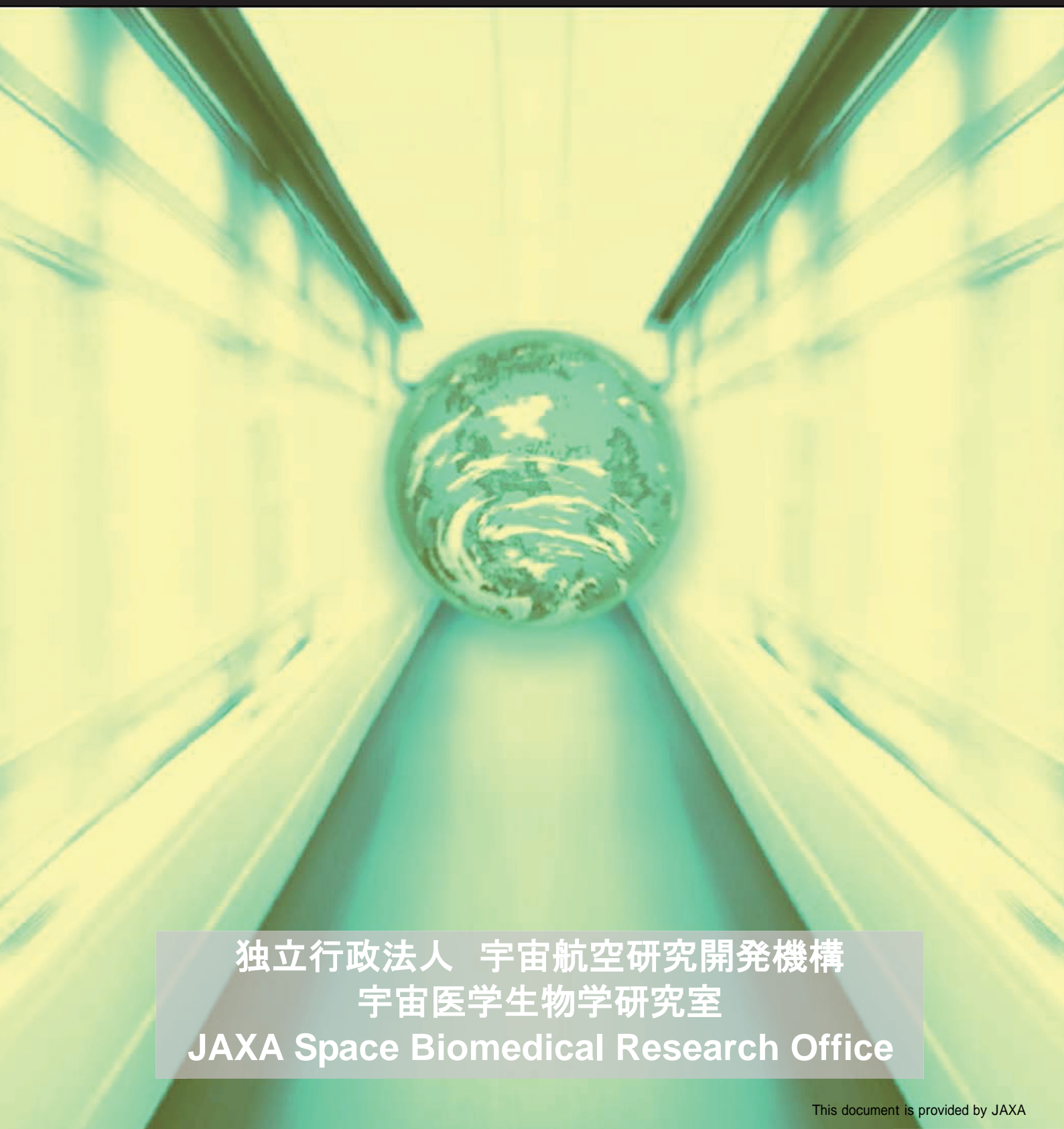


2011 年度
宇宙医学生物学研究室
年次活動報告

J-SBRO Annual Report 2011



独立行政法人 宇宙航空研究開発機構
宇宙医学生物学研究室
JAXA Space Biomedical Research Office

2011 年度 宇宙医学生物学研究室 年次活動報告

J-SBRO Annual Report 2011

宇宙医学生物学研究室 JAXA Space Biomedical Research Office



宇宙医学生物学研究室 ロゴマーク

Office Logo Mark

目次

はじめに	1
本年度トピックス・新聞報道	4
特別企画 I 古川宇宙飛行士 インタビュー	8
特別企画 II 古川宇宙飛行士 長期滞在ミッション 我々の取り組み	15
特別企画 III 学会大会開催報告	18
特別企画 IV 宇宙医学生物学研究室の新たな取り組み	20
研究室マネジメントの立場から	22
宇宙医学生物学研究室 (J-SBR0) 室員紹介	24
宇宙医学生物学研究室の研究テーマと概要	26
○国際宇宙ステーション利用実験	26
○地上研究テーマ	27
○教育	28
○共同研究・研究協力機関 一覧	29
生理的対策分野	30
○骨量減少対策チーム	30
○体力低下予防対策チーム	31
○メダカを用いた生理的対策チーム	32
○毛髪 Hair チーム	33
○栄養チーム	34
○免疫チーム	35
精神心理支援分野	36
○睡眠チーム	36
放射線被曝管理分野	37
○生物影響チーム	37
○バイオドシメトリチーム	38
軌道上医療分野	39
○生体リズムチーム	39
宇宙船内環境分野	40
○微生物モニター Myco チーム	40
南極利用医学分野	41
○南極利用研究チーム	41
月面開拓医学分野	43
○月面歩行チーム	43
○保健医療対策チーム	44
○月面放射線チーム	46
教育分野	47
○教育チーム (J-MEd)	47
○Mission X チーム	48

搭載準備・軌道上実験運用.....	49
○搭載準備・軌道上実験運用チーム.....	49
研究室マネージメント.....	51
活動報告（2011年度）.....	55
論文 アブストラクト集.....	70
リンク集.....	77
（独）宇宙航空研究開発機構の組織図（2012年3月現在）.....	79
筑波宇宙センターへのアクセス.....	80

はじめに

1961年に Yuri Gagarin が人類初の宇宙飛行をしてから 50 年が経ちます。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 15 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、この象徴的なプロジェクトが 15 カ国の参加によって行われている国際宇宙ステーション計画 (ISS) です。地球の低軌道を周回する国際宇宙ステーションは、既存の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、技術開発および天体や地球の観測、そして、教育や啓蒙・普及に利用されています。日本人宇宙飛行士も 2 年に 3 人程度の頻度で 6 ヶ月の宇宙滞在を行っています。例えば、2011 年には古川宇宙飛行士が宇宙滞在 167 日 (ISS 滞在 165 日) を成し遂げ、日本人宇宙飛行士の滞在記録の更新や宇宙医学を含む宇宙環境利用に貢献しました。2012 年は星出飛行士が ISS に長期滞在を行う予定です。

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、そのチャレンジは、地球低軌道より遠い月や火星に人類の活動を展開 (Exploration) していくことを支える医療技術の開発という観点だけではありません。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技術を開発していくことも大事なことです。したがって、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。



提供：NASA/JAXA

有人宇宙環境利用ミッション本部
本部長補佐 向井 千秋

宇宙航空研究開発機構 (JAXA) は日本人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) を設立しました。この研究室は、宇宙飛行の医学的ナリスクの軽減、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。現在、軌道上研究 (骨吸収へのビスフォスフォネート予防的投与、毛幹・毛根細胞への微小重力・宇宙放射線影響、ホルター心電計による生体リズム測定、身体細菌叢測定、自律型をめざした軌道上診断設備の開発等) やそれを支える地上研究、さらなる宇宙医学生物学研究テーマの準備を行っています。また、宇宙の疑似空間利用として、パラボリック飛行実験や南極大陸を利用した医学研究も実施しています。さ

らに、月面開拓医学の分野もそのスコープに置いて月面での健康管理技術開発や可変重力を踏まえた医学生物学研究も行っています。J-SBR0は、「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進めています。

このさき50年の宇宙開発は、さらなる発展をめざして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となるでしょう。宇宙開発は、

“人類のための宇宙開発（Space for Humanity）”をモットーに、一般人の宇宙旅行の成功をきっかけとして驚くほどの速さで進んでいくことと思います。このような時代に宇宙医学・生物学が果たす役割は非常に大きいのです。ここに2011年度（平成23年度）のJ-SBR0活動成果報告をお届けいたします。より多くの方々にお読みいただき、皆さまからのご意見をもとに今後もさらなる発展を続けて行きたいと思っております。

向井千秋



5/19-22, International Space Medicine Summit 2011, Houston
宇宙医学生物学の研究動向調査、研究の戦略作成、飛行士・医学運用チームとの連携等に関する会議に参加



6/1-2, ウィーンにて開催された 国連宇宙空間平和利用委員会（COPUOS）第54会期本委員会、および、有人宇宙飛行50周年記念会合に各国の宇宙飛行士とともに参加



9/4-11 第 24 回世界宇宙飛行士会議、モスクワ
 講演タイトル：Global Health Security Using Space-Based Assets) にて東日本大震災への宇宙技術貢献(地球観測、通信) および、人工衛星の環境衛生利用に関して講演



3/1 日本科学未来館を訪問。常設展「地球環境とフロンティア」エリアにある「宇宙居住棟」にて訪問記念のサインをおこなう



11/30、サンクトペテルブルク国立大学で講演
 講演タイトル：Fifty Years of Human Space Flight---from Gagarin to the Next Stage of Exploration---
 講演後に Dr. Igor A Gorlinsky 副学長へ JAXA からの記念品(パネル、H-II ロケット、宇宙短歌の本)を贈呈(写真上)

本年度トピックス

健康増進イベント 開催！

「【重力とともに生きる】～宇宙飛行士との対話を通して健康について考える～」



参加者からの質疑応答にこたえる大島主幹研究員（左写真）、向井本部長補佐（右写真）

全国各地での講演活動！



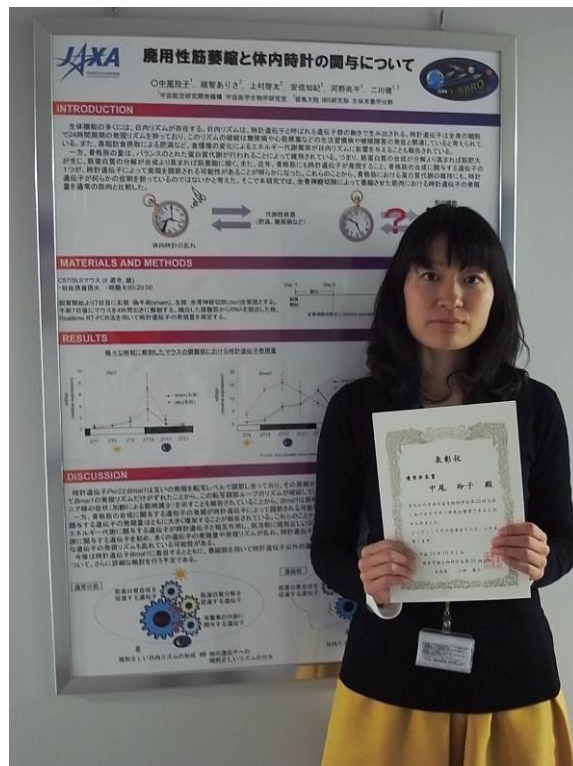
左上：サイエンス・パートナーシップ・プロジェクト（SSP）で授業を行う新堀宇宙航空プロジェクト研究員
 右上：医学・創薬に向けた小型魚類モデル利用推進ネットワークの研究会で講演する浅香宇宙航空プロジェクト研究員
 左下（写真提供：東山動植物園）：東山動植物園のイベントで講演する中尾宇宙航空プロジェクト研究員

第57回日本宇宙航空環境医学会大会（大会会長 向井千秋本部長補佐）



開会宣言する向井千秋本部長補佐（左写真）、特別講演する日本科学未来館館長 毛利衛氏を囲んで（右写真）

日本宇宙生物科学会第25回大会にて優秀発表賞受賞！ 昨年度につづき当研究室の宇宙航空プロジェクト研究員の連続受賞！



受賞した中尾玲子宇宙航空プロジェクト研究員

APR

- 宇宙医学研究推進分科会

MAY

- Biological Rhythms, Myco, Hair 軌道上実験
 - 第1回 宇宙医学生物学研究ワークショップ「免疫低下からあなたを救うには? ~宇宙飛行士から高齢者まで~」
 - Myco 軌道上実験用物品打上げ (STS-134)



JUN

- Myco, Hair 軌道上サンプル帰還 (STS-134)
 - ISTS28th 開催
 - 古川宇宙飛行士 長期滞在開始
 - Mission X in JAPAN (2010年度活動終了イベント)
 - Biological Rhythms 軌道上実験

JUL

- Myco, Hair 軌道上実験
 - Myco 軌道上実験用物品打上げ, Myco, Hair 軌道上サンプル帰還 (スペースシャトルラストミッションSTS-135)
 - 宇宙医学研究推進分科会
 - 南極医学医療ワークショップ



AUG

- Biological Rhythms, Hair 軌道上実験
 - 古川宇宙飛行士「宇宙医学にチャレンジ」および「宇宙医学教育」映像取得

SEP

- Myco 軌道上実験
 - 古川宇宙飛行士 交信イベント、「【重力とともに生きる】~宇宙飛行士との対話を通して健康について考える~」

OCT

- Biological Rhythms 軌道上実験
 - 筑波宇宙センター 宇宙医学生物学研究室 展示室 特別公開



NOV

- 古川宇宙飛行士 長期滞在から帰還
 - 第57回日本宇宙航空環境医学会大会 開催

DEC



- Hair 軌道上実験

JAN

- 第2回 宇宙医学生物学研究ワークショップ「宇宙医学と健康増進科学」
 - 宇宙医学研究推進分科会
 - 第3回 宇宙医学生物学研究ワークショップ「宇宙医学と睡眠・生体リズム」
 - 宇宙医学生物学セミナー「宇宙環境リスクと栄養」

FEB

- Biological Rhythms 軌道上実験用物品打上げ(ATV3)

MAR

特別企画 I

Expedition 28/29 Crew 古川 聡 宇宙飛行士 インタビュー

1：イントロダクション

＜相羽＞本日はインタビューへの協力、ありがとうございます。古川飛行士には、5か月半の長期滞在期間中に宇宙医学に関する軌道上実験にオペレータ、被験者として参加していただきました。今回、医師としての資格も持つ古川飛行士の長期滞在、ならびに古川飛行士に協力をいただいた宇宙医学生物学研究について特集を組み、我々の活動をみなさんに広く知っていただきたいと考えております。



2：宇宙医学生物学にかかわる軌道上実験について

＜相羽＞まずは宇宙医学生物学研究室が関連した軌道上実験のテーマ（Hair、Myco、Bisphosphonate、Biological Rhythms、Onboard Diagnostic Kit）それぞれの実験内容、地上トレーニング、微小重力環境での実験操作、スケジュール管理等についての所感をお聞かせください。



＜古川＞はい。さまざまな科学の実験をさせていただきました。本当に光栄です。Hairでは、軌道上でサンプルを採取するのが地上訓練に比べて難しかったです。ライトを当てて明るくして、採取する毛髪が良くわかるようにしながら採取していました。少し暗いところだと見えにくかったです。国際宇宙ステーションの中の照度は、この部屋よりも明るくありませんでした。ポータブルのライトを利用し、採取場所を照らしながら実験をおこないました。ポータブルのライトを当てる工夫をすることによって、しっかり毛根のある良いサンプルが採取できたと思います。採取したサンプルはすでに地上に帰還し、解析が進んでいるのでしょうか。

＜相羽＞古川飛行士が滞在中に一部のサンプルはすでに地上に帰還し、解析に入っていますが、後半に採取した一部はまだ国際宇宙ステーションに保管※されています。

※編注：スペースシャトルの退役後、軌道上に保管してある実験サンプルはスペースX社の開発する次期宇宙船での回収へ向け、現在調整中である。

＜古川＞毛根部のDNA解析と毛幹部の微量分析の結果が出るのを楽しみにしています。

＜相羽＞Mycoでは、皮膚や鼻腔、口腔の中のサンプルを採取していただきましたが、地上での訓練と比べるといかがでしたでしょうか。

＜古川＞ええ、サンプルを採取すること自体は地上での訓練通りでした。微小重力空間では細菌叢も浮遊し、それらと共同生活しているようなものですから国際宇宙ステーションの中の環境と同じような細菌叢が出てくるといふ仮説だと思います。そのような結果が得られると思いますので、成果が楽しみです。

＜相羽＞ Bisphosphonate と Biological Rhythms については一部の結果が発表されました。これらの結果に対するご興味はいかがでしょうか。

＜古川＞昨日（2012年1月16日）のミッション報告会で松本先生（松本俊夫 徳島大学大学院 教授 Bisphosphonate の代表研究者）が発表されたデータ*は5人分のもので私のデータは入っていないのですが、私が先日おこなった検査では飛行前の結果と比べて骨密度の減少はみられませんでした。Bisphosphonate は有効だったようです。

*編注：Le Blanc AD, Matsumoto T, et al. The Annual Meeting of the ASBMR, San Diego, 2011

＜相羽＞ Biological Rhythms に関連した軌道上実験として宇宙環境利用センターが開発した Onboard Diagnosis Kit の技術実証が医師の資格を持つ古川飛行士によって実施されました。今後は宇宙飛行士みずからが自身の健康管理をおこなう目的で利用していただきたいと思っています。このシステムをよりよくするためのポイントを教えてください。



＜古川＞市販品をうまく組み合わせて良いシステムを作っていただいております。今回、地上にいる医師とつないで遠隔診断を実施しました。医師がカメラを通して見た診断と私が直接見た診断を比較検証してみ、Onborad Diagnosis Kit は遠隔診断機器として問題ないことを検証できたと思うのです。今後は星出飛行士がチャレンジしてくれます。医学を背景にしない宇宙飛行士が使用してどうだろうか？ということがポイントになると思います。いろいろとコメントさせていただきましたが、表示される数値の意味、データの意味、それから正常値がどのくらいなのか？ということ、医学知識がなくてもわかりやすいように対応してほしいと思います。それによってよりユーザーフレンドリーな機器になると思います。

＜相羽＞我々の医学関連の軌道上実験の中で印象深いものはありますか。

＜古川＞ Bisphosphonate は毎週、薬を飲んでおりましたので、骨がしっかり保たれているのかなあ、という感触がありましたね。弱っている、という自覚は全くなかったです。毎日毎日 ARED（Advanced Resistive Exercise Device）を使って筋力トレーニングをするわけですが、その負荷を見てみると地上でおこなっていた負荷よりも大きい数字が出てたりして、筋力自体はよく保たれていました。また、その時の骨に対する刺激が加わっています。特に脚の付け根の大腿骨頸部・転子やスクワットの時に刺激を受ける太もも、大腿四頭筋のあたりに、いい具合に刺激が加わっていたし、骨、筋が保たれていると感じました。

＜相羽＞他極の飛行士から見たときに、日本の宇宙医学生物学研究室の軌道上実験はどのように感じられていたのでしょうか。

＜古川＞Bisphosphonate には他極の飛行士も参加しています。この Bisphosphonate はアメリカの研究者との共同研究テーマですよ。国際協力において重要な研究だったと思います。お互いに研究の重要性を理解した上で我々は参加しておりました。

たとえば、Bisphosphonate を飲む朝は、水だけしか飲むことができず、かつ飲んだ後30分間は何も飲んではいけません。最初はお互いに注意しているのですが、だんだん時間が経つてくると慣れてきて、朝起きるとついコーヒーを飲みたくなってしまいます。間違っただけでコーヒーを飲まないように、“今日は Bisphosphonate を飲む日だから、コーヒーは飲むなよ！”、“Bisphosphonate をちゃんと飲

んだか？”とお互いに声を掛け合ってダブルチェックしてました。

＜相羽＞被験者、オペレータ、それぞれの立場から、他極の軌道上実験で医学的に興味深かったものはありましたでしょうか。

＜古川＞他極の実験ですね。心臓の超音波検査について被験者になりました。Integrated Cardio-Vascular(ICV)というテーマですね。心臓の機能が無重力の環境下でどのようになるか？ということ調べる実験です。とても興味深かったですね。やはり心臓の機能自体は落ちる傾向があるようですね。

3：軌道上で宇宙飛行士がおこなう実験の意義

＜山田＞軌道上で宇宙飛行士がおこなう軌道上実験の意義ということについてお聞きしたいと思います。長期滞在では実験以外にもいろいろ仕事があったわけですが、宇宙医学生物学の軌道上実験の位置づけ、参加したことの役割に対する認識について、地上の研究者に代わって操作をおこなうということも含め、感じられた点はいかがでしょうか。

特に意識されたことはありましたでしょうか。



＜古川＞医学関連の実験はどちらかというと宇宙飛行士の体を使っておこなわれることがほとんどです。将来、誰もが気軽に宇宙へ行ける時代のデータ取りというか、準備であるように思います。そういった時代へ向けての準備に自分の体を使ったデータが活用されるととても嬉しいですね。実験に参加するときなるべく私が心がけたのは、研究者の気持ちになって、“自分だったらこのデータを取るときに、こんな風にしてほしいな”ということを考えて、いいデータがとれるように頑張りました。

＜山田＞ありがとうございます。飛行士の中でも医師の資格を持っているということで、

＜古川＞実用面では、身近な例ですとまず採血ですよ。採血するのはたくさん医師として働いてきましたからできますし、逆に採血されるときにも、仲間に“ここだよ”と指を差して教えることもできます。でも、そんなことしなくても飛行士は訓練を受けていますので、とても上手なんですけど。採血が容易にできること、超音波検査も臨床でもやりましたので、それらの手技は軌道上で役に立ったのではないかなと思っています。

あともう一つは、自分自身も実験したり、データを集めたりという経験がありますので、研究者の方々が気になさるところだとか、たとえば、検体の取り違いとか群の間違いとか、

単純なことなんですけど、注意を払いましたね。ついそこを間違えると、実験の全部がダメになってしまうんですね。そういったところは気を付けました。No. 1 の検体は機器①に取り付けるとか順番が分かりやすいものなら良いのですが、No. 1 の検体は機器⑤に取り付けるとか少し複雑になってくると間違いやすくなるので、必ずそういうダイアグラムやビッグピクチャー（手順書など）を紙に打ち出して、目の前に置いてダブルチェックしながらやってみました。さらにビデオカメラで映してもらって、画面に向かって①であることを示して、地上でも確認してもらっていました。もし私が勘違いをしていたら、すぐに止めてもらうようにチェックをしていただき、何重にも間違いを見つけるループを作るようにしていました。

