



ISSN 1349-113X
JAXA-SP-11-002

宇宙航空研究開発機構特別資料

2010年度 宇宙医学生物学研究室 年次活動報告

J-SBRO Annual Report 2010



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

表紙デザイン：新堀真希
Design : Maki Niihori

2010 年度 宇宙医学生物学研究室 年次活動報告

J-SBRO Annual Report 2010

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	2
研究室マネジメントの立場から	6
宇宙医学生物学研究室（J-SBR0）室員紹介	7
宇宙医学生物学研究室の研究テーマと概要	9
○国際宇宙ステーション利用実験	9
○地上研究テーマ	10
○アウトリーチ・教育	11
○外部資金研究	11
○共同研究一覧	12
生理的対策分野	13
○骨量減少対策チーム	13
○体力低下予防対策チーム	14
○メダカを用いた生理的対策チーム	15
○毛髪 Hair チーム	17
○栄養チーム	18
放射線被曝管理分野	19
○生物影響チーム	19
軌道上医療分野	20
○生体リズムチーム	20
宇宙船内環境分野	21
○微生物モニター Myco チーム	21
南極利用医学分野	22
○南極利用研究チーム	22
月面開拓医学分野	24
○月面歩行チーム	24
○保健医療対策チーム	25
○月面放射線チーム	26
アウトリーチ・教育分野	28
○教育チーム(J-MEd)	28
○Mission X チーム	29
搭載準備・軌道上実験運用	30
○搭載準備・軌道上実験運用チーム	30
活動報告（2010 年度）	31
論文紹介	42
リンク集	81
（独）宇宙航空研究開発機構の組織図（2011 年 3 月現在）	82
筑波宇宙センターへのアクセス	83

はじめに

国際宇宙ステーション (International Space Station, ISS) は、今や恒久的な軌道上研究施設となり、常時 6 人の国際飛行士が滞在しています。日本人宇宙飛行士も、2009 年の若田飛行士 (ISS に 4 カ月滞在)、2010 年の野口飛行士 (ISS に 6 カ月滞在)、山崎飛行士のシャトルでの短期飛行が成功裏に終了し、2011 年の 5 月には医師のバックグラウンドを持つ古川飛行士が 6 ヶ月間の宇宙滞在をすることが予定されています。その後も、星出飛行士、若田飛行士とそれぞれ 6 カ月の宇宙滞在が予定されており、一年から一年半にひとりくらいの割合で定常的に日本人が宇宙に滞在する時代となりました。

宇宙医学生物学研究室では、人の長期宇宙滞在に必要な医療技術をより良いものにするために 5 分野 (生理的対策、精神心理支援、放射線被曝管理、軌道上医療、宇宙船内環境) の研究領域で研究を行っています。また、国際宇宙飛行士を対象とした軌道上での研究の意義を深めるために、宇宙模擬環境としての南極利用やモデル生物 (メダカ、マウス、細胞培養等) を対象とした研究も推進してきています。



提供：NASA/JAXA

宇宙医学生物学研究室長 向井千秋

2007 年 4 月に開設した若い研究室ですが、第 2 回目の年次活動報告書では研究成果の一部を出版するまでになりました。「社会に役立つ宇宙医学」や「宇宙医学は究極の予防医学」をモットーに、研究員一同さらに研究に邁進していく所存です。この成果報告書を読んだくださった皆様からのご意見やご示唆をいただき、研究邁進への糧とできれば幸いです。



本年度トピックス

国際福祉機器展「宇宙技術の福祉応用」の特別展示！



宇宙飛行士の健康管理 教育プログラム「mission X」始動！！



古川飛行士 宇宙医学関連の軌道上実験の訓練が始まる



【写真説明】
宇宙で使用する電子聴診器の使用方法を確認する古川聡さん(右)=つくば市千現の筑波宇宙センター

平成 23 年 2 月 25 日付 茨城新聞 web

(提供：茨城新聞)

浅香智美 宇宙航空プロジェクト研究員

日本宇宙生物科学会第 24 回大会にて優秀発表賞受賞！



APR

- Biological Rhythms, Hair, Myco 軌道上実験用物品 打上げ(STS-131)
- Myco 軌道上サンプル帰還(STS-131)
- Myco 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

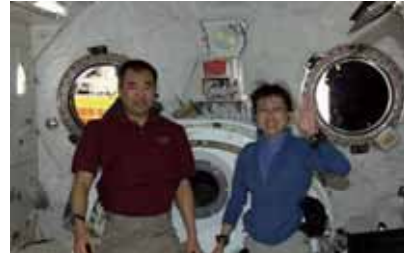


MAY

- Hair, Myco 軌道上サンプル帰還(STS-132)
- Biological Rhythms, Myco 軌道上実験

JUN

- 野口宇宙飛行士 長期滞在から帰還



JUL

- 南極医学医療ワークショップ
- 宇宙医学研究推進分科会
- Biological Rhythms, Hair 軌道上実験

AUG

- Biological Rhythms, Myco 軌道上実験



SEP

- 宇宙医学研究推進分科会
- Biological Rhythms 軌道上実験



OCT

- 研究室 勉強会「ブレインサイエンスと宇宙医学」
- 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

- 研究室 勉強会「毛髪」
- 研究室 勉強会「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」
- Biological Rhythms, Hair, Myco 軌道上実験



DEC

- 研究室 ランチオンセミナー「月の孔」
- 宇宙医学研究推進分科会 ワークショップ「魚を利用した宇宙医学生物学実験 今後の軌道上実験へ向けた戦略」
- Mission X in Japan開始
- Biological Rhythms, Hair 軌道上実験用物品 打上げ（宇宙ステーション補給船「こうのとりのり」）
- 宇宙医学研究推進分科会 ワークショップ「宇宙と健康増進の取り組み」
- Biological Rhythms, Hair 軌道上実験

JAN

- Biological Rhythms, Myco, Hair 軌道上実験用物品 打上げ（STS-133）
- 研究室 勉強会「食育」
- Biological Rhythms 軌道上実験
- 古川飛行士の宇宙医学関連 軌道上実験 訓練



FEB

- Myco, Hair 軌道上サンプル帰還（STS-133）
- 宇宙医学研究推進分科会
- 宇宙医学研究推進分科会 ワークショップ「科学広報と教育への活用」
- Myco 軌道上実験

MAR

新聞報道



Interview 向井千秋
JAXA 有人宇宙機総研宇宙医学・生物研究部長・首席補士・宇宙飛行士
宇宙医学は
究極の予防医学

[illegible][illegible][illegible][illegible]

「日本の宇宙産業 Vol.2 5」
JAXA 産業連関

「日本の宇宙産業 Vol.2 宇宙をつかうくらしが変わる」

JAXA 産業連携センター出版



平成 22 年 10 月 13 日付 東京新聞

(提供：東京新聞)

皇太子さま、つくば来訪

日・5.5 杯の水が割り当てられ
て、尿をリサイクルするフラ
グメントを説明しました。とち
り、熱心なその印象を受けま
したと話していました。

オランダ皇太子を案内
この日は、は訪問前に、千
原流山荘を訪れ、利根川と江戸
を結ぶ利根運河を視察。運河は
治時代にオランダ人技師ムル
が工事監督を務めており、その
績をたたえる碑にも足を運ん
だ。(大高俊樹)

「きぼう」運用管制室を視察



向井千秋宇宙飛行士(左から2人目)の説明を
けられる皇太子さまとアレキサンダー皇太子
つくば市千現の筑波宇宙センター(代表撮影

平成 22 年 9 月 15 日付 茨城新聞

(提供：茨城新聞)

宇宙飛行士ら特別授業

宇宙飛行士がただの唐菜に
て飛ぶ。特別機材が20日
日、つくば市千原町にある
航宇館で開演された。
X-1、筑波大学「セター」
で開かれ、小学一年から
中学生の子どものもと30
人が参加、食品の味と空
験を宇宙飛行士に必要な
能力を身に付けるための
特別授業は1月から世界
界が国で始まった教育
プログラム「Mission
on X-1」の一環として
開催の大切さを知った
らぬのを大切に実施。寒
しみがかり適切な生活
と運動習慣を身につけ
る授業内容で、身につく
秋田県宇宙飛行士「JAXA

つくばで健康の大切さ学ぶ
子ども30人



ポテトチップスの油を分離させる実験に真剣な表情で取り組む参加者＝つくば市千現の筑波宇宙センター

[illegible]

平成 23 年 2 月 25 日付 茨城新聞

(提供：茨城新聞)

研究室マネージメントの立場から

山本雅文 研究計画マネージャー

宇宙医学生物学研究室では、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、様々な宇宙医学の研究課題を次の5つの研究領域（5分野）に分類して基礎研究及び臨床研究の両面から研究に取り組んでいます。

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影響、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診断・生体モニター（簡易・自己診断機能）、軌道上診断システム等

5. 宇宙船内環境分野

船内空気環境汚染モニタリング、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、2009年の若田宇宙飛行士から始まった国際宇宙ステーション（ISS）の長期滞在宇宙飛行士を対象とする軌道上研究、第50次・第51次南極地域観測隊員を対象とする宇宙の模擬環境としての南極利用研究、小型水棲生物メダカをヒトの

モデル生物として用いた研究等、多様な実験環境を利用して各分野の研究を行っています。5つの研究領域を経系、様々な実験環境を緯系として、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。

更に、将来の有人宇宙活動に必要な基礎研究として、月面で必要となる医学研究を「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。

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、10数機関の研究所・大学等と共同研究・研究協力を行っていますが、今後とも多くの分野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・教育活動を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） 室員紹介

JAXA 宇宙医学生物学研究室 （17 名）

- ・ 向井千秋 室長
- ・ 山本雅文 研究計画マネージャ（上席開発員）
- ・ 大島 博 研究領域リーダー（主幹研究員）
- ・ 田中一成 主幹開発員（7 月退職）
- ・ 土屋英俊 主幹開発員
- ・ 山田 深 主任研究員
- ・ 武岡 元 主任研究員
- ・ 石田 暁 開発員
- ・ 相羽達弥 開発員
- ・ 山中理代 開発員
- ・ 浅香智美 宇宙航空プロジェクト研究員
- ・ 寺田昌弘 宇宙航空プロジェクト研究員
- ・ 新堀真希 宇宙航空プロジェクト研究員
- ・ 松尾知明 宇宙航空プロジェクト研究員
- ・ 中尾玲子 宇宙航空プロジェクト研究員
- ・ 菅野由美 パートナー
- ・ 平塚美由喜 パートナー

JAXA 宇宙医学生物学研究室 併任（7 名）

- ・ 嶋田和人 宇宙飛行士健康管理グループ 医長（主任開発員）
- ・ 阿部貴宏 宇宙飛行士健康管理グループ 主任開発員
- ・ 松本暁子 宇宙飛行士健康管理グループ 医長（主任開発員）
- ・ 三木猛生 宇宙飛行士健康管理グループ 医長
- ・ 永松愛子 宇宙環境利用センター 主任開発員
- ・ 益川充代 宇宙環境利用センター 開発員（6 月退職）
- ・ 中野 完 宇宙教育推進室 主任

