



古川宇宙飛行士 165日間の記録

現地時間午前2時12分に打ち上げられたソユーズ宇宙船。約9分後に地球を周回する軌道へ入った



2011年

6月8日

ソユーズTMA-02M宇宙船(27S)打ち上げ
午前5時12分、カザフスタン共和国バイコヌール宇宙基地より

6月10日

ソユーズTMA-02M宇宙船ISSへドッキング
午前6時18分ドッキング、午前9時34分ハッチオープン

6月20日

欧州補給機ATV2「ヨハネス・ケプラー」がISSから分離
ISSドッキング2月25日

6月21日

プログレス補給船(43P)打ち上げ
ISSドッキング6月24日／分離8月23日

7月9日

スペースシャトルの最後の飛行「アトランティス号」打ち上げ
ISSドッキング7月11日／分離7月19日

7月24日

日本人宇宙飛行士の宇宙滞在累積日数が歴代第3位に
古川宇宙飛行士の宇宙滞在日数が7月24日で47日目を迎え、
日本人宇宙飛行士の宇宙滞在累積日数が494日目となり、
日本がドイツを抜いて歴代第3位に。1位はロシア、2位は米国



ISSから撮影されたバハマ上空
の「アトランティス号」

8月24日

プログレス補給船(44P)打ち上げ失敗



ISSと筑波宇宙センターを結んで行われた「宇宙医学実験支援システム」実証実験

9月6日

「宇宙医学実験支援システム」の技術実証実験公開

9月16日

ソユーズTMA-21宇宙船(26S)ISSから分離
ISSドッキング4月7日

9月22日

アジア諸国から提案された「宇宙ふしぎ実験」実施



10月14日

国際協力機構(JICA)が協力をしている
フィジーの大学、中高等学校の生徒と交信

10月30日

プログレス補給船(45P)打ち上げ成功
ISSドッキング11月2日

11月14日

ソユーズTMA-22(28S)打ち上げ成功
ISSドッキング11月16日

11月22日

ソユーズTMA-02M宇宙船(27S)ISSから分離
古川宇宙飛行士の宇宙滞在165日は、日本人の連続宇宙滞在最長記録
ISS分離午前8時00分

11月22日

地球帰還
午前11時26分

*断りのない限り日付は日本時間



ISS
第28・29次
長期滞在クルー
宇宙飛行士の記録



国際宇宙ステーション滞在
165 DAYS
Dr. Satoshi Furukawa

今できることを積み重ねれば 今日より明日は、きっと良くなる

1 宇宙での植物栽培も可能に。植物成長の秘密に迫る

「植物の重力依存的成長制御を担うオーキシン排出キャリア動態の解析(CsPINs)」

植物が成長する場合には「オーキシン」という植物成長ホルモンが働いています。一方、この輸送と分布を制御しているのがPINというタンパク質群です。「きぼう」ではキュウリの2種類のPINに関する実験が行われました。

キュウリのPIN1は、芽生えで形成されるペグという突起が作られる際に影響を与えています。そこで、ペグにどれくらいのCsPIN1が蓄積しているかを調べるために、細胞培養装置(下左写真)で発芽させたキュウリを2つのグループに分け、人工重力下と微小重力下で生育し、その過程を撮影、冷蔵保存しました。

キュウリのPIN5(CsPIN5)は植物の根の成長が水分の分布によ



▲細胞培養装置を使い実験を行う

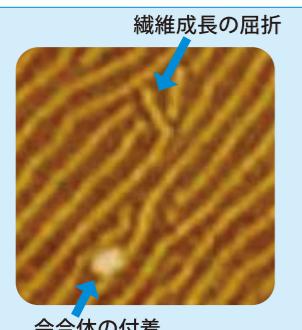
▶1998年のシャトル実験で、キュウリが種から芽を出す時、芽と根の間に「ペグ」(矢印)という突起を作り種皮から抜け出すこと。地上(1G)ではペグは1個だが、微小重力下(μG)では境界域の両側にできることが分かった 画像提供:高橋秀幸教授 東北大