<山田>非常に繊細な工夫をいただいたわけですね。特に Myco などは“清潔”、“不潔”と

4：地上実験について

<山田>軌道上実験から外れるのですが、今回医学生物学研究室のインタビューということで、少し話を広げたいと思います。軌道上実験テーマになるまでには、地上実験を重ねてステップを踏むことが必要になります。現在、我々は心機能の低下、さきほど ICV の話がありましたけれども、それを予防するためのエルゴメータを使った研究、細胞や動物を使って低線量の長期被曝が人体に及ぼす影響を検討する研究、とくに食事を摂る時間など時間遺伝子との関連に最近注目しておりますが、筋萎縮と食事療法に関する研究、あるいはマウスの尾部懸垂を使ったストレス応答の研究などを実施しています。古川飛行士自身が興味ある研究、また、将来に火星への有人飛行を目指すにあたって期待される研究など、感想をお聞かせいただけますか。

ということもかかわってきますし、ホルターなどは電極の貼り方、データが取れているかどうかの確認が必要ですね。こういったことがあるので、我々もインストラクションするときに、飛行士で医師というのは非常に信頼してお願いすることができました。

<古川>ありがとうございます。



<古川>素晴らしいですね。2011年1月16日、古川大臣（古川元久 宇宙開発担当大臣）が有人で火星を目指したらどうか？という素晴らしいビジョンを提案されました。そうなった場合、長期間宇宙に滞在することになるのですが、その時に宇宙飛行士が健康を保つためにどうしたらよいのか？ということは大切になります。この時に心機能の低下予防とか、低線量の放射線の被曝とか、筋萎縮の

件もそうですけれども、実施されている地上実験はみんな大切なことだと思います。そういった大きな目標の中で、課題を克服しているということはとても大切なことだと思います。私自身はそれを発展させて、国際宇宙ステーションでの長期滞在を通じて、次の段階として軌道上実験として実証できたらいいのではないかと感じています。たとえば、運動のプロトコールとか大切ですよ。ちよつ

と変えただけでより効率的に短時間でできたりということは十分あり得る話だと思います。ぜひ検討をお願いします。

＜山田＞やはり一日の中の運動の時間を削減できることは非常にメリットになりますか？

＜古川＞おっしゃる通りだと思います。

5：宇宙医学生物学研究に関するアウトリーチ

＜山田＞宇宙医学生物学研究室でおこなっている活動の柱の一つが、アウトリーチ（研究成果を一般の方に理解してもらうための活動）です。宇宙開発はもちろんのこと、宇宙医学の啓発ということでシンポジウムやワークショップを開催しています。古川飛行士の滞在中には「重力とともに生きる」というイベントで高齢者の方々に集まっていたいて、健康に関して軌道上と交信し、意見を交換しました。古川飛行士自身はこうしたイベントの意義などについてどのようにお考えでしょうか。

と思います。そういった視点から、宇宙と健康を結びつけ、中高年の方に対しても人生観をかえるようなアプローチができるのではないかと期待して、このようなイベントを企画しました。今回の長期滞在は終了しましたが、今後も宇宙開発や宇宙医学に関する啓発にまた一緒に取り組んでいければと思っています。

＜古川＞是非一緒をお願いします。

＜古川＞「重力とともに生きる」というイベントは私の方からは参加いただいた皆さんの映像は見ることはできなかったのですが、お声をお聞きするだけからでもものすごい活発で、元気のある方たちなんだろうなって解りました。むしろ私のほうが元気をいただいた感じです。宇宙に長期間いるということは老化の現象と大変よく似ているということで、この二つのこと組み合わせて、健康に関するQOL、高いQOLを保ちながらというテーマでイベントができたことは素晴らしいことだったと感じています。



＜山田＞また、Mission X: Train like an Astronauts という企画で、宇宙飛行士のトレーニングを模して子供たちに健康の大切さ、栄養の大切さを伝えていくことを試みています。子供たちには古川飛行士が実際に軌道上でおこなっていた運動や食事の写真やビデオを見せ、頑張ってもらっていました。今回の滞在中には Mission X と関連したイベントの機会はなかったのですが、来年以降も Mission X は続いていく活動になりますので、こちら是非ご協力ください。

＜山田＞これまでは、お子さんを中心にこうした啓発のイベントが組まれることが多かったわけですが、古川飛行士は医師であり、高齢者の方々の診療も数多くご経験されたこと

＜古川＞運動や栄養の大切さが確かによくわかりますね。それだけでなく、宇宙飛行士のトレーニングを出してきたことで具体的なイ

メージがわくのではないかと思いますので、子供の教育プログラムの助けになっていったら嬉しいと思います。

6：有人宇宙技術部ならびに宇宙医学生物学研究室への期待

＜山田＞ここで、有人宇宙技術部ならびに宇宙医学生物学研究室の活動について、実際に長期滞在を経験された飛行士としての立場から、今後の期待と展望についてご意見を伺いたいと思います。

＜山田＞宇宙飛行士としての経験から、今後重点的に取り組むべきと考える課題は何でしょうか。

＜古川＞すでに宇宙医学生物学研究室の皆さんは、素晴らしい研究を実施されていると思います。是非それを続けていただけてほしいと思います。特にコーディネータとしての役割が大切ではないかと感じています。いろいろな研究をされている方々がいらっしゃいますが、宇宙とはあまり関係ない研究テーマをされている方が宇宙という視点で見てみたら、それが違う意味で有用だったりするということがあると思うんです。まったく違う研究エリアの方がコラボレーションした時にブレークスルー、突破口が開けるんじゃないかと思っています。そういったコーディネータですね。その役割を JAXA が果たしていったらいいのではないかと感じています。

＜古川＞課題として難しいかもしれませんが、一つは、放射線対策ですね。とくに火星を目指す場合には、何か月もの間宇宙空間を飛ぶわけですけど、そうしたときに被曝をどう抑えるかということだと思います。物理的ないしは食物や薬品によって修飾する形で影響を抑えるなどいろいろなやり方があるかと思っています。これからはそういった研究が大切になると思います。あとは、今回感じたことですが、平衡機能ですね。骨・筋肉プラス平衡機能です。というのは、五か月半の国際宇宙ステーション滞在を終えて、地上に戻ってきたときに、“こんなに頭がぐらぐらして、歩けないものか！”とびっくりしました。予想以上でした。“より長く宇宙にいと、体が無重力仕様になって戻るのも大変だ”と、一緒に長期滞在したマイク・フォッサム飛行士が言っていました。これまでに彼が経験したスペースシャトルのフライトと比べると、症状は同じだけれども今回は程度がひどい、と彼は言っています。火星に行くときには何か月も宇宙船の中で過ごした中でいきなり火星に着陸します。その時は、今回我々が地球に戻ってきたときは異なって、支援してくれるスタッフは火星にはだれもいないわけです。ですから自分たちで生きていかななくてはなりません。そういったときに平衡感覚のリスクをどうするのか？場合によって遠心力などを使って人工重力を作るモジュールを宇宙船の中に考えたりしないといけないのかなどと感じました。このようなことがこれからの課題だと

＜山田＞他極の研究などの比較も含めて、JAXA として我々がやっている活動でもう少し改善した方がいいところとか、足りないところがあったら、それについても教えていただけますか。

＜古川＞みなさんいい仕事をしていると思います。どこも長期間、人間が宇宙へ行ったときにどうなるか？という今後の宇宙時代に向けた準備やデータの蓄積というのは大切で、ロシアでもやっています。アメリカやヨーロッパでもたくさんやっているといます。そのなかで JAXA はいろんな実験を通して、とても良い仕事をしていると思います。

思います。



＜山田＞頑張っていきたいと思います。さて、我々は運用にかかわる開発員、エンジニア、管制スタッフ、共同研究をおこなっている機関の先生方、JAXA の外部の方によって構成される研究推進分科会、倫理委員会など、いろいろな方に支えられて研究をおこなっていま

す。最後に皆さんへにむけたメッセージをお願いいたします。

＜古川＞今回の長期滞在の期間中、本当にいろいろな面でお世話になりました。おかげさまで5か月半宇宙に出張して、仕事をすることができました。今年には星出宇宙飛行士が5か月半長期滞在し、来年の末頃には若田宇宙飛行士が宇宙ステーションの日本人初の船長として滞在します。今後もご支援を是非おねがいします。有人宇宙飛行の今後の発展に向けて一緒に力を合わせていけたらよいと思います。よろしくお願いいたします。

＜相羽・山田＞古川さん、ありがとうございました。



特別企画 II

古川宇宙飛行士・長期宇宙滞在ミッションでの宇宙医学生物学研究室の取り組み

大島 博

古川宇宙飛行士は、医師のバックグラウンドを持つ日本人宇宙飛行士としては初めて、国際宇宙ステーションにおける 165 日間の長期宇宙滞在を行った。宇宙医学生物学研究室は、数年前から古川宇宙飛行士本人や ISS 広報ユニットと調整を行い、以下に示す 5 つの宇宙医学実験の運用と、教育・広報活動の支援を行った。

1. 宇宙医学生物学研究室が関与した宇宙医学実験

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

③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

④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

⑤宇宙医学実験支援システムの軌道上検証（宇宙環境利用センター主体の実験を支援）

各テーマの概要は、本書の各項目と以下の HP に公開されている。

http://iss.jaxa.jp/iss/jaxa_exp/furukawa/exp/#igaku

2. 宇宙医学にチャレンジ！

宇宙環境での身体変化を調べるアイデアを一般募集し「宇宙医学にチャレンジ！」として、古川宇宙飛行士が自ら HDTV カメラを操作して、きぼう実験棟内で映像取得を行った。公募により、指一指ドッキング、血圧測定、体液シフトとサイズ変化、上下感覚、ニュートラルポジション、眼振、宇宙酔い、身長変化と腰痛、足底の皮膚、ライトフラッシュ(質問のみ、映像なし)の 10 テーマが選定された。

宇宙医学生物学研究室は、手順書作成や得られた映像の解説文作成などを担当し、ISS 広報ユニットを支援した。取得した動画は、下記 HP に掲載されている。

http://iss.jaxa.jp/iss/jaxa_exp/furukawa/exp2/igaku/



ニュートラルポジション



足裏の変化

3. 宇宙医学教育用ビデオ撮影

宇宙での人体変化、ISS 内の医療機材、および宇宙医学実験などについて、日本語でわかりやすく説明するビデオ撮影を、教育実験 (Education Payload Operations: EPO) として実施した。宇宙医学生物学研究室は、映像シナリオ作成と飛行前後のコントロール映像取得などを担当し、ISS 広報ユニットを支援した。映像は下記 HP に掲載され、今後学校での教材や科学館展示への活用が期待されている。

る。

http://iss.jaxa.jp/iss/jaxa_exp/furukawa/library/video/



受動積算型宇宙放射線量計



体重測定



ISS内の医療機器

4. 健康増進イベント「重力とともに生きる」

軌道上の宇宙飛行士は、これまで首相や子供達と交信イベントを行ってきた。ISS広報ユニットは、古川ミッション中に「宇宙飛行士と高齢者の健康増進」をキーワードに、介護予防団体との交信イベントを企画した。骨量減少や筋萎縮は、宇宙飛行士と高齢者に共通する医学的課題であり、効果的な予防の啓発が重要と考えたことが理由である。介護予防に関わる10団体が公募で選定され、各団体からの代表5名、総勢約50人が、平成23年9月14日午後筑波宇宙

センターに集合して行われた。

まず、ISSの概要を説明し、「きぼう」管制室などを見学した後、食堂で夕食を取り、イベント会場（総合開発推進棟1階大会議室）に移動した。はじめに、午後7時から45分間、第1部の講演会が向井飛行士の司会で行われた。大島が「宇宙医学に学ぶ健康長寿」、中村耕三先生（前日本整形外科学会理事長）が「重力を学んで長寿を楽しむ」の演題名で、飛行士の健康維持と健康長寿実現には予防的な取り組みを実践することが秘訣であることがそれぞれ紹介された。つぎに、午後8時から20分間、第2部のライブ交信が行われた。司会の向井さんが、NASAの管制官にISSとの通信回線を筑波の会場に繋ぐよう要求すると、スクリーンに古川飛行士がアップで映し出され、会場全体に歓声が響いた。各団体代表からの質問をつくばから古川さんに呼びかけると、数秒間後に軌道上の古川さんは「質問ありがとうございます」と前置きして丁寧に回答された。ライブ交信イベント後には、各団体による活動報告の紹介が行われた。



司会は向井本部長補佐

宇宙医学生物学研究室は、イベント準備と実施、各団体の事前勉強会「宇宙医学に学ぶ健康長寿」を担当し、ISS広報ユニットを支援した。本イベントとパンフレット作製は、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医学会の3学会の後援を得て実現した。また、NASAからのリクエストにより英文パンフレットも作成し、これらは以

下の JAXA の HP からダウンロードできる。

(和文)

<http://iss.jaxa.jp/med/kenko-zoshin/kenko-zoshin.pdf>

(英文)

http://iss.jaxa.jp/med/0220jaxa_kenkotyojyu_english.pdf



和文パンフレット



英文パンフレット



交信前の講演会



各団体の質問に古川さんが回答

特別企画 Ⅲ

学会大会開催報告

第 57 回日本宇宙航空環境医学会大会

(2011.11.24-26、於 筑波宇宙センター、つくば国際会議場)

須藤 正道

大会会長／組織委員長 向井 千秋 事務局長 須藤 正道

副組織委員長 有賀 輝

組織委員 相羽 達弥, 相部 洋一, 浅香 智美, 石田 暁, 井上 夏彦, 大島 博, 太田 敏子, Minh-Hue Nguyen(ミンフェグエン), 嶋田 和人, 須藤 正道, 武岡 元, 田山 一郎, 寺田 昌弘, 中尾 玲子, 新堀 真希, 本間 善之, 松尾 知明, 松本 暁子, 三木 猛生, 山田 深, 山中 理代, 山本 雅文

2011年11月24日から26日の3日間、メインテーマを「社会に役立つ宇宙医学」として、向井千秋氏を大会会長として第57回日本宇宙航空環境医学会大会が開催された。24日、25日は筑波宇宙センター総合開発推進棟1階大会議室で学会員対象に、26日はつくば国際会議場で一般公開とした。

参加者は正会員164名、大学院生12名、学部学生2名、シンポジスト9名、招待者3名の合計190名であった。また土曜日の一般公開には非会員29名の参加もあった。

大会内容として24日は、委員会と理事会、一般演題の発表、認定医認定委員会企画による認定医セミナー「東日本大震災における航空医療の展開」、若手の会主催シンポジウム「宇宙医学研究における今後の展望」を開催した。

25日は、評議員会・総会、一般演題の発表、ランチョンセミナーとして東京女子医科大学の大塚邦明氏による「宇宙のリズムとヒトのリズム、”Glocal” (combined global and local) civilization

in space」、会長講演として向井千秋氏による「有人宇宙飛行から学んだこと、そして、これから」の講演があり、引き続き学会シンポジウム「日本の有人宇宙飛行の過去から将来へ」、夕方には施設見学として、宇宙飛行士養成棟、展示館を見学し、懇親会を開催した。また、大島博氏により「宇宙医学分野のISS/JEM利用シナリオの検討について」の説明があり、学会員にアンケート用紙を配り意見を求めた。

26日は会場をつくば国際会議場に移し、一般公開形式で宇宙医学生物学研究室の宇宙航空プロジェクト研究員企画による公開シンポジウム1「社会に役立つ宇宙医学」、毛利衛氏による特別講演「ヒトはなぜ宇宙に挑戦するのか」、きぼう利用プロモーション室企画による公開シンポジウム2「社会課題と“きぼう”利用の係わりを知ろう」が開催された。



一般講演、シンポジウムを聴講する参加者

The 28th International Symposium on Space Technology and Science
(2011.6.5-12, 於 沖縄コンベンションセンター)

石田 暁

Technical Session 「Space Life Science」 セッション委員長 向井千秋、セッション委員 石田 暁
Panel Discussion 「Human Exploration in Space」 コーディネータ 向井千秋、石田 暁

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28回大会が、平成23年6月に沖縄県宜野湾市で開催された。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研究開発の成果や概況に至るまで、JAXA や宇宙開発関係者の内外から幅広く寄せられた研究開発の発表を運営している。とくに今年は放射線をテーマにした発表が多く、時節柄興味を抱く聴講者が多く見受けられた。

今回は、「Human exploration in space」と題してパネルディスカッションの企画運営も行った。向井千秋氏が座長を務め、国内外から宇宙政策や宇宙倫理文化、地球観測の専門家、宇宙飛行士の山崎直子氏をパネリストとして招き、有人宇宙飛行について哲学・理念・文化等から議論し、聴衆からの意見収集

も行いつつ、今後に向けて会場の皆さまと共に問題意識の高揚を図った。

向井千秋氏は、大会の開会式において基調講演を行った。その内容は前述パネルのテーマとシンクロナイズするものであり、有人宇宙飛行とそれを支える今後の宇宙医学の在り様を思慮していく上でも、おおいに参考となるものであった。

今後も ISTS の活動を通して、有人宇宙飛行の在り様を見据えつつ、宇宙医学生物学の研究開発成果にかかる発表や議論の場を活性化させていきたいと考えている。



パネルディスカッションの風景 (座長：向井千秋)

特別企画 IV

宇宙医学生物学研究室の新たな取り組み

グローバル・ヘルス・プロモーション(GHP)

—宇宙技術を用いた公衆衛生の向上—

山本雅文

平成 23 年度の理事長裁量経費案件として「宇宙技術を用いたグローバルヘルスセキュリティ研究に係る慶應義塾大学との連携」が採択され、7月からJAXAと慶應義塾大学との共同研究を実施した。本共同研究の目的は、気候変動及びアジア域での人口増と経済発展が公衆衛生に及ぼす影響を検討し、リモートセンシング等の宇宙技術を活用した国境を超越した保健に関する問題(グローバル・ヘルス・セキュリティ)への適応策、緩和策に関する集中的な研究及び情報発信を実施する。この活動を通じて、地球観測データの公衆衛生分野での新しいアプリケーションの検討を行う、というものである。これまで、地球温暖化や気候変動、災害監視等の地球規模の課題については衛星リモートセンシングや測位等の宇宙技術の利用が進み、一定の成果を上げていくが、国民生活に直結する公衆衛生・健康の分野は取組みが遅れている。このため、本研究ではグローバル・ヘルス・プロモーション(GHP)として公衆衛生・健康分野における宇宙技術利用の対象を抽出し、その研究方針を定めることを目標とした。

JAXA 内の体制としては、宇宙利用ミッション本部地球観測研究センターを中心として、有人宇宙環境利用ミッション本部(向井千秋 本部長補佐及び宇宙医学生物学研究室)並びに総務部法務課がメンバーとして参加し、それぞれ衛星チーム、医学チーム、法制度検討チームを形成して検討を進めた。慶應義塾大学側は、グローバルセキュリティ研究所(GSEC)に事務局を設置し、法制度を中心に研究全体のとりまとめ作業を行うこととされた。

GHP では 2 つの方向からの検討を進められた。1つは、国民生活向上、アジアの人口密集地域で公衆衛生向上に役立つ課題を選択すること、もう1つは宇宙技術利用が技術的に可能である分野を選定することである。7月から12月まで数回の会合において、衛星画像自体の可能性、衛星画像と疫学情報等他の知見との統合による利用の可能性、一定地域の公衆衛生向上の活動に結びつける可能性や方途について議論が行われた。

その結果、感染症等の疾病減少を迅速に期待しうる分野をすぐに見出すことは困難であったが、萌芽的研究としての先行研究が一定程度存在し、今後の可能性を期待できる分野として次の2分野が選定された。今後、当該分野の課題抽出に向けて研究を進めることとする。

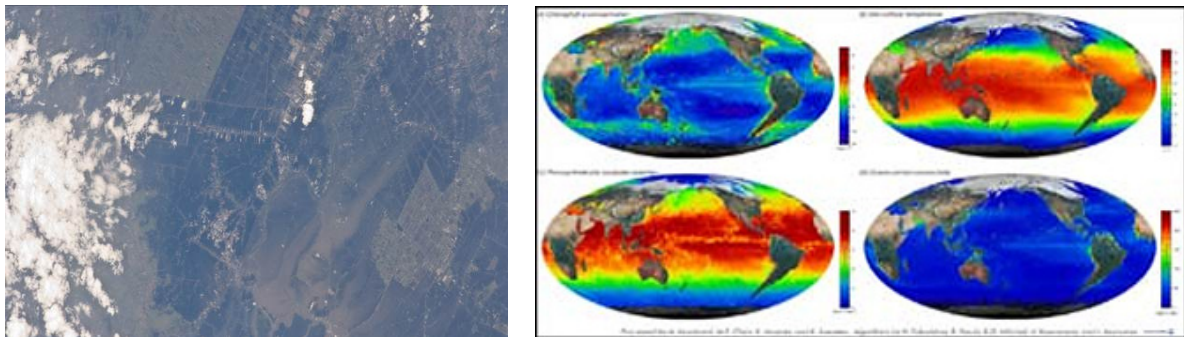
1つは、いまや国民病ともいえる花粉症の被害を低減するための衛星情報利用である。これは、主として日本国民の健康向上に資するものである。日本ではスギ花粉症が顕著であるが、欧州はイネ科、米国はブタクサによる発熱、風邪症状などが主たる問題であり、スギ・ヒノキ等に特化した観測だけでは、国際展開は困難と考えられる。しかし、米国でもヒノキ科花粉の先行研究はあり、また、一定の植物、産業活動に由来する粒子がある種の症状をもたらすという意味で、衛星情報利用の手法が確立されればアジアの人口密集地域での健康安全保障確保に役立つと考えられる。

もう1つは、ベクター媒介感染症に関して、ベクターの生育環境の把握と予測をリモートセンシング技術で行う可能性の調査である。今後、地球温暖化が不可避的に一定程度までは進行すると

予想されることから、熱帯・亜熱帯地域で特に顕著にみられたマラリア等のベクター媒介感染症は、日本を含むアジアの広域でいっそう大きな問題として顕在化する。その際、衛生環境が整備されている日本や OECD 諸国に比べ、途上国では問題がいっそう深刻であると考えられるので、本研究は宇宙技術を用いた市民生活の公衆衛生向上という GHP の目的に合致する。

今後、花粉症とベクター感染症について、衛星画像等の宇宙技術と地上の知見との組み合わせに関する具体的な検討を行う予定である。また、法的課題についても更に検討を行う必要がある。

来年度以降の活動計画として、2つの分野についてフィージビリティ研究を本格化させるに際して、どのようなデータがそれぞれの疾病の発症の探知、防止、軽減に有益であるかを考える必要がある。また、国内外の協力関係機関を模索した結果、世界保健機関(WHO)、世界気象機関(WMO)、地球観測に関する政府間会合(GEO: Group on Earth Observation)による全球地球観測システム(GEOSS)等の国際機関や長崎大学・熱帯研究所等の研究機関との協力の可能性が考えられることから、今後、目標と手順を定め、連携の具体化を図ることとしている。



ISSからの観測画像（左写真）、観測衛星からの海面温度解析画像（右写真）

研究室マネージメントの立場から

室長 山本雅文

JAXA 宇宙医学生物学研究室 (J-SBRO) では、宇宙飛行士の長期宇宙滞在の医学的リスクを軽減し、健康かつ安全で快適な有人宇宙活動を推進することを目的として、2007 年の研究室設立以来、国際宇宙ステーション (ISS) ・「きぼう」日本実験棟の初期運用段階における様々な宇宙医学分野の研究を実施してきました。そこでは、宇宙飛行士の医学的リスクを軽減させるための 5 つの研究領域 (5 分野) について、宇宙飛行士を対象とする臨床研究とモデル生物を利用したメカニズム解明のための基礎研究の両面から研究に取り組んでいます。2011 年度は、JAXA の ISS ・「きぼう」利用推進委員会宇宙医学シナリオ検討ワーキンググループの議論に積極的に貢献し、2020 年までの宇宙医学分野の ISS/「きぼう」利用シナリオが策定されました。今後、ますます日本における宇宙医学生物学研究的発展が期待されます。

