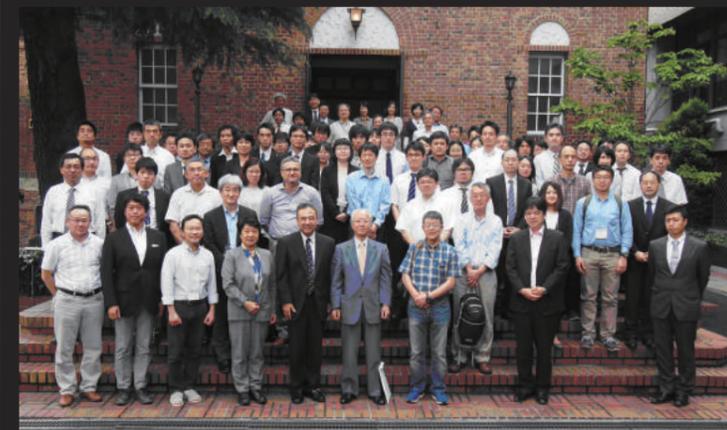


宇宙に生きる

Living in Space

宇宙からひも解く
新たな生命制御機構の統合的理解



科学研究費助成事業新学術領域研究
「宇宙からひも解く新たな生命制御機構の統合的理解」
国立研究開発法人 宇宙航空研究開発機構 有人宇宙技術部門 気付
〒305-8505 茨城県つくば市千現 2-1-1 筑波宇宙センター
問合せ先 / Tel 050-3362-5434・6154
領域ホームページ / <http://www.living-in-space.jp/>



▶ C O N T E N T S

▶ 領域代表あいさつ	02
▶ 公募研究班紹介	03
▶ 班会議報告	18
▶ イベント報告	19
▶ 海外派遣活動告報	22
▶ 外国人研究者招聘実績報告	26
▶ 若手研究者紹介	27
▶ 領域名簿・編集後記	33

表紙について

- ▶ 上 / 領域メンバーが一同に会して行われたH28年度第1回全体会議集合写真 (p20 参照)
- ▶ 左中 / 若手の会夏合宿に参加した若手メンバーを前に、宇宙生命研究の魅力を語る古川領域代表 (p21 参照)
- ▶ 右中 / 若手メンバーを中心に実施した若手の会ワークショップの様子 (p19 参照)
- ▶ 下 / 若手の会夏合宿に参加したメンバーの集合写真 (p21 参照)

領域代表
あいさつ



新学術領域研究「宇宙に生きる」 2年目にあたり

こんにちは、領域代表の古川聡と申します。

医師かつ宇宙飛行士である私は平成23年、5か月半の宇宙滞在で極限的ストレスを経験しました。それは例えば無重力による骨格筋の萎縮、体液シフトによる頭重感、閉鎖環境による体内リズムの不調、宇宙放射線被ばく、微生物リスク、等々。「これらは相乗的に作用するのでは？地上でも関連する問題があるのでは？」との問いから、統合的な連携研究が必要との強い認識に至りました。宇宙で遭遇する生物学的リスク・ストレスの解明とそれらの回避・軽減を目指し、同時に現代の超高齢化・ストレス社会の克服につなげたい。そう願い、新学術領域研究チームの結成を決意しました。平成27年度から設立が認められた、新学術領域研究「宇宙からひも解く新たな生命制御機構の統合的理解」（略称：宇宙に生きる）は、2年目に入りました。

平成27年度は4回の総括班会議、キックオフミーティング、年度末の成果報告会（クローズド）を開催し、閉鎖環境での研究など、様々な共同研究の準備を進めてきました。また、若手の会が発足し、ネットワークを広げています。平成28年度からは、公募研究班28班が我々の仲間に加わりました。広い範囲の優秀な研究者をお迎えでき、嬉しい気持ちで一杯です。計画研究班と合わせ、宇宙という切り口で作られたこの素晴らしいチームで、今後領域研究を進めていきたいと考えております。

宇宙から生命を俯瞰することによって、「当たり前で過ぎていた地球環境に秘められた生命機能を発見できる」と考えています。さらに発展させて、宇宙環境を起点とした生命恒常性の維持とリスクの学理構築を目指します。この研究により、宇宙に生きる安全を担保するとともに、生体の重力依存性による筋萎縮、前庭系や循環器系への影響、閉鎖環境ストレス、睡眠障害、放射線被ばくの影響、さらにそれらの複合的な関与などを解明し、高齢化・ストレス社会の克服や安全な環境づくりへも貢献したいです。さらに、若手を育成し、若者の夢を育む研究を目指します。

平成28年9月吉日
領域代表
国立研究開発法人 宇宙航空研究開発機構
主幹研究開発員 古川 聡



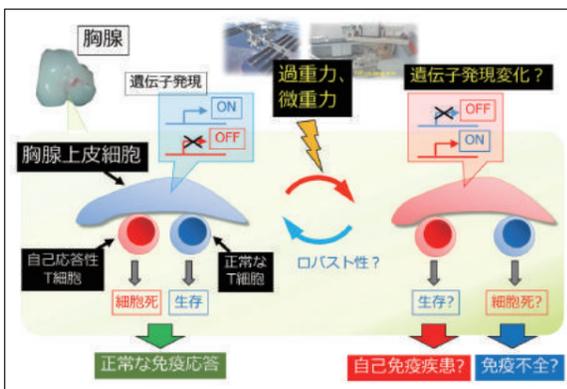
重力依存的な胸腺組織微小環境の機能制御

◎研究代表者／秋山 泰身 (東京大学 医科学研究所・准教授)
●連携研究者／森田 啓之 (岐阜大学 大学院医学系研究科・教授)

健康な宇宙滞在のためには、体の防御システムの一つである免疫系が正常に働くことが必要です。ところが、宇宙滞在に伴う様々な外的なストレスは免疫系に大きな影響を与えると予想されます。そのため、免疫系に対する宇宙滞在や重力変動の影響について、これまでに数多くの研究がなされてきました。これらの研究のほぼ全ては、リンパ球など免疫応答を実行する細胞（免疫細胞）を研究対象としています。

一方、免疫系が正常に機能するためには、免疫細胞だけでなく、リンパ組織も重要になります。リンパ組織には上皮細胞など免疫細胞以外の細胞（ストローマ細胞）が存在し、免疫細胞が生まれたり、働いたりするために必要な「細胞外微小環境」を形成しています。このような重要性にも関わらず、宇宙滞在ストレスによる免疫ストローマ細胞の数や機能の変化、あるいはストレスに対するロバスト性についての研究は、現在のところ、ほぼ皆無です。

私たちは、獲得免疫応答の司令塔とも言えるT細胞の産生や、自己免疫疾患の発症を未然に抑制するために必要な「胸腺上皮細胞」に焦点を当てます。これまでの研究から、マウスを過重力（2G）で飼育すると、胸腺上皮細胞の遺伝子発現が変化することがわかりました。予想外なことに、その変化は重力を感知する内耳の前庭器官に依存しておらず、これまでに発見されていない重力を感知する機構により起きている可能性があります。そこで今回の研究は、重力の変動が、どのような機構を介して胸腺上皮細胞の遺伝子発現を変化させ、それは胸腺上皮細胞の機能さらには免疫系全体にどのような影響を与えるのか、を明らかにすることを目指します。



感覚神経 — 筋サテライト細胞という新規臓器連関が担う骨格筋恒常性維持機構の解明

◎研究代表者／越智 広樹 (東京医科歯科大学 細胞生理学分野・助教)

微小重力下における筋萎縮のメカニズム解明において、重要な課題の一つは、筋肉におけるメカニカルストレス受容機構の解明である。これまでに我々は、骨格筋と同様にメカニカルストレスを受容する臓器である骨において、感覚神経系の骨組織内への侵入が骨量維持に重要であることを報告してきた。加えて、感覚神経障害マウスでは、骨欠損モデルにおける骨再生が有意に低下していた。このことは、感覚神経系が、メカニカルストレスの感知において重要な働きをしているとともに、組織幹細胞の恒常性維持を担っている可能性を示唆している。興味深いことに、骨格筋幹細胞である筋サテライト細胞は重力刺激下で細胞の活性化が促進することが知られていることから、筋サテライト細胞はメカニカルストレスに対し鋭敏に反応することで、生理的機能を維持していると考えられるが、その重力感知メカニズムは不明である。

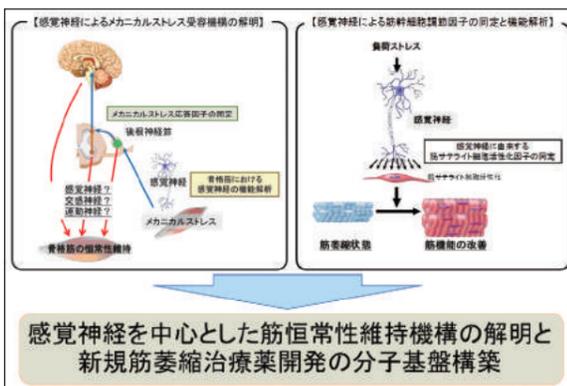
そこで本研究では、感覚神経系 - 筋サテライト細胞という新たな臓器連関に着目し、骨格筋におけるメカニカルストレス受容機構から見た筋萎縮の分子メカニズム解明を目指す。

1. 骨格筋におけるメカニカルストレス受容機構の解明

荷重ストレスの変化が骨格筋の感覚神経系におよぼす影響を3次元組織学的に解析する。また、感覚神経機能異常マウスを用いて、感覚神経系による骨格筋機能の調節機構を解明する。

2. 感覚神経系による筋サテライト細胞恒常性維持機構の解明

荷重負荷に反応し骨格筋に分布する感覚神経系で変動する遺伝子を網羅的に解析し、力学的ストレス反応因子を同定する。加えて、これらの中から筋サテライト細胞の増殖・分化を促進する分子を同定し、生体における機能解析を行う。

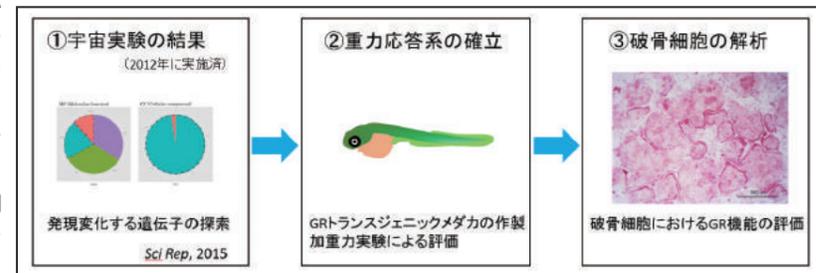


メダカを用いた破骨 - 造骨連動における重力応答機構の解明

◎研究代表者／茶谷 昌宏 (昭和大学 歯学部歯科薬理学講座・助教)
●連携研究者／工藤 明 (東京工業大学 生命理工学研究科・教授)

骨は常に代謝され、破骨細胞が古い骨を溶かし、骨芽細胞が新しい骨を作ることでバランスを保っている。その両者を制御する詳細なメカニズムはまだ明らかになっておらず、宇宙空間すなわち微小重力状態になると骨量が減少することから、重力は骨代謝の制御に関わる一つの重要な要因であると考えられている。重力によるメカニカルストレスが解除されるとなぜ骨が減るのか、この視点から研究することで新しい骨代謝の仕組みを解き明かすことが期待される。過去2回行われた宇宙実験によって、メダカはこれまで不可能であった重力変化に対するin-vivoでの破骨と造骨を観察できる優れたモデル動物であることが示された。その解析結果から、破骨細胞は活性化しており、ストレス応答として知られるGR(グルココルチコイド受容体)のシグナル伝達が微小重力環境で上昇していることを見出した。そこで、重力ストレスが細胞の遺伝子発現をどのようにして調節しているのかを明らかにし、その調節機構に関連した破骨細胞の性質を調べる。

本年度は、以前にメダカを用いて行った宇宙実験で発現変動が生じた遺伝子群のうち、GRに着目して解析する。GRを介してシグナル伝達されると蛍光を発現するトランスジェニックメダカを作製し、地上で重力を変化させる加重力実験を行うことで生体内のGRシグナルがどのように変化するかを解析する。その際、破骨細胞でGRシグナルに変化があるのかを評価する。さらに哺乳類の破骨細胞培養系を用いて、破骨細胞の成熟過程におけるGRシグナルの新たな機能を明らかにする。このように、地上実験で重力とGRの関係を調べ、将来の宇宙実験を目標とした準備を行う。



重力に抗した3D臓器形成機構の解析 - 微小重力下での複雑な立体臓器の構築に向けて -

◎研究代表者／清木 誠 (山口大学 大学院医学系研究科 システム再生・病態医化学・教授)
●連携研究者／北川 孝雄 (同上 システム再生・病態医化学・助教)
浅岡 洋一 (同上 ゲノム・機能分子解析学・講師)

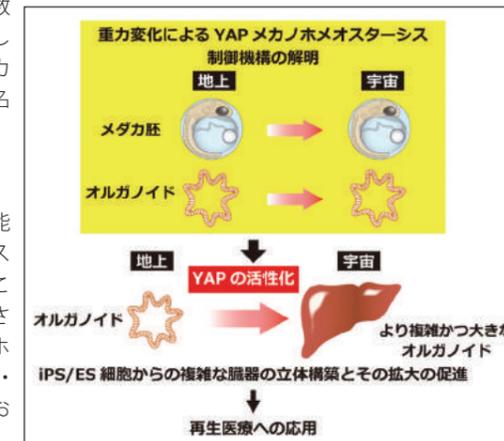
【これまでの研究概要】

ヒトの眼球はカップ型をした眼杯の中心にレンズが正しく配置されることで物体を認識できる。しかし、さまざまな組織が独自の3次元の形を持ち、正しく配置するのを統御することで立体臓器を形成するメカニズムが存在するとはこれまで想定すらされていなかった。

我々は重力などの外力により臓器が扁平化するメダカ変異体 hirage の解析から、原因遺伝子であるYAPを同定した。YAPは細胞の発生する物理的な力を介して、個々の組織の3次元化だけでなく、複数の組織の配置を制御して立体臓器を構築することを世界に先駆けて報告した。重力などの外力によるYAPの活性化を介した臓器の立体構築制御メカニズムは、ヒト細胞でも保存されておりYAP-メカノホメオスタシスと名付けた (Porazinski et al., Nature 521, 2015)。

【本研究の目的およびアプローチ】

YAPは、活性化により臓器の大きさを数倍に拡大できるユニークな機能を持つことが知られている。従って、重力を変化させYAP-メカノホメオスタシスを介して臓器におけるYAPの活性化を適切にコントロールすることで、ヒトiPS/ES細胞からの複雑な立体臓器の構築と拡大を同時に促進させることが可能であると考えられる(図)。そこで、重力がYAP-メカノホメオスタシスシグナルのダイナミクスに与える影響をメダカおよびヒト・3Dオルガノイドを用いて明らかにする。この結果に基づき、重力変化における立体臓器構築のシミュレーションを行い宇宙実験の理論的根拠を得る。

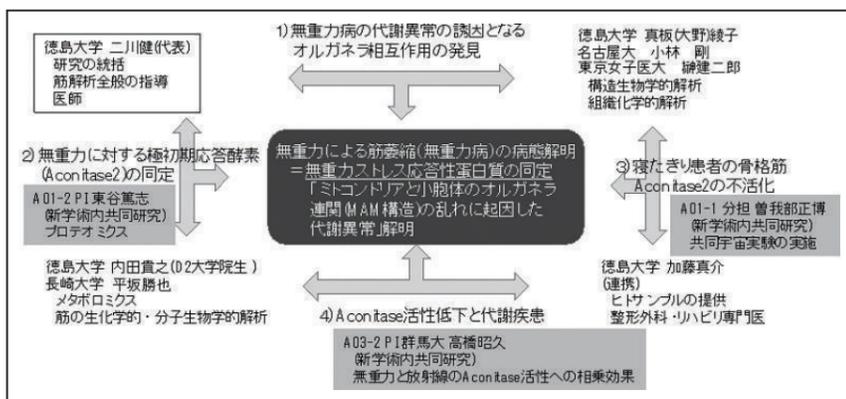




無重力ストレスに対する 極初期応答酵素（アコニターゼ）の同定

◎研究代表者／二川 健 (徳島大学 生体栄養・教授)
 ●研究協力者／小林 剛 (名古屋大学 医学部・講師) 平坂 勝也 (長崎大学 水産学部・助教)
 榑 建二郎 (東京女子医科大 医学部・講師) 加藤 真介 (徳島大学 医学部・教授)
 真板 綾子 (徳島大学 医学部・特別研究員)