3 電子機器に技術革命を起こす

「微小重力環境を利用した2次元ナノテンプレートの作製(2DNT)」

この実験では、宇宙の微小重力環境を利用して、ナノレベル(10億分の1メートル程度)の凹凸構造になっている型(テンプレート)を作ります。テンプレートを作る物質にはペプチド-PEGという高分子化合物が使われます。このテンプレートを炭化ケイ素の板の表面に転写することで、高性能な電子回路用基板を制作することが可能になると期待されています。

地上でナノテンプレートを作ろうとすると、重力の影響によって不規則な配列ができてしまいますが、微小重力環境下では欠陥の少ない高品質なナノテンプレートを作ることができます。



このナノテンプレートから生み出される高性能な半導体により、コンピュータの演算速度を飛躍的にアップさせたり、処理時間の短縮による省エネ化が可能になります。また、青色発光ダイオードへの利用へも期待が高まっています。

◀地上での実験で作成した2次元ナノテンプレート。重力の影響で不規則な配列が発生している

4 半導体材料への応用も視野に

「マランゴニ対流におけるカオス・乱流とその遷移過程(Marangoni EXP)」

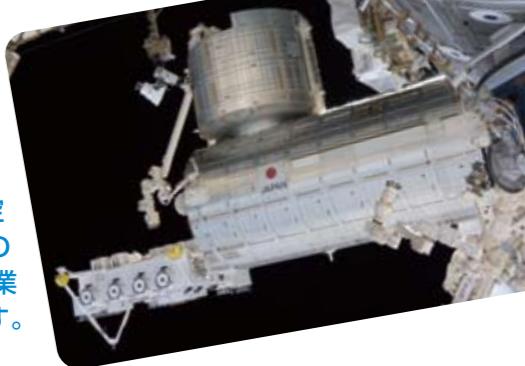
マランゴニ対流というのは表面張力の差によって生じる対流です。高純度のシリコン結晶を製造する場合などにマランゴニ対流が影響してきますが、地上では重力による対流が存在するため、この現象を研究することが困難でした。「きぼう」でのマランゴニ対流の実験は2008年から行われており、世界の最先端をいく成果をあげています。今回行われた「マランゴニ対流におけるカオス・乱流とその遷移過程」の第4シリーズの実験では、粒子が集合する「PAS」という現象が宇宙で初めて観測されました。この現象は微粒子を扱う技術などに応用できる可能性があると考えられています。

マランゴニ対流のメカニズムが明らかになれば、その成果を元に、半導体結晶の高品質化や、携帯電話、パソコン等の電子機器を冷やすためのヒートパイプ技術、医療診断技術など、幅広い分野への応用が期待されています。

◀粒子集合現象(PAS: Particle Accumulation Structure)を宇宙で初めて観察 画像提供:西野耕一教授 横浜国立大学



古川聰宇宙飛行士は2011年6月10日に国際宇宙ステーション(ISS)での長期滞在を始めました。11月22日に帰還するまでのISSでの滞在期間は165日間におよびました。古川宇宙飛行士はこの間に、「きぼう」日本実験棟でさまざまな宇宙実験を行いました。これらの実験は宇宙空間の微小重力を利用するもので、地上では実施が困難なものです。「きぼう」での実験は、生命科学、物質科学、医学や産業利用など多岐にわたり、さまざまな成果が期待されています。



2 難病治療から環境問題まで、解決の糸口を探る

「創薬・医療に繋がるタンパク質結晶生成実験(PCG)」

微小重力下でタンパク質結晶を生成させると、地上で作るよりも品質の高い結晶が得られます。これを地上に持ち帰ってX線で解析することによって、画期的な医薬品を開発したり、環境やエネルギー問題などを解決するための物質を得ることができます。期待されています。

JAXAはこれまで宇宙での高品質タンパク質結晶生成実験を行ってきました。今回はマラリアやインフルエンザなどの感染症、筋ジストロフィーなど、さまざまな病気の治療薬の開発につながるタンパク質や、環境負荷の少ないバイオ燃料の開発、ナイロンの分解などの環境・エネルギー問題の解決に貢献することが期待