JAXA 宇宙医学生物学研究室 招聘嘱託・招聘職員（10 名）

- ・ 太田敏子 招聘嘱託 筑波大学 名誉教授
(元：大学院人間総合科学研究科 基礎医学系 教授)
- ・ 岩崎賢一 招聘研究員 日本大学 医学部 教授
- ・ 須藤正道 招聘研究員 東京慈恵会医科大学 准教授
- ・ 立崎英夫 招聘研究員 放射線医学総合研究所 被ばく医療部 室長
- ・ 寺沢和洋 招聘研究員 慶應義塾大学 医学部 助教
- ・ 山本直宗 招聘研究員 東京女子医科大学 講師
- ・ 尾田正二 招聘研究員 東京大学 大学院新領域創成科学研究科 准教授
- ・ 水野 康 招聘研究員 東北福祉大学 子ども科学部 任期制准教授
- ・ 青木 滋 招聘研究員 清水建設(株) 技術研究所 主任研究員
- ・ 田山一郎 招聘開発員 千代田アドバンス・ソリューションズ株式会社

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)	寺田昌弘・山田 深・山中理代・中尾玲子・石田 暁・相羽達弥・大島 博・石岡憲昭・東端 晃・山崎 丘・向井千秋 (研究代表者) 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・田山一郎・向井千秋 (研究代表者)	実施中
軌道上医療	長期宇宙飛行時における心臓自律神経活動に関する研究 (Biological Rhythms)	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 (研究代表者) 東京女子医科大学との共同研究	実施中
宇宙船内環境	国際宇宙ステーションに滞在する宇宙飛行士の身体真菌叢評価 (Myco)	山田 深・相羽達弥・石田 暁・山中理代・太田敏子・山崎 丘・東端 晃・石岡憲昭・向井千秋 (研究代表者) 帝京大学および明治薬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・寺田昌弘・中尾玲子・尾田正二・岩崎賢一・須藤正道・大島 博・向井千秋 (研究代表者) 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
軌道上医療	長期宇宙飛行時における 48 時間心臓自立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	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 (研究代表者) 東京女子医科大学との共同研究	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(研究代表者)	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・寺田昌弘・中尾玲子・尾田正二・岩崎賢一・須藤正道・大島 博・向井千秋(研究代表者)	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・寺田昌弘・中尾玲子・尾田正二・須藤正道・大島 博・向井千秋(研究代表者)	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(研究代表者)	詳細計画化中
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・向井千秋(研究代表者)	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	阿部貴宏・山中理代・立崎英夫・向井千秋(研究代表者)	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・寺田昌弘・山中理代・武岡 元・太田敏子・水野 康・山本直宗・山崎 丘・石岡憲昭・東端 晃・向井千秋(研究代表者)	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(研究代表者)	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)	土屋英俊・武岡 元・大島 博・青木 滋・向井千秋(研究代表者)	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(研究代表者)	実施中

(3) アウトリーチ・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(研究代表者)	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・武岡 元・松本暁子・大島 博・向井千秋(研究代表者)	実施中

(4) 外部資金研究

分野	テーマ	研究者	実施状況
生理的対策	筋活動変化に対するメダカ骨格筋の影響;メダカはヒトのモデルになり得るのか?(科学研究費補助金)	寺田昌弘(研究代表者)	実施中

共同研究一覧

テーマ	共同研究機関
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
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
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
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）	労働衛生安全総合研究所、産業医科大学

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、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。

これまで、7 例の飛行士から経口薬投与への研究参加の同意を取得している。2011 年 3 月現在、4 名の宇宙飛行士は宇宙飛行中に毎週ビスフォスフォネートを服用し、飛行後の医学データを取得している。さらに、現在 2 名の宇宙飛行士は、ISS に滞在して経口薬を服用している。今後、静注法も含めて 10 例まで飛行データ取得するとともに、さらにこれまで入手したデータを解析し、今後学会等で発表行う予定である。(徳島大学、産業医科大学、名古屋市立大学との共同研究)

「きぼう」宇宙医学の成果
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

- 目的**
骨粗鬆症の治療薬(ビスフォスフォネート)を用いて、骨量減少と尿路結石リスクを予防する。
- 実験概要**
 毎週経口薬(アレナロネート70mg)を服用、あるいは飛行前に静注薬(ゾレドロン酸4mg)を投与
 飛行前後に、骨密度、骨代謝マーカー、および尿路結石検査を行い、効果を確認する
- 代表研究者**
 日本側PI: 松本俊夫
 (徳島大学教授JAXA客員研究員)
 米国側PI: Adrian LeBlanc
 (Director of USRA)
- 結果**
 帰還後骨量減少は少ない



個人が識別できないよう複数の被験者のデータを解析した後、科学成果を発表

ビスフォスフォネート

(特徴)

- ・ピロリン酸と類似構造
- ・骨吸収を抑制

(効果)

- ・骨密度を年間3~5%増加
- ・骨折発生率を低下

(課題)

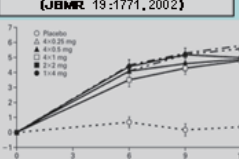
- ・食道障害(30分間胸がこねない)
- ・低吸収率(30分間食事をとれない)

$$\begin{array}{ccccc} O & - & O & - & O \\ | & & | & & | \\ O & = & P & - & O - P = O \\ | & & | & & | \\ O & - & O & - & O \end{array}$$

$$\begin{array}{ccccc} O & - & R_1 & O & - \\ | & & | & & | \\ O & = & P & - & C - P = O \\ | & & | & & | \\ O & - & R_2 & O & - \end{array}$$

(a) ビロリン酸 (b) ビスフォスフォネート

Zoledronate静注による腰痛骨痛発症
 (JBMR 19:1771, 2002)



・利点: 骨量減少予防効果
 ・欠点: 消化器系の副作用

経口薬の毎週投与、静注投与

体力低下予防対策チーム

大島 博・山田 深・松尾知明・向井千秋

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

1. 微小重力下における効果的な運動器具・トレーニングに関する研究：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。電気刺激装置は、リハビリテーション施設で使用するものと同様であるが、運動時に拮抗筋側の筋肉が刺激され、主動筋は自発求心性に遅筋が主に収縮し、拮抗筋は電気刺激により遠心性に速筋が主に収縮されるので、微小重力下での筋力トレーニングが可能となり、運動時に骨に長軸荷重が加わる。

大学や病院での有用性検証をふまえて、国立極地研究所との共同研究として南極地域観

測隊員の運動検証を実施した。ライフサイエンス国際公募で研究テーマとして採択され、現在軌道上実験に向けた準備を行っている。
(久留米大学 志波直人教授との共同研究)

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

松尾知明・大島 博・山田 深

長期宇宙滞在では、短時間で効果的に体力低下、心機能低下を防止できる運動プログラムが必要となる。自転車運動トレーニング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、心機能低下の予防策としても有効である。一方、トレーニングのエネルギー消費により、宇宙滞在中に顕著な体重減少を生じる飛行士も少なくない。

本研究では、長期宇宙滞在中の全身持久性体力や心機能の低下を予防でき、さらに運動によるエネルギー消費量の増加を抑制できる運動療法として、高強度インターバル有酸素運動トレーニング (High-intensity Interval Aerobic Training: HIAT) に着目している。本研究では、JAXA 版 HIAT (J-HIAT) を考案すること、また、その有効性、妥当性を地上実験により検証することを目的としている。

(筑波大学 田中喜代次教授との共同研究)

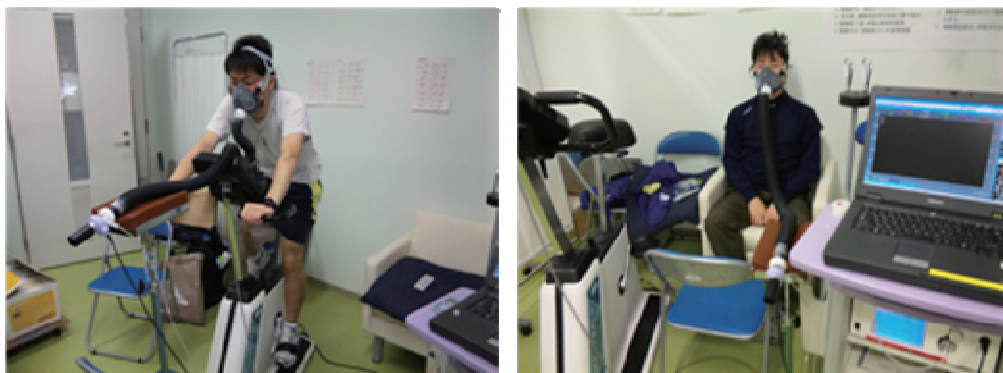


図1 HIAT 測定風景 (右写真：負荷時，左写真：安静時)

メダカを用いた生理的対策チーム

浅香智美・新堀真希・寺田昌弘・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としての実績を持つ。またメダカは、1960 年代より放射線刺激応答を検出する *in vivo* の系としても確立されていることに加え、顕微鏡下で直接生きたまま評価できるという利点を持つ。近年、ライブ・イメージングの技術が革新的に飛躍し、現在では個体レベルのみならず、一細胞内における分子動態、さらには遺伝子の活性化などが簡便にイメージングできるようになってきている。我々は、放射線影響及び宇宙空間での概日リズムなどの環境ストレスを、メダカを用いて基礎生物医学的観点から検証することで、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、皮膚、造血組織と並んで放射線被曝に対して感受性が高いことに加え、食物等を介して外界と接している一方で、体の内側に存在していることから直接観察することによる放射線被曝の影響の評価、或いはストレスモニタリングが難しいのが現状である。本研究では、ISS に滞在する宇宙飛行士の受ける放射線、微小重力、閉鎖環境等の宇宙環境ストレス影響をメダカ消化管と心臓自律神経系を指標に検証している。

これまでに、内臓の見えるメダカ系統 (SK2) を用いて、心臓および腸管の映像取得手法を確立し、現在は、内臓副交感神経及び心臓自律神経の解析を実施している。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)

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、地上環境の特徴である 24 時間を周期とする概日リズムは、生物的活动に大きな影響を与えている。

本研究では、宇宙環境におけるメダカ骨格筋への影響と概日リズムの活動パターンへの影響を、生化学的手法とライブイメージングにより解析することで、長期宇宙滞在の生体への影響を評価している。

これまでに、メダカ成魚を用いて、正常な状態のメダカの活動量変化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。

