇宙実験後のサンプルシェアで骨格筋量を測定する。本実験は、JAXAで実施予定の3世代飼育、きぼう利用メダカ実験テーマ「メダカ雄性生殖細胞への宇宙環境影響評価」と併せて実施予定である。

1. 微小重力環境下における遊泳行動

本研究では、メダカの活動量およびパターンに着目し、映像により、宇宙環境下における長期飼育の生体への影響を検証する。

地上実験において、位置・速度に加えて、2次

元ベクトル情報からの加速度を利用した活動解析を行なっている(下図)。2012年度には、宇宙でのメダカ長期飼育が実施され、メダカの行動を映像で取得可能となった。現在これらの映像から、活動パターンの解析を行っている。軌道上実験では、軌道上で生育した2世代目(軌道上でふ化した個体)のメダカの動きを24時間分取得し、得られた映像から各個体の位置を自動追跡する。活動の活発さに加えて、個体間相互作用を解析する。

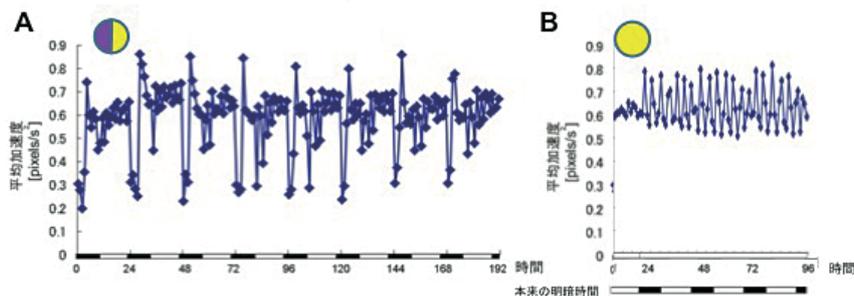
2. 宇宙環境下での心臓自律神経の発達

本実験では、メダカ心臓自律神経系を指標に、宇宙環境ストレス影響を検証する。これまで地上実験では、映像によりメダカ心臓自律神経活動と孵化後の自律神経機能の発達を評価している。また、ふ化前後のメダカ胚において、心臓へ自律神経枝が伸びていることを示してきた。軌道上実験では、2世代目の胚および稚魚における自律神経の発達の程度を神経の染色等で評価し、地上対照と比較する。

3. 微小重力環境下における骨格筋量

本研究は、姿勢維持に必要な側線或いは背側の遅筋領域で骨格筋量の測定を実施する予定である。宇宙環境で飼育後に化学固定したサンプルからの組織染色により、骨格筋量または質の変化を捉える。

24時間連続記録による概日リズムの分析



2次元ベクトル情報を用いた時間ごとの平均加速度変化

A: 明暗条件下. B: 恒明条件下

免疫チーム

Minh-Hue Nguyen (ミンフェ グエン)・寺田昌弘(宇宙科学研究所)・太田敏子・向井千秋

研究課題「宇宙環境における免疫機能障害のメカニズムの解明」

宇宙環境は小重力、閉鎖・隔離空間、宇宙放射線被曝などの特殊環境である。このような環境下に曝される宇宙飛行士は、骨量低下、筋肉の萎縮、睡眠障害などの生理的リスクの現象が観察される。中でも、宇宙飛行士の感染症発症に直結する免疫機能低下は喫緊の課題である。これまでの研究では、宇宙飛行による免疫機能低下は細胞性免疫機能障害の可能性があり、発癌・感染、アレルギー性疾患の発症リスクが増大する可能性が高いと指摘されている。しかしながら、これらの詳細な免疫障害のメカニズムは明らかにされておらず、有効的な対策もまだない状況である。本研究は、宇宙環境における免疫障害解明のために、模擬宇宙環境動物実験モデルを確立し、免疫障害の評価指標の同定とそのメカニズムを見いだすことを目的とする。

本研究では、環境ストレスや運動負荷量低下のモデル動物として利用されている尾部懸垂マウスモデル(図)を用いて、免疫臓器である脾臓や胸腺における免疫機能関連遺伝子の発現変動やリンパ球サブpopulationの機能変動を分析する。また、免疫応答により血清内に産生されるサイトカインを分析し、免疫機能を評価するバイオマーカーの探索を行う。

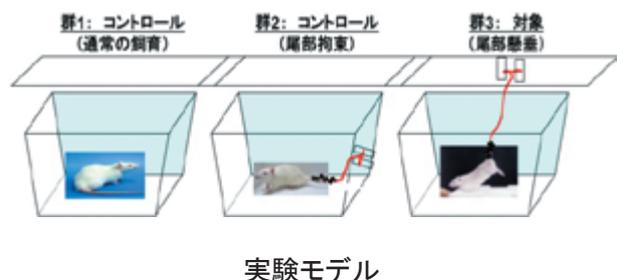
cDNA マイクロアレイ解析には 28,853 個のマウス遺伝子を含むマウスゲノム遺伝子チップ (Affymetrix - GeneChip® Mouse Gene 1.0 ST Array) を使用し、免疫主要器官である脾臓・胸腺の遺伝子発現を解析する。また、脾臓及び胸腺のリンパ球 (T 細胞, B 細胞, NK 細胞など)

の代表マーカーを使用し、マルチカラーFACS法で各リンパ球のサブpopulationの変動を解析する。一方、抗体アレイシステムを用いて、模擬宇宙環境モデル尾部懸垂マウスの血清内に存在する 308 種類のサイトカイン蛋白質の動態変化を解析し、バイオマーカーとなり得る分泌蛋白質を抽出する。

コントロールの尾部拘束群、通常飼育群を比較したところ、マウス尾部懸垂群では明らかな胸腺重量の減少が認められ、その減少は胸腺細胞総数に比例しており、模擬宇宙環境動物実験モデルとしての有用性が示唆された。また、胸腺・脾臓の遺伝子アレイ解析により筋肉、脂質代謝、免疫関連遺伝子変動が観察された。さらに、抗体アレイ解析により血清内分泌タンパク質を同定するアッセイ系を確立することができた。

これらの結果から、尾部懸垂マウスモデルにおける環境ストレス・運動負荷量低下は、免疫システムに影響を与える可能性を示唆していると思われる。

(独立行政法人理化学研究所 免疫・アレルギー科学総合研究センター (2013 年 3 月まで) 大野博司チームリーダーとの共同研究)



歯科疾患対策チーム

財津 崇・安西 耕・三木猛生・緒方克彦・太田敏子・大島 博・向井千秋

研究課題「宇宙飛行士を対象とした口腔セルフケアプログラムの開発に関する研究」

宇宙滞在中の宇宙飛行士には、歯科疼痛や歯科補綴物の脱離、口腔清掃状態や歯肉炎症の悪化など様々な歯科の問題が報告されている。しかし、現在の宇宙環境（国際宇宙ステーション）は歯科器具・材料の制限、歯科医師不在の環境であり、十分に歯科の問題について対応はできていない。

NASAのHuman Research Roadmapでは、今後の長期間の宇宙滞在中では歯科の問題が起こりうるため、医療担当クルーの歯科医療技術、宇宙で認定されている歯科医療器具、根拠に基づく診断と治療のガイドラインが不足しており対応を取るべきだと指摘されている。

そのような条件で、効果的に今後の長期宇宙滞在中の歯科疾患を予防するためには、①セルフチェック能力に重点を置いた宇宙飛

行士用の口腔セルフケアプログラムの構築、②外部から歯科医師による診断や指導が可能な遠隔歯科医療支援システムの開発が必要である。そのため現在、下記の開発を目的とした研究を行っていく予定である。（東京医科歯科大学大学院医歯学総合研究科川口陽子教授との共同研究）

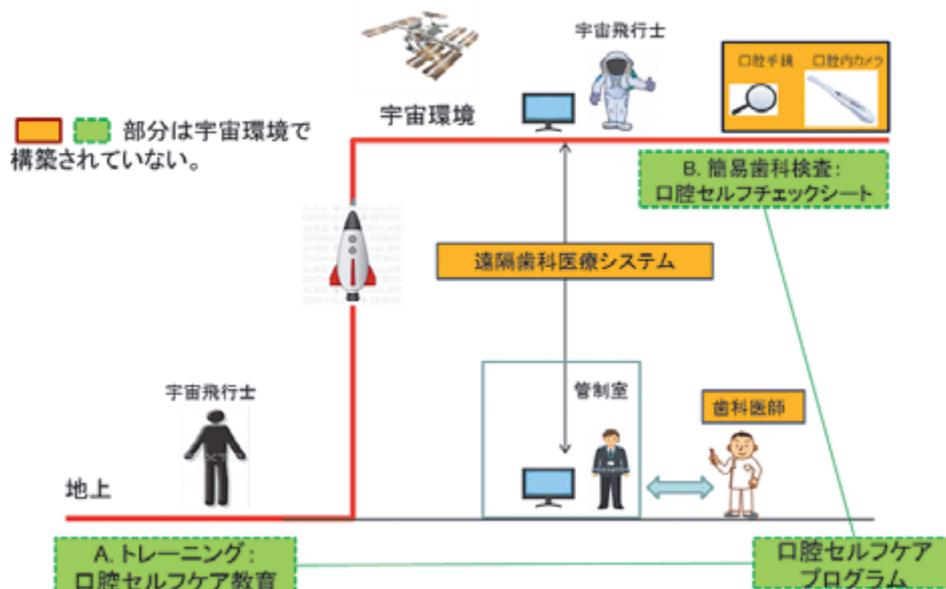
1) 宇宙飛行士用口腔セルフケアプログラムの構築

A. 口腔教育プログラム: 宇宙飛行士へのセルフチェック能力の教育と宇宙環境に合わせた歯科知識と口腔清掃技術指導プログラムの作成

B. 口腔セルフチェックシート: 簡易歯科疾患リスクを管理するシートの作成

2) 遠隔歯科医療支援システムの構築

有効な口腔内視診評価法である PMA Index（歯肉炎症評価）、Oral Hygiene Index（OHI: 口腔清掃状態評価）等のカメラを用いた遠隔で診断できるシステムの検討



2. 精神心理支援分野

交替勤務対策チーム

水野 康・大島 博・松本暁子・相羽達弥・山口孝夫(宇宙環境利用センター)

研究課題「『きぼう』運用管制チームの生活および睡眠実態調査」

2008年3月より、国際宇宙ステーション「きぼう」日本実験棟の運用が開始され、以来、筑波宇宙センターでは、総勢50名を超える「きぼう」運用管制チームが3交替24時間体制の勤務に従事している。「きぼう」運用管制業務は、1)国際宇宙ステーション時刻のグリニッジ時刻(日本から-9時間の時差)に合わせた運用となる、2)高い専門性とチームワーク(1チーム7~10人)が要求される、3)主たる管制を行うヒューストンや国際宇宙ステーションで作業する宇宙飛行士と連携・通信が必要で、その基本言語が英語である、4)管制業務中の休憩時間は、国際宇宙ステーションとの通信の途絶える1時間あたり5~10分単位であり、連続した緊張を強いられるなど、特殊性を有している。

これらの背景から、本研究では、「きぼう」運用管制チームを対象として、生活習慣、健康状態、および睡眠の状態を交替勤務の勤務状況とも合わせ調査票に基づいて調査し、現状を把握するとともに、交替勤務への適応

状態に関連する要因を検討し、これらの結果および結果に基づいた交替勤務対処案を当該職員に供与し、その効果を検討することを目的とした。

調査票は、交替勤務者の状態を評価する質問紙として考案された Standard Shiftwork Index に朝型・夜型評価および QOL 評価の質問紙を加え、さらに調査時直近2ヶ月間の夜勤(準夜勤、深夜勤)の状況を勤務表から確認した。2回の調査を実施し、第1回の調査では、52人から、第2回の調査では31人から回答が得られた。

その結果から、1)看護師では約2割と言われている SWD(交替勤務性障害:Shift Work Disorder)該当者が、管制員では看護師よりも高率に存在する可能性のあること、2)質問紙調査により得られた不眠症状を定量的に評価するために、アクチグラフ等による睡眠・覚醒リズムの客観データの取得が必要なこと、3)SWD改善のためには、対象の生活状況を勘案して対策を講ずる面談方式等が望ましいこと、が示唆された。



- J-FLIGHT: 運用リーダー。NASA運用責任者と連絡を取りつつ運用管制員や宇宙飛行士の作業を指揮。
- CANSEI: 「きぼう」の通信・電力系機器の状態監視、および地上からのシステム制御。
- FLAT: 「きぼう」の環境・熱制御系機器の状態監視、および地上からのシステム制御。
- J-PLAN: 「きぼう」運用の計画立案。進行状況の監視、不具合発生時の計画変更・調整。
- TSUKUBA GC: 「きぼう」運用の地上設備(管制システム、ネットワークシステムなど)の運用・管理。
- J-COM: 「きぼう」の宇宙飛行士との通信担当。
- JEM PAYLOADS: ペイロード運用担当。実験実施者の窓口。

図1 運用管制室内における各担当の配置と業務内容

ヴィジランス測定チーム

阿部高志・水野 康・太田敏子・須藤正道・緒方克彦・大島 博・向井千秋

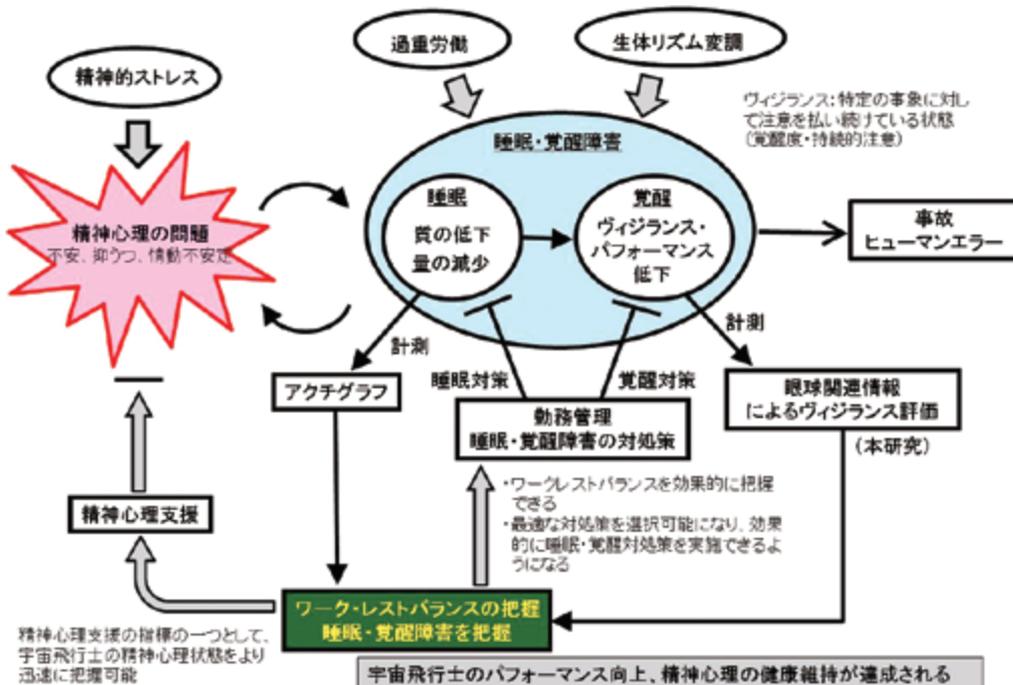
研究課題「眼球関連情報を用いたヴィジランス評価法の開発」

長期宇宙ミッションでは睡眠量の減少と質の低下が報告されており、これらに起因するパフォーマンス低下や心身不調・気分障害が発生する可能性がある。また、宇宙飛行士のパフォーマンスを予測する上で、その精神心理状態(ストレス、不安、緊張、動揺、抑うつなど)を把握することは重要なポイントである。宇宙飛行士の精神心理状態の問題が発生した時に、最も明瞭・的確に生じる変化が「睡眠」の質と量であり、睡眠は精神心理状態の観察・評価の重要な指標である。長期宇宙ミッションにおける睡眠・覚醒評価法として、主観指標、アクチグラフ、パフォーマンステストが運用で使われているが、それぞれ問題点を有している。主観的眠気は、客観的眠気と乖離しやすく過小評価されやすい。また、アクチグラフは、体動センサーによる計測法であるため休息期か活動期しか判断できない。さらに、パフォーマンステストは、クルータイムを必要