【5 つの研究領域】

1. 生理的対策分野
骨量減少・尿路結石、筋機能低下、トレーニング・運動処方、代謝・栄養、長期宇宙滞在の生体への影響、免疫機能低下等
2. 精神心理支援分野
長期閉鎖隔離環境滞在のストレス・疲労モニター、睡眠・生体リズム障害の影響等
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)



4. 軌道上医療分野
ホルター心電計による生体モニター、軌道上診断システム等 (簡易・自己診断機能)
5. 宇宙船内環境分野
船内環境 (空気、水、微生物、騒音等) モニタリング、身体微生物叢モニタリング等

実際の研究実施に当たっては、上記の研究領域を縦糸、様々な実験環境を横糸として、少ない実験機会を最大限に活用して効率的に研究を推進しています。

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する宇宙医学研究としては、2009 年の若田宇宙飛行士を始め、2009 年-2010 年の野口宇宙飛行士、2011 年の古川宇宙飛行士を含めて多くの宇宙飛行士を対象として、これまで 5 テーマの軌道上実験を実施しています。これらに続き、国際公募で採択された宇宙医学実験や小型水棲生物メダカをヒトのモデル生物として用いた宇宙実験の準備を行うとともに、並行して、ヒト細胞、メダカ、マウス等を利用して将来の宇宙医学実験につながる地上研究を推進しています。また、2008 年～2011 年に実施した第 50 次・第 51 次南極地域観測隊員を対象とした宇宙の模擬環境としての南極利用研究について、現在、成果をとりまとめているところです。

更に、ISS/「きぼう」に続く将来の有人宇宙活動の一環として、月面で必要となる基礎研究を「月面開拓医学」と名付け、月面歩行と転倒予防、月ダストや月面医療等の保健医療対策、月面放射線等に関する研究を進めています。

今後、宇宙医学研究の新しいシナリオに基づき、多様な実験環境を利用して、将来の長期滞在宇宙飛行士の健康と社会に役立つ宇宙医学の研究を推進していく予定です。

これらの幅広い分野の研究を推進するためには、研究室の限られた人員体制だけでなく、他の研究部門や外部の研究者との連携が必要です。現在、約 25 機関の研究所・大学等と共同研究・研究協力を行っています。今後とも多くの研究者の方々の協力を得て、宇宙医

学生物学研究を効率的に実施する体制の整備・強化を進めていく予定です。

宇宙医学生物学研究によって得られる成果は単に宇宙飛行士の健康管理だけでなく、「究極の予防医学」として地上の医療・介護・健康関連サービスの向上、健康長寿社会の実現に貢献できると期待されています。今後とも「社会に役立つ宇宙医学」を信条として、私たちの研究が子供から高齢者まで幅広い世代の健康増進に役立つように、アウトリーチ・教育活動も積極的に実施していきたいと考えています。

宇宙医学生物学研究室（J-SBRO） 室員



宇宙医学生物学研究室の研究テーマと概要

(1) 国際宇宙ステーション利用実験

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) (国際公募)	研究代表者：松本俊夫 客員研究員 (徳島大学)・中村利孝 客員研究員 (産業医科大学)・郡健二郎 客員研究員 (名古屋市立大学)・大島 博 NASA 研究代表者：Adrian LeBlanc, Ph.D., Universities Space Research Association	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)	山田 深・山中理代・中尾玲子・石田 暁・相羽達弥・大島 博・寺田昌弘・石岡憲昭・東端 晃・向井千秋 鹿児島大学との共同研究	実施中
生理的対策	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	松本暁子・相羽達弥・田山一郎・向井千秋	実施中 (サンプル回収終了)
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)	大島 博・水野 康・山田 深・田山一郎・石田 暁・相羽達弥・山本直宗・向井千秋 東京女子医科大学との共同研究	実施中 (データ収集終了)
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)	山田 深・山中理代・相羽達弥・石田 暁・太田敏子・東端 晃・石岡憲昭・向井千秋 帝京大学および明治薬科大学との共同研究	実施中 (サンプル収集終了)
軌道上医療	長期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 (心臓自律神経活動と睡眠覚醒リズムの計測) Biological Rhythms 48hrs	大島 博・水野 康・山田 深・田山一郎・石田 暁・相羽達弥・山本直宗・向井千秋 東京女子医科大学との共同研究	実施中
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	浅香智美・新堀真希・中尾玲子・尾田正二・岩崎賢一・須藤正道・大島 博・向井千秋 東京大学、お茶の水女子大学、山口大学との共同研究	計画詳細化中
生理的対策	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 (国際公募)	研究代表者：志波直人 (久留米大学) 大島 博・山田 深	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)	松尾知明・大島 博・山田 深・向井千秋 筑波大学との共同研究	実施中
生理的対策	メダカ腸管を用いた <i>in vivo</i> (生体) イメージングによる宇宙環境ストレスに対する体内動態に関する研究	浅香智美・新堀真希・中尾玲子・尾田正二・岩崎賢一・須藤正道・大島 博・向井千秋 東京大学および山口大学との共同研究	実施中
生理的対策	メダカを用いた微小重力環境下における遊泳行動パターンと筋活動に関する研究	新堀真希・浅香智美・中尾玲子・寺田昌弘・尾田正二・須藤正道・大島 博・向井千秋 東京大学および山口大学との共同研究	実施中
生理的対策	筋萎縮蛋白質の発現リズムを利用した食事療法に関する研究	中尾玲子・太田敏子・向井千秋	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	Minh-Hue Nguyen (ミンフェ グエン) ・太田敏子・向井千秋 理化学研究所との共同研究	実施中
精神心理支援分野	「きぼう」運用に携わるシフト勤務者の睡眠改善・健康管理に関する研究	水野 康・相羽達弥・松本暁子	計画詳細化中
放射線被曝管理	低線量率・長期被曝に対する宇宙放射線の生物影響研究	永松愛子・浅香智美・山中理代・Minh-Hue Nguyen (ミンフェ グエン) ・向井千秋 放射線医学総合研究所との共同研究	実施中
放射線被曝管理	バイオドシメトリーに関する研究	佐藤勝・立崎英夫・向井千秋	再計画化中
南極利用	模擬宇宙環境としての南極研究	大島 博・土屋英俊・山田 深・武岡 元・太田敏子・水野 康・山本直宗・寺田昌弘・石岡憲昭・東端 晃・向井千秋 国立極地研究所との共同研究	実施中
月面開拓医学	月面歩行と転倒予防に関する研究	山田 深・大島 博・松尾知明・向井千秋 慶應義塾大学との共同研究	実施中
月面開拓医学	月面等における保健医療対策に関する研究(ダスト、医療対策)	本間善之・土屋英俊・武岡 元・大島 博・青木 滋・向井千秋 産業医科大学との共同研究	実施中
月面開拓医学	月面有人活動に向けた宇宙放射線影響に関する研究	永松愛子・寺沢和洋・向井千秋	実施中

(3) 教育

分野	テーマ	研究者	実施状況
アウトリーチ・教育	宇宙医学生物学研究成果の教材化に関する研究 JAXA Medical Education (J-MEd)	新堀真希・山田 深・須藤正道・太田敏子・尾田正二・向井千秋	実施中
アウトリーチ・教育	国際教育プログラム(Mission X)を活用したJAXA 版児童向け健康増進プログラムの計画・実施と教育効果に関する調査・研究	新堀真希・山田 深・松尾知明・中尾玲子・神山慶人・武岡 元・松本暁子・大島 博・向井千秋	実施中

共同研究・研究協力機関 一覧

テーマ	共同研究・研究協力機関
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	徳島大学・産業医科大学・名古屋市立大学
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	久留米大学
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)	筑波大学
メダカ腸管を用いた in vivo (生体) イメージングによる宇宙環境ストレスに対する体内動態に関する研究	東京大学、山口大学
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	東京大学、お茶の水女子大学、山口大学
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	鹿児島大学
筋萎縮蛋白質の発現リズムを利用した食事療法に関する研究	産業技術総合研究所・徳島大学
宇宙環境における免疫機能障害のメカニズムの解明	理化学研究所
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	放射線医学総合研究所
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)	東京女子医科大学
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 (心臓自立神経活動と睡眠覚醒リズムの計測) Biological Rhythms 48hrs	東京女子医科大学
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)	帝京大学、明治薬科大学
模擬宇宙環境としての南極研究	国立極地研究所、東京女子医科大学、スリープウェル株式会社、帝京大学、明治薬科大学、鹿児島大学
月面歩行と転倒予防に関する研究	慶應義塾大学
月面等における保健医療対策に関する研究 (月面ダストに関する研究)	産業医科大学、労働安全衛生総合研究所

生理的対策分野

骨量減少対策チーム

大島 博・松本俊夫・中村利孝・郡 健二郎

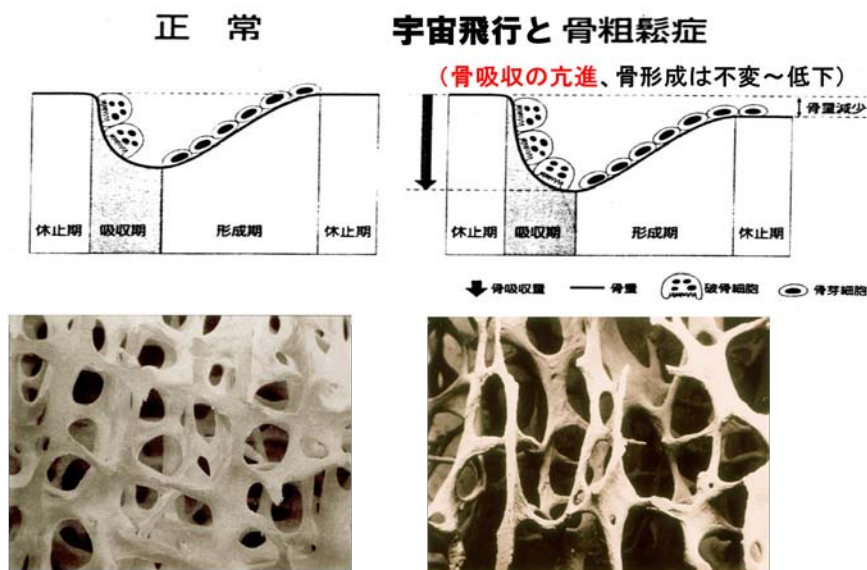
薬剤を用いた宇宙飛行中の骨量減少・尿路結石予防対策に関する研究

微小重力環境下では、骨吸収が亢進し地上の骨粗鬆症の約 10 倍の速さで骨量は減少する。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、骨量減少（約 6 か月間の宇宙飛行により pQCT 大腿骨頸部の海綿骨の骨密度は平均で約 15%減少する）は予防できていない。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。その研究成果をもとに、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うことになっ

た。

8 名の飛行士が、経口薬投与研究参加を同意し、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。5 名のデータの間解析によれば、6 か月間の宇宙飛行後の骨量減少はほとんどなく、尿中カルシウム排泄も上昇しなかった。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）を用いて筋力トレーニングを行い、本薬剤を予防投与した被験者（インクリメント 18）から、改良型抵抗運動機器（ARED）を用いた筋力トレーニングが開始された。薬剤投与と筋力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 を用いて筋力トレーニングし、薬剤投与をしない）に対する医学データ取得を追加することになった。（徳島大学、産業医科大学、名古屋市立大学との共同研究）

骨量減少の病態



(NIH Consensus Development Panel on Osteoporosis. JAMA 2001)

体力低下予防対策チーム

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が新たに必要とされている。

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：ハイブリッドトレーニング法

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。筋力の増強効果に加えて、長軸方向への荷重により骨量の減少に対しても有効性が期待されている。2009年ライフサイエンス国際公募において候補テーマとして採択されており、昨年度に引き続き、軌道上実験に向けた準備に取り組んでいる。電極や刺激装置、筋力評価機器の搭載化へ向けた調整を支援するとともに、運用上で実現可能な運動プロトコールについての検討を重ねている。また、地上予備実験として運動中の酸素消費量についても研究が実施された。(久留米大学 志波直人教授との共同研究)



MRI による心機能評価

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 (HIAT)

松尾 知明・大島 博・山田 深・向井千秋

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、エクササイズによるエネルギー消費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、長期宇宙滞在中の体力や心機能の低下を予防でき、さらにエクササイズによるエネルギー消費量の増加を抑制できるトレーニング法の開発に向けた取り組みである。

平成22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に取り組んでいる。JAXAで考案した2つの自転車運動トレーニング法をISSで主として行われているトレーニング法と比較したこれまでの実験により、①考案したトレーニング法はエクササイズ時間を短縮し、エネルギー消費量を抑制できること、②考案したトレーニング法を週5回(8週間)おこなうことで、全身持久性体力が向上すること、を確認した。今後の課題は、週あたりの頻度を減少させた場合の効果検証、微小重力環境を模擬した実験での効果検証などである。

(筑波大学 田中喜代次教授との共同研究)



HIAT キャラクター

メダカを用いた生理的対策チーム

浅香智美・新堀真希・中尾玲子・尾田正二・岩崎賢一・須藤正道・大島 博・向井千秋

日本固有のモデル動物であるメダカは、宇宙環境にて飼育可能な脊椎動物である。またメダカは、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、宇宙空間での概日リズムや放射線などの環境ストレスを、メダカを用いて検証し、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。

1. 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】

宇宙飛行士が宇宙滞在時に受ける微小重力、閉鎖環境、宇宙放射線等の宇宙環境ストレスの影響評価は、宇宙医学における重要研究課題の一つである。また、対処法の開発により、よりよい宇宙環境の整備を目指すためにも、ヒトを対象とした研究に加えて、新たな研究系が必要となる。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、宇宙環境下での骨格筋活動、行動、心臓自律神経活動を、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。

2. メダカを用いた微小重力環境下における遊泳行動パターンと筋活動に関する研究

微小重力は、抗重力筋などの骨格筋に対し

て抑制的に機能し、また、24時間を周期とする概日リズムは、生物活動に大きな影響を与えている。本研究では、メダカ骨格筋と概日リズムの活動パターンに着目し、ライブ・イメージングにより、長期宇宙滞在の生体への影響を検証している。

これまでに、メダカの活動量の計算手法を確立し、概日リズム及び行動パターンを解析している。また、変異体メダカや低温実験などから萎縮モデルを作出し、遊泳パターンの解析と、組織学的解析による筋組織への影響の評価を実施している。

3. メダカ腸管を用いた *in vivo* (生体) イメージングによる宇宙環境ストレスに対する体内動態に関する研究

腸管は、放射線被曝に対する感受性が高く、自律神経支配下にあるなどの特徴を有する一方、直接的な観察が難しい組織である。本研究では、イメージングを用い、メダカ消化管と心臓自律神経系を指標に、放射線や閉鎖環境等の宇宙環境ストレス影響を検証している。

これまでに、内臓の見えるメダカ系統(SK2)と昨年度確立した心拍変動解析手法を用いて、映像からメダカにおける副交感神経活動を評価している。また、 γ 線照射後のメダカ腸管の病理学的解析も進行中である。(東京大学 三谷啓志教授、山口大学 佐々木功典教授・寺井崇二准教授との共同研究)

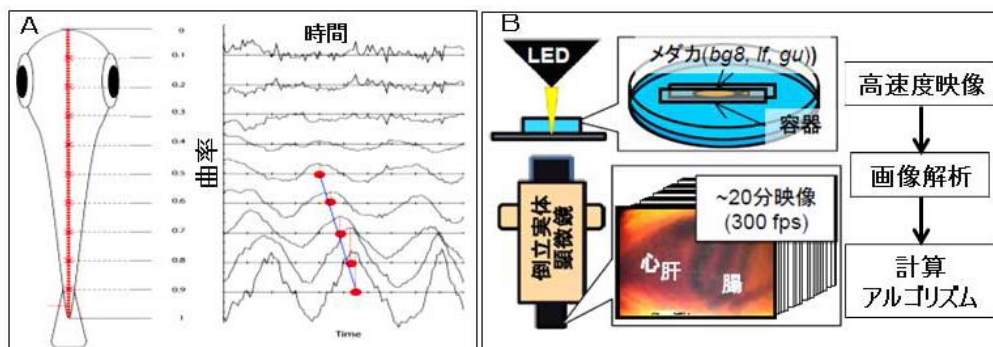


図 A. 遊泳パターン解析の一例 (研究2) B. 透明メダカの写真例と解析の流れ (研究3)

毛髪 Hair チーム

山田 深・山中理代・中尾玲子・石田 暁・相羽達弥・寺田昌弘・東端 晃・石岡憲昭・大島 博・向井千秋

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

毛根部から抽出した遺伝子、および毛幹における微量元素分布の変化を解析することにより、宇宙滞在が生体に及ぼす影響を評価することを目的として宇宙飛行士からのサンプル採取を進めている。

長期滞在宇宙飛行士 10 名が被験者としての参加を計画しているが、平成 23 年度末までに 8 名から予定のサンプル採取を終了した。平成 24 年度には軌道上での全てのサンプル採取が終了する予定であり、地上への回収、ならびに解析計画を調整中である。

毛根部の解析については、限られた量のサンプルから遺伝子を効率的に抽出し、増幅するための方法の検討を経て、DNA マイクロアレイ法を用いた発現量の解析に着手した。また、毛幹部についても EPMA (Electron Probe Micro-Analyzer 電子線マイクロ分析法) を用いた定量的解析作業を開始している (図 1、2)。また、イタリア宇宙機関の飼育装置中で軌道上に 3 ヶ月間滞在したマウスの体毛付き皮膚サンプルについても、比較対象として遺伝子発現の変化を解析中である。特に骨代謝と関わるような遺伝子やカルシウムの動態に着目し、長期滞在にともなう身体の変化の解明を進めていきたい。

(鹿児島大学 馬嶋秀行教授との共同研究)

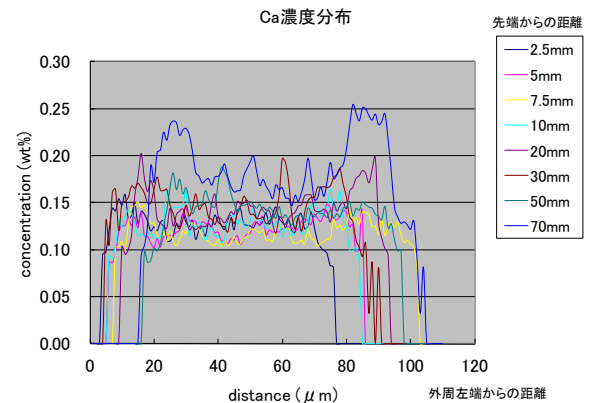


図 1 Ca 濃度分布

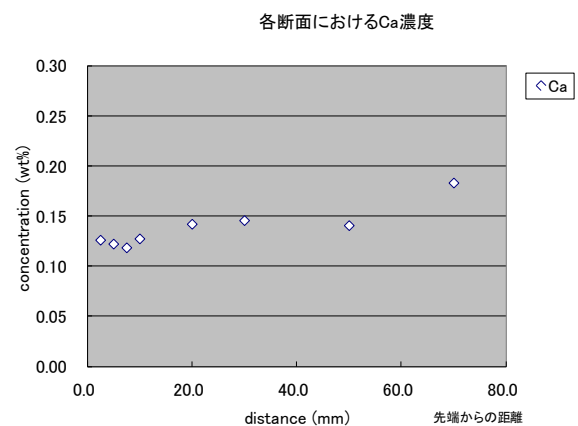


図 2 各断面における Ca 濃度

先端部でやや低くなる傾向あり。中間部分はほぼ一定の分布を示す。

栄養チーム

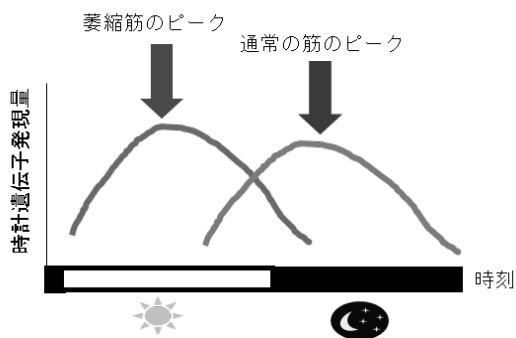
1. 筋萎縮蛋白質の発現リズムを利用した食事療法に関する研究

中尾玲子・太田敏子・向井千秋

微小重力下で起こる筋萎縮の原因は、筋萎縮蛋白質と呼ばれるユビキチンリガーゼの発現が増大し、過剰に筋蛋白質が分解されることである。筋萎縮の対策として、ユビキチンリガーゼの作用を阻害する栄養素はいくつか報告されているが、我々は、より効果的な食事療法を提案することを目指している。

筋肉の活動を含む生体機能が発揮されるためにはそれぞれ適した時刻があり、遺伝子の発現にも日内リズムがあることが明らかになった。また、このような日内リズムを司る時計遺伝子が欠損したマウスでは、顕著な筋萎縮が認められる。我々が行った実験では、萎縮した筋肉における時計遺伝子の発現の位相が変化した（下図参照）。また、ユビキチンリガーゼの発現にも日内リズムが見られた。これらの結果から、筋肉の機能には生物時計を介した制御機構が存在すること、ユビキチンリガーゼ阻害栄養素を投与する時刻によって、効果が異なる可能性があることが示唆された。この機構を利用した筋萎縮の改善法の開発を目指し、現在研究を進めている。

様々な時刻に解剖したマウスの腓腹筋における時計遺伝子発現量の概念図



2. 長期宇宙空間保存による宇宙食中の栄養素等への影響の検証

松本暁子・相羽達弥・田山一郎・向井千秋

日本人宇宙飛行士の長期滞在に伴い、飛行士が認証宇宙日本食を摂取するようになった。宇宙滞在中の食事は、宇宙食のみであるため、適切な栄養摂取は、宇宙飛行士の健康維持に非常に重要である。

本研究では、長期間の宇宙環境曝露による宇宙食中の栄養素変化を解析し、十分な栄養素が維持されていることを検証する。具体的な方法として、宇宙日本食サンプル及び JAXA Bio PADLES を 2010 年 4 月にスペースシャトル (STS-131) で打ち上げ、ISS で長期保管後、2011 年 6 月に STS-134 にて回収した。シャトル計画の延期により、結果的に 1 年以上、宇宙食サンプルは宇宙環境下で保管されたことになる。回収後、宇宙食中の栄養素について、放射線の影響を受けやすいビタミン類、脂質酸化物、アミノ酸等を解析中である。宇宙放射線の被曝量に関しては、JAXA Bio PADLES のデータを取得した。

解析結果から想定以上の栄養素変化が確認されれば、地上での追加試験等を考慮中である。最終的には、本研究成果を、宇宙食中の栄養素を適切に維持できるよう、将来の宇宙食やパッケージの改良、新規宇宙食の開発に生かすことによって、飛行士の宇宙飛行中の健康管理に役立てることを目的としている。

免疫チーム

Minh-Hue Nguyen(ミンフェ グエン)・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

宇宙の微小重力、閉鎖・隔離環境、宇宙放射線被曝などの特殊環境では、人体のリスクとして骨量低下、筋肉の萎縮、睡眠障害などと言った老化様現象が見られ、その中で飛行士の健康に直接に影響を及ぼす免疫機能低下は喫緊の課題となっている。

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ことが指摘されている。しかし、これらの詳細な免疫障害のメカニズムや有効的な対策はまだされていない。

そこで、宇宙環境において、運動負荷量低下が免疫低下を起こすのではないかと仮説を立て、模擬宇宙環境モデルマウスを用いて免疫関連遺伝子の動態を解析し、その表現型であるリンパ球サブポピュレーションとの相関性を追及し、血清内のサイトカイン動態の分析で免疫機能を評価するバイオマーカーの探索を行う。これら一連の解析で模擬宇宙環境における動物の免疫応答のメカニズムを解明し、今後の軌道上実験のための基礎データを取得する。

(理化学研究所 横浜研究所 免疫アレルギー科学総合研究センター(RCAI 大野博司 研究チームリーダーとの共同研究)

模擬宇宙環境における 環境ストレス・運動量低下 (マウス尾部懸垂)

免疫器官の遺伝子の発現動態変化・
リンパ球サブポピュレーション変化 ?