3. メダカ骨格筋を用いた遅筋萎縮メカニズムに関する研究

微小重力環境下に長期間さらされることにより、筋活動の低下により骨格筋が萎縮することが知られている。この筋萎縮は抗重力筋であるヒラメ筋に著しく生じることが明らかとなっている。

本研究では、メダカ骨格筋を対象に、ライブ・イメージングと分子生物学的方法を用いて骨格筋萎縮メカニズムを解析・考察することを目的としており、メダカ骨格筋萎縮・肥大モデルの確立、萎縮・肥大の経時的・定量的評価方法の確立、筋萎縮メカニズムにおける分子生物学的解析の三項目に着目して進めている。

これまでに、変異体メダカや低温実験などから萎縮モデルの作出を実施し、各種メダカからの組織学的解析及び筋肉内での遺伝子発現変化を評価している。

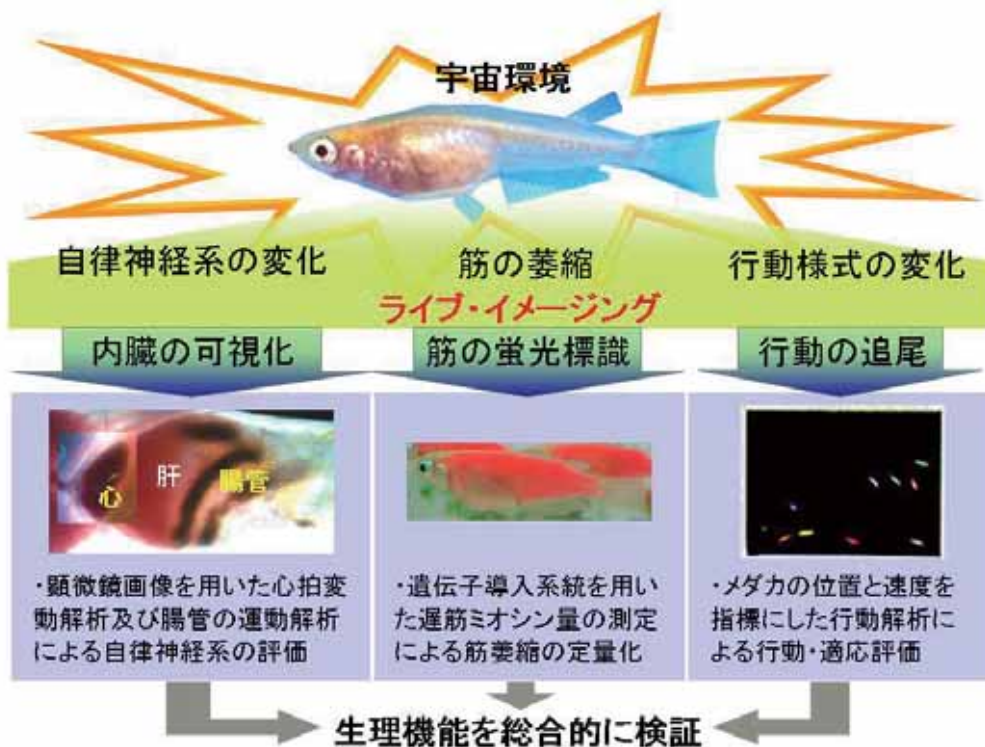
4. メダカのライブ・イメージングによる宇宙環境ストレス応答の評価【軌道上実験：きぼう利用第2期後半期間候補テーマ】

宇宙飛行士が宇宙滞在時に受ける微小重力、ISS 船内閉鎖環境、宇宙放射線等の宇宙環境ストレスの影響評価は、宇宙医学における最重要研究課題の一つである。また、スペースシャトルの退役に伴い、サンプルの回収を伴わない実験が要求されるようになる。ヒトを対象とした研究に加えて、新たな研究系が必要とされる。

本研究では、宇宙での長期飼育可能で透明な体躯の系統を有するメダカに対するライ

ブ・イメージングの手法により、宇宙環境下での骨格筋活動の変化、心拍解析や消化管機能など自律神経系に及ぼす影響、および行動変化を、経時的かつ定量的に評価し、長期宇宙滞在における生体影響の評価解析方法の開発に資することを目標とする。

将来的には、薬物など対処法を開発することにより、よりよい宇宙環境を整備することを目指している。(東京大学 三谷啓志教授、お茶の水女子大学 馬場昭次名誉教授、山口大学 寺井崇二准教授との共同研究)



毛髪 Hair チーム

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

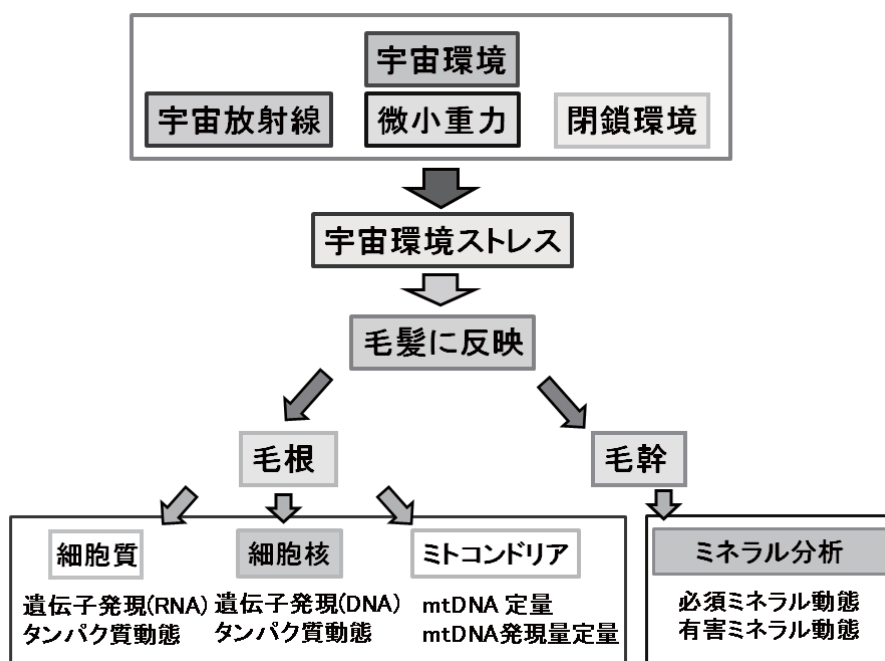
長期宇宙滞在宇宙飛行士の毛髪分析による医学生物学的影响に関する研究

毛髪はサンプリングが容易であるばかりでなく、採取した試料は凍結による保存のみで特別な配慮を必要としない。毛根はストレスなどの様々な外部要因に敏感に応答することから、そこから抽出される分子を分析することにより、生体影響を分子（遺伝子）レベルで解析することができる。毛幹は、体内含有微量元素の短期および長期変動が記録されていくため、毛幹の特定位置における含有元素を解析することにより、ある特定時期の生体の状態を知ることができる。

本研究の目的は、ISS に長期滞在する宇宙飛行士から毛髪を採取し、基礎生物医学的観

点から長期宇宙滞在の影響を解析し、今後の有人宇宙活動の基礎的な医学データを取得するものである。

これまでに、毛根部から効率的な遺伝子抽出法ならびに増幅法の検討を行い、DNA マイクロアレイ法での解析を実施している。また、毛幹部においては Ca を中心とした含有微量元素の横断面での分布ならびに定量を行っている。さらに宇宙飛行士の対照実験として、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も取得し、DNA マイクロアレイ法を用いて地上コントロールとの比較検討も行っている。（鹿児島大学 馬嶋秀行教授との共同研究）



栄養チーム

中尾玲子・太田敏子・松本暁子・田山一郎・向井千秋

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

筋肉は使われなくなると1日で0.5～1%痩せ3～5週間で半分程度になると言われている。ISSに長期滞在する宇宙飛行士の筋力低下の対策は緊急の課題である。これまでの研究から、微小重力環境における筋萎縮のメカニズムが明らかになってきた。通常、筋蛋白質の合成と分解のバランスは維持されているが、微小重力下では、ユビキチンリガーゼとよばれる筋萎縮蛋白質の発現が増大し、過剰に筋蛋白質が分解されることが解ってきた。

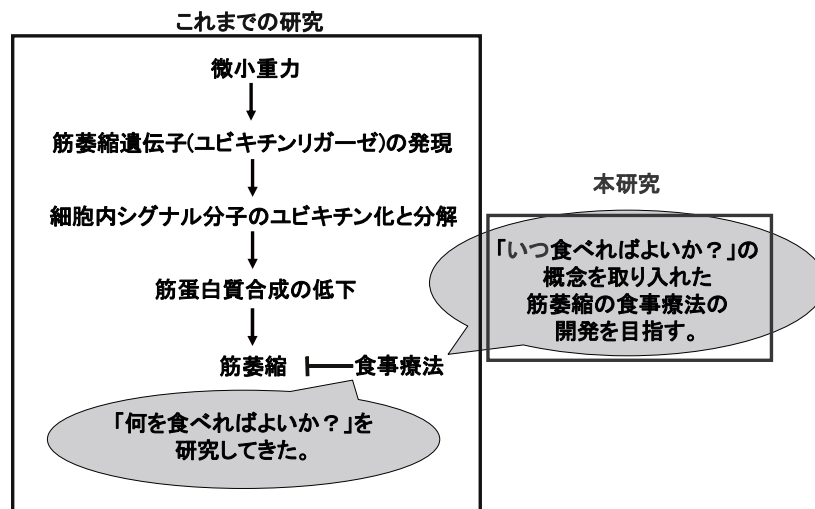
我々は、筋萎縮の対策として効果的な食事療法を提案することを目指している。そのために、筋萎縮蛋白質の発現リズムを利用した研究を進めている。生物は、時計遺伝子の働きにより生命活動を一定のリズムに調節している。近年、筋肉にも時計遺伝子が発現していることが明らかになり、各組織は独自の概日リズムを持つと考えられるようになった。そこで本研究では、培養細胞を用いて筋萎縮蛋白質の発現量を経時的に測ることにより日内変動を明らかにし、筋萎縮の食事療法に利用するための基礎データを取得することを計画している。

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

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確認する。解析結果から想定以上の栄養素変化が確認されれば、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する。

我々は宇宙日本食サンプル及び JAXA Bio PADLES を2010年4月に打ち上げ、ISSで長期保管（1年以上）後、2011年中に回収する。回収後、宇宙食中の栄養素変化を解析する。解析項目は、放射線の影響を受けやすいビタミン類、脂質酸化物、アミノ酸とする。宇宙放射線の被曝量に関しては、JAXA Bio PADLES のデータを解析する。



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・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のひとつであり、宇宙医学生物学研究的重点研究課題のひとつとなっている。これまで、地上での生体への放射線影響の評価として、高線量・急性被曝時の長期的な影響が疫学調査結果として蓄積されているが、宇宙環境に相当する低線量率・長期被曝での慢性照射に対する生物影響リスクは、高線量域でのデータを元に外挿した推定によるものである。

