

古川宇宙飛行士 第28次/29次長期滞在ミッション概要

2011年4月28日(木)

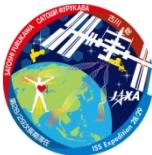




1. 概要

- 古川宇宙飛行士は、国際宇宙ステーション(ISS)の第28次/第29次長期滞在クルー(フライトエンジニア)として、米国のマイケル・フォッサム宇宙飛行士、ロシアのセルゲイ・ボルコフ宇宙飛行士と共に、ソユーズ宇宙船に搭乗しカザフスタン共和国バイコヌール宇宙基地から2011年6月8日(日本時間)に打ち上げられる予定。
- ISSには、170日間滞在し、「きぼう」の運用や医学実験、科学実験などのJAXA関連タスクを中心に長期滞在ミッションを実施した後、ソユーズ宇宙船にて、2011年11月中旬にISSを離脱し、カザフスタン共和国に帰還する予定。





2. 古川宇宙飛行士の宇宙長期滞在の意義

① 科学者として、宇宙環境を利用した科学実験へ従事し、地上への応用につなげる。

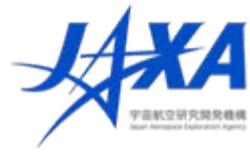
- きぼうが完成し、さらに新しい実験装置2台、温度勾配路と多目的ラックを追加したなかで、本格的な実験の実施期間に突入している。幅広くおこなっているきぼうでの実験において、科学に精通していることから研究のスペシャリストとして実験を実施することで、実験の改善提案、今後の実験テーマ開拓へのフィードバックをかける。
- 自ら微小重力や閉鎖環境を体験することで、日本社会において課題となっている高齢化社会などへ実験成果をどのように活用するのか具体化に発信。
- 重力、宇宙放射線などによる長期滞在の医学的影響を把握するための医学実験を実施長期滞在によるデータの積み重ねにより、精度の高い成果と確実な応用を目指す

② 医学と工学の両面から捉えた有人宇宙技術の知見を獲得

- 野口宇宙飛行士に引き続き、ソユーズ宇宙船のレフトシートで船長補佐を行う。有人宇宙船の操作技術の蓄積に貢献し、**国際水準の有人宇宙技術**を獲得する。
- 訓練を通じて有人宇宙工学の知識を習得し、医学・工学の両知識を有する宇宙飛行士としての素養を生かし、日本が目指す次世代の有人宇宙開発における生命を護るために技術や運用について、知識の蓄積、技術の改善への貢献が可能である。



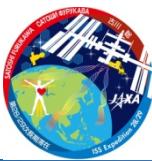
3. 役割(打上時と帰還時)



- ・ソユーズ宇宙船のフライトエンジニアとして安全な飛行を支援する。
- ・オートシステムやコマンダーに何かあった場合にはその代わりに、ソユーズ宇宙船を操縦する。



Soyuz-TMA シミュレータ訓練風景(左)、TMA-15打上船内の様子(右)



3. 役割（長期滞在期間中）

ISS/JEMシステムの運用に関する活動

<JAXAのタスク>

- きぼう(JEM)システムの保守・点検・機能確認タスクを実施
 - 火災検知機器、非常用照明装置等の点検
 - 環境制御システムのメンテナンス(フィルター交換等)
 - 「きぼう」ロボットアームの子アームの機能確認
 - 船内実験室のカメラ交換・機能確認
- 新規のきぼう実験インフラ機能確認タスクを実施
 - 細胞培養装置、クリーンベンチのメンテナンス
 - 多目的実験ラックの機能確認

<USシステムタスク>

- トレッドミル#2、改良型エクササイズ装置、エルゴメータの定期点検
- モジュール間通風換気、清浄度測定装置、ISSトイレ等のメンテナンス
- 補給物資の移送・整理