科学の進歩により人類の活動のフロンティアは飛躍的に拡大し、超深海や火星まで至っている。生物は重力や酸素濃度など環境ストレスに適応して進化してきた。しかし、その科学の進歩が早すぎるため、これまでの生物の進化に伴う変化だけでは適応仕切れず様々な不具合が生じている。例えば、無重力による筋萎縮や骨量の減少などは、無重力環境への適応異常症（無重力病）と考えられる。こういった無重力病を克服するには、生物が環境ストレスをどのように感知し化学的なシグナルに変換しているのかという「シグナル応答機構」を解明することが必須である。我々は、究極のメカニカルストレスである、無重力環境に対する生体の応答を、網羅的な代謝レベルの解析（メタボローム解析）を基盤に研究してきた。その結果、メカニカルストレスはミトコンドリアの代謝に影響を与えることがわかった（＝無重力環境は負荷がかからないため、運動のためのエネルギー産生を必要としない）。つまり、メカニカルストレスは、筋肉や骨の細胞だけでなく、身体中のどの細胞にも影響を与えるストレス源である。本研究では、他班と連携した協力体制で（右図を参照）、無重力病の誘因となる極初期の無重力応答分子（アコニターゼ）と酸化ストレス応答酵素を同定し、その相互作用と代謝機構を解明することにより、無重力病を克服することを目指す。

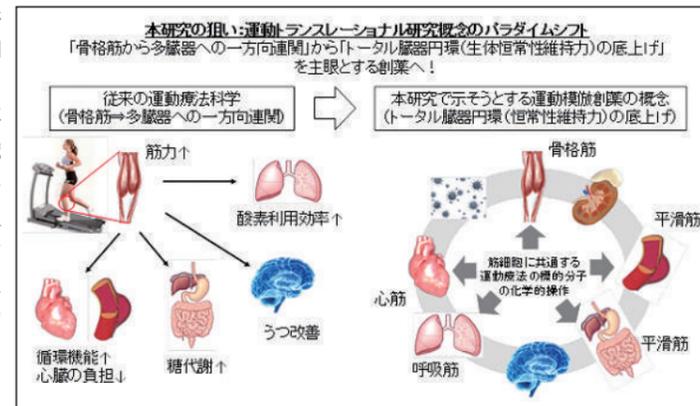


宇宙生活での健康リスク低減を目指した 運動による生体恒常性の頑健性獲得機構の解明

◎研究代表者／富田 拓郎 (自然科学研究機構 岡崎統合バイオ (生理研)・心循環シグナル・助教)

宇宙空間における生存の難しさは筋萎縮に顕在化するように筋組織への負荷がほぼなくなることである。一方で、地上においても、寝たきりの状態が筋萎縮や免疫不全に繋がることはよく知られている。運動というものの大事さおよびそれが困難な状況で如何にその不足を補えるかということに答えを導くために、筋組織が運動負荷によるメカニカルな刺激をどのように受容し、全身の生体恒常性に寄与するかを明らかにする。さらには、運動を模倣した介入療法の開発を目指す。

運動において、弛緩・収縮による骨格筋に対する物理刺激が重要なシグナルと推定し、それに対する筋細胞の応答と、全身にその情報を如何に伝播していくのかを細胞レベルから個体レベルで解析する。細胞レベルにおいては、運動を模倣した継続的機械的刺激が筋細胞の増殖・分化に対して1) どのように影響するのか2) どのような分子が介在するのかを明らかにする。細胞レベルの知見を基に個体レベルで、それら機構がどのように反映されるかを解析し、再度細胞レベルへのフィードバックをかける。本研究は筋細胞の物理刺激に対する適応メカニズムについて、骨格筋のみに限局せず、各種臓器が有する筋組織（横紋筋・骨格筋）に共通のメカニズムが存在することを予測したものである。その共通メカニズムが組織恒常性および多臓器連関による全身性の恒常性維持に重要であることを証明する。



小型魚類を用いた宇宙環境が 脳機能・脳構造に与える影響の研究

◎研究代表者／川上 浩一 (国立遺伝学研究所 初期発生研究部門・教授)
 ●連携研究者／武藤 彩 (国立遺伝学研究所 初期発生研究部門・助教)

宇宙空間のような微小重力環境が、脳の機能や脳における遺伝子発現に与える影響はよくわかっていません。これらについて脊椎動物を用いて実験的に明らかにすることは重要です。本研究では、小型熱帯魚ゼブラフィッシュを用い、宇宙環境が脳の機能や構造に与える影響を解析します。

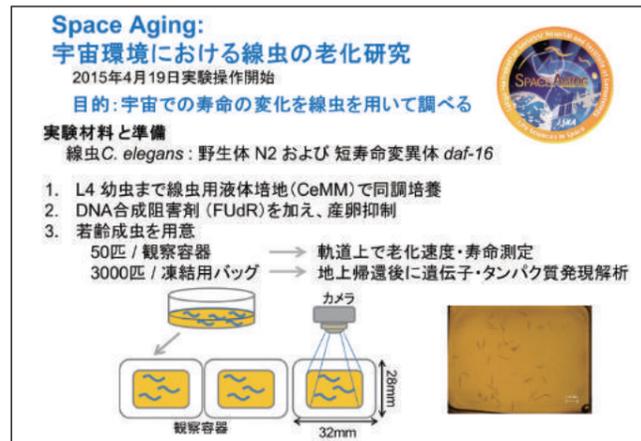


宇宙環境における線虫の老化とその制御機構

◎研究代表者／本田 陽子 (早稲田大学 先端生命医学科学センター・招聘研究員)
 ●連携研究者／本田 修二 (早稲田大学 先端生命医学科学センター・招聘研究員)

老化の速度や寿命は遺伝的な要因とともに環境に反応して決まると考えられています。JAXA との共同研究「Space Aging: 宇宙環境における線虫の老化研究」では微小重力環境が生物の老化過程に与える影響を明らかにするため、線虫、*C. elegans* を用いて宇宙環境における寿命を計測するとともに、遺伝子発現の変化を解析します。そのため宇宙環境「きぼう」日本実験棟で、2種類の線虫を培養しました。野生体 N2 と哺乳類の FOXO 転写因子と相同遺伝子である *daf-16* 遺伝子の欠損変異体です。*daf-16* 変異体は線虫の寿命制御に関わるインスリンシグナルの指標として用いました。約 50 匹の線虫を産卵抑制剤を加えた液体培地とともに観察容器に入れ、全ての個体を CCD カメラ付きの装置で録画した動画を地上に伝送し、線虫の動きを観察しました。線虫を最大 70 日、ほぼ動かなくなるまで観察してその動きから老化の速度と生死を計測しました。同時に約 3000 匹の線虫をプラスチックバッグで培養し、凍結して宇宙で保存し、地上に回収しました。このサンプルを用いて宇宙での遺伝子発現やタンパク質の変化を調べて、寿命の変化の原因を明らかにします。

本実験により宇宙環境に長期間滞在することにより、線虫の老化速度と寿命がどのような影響を受けるかが明らかとなります。さらに持ち帰った線虫サンプルの遺伝子発現やタンパク質の変化を解析することにより新しい老化関連遺伝子が見つければ、それをもとにして老化を遅らせたり老化に伴って起こる病気の予防をするゲノム創薬のヒントが得られるかもしれません。





宇宙における骨量低下の謎に迫る —破骨細胞分化因子 RANKL の発現メカニズムの解明

◎研究代表者／篠原 正浩 (東京医科歯科大学 大学院医歯学総合研究科・講師)
●連携研究者／森田 啓之 (岐阜大学 大学院医学系研究科・教授)
高橋 智大 (筑波大学 医学医療系・教授)
芝 大 (宇宙航空研究開発機構・主任研究開発員)

原始の海で誕生した生命が、海を離れて地上で生活を営むために重力に抗い、身体を支持する組織として発達させた骨組織にとって力学的荷重は恒常性維持に最も重要な要素である。骨組織では、常に古い骨は破骨細胞によって壊され、新しい骨が骨芽細胞によって形成される。この破壊と形成のバランスが保たれることにより正常な骨組織が維持されるが、寝たきりや運動不足といった骨組織に力学的荷重がかからない環境では骨量が低下して骨粗鬆症を発症する。

微小重力環境下における骨量低下は、地上における通常の骨粗鬆症と比較して約10倍の速度で骨量が減少する。宇宙における骨量減少では破骨細胞分化の亢進に起因する過剰な骨破壊がひとつの原因と考えられており、破骨細胞による骨破壊を抑制する薬剤は宇宙空間における骨量低下を抑制する。

骨破壊を担う破骨細胞の分化因子である RANKL の正常な発現は骨代謝の恒常性維持に必須である一方、様々な骨破壊性疾患では発現が亢進し、骨破壊が進行する。生理的条件下では骨芽細胞や骨細胞、関節リウマチ骨破壊ではT細胞や関節滑膜細胞、加齢に伴う骨粗鬆症では骨芽細胞やT細胞、B細胞などが RANKL 発現細胞であると考えられているものの、微小重力環境下ではこれらの細胞は減少することが知られており、如何なる細胞が RANKL 発現細胞であるかは明らかにされていない。

本研究では、微小重力環境下における RANKL 発現細胞の同定、およびその発現メカニズムを明らかにすることで、宇宙における骨量低下の謎に迫る。さらに、メカニズムに立脚した RANKL 発現の抑制を可能とする薬剤開発の探索から、宇宙における骨粗鬆症の治療・予防薬の開発に結びつける。



宇宙の閉鎖空間を想定した物理的ストレスによる 内耳障害のリスク評価と防御法の開発

◎研究代表者／大神 信孝 (名古屋大学 大学院医学系研究科・環境労働衛生学・講師)
●連携研究者／矢嶋 伊知朗 (名古屋大学 大学院医学系研究科・環境労働衛生学・講師)
加藤 正史 (名古屋工業大学 大学院電気電子工学科・准教授)

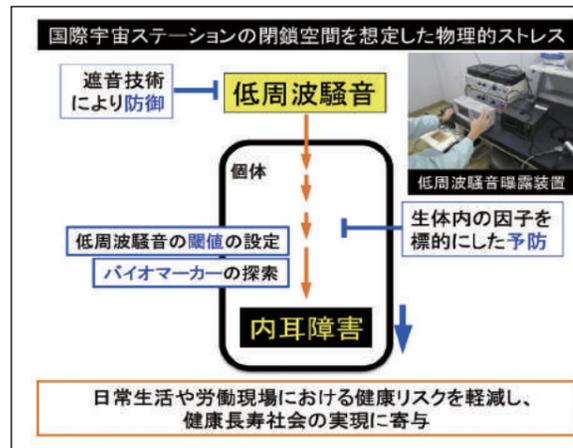
【目的】

低周波騒音は100ヘルツ (Hz) 以下の周波数を持つ音と定義され、屋内では空調・フリーザー・電子機器などから発生する物理的環境因子です。代表者らの過去の研究によると、マウスに70デシベル (dB)、100 Hzの低周波騒音を開放空間にて1ヶ月間曝露した所、内耳障害が誘発される事が示唆されています。一方、過去の国際宇宙ステーション (ISS) 内の騒音リスク調査では、70 dBの音量で70時間の騒音曝露は聴覚に影響しなかったと報告されています。しかしながら、その調査では、音の高低、つまり周波数を考慮せずに騒音を調査しており、その実態は低周波騒音である可能性があります。現在の所、閉鎖空間で低周波騒音の健康リスクを検証した過去の報告、あるいは健康リスクを誘発する低周波騒音の閾値の情報もありません。

本研究では、ISS内の閉鎖空間を想定して、低周波騒音による健康リスク評価を実施し、予知・防御対策を開発する事を目的としています。内耳障害は高齢者のQOLに著しく影響する事から、本研究の成果は、日常生活における健康リスクを軽減し、健康長寿社会の実現に寄与する事が期待されます。

【研究実施計画】

1. 閉鎖空間・低周波曝露システムを用いて、低周波騒音の曝露実験を行い、マウスを対象に内耳障害のリスク評価を実施します。
2. 内耳機能への影響をおよぼす低周波騒音の閾値を調べます。また、内耳、血液、尿中のバイオマーカーを探索します。
3. 閉鎖空間の低周波騒音に対する防御対策を開発します。



重力変化に対する免疫システムの 可塑性とその破綻：免疫記憶機構へのアプローチ

◎研究代表者／前川 洋一 (岐阜大学 大学院医学系研究科・教授)
●連携研究者／森田 啓之 (岐阜大学 大学院医学系研究科・教授)

宇宙空間では極限ストレスにより免疫システムが影響を受けます。免疫システムへの重篤な影響は感染防御不全だけでなくアレルギーや自己免疫疾患、がんなど様々な免疫関連疾患に直結します。そのため免疫システムはストレスに対する動的平衡能を有し決定的な破綻を回避していると考えられますが、その全貌は未だ解明されていません。本研究では、重力変化という極限ストレスに晒された際の免疫システムの可塑性 (動的平衡能) とその破綻について検証します。特に、免疫記憶機構への影響を中心に検証を行い、来るべき「宇宙に生きる」時代への免疫・感染防御領域における対策策定の基盤形成を目指します。また、ストレスの免疫システムへの翻訳機構とその応答を解明し、免疫システムの新たな高次恒常性制御機構を見出したいと考えています。この研究から得られる成果は、免疫システム破綻の治療法や予防法の創出につながると考えます。

1. 重力変化により免疫記憶機構

(メモリーT細胞と抗体親和性成熟) が受ける影響

最先端の免疫研究手法を駆使してメモリーT細胞の動態や抗体親和性成熟に与える重力変化の影響を検証します。

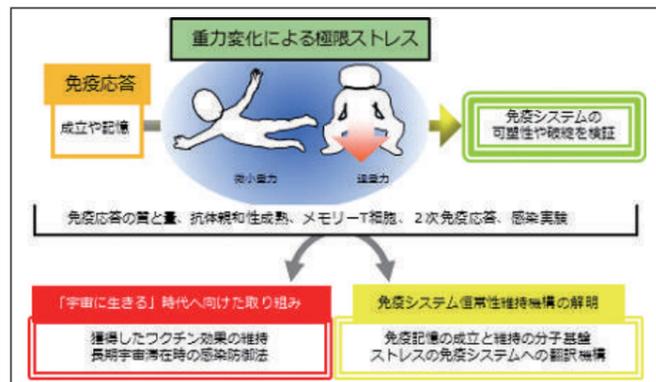
2. 免疫記憶機構への影響による感染防御能

(初感染、再感染、潜伏感染) の変化

免疫記憶機構を始めとする免疫システムの総和としての感染防御能に対する重力変化の影響を検証します。

3. 極限ストレスの免疫システムへの翻訳機構の分子基盤

システム外 (前庭系など) からの間接ストレスとシステム内への直接ストレスがどのように免疫システムのシグナルへと翻訳されるのか、また免疫システムがそのシグナルにどのように応答しているのかを検証します。



閉鎖空間が哺乳類代謝の恒常性維持に与える 影響の網羅的解析

◎研究代表者／西村 渉 (自治医科大学 医学部 解剖学講座・准教授)

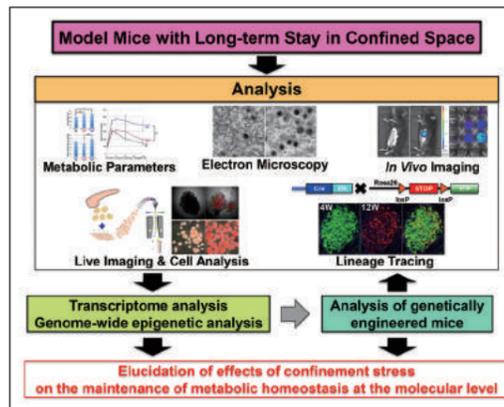
研究目的

本研究では、宇宙という極限状況での人類の長期滞在に向けての課題のうち、閉鎖環境ストレスが、生体の代謝・内分泌系の恒常性維持に与える影響、ならびにその破綻のメカニズムについて解明する。閉鎖環境がもたらす影響の解析については、JAXAのみならず、ロシアや米国でも、ヒトを対象として隔離空間滞在实际が行われている。しかしヒトを対象とした研究の場合、標的臓器によっては、その影響を分子メカニズムにまで踏み込んで解析する事が、困難な場合も想定される。そこで本研究課題では、モデル動物を用いて、閉鎖空間での長期滞在が代謝の恒常性維持に与える影響について、明らかにする。

研究内容

本研究では、閉鎖環境長期滞在モデルマウスを作製し、表現型を網羅的に解析する事により、まず障害の標的となる臓器を明らかにする。次に、その標的臓器における遺伝子発現とエピゲノムの変化を直接解析し、閉鎖環境が成体に与える影響を分子レベルで解明する。さらに、発生・老化・肥満に与える影響や、閉鎖環境に社会的ストレスが加わった際の影響についても解析する事により、生体代謝がその可塑性により極限状況へ適応するメカニズムについて明らかにし、対応策を創出して、人類の未来に貢献する事を目的とする。

我々はこれまでに、主にコンディショナルな遺伝子改変マウスの解析を通じて、生体代謝の恒常性維持に重要な分子メカニズムを明らかにしてきた。これまでの我々の研究手法は、特に個体レベルでの分子メカニズムの解析において強力な武器となり、過酷な環境下での、哺乳類が個体として有する高次の生命制御機構の統合的理解に貢献すると期待される。