▲実験で使用するタンパク質を搭載した、蛋白質結晶生成装置セルユニット。最大12個のタンパク質結晶生成セルを搭載できる



▶宇宙で得られた高品質結晶

されるタンパク質の結晶生成が行われました。

実験に使用されるサンプルはロシアのプログレス補給船でISSに運ばれ、これを古川宇宙飛行士が実験装置に取り付け、実験が開始されました。生成されたタンパク質結晶はソユーズ宇宙船(2S)で地球に持ち帰られ、解析が行われています。

古川宇宙飛行士の長期滞在中に実施したJAXAの実験

- 植物の重力依存的成長制御を担うオーキシン排出キャリア動態の解析(CsPINs)
- マランゴニ対流におけるカオス・乱流とその遷移過程(Marangoni EXP)
- 微小重力環境を利用した2次元ナノテンプレートの作製(2DNT)
- 創薬・医療に繋がるタンパク質結晶生成実験(PCG)
- 宇宙医学実験支援システムの機能検証
- 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)
- 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)
- 長期宇宙飛行における心臓自律神経活動に関する研究(Biological Rhythms)
- 「きぼう」船内宇宙放射線計測(Area PADLES)
- 宇宙飛行士の被曝線量計測(Crew PADLES)
- 骨量減少・尿路結石予防対策実験(Bisphosphonates)
- 船内微生物環境変化の長期モニター
- 文化・人文社会学バイロットミッション(EPO)
- 宇宙ふしぎ実験、宇宙医学にチャレンジ!
- 全天X線監視(MAXI)
- 宇宙環境計測ミッション(SEDA-AP)
- 4K極低温機械式冷凍機の技術データ取得(SMILES) など

「きぼう」を利用した実験について 詳しくは<http://kibo.jaxa.jp/experiment/>をご覧ください。



「CG着物を羽織り 抹茶の泡立ち」実験を行う

河口洋一郎/JAXA(実施)

「宇宙で抹茶を点てる」
文化・人文社会学のミッショ

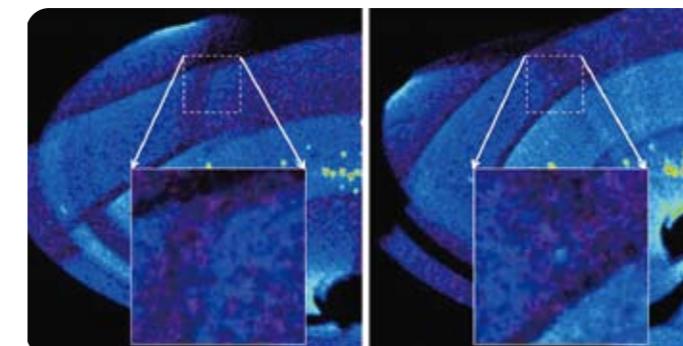
水はどのように混ざるのかを可視化し、茶の湯を宇宙でいつでも、将来宇宙での暮らしに継承していくことで、将来的に可能なことを追求するコト一つかな試みになりました。(代表提案者:河口洋一郎 東京大学教授)

5 X線で全天を監視し、世界の天文学に貢献

「全天X線監視装置(MAXI)」

「きぼう」日本実験棟の船外実験プラットフォームに搭載されているMAXIは、全天からのX線を常時観測している装置で、宇宙で突発的に起こる現象をとらえることが可能です。これまでに3個のブラックホール候補天体を発見しているほか、ガムマ線バーストという爆発的な現象に伴って発生するX線の観測を多数行い、天文学に大きな貢献を果たしています。

2011年3月には、米国のガムマ線バースト観測衛星Swiftとの連携により、巨大ブラックホールに星が吸い込まれる瞬間を世界で初めて観測しました。この結果は同年8月25日発行の英科学誌「ネイチャー」(オンライン版)に掲載されました。



▲左:発見される1週間前の2011年3月21日のMAXI全天画像の一部と、天体(Swift J1644+57と命名)付近の拡大図。X線源は見えない。右:3月29日の画像。Swift J1644+57が拡大図の中心に検出



「発光する墨流し水球絵画-II」

逢坂卓郎/JAXA(実施)

「発光する墨流し水球絵画-II」
文化・人文社会学のミッショ

古いから親しまれてきた墨流し技を用いて、水球にウニボタルや蛍光インクを加えて、まるで新しい色彩を持つ水球が生まれたかのように、美しい感覚が生まれました。(代表提案者:逢坂卓郎 筑波大学教授)