本研究では、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するために、ヒト培養細胞とメダカ个体を用いたブリッジング評価を行うことで、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、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的としている。

ヒト培養細胞への長期混合粒子線照射によって研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、放射線医学総合研究所の HIMAC 照射室での炭素イオン照射および Cf-252 中性子線源を用いたヒト培養細胞とメダカへの照射実験を実施し、2 つの生物試料への低線量率・長時間照射実験系を確立した。現在、遺伝子・タンパク質発現解析を進めている（図 1、図 2）。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、実測結果により行った。（放射線医学総合研究所 鈴木雅雄研究員、劉 翠華研究員との共同研究）

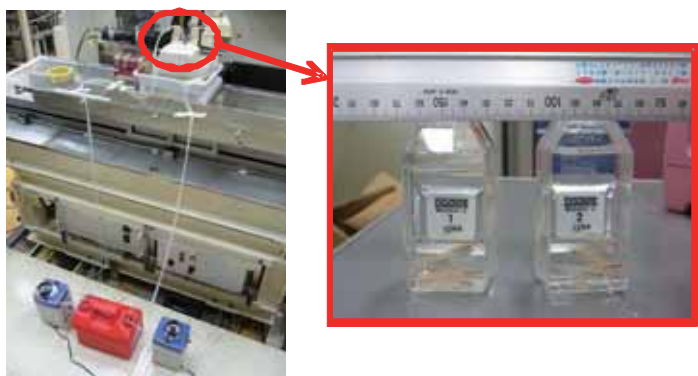


図 1 HIMAC でのメダカへの粒子線照射試験の様子

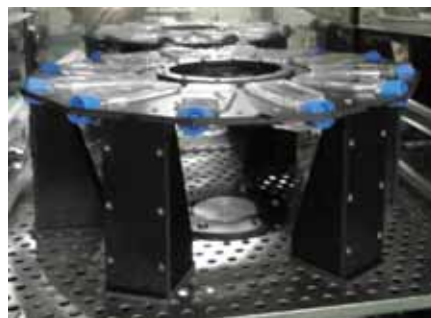


図 2 中性子線源による培養細胞照射の様子

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。宇宙滞在中における生体リズムの変動（交感神経、副交感神経のリズム変調等）、睡眠中における心臓の休息度、およびサーカディアンリズムを正確に評価し、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）

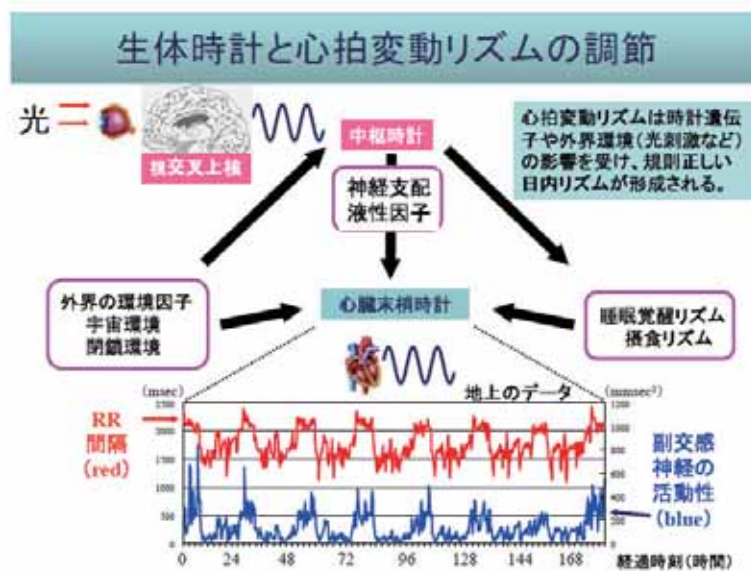


図 1 生体時計と生体リズムの調節

フライト中の心電図から得られた24時間RR interval(例)

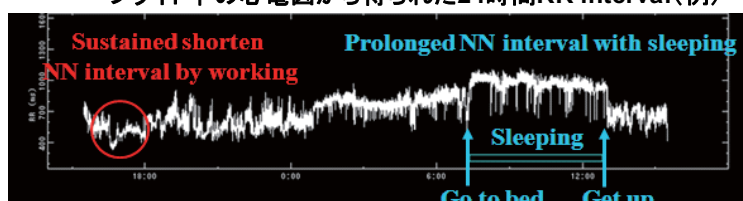


図 2 ホルター心電図から得たフライト中の 24 時間 RR interval

宇宙船内環境分野

微生物モニターMyco チーム

山田 深・相羽達弥・石田 暁・山中理代・太田敏子・山崎 丘・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

微生物は様々な環境で繁殖することができ、ISS も例外ではない。一方、宇宙に滞在すると様々な要因によって免疫力が低下することがわかっている。

本研究は長期間完全に閉鎖された宇宙施設の生活空間で、微生物が原因となって起こりうる健康障害から宇宙飛行士を守るための手法を確立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。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。

本年度は軌道上実験が本格化し、飛行中、

飛行前後の宇宙飛行士からストリッピングテープによる皮膚鱗屑（顔面・前胸部）、上気道粘膜（鼻腔・咽頭）からのスワビング、喀痰などのサンプル採取・回収を継続的に実施している。NASA で受け取ったサンプルを冷蔵、冷凍に分けて国内に搬送する作業を慎重に進め、これまでに 3 名の ISS クルー、6 名のシャトルクルーについて予定通り全てのサンプルを回収している（2011 年 3 月現在）。サンプル回収後、培養検査を逐次行っているほか、各サンプルから遺伝子を抽出して分子生物学的に定性、定量化する作業にも着手している。2012 年までに ISS クルー、シャトルクルーそれぞれ 10 名からのサンプル採取を終了し、データの解析を進める予定である。（帝京大学 榎村浩一准教授、明治薬科大学 杉田隆准教授との共同研究）

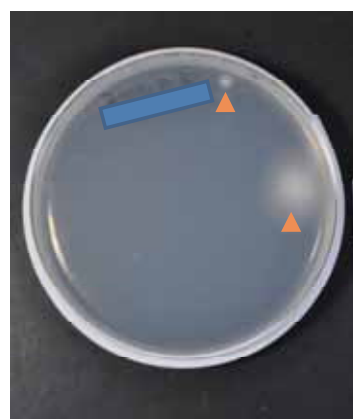


図 1 Myco サンプルングキット

南極利用研究分野

南極利用研究チーム

大島 博・土屋英俊・山田 深・寺田昌弘・山中理代・武岡 元・太田敏子・水野 康・
山本直宗・山崎 丘・東端 晃・石岡憲昭・向井千秋

JAXA と国立極地研究所は、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、医学の共同研究を開始した。第 50 次、および第 51 次の南極地域観測隊員から被験者を募り、南極生活での生体への影響を解析し、宇宙長期滞在や南極越冬生活における健康管理技術向上に役立てることが期待されている。(国立極地研究所 渡邊研太郎教授らとの共同研究)

1. 生物学的リズムへの影響に関する研究

- (1) 心臓自律神経活動の解析
- (2) 睡眠脳波(簡易脳波計)による解析
- (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、算出されたいくつかの指標の中で、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、心電図 R-R 間隔の変動周波数解析と睡眠段階判定の結果を併用した夜間睡眠の質的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. 筋トレーニング効果の向上に関する研究

南極地域観測隊は、遠隔地で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(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)を一定期間使用し、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する。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 週間を単純な椅子座位膝屈伸運動、後半 8 週間をハイブリッドトレーニングによる膝屈伸運動とした。実験開始前から 16 週まで 4 週毎に、体重、体脂肪率、下肢筋力、大腿周径を計測し、解析し、運用上の改善点を抽出する。

(久留米大学 志波直人教授との共同研究)

3.長期極限環境における皮膚清浄化技術の研究

(1)皮膚（糞便）の真菌解析

(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る。とくに皮膚炎やアレルギーに関与する真菌であるマラセチアに注目している。また、腸内細菌の変動や環境中の微生物も解析の対象とし研究を進めている。

（帝京大学 榎村浩一准教授、明治薬科大学 杉田隆准教授との共同研究）

4.毛髪分析による医学生物学的影響に関する研究

毛根分析、および毛幹分析の2つから成る。毛根分析では、活発に分裂を繰り返し、様々な要因（紫外線、精神的ストレス、加齢、日照時間等）に敏感に反応する毛母細胞の遺伝子発現の変化を調べる。また、毛幹分析では含有ミネラル組成の変化を調べる。さらに、軌道上毛髪実験の解析結果と比較対照し、変化の要因を分析する。

（鹿児島大学 馬嶋秀行教授との共同研究）



提供：国立極地研究所

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（ $1/6\text{ G}$ ）や火星（ $1/3\text{ G}$ ）における歩行をシミュレーションしている。トレッドミル上を歩行する際の下肢筋活動などを計測し、動作を解析するとともに、ロボットモデルや数学的シミュレーションによっても、

理想的な歩行条件を検討している。

これまでの一連の研究によって、重力が減少すると両脚支持の時間が短縮することが明らかになった。この変化は免荷による直接的な影響に加え、運動学的な適応によって生じているものと考えられる。ヒトは低重力環境では歩幅を短くとり、片足の接地時間を長くして低速で歩行するようになる。われわれは現在、より精密な歩行シミュレーションを実現するために移動式の吊り下げ装置を導入し、研究を進めている。（慶應義塾大学 里宇明元教授との共同研究）



図 1 移動式吊り下げ機器

天井に設置されたレールに沿って吊り下げ装置が移動する。筋電図とともに床反力を計測しつつ、3次元動作解析を実施している。

保健医療対策チーム

土屋英俊・武岡 元・大島 博・青木 滋・向井千秋

1. 月面ダストに関する研究

1/6G のような地球よりも低重力環境下では砂などの落下速度が遅くなるために、宇宙での居住空間内で浮遊しやすく、場合によってはヒトの呼吸により呼吸器等に沈着し、健康障害を及ぼす可能性が高くなる。

われわれは、月面ダストの低重力環境下での挙動を把握することを目的として航空機実験を行った。すなわち、粉じんチャンバー内で模擬月面ダストであるシミュラント粒子を吹き上げ、それをエルトリエータ（一定速度以上の沈降速度を有する粒子をトラップするために用いられる機器）を経由して吸引し、エルトリエータを通過した粒子の粒径を計測することにより沈降速度と重力の関係を検証した。

その結果、1/6G 環境下において、粒子の沈降速度が粉じん沈降予測式にしたがって遅くなることを確めた。また、低重力環境下における粉じん粒子から健康障害を防止するため方法について、健康管理、作業環境管理、作業管理の課題について検討した。（労働安全衛生総合研究所 小川康恭理事・牧 祥研究員、産業医科大学 森本泰夫教授との共同研究）