とするためテストを繰り返し実施できない、などである。

そこで、本研究では、宇宙飛行士のクルータイムをほとんど必要としない「眼球関連情報を用いたヴィジランス測定法」を開発し、覚醒の問題を客観的に把握する方法を確立する。本法は、パフォーマンス低下の発生を予測できるという利点があり、睡眠を妨げることなく、宇宙飛行士のヴィジランス測定を簡便かつ高精度に測定できる。

このような測定法が確立されると、宇宙飛行士の睡眠障害(睡眠時間短縮を含む)の早期発見による迅速な対処(精神心理支援・睡眠対処策)開始が可能になるので、宇宙飛行士のパフォーマンスが向上し、心身の健康が維持されることが期待される。(国立精神・神経医療研究センター 精神生理研究部・三島和夫部長、東京医科大学 井上雄一教授との共同研究、University of Pennsylvania, Division of Sleep and Chronobiology Prof. David. F. Dinges との研究協力)



3. 放射線被ばく管理分野

放射線生物影響研究チーム

永松愛子・浅香智美・向井千秋

研究課題「低線量率・長期被ばくに対する宇宙放射線の生物影響研究」

宇宙放射線被ばくは、宇宙飛行士の国際宇宙ステーション (ISS) 長期滞在における重要な生物影響リスクのひとつであり、宇宙医学生物学研究の重点研究課題のひとつとなっている。宇宙飛行士や ISS 搭載生物試料は ISS 放射線環境中の重荷電粒子や中性子により低線量率 (数百 mGy/day、Nagamatsu et al., 2013) で継続的に被ばくすることが知られている。しかし、これまで宇宙放射線による低線量率かつ継続的に被ばくする際の生物影響リスクを検証した実験例は乏しく、地上実験においても高線量率の結果を低線量率に外挿して推定されているのが現状である。

我々は、ISS における宇宙放射線の低線量・長期継続照射により誘導される生物影響を把握することを目的に、メダカ個体 (表皮と造血器官である腎臓からの RNA) への低線量率地上照射実験を様々な放射線源 (290MeV/n 炭素イオン及び 500MeV/n 鉄イオン: HIMAC 生物照射室、Cf-252 中性子線源: 放射線医学総合研究所 エックス線照射棟、Co-60 γ 線源: JAXA 宇宙飛行士養成棟 (図 1 参照)) を用いて行い、その後マイクロアレイ解析による低線量照射特異的な遺伝子発現を網羅的に解析した。

過去の研究成果 (Suzuki et al., (2005)、Suzuki et al. (2009)) から、hprt 遺伝子座に対する突然変異誘導効果に対してもっとも上昇が認められた重粒子線照射 (C290MeV/n) とより高 LET 粒子 (Fe500MeV/n) と、最も抑制が認められた中性子線照射に着目し、重粒子線 (1mGy/7-8h)、中性子線と γ 線の低線量 (1mGy/24h)・継続照射の実験系を構築した。中性子線源と γ 線源については、宇宙実験を想定した 3 カ月の継続照射試験も実施した。メダカ個体全身への計画線量評価は粒子・重

イオン輸送計算シミュレーションコードを用いて行い、照射中の生物試料への被ばく線量の解析は、宇宙実験において宇宙飛行士の個人被ばく線量計、生物肥料の被ばく線量計として使用されている PADLES 線量計 (Nagamatsu et al., 2006, 2009, 2011, 2013 and Tawara et al., 2008, 2011) をメダカ飼育水槽内に設置して、吸収線量を評価した。

平成 22 年度に引き続き生物影響の評価は、メダカの表皮と腎臓から抽出した照射・非照射群の RNA からマイクロアレイ解析を行い、Ingenuity Pathway Analysis (IPA) により発現変化遺伝子の機能解析により行った。2012 年度までに、重粒子線・中性子線の低線量・短期および長期継続照射において共通的に発現するマーカー遺伝子群を得ている。

宇宙放射線を構成する線種による低線量率での被ばく特異的なマーカー遺伝子を新たに単離することで、ISS における宇宙放射線被ばくより誘導される生物応答を詳細に把握でき、これまで高線量 (率) でのデータを元に外挿していた低線量放射線による被ばく影響の推定を分子レベルで詳細に評価することが可能となる。また、得られた知見から、生態防御機能の強化を含む放射線防護研究への応用利用が期待できる。

http://idb.exst.jaxa.jp/db_data/padles/NI005.html



γ 線源によるメダカ個体の照射実験 (筑波宇宙センター)

4. 軌道上医療分野

生体リズムチーム

山本直宗・大島 博・水野 康・石田 暁・相羽達弥

研究課題「長期宇宙飛行時における 48 時間心臓自律神経活動に関する研究」

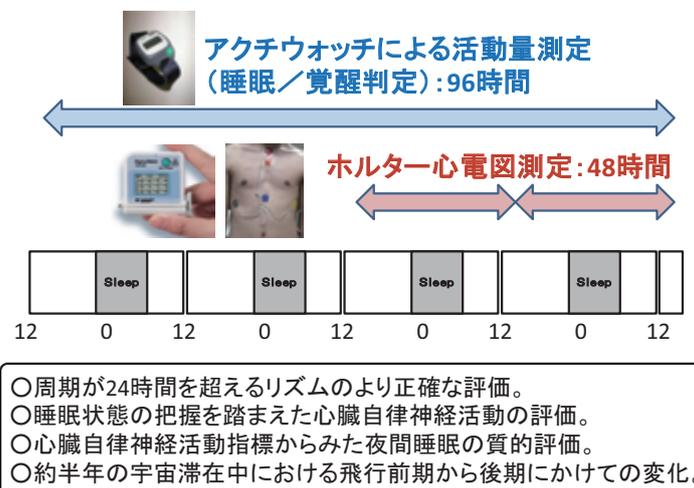
微小重力や日中の高照度光が欠如する宇宙環境では、不眠や生体リズムの変調をきたす可能性が示唆されている。長期宇宙滞在時における生体リズムの評価を目的として、国際宇宙ステーション滞在宇宙飛行士について 24 時間ホルター心電図記録を行い、平成 23 年度末までに 10 人分の長期宇宙滞在中のデータを蓄積してきた。一方、それらデータ解析結果から、周期が約 30 時間に達するリズムが検出されたこと、および、リズムの周期が長期化することに起因する夜間不眠等の可能性から、何らかの睡眠モニターが必要であることの 2 点の課題が発生した。

これらを踏まえ、アクチグラフィによる連続 4 日間の睡眠・覚醒リズム評価の後半 2 日間に 48 時間ホルター心電図記録を行う、という新たな測定プロトコルを導入し、平成 24 年度から合計 10 人の長期宇宙滞在飛行士のデータを取得することとした。なお測定は、飛行前後に各 1 回、約 6 ヶ月間の長期宇宙滞在中は、前期および後期の計 2 回とした。

平成 24 年度は、2 人の長期宇宙滞在飛

行士から飛行前中後のデータ取得を実施した。アクチグラフィの結果では、夜間睡眠における就寝～起床時刻のタイミング(位相)、就寝～起床までの長さ、および、夜間就寝中の睡眠効率(睡眠と判定された時間の割合)に測定間の顕著な差は無く、飛行中においても年齢相応のほぼ標準的な結果が認められた。

48 時間ホルター心電図の結果では、2 名中 1 名は、従来の 24 時間ホルター心電図の結果と同様に、飛行前期から後期にかけて心臓自律神経活動の概日リズム(サーカディアンリズム)が改善する傾向が認められた。一方、もう 1 名は、飛行前には明瞭であった概日リズムが飛行前期と後期ともに不明瞭であった。なお、これまでの 24 時間ホルター心電図と現在解析中である 48 時間のデータを合わせると、アーチファクトが除去されたより正確な評価ができることが確認できており、引き続き解析を進める予定である。今後、平成 27 年度を目途に 10 名のデータ取得の完了を目指し、随時、成果の公表を進めるものとする。(東京女子医科大学 大塚邦明名誉教授との共同研究)



測定プロトコルと目的

5. 宇宙船内環境分野

微生物モニターMyco チーム

相羽達弥・石田 暁・太田敏子・山田 深・大島 博・向井千秋

山崎 丘・東端 晃・石岡憲昭(宇宙科学研究所)

研究課題「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層評価研究(Myco)」

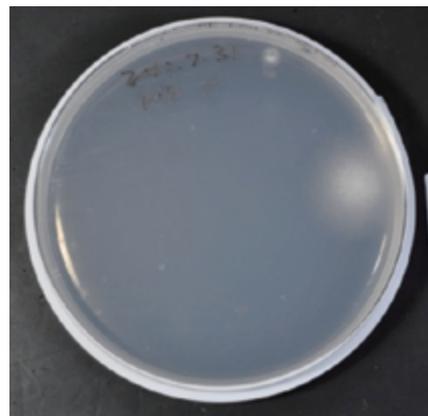
完全に閉鎖された状態を維持する宇宙船内で増殖した微生物は狭い範囲に集中して存在し、かつ微生物叢、特に真菌叢は、真菌自体が細菌に比べ排除が格段に困難なこともあり、比較的变化せず安定を保つと考えられる。また、地上ではゴミや埃などは基本的に落下するが、宇宙船のような微小重力環境下ではそれらの挙動は地上と大きく異なり、フィルターにトラップされるか壁面等に付着しない限り宇宙飛行士の周りを浮遊し続けることとなる。特に真菌の胞子や分生子は地上では通常重力により落下する数十 μm の粒子(人から出る落垢やフケなども含む)と挙動を共にするが、宇宙船内では落下せず空中に漂い、皮膚や粘膜(特に地上ではあまり考えられない上半身)に付着したり、吸引される量が地上に比べ多くなると考えられる。

本研究では、微小重力環境で活動する宇宙飛行士 20 名(ISS 長期滞在クルー10名および、スペースシャトルミッションによる短期滞在クルー10名)を対象とし、①エアフィルターとして機能し、ISS 与圧部空気中の微生物環境を最も反映するサンプルが得られると考えられる鼻腔、②その後通過した空気が到達する咽頭、③最も与圧部空気に触れている時間が長い頬および、その

対照として前胸部のそれぞれからサンプルを採取する。宇宙飛行士の鼻腔、咽頭および、皮膚の真菌の量および、真菌属種の継時的変化を解析し、フライト期間や生活習慣(一般的なスキンケア等)の影響を評価することが本研究の目的である。

長期滞在クルーのサンプル採取は軌道上で2回、短期滞在クルーは1回、それぞれ飛行前、飛行後 BDC を各1回計画し、2012年度までに予定被験者における全てのサンプル採取、ならびに軌道上で採取したサンプルの地上への回収を終了した。真菌の培養、次世代シーケンサでの解析作業を行い、成果報告へ向けた準備を進めている。

(帝京大学医療共通教育センター 榎村浩一教授、明治薬科大学 杉田隆准教授との共同研究)



サンプルから培養された真菌のコロニー

6. 月面開拓医学分野

月面歩行チーム

山田 深・大島 博・松尾知明・向井千秋

研究課題「月面歩行と転倒予防に関する研究」

本研究は月面や火星での安全で効率的な歩行様式を提言することを第一の目的とし、低重力環境における歩行制御メカニズムの解明に向けた医学研究、および理工学研究を実施している。免荷装置を用いて体重負荷を軽減することにより低重力環境を模擬し、歩行動作を解析して望ましい歩行様式を検討するとともに、ロボットモデルとPCを用いた数値シミュレーションをあわせて行い、人対象研究の結果に論理的考証を加えるものである。低重力環境での歩行をシミュレーションした宇宙医学研究においては、これまでも固定式免荷装置を用いた報告が散見されるが、筋電図や加速度計、床反力計、ビデオ動画解析などを用いた詳細な動作様式の評価は行われていない。

我々は固定式吊り下げ装置による免荷に加え、装具を着用し関節運動を制限した状態で歩行を行い、筋活動や重心移動の

変化を計測した。さらに走行式吊り下げ装置を利用し、キューにあわせた停止動作時、ならびに障害物を踏み越える際の重心移動等を計測するとともに、ランダムな音信号と歩行を同調する訓練を実施し、停止動作における学習効果の検証なども進めている。

低重力環境では速度の調整が困難であり、停止動作や乗り越え動作では特に注意を要する。運動エネルギー自体は低重力環境でも変化しないことを考慮した重心の移動を検討する必要がある。各吊り下げ装置の特性を生かし、トレーニングによって転倒リスクを軽減できる可能性を示した。リハビリテーション医学とロボット工学の連携による本研究の成果は、来るべき我が国独自の有人宇宙活動を支える基盤となる理論と技術の獲得につながるものである。宇宙服の開発にも本研究で得られた知見と技術が役立つものと考えられる。

(慶應義塾大学医学部 里宇明元教授との共同研究)