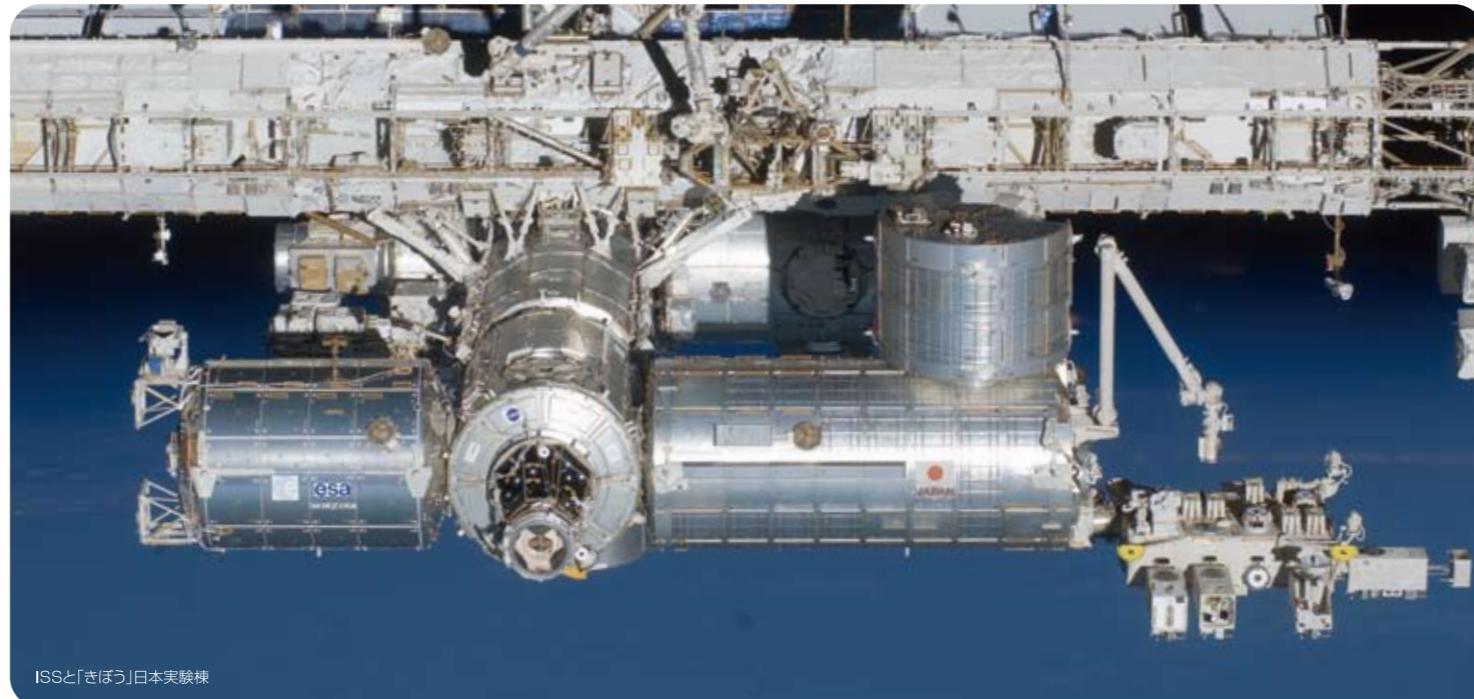
仲間たちの優しさと、強いチームワークがミッションを支えてくれた

国際宇宙ステーション(ISS)全体のシステム運用・維持・管理も、古川宇宙飛行士の重要な任務です。「きぼう」日本実験棟のロボットアームの子アーム機能確認や、2011年1月に宇宙ステーション補給機「こうのとり」2号機で運んだ多目的実験ラックと温度勾配炉の機能確認作業、さらに米国、ロシア、欧州の各モジュールのメンテナンスを行いました。