2. 月面医療技術に関する研究

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に、特殊な機器を使わずに検出できる機器が必要となる。そのための小型で精度の高い機器を開発し、月面における自立的検査技術の必要性について検討を行う。

月面等での将来の有人宇宙活動において求められる検査技術を開発するための条件としては、簡潔かつ迅速に実施できること、目視判定が可能なこと、可変重力環境が診断結果に影響を与えないこと、操作の過程において低重力により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、飛行士の負担が少ない等が考えられる。今後は、遺伝子増幅検査等のすでに地上で技術が確立された検査について、宇宙での応用の可能性について検討する。

実験機器の概要（航空機実験）

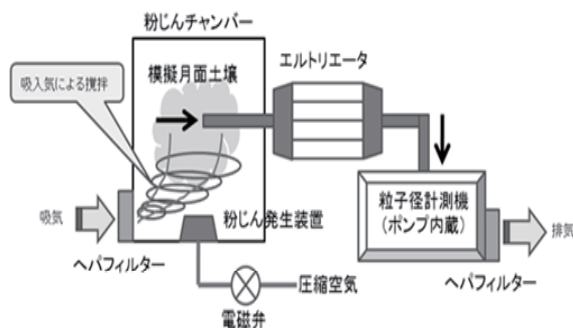


図 1. 実験機器

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 LE0 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。2009/2010 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」では、月面の放射線環境を把握して、その人体や生物への放射線影響を評価し、月面被曝管理技術を構築するための、以下 3 つの研究課題に取り組んだ。

課題 1：月面宇宙放射線環境の把握

課題 2：月面放射線の生物影響研究

課題 3：月面被曝管理技術の検討

今年度は、課題 1 の研究成果を元に、JAXA 宇宙環境利用センター、研究開発本部 宇宙環境グループ、月・惑星探査グループと協力し、3 つのプロジェクトにおける次世代有人活動のための宇宙放射線計測実施の開発調整、運用要求の策定、搭載計測機器の特性評価を行った。

(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）

宇宙医学生物学研究室が提案している RRMD-V シリコン検出器は、月面有人活動に向けた月面宇宙放射線環境を実測する線量計として、セレーネ 2 プリプロジェクト利用ミッション機器として選定されている（2009 年 9 月）。

月 1 回程度開催される開発調整会議を通じて、RRMD-V の運用要求（衛星飛行フェーズでのデータ取得、定常運用での飛行高度、科学要求に基づく定常運用時の計測期間、電力、テレメトリ、放熱面）の詳細化検討を行い、2010 年 11 月に、セレーネ 2 デルタ MDR（ミッシヨ

ン要求定義審査）を受審した。2015 年の打上に向け、SDR（システム定義審査）受審に向け準備を進めている（図 1）。

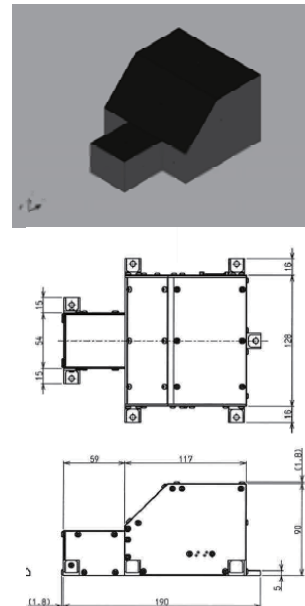


図 1 セレーネ 2 搭載 RRMD-V の形状図

(2) はやぶさ 2 搭載用小型シリコン検出器

次世代有人活動の拠点として、ラグランジュポイントが候補のひとつとされている。地磁気圏外の深宇宙での宇宙放射線環境を計測するために、はやぶさ 2 の搭載機会を利用した宇宙放射線計測の検討を進めている。太陽フレア発生時における陽子のエネルギー計測や機器の基本仕様（搭載重量、電力、独立熱制御、データパケット等）の検討を行い、はやぶさ 2 の設計基準書に合致した設計検討を進めている。

(3) ISS 搭載能動型検出器 PS-TEPC

位置有感生体等価比例計数管 PS-TEPC は、宇宙放射線の入射粒子の位置検出とエネルギー測定を精度よく行うために、Micro-Pixel Chamber (μ -PIC) ストリップ電極を使用し、3 次元的な飛跡の取得することで、重荷電粒子と中性子（ターゲットからの反跳陽子を測定）を 1 台の検出器で測定することを目指してい

る。今年度は、放射線医学総合研究所 HIMAC 重粒子加速器の下記のマシントイムを使用し、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。2014 年の ISS 搭載化に向け、測定精度の向上のための

地上検証試験を進めている。

- 2010 年 11 月 12 日 Ar 650 MeV/n
- 2010 年 11 月 13 日 H(proton) 230 MeV
- 2011 年 1 月 31 日 C 400 MeV/n
- 2011 年 2 月 1 日 Fe 500 MeV/n

アウトリーチ・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、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、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。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が高まってきたことがある。宇宙科学の分野においても、成果報告を公開してほしいという要求が社会で高まっている。ここに「一般に広く情報提供する」というアウトリーチの性質と人々からの要求の一致がみられる。

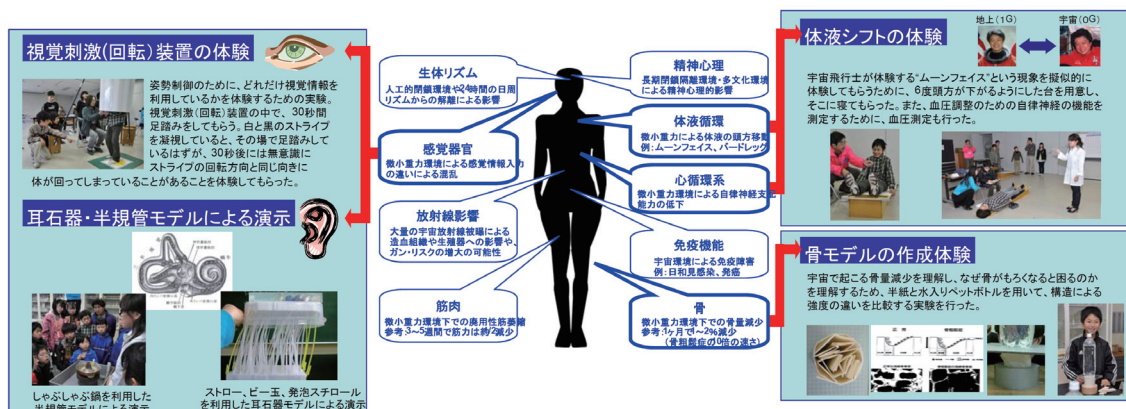
宇宙医学生物学の発展及び宇宙環境利用の促進のために、宇宙医学生物学の重要性や波及効果を、広く一般の国民や次世代を担う子どもたちに伝えることを目的として、宇宙医学生物学研究室の行う研究成果を、わかりやすい教材にするための研究を実施している。

(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、展示室を整備し、ポスター等による研究紹介を行うと共に、「宇宙で起こる生理的変化」を題材とした体験を取り入れた展示物の整備や、職員による講演を行っている。また、2011年度より展示室は一般来場者の見学ルートとして組み込まれる予定である。

(2) 宇宙医学映像コンテンツの収集

日本人宇宙飛行士の国際宇宙ステーション（ISS）長期滞在の機会を利用し、軌道上で“医学”をテーマにした映像コンテンツを取得を計画している。教材への応用の可能性を向上させるため、JAXA 宇宙教育センターと共同で、現場の教師の意見を取り入れた映像取得のためのシナリオの作成などを行っている。取得した映像は、適宜教材として広く配布する予定である。



宇宙環境下で生じる生理学的変化とその教材への応用

Mission X チーム

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

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、創造的な活動をするために重要な役割を果たし、また、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の向上は、我が国の発展のためにも重要な課題であり、すべての国民が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、豊かな人間性を育むためになくはないものである。

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の実施は社会のニーズを満たすものであり、我々が目指す「社会に役立つ宇宙医学」の精神そのものである。

現在、NASA を中心に世界の 9 カ国の宇宙機関が参加する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の

実施が企画・実行されている。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 もこの活動に部分参加した。

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。

プログラム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的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ている。

宇宙飛行士を題材としたプログラムを用いると、参加する児童の好奇心を惹起し、継続への意欲向上が認められるだけでなく、保護者の意識も改善できることが期待される。

タイトル	内容	宇宙飛行士との関連性
＜運動実習＞ はやく正確に動く能力を身につけよう！	障害物を置いたコースを早く正確に走るトレーニング	微小重力での筋力低下に伴う敏捷性の低下を防ぐため、宇宙飛行士は宇宙に行く前に地上で敏捷性を高めるトレーニングを行う。
＜運動実習＞ 全身の筋パワーを高めよう！	スクワットや腕立て伏せを用いたトレーニング	宇宙飛行士の仕事の中には、強い筋肉を必要とする作業も少なくない。微小重力での筋力低下を防ぐため、筋力トレーニングを欠かさず行っている。
＜栄養講義・実習＞ 「見えない砂糖」はどれくらい？	講義と実習を組み合わせ、炭酸水に含まれている砂糖の量を把握し、糖質を適切に摂取する方法を学ぶ	宇宙での食事には、他の宇宙飛行士とコミュニケーションをとったり、ストレスを解消したりする目的の他に、その日の仕事に必要なエネルギー（糖質）を効率よく摂取する食事のとり方やメニューの工夫がある。

Mission X で用いる教材の一例

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

JAXA 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、技術者の支援のもと医学研究に係る軌道上実験を実施している。

軌道上実験の準備として、実験用機器の搭載準備調整(帰還回収準備を含む)、軌道上実験運用の事前準備や計画調整、宇宙飛行士への訓練や飛行前ベースラインデータの取得などがあり、国内外の関係者と随時調整を行っている。

そのうち、実験用機器の搭載準備としては、打上げ計画や射場作業計画の調整、ロケットへの搭載やISSで運用するにあたり事前に必要な地上検証試験、その結果に基づく安全審査、軌道上実験後の取得データや試料サンプルを地上へダウンリンク、帰還回収するための計画調整等がある。

また、軌道上実験運用の事前準備や計画調整としては、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、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・制約などの調整がある。

実際の軌道上実験運用では、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っている。

軌道上実験後は、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支援している。また、飛行後の技術デブリーフィングを行い、今後の軌道上実験に反映すべき技術課題等を整理している。

以上のように、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実験運用を行っている。

これまで実施され現在も継続中である軌道上実験のうち、「**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**」は、実験機器の動作や運用性を事前に軌道上検証した上で研究用心電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。

「**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**」は、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。

「**ISSに滞在する宇宙飛行士の身体真菌叢評価研究**」は、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。



図1 ISSと交信する風景(筑波宇宙センター)