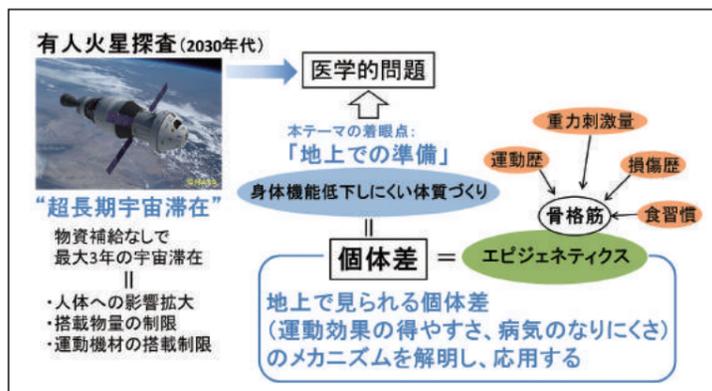


宇宙滞在に影響を受けにくい体質をつくるための 新規エピジェネティクス理論確立

◎研究代表者／河野 史倫 (松本大学 大学院健康科学研究科・准教授)
 ●連携研究者／山田 一哉 (松本大学 大学院健康科学研究科・教授)
 川島 均 (松本大学 松商短期大学部・准教授) 中田 研 (大阪大学 大学院医学系研究科・教授)
 二村 圭祐 (大阪大学 大学院医学系研究科・准教授)

【目的】有人火星探査ミッションは、物資補給が不可能な最大3年間の宇宙滞在を要する。滞在期間の延長による身体への影響拡大や運動機材の搭載制限など、宇宙飛行士の医学的問題はさらに深刻化すると想定される。そこで我々は、「宇宙滞在の影響を受けにくい体質」を地上をつくることで、簡略化された運動プログラムでも宇宙飛行士の健康を維持できる理論の確立を目指す。

【研究概要】エピジェネティクスは、遺伝子を取り巻く環境(エピゲノム)による遺伝子転写制御である。従って、エピゲノムの変化が生理的な刺激に対する遺伝子の応答性に重大な影響を与えると考えている。過去に受けた刺激が「エピゲノム変化」という形で残存し、将来的な遺伝子の刺激応答性を変化させるという仮説を、特に骨格筋の特性や機能に着目して検証する。運動歴や運動不足歴、受傷歴、食習慣、重力刺激量の異なる動物を飼育し、運動や不活動に対する応答の違いを調べる計画である。一般的なエピジェネティクス理論では、転写活性を受ける遺伝子座においてアセチル化などの活性化型ヒストン修飾が多く見られることが明らかにされている。しかし、重力に対抗して姿勢を支えるため持続的に活動する抗重力筋は、転写が活性化している遺伝子座においてもヒストンのアセチル化レベルが低い。このような現象は、筋活動によって発生する特殊なエピゲノム変化が存在することを示すものであり、骨格筋の特性を運命決定するメカニズムのひとつであると考えられる。どのような遍歴を持った個体が運動効果を効率よく引き出せるのか、エピジェネティクスの視点から明らかにしたい。



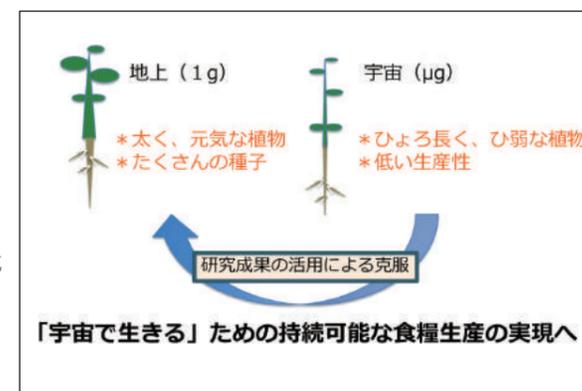
微小重力、閉鎖空間における 農作物生産を支える要素基盤の形成

◎研究代表者／古市 卓也 (名古屋経済大学 大学院人間生活科学研究科・准教授)
 ●連携研究者／玉置 雅紀 (国立環境研究所・主任研究員)
 富松 元 (国立環境研究所・特別研究員) 飯田 秀利 (東京学芸大学・名誉教授)
 矢野 幸子 (文科省科学技術・学術政策研究所・特別研究員)

長期にわたる宇宙滞在や惑星探査においては、食料の持続可能な生産が必要不可欠である。また、植物や藻類が行う光合成は、閉鎖空間においてクルーの呼吸として排出される二酸化炭素(CO₂)の吸収と酸素の供給を担い、大気環境の保全にも寄与する。そのため宇宙船および火星での持続可能な農作物生産の実現は、次代の宇宙開発における最重要課題のひとつとして位置付けられている。

宇宙環境において植物は微小重力、宇宙線、閉鎖空間による超高濃度CO₂など、成長や発芽、生殖機能に重大な影響を与えるストレスに曝される。これまでの宇宙実験の成果から、これらのストレスは発芽率の低下や徒長などを引き起こすことが明らかとなった。宇宙における食糧の持続的生産、すなわち「宇宙に生きる」ことを実現するためには、これらの仕組みを明らかにし、克服しなければならない。

植物は一般に広く知られる重力屈性に加え、重力に抗ってからだを支える能力=抗重力能を備えている。その仕組みを解明・利用することで、微小重力環境における徒長を抑制し、生産性を向上できると強く期待している。我々はこれまでの研究から、重力感知の初発応答である細胞質Ca²⁺濃度上昇=Ca²⁺シグナルに着目し、その分子機構を明らかにしてきた。また、近年の研究において発芽過程においてもCa²⁺シグナルが重要な役割を果たすことが明らかとなった。本研究では、①抗重力能を発揮して太く、強く成長する重力センサーとそのはたらき、②高濃度CO₂環境下における発芽・成長抑制の仕組みを明らかにし、その解決策を探索することで、「宇宙における持続的食糧生産」の実現を目指す。



人工重力 + 運動負荷は、 宇宙飛行デコンディショニングの対抗措置となり得るか

◎研究代表者／岩瀬 敏 (愛知医科大学 医学部生理学・教授)
 ●連携研究者／西村 直記 (愛知医科大学 医学部生理学・講師)

宇宙では、地球上と異なり、無重量状態、放射線被曝などの問題が生ずる。放射線被曝は防御可能であるが、無重量状態は、防御することが難しい。長期間の無重量曝露に伴い、ヒトには様々な不具合が生ずる。まず、宇宙に出て2、3日の間は、前庭機能の乱れが生じ、「宇宙酔い」という現象が起きる。次に全身の体液が頭部方向へ移動し、その結果、顔面浮腫、脳圧亢進、緑内障などが生ずる。1週間ほどすると、その影響はなくなるが、反対に地球帰還後に起立性低血圧が起きる。10日から2週間ほどすると、骨格筋萎縮が始まり、さらに2週間以後は、骨代謝異常が生じる。さらに長期の微小重力曝露は、体温調節異常および免疫異常も生じる。

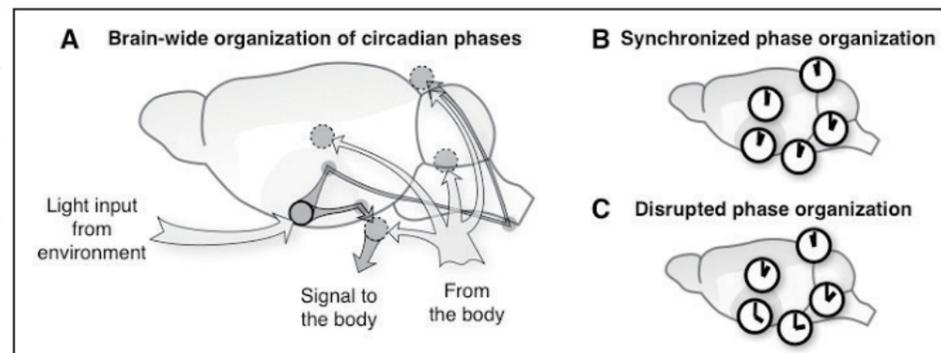
このような不具合に対し、これまでは運動や下半身陰圧負荷による対抗措置が取られてきたが、いずれも十分でなく、多くの時間を消費することになる。このような不具合は、宇宙飛行デコンディショニングと呼ばれ、どこかの地点で地上に戻れば正常に復帰する、というpoint of no returnが十分検索されていなかった。本研究の目的は、短腕式遠心機による人工重力+運動負荷装置が、宇宙飛行デコンディショニングを予防できるかということを確認することにある。これまでに4mの直径を有する棒状回転体は、十分予防できるということは我々の実験により証明できているが、さらにコンパクトに2.8mの回転体とし、その効果を発揮できるかを確認する。本装置が月基地、火星探査のような長期間にわたる微小重力曝露に対する対抗措置として有効であるかどうかを実証する。



Chronic effects of non-24 hour solar days

◎研究代表者／Jihwan Myung (Research Scientist, RIKEN Brain Science Institute)

The internal period of physiological cycles in all life forms on Earth closely resemble the planet's rotational period of 24-hour, hence the cycles are called the circa- (about) dian (a day) rhythms. We now know that maintenance of the normal circadian rhythm is critical for mental as well as physical health. However, the 24-hour rhythm is only unique on Earth as other planets in the solar system have vastly different solar day lengths: Mars, the major target of space colonization, for example, has a solar day length longer than 24 hours. What would be the long-term consequences of living under the non-24-hour days? Studies show that chronic disturbances of circadian rhythms result in cognitive deficits and negative mood states. Would the longer-than-24-hour days on Mars cause similar problems in the brain? We study this issue in the context of seasonal affective disorders. Circadian clocks distributed throughout the brain reorganize their relative phases under seasonal daylengths. This circadian phase organization is a potential endophenotype of an affective mood state. We investigate if it is possible for the chronic non-24-hour days to cause phase organizations similar to those seen under seasonal daylength conditions. Our approaches are both theoretical and experimental, so we can create a succinct model that predicts phase organizations under various non-Earth cycles.





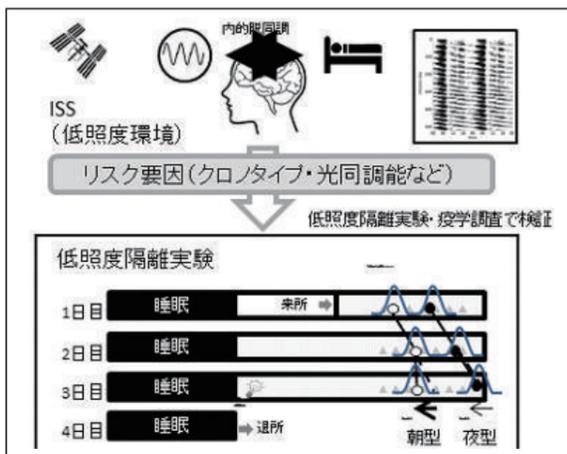
生体リズム内的脱同調の健康影響と脆弱性要因の解明

◎研究代表者／北村 真吾 (国立精神・神経医療研究センター・精神保健研究所・精神生理研究部・室長)
 ◎連携研究者／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・精神生理研究部・部長)

宇宙空間での睡眠は十分に確保されていないことがこれまでのデータから明らかにされている。スペースシャトルのフライトと国際宇宙ステーション (ISS) の客観的睡眠時間を調べた研究では約6時間と報告され、覚醒度やパフォーマンスの低下による事故発生リスクが懸念される。特にISSは低照度隔離環境であり、睡眠の長さを維持できても生体リズムとの適切な関係の維持が困難であり、内的脱同調を来す可能性があることがこれまでの研究で示唆されている。特に近年では、社会的スケジュールによって生じるわずか1時間程度の内的脱同調 (社会的ジェットラグ) が心身の健康の低下リスクとなることが知られるが、内的脱同調のリスク要因を精密に評価した研究はない。

本研究では、ISS 低照度環境を模擬した隔離実験および疫学調査により、低照度環境での内定脱同調出現を検証し、併せてリスク要因 (クロノタイプ、光同調能、社会・その他の生物学的要因) の評価を行う。

低照度隔離環境における内的脱同調の発生を隔離実験によって明らかにする。異なるクロノタイプを有する健康成人を対象にISSの光環境 (覚醒期間で約150lux) を想定した4日間の低照度隔離実験を実施し、概日リズム位相 (メラトニン分泌開始時刻) と睡眠覚醒スケジュールとの乖離を指標として内的脱同調の出現を検証する。実験期間中を通じて、日中は低照度 (約150lux) に設定した実験室内で被験者に過ごしてもらう。3日目の午前の起床後に1時間の高照度光の光曝露を高照度光治療器を用いて行う。内的脱同調の出現に対するクロノタイプおよび光同調能の寄与を検証する。



宇宙リスク管理のためのナノマイクロデバイスを用いたDNA損傷検出システムの開発

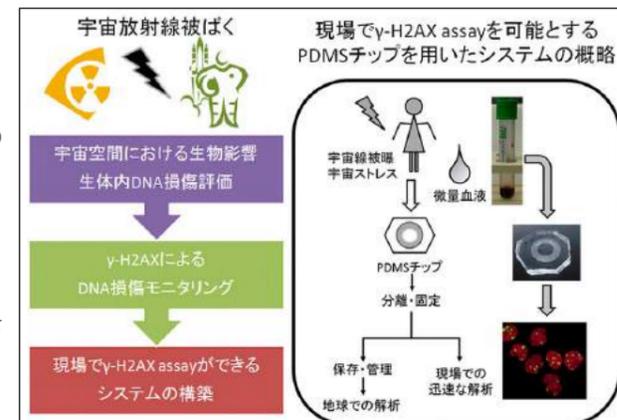
◎研究代表者／中村 麻子 (茨城大学 理学部・准教授)
 ◎連携研究者／村井 正 (JAXA 有人宇宙技術部門・参事)
 鈴木 孝明 (群馬大学 大学院理工学府・准教授)

放射線被ばくの生体影響を評価する方法として、リン酸化型ヒストンH2AX (γ -H2AX) を用いたDNA損傷モニタリング法は、1.2 mGyの放射線量に相当するDNA損傷を検出するほどに高感度であることなどから、生体内DNA損傷を迅速にモニタリングする方法として期待されている。

しかしその一方で、 γ -H2AX アッセイを含めほとんどの影響評価アッセイは実験室ベースで行われることがほとんどであり、国際宇宙ステーションのような『現場』における解析作業はまだまだ困難な現状である。放射線被ばくの影響を正確に知るためには、被ばく後の迅速かつ経時的な生体影響のモニタリングが重要であることは疑う余地がない。

そこで本研究計画では、簡便なサンプリング、長期的かつ安定的なサンプルの保存、そして γ -H2AXを用いたDNA損傷レベルの迅速な解析を可能とするアッセイデバイスとして、Polydimethylsiloxane (PDMS) チップに着目し、微量の血液サンプルから γ -H2AXによるDNA損傷検出までの行程を一つのデバイス上ですべて完了することのできるPDMSチップの開発を目指す。

本研究計画に基づき開発されるPDMSチップ型デバイスおよびそれを用いた γ -H2AXモニタリングシステムは、宇宙飛行士の生体内DNA損傷レベルを微量の生体サンプルで迅速に評価することを可能とし、最終的には放射線被ばく線量評価を含めた総合的な宇宙リスク管理を現場で行うシステム作りにつながることを期待される。

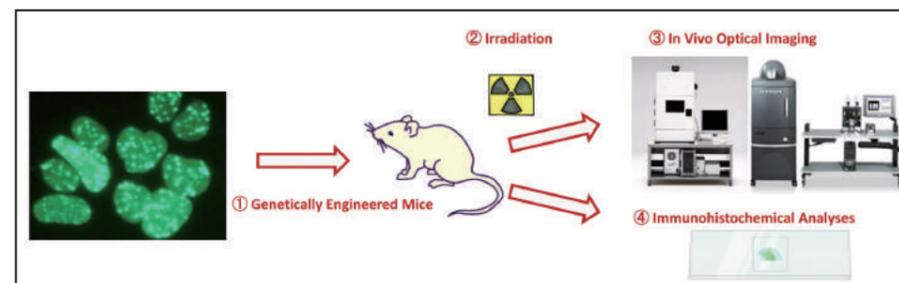


放射線被ばくが主要臓器に及ぼす影響に迫る 遺伝子改変動物を用いた時空間解析

◎研究代表者／原田 浩 (京都大学 放射線生物研究センター・教授)
 ◎連携研究者／吉村 通央 (京都大学 医学研究科・助教) 後藤 容子 (京都大学 医学研究科・助教)
 小林 稔 (京都大学 放射線生物研究センター・特定研究員)
 森嶋 章代 (京都大学 放射線生物研究センター・研究員)

ベルゴニー・トリボンドーの法則として「細胞の放射線感受性が臓器によって異なること」が知られている。しかしながら、生体内の多様な微小環境の中で、DNA損傷の発生頻度と修復効率、さらには放射線感受性が臓器間で如何に異なっているのかは、完全には解明されていない。本研究で我々は、様々な線質の放射線によって生じるDNA損傷の程度と修復効率が、微小環境の異なる臓器間で如何に異なるのかを解析し、宇宙放射線被ばくが生体に及ぼす影響を統合的に理解することを目指す。