血清内のサイトカイン
動態変化 ?

環境ストレス・運動量低下により、
環境変化への免疫応答のメカニズム解明



実験中のミンフェ研究員

精神心理支援分野

睡眠チーム

水野 康・相羽達弥・松本暁子

「きぼう」運用に携わるシフト勤務者の睡眠改善・健康管理に関する研究

筑波宇宙センターの「きぼう」運用管制室では、2008年6月から「きぼう」の運用が開始されて以来、夜勤帯を含む3交替24時間体制でフライトコントローラーが勤務している。夜勤は、生体リズム上の睡眠時間帯に活動を続けることから、勤務時間中の強い眠気や、勤務明けの日中に十分眠れないなど、睡眠そのものの問題の他、シフト勤務者の種々の病気のリスクも上がることが知られている。ISS及び「きぼう」の確実な運用の為に、フライトコントローラーの健康管理は非常に重要であり、睡眠改

善に向けた対策が早急に必要と考えている。

ヒトは地球の明暗リズム（昼と夜）に適応した昼行性の生物であり、環境照度は、生体リズムの調整や気分・覚醒水準に強く影響するため、具体的な研究計画を検討するにあたり、基本情報として「きぼう」運用管制室内の数カ所で照度（明るさ）測定を2011年に実施した。その結果を解析し、今後、シフト勤務者の現状調査・負担軽減案の策定および改善介入試験を計画している。



運用管制室での打ち合わせ風景

放射線被曝管理分野

生物影響チーム

永松愛子・浅香智美・山中理代・Minh-Hue Nguyen(ミンフェ グエン)・向井千秋

低線量率・長期被曝に対する宇宙放射線の生物影響研究

宇宙放射線による被曝影響は、国際宇宙ステーションに長期滞在する宇宙飛行士の重篤な健康リスクであり、宇宙医学生物学研究所の重点研究課題のひとつとなっている。国際宇宙ステーション(ISS)内の宇宙放射線環境は、陽子・中性子・重荷電粒子による複合放射線が飛び交う環境であり、宇宙飛行士は長期滞在期間中にこれら宇宙放射線の影響を継続的に受けることになる。また、ISS 船内の線量率は $200 \sim 400 \mu\text{Gy/day}$ (Nagamatsu et al. Rad. Meas. 46, 205-212 (2011)) であり、UNSCEAR(United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation)による定義では、低線量被曝領域に相当する。

本研究課題では、国際宇宙ステーションにおける宇宙放射線の生物影響を把握し、人体の放射線に対するリスクを検討するために、重荷電粒子・中性子照射による低線量率・長期被曝時に特異的に誘導される遺伝子・タンパク質発現を評価し、その応答メカニズムを解明することを目的としている。重荷電粒子による低線量・長期被曝における生物影響のリスクを検討した数少ない実験のひとつであるヒト培養細胞への長期混合粒子線照射によって顕著な放射線影響が見られた研究成果 (Suzuki et al., Radiat. Res., 164, 505-508 (2005).) を元に、平

成22年度に引き続き、放射線医学総合研究所の重粒子加速器施設(HIMAC)照射室での炭素イオン・鉄イオンを用いたヒト培養細胞とメダカへの低線量率照射実験を実施し、遺伝子発現の変動を解析している。照射中の物理線量評価は、JAXA 宇宙環境利用センターの Bio PALDES 線量計を生物試料の近傍に設置し、実測結果をもとに行った。また、放射線医学総合研究所 標準線源室において中性子線源を用い、メダカ個体に対する3ヶ月にわたる低線量・継続照射実験を新たに立ち上げた。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、継続照射中の物理線量評価は、水槽内の定点に Bio PADLES 線量計を設置して実測した。さらに、メダカ個体での生物学的効果比(RBE)を評価するために、JAXA 宇宙環境利用センターのガンマ線線源を用いて、炭素イオン・鉄イオン・中性子線と同様の線量率での低線量率照射実験も行った。

ヒト培養細胞とメダカ個体を用いたブリッジング評価を行うことで、将来的には哺乳類(マウス)への応用研究を進展させ、生物種に共通に発現する宇宙放射線への生物応答メカニズムを解明することを目指す。(放射線医学総合研究所 鈴木雅雄研究員、劉翠華研究員、金子由美子研究員との共同研究により実施。)

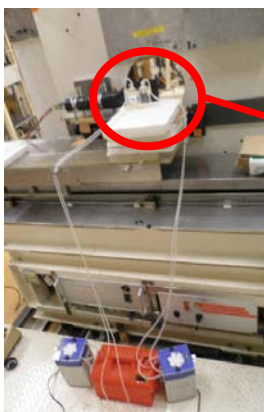


図1 HIMAC 照射室での鉄イオン(500MeV/n)のメダカへの照射実験



図2 中性子線源によるメダカ個体への照射実験

バイオシメトリ チーム

佐藤 勝・立崎英夫・向井千秋

国際宇宙ステーション(ISS)に長期滞在する宇宙飛行士の宇宙放射線被曝管理は、熱蛍光線量(TLD-MSO)と固体飛跡検出器(CR-39)を用いた受動型の個人被曝線量計(JaCPD)を用いた物理線量計測による値が用いられている。しかし、同手法のみでは同一の線量を被曝しても感受性の個人差を識別できない。正確なリスク評価のためには、放射線感受性の個人差が反映される線量推定方法として、染色体異常(図1)を解析するバイオシメトリを併用することが提唱されている。

本研究は、地上の放射線被曝事故での線量推定方法として既に有用性が確認されている、末梢血リンパ球の染色体異常数の変化から細胞遺伝学的解析法(染色体解析法)を用いて被曝線量を推定する手法を、宇宙空間での被曝線量の推定に応用し、日本人宇宙飛行士の宇宙放射線被曝管理運用への適用を確認することを目的とする。これまでの4年間の研究結果を以下に取りまとめ、今後の健康管理運用への取り込み方について検討を行った。

【これまでの成果】

① 研究結果の概要

これまでの研究では、ロシア科学アカデミー生物医学問題研究所が実施したサンプルの前処理に問題があったが、採血から解析までの一連の作業を適切に行えば、2動原体染色体と環状染色体の異常の頻度から、半年程

度のISSへの長期滞在による被曝線量の推定が可能であることが確認できた。

- ② 宇宙放射線被曝管理運用について
JaCPDによる計測値を主とし、バイオシメトリによる解析結果を生物学的放射線被曝線量として併記することが望ましい。
- ③ 解析用サンプル採取について
有効な解析に耐え得る標本を得るためには、採血後の初期過程(培養、処理、固定)が適切に行われることが最も重要であり、一連の行程を、日本側の研究者が一貫して行うことが望ましい。

以上の研究結果を踏まえ、日本人宇宙飛行士のISS長期滞在中の健康管理運用にバイオシメトリを適用するため、具体的な実施の枠組みについて調整を進めてきた。

平成24年度に長期滞在を予定している星出彰彦宇宙飛行士以降の運用からバイオシメトリによる被曝線量解析を開始する予定である。実際の解析作業は、NASA ジョンソン宇宙センターにおいて搭乗前及び搭乗後にサンプルを取得し、日本への輸送後、放射線医学総合研究所において解析作業を実施する計画である。

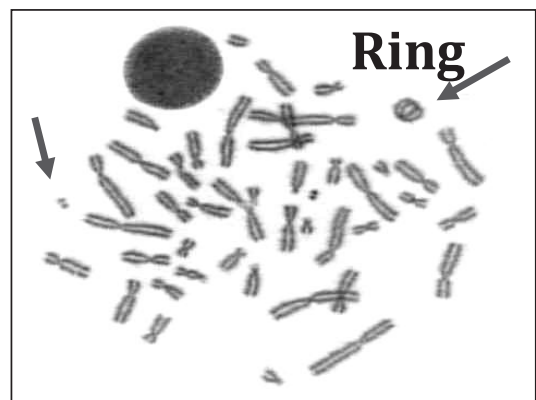


図1 放射線による染色体異常の例(左:2動原体染色体、右:環状染色体、出典:CSA RHWG資料)

軌道上医療分野

生体リズムチーム

大島 博・水野 康・山田 深・田山一郎・石田 暁・相羽達弥・山本直宗・向井千秋

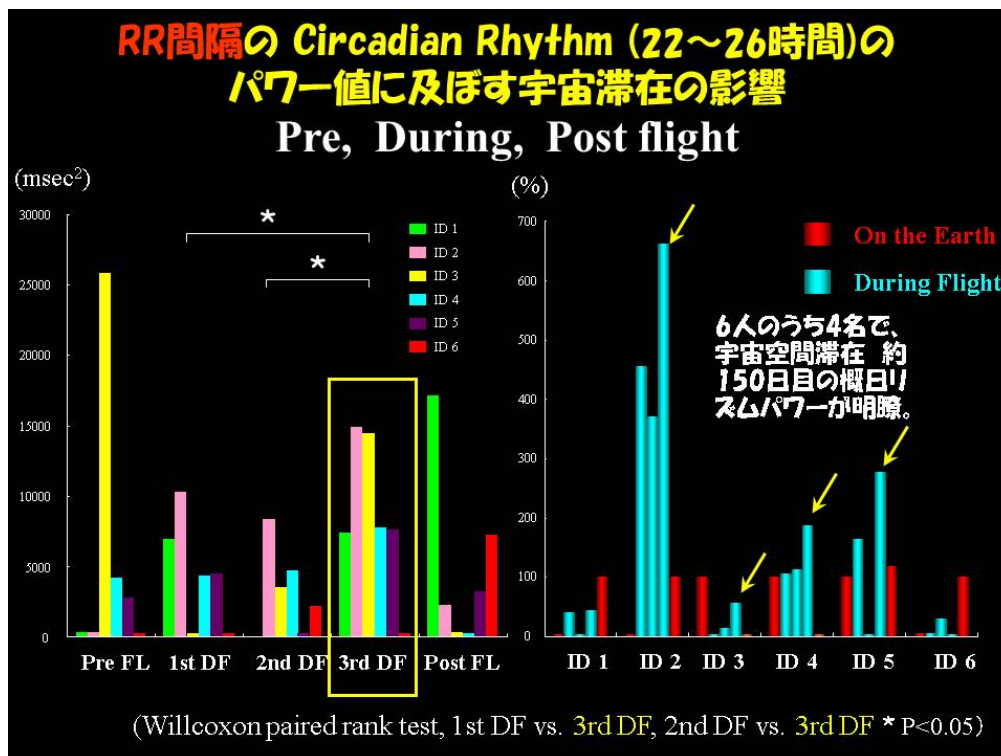
長期宇宙飛行時における心臓自律神経活動に関する研究

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。生体リズムの変調は、集中力や作業効率の低下、精神ストレスや事故発生リスクの増大などの危険性を有し、JAXA 宇宙医学研究の最重要課題の一つに挙げられている。

JAXA は、軌道上遠隔医療技術の向上をめざして、インクリメント 18 フライトで日本製のホルター心電計を搭載し、ISS 滞在中の 24 時間心電波形を計測した。また、きぼう日本実験棟から筑波宇宙センターに取得データをダ

ウンリンクして、医学データとして解析できることを確認した。

その成果をふまえて、本研究では 10 名の ISS 長期宇宙滞在飛行士に対して、6 か月間の滞在中に 3 回医学データ取得を行い、飛行前後のコントロールデータと比較し、心臓自律神経活動を解析する。現在、6 名までの解析が終了しており、長期の軌道上での生活においては、サーカディアンリズムはフライト直後に一旦、変化するものの、その後改善することが観察されている。今後症例数を蓄積し、さらなる宇宙飛行士の健康管理技術の向上に役立てる。(東京女子医科大学 大塚邦明教授との共同研究)



長期宇宙滞在におけるサーカディアンリズムの変化

宇宙船内環境分野

微生物モニターMyco チーム

山田 深・山中理代・相羽達弥・石田 暁・太田敏子・東端 晃・石岡憲昭・向井千秋

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

本研究は長期間閉鎖された宇宙船内で、微生物が原因となって起こりうる健康障害のリスクを評価することを目的として、ISS 内で生活するクルー自身に付着する、あるいは呼吸によって体内に取り込まれる微生物を経時的に解析し、その形成過程と変遷を調査するものである。とくに皮膚真菌叢においては、皮膚炎やアレルギーの原因となるマラセチア属などの動向に注目している。

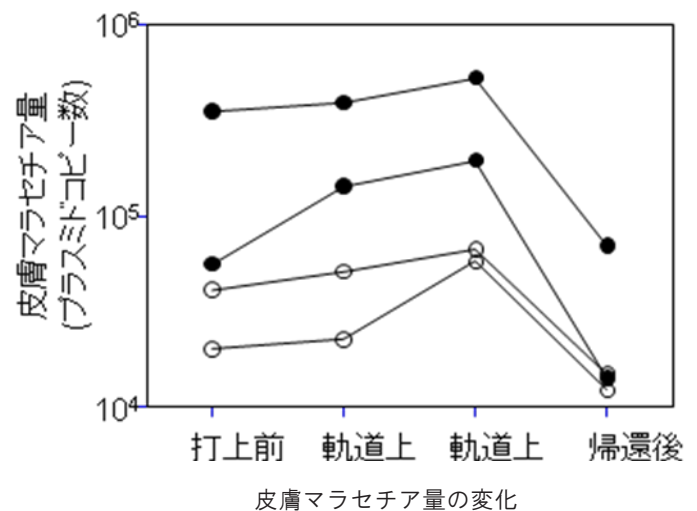
本年度で予定被験者（シャトルクルー10名、ISSクルー10名）における軌道上実験を含めた全てのサンプル採取が終了し、地上に回収したサンプルの解析を進めている。これまで

の解析では、気道粘膜からのサンプルについては軌道上で培養される真菌集落数が少ない傾向がみられる一方、皮膚におけるマラセチアの定着量は、頬および前胸部はともに軌道上で数倍程度上昇し、帰還後、打上前の定着量以下まで低下するという結果が得られている。次年度以降は軌道上で冷凍保存されているサンプルの回収について調整するとともに、予備的な解析の結果をもとに、より詳細な解析を進める予定である。

（帝京大学 榎村浩一教授、明治薬科大学 杉田隆准教授との共同研究）



サンプリングキット



南極利用研究分野

南極利用研究チーム

本研究は、日本と異なる日照変化や長期間の閉鎖環境等の宇宙と南極との共通点に着目し、宇宙での長期滞在と南極越冬生活における健康管理技術の向上を図ることを目的としている。

国立極地研究所 渡邊研太郎教授らと共同研究契約を締結し、第 50 次、および第 51 次の南極極地観測隊員から被験者を募り、以下の研究を実施した。現在データ取得は完了し、データの取りまとめと解析を行っている。

成果の一部は、南極医学・医療ワークショップ 2011 (2011 年 7 月 30 日 於：国立極地研究所) で発表した。

1. 生物学的リズムへの影響に関する研究
2. 長期極限環境における皮膚清浄化技術の研究
3. 毛髪分析による医学生物学的影響に関する研究
4. ハイブリッドトレーニングの有用性に関する研究 (完了)

1. 生物学的リズムへの影響に関する研究

水野康・山本直宗・土屋英俊・武岡元・大島博・向井千秋

- 1-(1) 心臓自律神経活動の解析
- 1-(2) 睡眠脳波(簡易脳波計)による解析
- 1-(3) 活動量による解析

国際宇宙ステーション (ISS) での生活の特徴は、閉鎖隔離空間内で少人数が長期間にわたって観測や研究活動などを行いつつ共同生活を営むことであり、このような通常と異なる環境は、生体リズムの変調や睡眠障害などをもたらすことが知られている。本研究は、南極を宇宙の類似環境と位置づけ、生体リズムと睡眠に関するデータ取得を通して ISS で

の医学管理手法の向上を図るとともに、宇宙環境に対する地上対照データとしての意味や南極特有の環境特性が生体に及ぼす影響についても検討することを目的としている。

昨年度の第 50 次越冬隊員に引き続き、今年度は 2010 年 2 月～2011 年 2 月に南極昭和基地に滞在した第 51 次越冬隊員 6 名について、滞在開始後の 3 月から、6 月、9 月、12 月の計 4 回、3 ヶ月毎のデータ取得を行った。測定項目は、睡眠の主観評価、活動量測定による睡眠・覚醒リズム評価、24 時間ホルター心電図、および簡易型脳波計による睡眠段階判定とした。データは現在も解析を進めているが、主な特徴として 3 月から 6 月 (秋→冬) にかけての活動量低下や睡眠時間帯の後退 (夜型化) が認められた。また、睡眠の主観評価や睡眠構造はほぼ正常な結果が得られたが、心電図 R-R 間隔の変動周波数解析結果からは、自律神経活動を示す各評価指標の中で約 24 時間の概日リズムが維持されたものと、測定時期により 24 時間周期から逸脱したものを認めている。今後、これら自律神経活動諸指標の概日リズムと活動量の概日リズムとの関連、および、睡眠段階判定結果別に見た夜間睡眠中の心臓自律神経活動評価等についても解析を進める予定である。(東京女子医科大学 大塚邦明教授、スリープウェル株式会社 吉田政樹代表取締役との共同研究)

2. 長期極限環境における皮膚清浄化技術の研究

山田 深・土屋英俊・武岡 元・太田敏子・寺田昌弘・東端 晃・石岡憲昭・向井千秋

- 2-(1) 皮膚 (糞便) の真菌解析
- 2-(2) 生活環境内の微生物叢解析

皮膚の衛生状態を微生物学的に評価するため、テープストリッピングにより皮膚鱗屑を採取し、ここから直接皮膚微生物 DNA を抽出して増幅・定量化することを試みた（図 1）。皮膚炎やアレルギーに関与する真菌であるマラセチアは南極滞在中に増加する傾向が認められ、とくに頭皮で顕著であった。また、腸内細菌の分布についても変動がみられた。症状の有無や生活の状況に関するアンケート調査を実施し、データの裏付けを取る作業を進めている。

（帝京大学 榎村浩一教授、明治薬科大学 杉田隆准教授との共同研究）

3.毛髪分析による医学生物学的影響に関する研究

山田 深・土屋英俊・武岡 元・寺田昌弘・東端 晃・石岡憲昭・向井千秋

遺伝子を対象とした毛根部分の分析、および微量元素の分部を調べる毛幹部分の分析を試みている。第 51 次越冬隊の協力を得て実施した毛髪サンプル採取は南極滞在中の 3 ヶ月毎に 4 回実施し、骨代謝に関わる元素を中心に ICP-MS 解析を行った。Ca、Zn、Mn は安定した値が得られ、微小重力下の影響を比較検討する上で有用であると考えられた。Ca の変動を図 2 に例示する。また、毛根から抽出した遺伝子に対しては軌道上実験で得たサンプルと並行し、マイクロアレイ分析により発現変化を比較する作業を進めている。（鹿児島大学 馬嶋秀行教授との共同研究）

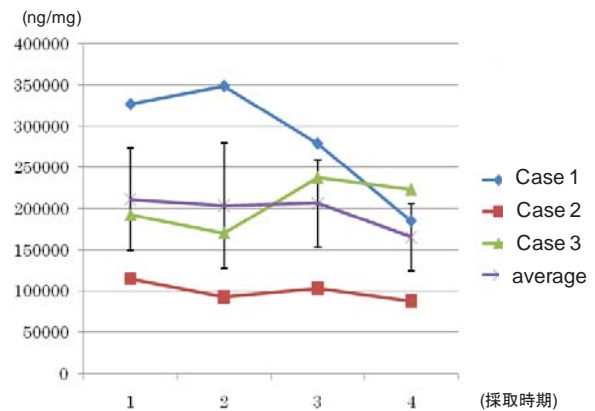


図 1 毛髪に含まれる Ca の変動

4. ハイブリッドトレーニングの有用性に関する研究（完了）

大島博・山田深・土屋英俊・武岡元・向井千秋

南極地域観測隊は、遠隔地の閉鎖的環境で生活し、冬季は基地内生活を余儀なくされ運動機会も減少する。本研究では、ハイブリッドトレーニング：HTS（2009 年ライフサイエンス国際公募でフライト実験テーマとして選定）を一定期間使用、1）トレーニング効果を検証し、2）遠隔地運用の問題点を確認した。第 50 次南極観測隊員から被験者を募集し、全 16 週間を実験期間とし、前半 8 週間で単純な椅子座位膝屈伸運動、後半 8 週間で HTS による膝屈伸運動とし、下肢筋力等を計測するとともに、運用上の改善点を抽出した。10 名の被験者中 6 名で実験が完了し、有害事象の発生は無かった。HTS によって膝屈曲筋力で 45%程度筋力増強効果を認めたが、他の調査項目には明らかな変化は認めなかった。今回の実験の結果、閉鎖環境長期使用における装置の問題点として、装置の安定性・信頼性向上の他、操作簡略化、装着性改善といった課題が明確となった。これを受け、今後の国際宇宙ステーションなどでの実験実施に向け、装置の改良を実施している。

（久留米大学、志波直人教授との共同研究）

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

月面歩行と転倒予防に関する研究

月面滞在や火星有人探査ミッションにおいては、地上とは異なる重力環境で活動することが必要となる。可変重量環境下において転倒することなく歩行を行うための条件を明らかにすることが、本研究の目的である。

われわれは吊り下げ機器によって体重免荷を行い、月（1/6 G）や火星（1/3 G）における歩行をシミュレーションしている。2009 年度にはトレッドミル上での歩行動作を解析し、低重力環境での歩容は歩幅が短縮し、片足の接地時間を長くして低速で歩行するようになることを示した。2010 年度からは移動式の吊り下げ装置を導入し、水平方向への体重移動を前提条件として組み入れた詳細な検討を開始した。立脚時の床反力をみると、1/6 G では制動方向への反力が減少しており、転倒の