活動報告（2010 年度）

向井千秋室長（室長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、Biomedical Analyses of Mice Body Hair Exposed to Long-term Space Flight as a Compliment of Human Research、38th COSPAR Scientific Assembly、2010 年 7 月 23 日、ドイツ
2. 向井千秋、地球温暖化と健康、宇宙からの温室効果ガス観測シンポジウム～温室効果ガス観測技術衛星「いぶき」(GOSAT)の役割～、2010 年 8 月 25 日、東京
3. 向井千秋、東京大学エグゼクティブ・マネジメント・プログラム、2010 年 8 月 27 日、東京
4. 向井千秋、Space medical technology innovation and its global applications、WHO;First Global Forum on Medical Devices、2010 年 9 月 10 日、タイ
5. 向井千秋、The Future of Humans in space／Space Medicine Applications : New concepts on Gravity, Hypogravity and Microgravity effects on Humans、6th International Conference of Aerospace medicine、2010 年 9 月 24 日、ギリシャ
6. 向井千秋、The Impact of Climate Change on Human Welfare – the Space Travelers' Perspective、XXIII Planetary Congress of the Association of Space Explorers、2010 年 10 月 6 日、マレーシア
7. 向井千秋、デュッセルドルフ日本人学校講演、2010 年 10 月 28 日、ドイツ
8. 向井千秋、慶應義塾女子高等学校創立 60 年記念講演、2010 年 11 月 13 日、東京
9. 向井千秋、地球温暖化と健康、宇宙利用シンポジウム、2011 年 2 月 17 日、東京
10. 向井千秋、宇宙での生命科学実験の意義とは、国際宇宙ステーション 『きぼう』日本実験棟利用成果ミニシンポジウムー宇宙で行われた生命科学実験ー、2011 年 2 月 28 日、東京

○ その他 取材等

1. 向井千秋、極限環境の対策、予防医学に生かす、西日本新聞社 朝刊、2010 年 5 月 31 日
2. 向井千秋、理科教材、日本放送出版協会（NHK 出版）、2010 年 7 月 12 日
3. 向井千秋、宇宙医学は究極の予防医学、日本の宇宙産業 VOL.2 宇宙をつかうくらしが変わる、JAXA 産業連携センター出版、2010 年 9 月 30 日
4. 向井千秋、群馬の女性、朝日新聞社 群馬版、2011 年 1 月 5 日
5. 向井千秋、大勲位中曾根康弘 vs.日本人初女性宇宙飛行士向井千秋 「先生、宇宙に行ってみませんか?」、サンデー毎日、2011 年 1 月 9 日

研究室マネージメント

○その他（シンポジウム、ワークショップ、分科会、勉強会、インターンシップ研修他）

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 27 回	2010 年 7 月 30 日	東京	1 平成 21 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 ・ハイブリッドトレーニング ・生物学的リズム研究(1)活動量 ・生物学的リズム研究(2)心拍変動解析 ・生物学的リズム研究(3)簡易脳波計による睡眠解析 ・皮膚清浄技術 ・毛髪分析による医学生物学的影響に関する研究 2 平成 22 年度新規研究計画の評価（審議） (1) 低線量率・長期被ばくに対する宇宙放射線の生物影響
第 28 回	2010 年 9 月 14 日	東京	1 平成 22 年度新規研究計画の評価（審議） (1) 長期宇宙滞在中の心機能低下を予防する運動療法に関する研究 (2) 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 NASA 主導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（Mission X-Japan）について（報告）
第 29 回	2010 年 1 月 26 日	東京	1 平成 21 年度研究終了テーマの評価（審議） (1) 小型水棲生物の栄養代謝測定手法に関する研究 2 平成 22 年度 月面開拓医学研究の進捗評価（審議） (1) 月面等における保健医療対策に関する研究 (2) 月面歩行と転倒予防に関する研究 3 平成 23 年度新規研究計画の評価（審議） (1) 長期宇宙飛行時における 48 時間心臓自律神経活動に関する研究 (2) 筋萎縮遺伝子の発現リズムに関する研究
第 30 回	2011 年 3 月 11 日	東京	1 新規研究計画の評価（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 平成 22 年度研究の進捗評価（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) 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) (3) 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 (4) 模擬宇宙環境としての南極利用研究 a.生物学的リズム研究(1)活動量 (5) 模擬宇宙環境としての南極利用研究 b.生物学的リズム研究(2)簡易脳波計による睡眠解析 (6) 模擬宇宙環境としての南極利用研究 c 生物学的リズム研究(3)心拍変動解析 (7) 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 (8) 模擬宇宙環境としての南極利用研究 e.毛髪分析による医学生物学的影響に関する研究 (9) 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 (10) 模擬宇宙環境としての南極利用研究 d.皮膚清浄技術 (11) 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

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 疾患生命科学研究部 教授
専門委員	野田 文隆 (多文化間精神医学)	大正大学人間学部アーバン福祉学科 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	
平成 22 年度第 1 回宇宙医学生物学研究ワークショップ「魚を利用した宇宙医学生物学実験—今後の軌道上実験へ向けた戦略」	2010 年 1 月 13 日	東京	三谷啓志 瀬原淳子 高野吉郎 浅香智美 内田智子	東京大学大学院新領域創成科学研究科 教授 京都大学再生医科学研究所 教授 東京医科歯科大学大学院医歯学総合研究科 教授 宇宙航空研究開発機構、宇宙医学生物学研究室 プロジェクト研究員 宇宙航空研究開発機構宇宙環境利用センター 主任開発員
平成 22 年度第 2 回宇宙医学生物学研究ワークショップ「宇宙と健康増進の取り組み」	2010 年 1 月 31 日	東京	大島 博 吉岡利忠 中村耕三 里宇明元	宇宙航空研究開発機構研究領域リーダー 弘前学院大学 学長 東京大学 教授 慶應義塾大学 教授
平成 22 年度第 3 回 宇宙医学生物学ワークショップ「宇宙医学生物学の理解増進に向けた取り組み」	2010 年 3 月 4 日	東京	小泉 周 長神風二 高柳雄一 山田 深	自然科学研究機構生理学研究所 准教授 東北大学脳科学グローバル C O E 特任准教授 多摩六都科学館 館長 宇宙航空研究開発機構 主任研究員

勉強会

テーマ	開催日	場所	講演者	
ロシア語研修	2010 年 7 月～ 2011 年 1 月	つくば	臼山利信	筑波大学人文社会科学研究科 准教授
ブレインサイエンスと宇宙医学	2010 年 10 月 13 日	つくば	武田湖太郎 牛場潤一	(株)国際電気通信基礎技術研究所 専任研究員 慶應大学 専任講師
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	2010 年 11 月 9 日	つくば	田中喜代次 大河原一憲 下條信威 松下 明 五月女康作 松尾知明	筑波大学 教授 日本学術振興会 研究員 筑波大学 講師／循環器内科 筑波大学 研究員／脳外科 筑波メディカルセンター病院 宇宙航空研究開発機構宇宙医学生物学研究室 プロジェクト研究員
毛髪	2010 年 11 月 22 日	つくば	明石 真 松崎 貴 佐藤 元 寺田昌弘	山口大学時間学研究所 教授 島根大学 准教授 科学警察研究所附属鑑定所 所長 宇宙航空研究開発機構宇宙医学生物学研究室 プロジェクト研究員
食育	2011 年 2 月 8 日	つくば	佐藤 典子	お茶の水女子大学 サイエンス&エデュケーションセンター 非常勤講師

研修・見学

1. 東京慈恵会医科大学医学部医学科 6 年生学生（4 名）施設見学 2010 年 6 月 24 日
2. 小金井橋さくらクリニック看護師（9 名）施設見学 2010 年 8 月 5 日
3. 岡山大学医学部 学生（1 名）施設見学 2010 年 8 月 17 日
4. 慈恵第三看護専門学校 1 年生学生（8 名）施設見学 2010 年 8 月 26 日
5. 順天堂大学 学生（1 名）、横浜市立大学医学部 学生（1 名）施設見学 2010 年 9 月 7 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（30 名）講義および施設見学 2010 年 10 月 6 日
7. 財団法人科学技術交流財団（愛知県）8 名 施設見学 2010 年 11 月 18 日
8. 東京慈恵会医科大学医学部医学科 3 年生学生（13 名）施設見学 2011 年 2 月 2 日
9. 信州大学医学部 学生（2 名）施設見学 2011 年 2 月 21 日
10. 慈恵看護専門学校 学生（20 名）施設見学 2011 年 3 月 25 日

生理的対策分野

骨量減少対策の研究

○総説・著書

1. 大島 博、微小重力と骨代謝、THE BONE、24(2)：125-130、2010
2. 大島 博、有人宇宙飛行における骨筋への影響と対策、CLINICAL CALCIUM、20(4)：527-542、2010
3. 大島 博、Effects of low-intensity resistance exercise with blood flow restriction on coagulation system in healthy subjects.、Clin Physiol Funct Imaging、30:210-213、2010
4. 大島 博、長期臥床と宇宙飛行による骨量減少、CLINICAL CALCIUM、20(5)：709-716、2010
5. 大島 博、長期臥床と宇宙飛行による骨量減少、第 54 回骨粗鬆症財団教育ゼミナール講演会記録、1-8、2010

○シンポジウム・講演会等

1. 大島 博、長期臥床と宇宙飛行による骨量減少、第 54 回骨粗鬆症財団教育ゼミナール、2010 年 7 月 2 日、東京
2. 大島 博、宇宙飛行による骨量減少と対策法、つくばサイエンスキャスティングワークショップ、2010 年 8 月 10 日、つくば
3. 大島 博、宇宙飛行士の骨量減少と筋萎縮対策、第 25 回国際学術フォーラム 骨と筋肉の健康に及ぼすメカニカルストレスと栄養：最新の進歩、2010 年 12 月 4 日、東京
4. 大島 博、社会に役立つ JAXA 宇宙医学研究～宇宙飛行士の骨量減少と筋萎縮の対策～、平成 22 年度第 2 回宇宙医学生物学研究 WS「宇宙と健康増進の取り組み」、2011 年 1 月 31 日、東京
5. 大島 博、長期宇宙滞在が骨量減少に及ぼす影響、第 88 回日本生理学会総会・第 116 回日本解剖学会総会合同大会、2011 年 3 月 28 日、横浜

体力低下予防対策

○総説・著書

1. 大島 博、有人宇宙飛行とリハビリテーション、先端医療シリーズ 40「リハ医とコメディカルのための最新リハビリテーション医学・医学」、2010
2. 大島 博、運動能力に及ぼす微小重力の影響、スポーツ科学・医学大辞典 スポーツ運動科学ーバイオメカニクスと生理学ー、2010
3. 山田 深、宇宙医学とアンチエイジング、Monthly Book of Rehabilitation 、124：147-152、2010
4. 大島 博、宇宙から見たリハビリテーション医学、高度先進リハビリテーション医学研究会講演集、2010