これまでの研究で我々は、DNA損傷修復で機能する因子がDNA損傷部位に集積する為に必要なポリペプチド鎖を同定し、これをEGFPと融合させて最適化することで「DNA二重鎖切断部位を高輝度で可視化できるレポーター遺伝子」を構築した。この成果を出発点に本研究で我々は、当該レポーター遺伝子のトランスジェニックマウスを作成し、様々な線質の放射線を全身照射することによって、線質の違いが各臓器の放射線感受性とDNA損傷修復能に及ぼす影響を、組織・個体レベルで解明する。また、これまでの研究を通して作成して来た「生体内の酸素環境やpHを可視化できる遺伝子改変マウス」と「本研究で作成する遺伝子改変マウス」を掛け合わせることで、多様な生体内微小環境が、各臓器の放射線感受性とDNA損傷修復能、及び放射線感受性に及ぼす影響を時空間的に解析する。宇宙空間の積極的利用に向け、これら独自の遺伝子改変マウスを活用した組織～動物個体レベルの実験を実施し、将来的に『国際宇宙ステーション日本実験棟“きぼう”』にて当該マウスを用いた研究を実施することにつなげたい。

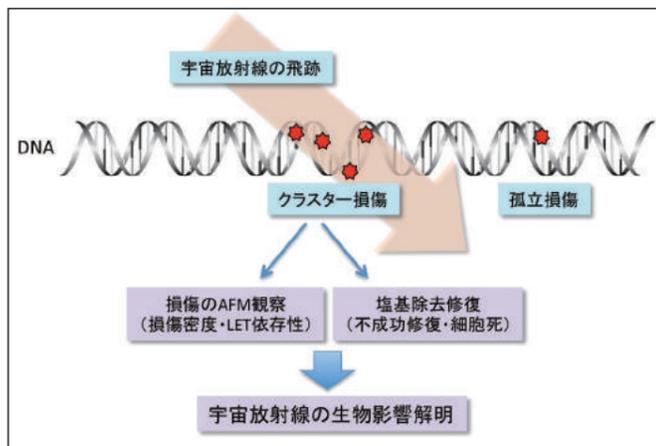




宇宙放射線の重粒子成分が誘発する クラスター DNA 損傷の解析と生物影響

◎研究代表者／井出 博 (広島大学 大学院理学研究科・教授)
●連携研究者／平山 亮一 (量研機構 NIRS・放射線障害治療研究部・主任研究員)

宇宙ステーションあるいは惑星探査ミッションで長期間にわたり宇宙に滞在する場合、宇宙放射線の健康に対する影響が重要な問題となる。宇宙放射線のうち銀河宇宙線は、線量としては陽子の寄与が大きいが、実効線量としては生物学的効果比の高い重粒子の寄与が大きくなる。したがって、宇宙放射線の健康影響を明らかにする上で重粒子線の生物影響メカニズム解明は重要な課題である。放射線照射された細胞では、飛跡と重なる DNA 部位（ヘリックス数ターン）に密集した損傷（クラスター損傷）、離れた部位に孤立損傷が生じると考えられている。重粒子線は線エネルギー付与（LET）が高く、高密度に損傷を含むクラスター損傷が生物影響に関わっている可能性が指摘されている。しかし、実験的には、高密度クラスター損傷の証拠や損傷密度に関する知見は得られていない。



我々は、X線・重粒子線が誘発するクラスター損傷およびDNA-タンパク質クロスリンク損傷の検出と修復に関する研究を行ってきた。さらに、最近の研究により、原子間力顕微鏡（AFM）を用いることにより、DNA損傷部位を直接可視化できる可能性が出てきた。本研究では、これらの成果を基に、重粒子線誘発クラスター損傷の性状をAFMを用いて解析するとともに、塩基除去修復酵素によるクラスター損傷の不成功修復（abortive repair）の影響を調べ、重粒子線の生物影響メカニズム解明に取り組む。さらに、本研究のクラスター損傷に関する知見および損傷分析技術を領域内の研究者に提供し共同研究を行うことにより、本新学術領域の推進に貢献する。

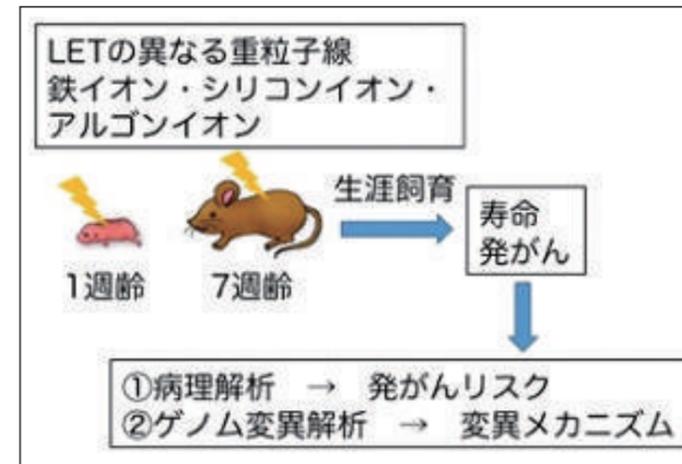


宇宙放射線被ばくによる発がんリスクの推定 ；病理およびゲノム変異解析から

◎研究代表者／柿沼 志津子 (量研機構 NIRS・放射線影響研究部・部長)
●連携研究者／森岡 孝満 (量研機構 NIRS・放射線影響研究部・主任研究員)
尚 奕 (量研機構 NIRS・放射線影響研究部・研究員)
甘崎 佳子 (量研機構 NIRS・放射線影響研究部・研究員)
臺野 和広 (量研機構 NIRS・放射線影響研究部・主任研究員)

宇宙環境においては、地上とは異なる宇宙放射線を常に被ばくする。宇宙放射線は、陽子線、中性子線に加えて、鉄イオンなどの生物効果の高い重粒子放射線が含まれることが特徴である。放射線の生体影響については、原爆被爆者の疫学データから、線量と発がんリスクの関係が明らかにされている。しかし、線質の異なる混合放射線を低線量・低線量率で被ばくする宇宙環境における発がんリスクに関する十分なデータはまだない。宇宙空間における重粒子線の存在比率は少ないが、細胞を用いた重粒子線の影響解析から、細胞内を通過した鉄、またはシリコンイオンは、密度の高い傷跡を形成することが示されている。従って、重粒子線で生じる傷は、低LET放射線によって生成する傷とは大きく異なり、発がんといった生物影響は大きいと予想される。

本研究では、鉄イオン、シリコンイオン、またはアルゴンイオンを照射したB6C3F1マウスの終生飼育実験から得られたマウスのがんのサンプルについて解析する。がんの病理解析から各臓器の発がんリスクの違いを明らかにする。また、発生したがんのゲノム変異解析を行い、LETの異なる重粒子線被ばくによる発がんリスクとゲノム変異メカニズムを新たに提示することを目的とする。



微小重力環境における宿主 - 病原体の相互作用変化をもたらす分子基盤の解明

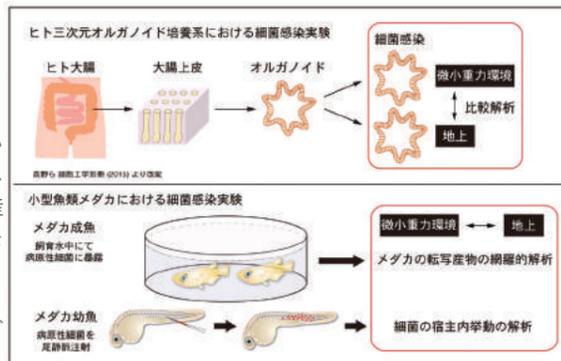
◎研究代表者／白井 睦訓 (山口大学 大学院医学系研究科・教授)
●連携研究者／浅岡 洋一 (山口大学 大学院医学系研究科・講師)

【研究目的】

宇宙船内環境における細菌などの微生物感染は、長期宇宙滞在を行う宇宙飛行士の健康に深刻な影響を与えるリスク要因の一つである。近年、微小重力環境において宿主に対する微生物の病原性の変化（増悪化）が報告されるなど、宇宙環境では宿主（ヒト）-病原体の相互作用の変化が微生物感染リスクに深く関わる可能性が明らかになってきた。しかしながら、微小重力がいかにして宿主-病原体の関係性に影響を与えるのかについて、詳細な分子機構の理解は依然として不十分である。そこで本研究では、「ヒトのオルガノイド培養系と小型魚類メダカ（図）を用いて、微小重力下の宿主-病原体の相互作用変化をもたらす分子基盤を解明すること」を目的とする。

【研究計画】

- [1] ヒト大腸上皮由来のオルガノイドを作成し、食中毒原因菌サルモネラを感染させる。（擬似）微小重力環境あるいは地上の細菌感染オルガノイドから、それぞれ転写産物を抽出しRNA-seq法を用いた比較トランスクリプトーム解析を行う。
- [2] サルモネラを感染させたメダカ成魚を（擬似）微小重力環境あるいは地上で飼育し、腸内細菌叢のゲノムを比較解析する。これと並行してメダカ腸管の転写産物を抽出し、RNA-seq法による網羅的な転写産物の比較解析を行う。また、メダカ幼魚を用いて重力の有無がサルモネラの宿主内挙動に与える影響をイメージング解析により検討する。
- [3] 計画1と2で得られたRNA-seq解析をもとに、微小重力環境に依存して発現変化を示す遺伝子群のうち、ヒト大腸オルガノイドとメダカ腸管に共通する遺伝子を抽出する。



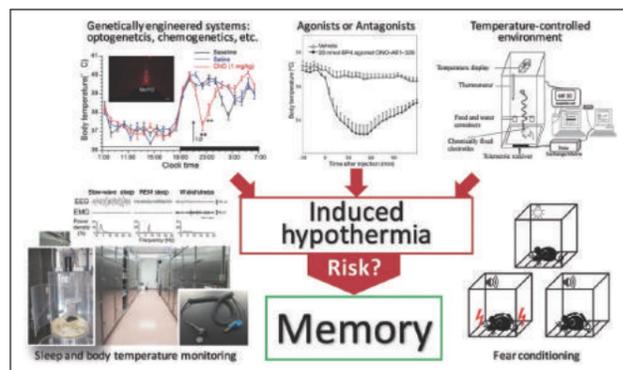


Hypothermia as a risk factor for memory consolidation

◎研究代表者 / Michael Lazarus (Principal Investigator, International Institute for Integrative Sleep Medicine, University of Tsukuba)
 ●連携研究者 / Masanori Sakaguchi (Principal Investigator, International Institute for Integrative Sleep Medicine, University of Tsukuba)

Whereas hibernation is common in rodents and other animals, there are only a very few cases of suspected hibernation or states similar to hibernation in humans. Induced hibernation, also known as suspended animation, is the slowing or stopping of life processes without termination by cooling the body down. This technology has great potential for long distance space travel and medicine. Induced hypothermia has been used for open-heart surgeries and other clinical procedures, but the risk for brain functions is largely unknown. In this research, we plan to elucidate the effects of pharmacologically or genetically induced hypothermia on the consolidation of memories.

The research is conducted in collaboration between the Lazarus and Sakaguchi laboratories. The Lazarus laboratory uses innovative genetically engineered systems to investigate homeodynamics in sleep and body temperature. Moreover, the laboratory has developed a high-throughput sleep bioassay system, by which electroencephalogram (EEG) and electromyogram (EMG) recordings are used for experimental assessment of sleep and intraperitoneal thermal sensors are used to measure simultaneously body temperature (Oishi Y, et al. J Vis Exp. 2015, e53678, doi:10.3791/53678). The Sakaguchi laboratory studies behavioral learning and memory paradigms based on fear conditioning. Mice are trained to associate a foot shock with the context in which it occurs. Characteristic "freezing" behavior, which entails complete immobility except for breathing, is used as a measure of fear memory.

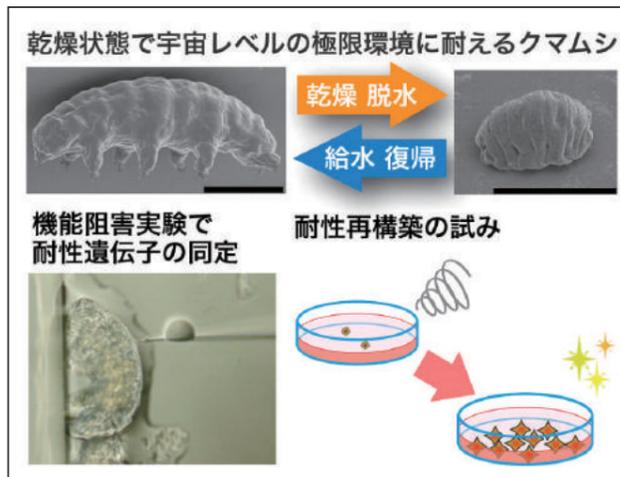


遺伝子機能阻害系を用いた動物の極限環境耐性に 必須な遺伝子の同定と耐性再構築の試み

◎研究代表者 / 國枝 武和 (東京大学 大学院理学系研究科・助教)

複合的な環境ストレスに曝される宇宙に進出する上で、生物学的ストレスの回避・軽減は重要な課題である。クマムシは体長数百ミクロンの微小動物で、乾燥状態になることで様々な極限環境に高い耐性を示し、宇宙空間に曝露されても生存した初めての動物である。この耐性能力を支える仕組みを解明できれば、宇宙を始めとする様々な環境ストレスへの対抗策を模索する上で有用な情報を提供できると考えられるが、その分子的な実体はほとんど分かっていない。

本研究課題では、脳も備える多細胞動物でありながら、様々な環境ストレスに高い耐性を示すクマムシを材料に、動物に宇宙レベルの環境ストレス耐性を付与しうる分子メカニズムの解明を目指す。これまでに蓄積された耐性の異なる3種のクマムシの各種オミクスデータ (ゲノム・トランスクリプトーム・プロテオーム) を詳細に比較解析するとともに、細胞分画データやケミカルによる阻害データを活用して耐性に関わる遺伝子・タンパク質候補を厳選する。選別した遺伝子群について、近年確立したクマムシの遺伝子機能阻害系を用いて耐性能力への関与を実験的に検証するとともに耐性に重篤な影響を与える遺伝子群を同定する。さらに同定した遺伝子群を用いて他種の動物培養細胞などにおける耐性の再構築を試みる。



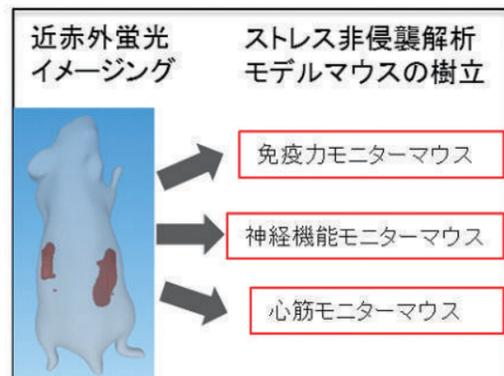
極限環境の生体影響非侵襲解析 マウスモデル系の樹立

◎研究代表者 / 三輪 佳宏 (筑波大学 医学医療系・講師)

人類が宇宙環境への適応を進める上で、極限環境ストレスがもたらす様々な影響に加えて、そこからの回復過程の生物学的な理解が進めば、宇宙から帰還した人々の健康管理と速やかな復帰を強力にサポートできる。この実現には、生きたままのモデル動物で非侵襲にかつ継続的に、体内の状態をモニターする手法が強力な武器となる。本申請では、これまでに申請者が準備を進めて来た哺乳動物体内の近赤外非侵襲イメージング技術を駆使して、重力変化、放射線、閉鎖環境での影響を完全非侵襲モニターできるモデルマウスを開発することを目的とする。

哺乳動物の体で起こる様々な未解決の現象を解明するには、外科処置などの余分なストレスを与えたりせず、**体内環境を乱すことなく非侵襲で体内を知る技術**が強力な解析手段となる。X線CTやMRI、超音波などのモダリティで「形を知る」ことはできるが、これと合わせて、遺伝子発現、細胞活性、臓器機能といった「機能を知る」ことが必要である。こうした機能イメージングを実現する手段として、GFPをはじめとする蛍光タンパク質の応用が重要な役割を果たしてきたが、可視光は哺乳動物組織での吸収が非常に大きく、ほとんど内部に浸透できない欠点がある。