リスクが高くなることが示唆された。また、移動に伴って生じる牽引力（免荷量）の動揺を可及的に解消するための吊り下げ機構についても検討を行った。これらの成果は、宇宙服のデザインや将来の有人火星探査における飛行士訓練環境の構築にもつなげていきたいと考えている。

基地内における与圧環境での自由歩行に関する検討に加えて、船外活動の場合は宇宙服を着用し、生命維持装置を背負った状態で歩行を行うことになるため、関節可動域の制限などを踏まえた研究が必要となる。ロボットモデルや数値シミュレーションを用いた検証を含め、これらの条件を想定した動作解析の詳細化を検討中である。

（慶應義塾大学 里宇明元教授との共同研究）



吊り下げ機器による体重免荷歩行例

保健医療対策チーム

1. 月面ダストに関する研究

本間善之・土屋英俊・武岡 元・大島 博・
青木 滋・向井千秋

月表面の 1/6G のような低重力環境下では物体の落下速度が遅くなり、月面基地などの与圧モジュール内に月面ダスト等の微粒子が持ち込まれると与圧モジュール空間内で長時間浮遊しやすく、場合によってはヒトの呼吸器管等に沈着し、健康障害が発生するおそれがある。われわれは模擬月面ダストの挙動を把握することを目的として、昨年度航空機実験を行い、粒径の違いによる沈降速度と重力の関係を検証した。

本年度は月面ダスト吸入による健康障害防止対策について、月面ダストの物理化学的特性、重力の影響を考慮し、健康管理、作業環境管理、作業管理について検討を行い、月面ダスト健康障害防止ガイドライン(案)をまとめた。(産業医科大学 森本泰夫教授との共同研究)

月面ダストによる健康障害防止のためのガイドライン(案)の概略

(1) 健康管理

- ① 飛行前、飛行中、飛行後の健康管理として健康診断、保健指導、健康教育等を呼吸器疾患の診断治療の能力のあるフライトサージャン(Flight Surgeon; 宇宙飛行士の健康管理を行う医師)を中心とした専門家チームにより実施する。
- ② 健康診断の項目として、診察、一般臨床検査、胸部レントゲン写真、胸部 CT 検査、肺機能検査、心電図検査等を必ず実施する。
- ③ 保健指導、健康教育は、飛行前後に行い、飛行中も地上との画像通信技術を利用して実施する。

(2) 作業環境管理

- ① 月面ダストが存在する環境では、粉じん計(図 1)を用いて粉じん濃度の測定を実施する。測定は、労働安全衛生法に準拠した方法で行う。

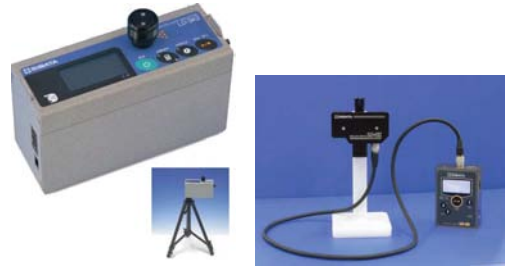


図1 粉じん計 (写真提供 柴田科学株式会社)
写真左: ベーシックタイプ、写真右: 個人ばく露測定用

- ② 作業環境改善を要する場合には、発生源の除去、作業工程の改善、設備の密閉化等を行う。
- ③ 改善が困難な場合には、全体換気、局所排気装置、プッシュプル換気等を汚染状況に応じて選択し、設置する。

(3) 作業管理

- ① 安全性が未確認の場所では完全に環境と遮断した保護具等の着用を行う。
- ② 呼吸用保護具(送気マスク、防じんマスク等、図 2)を使用する場合には、その性能(面体の密着度、フィルターの目詰まり等)を定期的に調べる。
- ③ また、呼吸用保護具に使用するフィルターなどの消耗品は定期的に交換を行う。



図2 送気マスク、防じんマスク (写真提供 株式会社重松製作所)

2. 月面医療技術に関する研究

本間善之・土屋英俊・武岡元・太田敏子・向井千秋

月面滞在ミッションでは宇宙飛行士の疾病の診断や、環境中の微生物を検出するための小型で汎用性ある高精度な自立的検査手法が必要となる。その検査手法には8つの条件（表1）が重要である。

これまでに、この条件に適合する地上で確立された技術として、サーマルサイクラ

ーを使わずに常温で DNA を増幅することができる遺伝子増幅装置 LAMP 法に注目し、国際宇宙ステーション（ISS）や月面滞在において必要となる凍結乾燥試薬を検討した。

本年度はこれまでの研究成果の取りまとめを行い、本研究は終了とした。LAMP 法については今後 ISS「きぼう」第2期利用候補テーマの中で次期フェーズ（機器の小型化等）にて検討する。

表1. 月面滞在での自立的検査手法として必要となる条件

①	迅速に実施できること
②	特別に機器を用いることなく、目視判定が可能なこと
③	重力環境が変化しても診断結果に影響を与えない、もしくはその影響を補正できること
④	電力等のリソースを要しない、もしくは少量で済むこと
⑤	操作過程で、検体や試薬等の漏れや飛散により船内環境を汚染しないこと
⑥	検査機器、検査手法等の共通性、汎用性が高いこと
⑦	必要な検体（血液、尿）量が少なく、飛行士の負担が少ないこと
⑧	試薬等が宇宙環境（宇宙放射線、保存条件等）において劣化しない、もしくは劣化の程度が供給可能な範囲内であること

月面放射線チーム

永松愛子・寺沢和洋・向井千秋

月面有人活動に向けた宇宙放射線影響に関する研究

2020年以降、月・火星における有人滞在ミッションの検討が開始されている。地磁気圏外の宇宙放射線環境はLEO(低軌道)と大きく異なり、その人体・生物への影響はさらに大きいと予測され、有人滞在ミッションの成否を左右する。2008/2009年JAXA社内研究として採択された有人研究推進委員会「先行研究:月面有人活動に向けた宇宙放射線影響に関する研究」で取り組んだ研究課題は以下の通りである。

課題1: 月面宇宙放射線環境の把握

セレーネ後継機を用いた実月面放射線環境の計測のための被曝線量計測用実時間型放射線計測装置(Real-time Radiation Monitoring Device-V:RRMD-V)の搭載検討【2011年10月より月・惑星探査グループセレーネ2プロジェクト業務へ移行】

課題2: 月面放射線の生物影響研究

月面の宇宙放射線環境を考慮した「低線量・長期被曝による放射線生物影響実験系検討【2010年度より「放射線被曝管理分野 生物影響研究」の定常業務へ移行】

課題3: 月面被曝管理技術の検討

①月面有人ミッションでの宇宙船・居住モジュールの遮蔽材料、遮蔽厚さを検討するために必要なシミュレーションコードの比較・適用評価。月面放射線環境の詳細条件での評価を行った。【2011年度より、宇宙環境利用センター業務へ移行】

②月面有人ミッションに必要な被曝管理技術の検討、今後開発が必要な放射線計測装置の新規仕様検討・既存装置の機能比較【2010年度より、宇宙環境利用センター船内実験室第2期後半期間候補テーマとして採択された「位置

有感生体等価比例計数箱による宇宙ステーション内での線量当量計測技術の確立(PS-TEPC)」の共同研究チームメンバーとして参加。PS-TEPCのミッションマネジメント・開発業務は宇宙環境利用センター/JEM 運用技術部の業務としてへ移行。】

今年度は、課題1、課題3②の研究活動を行った。

課題1:セレーネ2搭載用のRRMD-V(被曝線量計測用実時間型放射線計測装置)の検討

2010年8月アドバイザリー委員会、2010年11月セレーネ2デルタMDR(ミッション要求定義審査)受審後のレビュー結果をもとに、開発調整、運用要求(計測期間・フェーズ、要求する飛行高度)、計測範囲、装置仕様、設計フローを詳細化し、ミッションプロポーザルの更新を行った。ミッションプロポーザルには、A)運用計画、B)計測中の飛行高度、C)周回機/着陸機のトレードオフ検討、D)投入軌道と累積達成日数、E)リソース(電力、重量、サイズ、データ量、テレコマ)の再検討結果を追記し、搭載検討を終了した。本プロポーザルを持って、本業務は月・惑星探査グループセレーネ2プロジェクトへ移行し、2011年10月に、SRR(システム要求審査)/SDR(システム定義審査)に受審に向けた概念検討設計を開始した。

課題3②ISS搭載能動型検出器PS-TEPCの検討

今年度は、放射線医学総合研究所 HIMAC 重粒子加速器のマシントイム(3回)を使用し、既知エネルギー照射に対する検出器センサー部の応答特性データを取得した。また、2014年のISS搭載化に向け、搭載コンフィギュレーションでのセンサー部(μ Pic、プリアンプ、封入予定の組織等価ガス)での地上検証試験を進めている。本研究成果をもとに、JAXA 宇宙環境利用センターにおいて、搭載用検出器の開発に着手する。

教育分野

教育チーム

新堀真希・須藤正道・太田敏子・尾田正二・山田 深・向井千秋

宇宙医学生物学研究成果の教材化に関する研究：JAXA Medical Education (J-MEd)

“アウトリーチ”は一般に広く情報提供するということを目的に行われる活動であり、書籍の出版、講演から教育活動まで、さまざまなレベルでの活動が含まれる。近年、科学の分野で盛んにアウトリーチという言葉が使われるようになってきたが、この背景には先端科学にも社会への貢献が重要であるという認識の高まりがある。

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ることは宇宙医学生物学の発展及び宇宙環境利用の促進につながり、我々は宇宙医学生物学研究成果をわかりやすい教材として利用するべく、研究開発に取り組んでいる。

(1) 宇宙医学生物学研究成果の公表

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成果を公表するため、筑波宇宙センター内に専用の展示室を整備し、ポスター掲示等による研究紹介を行うと共に、「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を導入し、併せて職員による講演を行っている。本展示室は2011年5月より一般来場者の見学ルートとして組み込まれ、2011年5月から12月の間に約2万人が来訪した。

参考 URL：

http://www.jaxa.jp/visit/tsukuba/tour_j.html

(2) 宇宙医学映像コンテンツの収集

2011年に国際宇宙ステーション（ISS）に長期滞在した古川聡宇宙飛行士と共に、軌道上で“医学”をテーマにした映像コンテンツを取得した。取得した映像はWebページで公開されており、適宜教材としても活用される予定である。今後、教育現場での利用を促進するため、教師との連携、教員研修等での紹介の機会を設けることも検討していきたい。

参考 URL：

http://iss.jaxa.jp/iss/jaxa_exp/furukawa/library/video/



拡充整備された講義室

Mission X チーム

新堀真希・山田 深・松尾知明・中尾玲子・神山慶人・武岡 元・松本暁子・大島 博・向井千秋

国際教育プログラム「Mission X」を活用した JAXA 版児童向け健康増進プログラムの計画・実施と教育効果に関する調査・研究

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たし、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。

2009年より、NASAを中心に世界の9カ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）を主たる目的とした国際協力教育プログラムが計画されてきた。宇宙飛行士のトレーニングプログラムを教育に応用するためのPilot Studyである「Mission X: Train Like an Astronaut」が、2011年1月から開催され、JAXAも本研究室が軸となり、この活動に参加した。本研究の目的は、NASAが主導する国際教育プログラムであるMission Xに準拠したJAXA版児童向け健康増進プログラム（Mission X 日本版）の作成・実施に合わせて、アンケートなどを基にプログラムの教育効果を検証することである。

Mission X への参加にあたっては、国民

の身体や生活習慣に適合するよう我が国独自の視点から指導内容を補正した。また、実施による子ども達の生活習慣に対する意識の変化を教育学的視点から検証するため、参加した児童とその親を対象に、質問紙を用いたアンケート調査を行った。その結果からは、宇宙飛行士を題材としたプログラムは参加する児童の好奇心を惹起して継続への意欲を向上させるとともに、保護者の意識をも改善しうることが示唆された。

また、2011年10月にはJAXA宇宙教育センター、早稲田大学と連携し、東日本大震災によって被災した福島県郡山市の子ども達のために、Mission X のコンセプトを活用したイベント（ミッションX in 郡山）を実施した。



ミッションX in 郡山の参加者

今後もこのような活動を通し、宇宙医学生物学研究を題材とした教育活動による社会貢献を目指して行くが、継続的なプログラム実施のためには、教育機関と連携したカリキュラムへの導入の検討、プログラム内容の充実化、国際活動へのより積極的な取り組みなどが必要であろう。

搭載準備・軌道上実験運用

搭載準備・軌道上実験運用チーム

石田 暁・相羽達弥・田山一郎・向井千秋

宇宙医学生物学研究室では、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て、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、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リンク、試料サンプルを帰還回収するための計画調整等を行う。

【軌道上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う。

【宇宙飛行士への訓練・飛行前データ取得】

宇宙飛行士が飛行を行う前に、事前の訓練、飛行前のベースラインデータ取得を行う。

【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リンク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、実験機器の不具合対応等を行う。

【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う。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技術課題等を抽出・整理している。

本年度は、以下の医学研究実験について、搭載準備・軌道上実験運用を行った。

(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」

動作や運用性を事前に軌道上検証した実験機器を用いて、研究用心電図データの取得を行っている。取得されたデータは随時衛星回線を使用してダウンリンクさせている。今年度は、軌道上遠隔医療実験の1つとして、地上での心電図研究解析に用いている解析ソフトを改修して打上げ、医師である古川聡飛行士が軌道上で取得した心電図データの解析を行い、軌道上で飛行士が自らの状態を確認する検証試験を実施した。また、来年度から心電図計測と合わせて睡眠覚醒状態を把握するため活動量計測に必要な機器を打上げ、運用準備を行った。

(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している。

(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帰還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。飛行前後ならびに軌

道上でのサンプル取得は、今年度で無事に終了した。

(4)「長期宇宙空間保存による宇宙食中の栄養素等への影響の検証」

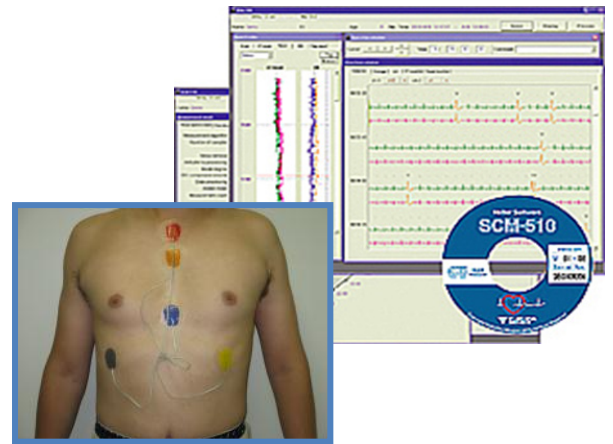
宇宙食の放射線劣化影響を調査するため、軌道上で1年以上保管した解析用サンプルを無事回収し、研究者への引渡しを完了した。



スペースシャトル アトランティス号 (STS-135) の打上 (左写真) とミッションロゴ (右写真)



ISSにてサンプルを-80℃フリーザーに保管する古川宇宙飛行士



ISSでの心電データの自動解析

研究室マネジメント

有人サポート委員会 宇宙医学研究推進分科会

開催回	開催日	場所	主な議題
第 31 回	2011 年 4 月 25 日	東京	1 平成 22 年度研究の進捗評価（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 睡眠脳波（簡易脳波計）による解析 ・生物学的リズムへの影響に関する研究 心臓自律神経活動による解析 ・毛髪分析による医学生物学的影響に関する研究 ・南極地域観測隊における微生物叢解析 (2) 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 (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 (7) 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
第 32 回	2011 年 7 月 13 日	東京	1 研究の進捗評価（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) メダカを用いた微小重力下における遊泳行動パターンと筋活動に関する研究 2 新規研究計画評価（審議） (1) 宇宙環境における免疫機能障害のメカニズムの解明
第 33 回	2012 年 2 月 8 日	東京	1 最終評価および新規計画評価（審議） (1) 月面歩行と転倒予防に関する研究（最終評価） 高精度免荷装置を用いた低重力下歩行シミュレーション（新規計画評価） (2) 月面等における保健医療対策に関する研究（最終評価）
第 34 回	2012 年 2 月 29 日	東京	1 研究終了評価（審議） (1) メダカ腸管を用いた in vivo（生体）イメージングによる宇宙環境ストレスに対する体内動態に関する研究 (2) メダカを用いた微小重力下における遊泳行動パターンと筋活動に関する研究 2 研究進捗評価（審議） (1) 筋萎縮関連蛋白質の発現リズムを利用した、効果的な萎縮の食事療法・予防法に関する研究 (2) 宇宙環境における免疫機能障害のメカニズムの解明

有人サポート委員会 宇宙医学研究推進分科会 委員

	氏名 (専門分野)	所属機関
分科会長	里宇 明元 (リハビリテーション医学)	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 (衛生学)	北里大学医学部衛生学公衆衛生学 教授
専門委員	石原 昭彦 (健康科学、神経・筋肉生理学)	京都大学大学院人間・環境学研究科 神経化学研究室 教授
専門委員	井上 登美夫 (放射線医学)	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	大橋 俊夫 (循環生理学)	信州大学医学部 医学科 器官制御生理学 教授
専門委員	大森 正之 (微生物分子生理学)	中央大学理工学部生命科学科 教授
専門委員	川本 俊弘 (放射線・化学物質影響科学)	産業医科大学衛生学講座 教授
専門委員	酒井 一博 (労働科学、産業疲労・人間工学)	財団法人 労働科学研究所 所長
専門委員	鈴木 紀夫 (放射線医学)	東京大学医学部 名誉教授
専門委員	清野 佳紀 (骨代謝学)	大阪厚生年金病院 名誉院長
専門委員	関口 千春 (宇宙医学)	医療法人 美篤会 中原病院 副院長
専門委員	武田 洋幸 (発生生物学)	東京大学大学院理学系研究科 生物科学専攻 動物科学大講座 動物発生学研究室 教授
専門委員	田中 博 (医療情報学)	東京医科歯科大学大学院 疾患生命科学部 教授
専門委員	野田 文隆 (多文化間精神医学)	大正大学人間学部人間環境学科 教授

宇宙医学生物学研究ワークショップ

テーマ	開催日	場所	講演者（講演順）
平成 23 年度 第 1 回 「免疫低下から あなたを救うに は？～宇宙飛行 士から高齢者ま で～」	2011 年 5 月 24 日	東京	嶋田和人 JAXA 宇宙飛行士健康管理グループ 医長 清野 宏 東京大学医科学研究所炎症免疫分野 教授 竹田 潔 大阪大学大学院医学研究科感染免疫学講座 免疫制御学 教授 大野博司 理化学研究所免疫・アレルギー科学総合研究センター チームリーダー 南野昌信 株式会社ヤクルト本社中央研究所基礎研究一部 部長 近藤一博 東京慈恵会医科大学医学部ウィルス学講座 教授
平成 23 年度 第 2 回 「宇宙医学と健 康増進科学」	2012 年 2 月 1 日	東京	大島 博 宇宙航空研究開発機構 研究領域リーダ 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生体 情報内科学 教授 郡 健二郎 名古屋市立大学大学院医学研究科腎・泌尿器科学分野 教授 島野 仁 筑波大学大学院人間総合科学研究科（臨床医学系） 疾患制御医学専攻代謝・内分泌制御医学分野 教授 田中喜代次 筑波大学大学院人間総合科学研究科 スポーツ医学専攻 健康スポーツ医学 教授
平成 23 年度 第 3 回 「宇宙医学と睡 眠・生体リズム」	2012 年 2 月 20 日	東京	水野康 宇宙航空研究開発機構 招聘研究員 大塚邦明 東京女子医科大学東医療センター内科 教授 高橋正也 労働安全衛生総合研究所 上席研究員 三島和夫 国立精神・神経医療研究センター精神保健研究所精神 生理部 部長

セミナー

テーマ	開催日	場所	講演者
宇宙環境リスク と栄養	2012 年 2 月 28 日	つく ば	堂山浩太郎 宇宙航空研究開発機構 主任開発員 松本暁子 宇宙航空研究開発機構 医長 香川靖雄 女子栄養大学 副学長 菊地 透 自治医科大学 RI センター 管理主任 稲熊隆博 カゴメ株式会社 総合研究所 主席研究員

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

開催回	開催日	場所	主な議題
第 3 回	2011 年 4 月 28 日	東京	(1) 米国 Decadal Survey の現状分析 (2) 領域別研究課題（討議）
第 4 回	2011 年 1 月 20 日	東京	(1) 研究推進方策（討議） (2) 宇宙医学分野の ISS/「きぼう」利用シナリオ（案）（討議）

委員として向井千秋本部長補佐、大島 博主幹研究員が参画し、宇宙医学生物学研究室が事務局
支援業務を実施した。

研修・見学

1. 筑波大学大学院 大学院生 インターンシップ研修 2011年8月1日～8月12日
2. 日本大学医学部 学生 施設見学 2011年8月5日
3. 北里大学医学部 学生 施設見学 2011年8月5日
4. サイエンスサマーキャンプ2011 高校生 講義および施設見学 2011年8月9日
5. つくばサイエンスキャスティングワークショップ 高校生 講義および施設見学 2011年8月11日
6. 筑波大学大学院共通科目「Science Mini-tour」留学生を含む大学院生 講義および施設見学 2012年11月9日
7. 信州大学 学生 講義および施設見学 2011年9月14日
8. 慶應義塾大学理工学部 学生 講義および施設見学 2011年11月14日
9. サイエンス・パートナーシップ・プロジェクト 東海大学望洋高校 講義および施設見学 2011年11月21日
10. 日本宇宙航空環境医学会 第57回大会参加者 施設見学 2011年11月25日
11. 東京慈恵会医科大学医学部医学科 学生 施設見学 2012年1月6日
12. 国立病院機構刀根山病院 施設見学 2012年2月20日
13. 信州大学医学部医学科 学生 講義 2012年2月29日
14. 日本宇宙航空環境医学会 認定医講習受講者 施設見学 2012年3月14日
15. 大分大学医学部 学生 講義および施設見学 2012年3月26日

活動報告（2011年度）

向井千秋 本部長補佐（固有の活動のみを掲載）

○シンポジウム・講演会等

1. 向井千秋, とともに歩んだ20年 そしてこれから, 向井千秋記念子ども科学館開館20周年記念式典, 2011年5月5日, 館林.
2. 向井千秋, Why do human beings go to ousterspace?, 韓国延世大学 宇宙ライフサイエンスセンター 開所式, 2011年5月12日, 原州.
3. 向井千秋, Space Life science for helping people on earth, 韓国マイクログラビティ学会, 2011年5月13日, 原州.
4. 向井千秋, Outreach programs in Japan., The 1st international:envihab Symposium, 2011年5月24日, ケルン.
5. 向井千秋, Space for Humanity ~ Towards the Next Stage of Exploration ~, The 28th International Symposium on Space Technology and Science, 2011年6月6日, 宜野湾
6. 向井千秋, Human Exploration in Space, The 28th International Symposium on Space Technology and Science, 2011年6月7日, 宜野湾
7. 向井千秋, Global Health Security Using Space-Based Assets -Technical Session: Forecasting Natural Disasters Using Space-Based Assets-, Association of Space Exolorers XXIV Congress, 2011年9月8日, モスクワ.
8. 向井千秋, 暮らしを支える宇宙への期待, 環境観測衛星シンポジウム-暮らしを支える宇宙の目-, 2011年9月21日, 東京.
9. 向井千秋, The importance of reaching out to society - Education enables us to envision and pursue our dreams-, International Astronautical Congress, 2011年10月7日, ケープタウン.
10. 向井千秋, Space for Humanity-Towards the Next Stage of Space Exploration-, Delft University of Technology, 2011年10月26日, デルフト.
11. 向井千秋, アムステルダム日本人学校, 2011年10月27日, アムステルダム.
12. 向井千秋, 宇宙環境利用(未来の宇宙エネルギー開発を含む)と歴史的日蘭科学交流, Dutch & Japanese Trade Federatin Symposium, 2011年10月27日, アムステルダム.
13. 向井千秋, 会長講演-有人宇宙飛行から学んだこと, そして, これから-, 第57回日本宇宙航空環境医学会大会, 2011年11月25日, つくば.
14. 向井千秋, Fifty Years of Human Space Flight-from Gagarin to the Next Stage of Exploration-, Saint Petersburg State University, 2011年11月30日, サンクトペテルブルグ.