1 「きぼう」ロボットアームの子アーム機能確認

「きぼう」ロボットアーム子アームは、2010年3月に野口聰一宇宙飛行士のロボットアーム操作により船外実験プラットフォーム上の保管装置に設置されました。古川宇宙飛行士は、「きぼう」ロボットアーム操作により、約1年半ぶりに子アームを保管装置から取り出し、定期点検を実施しました。併せて、子アーム先端のトルクセンサを利用した押付け制御の詳細な応答データの取得を行いました。このデータは、今後予定されている子アームによる「きぼう」実験プラットフォーム上への実験装置設置のミッションに向けた、数値解析モデルの構築に用いられます。

▼「きぼう」ロボットアーム制御ラックで作業する古川宇宙飛行士とロナルド・ギャレン宇宙飛行士



2 多目的実験ラック、温度勾配炉など「きぼう」実験装置の保守・点検、機能確認

宇宙ステーション補給機「こうのとり」2号機で運ばれた多目的実験ラックは、ユーザーが持ち込む小型・汎用的な実験装置を組み込み、簡単に宇宙実験できる環境を提供する装置です。燃焼実験を行うための燃焼実験チャンバー、宇宙環境で魚を飼育する水槽生物実験装置などを備えています。古川宇宙飛行士はこの多目的実験ラックと、半導体材料の結晶成長などを行うために組み込まれた温度勾配炉の機能確認を行いました。さらに、植物実験細胞培養装置の清掃・点検作業なども行いました。

►多目的実験ラック



4 米国システムのメンテナンス

「トランクウェリティー」(第3結合部)にあるトイレの保全作業や、改良型エクササイズ装置のレールやローラーに潤滑油をさして動作確認を行いました。さらに、二酸化炭素モニタ装置の表示や動作を確認し、空気循環用のフィルタの清掃なども行いました。

►「トランクウェリティー」にあるトイレ



5 水再生システムの点検、水質分析

水再生システムとは、ISSトイレで回収した尿を蒸留して水に換え、空気中の湿度を除湿して回収した水や使用済みの水と一緒にろ過・浄化処理し、飲料水などに使用するシステムです。古川宇宙飛行士は飲料水の水質を分析するため、有機炭素分析器を使用して水再生システムや飲料水供給装置などの水のサンプルを採取、分析した結果を地上に送信しました。



▲水再生システムを利用してることで、これまでISSに運搬していた水を年間約6,800kg削減することが可能に

3 欧州実験棟のメンテナンス

「コロンバス」(欧州実験棟)に設置されている筋萎縮抵抗研究・運動システムのメンテナンスでは、損傷していたボルトの交換やメインボックス内の電子機器を一部分解し、再設置する作業を行いました。さらに、水の開閉バルブの点検や清掃、消毒などを行いました。



►「コロンバス」で作業中

6 被験者や医療担当クルーとして海外の実験に参加

古川宇宙飛行士は、NASA(米国航空宇宙局)やESA(欧州宇宙機関)などの宇宙医学実験にも参加。心臓血管や栄養状態に関する実験では、医療担当クルーとして仲間の採血をしたり、身体に電極をつけて心電図を計測しました。作業能率低下やエラーの増加を評価する精神運動覚醒検査実験では、古川宇宙飛行士が実施した回数は88回にのぼりました。



▲NASAの実験の一環で採血を行う



「きぼう」から 宇宙の暮らしや不思議を伝える

軌道上記者会見

最後のスペースシャトル(STS-135)のミッション中、シャトルとISSのクルー全員で、記者会見を行いました。

【重力とともに生きる】～宇宙飛行士との対話を通して健康について考える～ 交信イベント

健康増進や介護予防などにかかる10団体が参加し、宇宙での身体の変化や体調管理の秘訣などの質問が寄せられました。古川宇宙飛行士は医師としての立場から、無重力環境が身体に与える影響や、宇宙で健康に過ごすためのヒントを紹介しました。



9/22

アジア・太平洋地域の「宇宙ふしぎ実験」

マレーシアから提案されたヨーヨー実験や、オーストラリアから提案された方位磁石の実験などユニークな実験を行いました。アジアの子供たちの実験を「きぼう」で行ったのは初めてでした。



10/14

斐ジーの子供たちと交信

国際協力機構(JICA)が協力を行っている斐ジーの大学、中高等学校の生徒約70名と交信。宇宙飛行士のチームワークについての質問では「違いを受け入れ尊敬することが大事。人類は基本的に世界中でみな同じだと思っている」と語りました。