低重力環境を模した免荷状態で障害物を乗越える実験の様子

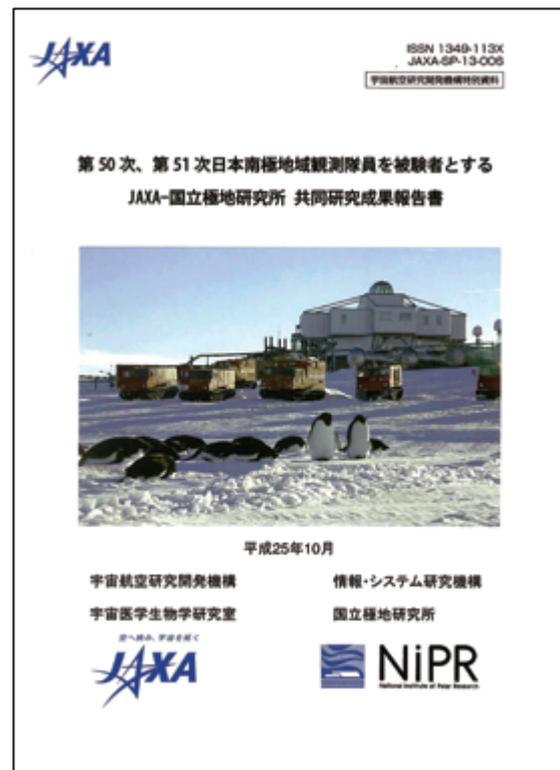
7. 南極利用研究分野

宇宙医学生物学研究室・向井千秋

宇宙医学研究は、ベットレストや閉鎖環境などの模擬宇宙環境を利用して人体への影響やその対策、実験運用の妥当性などをあらかじめ地上実験で検証することが必要である。そこで、人体にとって過酷な環境での生活を強いられる宇宙滞在と南極越冬生活との共通点に着目し、南極を有人宇宙技術を検証する場としてとらえ、2008-2012 年にかけて国立極地研究所 (National Institute of Polar Research: NIPR) と共同研究を進めてきた。第50次、および第51次の日本南極地域観測隊越冬隊とセール・ロンダーネ夏隊から被験者を募り、隊員の健康管理に関する医学研究を行った。

本研究により、南極で生活する隊員の生体リズム(睡眠覚醒リズム、脳波、心臓自律神経機能)の実態、皮膚常在微生物や毛髪への影響、およびハイブリッドトレーニングの改良点など、貴重な知見を得ることができ、報告書(宇宙航空研究開発機構特別資料 JAXA-SP-13-006)としてまとめることができ

た。(国立極地研究所研究教育系生物圏研究グループ 渡邊研太郎教授との共同研究)



8. アウトリーチ・教育分野

相羽達弥・須藤正道・太田敏子・尾田正二・石田 暁・山田 深・大島 博・向井千秋

宇宙医学生物学の重要性や波及効果を広く一般の国民や次世代を担う子どもたちに伝え、宇宙医学生物学の発展及び宇宙環境利用の促進につなげることを目的に、我々は宇宙医学生物学研究のアウトリーチ活動に取り組んでいる。

1. 宇宙医学生物学研究の成果の公表

【展示室・講義室】

これまでに地上や軌道上で行われてきた宇宙医学生物学研究の成果を公表するため、筑波宇宙センター内の専用展示室において、ポスター掲示や宇宙医学生物学研究に利用する物品等を用いて研究紹介を行っている。また、「宇宙環境下で生じる生理学的変化」を題材とした体験を取り入れた展示、展示室に併設している講義室を利用して医学部生などに向けた宇宙医学生物学研究の講演を行っている。

2. 宇宙医学生物学研究の理解と健康増進

【国際教育プログラム「ミッション X」】

体力は人間の発達や成長を支える基盤であり、創造的な活動をするために重要な役割を果たすとともに、意欲や気力といった精神面の充実にも大きく関わっている。将来を担う子どもの体力向上は人類の発展のために重要な課題であり、豊かな人間性を育むためにも、幼少期から健康に配慮し、基礎的な体力の向上をはかる習慣を身につけることは不可欠である。

現代社会が抱える肥満等の健康・生活習慣問題への対策として、宇宙医学生物学研究を利用したわかりやすく魅力的な児童向

け教育プログラムを実施することはまさに社会のニーズを満し、我々が目指す「社会に役立つ宇宙医学」の精神そのものでもある。

NASA を中心に世界各国の宇宙機関が参加する宇宙医学生物学研究のアウトリーチ活動として、児童(8~12 歳)への健康教育(栄養と運動)を主たる目的に、宇宙飛行士の健康管理をモチーフにした児童向けのトレーニングプログラム「Mission X: Train Like an Astronaut、ミッション X: 宇宙飛行士のように心身を鍛えよう」が 2011 年より開催され、日本国内では宇宙医学生物学研究室が中心となって活動を進めている。18 種類の栄養と運動に関する国際間共通教材の他、有人宇宙活動・微小重力環境における体の変化について当研究室独自の教材を作成し、ミッション X の導入授業も併せて行っている。

2012 年度は、2013 年 1 月~3 月におこなわれた国際間共通のメインイベント(ミッション X チャレンジ)には、7 チーム、1,214 名の児童、74 名の指導者が参加した。日本未来科学館と協力しサイエンスアゴラにおけるワークショップ、オランダ宇宙局との交信イベント、筑波宇宙センター一般特別公開日におけるミッション X ミニ体験などのキックオフイベントやオランダにある欧州宇宙機関技術センターの国際クロージングイベントを合わせると延べ 1,700 名以上が参加し、健康増進、宇宙医学生物学研究の理解増進を深めた。

2013 年度は、2014 年初に開催されるミッション X チャレンジへ参加者募集に向け、ミニ体験の充実化、自治体との連携を強化し、2013 年 12 月時点において 14 チーム、約 1,700 名の児童が参加することとなった。現

在、次年度以降の、アジア諸国への展開、
体育教育系大学生によるミッション X の実施

体制の構築に向け、計画立案、教材作成を
進めている。



ミッションXの実施風景

9. 搭載準備・軌道上実験運用分野

石田 暁・相羽達弥

1. 軌道上実験の準備段階と実際の実験運用

宇宙医学生物学的研究室では、国際宇宙ステーション(ISS)に長期滞在する宇宙飛行士を対象とした医学研究データの取得を確実にするため、研究者側からの要求や運用上の制約等を踏まえて、軌道上実験の準備段階から実際の実験運用まで、国内外の関係者と随時調整を行いながら以下の作業を実施している。

●実験用機器の搭載準備

(軌道上で取得したデータ・試料サンプルの帰還回収準備を含む)

ロケットへの搭載やISSでの運用にあたり、事前に必要な実験機器の地上検証試験や改修整備、その結果に基づく安全審査、射場作業や打上げの計画調整、軌道上実験後の取得データを地上へダウンロード、試料サンプルを帰還回収するための計画調整等を行っている。

●軌道上での実験運用の事前準備・計画調整

軌道上実験のスケジュール調整、宇宙飛行士の軌道上作業時間の確保、軌道上運用手順の作成・調整、ISS内のインフラ使用計画や地上運用チームの支援計画を含む実験運用の前提・制約などの調整を行っている。

●宇宙飛行士への訓練・飛行前データ取得

宇宙飛行士が飛行する前に、軌道上実験内容の訓練、飛行前のベースラインデータ取得を行っている。

●実際の軌道上実験運用

実験運用管制室にて作業の進行を確認し、宇宙飛行士の作業を地上から支援、実験の

成否確認(取得データをダウンロードした場合のクイックレビュー等)、必要に応じて研究者側への技術支援、実験機器に不具合が発生した場合の対応等を行っている。

●軌道上実験後の試料サンプル回収、飛行後データ取得、デブリーフィングの実施

帰還回収された試料サンプルの射場処置(輸送準備)、宇宙飛行士の飛行後のベースラインデータ取得を行っている。また、飛行後の技術デブリーフィングを実施し、今後の軌道上実験に反映すべき課題等を整理している。

2012年度～2013年度(12月)まで、以下の医学研究実験について、搭載準備・軌道上実験運用を実施した。

(1)「長期宇宙飛行時における48時間心臓自律神経活動に関する研究」、及び「簡易型生体機能モニタ装置解析ソフトの軌道上検証」

2011年度に軌道上実験が終了した24時間心電図測定の結果から、より長周期の心電図データを獲得する必要があるという研究者側の要求に応え、2012年度から48時間連続の心電図測定を開始した。心電図測定に加えて、その2日前から心電図測定終了までの96時間にわたり睡眠覚醒状態を把握する必要もあることから、並行して活動量の測定も開始した。長時間にわたる安定した測定を維持するため、計測機器の運用手順や飛行士への訓練内容、想定される不具合への対処方法の充実を図った。

2012年度は、上記の心電図データを用いた軌道上遠隔医療実験の1つとして、搭載用に整備した心電図の自動解析ツールを軌道

上検証した。これは、前年度に医師である古川飛行士が軌道上検証した結果をふまえ、引続き医師ではない宇宙飛行士による検証を行ったもので、操作性・運用性の精度向上に繋がるデータを蓄積することができた。

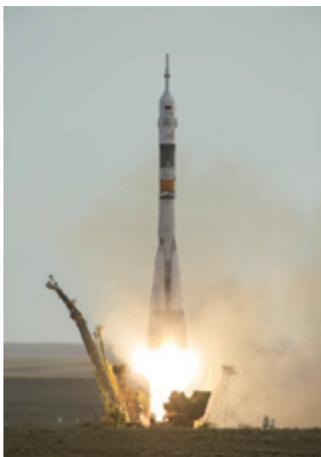
(2)「長期滞在宇宙飛行士の毛髪分析による医学生物学的影響に関する研究」

飛行士から毛髪サンプルを採取し、地上での遺伝子解析等に影響を与えないよう冷凍保存にして地上へ回収するもので、2013年3

月までに軌道上サンプルを全て無事回収し、研究者への引渡しを完了した。

(3)「ISSに滞在する宇宙飛行士の身体真菌叢評価研究」

身体に付着したISS船内菌を起床時の洗面前に採取することとし、サンプルの採取時期と地上への回収方法の運用上の制約から冷蔵・冷凍保存の形態を使い分けている。2012年10月までに軌道上サンプルを全て無事回収し、研究者への引渡しを完了した。



クルー打上げ



冷凍庫に試料サンプルを保管

2. 平成24年度ISS「きぼう」利用公募テーマの準備・調整

選定された以下二つのテーマについて、2013年4月よりプロジェクト移行審査および軌道上実験移行審査に向けた準備・調整作業が開始されている。

●重点課題(大野テーマ)

研究課題「宇宙環境における健康管理に向けた免疫・腸内環境の統合評価」

(代表者:理化学研究所 統合生命医科学センター (2013年4月以降) 大野博司)

宇宙環境の特徴である微小重力、閉鎖隔離環境、宇宙放射線は、骨量低下、筋萎縮、免疫低下など人体にさまざまな生理的リスクを与えることが明らかになった。一方、宇宙開発技術の向上により長期滞在が実現し、宇宙食なども豊かになり充実してきたが、宇宙飛

行に起因する人体変動の全体像をとらえた研究はなく、また、これらのリスク軽減策として重要性が増す機能性宇宙食の影響も未知である。本研究は、宇宙飛行士の糞便・唾液・尿、および宇宙飛行マウスの糞便・免疫臓器を用いて、食を含む宇宙環境が生物に及ぼ

す影響を腸内細菌叢、代謝循環能、免疫系の変化により評価し、免疫障害メカニズムを解明するとともに、宇宙環境におけるヒトの健康管理に役立つ基礎データを得ることを目的としている。(理化学研究所 環境資源科学研

究センター 菊地 淳チームリーダー、東京大学大学院新領域創成科学研究科 服部正平教授、女子栄養大学 太田敏子客員教授／山田和彦教授)

●一般課題(岩崎テーマ)

研究課題「無重力での視力変化等に影響する頭蓋内圧の簡便な評価法の確立」

(代表者:日本大学 医学部 岩崎賢一)

失明のリスクを伴う「視神経乳頭浮腫」が宇宙飛行士に散見されている。これは宇宙飛行に伴い体液が上半身へシフトすると、頭蓋骨内部の圧力が上昇し、その状態が長期に持続することが原因と考えられている。

本研究は、国際宇宙ステーションに長期滞在する宇宙飛行士を対象として、飛行の前後に、非侵襲的に血圧と脳血流速度の波形を記録し、それらの波形の関係解析から、頭蓋内圧値の推定を行うことを目的としている。

そこで、「長期宇宙滞在後に頭蓋内圧の上昇が生じている例が存在し、そうした宇宙飛

行士では同時に視神経乳頭浮腫や視機能変化が生じている」という仮説を立て、経頭蓋ドプラ血流計を用いて脳血流速度の波形を非侵襲的に取得する。

頭蓋内圧測定は、頭や腰に針を刺して測定するのが一般的であるが、針などを刺さない非侵襲的な方法で簡単に頭蓋内圧を推定できる本方法は、将来の長期ミッションにおける頭蓋内圧変化のモニターへの応用などが期待できる。

宇宙飛行士健康管理グループ活動内容

1992年(平成4年)9月、毛利衛宇宙飛行士が宇宙開発事業団(現 JAXA)の宇宙飛行士として初めてスペースシャトルで宇宙に飛び立ってから20年以上が経ちました。この間、日本人宇宙飛行士はスペースシャトルによる短期飛行を11回、数ヶ月間の国際宇宙ステーション(以下「ISS」)長期滞在を4回完了し、現在は若田光一宇宙飛行士が JAXA として5回目のISS長期滞在を遂行中です。

【宇宙飛行士の健康管理】

日本人宇宙飛行士の健康管理責任は、スペースシャトルミッションでは米国航空宇宙局(NASA)にありましたが、ISS長期滞在ミッションでは JAXA にあります。そのため JAXA は筑波宇宙センター(TKSC)に独自の宇宙飛行士健康管理体制を構築し、且つ NASA や各極と協同しつつ、ISS長期滞在の前・中・後における宇宙飛行士の健康管理を主体的に行っています。

ISS長期滞在中の宇宙飛行士の健康はフライトサーजन(Flight Surgeon、以下「FS」)を中心に、FSを支える看護師と健康管理技師(BME)、放射線被ばく管理担当、精神心理支援担当、生理的対策担当、環境管理担当からなる、JAXA医学管理チームが支えています。

以下に各担当の役割と、運用上の主要課題および研究を含む対応策を紹介します。

【フライトサーजन(FS)】

FSとは、航空宇宙医学の知識を持ち、パイロットや宇宙飛行士の健康管理さらに航空宇宙医学の研究を行う専門医のことです。JAXAのフライトサーजन(FS)は2013年末現在で5名です。

JAXAのFSの第一の役割は、宇宙飛行士の健康を維持することです。宇宙飛行士の選抜から始まり、定期的な医学検査の実施、飛行前／飛行中のリスクの高い地上訓練時の医学的対応、飛行直前の隔離対応、

打上げ時の医学的対応、飛行後の医学検査の実施、飛行後のリハビリテーションの実施など、宇宙飛行士の健康を長い期間にわたって管理します。

この数年間に明らかになった重要な課題は、視神経乳頭浮腫症例です。本疾病のための検査として、飛行前後でのMRIとOptical Coherence Tomographyによる眼の状況の確認に加え、軌道上でも眼底写真や超音波撮影を行い、手厚く診断を実施しています。