○学会発表

1. 大島 博、Current Exercise Operational Support for Japanese astronauts、ICM Workshop、2010 年 6 月 19 日、イタリア
2. 大島 博、JAXA's Countermeasure Technology R &D、ICM Workshop、2010 年 6 月 19 日、イタリア
3. 松尾知明、山田 深、大島 博、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、第 56 回日本宇宙航空環境医学会大会、2010 年 11 月 13 日、所沢

○シンポジウム・講演会等

1. 山田 深、宇宙医学と運動器リハビリテーション、第 36 回国際福祉機器展、2010 年 9 月 30 日、東京

メダカを用いた生理的対策

○総説・著書

1. 浅香智美、向井千秋、三谷啓志、Technologies and analyses using medaka to evaluate effects of space on health、Biological Sciences in Space、24(1)：3-9、2010
2. 尾田正二、漆原雄介、比嘉幸恵、久野豊子、亀井康弘、石川智子、向井千秋、藤堂 剛、三谷啓志、Long-Term Rearing of Medaka aboard ISS to Clarify the Trans-Generation Effects in Vertebrates Induced by Cosmic Ray Irradiation、ISTS

○学会発表

1. 寺田昌弘、メダカ骨格筋を対象とした評価法の検討、第 18 回日本運動生理学会大会、2010 年 7 月 31 日、鹿児島
2. 浅香智美、新堀真希、寺田昌弘、尾田正二、岩崎賢一、三谷啓志、向井千秋、メダカを用いた映像による心拍変動分析手法の確立、日本宇宙生物科学会第 24 回大会、2010 年 9 月 17 日、仙台
3. 寺田昌弘、浅香智美、新堀真希、河野史倫、大平充宣、向井千秋、メダカ骨格筋の評価法の検討；メダカ骨格筋は宇宙で萎縮するのか？、日本宇宙生物科学会第 24 回大会、2010 年 9 月 17 日、仙台

4. 浅香智美、新堀真希、寺田昌弘、尾田正二、岩崎賢一、須藤正道、三谷啓志、向井千秋、高速度映像によるメダカ心拍変動解析、第 16 回小型魚類研究会、2010 年 9 月 19 日、さいたま
5. 浅香智美、須藤正道、新堀真希、寺田昌弘、尾田正二、岩崎賢一、寺井崇二、向井千秋、栗原 敏、宇宙環境が生体に与える影響のメダカを用いた解析、第 127 回成医会総会、2010 年 10 月 7 日、東京
6. 浅香智美、新堀真希、寺田昌弘、岩崎賢一、須藤正道、向井千秋、メダカを用いたライブ・イメージングによる心拍変動解析、第 56 回日本宇宙航空環境医学会大会、2010 年 11 月 13 日、所沢
7. 寺田昌弘、浅香智美、新堀真希、河野史倫、中尾玲子、岩崎賢一、須藤正道、向井千秋、大平充宣、メダカを対象とした骨格筋解析ならびに心電図解析、第 56 回日本宇宙航空環境医学会大会、2010 年 11 月 13 日、所沢

○シンポジウム・講演会等

1. 浅香智美、有人宇宙開発における宇宙医学生物学 -メダカを使った宇宙環境評価-、埼玉県立浦和第一女子高等学校 JAXA 見学講演、2010 年 7 月 21 日、つくば
2. 浅香智美、メダカをモデル動物とした宇宙医学生物学研究、第 81 回日本衛生学会学術総会、2010 年 3 月 27 日、東京

毛髪 Hair

○学会発表

1. 寺田昌弘、中尾玲子、馬嶋秀行、山崎 丘、東端 晃、石岡憲明、須藤正道、大平充宣、向井千秋、Biomedical Analyses of Mice Body Hair Roots as a Complement of Human Research、第 88 回日本生理学会大会、2010 年 3 月 28 日、横浜
2. 寺田昌弘、関 真也、中尾玲子、橋爪藤子、馬嶋秀行、山崎 丘、東端 晃、石岡憲明、向井千秋、The performance of microarray analyses on one hair root from human single strand of hair、第 88 回日本生理学会大会、2010 年 3 月 28 日、横浜

○シンポジウム・講演会等

1. 寺田昌弘、宇宙医学生物学研究室における生理的対策に関する研究 The Research Fields of JAXA Space Biomedical Research Office:Physiological Countermeasures、第 81 回日本衛生学会学術総会、2010 年 3 月 27 日、東京

代謝・栄養

○総説・著書

1. Akiko Matsumoto, Kenneth J. Storch, Adrienne Stolfi, Stanley R. Mohler, Mary Anne Frey, T. Peter Stein, Weight Loss in Humans in Space., Aviation, Space, and Environmental Medicine (in press)

放射線被曝管理分野

生物影響

○学会発表

1. 鈴木雅雄、鶴岡千鶴、内堀幸夫、北村 尚、永松愛子、浅香智美、山中理代、古澤佳也、高 LET 鉄イオンを時間的に低フルエンス照射したときのヒト正常細胞に対する生物効果、日本宇宙生物科学会第 24 回大会、2010 年 9 月 17 日、仙台

○シンポジウム・講演会等

1. 永松愛子、宇宙放射線に関する基盤研究と技術開発、日本女性技術者フォーラム、2010 年 9 月 25 日、東京

○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）、2010 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（2011）
2. 鈴木雅雄、劉 翠華、永松愛子、浅香智美、山中理代、北村 尚、金子由美子、Narongchai Autdavapromporn、内堀幸夫、重粒子線低フルエンス照射に引き起こされるバイスタンダード効果誘導因子の解明（課題番号 22B-328）、2010 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（2011）

南極利用研究

○シンポジウム・講演会等

1. Mizuno K. Human biological rhythms in Antarctica – Study outline and subjective and objective sleep evaluation -. 2010 年度南極医学ワークショップ, 2010 年 7 月, 東京
2. Yamamoto N, Otsuka K, Ishikawa M, Kubo Y, Ohsima H, Mukai C. Annual change of heart rate variability analysis of volunteer in Antarctica. 2010 年度南極医学ワークショップ, 2010 年 7 月, 東京
3. Yoshida M, Urade Y, Tanaka K. Sleep monitoring at the South Pole. 2010 年度南極医学ワークショップ, 2010 年 7 月, 東京

月面開拓医療分野

月面歩行

○総説・著書

1. 大島 博、田中一成、向井千秋、月面滞在ミッションに必要な運動生理学に関する検討課題、バイオメカニズム学会誌、34(1)、2-4、2010

○シンポジウム・講演会等

1. 大島 博、Electromyographic activities during a simulated moonwalks using treadmill and body suspension system、31st Annual International Society of Gravitational Physiology Meeting、2010 年 6 月 18 日、イタリア

2. 山田 深、長谷公隆、里宇明元、大島 博、向井千秋、Bipedal Walking on the Moon and Mars : A Simulation Study Using a Treadmill with a Body Weight Suspension System、5th International Congress of Medicine in Space and Extreme Environments、2010 年 10 月 21 日、ドイツ

月面放射線

○総説・著書

1. H. Koshiishi, H. Matsumoto, K. Terasawa, K. Koga and T. Goka, Neutron Dosimetry inside the International Space Station, In “Space Exploration Research”, 531-544 (2010)

○学会発表

1. 寺沢和洋、道家忠義、身内賢太郎、谷森 達、佐々木慎一、俵 裕子、齋藤 究、高橋一智、松本晴久、込山立人、東尾奈々、布施哲人、内堀幸夫、北村 尚、気体 TPC による宇宙放射線線量計測器の開発、第 71 回応用物理学会学術講演会、2010 年 9 月 14 日、長崎
2. 寺沢和洋、道家忠義、身内賢太郎、谷森 達、佐々木慎一、俵 裕子、齋藤 究、高橋一智、松本晴久、込山立人、東尾奈々、内堀幸夫、北村 尚、宇宙長期滞在に向けた宇宙放射線被曝線量計の開発、応用物理学会、2010 年 3 月 17 日、平塚

○シンポジウム・講演会等

1. 寺沢和洋、道家忠義、身内賢太郎、谷森 達、佐々木慎一、俵 裕子、齋藤 究、高橋一智、松本晴久、込山立人、布施哲人、内堀幸夫、北村 尚、ISS 船内における能動型・宇宙放射線線量計測器 PS-TEPC の開発、JAXA 宇宙環境シンポジウム、2010 年 10 月 19 日、東京
2. 寺沢和洋、宇宙飛行士の見えない命綱 ～宇宙滞在期間を決定する宇宙放射線被曝～、極東証券寄附講座・サイエンスカフェ 19、2010 年 10 月 2 日、東京
3. 永松愛子、向井千秋、寺沢和洋、松本晴久、RRMD-V（被ばく線量計測用 実時間型放射線計測装置）を用いた月面放射線環境の実測、第 11 回宇宙科学シンポジウム、2011 年 1 月 7 日、相模原

○その他

1. 寺沢和洋、道家忠義、佐々木慎一、谷森 達、松本晴久、俵 裕子、齋藤 究、高橋一智、内堀幸夫、窪秀利、込山立人、身内賢太郎、北村 尚、位置有感比例計数管の重イオンに対する応答、平成 21 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研究報告書、2010
2. 寺沢和洋、道家忠義、佐々木慎一、俵 裕子、齋藤 究、高橋一智、身内賢太郎、窪 秀利、谷森 達、松本晴久、込山立人、東尾奈々、内堀幸夫、北村 尚、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（2009 年度 WG 報告）、Space Utilization Research 26、236-238、2010

アウトリーチ・教育分野

教育

○総説・著書

1. 新堀真希、日本・カナダ女性研究者交流事業参加レポート 「いつか宇宙で会いましょう！」
～ “Universal Universe” の時代に向かって～、学術の動向 Vol. 15 、10：75-81、2010

○学会発表

1. 新堀真希、須藤正道、岩崎賢一、浅香智美、向井千秋、宇宙医学・宇宙生物学分野における
アウトリーチ-宇宙医学生物学研究を題材とした教材の教育効果-、日本理科教育学会 第
60 回全国大会、2010 年 8 月 7 日、甲府
2. 新堀真希、中尾玲子、松尾知明、須藤正道、岩崎賢一、浅香智美、山田 深、向井千秋、宇
宙医学生物学分野におけるアウトリーチ、日本宇宙生物科学会第 24 回大会、2010 年 9 月
17 日、仙台
3. 新堀真希、須藤正道、山田 深、向井千秋、宇宙医学を題材とした教育・アウトリーチ活動、
第 56 回日本宇宙航空環境医学会大会、2010 年 11 月 13 日、所沢