利用に関する活動

<JAXAの実験>

- 科学分野(植物成長、半導体結晶生成、マランゴニ実験)、応用分野(タンパク、ナノテンプレート)、文化・人文社会科学分野テーマに関する準備、操作等を実施
- 医学実験(自律神経、毛髪、身体真菌、骨量、放射線計測)に被験者等として参加

<他国の実験>

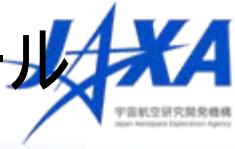
- NASAの医学実験6課題、ESAの医学実験4課題、及びCSA医学実験1課題について、被験者として参加

その他

- JAXA及び国際パートナー共同で実施する広報活動に参加



4. 長期滞在期間中のJAXA関連活動スケジュール



	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
「きぼう」 システム作業			多目的ラック 機能確認	多目的ラック 搭載装置機能確認 子アーム 機能確認	環境制御系機器 メンテナンス			
		火災検知機器 機能確認	船内カメラ交換 及び機能確認	非常用照明 機能点検		(9月後半以降のタスクについては調整中)		
科学	物質科学				マランゴニ対流実験 半導体結晶生成実験			
	生命科学		植物成長			植物成長(実施時期調整中)		
応用利用分野			タンパク質結晶生成 2次元ナノテンプレート作製(実施時期調整中)				タンパク質結晶生	
「きぼう」船内実験室	宇宙医学分野			自律神経活動計測(実施時期調整中)				
				毛髪サンプリング(実施時期調整中)				
				船内放射線計測				
				身体真菌(実施時期調整中)				
				骨量減少・尿路結石予防対策実験(実施時期調整中)				
					宇宙医学実験支援システムの(実施時期調整中)			
文化・人文社会 科学			「墨流し水球絵画-Ⅱ」、「宇宙で抹茶を点てる」					
「きぼう」船外実験 プラットフォーム				X線天体の常時監視(MAXI)				
				宇宙環境の計測(SEDA-AP)				

※国際調整中のスケジュール含む 5



5. 長期滞在期間中のJAXA利用実験活動



① 科学実験

- 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(CsPINs2)
- マランゴニ対流におけるカオス・乱流とその遷移過程(MarangoniEXP)
- TLZ法による均一組成SiGe結晶育成(Hicari)
- 全天X線監視(MAXI)
- 創薬・医療に繋がるタンパク質結晶生成実験(PCG)
- 微小重力環境を利用した2次元ナノテンプレート作製(2DNT)

② 宇宙医学関連の実験

- 船内微生物環境変化の長期モニター
- 人体の微生物叢の変化/環境微生物との相互影響
- 宇宙放射線環境と被曝線量の計測
- 毛髪分析による長期的な人体へのストレス評価
- 宇宙環境での自律神経の長期的評価
- 宇宙医学実験支援システムの機能検証
- 船内放射線環境の長期モニター(AreaPADLES)
- 船外宇宙環境の理解(SEDA-AP)

③ 文化・人文社会科学分野テーマの実施

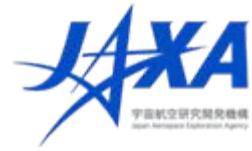
- 発光する墨流し水球絵画-Ⅱ “生命、光、海”
- 宇宙で抹茶を点てる

④ 未来を担う子供たちへの普及・啓蒙活動

- 宇宙ふしぎ実験、宇宙医学にチャレンジ！
- 映像や文章による軌道上活動レポートなど
- アジア教育イベント(交信イベントや宇宙ふしぎ実験など)の実施



6. 長期滞在中の被験者として参加する他国の実験 (1/2)



NASAの実験 (被験者の役割も果たすもの)

- 1) Cardiac Atrophy and Diastolic Dysfunction During and After Long Duration Spaceflight: Functional Consequences for Orthostatic Intolerance, Exercise Capacity, and Risk of Cardiac Arrhythmias (ICV)