【放射線被ばく管理】

ISSでの宇宙放射線の種類は、銀河宇宙線、太陽粒子線、補足粒子線により構成され、その殆ど(約90%)が陽子・電子となります。これ以外にも非常にエネルギーの高い重粒子やISSの船壁等に宇宙放射線がぶつかることによる2次放射線として中性子線が発生するため、宇宙飛行士が長期滞在する上で、医学的なりリスクとなります。

我々が地上での日常生活を送る間にも、一年間で約2.4 mSv(ミリシーベルト)の放射線により被ばくしますが、このうち、宇宙から地上に届く宇宙放射線は、一年間で約0.39 mSvとなります。一方、十分に遮るものがない宇宙空間では、宇宙放射線により一日で約0.5~1 mSvを被ばくするため、宇宙放射線が宇宙飛行士に与える影響が大きな問題となります。

ISSに搭乗する宇宙飛行士の宇宙放射

線被ばく管理は、ISS 医学要求文書 (Medical Operations Required Document、以下「MORD」) や、飛行運用規定 (Flight Rules、以下「FR」) 等により放射線の量限度や宇宙放射線環境変動時の対応が定められており、ISS 長期滞在ミッション中は放射線被ばく管理担当者による監視が常時行われます。

宇宙放射線環境の変動要素の主な原因である太陽フレアの予測技術や ISS での長期滞在や惑星探査時の長期被ばくの被ばく線量解析を目指したバイオドシメトリ(染色体の異常による被ばく線量の評価)を用いた線量評価技術の開発が主な課題となっています。

【精神心理支援】

ISS は地上から約 400km 上空にあり、滞在クルーは日米露欧加の最大 6 名の多文化構成の中で数か月間を過ごします。これまでの宇宙長期滞在ミッションによって得られた知見によると、閉鎖／隔離環境に起因する孤独感／隔絶感や、異文化／固定されたクルー構成に起因する対人関係ストレスなどいくつかの精神心理的負荷の要因が確認されており、ミッションの成功に向けて宇宙飛行士の精神心理的健康状態を健康に保つことは重要です。

精神心理支援担当は、医師による精神心理に係る面談を行う、地上の家族・友人との交信の場を設定するなどして、宇宙飛行士が安心して仕事に取り組める状況づくりを行っています。

今後は、異文化を背景とする少数クルーとチームビルディングを行うための日本人のための訓練法の構築、および従来の数ヶ月間を超える長期間宇宙滞在ミッションに備えた地上閉鎖環境設備を利用した研究

を進めます。

【生理的対策】

ISS 長期滞在ミッションに指名されたクルーは、打ち上げ予定日の1年前から1回あたり合計2時間の有酸素運動と抵抗運動を最低週2回計画することが国際ルールで定められています。その目的は、飛行中の様々なタスク(特に船外活動)の実施に必要な基礎体力を獲得すること、微小重力による筋萎縮や心肺機能の低下に備えて体力を向上すること、及び獲得した体力を維持することにあります。また、地上への帰還後45日間は原則として毎日2時間の運動プログラムを計画し、飛行前の体力レベルへの回復を図ります。

飛行中の運動は宇宙飛行士の限られた活動時間を費やして行われるため、より効率的な運動プログラムの構築に向けた研究を軌道上実験として進めています。

【環境管理】

ISS における環境管理の役割は、クルーが軌道上で問題なく生活できるよう ISS の空気や飲料水における化学物質や微生物、さらに騒音などの人体に影響を与える環境因子について監視し、必要に応じて制御することです。

JAXA 環境管理担当は、筑波宇宙センターきぼう運用管制室 (Space Station Integration Center、以下「SSIPC」) の環境運用チームおよび JAXA FS と連携し、これら環境因子を監視しています。

日本実験棟「きぼう」は、実験室としては多機能な施設ですが、環境制御については空気循環システムを備えるのみで、ISS での有人宇宙活動を実現するための根幹システムとなる生命維持や環境監視システ

ムは NASA やロシアに依存しているのが現状です。日本独自の有人宇宙技術の確立のためには知見の蓄積にとどまらず、根幹

となる生命維持や環境監視システムの技術開発が必要です。

軌道上運用研究

嶋田和人

1)衣服からの発塵を低減する技術の研究

有人飛行で問題となっている、空中のダストを減らすために、既成服の表面を熱処理する装置の試作をつくば繊維技研と共同で実施した。試作機の骨格は完成し、服の固定治具の特許を出願した。

2)微小重力下における質量測定研究

人体・実験試料の質量を軌道上で測るための研究状況について、韓国宇宙機関と技術検討会を行い、NASA、イタリア宇宙機関との調整も実施し、国際学会でパネル討論を開催を準備した。スカイラブのために開発された世界初の宇宙飛行士体質量計 Body Mass Measurement Device の地上開発モデルが開発者である元 NASA 飛行士 Dr. Thornton から

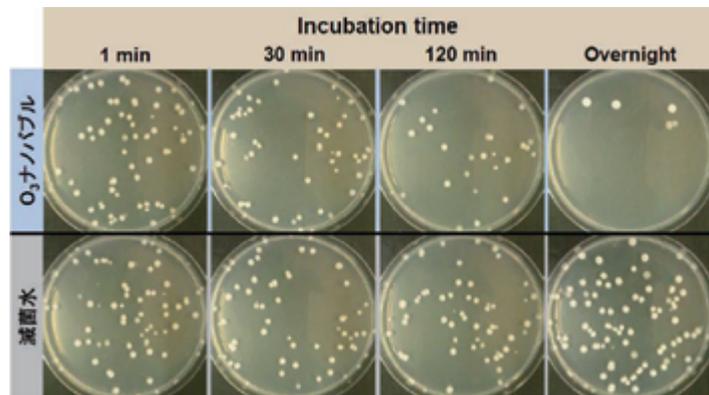


スカイラブのために開発された世界初の宇宙飛行士体質量計 Body Mass Measurement Device の地上開発モデルで計測中。

藤井研究室へ供与され、そのハードウェアの計測特性をレーザーで測定した。中間結果からヒト重心のダイナミクスについて興味深い知見を得つつある。(群馬大学工学部 藤井雄作研究室との共同作業)

3)ナノバブル水の応用研究

マイクロバブルから作られるナノバブルは長期間水中に分散する泡である。これを軌道上での飲料水保存に応用する基礎として、真菌殺菌性の評価を東京医科歯科大学と共同で実施した。実用が期待される成果を得ている。2013 年度は、ナノバブル水を国際宇宙ステーションの飲用水保存に応用する研究を計画したが、素材の供給体制に問題が生じたため当面休止することとした。



酸素ナノバブル水の真菌抑制効果

人体に害のない微量の酸素ガスでもナノバブルとして水中に長期分散させることにより静・殺菌作用を生じる。

宇宙環境利用センター活動内容（ヒト対象研究分野）

宇宙環境利用センター船内利用ミッショングループ 生命科学ミッション推進担当

白川正輝・上垣内茂樹

1. 概要

宇宙環境利用センター生命科学ミッション推進担当では、2009年のライフサイエンス分野の国際公募、及びISS・きぼう利用推進委員会を経て選定されたISSの搭乗員（宇宙飛行士）を対象とした実験テーマについて、実験に必要な機器の開発、実験・運用計画の策定、実験準備、実験実施（地上データ取得）等を研究者と共同で実施している。以下、2012年度に実施した有人（ISS搭乗員対象実験）分野の実験概要と進捗について報告する。

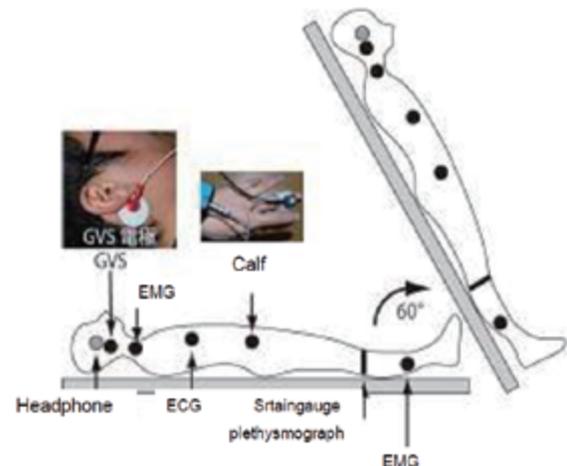


図1 V-C Reflexの概要

2. 2012年度に実施したISS搭乗員対象実験 研究課題「前庭－血圧反射系の可塑性とその対策（V-C Reflex）」（代表研究者：岐阜大学 森田啓之）

前庭は頭の傾きや重力を感知する器官であり、血圧の調節に重要な役割を果たす（前庭－血圧反射）。代表研究者らは、ヒトに対し非侵襲的・可逆的に前庭－血圧反射を遮断する方法として、前庭系を外部から電気刺激するGalvanic Vestibular Stimulation（GVS）を考案した。

前庭系は、外部の環境によりその働きが変わりやすい器官であり、宇宙の微小重力環境のような地上とは異なる重力状況にいる宇宙飛行士は、前庭－血圧反射の調節力が低下し、宇宙から帰還直後は、立った時に血圧が低下して、起立耐性が低下する可能性がある。本実験は、宇宙滞在による前庭－血圧反射の調節力の変化を調べることを目的とする。

実験は、地上のみで実施し（軌道上実験なし）、宇宙飛行士に60°の起立試験を行った場合の血圧、心電図、下腿容積を測定す

る（図1）。条件は、GVSの有無およびその刺激の強さによって、①GVSなし、②強いGVS印加（前庭－血圧反射をブロック）、③弱いGVS印加とする。測定は、前庭－血圧反射の調節力が宇宙滞在によりどの様に変化するか、及び帰還後の回復経過を調べるため、打上げの3～1ヶ月前、帰還後3日以内、2週間後、2ヶ月後の計4回の実験を行う。2012年度より実験（データ取得）を開始し、既定の被験者数になるまで継続する。

起立性低血圧、起立時のふらつきや転倒は、帰還直後の宇宙飛行士と高齢者に共通の症状であり、前庭系の機能低下が共通の原因である可能性がある。本実験の成果は、地上の高齢者の健康維持にも役立つと期待される。

3. 2013年度以降の実験実施に向けた準備

V-C Reflexの他、2009年の国際公募及び2011年度に実施した「きぼう」2期利用期間の追加募集で選定された実験テーマ（<http://iss.jaxa.jp/kiboexp/field/medical/>）の準備を進めている。

「国際宇宙ステーションに長期滞在する宇宙飛行士の筋骨格系廃用性委縮へのハイブリッド訓練法の効果(Hybrid Training)」(代表研究者:久留米大学 志波直人)では、2013年以降の実験実施に向け、2012年度は宇宙で安全、確実に実験を実施するための実験装置(図2)の開発を完了した。他の実験テーマについても、地上予備実験や計

画調整を実施している。

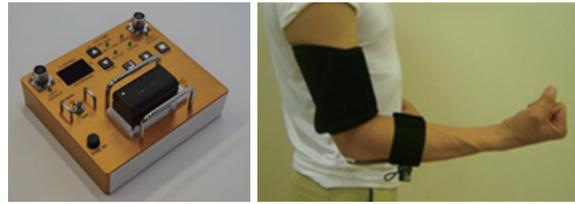


図2 ハイブリッドトレーニング用電気刺激装置(左)、上肢電極等装着用サポータ(右)

調布航空宇宙センター活動内容（ヒト対象研究）

ヒト対象研究

嶋田和人

ヒト対象研究について実施している研究の概要および進捗を以下に報告する。

1) 人間工学分野でのテーマ探索

エアラインを含む航空機での疲労対策について、他交通機関からの応用可能な技術を探索している。

2) 安価な動脈血酸素飽和度計の実用性に関する研究

低圧生理に関連し、安価な動脈血酸素飽和度計の実用性について検討するため、低圧室利用を準備している。

マネージメント活動実績

● 有人サポート委員会 宇宙医学研究推進分科会 (開催場所：東京)

開催回	開催日	主な議題
第35回	2012年 6月6日	(1)研究終了評価および新規研究計画評価(審議) 1) 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(最終評価) 2) 「きぼう」運用管制チームの生活および睡眠実態調査(新規計画評価) (2)研究進捗評価(審議) 1) 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 2) 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 3) 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響に関する研究 4) -1 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 4) -2 長期宇宙飛行時における48時間心臓自律神経活動に関する研究 5) 長期宇宙滞在中の心機能低下を予防する運動療法に関する研究(HIAT)
第36回	2012年 8月2日	(1)研究終了評価および新規研究計画評価(審議) 1) バイオドシメトリに関する研究(最終評価) 2) 長期宇宙滞在中の口腔機能低下を予防するプログラムに関する研究(新規計画評価) 3) 抗重力筋の機能低下に対する新たな予防策の検討(新規計画評価) (2)研究進捗評価(審議) 1)低線量率・長期被ばくに対する宇宙放射線の生物影響
第37回	2012年 12月3日	(1)新規研究計画評価(審議) 1)宇宙飛行士長期健康追跡プログラム 2)ISSでのプロバイオティクス摂取が免疫機能に及ぼす影響
第38回	2013年 3月7日	(1)研究終了評価および新規研究計画評価(審議) 1) 模擬宇宙環境としての南極利用研究 生物学的リズムへの影響に関する研究(4)睡眠時心臓自律神経活動による解析 2) 低重力環境における粉塵リスクの評価に関する研究(新規計画評価) 3)宇宙飛行士を対象とした口腔ケア教育プログラムの開発に関する研究(新規計画評価) (2)研究進捗評価(審議) 1) 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 2) 宇宙環境における免疫機能障害のメカニズムの解明
第39回	2013年 5月16日	(1)新規研究計画評価(審議) 1) ISSでのプロバイオティクス摂取が免疫機能に及ぼす影響(再評価) (2)研究進捗評価(審議) 1) 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響に関する研究 2) 長期宇宙飛行時における48時間心臓自律神経活動に関する研究 3) 宇宙環境における免疫機能障害のメカニズムの解明(再評価)
第40回	2013年 6月24日	(1)研究終了評価(審議) 1) 月面歩行と転倒予防に関する研究 (2)研究進捗評価(審議) 1) 低線量率・長期被ばくに対する宇宙放射線の生物影響 2) 骨格筋機能低下に対する温熱刺激を用いた予防策の実用化に向けた研究 3) 「きぼう」運用管制チームの生活および睡眠実態調査
第41回	2013年 9月3日	(1)研究終了評価(審議) 1) 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 2) 長期宇宙滞在中の心機能低下を予防する運動療法に関する研究 (2)新規研究計画評価(審議) 1) 生体情報を用いた眠気・疲労状態の評価手法に関する研究 2) ISSでのプロバイオティクス摂取が免疫機能に及ぼす影響(再審議)