○ その他 取材等

1. 向井千秋, スペースシャトルの意義と意志, 別冊宝島 1782号「スペースシャトル 30年のすべて」, 宝島社
2. 向井千秋, 地上での, 火星での, 健やかな暮らしのために, JAXA's (宇宙航空研究開発機構機関誌) NO.039, 独立行政法人宇宙航空研究開発機構
3. 向井千秋, おはよう日本, 日本放送協会
4. 向井千秋, NHK 週刊ニュース深読み, 日本放送協会
5. 向井千秋, 伝えたいこと message, 上毛新聞, 上毛新聞社
6. 向井千秋, スペースシャトル退役特集, 日本経済新聞, 日本経済新聞社
7. 向井千秋, 特集 福祉機器と宇宙開発～高齢社会と宇宙開発の接点を探る 座談会 宇宙技術開発と福祉介護の接点, 福祉介護テクノプラス
8. 向井千秋, 私のセカンドライフ, 朝日新聞, 朝日新聞社
9. 向井千秋, 人間力大賞 25周年記念刊行「大年鑑」受賞者インタビュー, 人間力大賞・大年鑑 (2011年度版), 万葉社出版
10. 向井千秋, 宇宙医学は予防医学, NHK ラジオ深夜便, 日本放送協会
11. 向井千秋, こころの転機, こころの軌跡, 月刊ナーシングスター, 日本精神科看護技術協会
12. 向井千秋, ぐんま ふるさとテレビ誕生祭, 日本放送協会前橋放送局

研究業績

生理的対策分野

骨量減少対策の研究

○総説・著書

1. Hiroshi Ohshima, Preventing Bone Loss in Space Flight with Prophylactic Use of Bisphosphonate: Health Promotion of the Elderly by Space Medicine Technologies. *in Benefits of ISS Research, NASA HP* (http://www.nasa.gov/mission_pages/station/research/benefits/bone_loss.html).
大島博, ビスフォスフォネートによる骨量減少予防-宇宙医学の成果を高齢者の健康増進に役立てる-, 人類への貢献, JAXA HP (<http://iss.jaxa.jp/iss/about/benefits/health/2boneless/>).

○シンポジウム・講演会等

1. Hiroshi Ohshima, Countermeasure in the 90 d Toulouse long term male bed rest study and the lumbar spine, 18th IAA Human in Space Symposium, 2011年4月13日, ヒューストン.
2. Adrian LeBlanc, Toshio Matsumoto, Jeffrey A. Jones, Jay Shapiro, Thomas F. Lang, Linda C. Shackelford, Scott M. Smith, Harlan Evans, Elisabeth Spector, Robert Ploutz-Snyder, Jean Sibonga, Toshitaka Nakamura, Kenjiro Kohri, Hiroshi Ohshima, Antiresorptive Treatment for Spaceflight Induced Bone Atrophy-Preliminary Results, 18th IAA Human in Space Symposium, 2011年, 4月13日, ヒューストン.
3. Daniel L. Belavy, Hiroshi Ohshima, Marie-Pierre Bareille, Jörn Rittweger, Dieter Felsenberg, Countermeasures in the 90d Toulouse long-term male bed-rest (LTBR) study and the lumbar spine., 18th IAA Human in Space Symposium, 2011年4月13日, ヒューストン.
4. Adrian LeBlanc, Toshio Matsumoto, Jeffrey A. Jones, Jay Shapiro, Thomas F. Lang, Linda C. Shackelford, Scott M. Smith, Harlan Evans, Elisabeth Spector, Robert Ploutz-Snyder, Jean Sibonga, Toshitaka Nakamura, Kenjiro Kohri, Hiroshi Ohshima, Antiresorptive Treatment for Spaceflight Induced Bone Atrophy-Preliminary Results. 2011年9月16日, サンディエゴ.

体力低下予防対策

○原著

1. Tomoaki Matsuo, Satoshi Seino, Kazunori Ohkawara, Kiyoji Tanaka, Shin Yamada, Hiroshi Ohshima, Chiaki Mukai, A Preliminary Exercise Study of Japanese Version of High-intensity Interval Aerobic Training (J-HIAT), *Transactions of JSASS, Aerospace Technology Japan, in press*.
2. Daniel L. Belavy, Hiroshi Ohshima, Marie-Pierre Bareille, Jörn Rittweger, Dieter Felsenberg: Limited effect of fly-wheel and spinal mobilization exercise countermeasures on lumbar spine deconditioning during 90 d bed-rest in the Toulouse LTBR study, *Acta Astronautica*, 69, 406-419, 2011.

○総説・著書

1. 大島博, 宇宙飛行士の健康管理と高齢者のリハビリテーション-宇宙飛行士の骨量減少と筋萎縮の対策から, *福祉介護機器テクノプラス*, 4(9), 11-14, 2011.

2. 大島博, 骨粗鬆症への挑戦—宇宙飛行士の骨量減少対策と高齢者の健康増進, *Journal of Clinical Rehabilitation*, 20(10), 922-928, 2011.
3. 山田深, 宇宙医学とリハビリテーション医学の架け橋, *Journal of Clinical Rehabilitation*, 20(10), 904-913, 2011.
4. 青木健, 小川洋二郎, 岩崎賢一, 向井千秋, 宇宙環境が循環調節に及ぼす影響とその要因解明へのアプローチ—衛生学における実験的研究の観点から—, *日本衛生学雑誌*, 66(3), 568-572, 2011.

○学会発表

1. Hiroshi Ohshima, Shin Yamada, Yoshito Kamiyama, Shino Kawashima, Physical training program for Japanese station atation astronauts, The 28th International Symposium on Space Technology and Science, 2011年6月8日, 宜野湾.
2. Tomoaki Matsuo, Satoshi Seino, Kazunori Ohkawara, Kiyoji Tanaka, Shin Yamada, Hiroshi Ohshima, Chiaki Mukai, An effective and efficient exercise protocol to prevent deterioration of cardiac function during long-term space flight: A preliminary study, The 28th International Symposium on Space Technology and Science, 2011年6月8日, 宜野湾.
3. 大島博, 宇宙旅行とリハビリテーション, 第21回脳血管シンポジウム, 2011年9月10日, 大阪.
4. 松尾知明, 大河原一憲, 清野諭, 山田深, 大島博, 田中喜代次, 向井千秋, 自転車運動のプロトコルの違いが運動後のエネルギー消費量に及ぼす影響, 第66回日本体力医学会, 2011年9月16日, 下関.
5. 松尾知明, 須藤正道, 山田深, 大島博, 栗原敏, 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(予備実験), 第128回成医会総会, 2011年10月6日, 東京.
6. 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57回日本宇宙航空環境医学会大会, 2011年11月24日, つくば.
7. 神山慶人, 大島博, 山田深, 川島紫乃, 国際宇宙ステーションの運動機器について, 第57回日本宇宙航空環境医学会大会, 2011年11月24日, つくば.
8. 松瀬博夫, 志波直人, 名護健, 高野吉郎, 山田深, 大島博, 田川善彦, ハイブリッドトレーニングシステムを用いたエルゴメータの呼気ガス分析, 第57回日本宇宙航空環境医学会大会, 2011年11月24日, つくば.
9. 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31日, 松本.

○シンポジウム・講演会等

1. 山田深, 長期宇宙滞在が身体に及ぼす影響とカウンターメジャー, 帝京大学大学院 宇宙環境医学 第5回公開講座, 2011年9月3日, 東京.

2. 松尾知明, ワークショップ“ヒトを対象とした身体活動量・エネルギー消費量に関する最新研究を求めて―ブレスバイブレス法, ヒューマンカロリメータ, 二重標識水法, 加速度計で何ができるか?―”, 第66回日本体力医学会大会, 2011年9月17日, 下関.
3. 松尾知明, 宇宙飛行士のための運動トレーニング, 第1回筑波宇宙フロンティアフォーラム, 2011年10月29日, つくば.
4. 松尾知明, 若手の会シンポジウム“微小重力環境と体力科学”, 第57回日本宇宙航空環境医学会大会, 2011年11月24日, つくば.
5. 松尾知明, 微小重力環境と体力科学, 第82回日本衛生学会学術集会, 2012年3月26日, 京都.

メダカを用いた生理的対策

○原著

1. Tomomi Watanabe-Asaka, Maki Niihori, Masahiro Terada, Shoji Oda, Ken-ichi Iwasaki, Masamichi Sudoh, Shin Yamada, Hiroshi Ohshima and Chiaki Mukai, Technologies to Analyze the Movement of Internal Organs by High-Speed Movies Using Medaka, *Transactions of JSASS, Aerospace Technology Japan*, *in press*.

○総説・著書

1. 浅香智美, 新堀真希, 寺田昌弘, 岩崎賢一, 尾田正二, 馬場昭次, 寺井崇二, 大森克彦, 三谷啓志, 向井千秋, 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, *日本マイクロ重力応用学会誌*, 28(3), 55-61, 2011.

○学会発表

1. Tomomi Watanabe-Asaka, Maki Niihori, Masahiro Terada, Shoji Oda and Chiaki Mukai, “Technologies to analyze the movement of internal organs by high-speed movies using medaka” The 28th International Symposium on Space Technology and Science, 2011年6月5日, 宜野湾.
2. Tomomi Watanabe-Asaka, Maki Niihor, Shoji Oda, Ken-ich Iwasaki, Chiaki Mukai, Analysis of the heart rate fluctuations by high-speed movies using medaka, The 7th European Zebrafish Meeting, 2011年7月5日, エディンバラ.
3. 浅香智美, 新堀真希, 尾田正二, 岩崎賢一, 寺井崇二, 三谷啓志, 向井千秋, Analysis of autonomic nervous activities from the movement of internal organas by high-speed movies using medaka, The 17th Japanese Medaka and Zebrafish Meeting, 2011年9月8日, 三島.
4. 新堀真希, 浅香智美, 馬場昭次, 尾田正二, Establishment of the swimming analysis technique by high-speed movies using medaka, The 17th Japanese Medaka and Zebrafish Meeting, 2011年9月8日, 三島.
5. 武山瞳子, 尾田正二, 浅香智美, 新堀真希, メダカ老齢個体が群れ行動に及ぼす影響の行動学的解析, 日本動物学会第82回 年次大会, 2011年9月21日, 旭川.
6. 尾田正二, 片田吉彦, 武山瞳子, 浅香智美, 新堀真希, 三谷啓志, メダカの24時間行動モニタリング, 日本動物学会第82回 年次大会, 2011年9月21日, 旭川.

7. 浅香智美, 新堀真希, 尾田正二, 岩崎賢一, 寺井崇二, 三谷啓志, 向井千秋, 高速度映像を用いた内臓運動によるメダカ自律神経活動の解析, 日本宇宙生物科学会第25回大会, 2011年9月30日, 横浜.
8. 新堀真希, 浅香智美, 寺田昌弘, 中尾玲子, 馬場昭次, 尾田正二, 映像を用いたメダカ遊泳行動解析とその評価, 日本宇宙生物科学会第25回大会, 2011年9月30日, 横浜.
9. 浅香智美, 新堀真希, 尾田正二, 岩崎賢一, 相羽達弥, 向井千秋, 高速度映像を用いたメダカ心臓自律神経活動の計測法の開発, TX テクノロジーショーケース in つくば 2012, 2012年1月13日, つくば.
10. 尾田正二, 片田吉彦, 山下俊和, 浅香智美, 新堀真希, 馬場昭次, メダカの動きの研究, 画像科学シンポジウム・ハイオイメージングフォーラム, 2012年3月5日, 岡崎.
11. 尾田正二, 浅香智美, 新堀真希, 岩崎賢一, 寺田昌弘, 須藤正道, 三谷啓志, 向井千秋, 脊椎動物自律神経の生理学的実験モデルとしてのメダカ, 第89回日本生理学会大会, 2012年3月29日, 長野.

○シンポジウム・講演会等

1. 浅香智美, 宇宙医学とメダカ自律神経活動の解析, 第3回「医学・創薬に向けた小型魚類モデル利用推進ネットワーク」, 2012年2月2日, 岡崎.
2. 浅香智美, メダカで目指す宇宙長期滞在の生物影響評価, 第82回日本衛生学会学術集会, 2012年3月26日, 京都.

毛髪 Hair

○原著論文

1. Masahiro Terada, Fuminori Kawano, Noriaki Ishioka, Akira Higashibata, Hideyuki J Majima, Takashi Yamazaki, Tomomi Watanabe-Asaka, Maki Niihori, Reiko Nakao, Shin Yamada, Chiaki Mukai, Yoshinobu Ohira, Biomedical analysis of rat body hair after hindlimb suspension for 14 days, *Acta Astronautica*, 73, 23-29, 2011.
2. Riyo Yamanaka, Shin Yamada, Masahiro Terada, Tatsuya Aiba, Satoru Ishida, Hiroshi Ohshima, Yoshinobu Ohira, Hideyuki Majima, Chiaki Mukai, Preliminary Studies for “Biomedical Analysis of Human hair Exposed to a Long-term Space Flight (Hair)” Project: An Analysis of Trace Elements in the Hair, *Transactions of JSASS, Aerospace Technology Japan*, *in press*

○学会発表

1. Masahiro Terada, Reiko Nakao, Shin Yamada, Riyo Yamanaka, Hideyuki Majima, Takashi Yamazaki, Akira Higashibata, Noriaki Ishioka, Hiroshi Ohshima, Chiaki Mukai, The Genetic Analysis on the Hair Roots from One or Five Strands of Human Hair, 28th International Symposium on Space Technology and Science, 2011年6月8日, 宜野湾.
2. Riyo Yamanaka, Shin Yamada, Masahiro Terada, Tatsuya Aiba, Satoru Ishida, Hiroshi Ohshima, Yoshinobu Ohira, Hideyuki Majima, Chiaki Mukai, Preliminary Studies for “Biomedical Analysis of Human hair Exposed to a Long-term Space Flight (Hair)” Project: An Analysis of

Trace Elements in the Hair, The 28th International Symposium on Space Technology and Science, 2011年6月8日, 宜野湾.

代謝・栄養

○原著

1. Akiko Matsumoto, Kenneth J. Storch, Adrienne Stolfi, Stanley R. Mohler, Mary Anne Frey, T. Peter Stein, Weight loss in humans in space. *Aviat Space Environ Med*, 82, 615 - 621, 2011.

○学会発表

1. 中尾玲子, 越智ありさ, 上村啓太, 安倍知紀, 河野尚平, 東端晃, 石岡憲昭, 向井千秋, 二川健, 廃用性筋萎縮と体内時計の関与について, 日本宇宙生物科学会第25回大会, 2011年9月30日, 横浜.
2. 松本暁子, “長期宇宙空間保管による宇宙食 栄養成分の変化(第1報)”, 第57回日本宇宙航空環境医学会大会, 2011年11月24日, つくば.
3. 中尾玲子, 越智ありさ, 上村啓太, 安倍知紀, 河野尚平, 東端晃, 石岡憲昭, 向井千秋, 二川健, 廃用性筋萎縮と体内時計の関与について, 第18回日本時間生物学会学術大会, 2011年11月24日, 名古屋.

○シンポジウム・講演等

1. 中尾玲子, 廃用性筋萎縮のメカニズム解明と新規治療法の開発, 第82回日本衛生学会総会, 2012年3月24日, 京都.

免疫

○学会発表

1. Minh-Hue Nguyen(ミンフエ グエン), 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57回日本宇宙航空環境医学会大会, 2011年11月24日, つくば.

放射線被曝管理分野

生物影響

○学会発表

1. 永松愛子, 俵裕子, 村上敬司, 北城圭一, 島田健, 熊谷秀則: PHITSによる放射線生物影響研究のための線量計算, 第7回粒子・重イオン輸送計算コード研究会, 2011年8月24日, 東海村.

○シンポジウム・講演会等

1. 永松愛子, ISS/「きぼう」日本実験棟における宇宙放射線に対する取り組み～有人宇宙開発の未来を拓く宇宙放射線技術～Radiation dosimetry using PADLES and PS-TEPC on board the Kibo, 第18回「きぼう」利用勉強会, 2011年6月24日, 東京.
2. 永松愛子, 「きぼう」における宇宙放射線研究の取り組み, ISS多極間運用グループ分科会 第16回宇宙放射線健康リスクワーキンググループ, 2011年9月26日, モスクワ.

3. 寺沢和洋, 宇宙の放射線・地上の放射線・宇宙飛行士の見えない命綱, 第57回日本宇宙航空環境医学会大会, 2011年11月26日, つくば.
4. 寺沢和洋, 放射線計測の地上・宇宙での相違と宇宙放射線線量計測技術最前線, TXテクノロジーショーケース in つくば 2012, 2012年1月13日, つくば.

○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 Autdavapornporn, 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.

軌道上医療分野

○シンポジウム・講演会等

1. 水野康, 睡眠・生体リズム, 第57回日本宇宙航空環境医学会大会, 2011年11月26日, つくば.

宇宙船内環境分野

○学会発表

1. 山崎丘, 佐藤一郎, 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55回日本医真菌学会総会学術集会, 2011年10月21日, 東京.
2. 山崎丘, 榎村浩一, 山田深, 向井千秋, 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 中間報告, 第57回日本宇宙航空環境医学会大会, 2011年11月24日, つくば.

南極利用研究

○シンポジウム・講演会等

1. 武岡元, 山田深, 土屋英俊, 大島博, 山本雅文, 向井千秋, 大野義一郎, 渡邊研太郎, 極地研-JAXA 共同研究の概要-宇宙環境との相違点-, 2011年南極医学医療ワークショップ, 2011年7月30日, 東京.
2. 水野康, 模擬宇宙環境としての南極利用研究 生物学的リズム研究 (1) 活動量, 2011年南極医学医療ワークショップ, 2011年7月30日, 東京.
3. 吉田政樹, 裏出良博, 土屋英俊, 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 睡眠脳波 (簡易脳波計) による解析, 2011年南極医学医療ワークショップ, 2011年7月30日, 東京.
4. 山本直宗, 大塚邦明, 石川元直, 久保豊, 大島博, 石田暁, 相羽達弥, 田山一郎, 向井千秋, 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 心拍変動による解析, 2011年南極医学医療ワークショップ, 2011年7月30日, 東京.

5. 山田深, 武岡元, 山崎丘, 杉田隆, 楨村浩一, 南極地域観測隊における微生物叢解析(皮膚清浄技術), 2011年南極医学医療ワークショップ, 2011年7月30日, 東京.
6. 寺田昌弘, 馬嶋秀行, 山田深, 東端晃, 石岡憲明, 向井千秋, 模擬宇宙環境としての南極利用研究-毛髪分析による医学生物学的影響に関する研究-, 2011年南極医学医療ワークショップ, 2011年7月30日, 東京.
7. 水野康, 山本直宗, 吉田政樹, 井口まり, 森川健太郎, 吉田二教, 岡田豊, 大塚邦明, 裏出良博, 渡邊研太郎, 大野義一郎, 大島博, 向井千秋, 南極越冬隊員の睡眠, Worldsleep2011, 2011年10月19日, 京都.
8. 山本直宗, 水野康, 吉田政樹, 井口まり, 森川健太郎, 吉田二教, 岡田豊, 大塚邦明, 裏出良博, 渡邊研太郎, 大野義一郎, 大島博, 向井千秋, 南極越冬隊員における概日リズムの季節性変動, Worldsleep2011, 2011年10月19日, 京都.
9. 吉田政樹, 水野康, 山本直宗, 井口まり, 森川健太郎, 吉田二教, 岡田豊, 大塚邦明, 裏出良博, 渡邊研太郎, 大野義一郎, 大島博, 向井千秋, 南極越冬隊員の睡眠脳波解析, Worldsleep2011, 2011年10月19日, 京都.

月面開拓医療分野

月面歩行

○原著

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, *Transactions of JSASS, Aerospace Technology Japan*, *in press*.

○学会発表

1. 河本尚子, 小宅一彰, 山口智史, 武藤真利子, 田辺茂雄, 山田深, 大島博, 長谷公隆, 大高洋平, 里宇明元, 宇宙空間を想定した免荷による歩行時筋活動の変化-歩行速度の違いによる影響の検討, 第46回日本理学療法学会大会, 2011年5月28日, 宮崎.
2. 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, The 28th International Symposium on Space Technology and Science, 2011年6月8日, 宜野湾.
3. Tatsuhiro Ikeda, Terumasa Narukawa, Masaki Takahashi, Meigen Liu, Hiroshi Ohshima, Development and Analysis of Reduced Gravity Simulator Following the Horizontal Displacement of a Suspended Body on the Treadmill, The 28th International Symposium on Space Technology and Science, 2011年6月8日, 宜野湾.
5. 松本祐介, 池田達彦, 成川輝真, 高橋正樹, 山田深, 大島博, 里宇明元, 可変重力環境下におけるコンパス型2足歩行ロボットの受動歩行の解析と再現法の提案, 日本機械学会 第12回「運動と振動の制御」シンポジウム, 2011年7月1日, 長野.
6. Tatsuhiro Ikeda, Terumasa Narukawa, Masaki Takahashi, Meigen Liu, Hiroshi Ohshima, Shin Yamada, Analysis of Walking under Microgravity using Passive Walking Rimless Wheel. International Astronautical Congress 2011 (IAC2011), 2011年10月6日, ケープタウン.

7. Yusuke Matsumoto, Tatsuhiko Ikeda, Terumasa Narukawa, Masaki Takahashi, Hiroshi Ohshima, Shin Yamada, Meigen Liu, Proposal of Experimental Reproduction Method of Variable Gravity and Gait Analysis. International Astronautical Congress 2011 (IAC2011), 2011年10月6日, ケーパタウン.
8. Shin Yamada, Hiroshi Ohshima, Tomofumi Yamaguchi, Terumasa Narukawa, Masaki Takahashi, Kimitaka Hase, Meigen Liu and Chiaki Mukai, A SIMULATOR FOR BIPEDAL WALKING ON THE MOON AND MARS, Space Forum 2011, 2011年10月19日, スターシティ (ロシア).
9. 山口智史, 長谷公隆, 大高洋平, 山田深, 大島博, 向井千秋, 里宇明元, 天井走行式吊り下げ装置を用いた月面および火星を想定した歩行シミュレーション, 第41回目日本臨床神経生理学会学術大会, 2011年11月12日, 静岡.