○シンポジウム・講演会等

1. 新堀真希、山田 深、相羽達弥、松尾知明、中尾玲子、大島 博、向井千秋、“社会に役立つ
宇宙医学生物学” の実践、JAXA 宇宙航空技術研究発表会、2010 年 11 月 25 日、東京
2. 山田深、宇宙医学生物学研究のアウトリーチ、平成 22 年度第 3 回宇宙医学生物学研究 WS
「宇宙医学生物学研究の理解増進に向けた取り組み」、2011 年 3 月 4 日、東京
3. 新堀真希、宇宙医学生物学分野におけるアウトリーチ -Space Biomedical Outreach for the
Benefit of All People-、第 81 回日本衛生学会学術総会、2010 年 3 月 25 日、東京

○その他

1. 新堀真希、SSH 研究開発「サイエンスプロトタイプ」における研究者による「宇宙開発」に
関する授業、岡山県立倉敷天城中学校、2010 年 10 月 27 日
2. 新堀真希、総合的学習「宇宙と健康」授業、島根県益田市立益田中学校、2011 年 3 月 2 日

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. 石田 暁、大島 博、相羽達弥、山崎 丘、寺田昌弘、武岡 元、山田 深、山中理代、Brooks
直子、向井千秋、JAXA 宇宙医学研究の軌道上実験運用、第 56 回日本宇宙航空環境医学会大
会、2010 年 11 月 13 日、所沢

○シンポジウム・講演会等

1. 石田 暁、「国際宇宙ステーションでの生活」、岐阜県関市教育委員会、2010 年 10 月 24 日、
関

その他

○総説・著書

1. 大島 博、「きぼう」を利用した JAXA 宇宙医学研究 JAXA space medicine experiments on " Kibo" module、電子情報通信学会技術研究報告. SANE, 宇宙・航行エレクトロニクス、110(92)：95-98、2010

○学会発表

1. 大島 博、社会に役立つ JAXA 宇宙医学研究、第 56 回日本宇宙航空環境医学会大会、2010 年 11 月 13 日、所沢

○シンポジウム・講演会等

1. 大島 博、「きぼう」を利用した宇宙医学研究、筑協ランチミーティング、2010 年 5 月 14 日、つくば
2. 大島 博、健康管理技術開発と宇宙医学研究、筑波大学 宇宙医学アドバンストコース、2010 年 6 月 29 日、つくば
3. 大島 博、宇宙医学と福祉機器、第 36 回国際福祉機器展、2010 年 9 月 29 日、東京
4. 大島 博、Human Space Flight and Space Medicine Research、筑波大学大学院共通科目、2010 年 10 月 6 日
5. 山田 深、宇宙医学生物学研究室の取り組みー宇宙医学の重要課題ー、宇宙鍼灸科学研究会 キックオフセミナーー鍼灸の宇宙応用を目指すー、2010 年 10 月 15 日、京都
6. 大島 博、有人宇宙飛行に必要な宇宙医学研究と将来への期待、日本障害者歯科学会、2010 年 10 月 24 日、東京
7. 大島 博、長期宇宙滞在を支える宇宙医学研究、四区医師会と開放型病院登録区との交歓会、2010 年 12 月 9 日、横浜

○その他

1. 大島 博、健康管理と病気の予防に役立つ宇宙医学、JAXA ホームページ、2010
2. 大島 博、先端研究最前線 連載レポ 身体への影響をさぐれ、ヘルシスト 205 (ヤクルト)、2010
3. 山田 深、リハビリテーションの考えかた、すすめかたのポイント (座談会)、Medical Practice 27(10): 1645-1662, 2010

論文紹介

1. 大島 博、微小重力と骨代謝、THE BONE、24(2) : 125-130、 2010
2. 大島 博、長期臥床と宇宙飛行による骨量減少、第 54 回骨粗鬆症財団教育ゼミナール講演会記録、1-8、2010
3. 大島 博、有人宇宙飛行とリハビリテーション、先端医療シリーズ 40「リハ医とコメディカルのための最新リハビリテーション医学・医学」、2010
4. 浅香智美、向井千秋、三谷啓志、Technologies and analyses using medaka to evaluate effects of space on health、Biological Sciences in Space、24(1) : 3-9、2010
5. 大島 博、田中一成、向井千秋、月面滞在ミッションに必要な運動生理学に関する検討課題、バイオメカニズム学会誌、34(1)、 2-4、2010.
6. 新堀真希、日本・カナダ女性研究者交流事業参加レポート 「いつか宇宙で会いましょう！」～ “Universal Universe” の時代に向かって～、学術の動向 Vol. 15 、 10 : 75-81、2010
7. 大島 博、「きぼう」を利用した JAXA 宇宙医学研究 JAXA space medicine experiments on ” Kibo” module、電子情報通信学会技術研究報告. SANE, 宇宙・航行エレクトロニクス、110(92) : 95-98、2010

リンク集

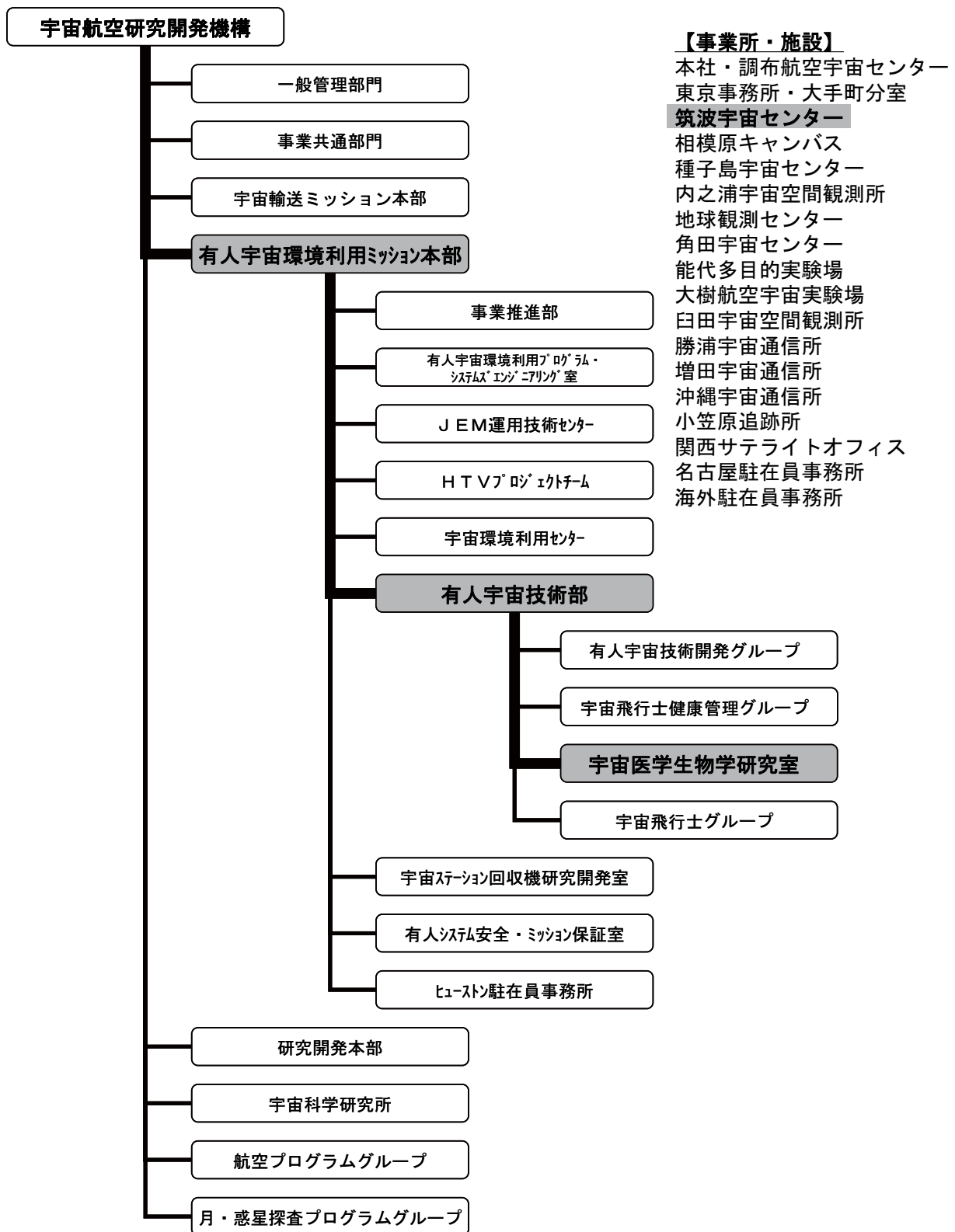
タイトル	内容	URL
宇宙医学	宇宙医学全般について記載されています。	http://iss.jaxa.jp/med/
JAXA リポジトリ	JAXA が刊行する文献や学術雑誌論文、学位論文等を公開するシステムで、文献検索を行うことができます。	http://repository.tksc.jaxa.jp/ (JAXA 文献データベースの利用者マニュアルは以下 URL をご確認ください。) http://airex.tksc.jaxa.jp/help/userguide.html
宇宙航空文献情報公開システム	宇宙航空文献交換を通じて収集した国内外の航空宇宙分野を中心とした文献を登録したシス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

“宇宙医学”



(独) 宇宙航空研究開発機構の組織図

(2011 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関連の皆様、研究室メンバー皆様のご協力により、「2010 年度年次活動報告書」が出来上がりました。

本年度の年次活動報告書におきましても創刊号の趣旨を引き継ぎ、活動実績が国内外の皆様によく伝わるように編集を進めてきました。この年次活動報告書をまず手にとり、読者の皆様に宇宙医学生物学への興味を持っていただき、そして活動の中身を知っていただくことで、国内外の皆様の研究、開発、教育の活動、井戸端会議のネタになるコミュニケーションツールの一つになれば幸いです。我々も読者の皆さんのスマートフォンや電子ブックに宇宙医学生物学研究室の年次活動報告書が現れることができるように中身を充実させたいと考えています。

私個人といたしましては宇宙医学生物学研究室に来てはや一年が経とうとしています。活動の中身を良く知らないまま編集に携わることになり、研究室のメンバーの皆さんにはご迷惑をおかけすることになってしまいましたが、研究室の活動を知る良い経験をさせていただきました。ご協力いただきました皆様には本当に心より感謝申し上げます。

最後に、編集作業中に東北関東大震災が起きました。被災された皆様に心よりお悔やみ、お見舞い申し上げます。宇宙医学生物学研究室の活動が被災された皆様や今後の日本復興に元気を与えるものとなり、そして一日も早く復興されますことを心よりお祈り申し上げます。

(編集委員 相羽 記)

2010 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-11-002)

発行日：2011 年 6 月 30 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 有人宇宙技術部 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 山中理代 太田敏子

※本書の一部または全部を無断複写・転載・電子媒体等加工することを禁じます。



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
有人宇宙技術部 宇宙医学生物学研究室
〒305-8505 茨城県つくば市千現2-1-1

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