● 有人サポート委員会 宇宙医学研究推進分科会 委員

	氏名	所属と役職
分科会長	里宇 明元	慶應義塾大学 医学部リハビリテーション医学教室 教授
専門委員	相澤 好治	北里大学 名誉教授
専門委員	石原 昭彦	京都大学 大学院人間・環境学研究科 教授
専門委員	井上 登美夫	横浜市立大学 大学院医学研究科 放射線医学 教授
専門委員	大森 正之	東京大学 名誉教授
専門委員	河合 康明	鳥取大学 医学部 生理学講座 適応生理学分野 教授
専門委員	川本 俊弘	産業医科大学 医学部 産業衛生学講座 教授
専門委員	清野 宏	東京大学 医科学研究所 炎症免疫学分野 教授
専門委員	酒井 一博	公益財団法人 労働科学研究所 所長 常務理事
専門委員	鈴木 紀夫	東京大学 名誉教授
専門委員	関口 千春	医療法人美篤会 中原病院 副院長
専門委員	武田 洋幸	東京大学 大学院理学系研究科 教授
専門委員	田中 博	東京医科歯科大学 難治疾患研究所 生命情報学 教授
専門委員	松永 直樹	日本航空株式会社 健康管理部 主席医師
専門委員	山口 朗	東京医科歯科大学 大学院医歯学総合研究科 口腔病理学分野 教授

● 人間を対象とする研究開発倫理審査委員会 委員

	氏名	所属と役職
委員長	飛鳥田 一郎	社会福祉法人 竹生会 理事長
委員	伊藤 正義	伊藤・清水法律事務所 所長
委員	奥田 純一郎	上智大学法学部法律学科 教授
委員	小川 明	一般社団法人共同通信社 客員論説委員
委員	中西 美和	慶應義塾大学理工学部管理工学科 講師
委員	益子 邦洋	日本医科大学千葉北総病院 救命救急センター 教授
委員	百村 伸一	自治医科大学附属さいたま医療センター センター長
委員	薄井 紀子	東京慈恵会医科大学 教授
委員	由利 伸子	サイテック・コミュニケーションズ 代表取締役
委員	矢永 勝彦	東京慈恵会医科大学 教授 (2013年9月退任)
委員	岩田 太	上智大学法学部法律学科 教授 (2013年7月退任)
委員	岡田 有策	慶應義塾大学理工学部 教授 (2013年3月退任)

●宇宙医学生物学ワークショップ

テーマ	開催日	場所	講演者（講演順）
Human Behavior and Performance in Space Flight	2012年9月18日	東京	David F. Dinges University of Pennsylvania Chiaki Mukai JAXA Akiko Matsumoto JAXA Kawahara J. & Sato, H. Chukyo University
「宇宙放射線被曝管理と測定技術」	2013年1月31日	つくば	榮 武二 筑波大学 陽子線医学利用研究センター 教授 磯辺 智範 筑波大学 陽子線医学利用研究センター 講師 寺沢 和洋 JAXA 宇宙医学生物学研究室 招聘研究員 田内 広 茨城大学 理学部 教授 永松 愛子 JAXA 宇宙医学生物学研究室 主任開発員 佐藤 勝 JAXA 宇宙飛行士健康管理グループ 主任開発員
「宇宙医学と加齢」—老年医学からの視点	2013年2月7日	東京	山田 深 JAXA 宇宙医学生物学研究室 主任研究員 小川 純人 東京大学大学院医学系研究科加齢医学 講師 蜂須賀研二 産業医科大学 リハビリテーション医学講座 教授 大島 博 JAXA 宇宙医学生物学研究室 室長

●研修・見学

医学系大学(主に慈恵医科大学、杏林大学医学部、筑波大など)に加え、中学・高校からの研修や見学、つくばサイエンスアカデミーによるサイエンスセミナーの受入も積極的に行っている。

個別活動報告

○向井 千秋(固有の活動のみを掲載)

【シンポジウム・講演会】

1. シンポジウム: 宇宙飛行と骨、宇宙医学の発展とその社会への貢献—JAXA の宇宙医学研究動向—第 30 回日本骨代謝学会学術集会、2012 年 7 月 20 日、東京
2. Panel: Human Exploration, International Space Educational Board (ISEB), 63rd International Astronautical Congress, October 2, 2012, Naples, Italy
3. Plenary Session: Improving the Quality of Life on Earth – Societal Impacts of Human Spaceflight 63rd International Astronautical Congress, October 3, 2012, Naples, Italy
4. 特別講演: 宇宙医学は究極の予防医学、第 65 回日本胸部外科学会定期学術集会、2012 年 10 月 19 日、福岡
5. シンポジウム: 宇宙実験(The mice drawer system: MDS)報告会、ヒト対象研究を支えるモデル生物の有用性—イタリア航空宇宙局のマウス Tissue Sharing Program に参加して—、第 58 回日本宇宙航空環境医学会大会、2012 年 11 月 16 日、豊橋
6. 座長: ワークショップ—宇宙医学研究における新展開、第 58 回日本宇宙航空環境医学会大会、2012 年 11 月 16 日、豊橋
7. 記念講演: 宇宙医学と放射線—JAXA のアプローチ—、日本放射線腫瘍学会 25 周年記念式典、2012 年 11 月 22 日、東京
8. 特別講演: 宇宙医学に学ぶ健康長寿(Tips for a Healthy Long-Life Learned from Space Medicine)、第 20 回日本慢性期医療学会—慢性期医療ルネッサンス、2012 年 11 月 8 日、福井
9. The future research strategy for space medicine—宇宙医学研究の研究戦略、未来への展望、第 90 回日本生理学会、2013 年 3 月 28 日、東京
10. Lecture: 50 Years of Women in Spaceflight—Towards the Next Stage of Exploration—Space Medicine Association Luncheon, Aerospace Medicine association (AsMA) 84th Annual Scientific Meeting, May 16, 2013, Chicago
11. Chair: Plenary Panel 1 discussion “Benefits of Space Life Science for Humanity”, 29th International Symposium on Space Technology and Science (ISTS), June 4th, 2013, Nagoya, Japan
12. Plenary Session: Women in space –A 50 Years Success Story, 64th International Astronautical Congress, September 24, 2013, Beijing, China
13. Panel: Space Life Science, The International Forum for Space Life Science and Space Biotechnology (IFSLSB) September 24, 2013, Beijing, China
14. Session Chair: Life Support and EVA Systems, 64th International Astronautical Congress, September 26, 2013, Beijing, China
15. Panel: Human Space Exploration, Global Network Forum, 64th International Astronautical Congress, September 27, 2013, Beijing, China
16. 特別講演: 宇宙と医学—安全な暮らしを支える宇宙開発—、第 41 回日本救急医学会総会、2013 年 10 月 23 日、東京
17. 特別講演: 無重力状態における自律神経活動とスペースシャトル実験、第 66 回日本

自律神経学会総会、2013年10月25日、愛知

18. 特別講演: 宇宙と健康 ---安全な暮らしを支える宇宙開発---、第18回板橋区医師会医学会 区民公開講座、2013年12月8日、東京

【講演・その他】

1. Round Table: Integrated Human Research for Benefits on Earth and for Exploration, ESA ISS Symposium 2012, May 3, 2012, Berlin, Germany
2. Special Lecture: Space Medicine is the Ultimate Preventive Medicine, May 16, 2012, Atlanta USA
3. Panel: International Space Station, International Space Medicine Summit 2012 (ISMS 2012), May 19, 2012, Houston, TX, USA
4. Panel: Future Analogs, International Space Medicine Summit 2012 (ISMS 2011), May 19, 2012, TX., USA
5. Lecture: ISS Benefits to Human Health---JAXA's Human Research on ISS for Benefits on Earth---, UN Expert Meeting on the ISS Humanitarian Benefits, June 12, 2012, Viena, Austria
6. Panel: International Astronaut Panel, International Space University Summer Session, July 11, 2012, Florida, USA
7. Special Lecture: Space Medicine is the Ultimate Preventive Medicine, International Space University Summer Session, July 10, 2012, Florida Institute of Technology, Florida USA
8. Session Chair: Life Support and EVA Systems, 63rd International Astronautical Congress, October 4, 2012, Naples, Italy
9. 講演: 仕事(医師、飛行士)を通して学んだこと、第7回日本胸部外科学科女性医師の会、2012年10月19日、福岡
10. パネル・ディスカッション: 宇宙文化学、宇宙空間のコミュニケーション、2012年11月10日、神戸
11. シンポジウム: 宇宙実験のおもしろさ、国際宇宙ステーション「きぼう」利用成果シンポジウム(第4回)、~宇宙と地上の暮らしに役立つ「宇宙医学」~、2012年11月5日、秋葉原
12. 講演: Train like an Astronaut、日蘭ミッションXキックオフイベント、2013年2月8日、渋谷
13. 講演: 宇宙分野でのロシア・日本協力、日本・ロシア フォーラム、2013年2月28日、東京
14. Panel: Maximizing Scientific Return from the Integrated Use of Facilities and Crew, International Space Medicine Summit 2013 (ISMS 2012), May 17, 2013, Rice University, Houston, TX., USA
15. Panel: The Life Science Challenges of Long-duration Human Exploration Flights, International Space Medicine Summit 2013 (ISMS 2011), May 18, 2013, Houston, TX., USA
16. Panel: Future Analogs, International Space Medicine Summit 2013 (ISMS 2011), May 18, 2013, Rice University, Houston, TX., USA
17. 大学病院教育委員会主催講演会: 宇宙と医学---宇宙医学に学ぶ健康長寿---、Tips for a Healthy Long-Life Learned from Space Medicine、2013年5月29日、相模原
18. UN COPUOS PANEL: 50 Years of Women in Space---Space: Building the Future Today---, Dedication of Space Life

- Science and Medicine, June 12, 2013, Vienna
19. 講演: 夢に向かってもう一歩! If you can dream it, you can do it! 2013年6月11日、ウィーン、オーストリア
 20. Panel: Women in Space: The next 50 Years, Public Event Organized by UN Office for Outer Space Affairs, June 13, 2013, Vienna, Austria
 21. 講演: 宇宙医学の挑戦、2013年6月25日、所沢
 22. Panel: International Astronaut Panel, The Astronaut Experience – When Can We All Go To Space? International Space University (ISU) Summer Session, July 30, 2013, Strasbourg, France
 23. Lecture: Living and Working in Space, International Space University Summer Session, July 30, 2013, Strasbourg, France
 24. Panel: Theme Day 'Why Nations Cooperate in Space', International Space University Summer Session, July 31, 2013, Strasbourg, France
 25. パネル: 宇宙医学の地上医療、ライフ・イノベーションへの貢献、外務省外交・安全保障補助金事業、東大・MRI 宇宙政策シンクタンクプロジェクト発足記念シンポジウム ---「宇宙が拓く国家、社会、人類の未来」---、2013年9月18日、東京
 26. Lecture: 50 Years of Humans in Spaceflight---Towards the Next Stage of Exploration---, academyhills Global Agenda Seminar 2013, October 6, 2013, Tokyo
 27. シンポジウム: 宇宙医学と健康長寿 --- 宇宙医学研究から学んだこと ---、第18回板橋区医師会医学会、2013年12月8日、東京
 28. パネル: 有人宇宙飛行の歴史、第18回

板橋区医師会医学会、2013年12月8日、東京

【受賞】

1. Joe Kerwin Award (Award for Space Medicine)、アメリカ航空宇宙医学会 (Aerospace Medicine Association)、May 16, 2013, Chicago

(以下順不同)

○大島 博

【論文】

1. Leblanc A, Matsumoto T, Jones J, Shapiro J, Lang T, Shackelford L, Smith SM, Evans H, Spector E, Ploutz-Snyder R, Sibonga J, Keyak J, Nakamura T, Kohri K, Ohshima H.: Bisphosphonates as a Supplement to Exercise to Protect Bone during Long Duration Space Flight. Journal of Osteoporosis International. 24:2105-14, 2013
2. 坂田信裕、石田 暁、大島 博:国際宇宙ステーション滞在宇宙飛行士に対する高画質ビデオカメラを用いた皮膚遠隔診断、宇宙航空環境医学、50:15-22、2013

【総説・著書】

1. 大島 博:宇宙飛行士の骨量減少予防対策、Olive 2:230-231、2012
2. 大島 博、松本俊夫:宇宙飛行・長期臥床と骨代謝、Clinical calcium 22:1803-1812、2012
3. 大島 博:無重力と骨量減少・サルコペニア、Kidney Metab Bone Dis 26:149-155、2013
4. 大島 博:有人飛行と骨、臨整外 48:266-269、2013
5. 大島 博:宇宙医学に学ぶ健康長寿の秘訣、アンチエイジング医学 9:382-386、2013
6. 大島 博:宇宙飛行とビスホスホネート製剤、ビスホスホネートエビデンスブック(杉本利嗣、宗圓聡編)、医薬ジャーナル社 368-373、2013
7. 大島 博:宇宙医学は究極の予防医学、2013. 10.16 シノドス
8. 大島 博:椎間板の荷重応答と宇宙医学に学ぶ健康長寿、グルコサミン研究 9:5-11、

2013

【シンポジウム・講演会】

1. H. Ohshima, H. Takeoka, N. Inoue, S Yamada, H. Ishida, T. Aiba, Y. Honma, M. amamoto, T. Ohta, C. Mukai, : JAXA SPACE BIOMEDICAL RESEARCH OFFICE'S ACTIVITIES AND FUTURE PERSPECTIVE, Mars500 Symposium, 2012 年 4 月 23 日, Moscow
2. 大島 博:宇宙医学と抗加齢医学、第 12 回抗加齢医学会総会イブニングセミナー、2012 年 6 月 23 日、横浜
3. 大島 博:宇宙睡眠研究への期待、日本睡眠学会第 37 回定期学術集会、2012 年 6 月 28 日、横浜
4. 大島 博:宇宙飛行による心身への影響と対策、日本咬合学会第 17 回学術大会、2012 年 6 月 10 日、品川
5. 松本俊夫、大島 博:宇宙飛行に伴う骨量減少とその防止対策、第 30 回日本骨代謝学会学術集会、2012 年 7 月 20 日、東京
6. 向井千秋、大島 博:健康増進の啓発に役立つ宇宙医学、第 30 回日本骨代謝学会学術集会、2012 年 7 月 20 日、東京
7. Hiroshi Ohshima : JAXA's bone research activities for space flight induced bone loss、9th Korea-Japan Joint Seminar on Space Environment Utilization Research, 2012 年 8 月 25 日、つくば
8. Hiroshi Ohshima : J-SBRO's Flight Experiments and Related Activities, Workshop on Human Behavior and Performance in Space, 2012 年 9 月 18 日、東京
9. Hiroshi Ohshima : Space flight induced bone loss and JAXA's countermeasure program, 2012 International Workshop on Adaptation of Bone & Related Tissue in Space