○シンポジウム・講演会等

1. 山田深, JAXAが取り組む月面開拓医学～歩行シミュレーション～, 宇宙栄養学勉強会, 2011年8月11日, 徳島.

月面保健医療

○総説・著書

1. 神原辰徳, 堀江祐範, 森本泰夫, 青木滋, 三木猛生, 月面ダストの生体影響, *空気洗淨*, 49(4), 54-59, 2011.

○学会発表

1. 神原辰徳, 堀江祐範, 森本泰夫, 三木猛生, 本間善之, 青木滋, 月粉じんの気管内注入による有害性評価, 第57回日本宇宙航空環境医学会大会, 2011年11月24日, つくば.

月面放射線

○原著

1. Kazuhiro Terasawa, Tadayoshi Doke, Kentaro Miuchi, Toru Tanimori, Shinichi Sasaki, Kiwamu Saito, Kazutoshi Takahashi, Hiroko Tawara, Haruhisa Matsumoto, Tetsuhito Fuse, Tatsuto Komiyama, Aiko Nagamatsu, Yukio Uchihori and Hisashi Kitamura, Response of a prototype position-sensitive tissue-equivalent proportional chamber to heavy ions with energies of several hundreds of MeV/n, *KEK Proceedings*, 2011-8, 189-195, 2011.

○学会発表

1. 岸本祐二, 佐々木 慎一, 高橋一智, 俵裕子, 齋藤究, 寺沢 和洋, 布施哲人, 永松愛子, 伊藤裕一, 身内賢太郎, 谷森達, 窪秀利, 内堀幸夫, 北村尚, 道家忠義, 秋季 : 位置有感型比例計数電離箱 PS-TEPC ver.2 の開発状況, 第72回応用物理学会学術講演会, 2011年9月1日, 山形.

○シンポジウム・講演会等

1. 岸本祐二, 布施哲人, 佐々木慎一, 道家忠義, 込山立人, 寺沢和洋, 俵裕子, 齋藤究, 高橋一智, 身内賢太郎, 松本晴久, 西村広展, 窪秀利, 谷森達, 永吉勉, 藤田康信, 竹内浩二,

- 菊池順, 内堀幸夫, 北村尚: 位置有感型比例計数箱 PSTEPC の開発, 研究会「放射線検出器とその応用」第26回, 2012年1月24日, つくば.
2. 寺沢和洋, 佐々木慎一, 俵裕子, 齋藤究, 高橋一智, 岸本祐二, 道家忠義, 谷森達, 窪秀利, 身内賢太郎, 松本晴久, 込山立人, 布施哲人, 永松愛子, 伊藤裕一, 内堀幸夫, 北村尚, 「宇宙利用シンポ位置有感生体組織等価物質比例係数箱 (PS-TEPC) の開発とそれによる宇宙ステーション内での線量当量計測技術の確立 (2011年度 WG 報告)」, 第28回宇宙利用シンポジウム, 2012年1月23日, 東京.
 3. 永松愛子: 月面の宇宙放射線環境, 有人月探査を見据えた 科学・利用ミッション ワークショップ, 2012年3月8日, 相模原.

教育分野

教育

○原著

1. Maki Niihori, Shin Yamada, Tomoaki Matsuo, Reiko Nakao, Takashi Nakazawa, Yoshito Kamiyama, Hajime Takeoka, Akiko Matsumoto, Hiroshi Ohshima and Chiaki Mukai, Mission X in Japan: An Education Outreach Program Featuring Astronautical Specialties and Knowledge, *Transactions of JSASS, Aerospace Technology Japan*, *in press*.

○学会発表

1. Maki Niihori, Shin Yamada, Tomoaki Matsuo, Reiko Nakao, Takashi Nakazawa, Yoshito Kamiyama, Hajime Takeoka, Akiko Matsumoto, Hiroshi Ohshima, Chiaki Mukai, Mission X-Japan ~Education Outreach Program Featuring Astronautical Specialties and Knowledges~, 28th International Symposium on Space Technology and Science, 2011年6月8日, 宜野湾.
2. 新堀真希, 山田深, 須藤正道, 松尾知明, 中尾玲子, 中沢孝, 神山慶人, 大島博, 向井千秋, 宇宙医学・宇宙生物学研究を題材とした教育プログラムの実践, 日本理科教育学会第61回全国大会, 2011年8月20日, 松江.
3. 中尾玲子, 山田深, 新堀真希, 松尾知明, 中沢孝, 神山慶人, 武岡元, 松本暁子, 大島博, 向井千秋, 宇宙飛行士を題材とした教育プログラムが, 児童の生活習慣に及ぼす影響, 第66回日本体力医学会, 2011年9月17日, 下関.
4. 新堀真希, 山田深, 松尾知明, 中尾玲子, 神山慶人, 武岡元, 松本暁子, 大島博, 向井千秋, 宇宙飛行士の健康管理 (運動・栄養) を題材とした JAXA 版児童向け健康増進プログラムの実施, 第57回日本宇宙航空環境医学会大会, 2011年11月24日, つくば.

○シンポジウム・講演会等

1. Maki Niihori, Shin Yamada, and Chiaki Mukai, Space Education Exploration; Mission X Program in Japan, 2011 International lunar Research Park Leaders Summit, 2011年11月14日, ハワイ.
2. Shin Yamada, Maki Niihori, Tomoaki Matsuo, Reiko Nakao, Hiroshi Ohshima, Chiaki Mukai, MISSION X CHALLENGES IN JAPAN, NASA Human Research Program Investigator's Workshop, 2012年2月15日, ヒューストン.
3. 山田深, Mission X の取り組みについて, 宇宙教育シンポジウム, 2012年2月26日, 東京.

4. 新堀真希, 宇宙医学生物学的研究成果の社会還元～教育・アウトリーチの観点から～, 第 82 回日本衛生学会学術集会, 2012 年 3 月 24 日, 京都.

搭載準備・軌道上実験運用

搭載準備・軌道上実験・運用

○学会発表

1. Satoru Ishida, Hiroshi Ohshima, Tatsuya Aiba, Takashi Yamazaki, Masahiro Terada, Hajime Takeoka, Shin Yamada, Riyo Yamanaka, Chiaki Mukai, Outline of experiment operation on the orbit of JAXA space medicine research, The 28th International Symposium on Space Technology and Science, 2011 年 6 月 8 日, 宜野湾.

○シンポジウム・講演会等

1. 石田暁, 遠隔医療, 第 57 回日本宇宙航空環境医学会大会, 2011 年 11 月 26 日, つくば.

その他業績 アウトリーチ・取材・知的財産等

○アウトリーチ

1. Maki Nihori, Space Biomedical Research Outreach for the Contribution to the Society, Orbiter:The Official Newsletter of the Aerospace Medicine Student and Resident Organization, 2012.2.10.

○シンポジウム・講演会等

1. 大島博, 宇宙医学研究と歯科口腔外科へ期待, 第 65 回日本口腔科学学会学術集会ランチョンセミナー, 2011 年 4 月 22 日, 東京.
2. 山田深, 古川飛行士が取り組むミッションについて～宇宙医学実験・関連タスクを中心に～, 古川宇宙飛行士ミッション勉強会, 4 月 28 日, 東京.
3. 山田深, 宇宙医学研究のデザイン～軌道上実験を中心に～, 生理学研究所部門公開セミナー, 2012 年 5 月 19 日, 岡崎.
4. 山田深, 「古川さん, 宇宙に行くと人はどうなるの?～宇宙医学がつなぐ未来へのきぼう～」, ピックアップトーク JAXA 第 2 回, 5 月 26 日, 東京.
5. 山本雅文, 宇宙医学研究の現状と展望, LED 総合フォーラム 2011in 徳島, 2011 年 6 月 25 日, 徳島.
6. 大島博, 宇宙飛行士の生理的対策と宇宙医学研究, 筑波大学宇宙医学アドバンスコース講義, 2011 年 6 月 29 日, つくば.
7. 新堀真希, 東京都理科教員研修講師, 2011 年 7 月 22 日, 東京.
8. 中尾玲子, 新堀真希, 須藤正道, 「夏休みは筑波宇宙センターへ行こう! サマーラボ こども博士の夏休み」, 2011 年 7 月 25 日-26 日, つくば (TKSC).
9. 新堀真希, 所沢市理科教員研修講師, 2011 年 7 月 28 日, 埼玉.
10. 相羽達弥, サイエンスサマーキャンプ 2011, 2011 年 8 月 9 日, つくば (TKSC).
11. 石田暁, つくばサイエンスキャスティングワークショップ, 2011 年 8 月 11 日, つくば (TKSC).
12. 大島博, 体系的な宇宙医学研究と健康管理技術開発を通じた高齢化問題や介護問題対策への応用, ライフイノベーション AP 意見交換会, 総合科学技術会議, 2011 年 9 月 8 日, 東京.

13. 大島博, 日本実験棟「きぼう」を利用した宇宙医学研究, 徳島大学大学院 特別講義, 2011年9月9日, 徳島.
14. 大島博, 有人宇宙飛行を支える宇宙医学研究—未来への挑戦—, 63回日本皮膚科学会 西部支部学術大会, 2011年10月8日, 宜野湾.
15. 山田深, 宇宙と健康～宇宙医学の挑戦～, 宇宙の日筑波宇宙センター特別公開, 2011年10月15日, つくば.
16. Hiroshi Ohshima, JAXA 's Flight Experiments and Related Activities , MMOP meeting, 2011年10月24-27日, つくば.
17. 大島博, 社会に役立つ宇宙医学, 第1回筑波宇宙フロンティアフォーラム, 2011年10月29日, つくば.
18. 山田深, 宇宙での暮らしと医学, 東京渋谷ロータリークラブ例会, 10月31日, 東京
19. 山田深, 宇宙飛行とリハビリテーション, いばらきリハビリテーションのつどい, 2012年11月5日, つくば.
20. 大島博, Medical problems in human space flight and space medicine research 宇宙飛行による医学的問題と宇宙医学研究, Science mini-tour to Top Research Institute in Tsukuba Science City, 2011年11月9日, つくば.
21. 大島博, 宇宙飛行による医学的問題と宇宙医学研究, 筑波大学大学院共通科目講義 JAXA Tour 2011 , 2011年11月9日, つくば.
22. 中尾玲子, 新堀真希, 「私たちの青い地球とかけがえのない「水辺のいのち」展 スペーストーク」, 2011年11月12日, 名古屋.
23. 新堀真希, サイエンス・パートナーシップ・プログラム (SPP) 連携授業 (東海大学付属望洋高校, SPP 第15回講座[医療]「私たちの健康を支える医療技術Ⅱ～基礎生命科学と健康科学の融合～」), 2011年11月21日, つくば (TKSC).
24. 大島博, “宇宙医学分野 ISS/JEM 利用シナリオ (案) の検討について ISS/JEM utilization scenario of Japanese Space Medicine Research”, 第57回日本宇宙航空環境医学会大会, 2011年11月25日, つくば.
25. 大島博, 宇宙医学に学ぶ健康長寿, 創造会フェスタ, 2011年11月27日, 我孫子.
26. 大島博, 宇宙医学に学ぶ健康長寿, 横浜市保健活動推進員永年勤続表彰式, 2011年11月30日, 横浜.
27. 大島博, “JAXA 宇宙医学研究の歩みと展望 JAXA space medicine activities, past and future perspective”, 第57回日本宇宙航空環境医学会大会, 2011年11月25日, つくば.
28. 須藤正道, これまでの JAXA 筑波宇宙センターでの研究の歴史, 第57回日本宇宙航空環境医学会大会, 2011年11月25日, つくば.
29. 浅香智美, 社会に役立つ宇宙医学, 第57回日本宇宙航空環境医学会大会, 2011年11月26日, つくば.
30. 相羽達弥, 秋田大学附属中学校, 2011年12月7日, つくば (TKSC).
31. 山田深, 宇宙で生活するということ～有人宇宙開発の挑戦～, 宇宙教育センター学校連携プログラム, 2011年12月14日, 大垣.
32. 大島博, 宇宙医学に学ぶ高齢者の健康長寿, TX テクノロジーショーケース in つくば 2012, 2012年1月13日, つくば.

33. 相羽達弥, スーパー・サイエンス・ハイスクール (SSH) 埼玉県立熊谷高等学校, 2012年2月14日, つくば (TKSC).
34. 大島博, 宇宙医学研究から学ぶ健康支援, 第13回日本健康支援学会年次学術集会, 2012年2月19日, つくば.
35. 大島博, 宇宙医学研究, 第7回 宇宙航空医学認定医講習会, 2012年3月14日, つくば.
36. 大島博, 社会に役立つ宇宙医学, 筑波大学-JAXA 連携協力第1回宇宙医学専門部会, 2012年3月15日, つくば.
37. 松尾知明, 宇宙飛行士のための運動トレーニング, 筑波大学-JAXA 連携協力第1回宇宙医学専門部会, 2012年3月15日, つくば.

○<古川飛行士交信イベント 事前勉強会>

「重力とともに生きる：宇宙飛行士の骨量減少と筋萎縮の対策」

1. 大島博, 学校法人中央学園 中央福祉医療専門学校, 2011年7月25日
2. 山田深, 医療法人 啓和会, 2011年8月6日
3. 大島博, つくば市 いきいき運動教室, 2011年8月8日
4. 山田深, 慶友転倒骨折予防医学センター, 2011年8月10日
5. 大島博, うしくかっぱ体操普及員, 2011年8月11日
6. 大島博, 特定非営利活動法人 高齢者運動器疾患研究所, 2011年8月18日
7. 大島博, 横浜市中区 保健活動推進委員会, 2011年8月19日
8. 山田深, 特定非営利活動法人 日本介護予防協会, 2011年8月20日
9. 大島博, 荒川ころばん体操推進リーダー, 2011年8月22日
10. 大島博, 被災地健康運動支援情報ネットワーク 仙台みやぎ (UNDA), 2011年8月28日

○テレビ・ラジオ

1. 大島博, 地球を守る・命を守る宇宙科学技術, 政府インターネットテレビ, 政府広報.
2. 大島博, NHK 週刊ニュース「深読み」, 日本放送協会.
3. 大島博, みのもんたの朝ズバッ!, TBS.
4. 大島博, 報道ステーション, TV 朝日.
5. 山田深, SPACENAVI Kibo SPECIAL LIVE ソユーズ宇宙船 (27S), ハッチオープン中継, 独立行政法人宇宙航空研究開発機構.
6. 山田深, 宇宙での医学研究, Suntory Saturday Waiting Bar "AVANTI", 東京FM.
7. 山田深, 「きぼう」の実験って, どんなことをしてるの?~, 第2回 JAXA 宇宙航空最前線, ニコニコ動画.
8. 山田深, SPACE@NAVI-Kibo WEEKLY NEWS 第144号, 独立行政法人宇宙航空研究開発機構.
9. 山田深, 「宇宙と医学」, パックンマックンのjaxaのお仕事みてみよう!【第5回】, KBC ラジオ.
10. 相羽達弥, おはスタ「ちょいレア社会科見学」, テレビ東京.

○書籍・雑誌等

1. 大島博, 宇宙医学の成果でわかった人体の不思議, デジタル版イミダス 解体新書, 集英社.

2. 大島博, 宇宙医学の産物を体力医学, リハビリ, 整形外科の分野へ, メディカルトリビューン, VOL.44 NO.16, p.34, 2011年4月21日.
3. 大島博, 高齢者の医療, 健康について意見を交わす交信イベントも, メディカルトリビューン, VOL.44 NO.42, p.72, 2011年10月20日.
4. 大島博, 宇宙環境での研究成果を地上生活に役立てる, メディカルトリビューン, VOL.45 NO.11, p.34, 2012年3月15日.
5. 大島博, 「重力と生きる～宇宙飛行士との対話を通して健康について考える～」参加報告, 日整会広報ニュース, 第88号.
6. 山田深, 古川宇宙飛行士が宇宙医学実験支援システムを検証, メディカルトリビューン, VOL.44 NO.42, p.72, 2011年10月20日.
7. 山田深, 古川宇宙飛行士がISSで取り組んだ実験に見る宇宙医学のポテンシャル, メディカルトリビューン, VOL.45 NO.5, p.31, 2012年2月2日.

○特許

1. 浅香智美, 新堀真希, 尾田正二, 山下俊和, 片田吉彦, 魚類観測装置及び方法, 特願2011-266071, 2011年12月5日.

論文 アブストラクト集

1. 大島博, ビスフォスフォネートによる骨量減少予防-宇宙医学の成果を高齢者の健康増進に役立てる-, 人類への貢献, JAXA HP (<http://iss.jaxa.jp/iss/about/benefits/health/2boneloss/>).

微小重力環境における骨量減少と尿路結石の問題は、長期宇宙滞在で解決すべき最重要課題の1つに挙げられている。ISSでは、軌道上で1日に約2時間、週に6日間の運動を行っているが、骨量減少や尿路結石のリスクを完全に予防できていない。

骨は体を支え、カルシウムを貯めるなど、重要な働きをしている。骨は、常に骨吸収と骨形成によるリモデリングが行われ、丈夫で折れない強度が維持される。無重力環境では骨への荷重刺激がなくなるため、骨吸収亢進と骨形成抑制が起こり、骨量は骨粗鬆症の約10倍の速さで減少する。大腿骨頸部の骨量は、1か月あたり1.5%減少するので、6か月間の宇宙滞在中で約10%減少することになり、帰還後の回復には3~4年かかる。カルシウムの出納（摂取量-排出量）は、飛行前はゼロであるが、飛行中は-250mgとなり、尿路結石のリスクも高まる。

宇宙飛行の骨量減少に対して、骨粗鬆症治療薬として10年前から使用され、骨量増加と骨折発生率低下のエビデンスがある薬剤（ビスフォスフォネート剤）を毎週予防薬として服用し、骨量減少と尿路結石の予防効果をJAXAとNASAの共同研究として検証している。データの間接解析によれば、カルシウムやビタミンDをきちんと摂取し、骨を刺激する運動を行い、必要最小限の薬剤を摂取すれば、宇宙飛行の骨量減少や尿路結石のリスクは軽減できる可能性があることが判った。

高齢者の骨量は、加齢や女性ホルモンの減少により、年間1~2%減少し、若年成人平均より30%減少すると骨粗鬆症になる。現在日本では1,100万人が骨粗鬆症となり、70代女性の2人に1人が該当する。年間15万人が大腿骨頸部骨折手術を受け、社会復帰に約3か月間を要する。医療費は一人150万円を要し、骨折に伴う医療・介護費用は国全体で6,657億円/年にも達する。

超高齢化社会の中で暮らす人々の骨折を予防するためには健康増進啓発として、食事・運動・薬剤の3つが重要である。食事は、栄養バランスの良い食事を心がけ、カルシウム（牛乳、小魚など）やビタミンD（魚やきのこ）を含む食材をしっかりと食べよう、適度な日光浴も大切である。運動は、骨への負荷を加える運動や筋力運動を毎日の生活の習慣に取り込むことが大切である。骨折リスクが高い場合、有効な薬剤を活用すれば、骨折発生率が下がる。このように宇宙飛行から得られた成果を、高齢者の健康増進や子供の教育に活用することが期待されている。

2. Tomoaki Matsuo, Satoshi Seino, Kazunori Ohkawara, Kiyoji Tanaka, Shin Yamada, Hiroshi Ohsima, Chiaki Mukai, An effective and efficient exercise protocol to prevent deterioration of cardiac function during long-term space flight: A preliminary study, *The 28th International Symposium on Space Technology and Science (preprint)*, 2011.

In a microgravity environment, the volume load on the left ventricle is reduced and the cardiac function deteriorates. Consequently, maximal oxygen consumption ($VO_2\max$) decreases

during spaceflight. Reduced cardiac function can lead to serious health problems such as cardiac atrophy, diastolic dysfunction, and orthostatic hypotension. Accordingly, exercise such as using a bicycle ergometer should be a useful countermeasure during spaceflight. On the other hand, many astronauts also experience weight loss during spaceflight because energy imbalances can occur. Some researchers indicate that excessive exercise may promote the energy deficit and have a negative impact on long-term spaceflight. Therefore, we have been devising an original bicycle ergometer protocol better suited to astronauts experiencing long-term spaceflight. One of our candidate protocols is the 3 × 3 protocol named J-HIAT, i.e., three times 3-min intervals with a 2-min active recovery period between intervals. In response to our preliminary experiments, we hypothesize that J-HIAT may be a potential protocol to control the increase of energy consumption and to have a significant impact on $\dot{V}O_{2\max}$ and the cardiac function. To verify the hypotheses, we are working on full-scale experiments. In future, we will show the results of these experiments.

3. 大島博, 宇宙飛行士の健康管理と高齢者のリハビリテーション—宇宙飛行士の骨量減少と筋萎縮の対策から, *福祉介護機器テクノプラス*, 4(9), 11-14, 2011.

我が国の65歳以上の高齢者は、2007年に21%を超え、日本は「超高齢化社会」に突入しました。現在要介護者は480万人に達し、1人の高齢者を3人で支える社会になりました。人類が経験したことのない超長寿社会を、可能な限り自立して生きることは、多くの日本人の願いです。健康長寿で自立した生活を可能にするためには、福祉・介護のシステムの充実と、心身を健康に維持するための毎日の習慣が大切です。究極の予防医学である宇宙医学の成果を、超高齢化社会で暮らす人々の健康長寿に役立てることが期待されています。ここでは、宇宙飛行士の骨量減少と筋萎縮の対策と、地上の人々の健康増進に役立つ情報を紹介します。

4. 大島博, 骨粗鬆症への挑戦—宇宙飛行士の骨量減少対策と高齢者の健康増進, *Journal of Clinical Rehabilitation*, 20(10), 922-928, 2011.

骨粗鬆症は、骨量や骨質の低下により骨強度が低下し、骨折のリスクが増大する骨疾患である。宇宙飛行も骨粗鬆症も骨強度が減少して、骨折のリスクが高まることは共通である。骨粗鬆症の有病率は50歳以後加齢とともに増加するが、宇宙飛行の骨量減少は、健康な30~50歳代の飛行士にも発生する。骨は、常に古い骨を吸収し新しい骨を形成する骨改変（リモデリング）によって、丈夫で折れない骨構造を維持している。閉経後骨粗鬆症や退行期骨粗鬆症では、改変部での骨吸収と骨形成のアンバランスや、骨改変部位の増加により骨量は減少する。宇宙飛行では、骨に必要な荷重負荷刺激が消失するため、骨吸収の著しい増加と骨形成の低下によるアンバランスと骨改変部位の増加が生じ、骨粗鬆症の約10倍の速さで骨量は減少する。宇宙飛行における骨量減少対策は、地上の骨粗鬆症と同様に栄養、運動、および薬剤の3つが重要である。栄養では、宇宙食とメニューを準備する際には、カルシウムやVitamin Dなどの必要量を十分満たすように配慮する。軌道上運動として、トレッドミル使用中にはハーネスを用いて体重相当の荷重負荷を加えながら走り、スクワットやヒールレイズなどの筋力運動も毎日計画する。薬剤では、骨吸収を抑制し骨量と骨強度の維持

効果のあるビスフォスフォネートを予防的に服用し、その効果を確かめている。宇宙飛行士の健康を維持しパフォーマンスを最大限に発揮させる宇宙医学は、究極の予防医学である。宇宙飛行の骨量減少リスクは、十分な栄養、効果的な運動、および適切な薬剤などをうまく計画して行えば軽減できることが実証されつつある。宇宙医学の取り組みから得られた健康増進技術の成果や取り組みを、超高齢社会で暮らす人々の毎日の生活に役立てることが期待されている。

5. 山田深, 宇宙医学とリハビリテーション医学の架け橋, *Journal of Clinical Rehabilitation*, 20(10), 904-913, 2011.