長期宇宙滞在によってもたらされるであろう地上帰還後の心肺機能の変化を心電図、血圧、超音波検査、MRI等で測る。

- 2) Validation of Procedures for Monitoring Crewmember Immune Function (Integrated Immune)

宇宙滞在に伴う免疫機能の変化が過渡的な反応なのか、宇宙滞在期間全体を通して存在するものなのか血液・尿・唾液を採取して測る

- 3) Biomechanical Analysis of Treadmill Exercise on the International Space Station (Kinematics-T2)

ISS上のトレッドミル運動が効果的に行われているか、映像を動作解析する

- 4) Nutritional Status Assessment (Nutrition)

宇宙滞在中の栄養状態を血液・尿の分析、体重などの変化、食事、運動記録等から評価する

- 5) Psychomotor Vigilance Self Test on ISS (Reaction Self Test)

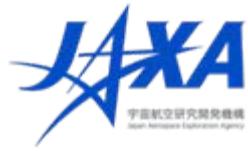
自分で気が付かない作業能率低下やエラーの増加を簡単な認知機能テストで自己評価する

- 6) ISSMP/NASA Biological Specimen Repository (Repository)

飛行前中後の血液、尿サンプルを採取し標本化することで、将来の研究に活用するプロジェクト。



6. 長期滞在中の被験者として参加する他国の実験 (2/2)



ESAの実験(被験者の役割も果たすもの)

1) Scaling Body-Related Actions in the Absence of Gravity (Passages)

微小重力環境滞在がすき間の通り抜け感覚等の位置感覚等に与える影響をコンピュータ上のバーチャル環境を移動しながら測る

2) Mental Representation of Spatial Cues During Space Flight (3D-Space)

微小重力環境下での図形の描画や二次元・三次元図形の認識に変化が起きるかコンピュータグラフィックスとデジタイザ等を用いて測る

3) Vascular Echography (Vessel Imaging)

長期間の宇宙滞在が、血管の特性や断面積にどのような変化が起こるか超音波検査等で測る

4) Long-term Microgravity: A Model for Investigating Mechanisms of Heart Disease With New Portable Equipment, & Mechanisms of Activation of Sympathoadrenal Activity in Humans During Spaceflight (CARD)

宇宙飛行中の塩分や水分摂取の不足が心肺機能の低下につながるという仮説を、心拍出量や血圧等の変化から検証する

カナダの実験(被験者の役割も果たすもの)

1) Cardiovascular Health Consequences of Long-Duration Space Flight (Vascular)

長期宇宙滞在が血管の構造や機能に変化を及ぼすかを心電図、血圧、超音波検査等で測る



7. 長期滞在期間中の広報・普及活動



(1) リアルタイム交信/教育イベント

ISS/JEMと日本各地を中継で結び、双方向交信をリアルタイムで行う。メディアによる広報イベントと子供たちとの交信を目的とした教育イベントなどの他に、アジアとの交信や医学関連のイベントを検討している。

(2) 軌道上活動レポート

きぼう利用や宇宙長期滞在での生活など、有人宇宙活動を文章でレポートする。

(3) 企画映像収録

きぼう利用やISS内の生活等の紹介、外部機関と連携した映像を取得。

(4) 宇宙ふしぎ実験

一般枠:微小重力などの宇宙の面白さを紹介し子どもにも理解できる簡単な実験を実施する。

教材枠:教育現場からの実験アイデアを実施し、実験映像を教材として活用する。

アジア枠:アジア関係国に参加を呼びかけ、簡単にできる実験をおこない映像を各国に提供する。

(5) 宇宙医学にチャレンジ!