- 6月23日:長野県立こども病院との交信イベント
- 7月28日:秋田大学との交信イベント
- 8月1日:毎日新聞社の交信イベント
- 8月16日:テレビ東京の交信イベント「宇宙ニュース」
- 8月23日:首相との交信イベント
- 8月30日:日本宇宙少年団との交信イベント
- 9月18日:NHKの交信イベント「宇宙の渚」
- 9月26日:NHKの交信イベント「大天才テレビ君」
- 10月26日:佐賀新聞社の交信イベント



体を張ってチャレンジした宇宙医学実験 みんなで健康について考えよう



1 遠隔医療システムの構築を目指して「宇宙医学実験支援システムの機能検証」

JAXAでは国際宇宙ステーション(ISS)で取られた宇宙飛行士の脳波や血中酸素飽和度などのデータを一元管理し、電子カルテとして軌道上と地上でモニタできるよう「宇宙医学実験支援システム」を開発しています。古川宇宙飛行士はISSと筑波宇宙センターを結んで、システムの実証実験を行いました。実験では、事前に軌道上で取得しておいた古川宇宙飛行士の心音、心拍数、血中酸素飽和度、脳波などのデータを「宇宙医学実験支援システム」に取り込み、電子カルテを古川宇宙飛行士と地上の医師が同時に見ながら問診が行われました。古川宇宙飛行士からは「医学的な知識のない人にはデータの解釈が難しいと考えられるため、医学データ上の異常の有無が分かるような工夫や、解析結果の意味などを表示する工夫が必要では」などの提案がなされ、地上ではすぐに改修作業を行い再評価しました。



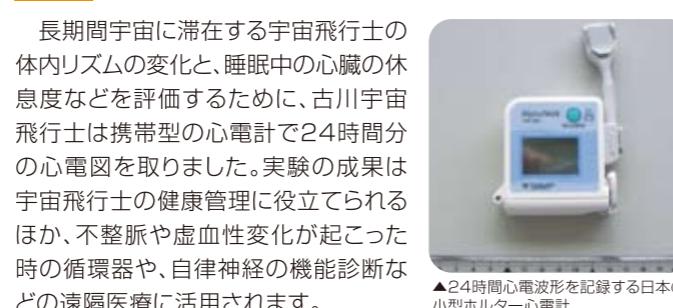
4 宇宙環境で起こる健康問題に応える 「骨量減少・尿路結石予防対策実験(Bisphosphonates)」

長期間宇宙に滞在する宇宙飛行士の微生物による健康被害を未然に防ぐため、宇宙飛行士に付着している微生物(特に真菌)がどのように変化するのかを調べる必要があります。古川宇宙飛行士は自身の皮膚や粘膜などのサンプルを採取しました。地上に回収後、解析が行われます。



6 宇宙滞在で体内リズムに変化はあるか 「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)」

長期間宇宙に滞在する宇宙飛行士の体内リズムの変化と、睡眠中の心臓の休息度などを評価するために、古川宇宙飛行士は携帯型の心電計で24時間分の心電図を取りました。実験の成果は宇宙飛行士の健康管理に役立てられるほか、不整脈や虚血性変化が起った時の循環器や、自律神経の機能診断などの遠隔医療に活用されます。



古川宇宙飛行士は医師の経験を生かし、遠隔医療システムの機能検証や、微小重力環境や宇宙放射線が人体に与える影響を調べる医学実験に自身が被験者となって精力的に取り組みました。これら実験の成果は宇宙で生活する宇宙飛行士が健康に過ごすためにどうしたらよいかを研究する際に役立てられ、地上の医療技術にも貢献することが期待されています。