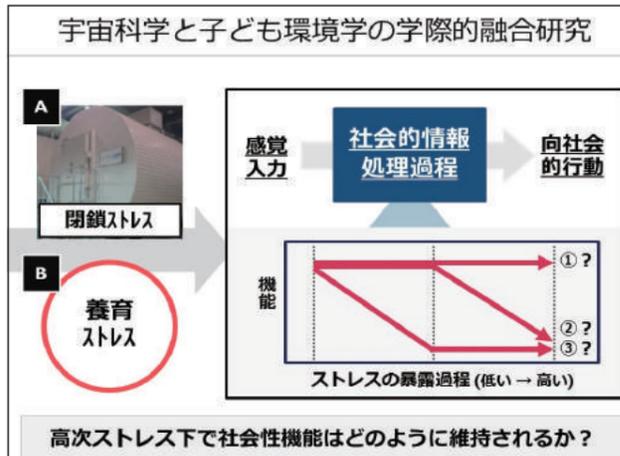
この問題解決のため、申請者は、**哺乳動物体内に深く浸透できる近赤外波長のイメージング技術を確立し、非侵襲機能イメージングを実施できる様々なモデルマウスを系統的に作成する**研究を進めて来た。本研究では、近赤外非侵襲蛍光イメージング技術を応用して、宇宙の極限環境のストレスの影響を解析できる免疫、神経、心臓のイメージングマウスを樹立する。



高次ストレス下での社会性機能の維持機構の解明

◎研究代表者 / 島田 浩二 (福井大学 子どものこころの発達研究センター・特命助教)
 ●連携研究者 / 友田 明美 (福井大学 子どものこころの発達研究センター・教授)
 藤澤 隆史 (福井大学 子どものこころの発達研究センター・特命講師)
 ●研究協力者 / 田仲 志保 (福井県児童科学館)

本公募研究の目標は、「宇宙に生きる」宇宙科学研究と「未来に生きる」子ども学 (子ども環境学) 研究を推進させ繋ぐことにある。宇宙科学研究では「宇宙で生存は可能か?」といったヒト生命制御機構の解明が最重要課題であるが、さらなる未来の課題として「宇宙で社会生活は可能か?」といったヒト社会性機能の維持機構の解明も含まれる。本研究は後者の研究テーマ、宇宙社会を織り成すためのヒト社会性機能の維持機構の解明に關与する。また、子ども環境学研究では、地上の現代ストレス社会の病理として発現している反社会的行動の1つである子ども虐待の予防に繋がる効果的な支援・介入方法の開発に取り組んでいる。特に、日本では、少子化・核家族化・地域のつながりの希薄化などの社会環境が変化の中で、養育者の子育てが孤立化し閉塞感が増加している現状があるが、本研究は養育行動といった向社会的行動を生み出すための社会性機能の維持機構の解明に關与する。まとめると、本研究は宇宙と地上の高次ストレス下での社会性機能の維持機構 (または破綻機構) を解明すること、そしてその宇宙科学研究の成果を現代ストレス社会の病理の予防・克服に応用することを目的とするものである。この目的を達成するために、閉鎖環境ストレスと養育環境ストレスといった2つの高次ストレス環境における社会的情報処理プロセスの機能変化および分子遺伝学的・神経生物学的な基盤に関する研究に取り組む。





宇宙での生命維持に必須の食料生産・物質循環・健康維持機能を担う植物システムの構築

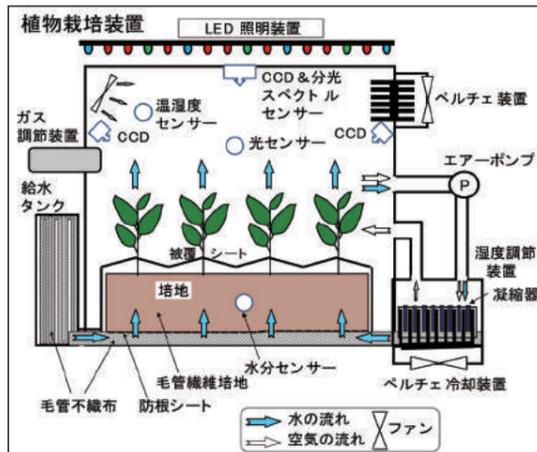
◎研究代表者／北宅 善昭 (大阪府大 生命環境科学研究科・教授)
 ◎連携研究者／平井 宏昭 (大阪府大 生命環境科学研究科・准教授)
 矢野 幸子 (JAXA・有人宇宙技術部門、文科省科学技術・学術政策研究所・特別研究員)

【目的】

宇宙の閉鎖空間で、食料となる植物を生産し、さらに空気や水の浄化、物質リサイクルを可能とする栽培実験装置を開発する。この装置は精密な環境制御の下で植物を育成でき、制御環境要素の逐次モニタリング、発芽から栄養・生殖成長を含む植物生育全段階における形態形成、バイオマス生産、ガス交換、水収支などの情報を自動モニタリングできる。この植物栽培・環境制御技術は、将来の宇宙における人類の自立した長期的居住を可能にするための持続的物質循環型生命維持システムの基盤技術となる。

【研究計画】

本研究ではまず比較的栽培が容易なサツマイモを対象として、その栽培装置を開発する。サツマイモはイモと同時に茎葉部も野菜として食用となる品種も多く、可食部比率が高い。また、ビタミンA、CおよびE、食物繊維、タンパク質などを豊富に含有し、特に茎葉部は、抗酸化物質を豊富に含み、ヒトの健康維持に有効な農作物である。他の作物についても、試作装置を大きく改変することなく栽培でき、植物体の成長、生理応答、および環境条件をモニタリングできる汎用栽培装置を目指している。また、植物のガス交換（光合成・蒸散）活性を把握する上で重要な指標である気孔開度について、葉の熱収支に基づいて非接触で連続モニタリングできる手法を開発する。さらに低重力が対流抑制などを介して、植物の蒸散・吸水、光合成、生殖成長に及ぼす負と正の影響解明と、負の影響に関する対処方法について検討する。



疑似宇宙環境における基本的生命現象の可視化

◎研究代表者／阪上—沢野 朝子 (理研 脳科学総合研究センター・細胞機能探索技術開発チーム・研究員)

本研究は、生命現象可視化 (direct visualization) 技術を開発する立場から、生命恒常性維持に**重力**および**宇宙放射線**が与える影響を理解することを目的とする。

我々はこれまで、蛍光タンパク質を駆使した蛍光イメージング技術の開発と実践に取り組み、多細胞から構成される生命システムが環境依存的に見せる挙動を観察してきた。本研究ではこれまでの**「地球環境」**に**「重力」**という物理軸を加える。また、細胞周期研究と関連して、細胞の放射線に対する応答に焦点をあてる。すなわち、**「宇宙環境」**における微小重力および過重力、あるいは放射線が生命恒常性維持に与える影響を、様々な蛍光プローブ (Fucci、酸化ストレスプローブ、オートファジープローブ、炎症プローブ、代謝プローブ) の併用を通して解析する。

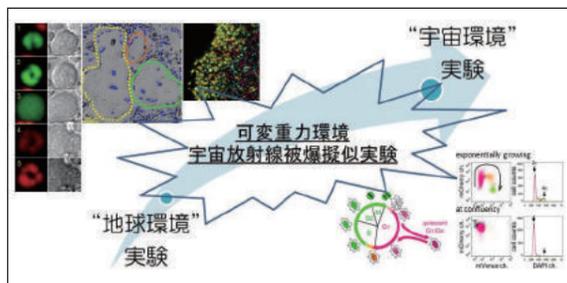
direct visualization 技術を宇宙生命科学に適用することで、未来空間で地球生命体が被るであろう影響について理解を先取りすることを目指す。

a. 可変重力環境における基本的生命現象の可視化

蛍光プローブで経時的にイメージングを行うことで、その一瞬の細胞の Heterogeneity を可視化することができる。時間情報、空間情報、重力情報の視点から、**宇宙環境**における細胞動態の理解をすすめていく。

b. 宇宙放射線被曝擬似実験等による、細胞ダメージの可視化

蛍光プローブ発現細胞で細胞動態を可視化する。「共通言語」となる**蛍光プローブ**により**地球環境**、**宇宙環境**、**放射線被曝**などの環境の違いでおこる細胞増殖・分化・ダメージ応答などのパターン変化を質的、量的に議論する。



▶ 総括班からの報告

第4回 総括班会議

開催日 2016年3月10日(木)

開催場所 一橋講堂特別会議室

出席者 古川代表、総括班メンバー、および若手の会幹事長

議事概要

- 2017年3月9日11日の日程で、「宇宙に生きる」国際シンポジウムを開催することを決定！企画チーム（森田、松崎、小久保、藤森、嶋津、村井）を結成し、早急に準備に取り掛かることを確認しました。
- 若手の会を中心に、若手主体の「夏の学校」を開催することをしました。第1回目は、若手の会幹事長・笹原先生を中心に企画！
8月5、6日、つくばで第1回夏の学校を開催！詳しくは、イベント報告をお読みください。笹原先生をはじめ、筑波大宇宙医学グループの皆様、ありがとうございました！
- 国際活動支援班の運営方針に関して議論しました。4月より、新たに加わる公募研究班にも枠を広げ、積極的に国際共同研究を推進し、支援することを確認しました。また、海外派遣メンバーは帰国後、ニュースレター、HPへの掲載を前提とした報告書を提出してもらうことにしました。海外派遣活動報告の欄を、本ニュースレターより新たに設けましたので、是非ご覧ください！

第5回 総括班会議

開催日 2016年5月27日(金)

開催場所 早稲田奉仕園会議室

出席者 古川代表、総括班メンバー、領域アドバイザー、若手の会幹事長および学術調査官

議事概要

- 2017年3月9日11日の日程で開催する「宇宙に生きる」国際シンポジウムの準備状況に関して、企画チームより報告。現在シンポジストを選定中。
是非とも、本研究領域が国際的な研究拠点へつながるシンポジウムになることを期待しましょう！
- 若手の会活動報告：新たに加わった公募研究班の若手研究者も若手の会に加え、若手の会の規模を拡大する。また、第1回「夏の学校」の企画内容、準備状況の報告あり。ちなみに、若手の会に入れないベテラン？年配？研究者は、オブザーバーとしてなら、夏合宿に参加可能。
- 班員も増えたため、より効率的に事務処理を行うため、業務内容、役割分担を整理しました。

▶ 新領域研究「宇宙に生きる」2016ワークショップ報告
2016年3月9日、10日



A01-1 研究分担者 **高橋 賢** 岡山大学 大学院医歯薬学総合研究科

2016年3月9日と10日の2日間にわたり、東京・千代田区の一橋講堂で新領域研究「宇宙に生きる」2016ワークショップが行われました。一日目は研究の実務を担う若手研究者11名の発表とポスター発表の後、ざっくばらんな技術交流会が行われました。二日目は各研究班の主任研究者11名による研究報告が行われました。「宇宙に生きる」の関係者約80名に加え、アメリカ航空宇宙局(NASA)からSpace Life and Physical Sciences部長のD. Marshall Porterfield博士ら2名を迎え、ワークショップは大変盛況でした。

ワークショップの目的の一つは、若手研究者の交流を深めること。「若手で気楽に楽しくやりましょう!」とは、イベント数か月前の計画段階での話。当日いざ若手の口頭発表が始まると、宇宙生命科学の錚々たる研究者らを前にプレゼンテーションすることに。「話が違うな」と思ったのが私だけかは不明ですが、若手研究者らの発表は各自の専門分野で学術的な要素をそつなく説明しつつ、これからの宇宙生命科学を担っていく気概を感じさせる堂々たるものでした。これに対し、シニアの主任研究者からは前向きな提案が多数寄せられました。

ポスター発表は、会場に所狭しと展示された20枚ほどのポスターを来場者が囲み、途切れることのない質問と議論であっという間に予定の1時間半が過ぎました。その後は軽食を片手に技術交流会に進み、終始和やかな雰囲気の中、各研究班同士のより有機的なつながりを深めました。主任研究者らにとどまらず、研究に携わる学生が他班の学生と積極的に情報交換する場面も見られました。



2日目は主任研究者らによる最新の研究報告が行われました。各発表の後には、研究班同士の連携を意識した質問やコメントが相次ぎました。その後はNASAのPorterfield博士より、米国の宇宙生命科学の動向についてご講演頂きました。最後に参加者全員による総合討論と今後の活動方針に関する議論が活発に行われました。本新学術領域研究の枠を超えて、今後の宇宙生命科学の発展を臨む大変有意義なワークショップとなりました。



▶ 2016年度全体会議報 平成28年5月26日～5月27日



A02-2 研究分担者 **村谷 匡史** 筑波大学 医学医療系

平成28年度採択の公募研究班を交えての最初の全体会議が5月26日から2日間、東京で開催された。今回会場となった早稲田奉仕園・スコットホール講堂は1921年完成の歴史ある赤レンガ造りの建物で、普段の学会とは趣の異なる印象的な環境での会議となった。1日目の午前部では、領域代表の古川聡先生の開会挨拶と全体概要説明の後、11の各計画研究班からの報告が行われ、昼食後の公募研究班による研究内容の紹介へと続いた。7つの公募班からの発表の後、1日目の夕方には隣接する奉仕館・リバティーホールにおいて意見交換会が行われた。2日目は領域アドバイザーの向井千秋先生のご挨拶で始まり、さらに21の公募班による研究紹介が行われ、最後に領域アドバイザーの浅島誠先生からスピーチを頂いて閉会となった。

公募研究班の発表では、対応する各計画研究班から、瀬原淳子先生(A01)、森田啓之先生(A02)、高橋昭久先生(A03)、那須正夫先生(B01)がそれぞれ座長を務められ、計画班と公募班の連携が意識された活発な議論が交わされた。公募班の参加によって、イメージングや分子プローブなどの解析手法、線虫やメダカに加えクマムシなどの既に宇宙実験の行われた生物を対象とした研究分野、また、各研究者が世界的に第一線で機能解析を行う遺伝子産物や細胞内経路など、様々な専門性がこの新学術領域研究「宇宙に生きる」に加わったことがはっきりと認識できる全体会議であった。

一方で、実際の宇宙環境を用いた研究の機会は限られており、地上で行える宇宙環境の要素を再現した地上実験が様々なアプローチで利用されているが、その意義や手法についても様々な見解があり、各グループにより研究が手探りで行われている状況が理解できた。学際的な研究交流を通して宇宙医学・生物学研究の発展を目指すには、関連研究者同士の情報交換や議論が必要であり、本領域が設置された意義の一つなのだということが改めて理解でき、非常に勉強になった。



スコットホール前にて



赤い絨毯が印象的なスコットホール



浅島領域
アドバイザーの挨拶



トークセッション



コーヒーブレイク中



様々な議論で盛り上がった技術交流会



若手会からのイベント予告も



運営スタッフの皆さん

▶ 「宇宙に生きる」若手会夏合宿 第一回「宇宙を語る」



A02-3 研究分担者 **大井 雄一、笹原 信一郎**
筑波大学 医学医療系（「宇宙に生きる」若手会幹事）

日時 2016年8月5日～6日
主催 筑波大学産業精神医学・宇宙医学グループ

場所 JAXA 筑波宇宙センター、
筑波山ホテル青木屋

二年目を迎えた新学術領域研究「宇宙に生きる」。その若手研究者を中心に構成された「若手会」による夏合宿「宇宙を語る」を開催しました。

第一日目、A01、A02、A03、B01の4領域全22研究班から、計60名の参加者がJAXA 筑波宇宙センターに集いました。宇宙滞在経験をもつ古川聡領域代表がメインスピーカーとなり、「宇宙に生きる」各研究を推進していく上で重要な三つのテーマ「無重力・微小重力」「閉鎖環境」「宇宙放射線・微生物等の宇宙環境」に関するトークセッションを行いました。大井と笹原がファシリテーターを務め、フロアの若手研究者からは今後の研究のインスピレーションにつながる質問が活発に上がりました。ここでしか聞けない話、ここでしかできない話に、目を熱く輝かせながらの語りと議論が展開され、合宿の幕開けとして最高のセッションになりました。



トークセッションで語る古川代表

次に、宇宙飛行士養成エリアを見学しました。閉鎖環境適応訓練設備をはじめ、宇宙飛行士の実際の訓練に使われる場所を巡り、宇宙に最も近い現場の空気を皆で感じました。その後、場所を筑波山ホテル青木屋に移し、和やかな雰囲気の中で、ビジネスサパーや懇親会を通じて、研究者同士の親睦をさらに深めました。



熱く語る研究者たち

第二日目は、若手研究者交流発表会で幕を開けました。全22研究班から研究内容の進捗に関するショートプレゼンテーションを行った後、各参加者が興味のある研究班を訪れて質疑応答やスモールグループディスカッションを自由に行う、パビリオン形式での発表会です。より深く研究内容に踏み込んだ議論が各班で進み、3時間という時間があっという間に過ぎていきました。



振り返りの語り「サルトジェニックカフェ」

最後は、合宿の振り返りを行いました。「サルトジェニックカフェ」と呼ばれる、リラックスした状態で行う一風変わった形式の対話です。テーマは「今回の合宿を通して得た経験は、明日からの研究にどのように生かすことができるだろうか。」各自、自由な視点で意見やアイデアをポジティブに交換しつつ、合宿の成果を語り共有しました。