リハビリテーション（以下リハ）医学は、組織や臓器の総体としての“ヒト”の活動、すなわち生活に焦点を当てる学問である。人類が空に挑み、地上を離れた宇宙での生活を目指すためには、リハ医学も新たな領域を拓いていかなければならないのは必定である。

地上でのいわゆる“寝たきり”による廃用が、重力に逆らって立位をとり、大地を歩いて移動することができなくなった結果であるとすれば、重力の働かない宇宙飛行に伴って身体機能が低下するであろうことは想像に難くない。身体機能の低下に伴うADL低下をいかに解決するかはリハ医学がその創生以来取り組んできた根源的なテーマであるが、重力という存在が普遍的なものである限り、リハ医学が“有人”宇宙開発の発展に寄与できる可能性は宇宙と同様に無限の広がりを持つといえよう。

一方、このような「宇宙で生活するためのリハ医学」という観点とは逆に、宇宙環境の利用を通して地上のリハに役立つ新しい知見や技術を獲得することも、そもそも人類が宇宙を目指す意義のひとつとして重要である。重力というフィルターを取り去り、“動く”ということの本質的な理解に迫ることで、重力とともに進化してきた人類が営む生活にも新たな革新がもたらされよう。

本稿では有人宇宙開発と宇宙医学研究の目的と動向について要点をまとめるとともに、これらとリハ医学の関係を俯瞰し、それぞれの発展へ向けた相補的なあり方を展望する。

6. 青木健, 小川洋二郎, 岩崎賢一, 向井千秋「宇宙環境が循環調節に及ぼす影響とその要因解明へのアプローチ-衛生学における実験的研究の観点から-」, *日本衛生学雑誌*, 66(3), 568-572, 2011. 青木健, 小川洋二郎, 岩崎賢一, 向井千秋「宇宙環境が循環調節に及ぼす影響とその要因解明へのアプローチ-衛生学における実験的研究の観点から-」, *日本衛生学雑誌*, 66(3):568-572, 2011. (日本語雑誌)

Many physiological changes associated with spaceflight, including decreases in orthostatic tolerance, exercise capacity, and blood volume have been reported. Orthostatic intolerance is a problem affecting many astronauts immediately postspaceflight. In particular, the relationship between orthostatic intolerance and cerebral autoregulation has been the focus of study in our research group. Although impairment of cerebral autoregulation was speculated to be one of the factors resulting in reduced post flight orthostatic tolerance, a 2-wk spaceflight study revealed that human cerebral autoregulation is preserved or even improved during and immediately after spaceflight in nonsymptomatic astronauts. To investigate the influences of the different kinds of reduction in central blood volume, we performed two ground-based studies. It is suggested that the mild intravascular dehydration partly explains the improved dynamic cerebral autoregulation

observed during and immediately after a short-term spaceflight. Moreover, we also studied the relationship between orthostatic intolerance and cerebral autoregulation under hyperthermic conditions, because hyperthermia leads to orthostatic intolerance. Furthermore, we planned to conduct a study at the International Space Station (ISS) and ground-based studies to elucidate the influences and factors affecting the circulation system in humans in a space environment.

7. Tomomi Watanabe-Asaka, Maki Niihori, Masahiro Terada, Shoji Oda and Chiaki Mukai, Technologies to analyze the movement of internal organs by high-speed movies using medaka, *The 28th International Symposium on Space Technology and Science (preprint)*, 2011.

Living organisms are always exposed and respond to various stresses from the external world – the environment, such as temperature, gravity, radiation, circadian. Understanding and addressing the effects of the environment on human health is a major issue. To clarify this issue, we are studying both human and medaka, which are good model organisms to verify the effects of the space environment for their features including their short life cycle, productivity, mapped whole genome sequences, and transparency even in adults. We are trying to evaluate the heartbeat using transparent medaka with live imaging. Despite the importance of their functions, observation of internal organs has been difficult, hence the remarkable development of imaging technologies in a decade and with the retirement of the space shuttle, experimental procedures without sample collection such as live imaging will be required.

We established an approach to acquire the images and the methodology of the analysis from high-speed movies. We are subsequently going to introduce a method of verifying the movement of internal organs in medaka experiments using high-speed movies.

8. 浅香智美, 新堀真希, 寺田昌弘, 岩崎賢一, 尾田正二, 馬場昭次, 寺井崇二, 大森克彦, 三谷啓志, 向井千秋, 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, *日本マイクログラビティ応用学会誌*, 28(3), 55-61, 2011. (日本語雑誌)

The full-scale operation of the International Space Station has started. The evaluation of influences on astronauts under space environmental stresses during space flight is one of the most important research topics in the space medicine. The aim of this study is to verify the physiological influences of the space environment such as microgravity and space radiation from a basic biomedical point of view by using medaka – small teleost, some of the strains with transparent body and proven the survivability in space. To accomplish the aim, we will conduct three quantitative physiological evaluations under space environment using the live imaging technique – muscle atrophy by reduction of muscle activity, alteration of autonomic nervous system by digestive functions and heart rate analysis, and behavior analysis. This propose is completed using remote image acquisition on orbit, data transfer and analysis of those image data on the ground. These data will be expected to be applied to the stress forecast or health care of astronauts during space missions.

9. Masahiro Terada, Fuminori Kawano, Noriaki Ishioka, Akira Higashibata, Hideyuki J Majima, Takashi Yamazaki, Tomomi Watanabe-Asaka, Maki Niihori, Reiko Nakao, Shin Yamada,

Chiaki Mukai, Yoshinobu Ohira, Biomedical analysis of rat body hair after hindlimb suspension for 14 days, *Acta Astronautica*, 73, 23–29, 2011.

The levels of 26 minerals in rat body hair were analyzed in control and hindlimb-suspended Wistar Hannover rats (n=5 each). We quantified the levels of 22 minerals in this experiment. However, we were unable to measure the levels of 4 minerals (Be, V, Cd, and Hg) quantitatively because they were below the limit of detection. Of the 22 quantified, the levels of 19 minerals were not significantly different between control and hindlimb-suspended groups. The levels of 3 minerals (Pb, Cr, and Al) tended to be higher in the hindlimb-suspended group than in the control group; however, this difference was not significant. The concentrations of 3 other minerals (I, K, and Mg) were significantly different between the 2 groups. The iodine (I) level was 58.2% higher in the hindlimb-suspended group than in the control group ($P < 0.05$). Potassium (K) and magnesium (Mg) levels were 55.2% and 20.4% lower, respectively, in the experimental group ($P < 0.05$ in both cases).

These results indicate that a physiological change in mineral metabolism resulting from physical or mental stress, such as hindlimb suspension, is reflected in body hair. The Japan Aerospace Exploration Agency (JAXA) has initiated a human research study to investigate the effects of long-term space flight on gene expression and mineral metabolism by analyzing hair samples of astronauts who stayed in the International Space Station (ISS) for 6 months. We believe that hindlimb suspension for 14 days can simulate the effects of an extremely severe environment, such as space flight, because the hindlimb suspension model elicits a rapid physiological change in skeletal muscle, bone, and fluid shift even in the short term. These results also suggest that we can detect various effects on the body by analyzing the human scalp hair shaft.

10. Riyo Yamanaka, Shin Yamada, Masahiro Terada, Tatsuya Aiba, Satoru Ishida, Hiroshi Ohshima, Yoshinobu Ohira, Hideyuki Majima, Chiaki Mukai, Preliminary Studies for “Biomedical Analysis of Human hair Exposed to a Long-term Space Flight (Hair)” Project: An Analysis of Trace Elements in the Hair, *The 28th International Symposium on Space Technology and Science (preprint)*, 2011.

The analysis of biospecimens from astronauts reveals considerable important information about their healthcare, but transportation of such samples will become difficult after the retirement of the Space Shuttles. We focused on hair, which is one of the easiest specimens to obtain, store and return, and planned this “Biomedical Analysis of Human Hair Exposed to Long-term Space Flight (Hair)” study. The main objective of the present part is to verify whether changes in mineral metabolism can be detected through analysis of hair shafts from astronauts on the International Space Station.

Ground-based studies were performed to establish an optimum methodology for analyzing trace elements (e.g., calcium, sulfur and chlorine) on the cross-sectional surface of a hair shaft. By using Electron Probe Micro Analyzer (EPMA), we could identify the distribution of minerals in human scalp hairs. In another animal study, a ring-pattern concentration of calcium was observed in hairs

from the mice exposed to microgravity. In this paper, we will report on the overall research plan and the progress we have made to date.

11. 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, *The 28th International Symposium on Space Technology and Science (preprint)*, 2011.

To walk upright on the Moon or Mars, optimized walking techniques under altered gravitational conditions need to be verified. Therefore, we have been studying changes in the kinematics of walking at different gravitational loads using body weight suspension systems.

Our simulation consisted of three gravitational conditions: Earth, 1 g; Mars, 1/3 g; and the Moon, 1/6 g. Surface EMG was recorded from leg muscles while subjects walked on a treadmill and cadence, stance phase duration, and step length were calculated from the walking velocity and steps. Subsequent studies revealed that the muscle activities and duration of the double support phase decreased according to the reduction of simulated gravities. These changes seemed to be caused not only by the direct effects of unloading but also by kinematic adaptations to the same. It can be said that humans walk slowly with shortened stride and elongated stance phase to adjust to low gravitational conditions.

One of the major limitations of the previous study was the fact that the suspension system was fixed to an immovable frame, which might have affected walking stability. We have started further studies using a newer movable body weight suspension system to achieve more realistic simulations.

12. 神原辰徳, 堀江祐範, 森本泰夫, 青木滋, 三木猛生, 月面ダストの生体影響, *空気洗浄*, 49(4), 54-59, 2011. (日本語雑誌)

The harmful effect of moon dust (regolith) on human from technological and biological point of view has been reviewed. In physiochemical properties of regolith hazard-related factors are component fibrous materials and nanoparticles. As for the component of regolith, silicon occupies about 50%. Animal exposure studies have been performed using simulant of regolith, and it is suggested that harmful effect of simulant lies between crystalline silica (one of positive control) and titanium oxide (one of negative control). Fibrous materials may not have low solubility due to inclusion of alkaline and alkaline-earth metal (ex. Na, K, Ca and Mg). The nanoparticle in regolith may have harmful potentials due to the titanium oxide and silica. In microgravity, the deposition of particles with less than 1 μ m in human lung did not decrease. These data in deposition of particles suggested that micron and submicron particles may be accumulated in the lung in microgravity. The researches on correlation between regolith behavior and microgravity are preliminary and very much limited, therefore it is necessary to perform lots of researches in this field.

13. Kazuhiro Terasawa, Tadayoshi Doke, Kentaro Miuchi, Toru Tanimori, Shinichi Sasaki, Kiwamu Saito, Kazutoshi Takahashi, Hiroko Tawara, Haruhisa Matsumoto, Tetsuhito Fuse, Tatsuto Komiyama, Aiko Nagamatsu, Yukio Uchihori and Hisashi Kitamura, Response

of a prototype position-sensitive tissue-equivalent proportional chamber to heavy ions with energies of several hundreds of MeV/n, *KEK Proceedings*, 2011-8, 189-195, 2011.

We began to develop an active dosimeter, a position-sensitive tissue-equivalent proportional chamber (PS-TEPC), for space radiation. The detector is intended to exhibit good properties of both real-time radiation monitoring device III (RRMD-III) and tissue-equivalent proportional counter (TEPC), that is, position sensitivity, tissue equivalency and omni-directionality. A realistic dosimeter design is achieved by a gas time-projection chamber (TPC) with a micro pixel chamber (μ -PIC) electrode and A-150 tissue-equivalent conductive plastic plates. A second prototype detector was developed and irradiation tests with heavy ions were performed. An energy resolution of 4.2% (σ) was obtained for Fe beam with the energy of 500 MeV/n. By the extrapolation to the lower LET region from the results of He, C, Ar, and Fe irradiations, the measurement error for charged particles in space is expected to be lower than 30%, which is the NCRP's recommended value for space dosimetry.

14. Maki Niihori, Shin Yamada, Tomoaki Matsuo, Reiko Nakao, Takashi Nakazawa, Yoshito Kamiyama, Hajime Takeoka, Akiko Matsumoto, Hiroshi Ohshima, Chiaki Mukai, Mission X-Japan ~Education Outreach Program Featuring Astronautical Specialties and Knowledges~, *The 28th International Symposium on Space Technology and Science (preprint)*, 2011.

In the science field, disseminating new information to the public is becoming increasingly important, since it can aid a deeper understanding of scientific significance and increase the number of future scientists. As part of our activities, we at the Japan Aerospace Exploration Agency (JAXA) Space Biomedical Research Office, started work to focus on education outreach featuring space biomedical research. In 2010, we launched the Mission X education program in Japan, named after "Mission X: Train Like an Astronaut" (hereinafter called "Mission X"), mainly led by NASA and ESA. Mission X is an international public outreach program designed to encourage proper nutrition and exercise and teaching young people to live and eat like astronauts. We adopted Mission X's standpoint, and modified the program based on the originals to suit Japanese culture and the students' grade. Using astronauts as examples, this mission can motivate and educate students to instill and adopt good nutrition and physical fitness as life-long practices.

Here we introduce our pilot mission of the "Mission X in Japan" education program, which was held in early 2011. We are continuing the education/public outreach to promote the public understanding of science and contribute to science education through lectures on astronautical specialties and knowledge.

(※本報告書内に掲載したアブストラクトは出典元より掲載許可を受けています。)

リンク集

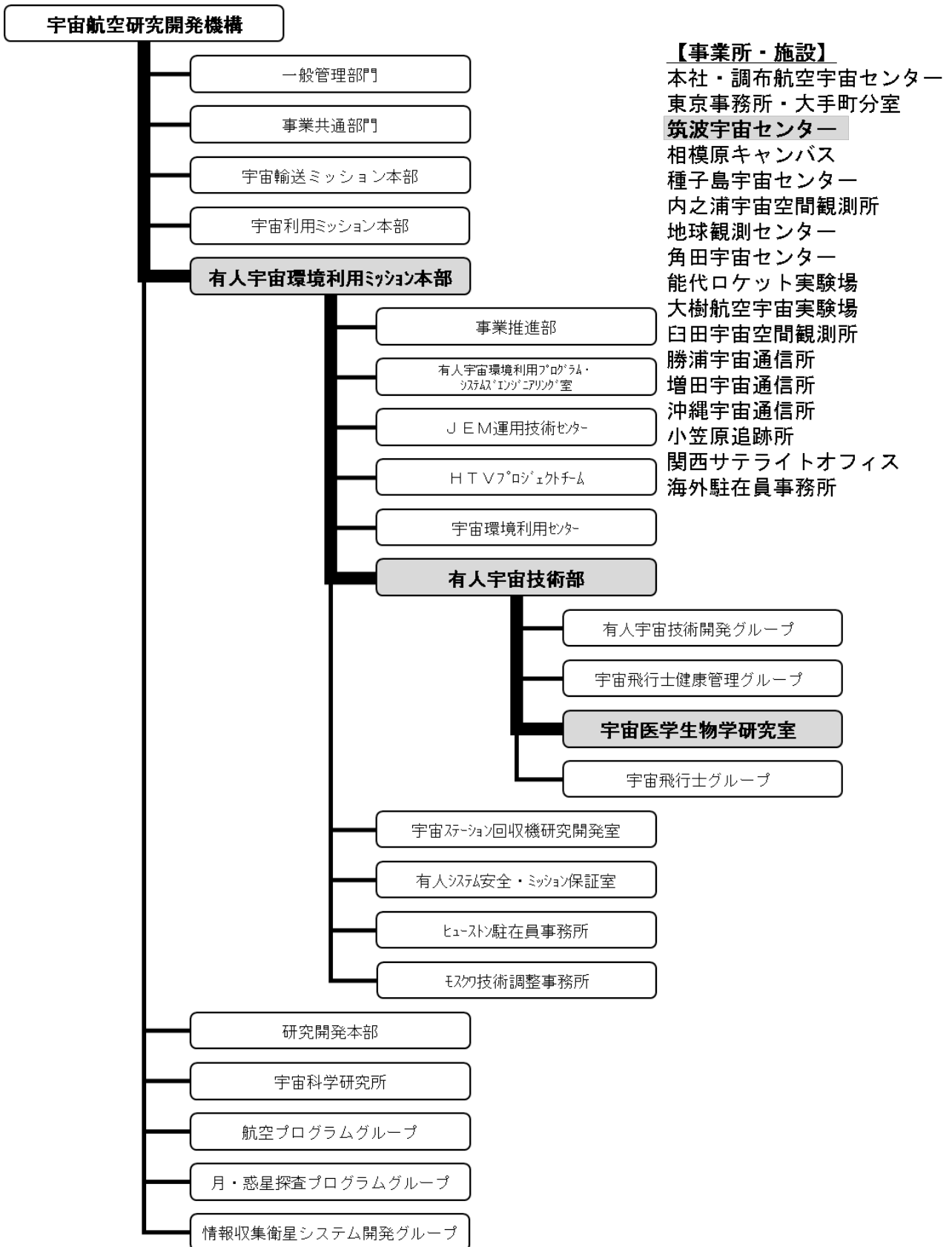
タイトル	内容	URL
宇宙医学	宇宙医学全般について記載されています。	http://iss.jaxa.jp/med/
JAXA リポジトリ	JAXA が刊行する文献や学術雑誌論文、学位論文等を公開するシステムで、文献検索を行うことができます。	http://repository.tksc.jaxa.jp/ (JAXA 文献データベースの利用者マニュアルは以下 URL をご確認ください。) http://airex.tksc.jaxa.jp/help/userguide.html
宇宙航空文献情報公開システム	宇宙航空文献交換を通じて収集した国内外の航空宇宙分野を中心とした文献を登録したシステムです。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 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/
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/
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://www.jaxa.jp/visit/tsukuba/tour_j.html
ビデオライブラリー	古川宇宙飛行士の活動をまとめたビデオライブラリーです。	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製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 英文 PDF http://iss.jaxa.jp/med/0220jaxa_kenkotyojyu_english.pdf

Mission X	体育と食育を中心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/missionx/ Mission X の公式ホームページ http://trainlikeanastronaut.org/ja
NASA Human Research Program	NASA の「ヒトを対象とした実験」について紹介しています。	http://humanresearch.jsc.nasa.gov/
ESA reserch human spaceflight and exploration	ESA の「ヒトを対象とした実験」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/

“宇宙医学”

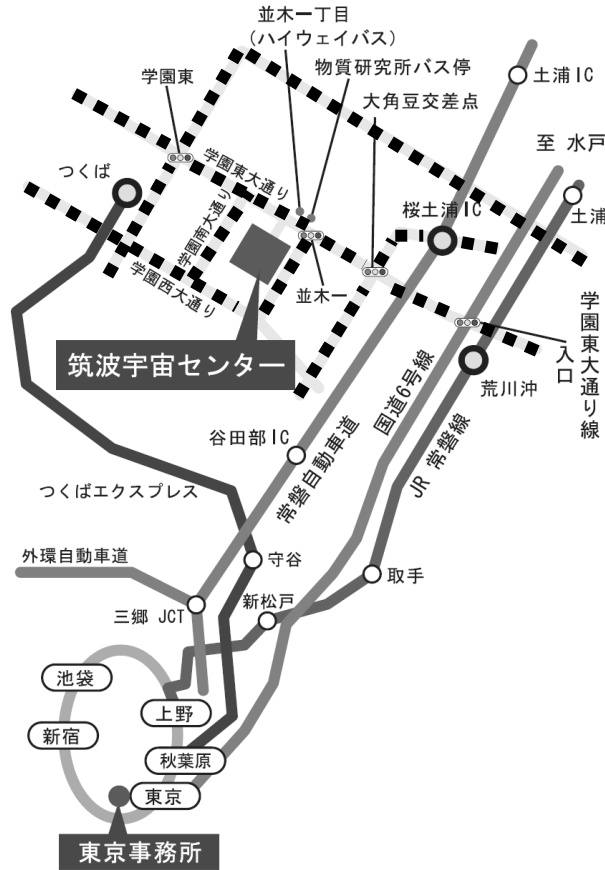


(独) 宇宙航空研究開発機構の組織図 (2012年3月現在)



筑波宇宙センターへのアクセス

筑波宇宙センター 交通機関のご案内



●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
「物質研究所」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
「物質研究所」下車 徒歩1分

●バス

「東京駅（八重洲南口）」
→「つくばセンター」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

●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）

編集後記

宇宙医学生物学研究室との共同研究や研究協力をいただいている国内外の関係機関ならびに資料提供いただきました各機関、研究室メンバーのご協力により、「2011 年度年次活動報告書」が完成いたしました。昨年3月11日の東日本大震災によってさまざまな影響を受けている中で、多大なるご協力いただきました。心より感謝申し上げます。

2011 年度は研究室が関係する大きなイベントが開催され、より多くの皆様にわかりやすく我々の活動内容をお届けできるようにそのイベント（古川聡宇宙飛行士の長期滞在ミッション、学会開催）を中心に特別企画としてまとめました。また、2011 年度の報告書には研究室立ち上げ当初からスタートした研究テーマの充実した研究成果を報告することができました。さらに、2011 年度末には宇宙医学を体験できる展示室を拡充し、年次報告書とともに広く皆様に活動を知っていただく機会が益々増えることとなります。

宇宙医学生物学という言葉を目にされた方、年次活動報告書を手にした皆様や展示室を見学いただきました皆様には宇宙医学生物学研究に興味をお持ちいただき、より深く我々の活動を知っていただくことができれば嬉しい限りです。

（編集委員 相羽 記）

（※特に断りがない場合、本報告書内の掲載画像の出典は JAXA/NASA）

2011 年度 宇宙医学生物学研究室年次活動報告

（宇宙航空研究開発機構特別資料 JAXA-SP-12-003）

発行日：2012 年 6 月 29 日

発行者：独立行政法人 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 宇宙飛行士運用技術部 宇宙医学生物学研究室

〒305-8505 茨城県つくば市千現2-1-1

JSBRO@jaxa.jp

<http://www.jaxa.jp>

編集：相羽達弥 太田敏子

※本書の一部または全部を無断複写・転載・電子媒体等に加工することを禁じます。