- Environment、2012年9月17日、西安
10. 大島 博:宇宙医学研究の現状について、Space Oral Health Promotion 検討会、2012年12月12日、東京
 11. 大島 博:宇宙医学に学ぶ健康長寿の秘訣、第9回グルコサミン研究会、2013年2月9日、東京
 12. 大島 博:宇宙飛行士の軌道上運動と帰還後リハビリテーションプログラム、第33回日本リハビリテーション医学会九州地方会、2013年2月24日、久留米
 13. 大島 博:宇宙医学研究、第8回宇宙航空医学認定医講習会、2013年3月13日
 14. Hiroshi Ohshima, Space flight induced bone loss and countermeasure program, The 90th Annual meeting of the PSJ, 2013年3月28日、東京
 15. 大島 博:未来を開拓する宇宙医学 宇宙飛行と筋ジストロフィー、日本筋ジストロフィー協会50周年記念大会、2013年5月19日、東京
 16. 大島 博:宇宙医学は究極の予防医学、宇宙医学
 17. 大島 博:宇宙医学は究極の予防医学、宇宙医学に学ぶ健康長寿の秘訣、杉並区医師会整形外科医会総会、2013年5月20日、東京
 18. Hiroshi Ohshima:Benefits of space medicine for health promotion, Panel 1 in the 29th ISTS meeting, 2013年6月4日、名古屋
 19. 大島 博:宇宙時代の疲労、日本疲労学会公開市民講座、2013年6月9日、秋田
 20. 大島 博:宇宙飛行士の運動トレーニング、第6回メディカルフィットネスフォーラム、2013年6月20日、東京
 21. Hiroshi Ohshima: Space medicine activities in JAXA, the 10th Japan Korea joint seminar on space environment utilization research, 2013年9月12日、Seoul
 22. 大島 博:JAXA 宇宙医学研究と栄養学への期待、第60回日本栄養改善学会学術総会教育講演、2013年9月13日、神戸
 23. 大島 博:未来に挑む宇宙医学と薬学への期待、熊本大学エコファーマ・HIGO プログラム講演会、2013年10月21日、熊本
- 【学会発表】**
1. Ohshima H, Yamada S, Matsuo T, Yamamoto M, Mukai C: Tips for a Healthy Long-Life Learned from Space Medicine, 33rd Annual ISGP meeting, 2012年6月18日, Aberdeen, UK
 2. Naoto Shiba, Hiroo Matsuse, Kazuhiro Yoshimitsu, Takashi Nago, Yoshihiko Tagawa, Tomohisa Inada, Yoshio Takano, Mari Inokuchi, Kentaro Rorikawa, Shin Yamada, Hiroshi Ohshima : Hybrid Training in Japanese Antarctic Research Expedition to Evaluate Operational Feasibility, 33rd Annual ISGP meeting, 2012年6月18日, Aberdeen
 3. A LeBlanc, T Matsumoto, J Jones, J Shapiro, T Lang, L Shackelford, S Smith, H Evans, E Spector, R Ploutz-Snyder, J Sibonga, T Nakamura, K Kohri, H Ohshima: Antiresorptive Countermeasure for Spaceflight Bone Loss: Preliminary Results, 33rd Annual ISGP meeting, 2012年6月18日, Aberdeen
 4. A LeBlanc, T Matsumoto, J Jones, J Shapiro, T Lang, L Shackelford, SM Smith, H Evans, E Spector, R Ploutz-Snyder, J Sibonga, J Keyak, T Nakamura, K Kohri, H Ohshima: ASBMR 2012 Annual Meeting, 2012年10月15日、Minneapolis
 5. 大島 博:骨量減少対策の成果と意義、ISS 利用成果シンポジウム、2012年11月15日、つくば
 6. 大島 博:宇宙飛行による骨量減少・筋萎縮・体内リズムへの影響と対策、第58回日本宇宙航空環境医学会大会、2012年11月17日、

豊橋

7. 大島 博、宇宙医学に学ぶ高齢者の健康長寿、サイエンスアカデミーつくば賛助会員交流会、2012年11月22日、つくば
8. Hiroshi Ohshima, Satoshi Furukawa, Shin Yamada, Naoko Matsuo, Chiaki Mukai、Acquisition of video images to promote understanding of space medicine、34th ISGP meeting、2013年6月25日、豊橋

【講演】

1. 大島 博：神奈川県保険医協会相模原支部 2012年5月9日、相模原
2. 大島 博：熊谷市医師会整形外科医会 2012年6月14日、熊谷
3. 大島 博：茨城産業人クラブ 2012年7月3日、水戸
4. 大島 博：茗溪学園 2012年7月13日、つくば
5. 大島 博：関東圏富山大学医学部同窓会 2012年7月14日、東京
6. 大島 博：宮城県スポーツ医学懇話会 2012年8月25日、仙台
7. 大島 博：富山医科薬科大学同門会石川県支部 2012年9月1日、金沢
8. 大島 博：明治学園中学高等学校 2012年9月12日、北九州
9. 大島 博：横浜市保健活動推進委員会 2012年11月30日、つくば
10. 大島 博：相模原市健康づくり 2013年2月22日、相模原
11. 大島 博：第8回宇宙航空医学認定医講習会 2013年3月13日、つくば
12. 大島 博：国際ロータリークラブ 2011-2013ガバナー会 2013年11月4日、つくば
13. 大島 博：第30回鹿児島市民健康まつり 2013年11月2日、鹿児島

【取材等】

1. Highlighting JAPAN:2012年6月号

2. 講談社ヘルス&ビューティレビュー:2012年8月号
3. 西日本新聞:2012年10月12日
4. 読売新聞:2012年10月25日
5. 産経新聞:2013年2月23日
6. キャリアブレイン:2013年3月号
7. R25:2013年3月号
8. NHK Eテレ:2013年11月2日、9日

【講義】

1. 大島 博：筑波大学宇宙医学アドバンスコース:2012年7月2日、つくば
2. 大島 博：筑波大学大学院共通科目講義：宇宙医学、2012年10月10日、つくば
3. 大島 博：東京医科歯科大学大学院講義、2012年12月12日、東京
4. 大島 博：筑波大学宇宙医学アドバンスコース:2013年7月1日、つくば
5. 大島 博：大分大学医学部学生訪問:2013年10月4日、つくば
6. 大島 博：筑波大学大学院共通科目講義：宇宙医学、2013年10月4日、つくば

○山田 深

【論文】

1. Shin YAMADA, Hiroshi OHSHIMA, Tomofumi YAMAGUCHI, Terumasa NARUKAWA, Masaki TAKAHASHI, Kimitaka HASE, Meigen LIU, Chiaki MUKAI. Simulation Studies of Bipedal Walking on the Moon and Mars. Trans. JSASS Aerospace Tech. Japan 10: 5-7, 2012 (proceedings/査読有)
2. 池田達彦、松本祐介、成川輝真、高橋正樹、山田 深、大島 博、里宇明元：微小重力環境下における歩行特性解析に向けた追従式免荷装置の開発(リムレスホイールを用いた有効性の検証)、日本機械学会論文集 C 編 790, 2022-2033, 2012.

【シンポジウム・講演会】

1. 山田 深: 有人宇宙開発とリハビリテーション、第 56 回日本リハビリテーション医学会 関東地方会専門医・認定臨床医生涯教育研修会、2013 年 12 月 14 日、東京
2. 山田 深: 宇宙という極限環境における身体の変化—有人宇宙開発と宇宙医学の視点から—、慶應義塾大学日吉キャンパス 公開講座、2013 年 10 月 12 日、横浜
3. 山田 深: 重力と人体: 宇宙医学の視点から、第 64 回都心病院小児科医の会、2013 年 7 月 17 日、東京
4. Shin Yamada. Space medicine and rehabilitation. 7th International Society of Physical and Rehabilitation Medicine, Jun.17, 2013, Beijing
5. Shin Yamada. Current Status and Future Perspects of Space Medicine. 26th Annual Meeting of Japanese Society for Biological Sciences in Space, Sep. 27, 2012, Tokushima
6. Shin Yamada. Challenges in Space Medicine. The 3rd International Symposium for Cardiac Anesthesia, Sep. 14, 2012, Sendai

【学会発表】

1. 山田 深、向井千秋、石岡憲昭、東端 晃、寺田昌弘、馬嶋秀之、大平充宣、関 真也、高橋里佳: Genetic Analyses of Long- and Short-Term Space Flown Mice Skin、日本宇宙生物科学会、2012年9月27日
2. 志波直人、松瀬博夫、名護 健、大本将之、大島 博、山田 深、国際宇宙ステーションに長期滞在する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システムの開発、第89回日本生理学会大会、2012年3月27日、松本

【その他】

1. 山崎 丘、佐藤一朗、山田 深、杉田 隆、

榎村浩一: 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: Myco中間報告第二報、日本医真菌学会総会、2012年11月10日、東京

○相羽 達弥

【論文】

1. 新堀真希、山田 深、松尾知明、中尾玲子、中沢 孝、神山慶人、武岡 元、松本暁子、大島 博、向井千秋: Mission X Japan: An Education Outreach Program Featuring Astronautical Specialties and Knowledge. Trans. JSASS Aerospace Tech. Japan 10: Tp_23-27, 2012 (proceedings/査読有)

【総説・著書】

1. 相羽達弥、大島 博、向井千秋: 全身運動による加速度トレーニング: 宇宙医学への応用、臨床スポーツ医学, 571-575, 2013.

【学会発表】

1. 相羽達弥、山田 深: 「宇宙飛行士の運動と栄養」に関連する題材を元にしたJAXA教育プログラム(Mission X in Japan), 第60回日本教育医学会記念大会, 2012年8月25日
2. 相羽達弥、船橋 豪、松村智英美、佐藤勝、嶋田和人、福多健二: Technology of dust reduction for clothing in the ISS, The 29 ISTS Special Issue of Transaction of JSASS, Aerospace Technology Japan, 2013年6月5日.

○松尾 知明

【論文】

1. Matsuo T, Ohkawara K, Seino S, Shimojo N, Yamada S, Ohshima H, Tanaka K, Mukai C. An exercise protocol designed to control energy expenditure for long-term space

- missions. *Aviation, Space and Environmental Medicine* 83:783-9, 2012.
2. Matsuo T, Seino S, Ohkawara K, Tanaka K, Yamada S, Ohshima H, Mukai C. A Preliminary Exercise Study of Japanese Version of High-intensity Interval Aerobic Training (J-HIAT). *Transactions of JSASS, Aerospace Technology Japan* 10:Tp15-7, 2012. (proceedings/査読有)
 3. Matsuo T, Ohkawara K, Seino S, Shimojo N, Yamada S, Ohshima H, Tanaka K, Mukai C. Cardiorespiratory fitness level correlates inversely with excess post-exercise oxygen consumption after aerobic-type interval training. *BMC Research Notes* 5:646, 2012. (Short Report/査読有)
 4. 松尾知明、田中喜代次、山田 深、大島博、向井千秋:宇宙環境での VO₂max 低下を抑制するための運動プログラム、筑波大学体育系紀要 36:93-103, 2013. (研究資料/査読有)
 5. Matsuo T, Saotome K, Seino S, Shimojo N, Matsushita A, Iemitsu M, Ohshima H, Tanaka K, Mukai C: Effects of a low-volume aerobic-type interval exercise on VO₂max and cardiac mass. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 46:42-50, 2014.
 6. Niihori M, Yamada S, Matsuo T, Nakao R, Nakazawa T, Kamiyama Y, Takeoka H, Matsumoto A, Ohshima H, Mukai C. Mission X in Japan; An education outreach program featuring astronautical specialties and knowledge. *Transactions of JSASS, Aerospace Technology Japan* 10:Tp23-7, 2012. (proceedings/査読有)

【総説・著書】

1. Ohkawara K, Hikihara Y, Matsuo T, Melanson E, Hibi M. Variable factors of total daily energy expenditure in humans. *The Journal of Physical Fitness and Sports Medicine*, 1:389-399, 2012.

【学会発表】

1. Matsuo T, Ohkawara K, Seino S, Shimojo N, Yamada S, Ohshima H, Tanaka K, Mukai C. An exercise protocol designed to control energy expenditure and to have a positive impact on maximal oxygen consumption for long-term space missions. 33rd International Society for Gravitational Physiology, Life in Space for Life on Earth Symposium, Aberdeen, UK, 2012.6.18-22.
2. Matsuo T, Saotome K, Seino S, Shimojo N, Matsushita A, Iemitsu M, Ohshima H, Tanaka K, Mukai C. Myocardial Mass Increases with both Sprint- and Aerobic-type Interval Exercise but not with a Traditional, Continuous Aerobic Exercise in Sedentary Adults: An 8-week Randomized Intervention Study. AHA Scientific Sessions 2012 (Session Title: Exercise Training and Physical Capacity: What's New? From Basic Science to End of Life), Los Angeles, USA, 2012.11.3-7.
3. 松尾知明、山田 深、大島博、岩崎賢一、須藤正道、向井千秋:長期宇宙滞在中の心機能低下を予防する運動療法に関する研究～これまでの成果と今後の展望～、第58回日本宇宙航空環境医学大会、2012年11月15-17日、豊橋
4. 松尾知明、五月女康作、清野 諭、江藤幹、下條信威、松下 明、家光素行、大島博、田中喜代次、向井千秋:有酸素インターバル運動による時間節約効果:体力低位者への活用. 第68回日本体力医学

会大会、2013年9月21-23日、東京

(2014年1月16日掲載)

○太田 敏子

【論文】

1. Kazuya Morikawa, Aya J Takemura, Yumiko Inose, Melody Tsai, Le Thuy Nguyen Thi, Toshiko Ohta, and Tarek Msadek. Expression of a cryptic secondary sigma factor gene unveils natural competence for DNA transformation in *Staphylococcus aureus*. **PLoS Pathogen**, 8(11):e1003003, 2012.

【総説・著書】

1. 太田敏子: 目に見えないヒト常在菌叢の社会をのぞく、宇宙航空環境医学会誌 V ol.49(3), 37-51, 2012.
2. 太田敏子他: メディカルサイエンス臨床化学検査学—病態生化学の視点から—、近代出版 2013年12月

【シンポジウム・講演会】

1. 太田敏子: 宇宙における栄養、女子栄養大学特別講義、2012年6月20日、坂戸
2. 太田敏子: 宇宙医学と宇宙食、女子栄養大学総合講座特別講義、2012年10月27日、坂戸
3. 太田敏子: 宇宙の微生物、第59回日本航空環境医学会大会、認定医セミナー、2013年11月24日、倉敷
4. 太田敏子: 宇宙生活と栄養、日本機械学会主催「No13-125 宇宙サロン」、宇宙で食べる～宇宙日本食の開発～、2013年12月21日、東京

【取材等】

1. 腸内細菌 宇宙で変わる? 毎日新聞 2013年9月21日掲載
2. 宇宙日本食で免疫力アップ! 三菱電機 (from ME:SPACE)2013年12月21日

○大平 宇志

【学会発表】

1. 大平宇志、新堀真希、寺田昌弘、浅香智美、尾田正二、馬場昭次、向井千秋: 低温飼育がメダカの遊泳行動様式に及ぼす影響、日本宇宙生物科学会第26回大会 2012年9月27-29日 徳島
2. 大平宇志、浅香智美、寺田昌弘、向井千秋: 低温飼育がメダカの遊泳様式および骨格筋の特性に及ぼす影響、第58回日本宇宙航空環境医学会大会、2012年11月15日 豊橋

○財津 崇

【総説・著書】

1. 財津 崇:【医科と手のつなぎ方(下)】宇宙歯学の挑戦 究極の予防歯科 究極の障害者歯科の領域(解説/特集), アポロニア21227号, 56-62, 2012.