合宿の幹事を務めた感想です。準備段階ではいろいろと大変なこともありました。終わってみればとてもよい経験であったと改めて感じています。今回の合宿の目指したところについて、研究課題の議論と共有、推進という視点はもちろんですが、初回の合宿ということですから、若手研究者のコミュニティをまずは作ろうと考えました。その発端となったのは、2016年3月10日に行われた総括班ワークショップでの、古川代表の「We/They意識」という言葉です。宇宙飛行士の間でも、あるいは宇宙飛行士と地上管制局の間でも、「俺たち（We）とあいつら（They）は違う、分かり合えない」というWe/They意識が生まれた瞬間から、コミュニケーションはスムーズにいかなくなり、ひいてはミッションの成否に影響するということです。このことは地上の人間にも全く同様に起こりうるものであると思いました。従って、まずは同じ「宇宙に生きる」者どうし、分野もコトバもそれぞれ違いますが、境界線を越えた対話が可能なかたちを何とか作っていかないと考え、「人としての語り（ナラティブ）」を中心に据えることにしました。この目論見は、大成功であったのではないかと、自負しています。

次年度は、松本大学の河野史倫准教授のもと、長野県松本市近郊での開催予定です。河野先生、どうぞよろしくお願いたします。



若手会夏合宿「宇宙を語る」参加メンバー

▶ (A01-1) 重力変化を含む
力学的ストレスに対するメカノセンシング機構

平成28年2月3日（水）～平成28年2月12日（金）

●研究分担者 / **高橋 賢** 岡山大学 大学院医歯薬学総合研究科

2016年2月3日より12日まで、米国3か所を巡り当研究領域の国際活動拠点との連携を強化するとともに、米国の有人宇宙活動に関し最新の知見を得てきたのでここにその概要を記す。

まずハーバード大学 Wyss Institute for Biologically Inspired Engineering 所長、School of Engineering and Applied Sciences 教授の Donald E. Ingber 博士と会見し、重力生物学の現況と趨勢、およびメカのバイオロジイとの関連に関し忌憚なく論じた。さらにメカノバイオロジイ研究の共同プロジェクトについて語り、今後一層の交流を深めることとした。次にボストン大学 Biomedical Engineering 教授の Béla Suki 博士と会談し、ここでも重力生物学へのメカノバイオロジイ的アプローチについて語り、今後の人的・学問的交流を約すの成果を得た。学界でも識者として名高い両教授と交友を深めることができたのは実に有意義と思われる。

さらにヒューストンでは NASA の Human Research Program 会議に出席し、有人宇宙開発の責任者、実務者や宇宙医学・生物学の最前線の研究者らに見え、見識を新たに。最も有意義であったのは、NASA が 2030 年代の有人火星探査を既定のこととし、その実現のために宇宙医学・生物学を単なる机上の学問としてではなく実学として応用せしめんとする先進的な実態を間近に見たことである。とかくアカデミックな関心の追求に走りがちな我が国の研究態勢は米国のそれに大いに学ぶことありと思われた。また重力生物学の領域においては、重力の幹細胞に及ぼす影響の研究が時流を成していると推察された。幹細胞は再生医療など今後の医療への応用が大いに期待されており、重力生物学が新たな知見をこれに加えることができればその成果は大きい。当「宇宙に生きる」の領域においても社会の発展に貢献すべく研究を進めたい。



ハーバード大学 Wyss 研究所



ヒューストンで行われた NASA Human Research Program 会議

▶ (A01-3) 骨格筋の発達・維持萎縮における負荷依存性の分子基盤の理解

平成 28 年 2 月 7 日 (日) ~ 平成 28 年 2 月 13 日 (土)

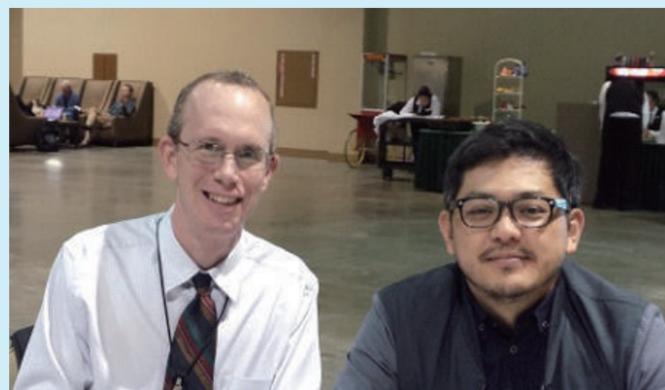
◎ 研究代表者 / 瀬原 淳子 京都大学再生医科学研究所 教授

● 研究分担者 / 佐藤 文規 京都大学再生医科学研究所 特定助教

科研費国際活動支援により、NASA Human Research Program Investigators' Workshop (Galveston, TX 2016 年 2 月 8-11 日) に参加してきました。宇宙環境が生物におよぼす影響を主とした研究集会への参加は初めてであり、今後の研究に役立てることのできる情報の収集と国際共同研究の打ち合わせが主な目的です。

今回 NASA が主催する研究集会に参加して印象的だったこととして、宇宙放射線とそれに起因する酸化ストレスを対象とした研究報告が非常に多かったことです。我々の研究グループはゼブラフィッシュを用いて宇宙滞在が骨格筋におよぼす影響を調べていますが、この研究集会に参加するまでは宇宙滞在において骨格筋の受ける影響としては微重力環境による重力負荷の減少が主なものだろうと考えていました。しかし、多くの研究報告が宇宙放射線の生体への影響を報告しており、骨格筋にも同様の影響が認められても不思議ではないと考えようになりました。これらのことから、早速同研究領域メンバーとの共同研究として ISS 内を模擬したゼブラフィッシュの長期低線量照射実験 (γ 線) を実施することとなり、これまでの研究に異なる視点からの解析を加えることができそうです。また、長期低線量照射実験というこれまでに経験のない実験を直ちに実施できるといった、様々な研究分野グループからなる新学術領域研究の強みを感じることができました。

もう一つの目的に関してですが、University of Arkansas for Medical Sciences の研究者 Reid D Landes 博士との共同研究



の打合せを行うことができました。Reid D Landes 博士は統計学を専門とされています。現在宇宙滞在を含めた様々な筋萎縮条件下の骨格筋トランスクリプトーム解析を行っている我々のグループは、これらの結果を統計学に基づき解析することが必須であり、Reid D Landes 博士との共同研究はこれらの解析を推進するものと思われます。

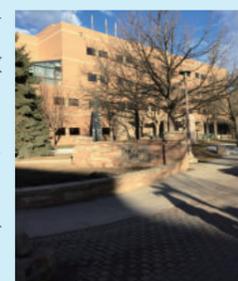


▶ (A03-1) 低フルエンス粒子放射線の動物個体への影響と生体の適応に関する多面的解析

平成 28 年 2 月 7 日 (日) ~ 平成 28 年 2 月 14 日 (日)

● 研究分担者 / 藤森 亮 放射線医学総合研究所・放射線障害治療研究部
粒子線基礎医学研究チーム チームリーダー

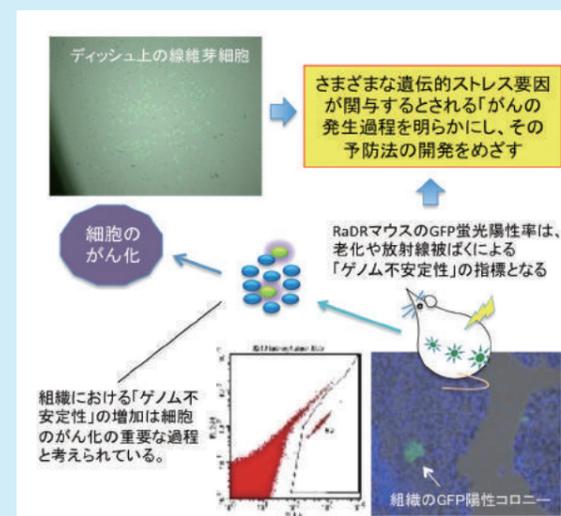
本年 2 月 11 日と 12 日、私はアメリカ合衆国のコロラド州立大学 (CSU) 環境・放射線健康科学科 (ジャック=ニコロフ教授) を訪問して参りました (右写真)。ニコロフ教授の研究室とは数年前から重粒子線の生体効果に関する共同研究を行っていましたが、今回の訪問によって、これまでの共同研究の成果を宇宙放射線の生体効果やその防護に関する研究にさらに発展させる提案に賛同が得られました。ニコロフ研究室の全スタッフが参加するセミナーで予備実験データなどの報告を行い、関連研究者との研究打ち合わせを通じて、今後の研究の具体的な実験条件や研究材料に関する情報を共有しました。このたびの国際活動支援班のご高配に感謝いたしますとともに、以下でニコロフ研究室との共同研究の概要についてご報告いたします。



我々は以前ニコロフ教授の研究室と、放射線など遺伝毒性に対する細胞一般の生体応答として (初期損傷の部位に関係なく) 染色体の一部に誘導される「DNA 相同組換え」の頻度を観察しておりました。ここで用いたヒト大腸がん由来 RKO 細胞には、人工的に染色体の一部に仕掛けが施されており、そこで「DNA 相同組換え」が起こると GFP (オワンクラゲの蛍光タンパク質) の遺伝子が再構成されることにより GFP が発現して細胞が緑色蛍光を発します (下図)。緑色蛍光を放つ細胞に対しては、蛍光顕微鏡やフローサイトメータによる観察や計測が可能になります。

古川聡宇宙飛行士が代表統括を務める新領域研究「宇宙に生きる」の研究テーマは、長時間 (~3 年間) の有人宇宙飛行に想定される人体への様々な負荷が及ぼす医学的リスクを科学的に理解することです。生物効果の大きな粒子線成分が含まれる銀河宇宙放射線への被曝で、しかも長期滞在となると線量の視点からも無視できないリスクとなります。

長期 (少なくとも月単位) の影響を観察する場合、脊椎動物モデルの個体の使用が不可欠です。DNA 相同組換えが起こると GFP が発現する仕掛けをマウスの受精卵に導入した個体 (RaDR マウス) がマサチューセッツ工科大学



において開発され、生きた個体の異なる組織において「DNA 相同組換え」の追跡が可能になりました。我々は早速 RaDR マウスを入手して、この一つの生体ストレス応答現象 (ゲノム不安定性) が老化などによって増加し、放射線はこれを亢進させる要因かどうか確認する実験を開始しました。同様のマウスで「DNA 相同組換え」を指標とした γ 線の頻回照射実験の報告はありますが、宇宙放射線の曝露がどれだけこうしたタイプの突然変異に反映されるかについては未だ明らかではありません。新領域研究の 2 年目 (平成 28 年度) は、RaDR マウスの全身に鉄イオン重粒子線を照射する実験を開始し、照射後の経過を追って生体組織における「DNA 相同組換え」の頻度を観察する予定です。

▶ (A03-3) 閉鎖環境における微生物の変遷

平成28年2月7日(日)～平成28年2月18日(木)

●研究分担者 / 嶋津 徹 宇宙航空開発機構 (JAXA) 有人宇宙技術部門

1. 出張先

- 1) NASA WS: 米国テキサス州 ガルベストン (Galveston Island Convention Center)
- 2) NASA ジョンソン宇宙センター (JSC) : 米国テキサス州ヒューストン
- 3) NASA ジェット推進研究所 (JPL) : 米国カリフォルニア州パサデナ

2. 出張の目的

NASA Human Research Program Investigators Workshop に参加して、NASA の研究動向を調査するとともに、NASA JSC および JPL の関連研究者と研究協力の可能性などに関する情報交換を行う。

5. 出張の内容

- 1) NASA Human Research Program Investigators Workshop (2月8日～11日)

毎年 NASA が開催している有人医学の研究者向けのワークショップであり、今年は主催者側の予想を上回り延べ500名以上の参加者で盛会であった。特に、Kelly 宇宙飛行士がISSでの1年滞在中であり、特別なシンポジウムと関連発表が多かった。宇宙探査に向けた長期間の宇宙滞在に必要な宇宙放射線、精神医学などの報告が多く、本領域研究と重なるところが多いとの印象を受けた。

その他の発表分野としては、1年滞在 (ツインズ研究も)、宇宙探査への医学能力、行動科学、VIP、居住科学、筋骨研究、免疫・微生物研究など、宇宙探査に関わるほとんどの分野がカバーされていた。さらに、3D プリンティングの宇宙探査への応用や惑星探査、商業化などの報告が行われた。微生物研究としては、JSC の Dr.Pierson などの研究チームからの免疫と微生物に関する研究報告が行われた。

- 2) NASA JSC (2月12日)

●面会者 : Dr. D. Pierson (Chief Microbiologist, Biomedical Reserch and Environmental Sciences, JSC, NASA), Dr. M. Ott 8Senior Microbiologist, 同上)

●概要

・NASA JSC でISS運用をサポートしており、定期的 (表面は3ヶ月ごと、水は毎月) に、微生物サンプリングを行っており、若手研究者交流を含めた研究協力が可能である。

- 3) NASA JPL (2月16日)

●面会者 : Dr. K. Venkateswaran (Senior Reserch Scientist, Biotechnology and Planetary Protection Group, JPL, NASA), Dr. P. Vaishampayan (Resercher, 同)

●概要

・ISS軌道上実験として、MICRO10実験では真菌をISSに打ち上げて (SpX-8)、薬剤開発の可能性検討の実験を実施する。また、軌道上で中空糸を用いて、水サンプルを濃縮してPCRできる実験系を開発している。

・研究協力としての若手研究者の受け入れは歓迎する。



▶ (A02-4) 超ストレス環境・宇宙を見据えた新規睡眠覚醒制御手法の開発

平成28年2月24日(水)～平成28年2月27日(土)

◎研究代表者 / 長瀬 博 筑波大学 国際統合睡眠医科学研究機構 教授

平成27年度に、共同研究打ち合わせおよびセミナー・シンポジウム登壇のため、以下の外国人研究者を招聘した。

招聘者 : Seung-Hee Lee 氏 (Assistant Professor / Principal Investigator, Department of Biological Sciences, Korea Advanced Institute of Science and Technology)

招聘場所 : 筑波大学 国際統合睡眠医科学研究機構 (WPI-IIIS)

2月25日

IIIS 構成員ら約70名が参加した第74回IIISセミナーに登壇していただき、議論と情報交換を行なった。

講演タイトル : Neural circuits for sensory processing, integration, and modulation

セミナー後にIIIS若手主任研究者の林悠と、認知行動における神経ペプチドの役割解明を目指す共同研究についての具体的な打ち合わせを行ない、またその他10名の主任研究者ら (柳沢正史、長瀬博、佐藤誠、Kaspar Vogt、坂口昌徳、裏出良博、Michael Lazarus、Qinghua Liu、船戸弘正) と各30分間集中的に面談し、将来的な共同研究の可能性を探った。



2月26日

第4回IIIS国際シンポジウムにて講演していただいた。

講演タイトル : A neural circuit for auditory dominance on visual perception

Lee氏のほか、国内外から10名の著名な講演者を招待し、約180名がディスカッションおよび聴講者として参加し大盛況であった。

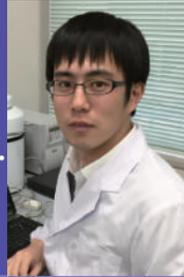


シンポジウムの様子

参考 URL: <http://wpi-iiis.tsukuba.ac.jp/japanese/wp-content/uploads/sites/2/2016/02/seminar74.pdf>
<http://wpi-iiis.tsukuba.ac.jp/japanese/registration/69>

微小重力下における細菌間遺伝子水平伝播

A03-3 閉鎖環境における微生物の変遷



©研究分担者／一條 知昭 (大阪大学 大学院薬学研究科)

▶ 研究の概要

細菌はすぐれた環境適応能力をもっており、様々な環境に適応し、また進化します。このような細菌の環境適応能力の一つと考えられているのが、細菌間遺伝子水平伝播です。細菌は接合 (conjugation) により他の細菌から遺伝子を直接的に受け取る他、形質転換 (transformation) による菌体外の遺伝子を取り込みや、ファージを介した形質導入 (transduction) によって遺伝子を受け取ることが知られています。

このような細菌間での遺伝子水平伝播により、細菌が外来の毒素遺伝子や抗生物質耐性遺伝子を獲得することで、ヒトへの脅威になることがあります。例えば、赤痢菌の毒素である、ペロ毒素の遺伝子の獲得が、腸管出血性大腸菌 O157 の病原性の要因になったと考えられています。また、多剤耐性菌の拡大にも遺伝子伝播が関与しています。

微小重力や宇宙放射線などの影響を受ける宇宙居住環境では、細菌は地上とは異なる環境への適応機構が働くことが考えられます。そこで私は、A03-3「閉鎖環境における微生物の変遷」において、微小重力下における微生物間相互作用と環境適応について、遺伝子伝播の観点から研究を進めています。