2 今後も続く宇宙滞在のために基礎情報を蓄積 「宇宙放射線計測(「きぼう」船内および個人被ばく)」

宇宙には、宇宙放射線と呼ばれる放射線があります。太陽系の外から飛来する銀河宇宙線、太陽を起源とする太陽放射線などがそうで、地球の大気と磁場に遮られて地上にはほとんど届きませんが、宇宙空間では宇宙放射線を遮るものがないため、宇宙飛行士に与える影響が問題になっています。ISS滞在中の宇宙飛行士の被ばく線量は1日当たり1ミリシーベルト程度になり、ISS滞在中の1日当たりの放射線量は地上での約半年分に相当します。宇宙飛行士のリスク評価や健康管理のために、宇宙滞在時の放射線被ばくの計測は非常に重要です。古川宇宙飛行士は、ポリカーボネート製のケースにストラップが付いた2.5cm角の宇宙放射線計測器を携帯し、滞在中の被ばく線量の計測を行いました。

▲古川宇宙飛行士が携帯した個人線量計「Crew PADLES」



宇宙医学にチャレンジ!

「宇宙医学にチャレンジ!」では、宇宙環境での身体の変化などを調べるアイデアを古川宇宙飛行士が実験台となって行い、確かめました。

- | | | | |
|--------|--|-------------------------|---------------------------------|
| 宇宙へ行くと | 体液が上半身へ移動
顔が丸くなる
鼻が詰まつたりする
背骨が伸びる
身長が伸びる
腰痛が起きたりする
筋肉量が減る
骨がもろくなる | 情報蓄積
解析・分析
ダウンリンク | ②
●
●
●
●
●
● |
|--------|--|-------------------------|---------------------------------|



◀指一本指ドッキング▶手の協調運動は、腕の重さなどの情報をもとに小脳が調節しています。微小重力では腕の重さが感じないので、協調運動がうまくできません。古川宇宙飛行士が顔の前で左右の指先を合わせたところ、目を閉じると左右の指先の位置がずれました。目を開けたときは左右の指先がぴったり合いました。

「宇宙医学にチャレンジ!」の実験動画はこちら→http://iss.jaxa.jp/iss/jaxa_exp/furukawa/exp2/

3 皮膚に付いた微生物の変化を調べる 「宇宙飛行士の身体真菌叢評価(Myco)」

長期間宇宙に滞在する宇宙飛行士の微生物による健康被害を未然に防ぐため、宇宙飛行士に付着している微生物(特に真菌)がどのように変化するのかを調べる必要があります。古川宇宙飛行士は自身の皮膚や粘膜などのサンプルを採取しました。地上に回収後、解析が行われます。



5 髪の毛から健康状態を知る 「毛髪分析による医学生物学的影響に関する研究(Hair)」

髪の毛は環境から受けるストレスに敏感に反応します。毛髪の遺伝子の発現や毛髪に含まれる元素の含有量を調べれば、宇宙に長期間滞在する宇宙飛行士の健康状態を知ることができます。古川宇宙飛行士とマイケル・フォッサム宇宙飛行士はお互いに毛髪のサンプルを採取しました。回収した毛髪を分析することによって宇宙環境が人体に与える影響を評価し、宇宙飛行士の健康管理に役立てられます。



Dr.古川のtwitter report 地上と宇宙で、顔は、胃は、視力はどう変化?



● 6月14日
宇宙酔いしました。特に頭を急に動かすとウゲー、気持ち悪くて吐き気がする。頭の芯も重い。何とかしてください。
● 地上
● 宇宙
● Dr.の観点から

宇宙酔いは初飛行の飛行士の3分の2程度が経験するとされ、一過性なので心配ありません。経験する過程と合わせて、脳が無重量環境に適応する過程と考えられています。頭の芯が重いのは体液シフトのためです。これが原因で心配ありません。

● 6月20日
宇宙ステーションで食事をすると、地上に比べてすぐ満腹感を感じます。どうして?
● 地上
● 宇宙
● Dr.の観点から

無重量環境では、水などの液体は単独では球形になります。でも液体が手などにつくと、皮膚についたまま薄く広がります。それと同じで、胃に入った食物は唾液などで濡れているため、胃壁一面に広がるかもしれません(仮説)。それが満腹感を感じさせているのかもしれません。

● 9月20日
国際宇宙ステーションで視力の検査をしました。特別な器具は使わず、古典的な方法です。打ち上げ前と比べ、無重量環境下でも視力に変化はないようでした。



古川宇宙飛行士をフォローしよう!→http://twitter.com/Astro_Satoshi