【学会発表】

1. 財津 崇、太田敏子、須藤正道、大島 博、向井千秋: 宇宙航空環境における歯科の課題と今後の展望、第58回日本宇宙航空環境医学会大会、2012年11月15日、豊橋.
2. 財津 崇、大貫茉莉、竹原祥子、古川清香、植野正之、川口陽子: 宇宙医学歯科領域における課題と今後の展望、第62回日本口腔衛生学会・総会、2013年5月17日、松本
3. Takashi Zaitzu, Toshiko Ohta, Hiroshi Oshima, Chiaki Mukai: The Importance and Necessity of Space Dentistry, 29th International Symposium on Space Technology and Science、2013年6月4日、名古屋
4. 財津 崇、太田敏子、須藤正道、大島 博、

向井千秋:宇宙歯科における今後の運用と研究について、第59回日本宇宙航空環境医学会大会、2013年11月22日、岡山

○松本 暁子

【総説・著書】

1. 井上夏彦、松本暁子、関口千春、立花正一、田中邦彦:「宇宙空間と人体メカニズム」(恒星社厚生閣)シリーズのうち、「宇宙船の生活」及び「長期宇宙滞在と精神活動、恒星社厚生閣「宇宙船の生活」及び「長期宇宙滞在と精神活動」2012
2. 宇宙女子、蒼龍社、2012 出版

【シンポジウム・講演会】

1. 松本暁子:「宇宙に生きる」、第 55 回日本腎臓学会学術総会、2012 年 6 月 3 日、横浜
2. 松本暁子:“JAXA Medical Ops regarding Human Behavior and Performance during Spaceflight.” Workshop on Human Behavior and Performance in Space Flight、2012 年 9 月 18 日、東京
3. 松本暁子:国際宇宙ステーションでの生活と宇宙医学、渋谷区医師会祭講演会、2012 年 10 月 20 日、東京
4. 松本暁子:宇宙飛行士の健康管理、JAXA きぼう利用成果シンポジウム「宇宙医学」、2012 年 11 月 5 日、東京
5. 松本暁子:宇宙飛行士の健康管理を通してみえてきた健康を維持するために大切なこと、花王健康科学研究会10周年記念セミナー、2012 年 12 月 10 日

【取材等】

1. 健康長寿の実現のために、KAO ヘルスケアレポートNo.38・39 合併号、2013 年 1 月 1 日
2. 最高のコンディションで宇宙飛行士をひのき舞台へ 松本暁子氏、人・ひと・ヒト、メ

デイカルトリビューン (Vol 46, No 11) 2013 年 3 月 14 日

3. 火星に人 現実味は、朝日新聞、2013 年 4 月 25 日
4. 若田船長の大役、健康面で支える「体調、何も心配せずに」- 医師チーム松本さん、時事通信、2013 年 11 月 5 日

【学会発表】

1. 松本暁子:宇宙での食生活-現状と課題 日本宇宙生物科学会第 26 回大会 2012 年 9 月 28 日
2. 松本暁子、相羽達弥、石田 暁、山本雅文、向井千秋:長期宇宙空間保管による宇宙食栄養成分の変化(第 2 報)、日本宇宙航空環境医学会第 58 回大会、2012 年 11 月 15 日、愛知

【その他】

1. 松本暁子:「宇宙飛行士の健康をサポート」、JAXA 社会環境報告書 2013

○須藤 正道

【学会発表】

1. 須藤正道、寺田昌弘、浅香智美、大平宇志、尾田正二、岩崎賢一、向井千秋、南沢 亨:メダカにおける心電図解析 第 129 回成医会総会 2012 年 10 月 11 日、東京
2. 須藤正道、寺田昌弘、浅香智美、大平宇志、尾田正二、岩崎賢一、向井千秋:メダカを用いた心電図測定、日本宇宙航空環境医学会第 58 回大会、2012 年 11 月 15 日、愛知

○浅香 智美

【論文】

1. T. Watanabe-Asaka, M. Niihori, M. Terada, S. Oda, K. Iwasaki, M. Sudoh, S. Yamada, H. Ohshima and C. Mukai (2012) Technologies to Analyze the Movement of Internal

Organs by High-Speed Movies Using Medaka. *Trans. JSASS, Aerospace Tech. Japan* 10 (ists28), Pp_1-4(proceedings/査読有)

【シンポジウム・講演会】

1. 浅香智美:メダカで目指す宇宙医学-新たな軌道上実験へ向けて-日本動物学会関東支部 2012年7月21日、東京
2. 浅香智美:宇宙メダカと水環境、日本水環境学会関東支部 2013年6月22日、東京

【学会発表】

1. 新堀真希、大平宇志、浅香智美、寺田昌弘、馬場昭次、三谷啓志、尾田正二:メダカの泳ぎ方の研究 日本動物学会第83回大会 2012年9月13-15日、大阪
2. Tomomi Watanabe-Asaka, Maki Niihori, Shoji Oda, Ken-ichi Iwasaki, Shoji A. Baba, Chiaki Mukai and Hiroshi Mitani: The autonomic nervous system modulates heart rate variability in adult medaka. 18th Japanese Medaka and Zebrafish Meeting、2012年9月22-23日、京都
3. Watanabe-Asaka Tomomi, Oda Shoji, Niihori Maki, Iwasaki Ken-ichi, Terada Masahiro, Baba A. Shoji, Sudoh Masamichi, Mitani Hiroshi and Mukai Chiaki: Heart rate variability is under regulation of sympathetic and parasympathetic nervous activities in adult medaka、日本生理学会 2013年3月27日、東京

○Minh-hue Nguyen(ミンフェー グエン)

【学会発表】

1. グエンミンフェー、太田敏子、向井千秋:宇宙環境における免疫機能障害のメカニズムの解明、免疫サマースクール 2012 in NASU、2012年7月26日、那須
2. グエンミンフェー、太田敏子、中藤 学、尾畑

祐樹、高橋大輔、大野博司、向井千秋:宇宙環境における免疫機能障害のメカニズムの解明、第26回日本宇宙生物科学会学術集会、2012年9月27日

3. グエンミンフェー、寺田昌弘、太田敏子、向井千秋:宇宙環境における免疫機能障害のメカニズムの解明、第58回日本宇宙航空環境医学会大会、2012年11月15日
4. グエンミンフェー、内藤 学、尾畑 樹、高橋大輔、大野博司: Investigation of the mechanisms of immune dysfunction in space environment 日本免疫学会学術集会、2012年12月6日
5. グエンミンフェー、太田敏子、中藤 学、尾畑祐樹、高橋大輔、大野博司、向井千秋:宇宙環境における免疫機能障害のメカニズムの解明、Establishment of an animal model reflecting the immune dysfunction of astronauts in the space environment, 29th International Symposium on Space Technology and Science、2013年6月4日、名古屋

○永松 愛子

【シンポジウム・講演会】

1. 永松愛子:ISS日本実験棟「きぼう」における宇宙放射線に対する取り組み～宇宙放射線環境計測でわかってきたこと～、第26回日本宇宙生物科学会学術集会、2012年9月
2. 島田 健、北城圭一、俵 裕子、永松愛子:PADELSを用いた生物照射実験における生物試料の吸収線量率評価、第25回AES技術研究発表会、2012年11月
3. 永松愛子:「きぼう」における宇宙放射線に対する取り組み:第58回日本宇宙航空環境医学会大会シンポジウム 2012年11月

【学会発表】

1. 永松愛子、浅香智美、グエンミンフエ、俵 裕子、北城圭一、島田健、関真也、鈴木雅雄、劉 翠華、北村 尚：重粒子線・中性子線の低線量率・継続照射に対するヒト培養細胞とメダカ個体の生物影響、日本放射線影響学会 第55回大会 2012年9月、仙台
2. 島田 健、永松愛子、村上敬司、俵 裕子、北城圭一：PADLESとPHITSを用いた生物照射実験における生物試料の吸収線量率評価、第60回応用物理学会春季学術講演会 2013年3月
3. 永松愛子、関 真也、浅香智美、俵 裕子、北城圭一、島田 健、北村 尚、内堀幸夫：中性子線およびγ線の低線量・長期継続照射により誘導される生物影響メカニズムの解明日本放射線影響学会第56回大会 2013年9月、青森
4. 永松愛子：ISS日本実験棟「きぼう」における宇宙放射線計測と基盤研究、2012年度第3回宇宙医学生物学ワークショップ「宇宙放射線被曝管理と測定技術」 2013年1月

【その他】

1. 浅香智美、永松愛子、山中理代、鈴木雅雄、劉 翠華、内堀幸夫、北村 尚：宇宙放射線の低線量率・長期被ばくに対する生物影響（課題番号 22B-273）、2011年度放射線医学総合研究所重粒子線がん治療装置等共同利用報告書（2012）。
2. 鈴木雅雄、劉 翠華、永松愛子、浅香智美、山中理代、北村 尚、金子由美子、Narongchai Autdavapromporn、内堀幸夫：重粒子線低フルエンス照射に引き起こされるバイスタンダード効果誘導因子の解明（課題番号 22B-328）、2011年度放射線医学総合研究所重粒子線がん治療装置

等共同利用報告書（2012）。

○寺沢 和洋

【論文】

1. Kishimoto Y., Sasaki S., Saito K., Takahashi K., Doke T., Miuchi K., Fuse T., Nagamatsu A., Uchihori Y., Kitamura H., Terasawa K.: Basic performance of a position-sensitive tissue-equivalent proportional chamber (PS-TEPC), Nucl. Instr. and Meth. A732 (2013) 591-594.

【シンポジウム・講演会】

1. 寺沢和洋：「放射線を測ろう、そこから紐解くメディアリテラシー」、ライブラリー・ライブ、2013年11月8日、東京
2. 寺沢和洋、他、「身の周りの自然放射線を測ろう ～エックス線・ガンマ線・宇宙線～」、サイエンスアゴラ2013、2013年11月9-10日、東京

【その他】

1. 寺沢和洋、道家忠義、佐々木慎一、谷 森達、松本晴久、俵 裕子、内堀幸夫、窪秀利、込山立人、北村 尚、身内賢太郎、永松愛子、伊藤裕一、布施哲人、岸本祐二、齋藤究、高橋一智：位置有感比例計数管の重イオンに対する応答、2012年度放射線医学総合研究所重粒子線がん治療装置等共同利用報告書、2013年4月。

○石田 暁

【論文】

1. 坂田信裕、田山一郎、石田 暁、大島 博：国際宇宙ステーション滞在宇宙飛行士に対する高画質ビデオカメラを用いた皮膚遠隔診断、宇宙航空環境医学会誌（査読あり）2013年3月31日

○水野 康

【学会発表】

1. 水野 康: 宇宙ミッションと睡眠—宇宙飛行士と地上職員の現状—、日本睡眠学会第 37 回定期学術集会、2012 年 6 月 28 日
2. 水野 康、松本暁子、相羽達弥、大島 博、山口孝夫、高橋正也、井上雄一: 国際宇宙ステーション「きぼう」運用管制チームの睡眠調査、日本睡眠学会第 38 回定期学術集会、2013 年 6 月 27 日

【その他】

1. 水野 康: 宇宙ミッションと睡眠(1)宇宙での眠り、日本睡眠環境学会広報誌「そめいゆ」、2012 年 8 月 13 日
2. 水野 康: 宇宙ミッションと睡眠(2)国際宇宙ステーションの地上管制と睡眠、日本睡眠環境学会広報誌「そめいゆ」、2013 年 5 月 31 日

○阿部 高志

【総説・著書】

1. 阿部高志: 客観的眠気検査の有用性と職域での応用、睡眠医療(印刷中)(査読なし)

【学会発表】

1. 阿部高志、水野 康、三島和夫、井上雄一、太田敏子、須藤正道、緒方克彦、大島 博、向井千秋: 宇宙飛行士における覚醒度モニター法の必要性と研究の現状 日本宇宙航空環境医学会、第 59 回大会 2013 年 11 月 23 日、岡山

○武岡 元

【論文】

1. 武岡 元、陳琮湜、當山むつみ、辨野義己、山田 深、山崎 丘: Alteration of Human Intestinal Microbiota under Extreme Environmental Conditions in Antarctica.

Polar research (査読あり)2012 年 7 月 31 日

○本間 善之

【論文】

1. 牧 祥、本間善之、土屋英俊、田中一成、武岡 元、三木猛生、大島 博、向井千秋、山本雅文、青木 滋、森本康夫、小川康恭: 低重力下、気相中における模擬月砂粒子の挙動に関する研究: パラボリックフライトによる 1/6 重力環境中における模擬月砂粒子の浮遊・拡散実験、バイオメディカル・ファジィ・システム学会誌 (査読あり)2013 年 3 月 31 日

【学会発表】

1. 堀江祐範、神原辰徳、廣橋雅美、大藪貴子、明星敏彦、森本泰夫、本間善之: 月レゴリスシミュラントによるアレルギー増悪効果の検討、日本産業衛生学会 2012 年 6 月 2 日
2. 神原辰徳、堀江祐範、森本泰夫、廣橋雅美、李秉雨、本間善之: 気管内注入による月レゴリスの有害性の検討、日本産業衛生学会 2012 年 6 月 2 日
3. 本間善之、武岡 元、三木猛生、青木 滋、大島 博、山本雅文、向井千秋、森本康夫、小川康恭: パラボリックフライトによる 1/6 重力環境中での模擬月砂粒子の気相拡散実験、日本化学工学会 2013 年 3 月 19 日
4. 本間善之、武岡 元、三木猛生、青木 滋、大島 博、山本雅文、向井千秋、森本康夫、小川康恭: 月面上での月砂粉塵の粒子滞空時間とばく露影響、第 86 回産業衛生学会総会、2013 年 5 月 16 日

【その他】

1. 堀江祐範、神原辰徳、黒田悦史、三木猛生、本間善之、青木 滋: 月レゴリスによる

アレルギー増悪効果の可能性、2 産業医科大学誌、2012年12月31日。

○緒方 克彦

【論文】

1. 妻鳥元太郎、徳野慎一、柳川錬平、染田英利、西山靖将、山田憲彦、緒方克彦、大地震発災後とるべき行動に関する医学生意識調査 — 東日本大震災前後での比較検討 —、日本集団災害医学会誌 18(2): 167 -172 2013