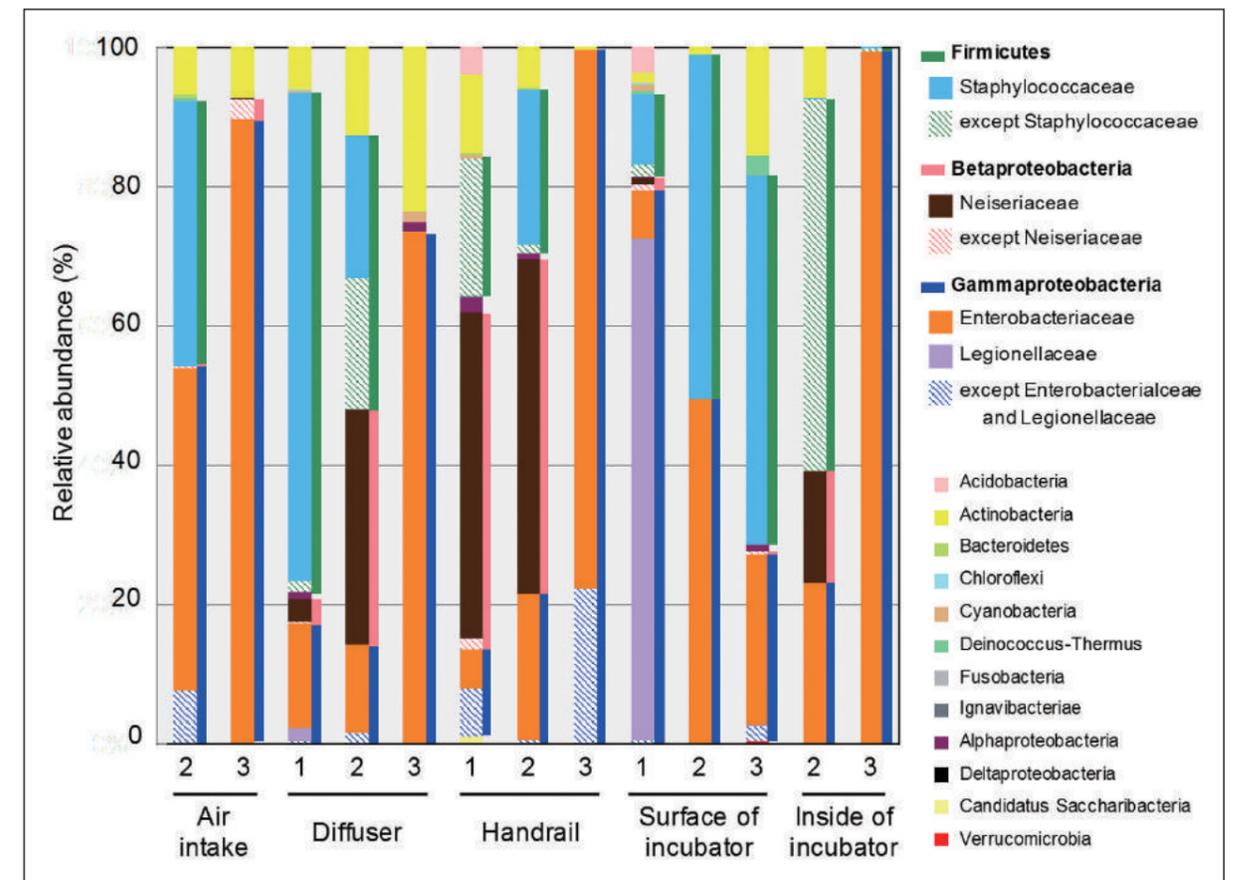
▶ 宇宙居住空間の微生物

宇宙居住環境はもとより、私たちの身の回りの微生物の全体像もどのような微生物がいるのか、その全体像はこれまで不明のままです。そこで、2009年より私たちは JAXA と共同で国際宇宙ステーション「きぼう」において、環境微生物のモニタリングを続けています。これまで我々の分子微生物生態学的手法を使用した軌道上の試料の解析により、「きぼう」内の機器表面や空調機のフィルター等に存在する細菌の大部分はヒトの皮膚や腸内に常在する細菌であり、「きぼう」の長期運用によって定着していることを明らかにしました (図1)。これらの細菌は宇宙飛行士に由来すると考えています。しかし、その量は非常に少なく、「きぼう」は微生物学的に適切に管理されていることがわかりました (Ichijo et al, npj Microgravity, 2016)。

▶ 微小重力下での遺伝子伝播

現在は、消毒剤を利用した毎週の清拭等により微生物はコントロールされていますが、耐性菌に対してはその効果が薄れてしまうこととなります。また、一部の消毒剤耐性遺伝子は水平遺伝子伝播することが知られています。先述のように、宇宙居住空間において、細菌の地上とは異なる環境への適応機構が働き、仮に遺伝子伝播が促進されることとなった場合、耐性菌の拡大につながるようになるかもしれません。そこでまず私は、擬似微小重力環境において、細菌の遺伝子水平伝播が通常重力環境と比較して、どのように変化するかを明らかにしていきたいと考えています。

さらに、先行研究では擬似微小重力下において緑膿菌や大腸菌、黄色ブドウ球菌の他、真菌 (カンジダ) のバイオフィーム形成が促進されることなどが報告されています。バイオフィーム細胞密度の高くでは、遺伝子伝播が高頻度に行われることが知られており、微小重力環境におけるバイオフィーム形成と遺伝子伝播を統合的に理解します。



▲ Figure legend
 図1「きぼう」内の細菌群集構造 (1~3はサンプリングした時期を示している。
 1: 2009年9月、2: 2011年2月、3: 2012年10月) (Ichijo et al, npj Microgravity, 2016)

放射線と微小重力が正常組織（神経系）に及ぼす影響についての研究

A03-2 様々な線質と線量率の宇宙放射線の急性影響

●研究分担者／吉田 由香里（群馬大学 重粒子線医学研究センター）



▶ 研究の概要

人類が地球を飛び出し、大気圏を越えた先には高いエネルギーの宇宙放射線に曝されます。宇宙放射線はその起源から、超新星爆発による銀河宇宙線、太陽表面の爆発による太陽粒子線、地球磁場に捕捉された粒子線の三つに大きく分類されます。このように宇宙空間は、X線やγ線などの電磁波のほか、陽子、中性子、電子、アルファ線、重粒子などの粒子線など、実に様々な種類の放射線と、微小重力との複合環境が特徴です。人類は、再び月へ、さらに火星へと夢はつきません。JAXAは月へ、NASAは火星への有人ミッションを計画しておりますが、月には地球のような宇宙放射線を防ぐ大気や強い磁場がありません。また、火星探査には最短でも約2年半かかり、総線量で約1 Sv被ばくすることが見積もられており、発がんリスクが高まることも危惧されています。さらに、宇宙空間は微小重力環境であり、月や火星では地上の1/6、1/3の重力環境です。このような宇宙放射線と重力環境変化とが人体に与える影響は未だ不明な点が多いのが現状です。人類が安全に宇宙に進出し、活動するためには、これらの影響を正しく評価して、障害から免れる防護方法を開発することは緊詰の課題であると考え、私たちグループは宇宙放射線と微小重力が正常組織に及ぼす影響について詳細に調べる研究に取り組んでいます。

幸運にも群馬大学は、宇宙放射線の中でも大きな生物影響を与える重粒子線を照射することのできる施設を、国内の大学で唯一有しております [1]。我々は、この施設と専門的な研究ネットワークを利用して、宇宙空間に特徴的な微小重力と重粒子線を含む宇宙放射線との複合影響を調べるために、世界初の疑似微小重力環境における高精度重粒子線同期照射システムを開発しております [2]。

▶ 放射線と微小重力が正常脳に及ぼす影響についての研究

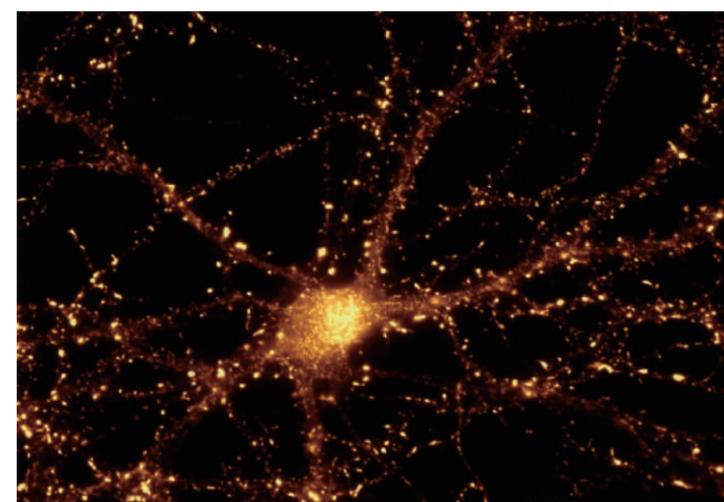
私はこれまで脳初代培養細胞、器官培養切片、マウスを用いて、放射線治療の際の有害事象を調べる目的で、高線量の放射線による正常脳への急性期の影響について研究を積み重ね、①記憶の源である海馬の神経細胞とこれを支持しているグリア細胞をマウスの胎児から取り出して共培養し、グリア細胞は幼若・成熟いずれもアポトーシス誘導するのに対して、神経細胞は成熟するとアポトーシス誘導が見られなくなること [3]、②神経ネットワークを構築するために非常に重要な役割をしているスパイン構造が減少すること [4]、③小脳の外顆粒細胞の遊走を支持しているグリア細胞が変性することで、小脳皮質の発達が阻害されること [5] を明らかにしてきました。脳を構成している主役である神経細胞は分裂せず放射線抵抗性であることから、脳は他の臓器に比べて放射線抵抗性であると考えられています。

宇宙で浴びる放射線は低線量・低線量率なので、脳への影響は比較的小さいと想像します。しかしながら、これまでの研究から、①長期間の宇宙探査ミッションの間に宇宙飛行士が受ける宇宙放射線は、中枢神経系に対して深刻で永続的な損傷を引き起こし、認知能力に悪影響を与える可能性があること、②脳は特殊な構造と機能のため、中枢神経系に及ぼす放射線障害のメカニズムは発がんのメカニズムとは異なり、新たなリスク管理が必要になるかもしれないこと、③放射線のみならず、他の宇宙環境ストレス（高炭酸ガス、神経精神的外傷、低重力、低酸素、低栄養など）との相互作用によって中枢神経系に影響を及ぼす場合もあることが報告されております。そこで、私は、疑似微小重力環境における高精度重粒子線同期照射システムを有効活用し、微小重力と宇宙放射線（特に重粒子線）とが正常脳に及ぼす生物影響についてデータを蓄積していきたいと考えております。

▶ 宇宙研究とのかかわり

私は大学在学時、神経変性疾患の発生やがんの形成・増殖に深く関与しているといわれている酵素である Superoxide dismutase に着目し、X線源を用いてタンパク質結晶構造解析の研究を高エネルギー加速器研究機構との共同で取り組みました。これが私の研究者生活の始まりですが、この時はまだ自分が宇宙研究に携わるとは考えてもいませんでした。宇宙は私にとって遠い存在で実生活とは無縁と思っていました。国際宇宙ステーション「きぼう」日本実験棟でタンパク結晶生成実験が開始されたのが、私が本学に着任した2009年です。私自身が学生時代に扱った実験テクニックが、宇宙実験で大々的に使われていることに感銘を受けました。今思えば、宇宙が少しだけ身近に感じたのがこの時だったのかもしれませんが。2011年に研究代表者の高橋昭久先生が本学に着任され、「きぼう」を利用した初めての生物実験に参画されてきたことや宇宙研究の過去・現在・未来の話をお聞きし、宇宙は私にとって、決して遠い存在ではないと感じたのと同時に、自分も宇宙研究に携わりたく強く思うようになりました。

科学者やSF小説家は、何十年も前から宇宙は巨大な脳であると唱えてきました。そして今では物理学者達も、ある意味では、その宇宙は巨大な脳であると考えています。2012年11月、宇宙の成長過程と構造、脳細胞の形成プロセスと構造が非常に似ているという論文が発表されました [6]。宇宙は137億年前に誕生し、その間、宇宙という超巨大生物の脳は進化を続けてきました。私はこれまで複雑性と神秘と計り知れない能力にあふれている“脳”に魅了され、脳研究を続けてきました。今回、このような非常に魅力的な宇宙研究プロジェクトに参画できること、宇宙を体験した宇宙飛行士の方々や、様々な異分野におけるトップレベルの研究者の皆様と巡り合えた奇跡に感謝しつつ、これまで私が培ってきた知識と経験を“宇宙に生きる”ための研究に役立てたいと願っております。現在、二児の母として子育てにも奮闘しております。安全・安心・健やかに子供たちが“宇宙に生きる”ことができるように、新しい時代の礎を築いていることへの誇りを胸に、研究に邁進したいと思います。そして、子供たちにも、宇宙の魅力を伝えていきたいと思っております。



▲神経細胞の写真

引用文献

1. <http://heavy-ion.showa.gunma-u.ac.jp/>
2. Ikeda H, et al. in preparation
3. Kudo S, et al. Exp Ther Med 8:754-8, 2014.
4. Shirai K, et al. Radiat Res 179:630-6, 2013.
5. Yoshida Y, et al. J Radiat Res 53:87-92, 2012.
6. Papadopoulos F, et al. Nature 489:537-40, 2012.

微小重力環境下における筋萎縮の分子メカニズム A01 公募研究 無重力ストレスに対する極初期応答酵素（アコニターゼ）の同定



●研究分担者／平坂 勝也（長崎大学 大学院水産・環境科学総合研究科）

▶ 研究の概要

1. 宇宙フライトにおける骨格筋遺伝子発現の変動

長期間微小重力環境に滞在する宇宙飛行士にとって、筋萎縮は解決しなければならない問題となっています。この微小重力による筋萎縮は、遺伝子発現の変動を介して、微小重力という環境に適応した結果であると考えられています。しかしながら、実際の宇宙フライトに対する、筋細胞の遺伝子応答はその当時（2001年）全く解析されていませんでした。我々は、宇宙フライトしたラットの腓腹筋中約 26,000 個の遺伝子発現を Affymetrix DNA マイクロアレイ法により解析しました。宇宙フライトしたラット腓腹筋中の遺伝子の発現は以下の 3 つの特徴的な発現パターンを示しました。1) ミトコンドリアなどのオルガネラを固定する細胞骨格遺伝子群の著明な減少、2) ミトコンドリア遺伝子のインバランスな発現、3) 筋タンパク質分解に重要なユビキチンリガーゼの発現の増加が認められました。さらに、宇宙フライトラットの骨格筋では、ミトコンドリアの局在異常がみられ、メタロチオネインなど酸化ストレスにより誘導される遺伝子の発現も増加していました。また、ラット横紋筋芽細胞において、過酸化水素水 (H₂O₂) を処理すると宇宙フライトと同様にユビキチンリガーゼの発現を誘導することがわかってきました。以上の結果から、宇宙フライトラットの骨格筋ではミトコンドリアの局在異常のためミトコンドリアより酸化ストレスが生じ、その結果、ユビキチン依存性タンパク質分解が活性化し筋萎縮を引き起こしている可能性が示唆されました（図 1）。実際に、H₂O₂ は筋細胞において、mitogen-activated protein kinase (MAPK) を介してユビキチンリガーゼの発現を上昇させることが報告されていることから、生体内で産生された過剰な酸化ストレスを抑制することは筋萎縮予防に効果的であることが示唆されました。

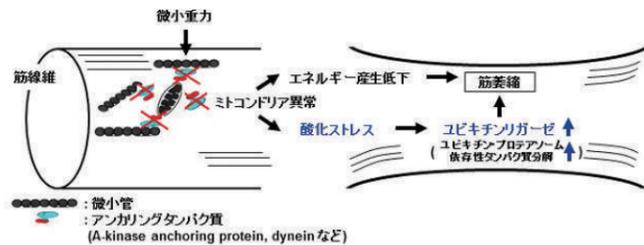


図1 微小重力環境下における筋萎縮のメカニズム

2. 筋萎縮に関与するユビキチンリガーゼの特徴

我々は萎縮したヒト大腿四頭筋骨格や宇宙フライトしたラットの腓腹筋中でユビキチン化タンパク質が蓄積することを見出しました。このように、萎縮筋ではユビキチン・プロテアソーム経路の分解経路が重要な働きをしていることがわかってきました。Atrogin-1 と muscle RING finger 1 (MuRF1) は骨格筋、心筋に特異的に発現しているユビキチンリガーゼであり、Atrogin-1 と MuRF1 ノックアウトマウスは、それぞれ坐骨神経切除による萎縮筋に対して抵抗性を示すことから、筋萎縮の原因因子として知られるようになってきました。一方、casitas B-lineage lymphoma proto-oncogene b (Cbl-b) はユビキチンリガーゼとしての機能を特徴づける RING フィンガードメインを有し、受容体型チロシンキナーゼシグナルを負に調節する働きを持つ