【シンポジウム・講演会】

1. Naruo Kuwada, Katsuhiko Ogata, Masanori Fujita, Kunio Shimizu, Comparison Study of the Waiver Possibility for Mood Disorders in Pilots, The 84th Annual Scientific Meeting, AsMA, May 15, 2013, Chicago
2. Masanori. Fujita, Shoichi Tachibana, Sinsuke Tamura, Katsuhiko Ogata, Standard and Concept for Aeromedical Evacuation in Japan Self-Defense Forces, The 84th Annual Scientific Meeting, AsMA, May 15, 2013, Chicago
3. Katsuhiko Ogata, The Clinical Standards for Mood Disorders in JASDF Pilots, Spaceflight Human Behavior & Performance Meeting, MMOP, Aug. 14, 2013, Moscow

【取材等】

1. 世界最高のストレス環境？宇宙船サバイバル、“宇宙医師”が語る、ストレス対策、2013年9月24日、東洋経済オンライン
2. 高血圧などのリスク上昇 夜勤で時差ボケ、改善を - シフト調整や食事工夫を、2014年2月21日、日本経済新聞

○三木 猛生

【総説・著書】

1. 三木猛生: 宇宙飛行士になるには、ペリカン社、2013年9月3日

【シンポジウム・講演会】

1. 三木猛生: 宇宙での健康管理、第26回バイオメディカル分析科学シンポジウム、2013年8月3日、東京
2. 三木猛生: 宇宙飛行士の健康管理、帝京大学大学院宇宙環境医学 第10回公開講座、2013年8月24日、東京
3. 三木猛生: 宇宙飛行士の健康管理、航空身体検査判定官集合訓練、2013年10月2日、埼玉
4. 三木猛生: ISSの感染防御、第59回日本宇宙航空環境医学会 認定医セミナー、2013年11月24日、岡山
5. 三木猛生: 宇宙飛行士の健康管理からみた宇宙医学、第49回宇宙塾、2013年12月21日、三重

【取材等】

1. 若田ミッションに向けて、産経新聞 2013年10月16日掲載
2. WEB マガジン ステキナース研究所、2013年11月14日
3. FMよっかいち、2013年12月21日

【その他】

1. 三木猛生: エネルギーフォーラム(宇宙飛行士の被ばく管理)、2013年12月24日

○佐藤 勝

【シンポジウム・講演会】

1. 佐藤 勝: 宇宙飛行士健康管理と宇宙環境、TEDA 25周年シンポジウム、2012年8月31日
2. 佐藤 勝: 日本人宇宙飛行士の宇宙放射線被ばく管理運用、筑波大-JAXA 連携協力協定 第2回宇宙医学専門分科会、2013年1月31日

○安西 耕

【学会発表】

1. 安西 耕:長期有人飛行と不整脈; Cardiac Arrhythmias during Long-Duration Spaceflights. Journal of Arrhythmia, 17, October 2013

【学会発表】

1. 安西 耕:長期有人飛行と不整脈、第 141 回日本循環器学会東海地方会 2013 年 6 月 22 日

○松村 智英美

【シンポジウム・講演会】

1. 松村智英美: JAXA 宇宙飛行士被ばく管理における宇宙天気の利用、日本地球惑星科学連合 2012 年大会 2012 年 5 月 21 日
2. 松村智英美: JAXA 宇宙飛行士放射線被ばく管理運用、日本地球惑星科学連合 2013 年大会 2013 年 5 月 21 日
3. 松村智英美: 「ISS での宇宙放射線環境」極端宇宙天気研究会 3(第 235 回生存圏シンポジウム、平成 25 年度 STE 研究集会、平成 25 年度 STE 現象解析ワークショップ)、2013 年 9 月 30 日

【講義】

1. 嶋田和人:東北大学レクチャ: 「放射線被ばく管理」2013 年 9 月 6 日、仙台

○嶋田 和人

【論文】

1. Shimada K. History of EVA simulation tank (WETS) at JAXA Tsukuba Space Center. THE 4TH CONFERENCE ON DIVING PHYSIOLOGY, TECHNOLOGY AND HYPERBARIC MEDICINE. Tokyo, 1 Nov. 2012
2. 嶋田和人.「航空機・船外活動による減圧

症」. 関東高気圧; 13(1): 34-44, 2013. 日本高気圧環境・潜水医学会関東地方会誌 The Journal of Japanese Society of Hyperbaric and Undersea Medicine in Kanto (受理 2013.4.19)

【講演】

1. Kazuhiro Shimada: JAXA collaboration with NASA-JSC in Flight Surgeon training and operational research. Aviat EnvMed 83(3): 315 (2012)
2. Kazuhiro Shimada: Properties of Nano Bubble Water and its application to the International Space Station (ISS). International Conference on Applied Physics and Materials Applications 2013, Thailand.
3. 嶋田和人:「ナノバブルの宇宙飛行への応用」日本マイクロ・ナノバブル学会 第一回学術総会. 東京 2012.
4. 嶋田和人:「月と火星の縦孔・溶岩チューブの利用可能性調査～将来宇宙飛行士滞在の観点から～」第三回 月と火星の縦孔・溶岩チューブ探査研究会.
5. 嶋田和人:「宇宙機での水利用とナノバブル水の適用」二豊マイクロ・ナノバブルフォーラム 2013 in 中津.
6. 嶋田和人:「航空機・船外活動による減圧症」第 14 回 潜水医学講座小田原セミナー.
7. 嶋田和人:「宇宙飛行士の視神経乳頭浮腫」筑波大学宇宙医学コロキウム 2012 年 5 月 8 日、6 月 4 日
8. 嶋田和人:「宇宙飛行士の体質量測定の背景」宇宙での質量測定に関する講演会. 群馬大学工学部.
9. Kazuhiro Shimada: Space Program and Health. Nakhon Pathom Rajabhat University, Thailand.

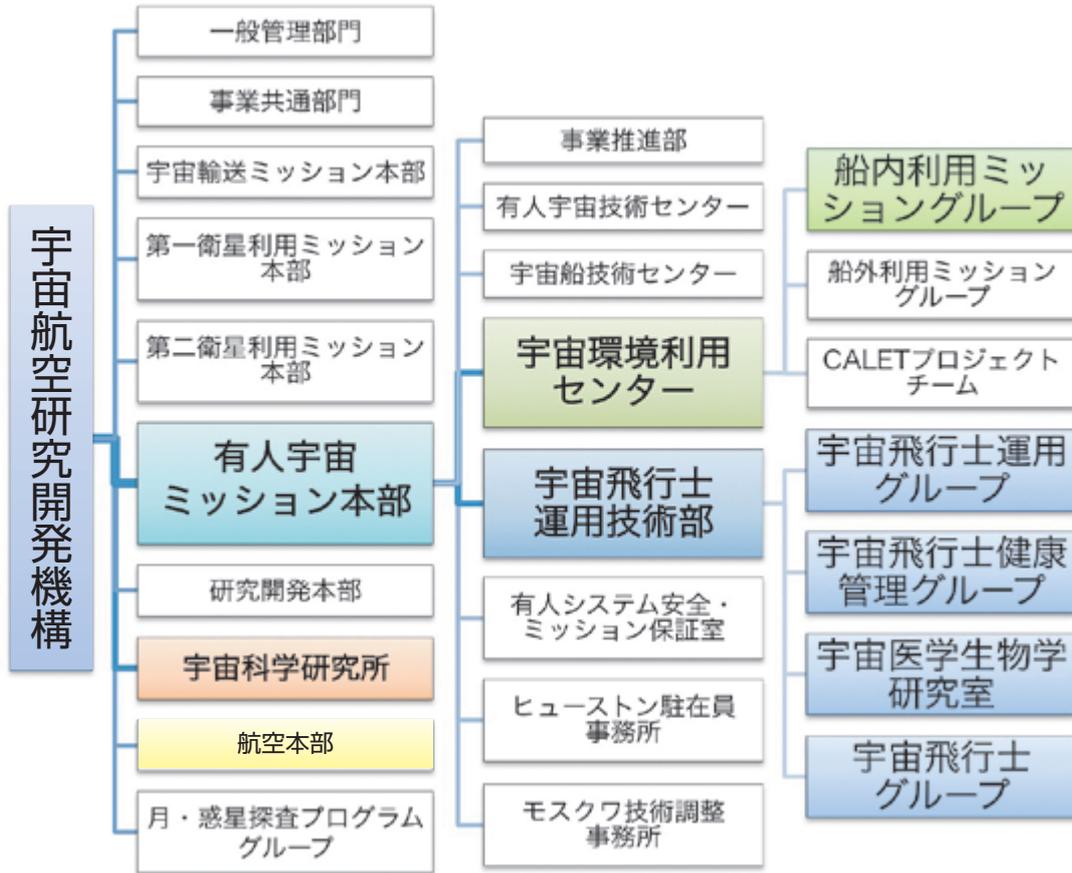
10. Kazuhito Shimada, Yusaku Fujii. Options for Mass Measurement on the International Space Station (ISS). 34th Annual Meeting of International Society for Gravitational Physiology, Toyohashi.
11. K. Shimada, W. Thornton. [AsMA XXVIII] PANEL: MASS MEASUREMENT IN SPACE Moderators: [293] ASTRONAUT BODY MASS MEASUREMENT ON THE INTERNATIONAL SPACE STATION (ISS) – CURRENT PRACTICE AND POTENTIAL.
12. K. Shimada. Body mass measurement in long-duration human space flight. 4th International Mechanical Engineering Research Conference, Cebu.
13. 嶋田和人: 国際宇宙ステーション日本モジュール大気の微生物と検疫. 第 59 回日本宇宙航空環境医学会
14. K. Shimada. Application of Nano Bubble Water for Astronaut Life Support. International Seminar on Solutions for Global Problems 2013.
15. 嶋田和人: 月惑星の縦孔・地下空洞探査: 有人探査に向けて. 第 57 回宇宙科学技術連合講演会
16. K. Shimada: Microbial landscape in space exploration. 3rd International Conference on Instrumentation, Communications, Information Technology and Biomedical Engineering, Bandung.
17. L. Kramer, A. Sargsyan, D. Hamilton, W. Tarver, E. Powers, K. Hasan, J. Polk, U. Straube, K. Shimada: MAGNETIC RESONANCE DERIVED CSF PRODUCTION RATE AS A PREDICTOR OF ORBITAL ABNORMALITIES AFTER MICROGRAVITY EXPOSURE. [AsMA 164]
18. A. Sargsyan, K. Garcia, M. Van Baalen, K. Shimada, D. Hamilton, S. Moynihan, S. Hart, U. Straube, W. Tarver, S. Mason, M. Foy, D. Bedi, R. Ernst, J. Comtois, T. Taddeo: SONOGRAPHIC EVALUATION OF SPACE FLIGHT EFFECTS ON THE EYE AND ORBIT. [AsMA 163]

リンク集

タイトル	内容	URL
宇宙医学	宇宙医学全般について記載されています。	http://iss.jaxa.jp/med/
JAXA レポジトリ	JAXA が刊行する文献や学術雑誌論文、学位論文等を公開するシステムで、文献検索を行うことができます。	http://repository.tksc.jaxa.jp
宇宙航空文献情報公開システム	宇宙航空文献交換を通じて収集した国内外の航空宇宙分野を中心とした文献を登録したシステムです。文献交換の登録をいただくと NASA の文献を検索することが可能となります。	http://airex.tksc.jaxa.jp (JAXA 文献データベースの利用者マニュアルは以下の URL をご確認ください) http://airex.tksc.jaxa.jp/help/userguide.html
日本実験棟「きぼう」での実験	日本実験棟「きぼう」で行われている実験を紹介しています。	http://iss.jaxa.jp/kiboexp/
日本実験棟「きぼう」での生命科学分野での実験テーマ	日本実験棟「きぼう」で行われている生命科学分野での実験を紹介しています。	http://iss.jaxa.jp/kiboexp/field/scientific/
宇宙医学にチャレンジ	古川宇宙飛行士が長期滞在中に行った宇宙医学実験です。	http://iss.jaxa.jp/iss/jaxa_exp/furukawa/exp2/igaku/
	星出宇宙飛行士が長期滞在中に行った宇宙医学実験です。	http://iss.jaxa.jp/iss/jaxa_exp/hoshide/exp-igaku
施設見学 筑波宇宙センター	筑波宇宙センターの施設見学内容について紹介しています。	http://iss.jaxa.jp/visit/tsukuba/tour_j.html
ビデオライブラリ	古川聡宇宙飛行士の活動をまとめたビデオライブラリです。	http://iss.jaxa.jp/iss/jaxa_exp/furukawa/library/video/
「宇宙医学に学ぶ健康長寿」パンフレット	JAXA・日本体力医学会・日本整形外科学会・日本リハビリテーション学会が制作した健康増進に関するパンフレットです。	和文 PDF http://iss.jaxa.jp/med/kenko-zoshin/kenko-zoshin.pdf PDF (English version) http://iss.jaxa.jp/med/0220jaxa_kenkotyoju_english.pdf
Mission X	体育と食育を中心とした国際教育プログラム「Mission X」を紹介しています。	JAXA が紹介する Mission X ホームページ http://iss.jaxa.jp/med/mission/ Mission X の公式ホームページ http://trainlikeanastronaut.org.gov/
NASA Human Research Program	NASA の「人を対象とした実験」について紹介しています。	http://humanresearch.jsc.nasa.gov/
ESA research human space flight and exploration	ESA の「人を対象とした実験」について紹介しています。	http://www.esa.int/esaHS/research.html
人類への恩恵	国際パートナーとまとめた国際宇宙ステーションでの実験から得られた研究業績をまとめています。	http://iss.jaxa.jp/iss/about/benefits/

(独) 宇宙航空研究開発機構の組織図 (2013年12月時点)

●組織図



●事業所



筑波宇宙センターへのアクセス



●電車

・JR常磐線「荒川沖駅」下車
→タクシー(約15分)または
関鉄バス「筑波大学中央」行き
「物質材料研究機構」下車 徒歩1分

・つくばエクスプレス線「つくば駅」下車
→タクシー(約10分)または
関鉄バス「荒川沖駅」行き
「物質材料研究機構」下車 徒歩1分

●バス

「東京駅(八重洲南口)」
→「筑波大学」行き(ハイウェイバス)「並
木一丁目」下車 徒歩1分

●タクシー

「荒川沖駅」より約15分
「土浦駅」より約20分
「つくば駅」より約10分

●車

- ・常磐自動車道 桜土浦インター→筑波宇宙センター(3.5km、約7分)
- ・国道6号線 学園東大通り線入口→筑波宇宙センター(5km、約10分)

【カーナビゲーションシステムをご利用のお客様へ】

カーナビゲーションの登録は下記住所にてご検索ください。

「〒305-8505 茨城県つくば市千現 2-1-1」

電話番号検索をすると、違った場所を案内されることがありますので、ご注意ください。



独立行政法人 宇宙航空研究開発機構
宇宙医学研究センター
〒305-8505 茨城県つくば市千現 2-1-1

Japan Aerospace Exploration Agency
Tsukuba Space Center
2-1-1, Sengen, Tsukuba, Ibaraki 305-8505