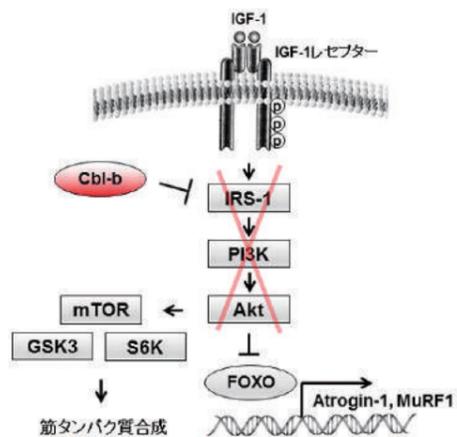


図2. 骨格筋におけるIGF-1シグナル伝達経路

ております。我々は Cbl-b が骨格筋の増殖因子シグナル (insulin-like growth factor 1 (IGF-1) シグナル) の重要なアダプタータンパク質である insulin receptor substrate-1 (IRS-1) と結合することで、IRS-1 のユビキチン化、分解を誘導することを見出しました。興味深いことに、Cbl-b ノックアウトマウスは尾部懸垂による筋萎縮によって引き起こされる遅筋の速筋化には抵抗性を示しませんでした。筋線維萎縮に対しては抵抗性を示しました。IGF-1 シグナルの下流にある Akt-1 は筋細胞のタンパク質合成や増殖に関与する分子である glycogen synthase kinase 3 (GSK3) や a mammalian target of rapamycin (mTOR)、p70 S6 kinase (S6K) を調節していることから、Cbl-b は IGF-1 に対する筋細胞の Akt 依存的な増殖応答を制御していることが示唆されました（図 2）。

3. ユビキチンリガーゼ Cbl-b の発現調節機構

前述したように、我々は、Unloading 状態ではユビキチンリガーゼ Cbl-b の発現が増大し、骨格筋タンパク質の合成を担う IGF-1 シグナルを分解することで筋萎縮を惹起することを明らかにしてきました。しかしながら、細胞がどのようにして Unloading ストレスを感知しているかは依然として不明なままです。これまでに、ユビキチンリガーゼ Cbl-b は酸化ストレスにより発現が増大することがわかってきましたので、Cbl-b 遺伝子のプロモーター領域の解析を行いました。ルシフェラーゼアッセイやゲルシフトアッセイの結果より、Cbl-b 遺伝子の 5' 上流には酸化ストレスに応答する領域が存在し、その領域は転写因子 Egr1, 2 により調節されることがわかってきました。実際に、Egr1, 2 のノックダウンは Cbl-b の酸化ストレスによる発現誘導を阻害することから、酸化ストレス - Egr 経路が Cbl-b の発現調節に重要な働きをしていることがわかりました。微小重力環境下で引き起こされる酸化ストレスが筋萎縮の重要な因子であることは間違いのないことがわかってきましたが、酸化ストレスの起源はまだわかっておりません。今後、酸化ストレス産生に寄与する可能性があるミトコンドリアの微小重力環境下での動態について、研究を進めていきたいと考えております。

詳細につきましては、A01 公募研究 研究代表者 二川 健「無重力ストレスに対する極初期応答酵素（アコニターゼ）の同定」をご覧ください。

4. 最後に

研究を始めた当初はワンスパンだけの研究室であり、ほとんどゼロから研究室の立ち上げでした (2001 年頃)。限られたスペースでの研究は、機器の順番待ちは当たり前の日々でしたが、その間の「無駄な時間」が今となっては研究を進めるうえでディスカッションや知恵を絞るなど重要な時間を作ってくれたと思います。また、人と人の距離が近い分、研究室を盛り上げていくという意気込みが強かったように思います。本新学術領域研究を通して、ディスカッションし、知恵を絞り、骨格筋が如何にして Unloading ストレスを感知しているかに迫ればと思います。

新学術領域研究「宇宙に生きる」2016年度名簿

領域代表者 古川 聡 宇宙航空研究開発機構(JAXA) 有人宇宙技術部門・主幹研究開発員

1) 総括班	岩崎 賢一 日本大学 医学部・教授 嶋津 徹 JAXA 有人宇宙技術部門・主幹研究開発員 瀬原 淳子 京都大学 再生医学研究所・教授 高橋 昭久 群馬大学 重粒子線医学研究センター・教授 長瀬 博 筑波大学 国際統合睡眠医学研究機構・教授 那須 正夫 大阪大谷大学 薬学部・客員教授 成瀬 恵治 岡山大学 大学院歯医学総合研究所・教授 根井 充 量研機構(QST)放射線医学総合研究所(NIRS)人材育成センター・センター長	東谷 篤志 東北大学 大学院生命科学研究所・教授 東端 晃 JAXA 有人宇宙技術部門・主任研究開発員 日出間 純 東北大学 大学院生命科学研究所・准教授 古川 聡 JAXA 有人宇宙技術部門・主幹研究開発員 松崎 一葉 筑波大学 大学院医学医療系・教授 村井 正 JAXA 有人宇宙技術部門・参事 村上 敬司 JAXA 有人宇宙技術部門・主幹研究開発員 森田 啓之 岐阜大学 大学院医学系研究科・教授
--------	---	--

2) 計画研究班

	研究代表者	研究分担者	連携研究者
A01-1	成瀬 恵治 岡山大学 大学院歯医学総合研究所・教授	高橋 賢 岡山大学 大学院歯医学総合研究所・助教 曾我部 正博 名古屋大学 医学系研究科(研究院)・特任教授	二川 健 徳島大学 大学院歯医学研究科・教授 小林 剛 名古屋大学 医学部・講師 片野坂 友紀 岡山大学 大学院歯医学総合研究所・助教
A01-2	東谷 篤志 東北大学 大学院生命科学研究所・教授	東端 晃 JAXA 有人宇宙技術部門・主任研究開発員	佐藤 修正 東北大学 大学院生命科学研究所・准教授
A01-3	瀬原 淳子 京都大学 再生医学研究所・教授	佐藤 文規 京都大学 再生医学研究所・特定助教 飯田 敦夫 京都大学 再生医学研究所・助教	
A02-1	岩崎 賢一 日本大学 医学部・教授	小川 洋二郎 日本大学 医学部・准教授 柳田 亮 日本大学 医学部・助教 上田 要 日本大学 医学部・助手 田子 智晴 日本大学 医学部・助手	鈴木 孝浩 日本大学 医学部・教授 前田 剛 日本大学 医学部・准教授 篠島 亜里 日本大学 医学部・助教 廣瀬 倫也 日本大学 医学部・助手 近藤 裕子 日本大学 医学部・助手 (研究協力者) 加藤 智一 日本大学医学部・研究員 倉住 拓弥 日本大学医学部・RA
A02-2	森田 啓之 岐阜大学 大学院医学系研究科・教授	上田 陽一 産業医科大学 医学部・教授 梶 博史 近畿大学 医学部・教授 村谷 匡史 筑波大学 医学医療系・准教授 岩崎 真一 東京大学 医学部附属病院・准教授	山本 義春 東京大学 教育学研究科教育院・教授
A02-3	松崎 一葉 筑波大学 医学医療系・教授	笹原 信一朗 筑波大学 医学医療系・准教授 宇佐見 和哉 筑波大学 医学医療系・助教 大井 雄一 筑波大学 医学医療系・助教 斎藤 環 筑波大学 医学医療系・教授	
A02-4	長瀬 博 筑波大学 国際統合睡眠医学研究機構・教授	柳沢 正史 筑波大学 国際統合睡眠医学研究機構・教授 船戸 弘正 筑波大学 国際統合睡眠医学研究機構・教授 徳山 薫平 筑波大学 体育系・教授 北川 博之 筑波大学 システム情報系・教授 小久保 利雄 筑波大学 国際統合睡眠医学研究機構・教授	裏出 良博 筑波大学 国際統合睡眠医学研究機構・教授 岩本 邦弘 名古屋大学 医学系・講師 梅村 雅之 筑波大学 計算科学研究センター・教授 佐藤 誠 筑波大学 国際統合睡眠医学研究機構・教授 大蔵 倫博 筑波大学 体育系・准教授 木塚 朝博 筑波大学 体育系・教授 小林 裕幸 筑波大学 医学医療系・教授
A02-5	古川 聡 JAXA 有人宇宙技術部門・主幹研究開発員	緒方 克彦 JAXA 有人宇宙技術部門・技術参与 大島 博 JAXA 有人宇宙技術部門・主幹研究開発員 鈴木 豪 JAXA 有人宇宙技術部門・主任医長 阿部 高志 JAXA 有人宇宙技術部門・研究員 村井 正 JAXA 有人宇宙技術部門・参事 村上 敬司 JAXA 有人宇宙技術部門・主幹研究開発員	井上 夏彦 JAXA 有人宇宙技術部門・主任研究開発員 野沢 佑子 JAXA 有人宇宙技術部門・研究開発員 鈴木 健之 JAXA 有人宇宙技術部門・宇宙航空プロジェクト研究員 大平 宇志 JAXA 有人宇宙技術部門・研究開発員 阿部 高志 産業総合研究所 自動車 ヒューマンファクター研究センター・研究員
A03-1	根井 充 QST-NIRS 人材育成センター・センター長	藤森 亮 QST-NIRS 放射線障害治療研究部・チームリーダー(代表代理) 永松 愛子 JAXA 有人宇宙技術部門・主任研究開発員 王 冰 QST-NIRS 放射線影響研究部・チームリーダー 勝部 孝則 QST-NIRS 放射線影響研究部・主任研究員 丸山 耕一 QST-NIRS 福島再生支援本部・主任研究員 中島 徹夫 QST-NIRS 放射線影響研究部・チームリーダー	二宮 康晴 QST-NIRS 放射線影響研究部・研究員 田中 薫 QST-NIRS 放射線影響研究部・主任研究員 劉 翠華 QST-NIRS 放射線障害治療研究部・主任研究員 Guillaume Vares 沖縄科学技術大学院大学・研究員 (研究協力者) 平川 博一 QST-NIRS 放射線障害治療研究部・技術員
A03-2	高橋 昭久 群馬大学 重粒子線医学研究センター・教授	日出間 純 東北大学 大学院生命科学研究所・准教授	
A03-3	那須 正夫 大阪大谷大学 薬学部・客員教授	嶋津 徹 JAXA 有人宇宙技術部門・主幹研究開発員 谷 佳津治 大阪大谷大学 薬学部・教授 杉田 隆 明治薬科大学 薬学部・教授 横村 浩一 帝京大学 大学院医学研究科・教授 堀 克敏 名古屋大学 大学院工学研究科・教授 山口 進康 大阪府立公衆衛生研究所・総括研究員 山崎 丘 帝京大学 大学院医学研究科・講師 中谷 肇 名古屋大学 大学院工学研究科・講師 内井 喜美子 大阪大谷大学 薬学部・助教 一條 知昭 大阪大学 大学院薬学研究科・助教 藤山 英保 鳥取大学 農学部・特任教授	(研究協力者) 馬場 貴志 鳥取大学 農学部・プロジェクト研究員

3) 公募研究班

	研究代表者	連携研究者 (研究協力者)
A01	秋山 泰身 東京大学 医科学研究所・准教授	森田 啓之 岐阜大学 大学院医学系研究科・教授
	越智 広樹 東京医科歯科大学 細胞生理学分野・助教	
	茶谷 昌宏 昭和大学 歯学部歯科薬理学講座・助教	工藤 明 東京工業大学 生命理工学研究所・教授
	清木 誠 山口大学 大学院医学系研究科 システムズ再生・病態医学・助教	北川 孝雄 山口大学 大学院医学系研究科 システムズ再生・病態医学・助教 浅岡 洋一 山口大学 大学院医学系研究科 ゲノム・機能分子解析学・講師
	二川 健 徳島大学 生体栄養学・教授	(研究協力者) 小林 剛 名古屋大学 医学部・講師 平坂 勝也 長崎大学 水産学部・助教 榊 建二郎 東京女子医科大学 医学部・講師 加藤 真介 徳島大学 医学部・教授 真板 綾子 徳島大学 医学部・特別研究員
	川上 浩一 国立遺伝学研究所 初期発生研究部門・教授	武藤 彩 国立遺伝学研究所 初期発生研究部門・助教
	富田 拓郎 自然科学研究機構 岡崎統合バイオ(生理研)・心循環シグナル・助教	
	本田 陽子 早稲田大学 先端生命医学センター・招聘研究員	本田 修二 早稲田大学 先端生命医学センター・招聘研究員
	篠原 正浩 東京医科歯科大学 大学院歯医学総合研究所・講師	森田 啓之 岐阜大学 大学院医学系研究科・教授 高橋 智 筑波大学 医学医療系・教授 芝 大 宇宙航空研究開発機構・主任研究開発員
	前川 洋一 岐阜大学 大学院医学系研究科・教授	森田 啓之 岐阜大学 大学院医学系研究科・教授
A02	大神 信孝 名古屋大学 大学院医学系研究科・環境労働衛生学・講師	矢嶋 伊知朗 名古屋大学 大学院医学系研究科・環境労働衛生学・講師 加藤 正史 名古屋工業大学 大学院電気電子工学科・准教授
	西村 渉 自治医科大学 医学部・准教授	
	河野 史倫 松本大学 大学院健康科学研究科・准教授	山田 一哉 松本大学 大学院健康科学研究科・教授 川島 均 松本大学 松商短期大学部・准教授 中田 研 大阪大学 大学院医学系研究科・教授 二村 圭祐 大阪大学 大学院医学系研究科・准教授
	岩瀬 敏 愛知医科大学 医学部・教授	西村 直記 愛知医科大学 医学部生理学・講師
	古市 卓也 名古屋経済大学 大学院人間生活科学研究科・准教授	玉置 雅紀 国立環境研究所・主任研究員 富松 元 国立環境研究所・特別研究員 飯田 秀利 東京学芸大学・名誉教授 矢野 幸子 JAXA・主任研究開発員, 文科省科学技術・学術政策研究所・特別研究員
	明智 煥 理化学研究所 脳科学総合研究センター・研究員	
	北村 真吾 国立精神・神経医療研究センター・精神保健研究所・精神生理研究部・室長	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・精神生理研究部・部長
	中村 麻子 茨城大学 理学部・准教授	村井 正 JAXA 有人宇宙技術部門・参事 鈴木 孝明 群馬大学 大学院理工学府・准教授
	原田 浩 京都大学 放射線生物研究センター・教授	吉村 通史 京都大学 医学研究科・助教 後藤 容子 京都大学 医学研究科・助教 小林 稔 京都大学 放射線生物研究センター・特定研究員 森嶋 章代 京都大学 放射線生物研究センター・研究員
	井出 博 広島大学 大学院理学研究科・教授	平山 亮一 QST-NIRS 放射線障害治療研究部・主任研究員
A03	白井 睦訓 山口大学 大学院医学系研究科・教授	浅岡 洋一 山口大学 大学院医学系研究科・講師
	柿沼 志津子 QST-NIRS 放射線影響研究部・部長	森岡 孝満 QST-NIRS 放射線影響研究部・主任研究員 尚 突 QST-NIRS 放射線影響研究部・研究員 甘崎 佳子 QST-NIRS 放射線影響研究部・研究員 壺野 和広 QST-NIRS 放射線影響研究部・主任研究員
	ラザルス ミハエル 筑波大学 国際統合睡眠医学研究機構・准教授	坂口 昌徳 筑波大学 国際統合睡眠医学研究機構・准教授
	三輪 佳宏 筑波大学 医学医療系・講師	
	園枝 武和 東京大学 大学院理学系研究科・助教	
	島田 浩二 福井大学 子どものこころの発達研究センター・特命助教	友田 明美 福井大学 子どものこころの発達研究センター・教授 藤澤 隆史 福井大学 子どものこころの発達研究センター・特命講師 (研究協力者) 田中 志保 福井県児童科学館
	北宅 善昭 大阪府立 生命環境科学研究科・教授	平井 宏昭 大阪府立大学 大学院生命環境科学研究科・准教授 矢野 幸子 JAXA・主任研究開発員, 文科省科学技術・学術政策研究所・特別研究員
	阪上 朝子 理研 脳科学総合研究センター・細胞機能探索技術開発チーム・研究員	

4) 領域アドバイザー

浅島 誠 東京大学名誉教授
向井 千秋 東京理科大学副学長

編集後記

おかげさまで、「Living in Space News Letter」の第2号が完成しました。お忙しい中、寄稿いただいた先生方に感謝申し上げます。本研究領域は2年目に入り、本年度より公募研究班28グループが新たに加わり、ますます活気が出てきました。今号では、主に全公募研究班の研究概要、若手研究者3名の研究紹介、海外派遣活動報告、そして若手の会主催の第1回夏合宿の様子など、盛りだくさんの内容となっております。第3号は、来年3月に発行予定ですが、今回は研究成果の報告や領域内共同研究や国際共同研究の進展状況なども報告できたらと考えております。本ニュースレターについての掲載希望、ご意見などありましたら、「Living in Space News Letter」編集企画担当・日出間(j-hidema@ige.tohoku.ac.jp)までご連絡ください。(J.H.)