古川飛行士の医師という専門性を活かし、公募選定した医学実験アイデアを実施する。

(6) 宇宙医学紹介ビデオ

宇宙医学研究や宇宙での健康などを一般にひろく伝えるビデオ素材を撮影する。

補足說明



8. 長期滞在期間中のJAXA利用実験活動 (1/2)

テーマ名	代表研究者	概要
・マランゴニ対流におけるカオス・乱流とその遷移過程 ・マランゴニ対流における時空間構造	・横浜国立大学 ・JAXA	・マランゴニ対流(表面張力により引き起こされる対流)のメカニズム解明に向けた基礎データ取得。 ・半導体などの結晶の高品質化、パソコン等の電子機器を冷却するヒートパイプの高効率化、化学分析や医療分析で重要なマイクロ流体ハンドリング技術の確立などへの貢献
微小重力下での均一組成 SiGe結晶育成	JAXA	・次世代の半導体結晶と期待されているSiGe(シリコン・ゲルマニウム)の結晶を製造する。 ・SiGeで得られたデータを種々の結晶育成に適用し、高速・低電力のトランジスタや産業機器、更に光通信機器の低電力・低価格化など半導体産業や光通信技術へ貢献する。
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	東北大学	・植物の成長ホルモン(オーキシン)の動きや分布への重力の影響を調べ、形態形成への重力応答を解明する。また、地上では調べることのできない根の水分屈性のメカニズムも解明する。 ・植物成長ホルモンの分布やを制御する仕組みや水分屈性のメカニズムがわかれれば、植物の形態形成やをコントロールしたり、効率的な給水をするなど植物栽培技術への貢献が期待できる。
タンパク質結晶生成宇宙実験	・国内の民間企業、大学、国研 ・ロシア ・マレーシア	・社会に役立つ有用なタンパク質の詳細な立体構造を解明。アルツハイマー、マラリアなどの感染症、インフルエンザ、筋ジストロフィー等の様々な疾病的治療薬の開発に繋がるタンパク質や、環境負荷の少ないバイオ燃料開発、ナイロンの分解等の環境・エネルギー問題の解決に貢献することが期待されるタンパク質サンプルを搭載。特に、今回は、抗がん剤に関連する蛋白質として以下を搭載。 ・がん細胞の増殖に不可欠な血管新生に関する蛋白質の構造を解明し、従来の抗体医薬品のかわりとなる低価格かつ患者への負荷が少ない医薬品の開発を目指す。
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	JAXA/ 名古屋工業大 学	・微小重力環境下で、半導体基板等の製品の鋳型となるペプチド規則配列形成による2次元ナノテンプレートを作製 ・宇宙で良質の鋳型パターンを作成し、地上で材料が量産することで、欠陥の少ない優れた特性を有する化合物半導体基板の低コストでの製造が期待できる。

船外実験2ミッション、X線天体の常時監視 (MAXI)、宇宙環境の計測 (SEDA-AP) は継続して実施中



8. 長期滞在期間中のJAXA利用実験活動 (2/2)



テーマ名	代表研究者	概要
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	JAXA宇宙医学 生物学研究室	<ul style="list-style-type: none">・長期宇宙滞在する飛行士の24時間心電図記録を行い、生物学的リズムの変動と、睡眠中ににおける心臓の休息度等を評価し、宇宙飛行士の健康管理技術の向上に役立てる。・動悸や不正脈時の循環機能や、自律神経機能診断などの遠隔医療に活用する。
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	JAXA宇宙医学 生物学研究室	<ul style="list-style-type: none">・宇宙環境が、ストレスなど外部環境に敏感に反応する毛髪の遺伝子発現や微量元含有量に与える影響を解析し、長期滞在宇宙飛行士の健康管理技術の向上に役立てる。
JEM船内放射線計測	JAXA	<ul style="list-style-type: none">・宇宙飛行士搭乗時の被ばく線量を計測し、長期滞在宇宙飛行士のリスク評価や健康管理に活用する。・「きぼう」船内の宇宙放射線環境を計測し、「きぼう」での実験に必要な宇宙放射線情報を利用者に提供する。さらに将来の有人探査に必要な基礎情報を蓄積する。
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	JAXA宇宙医学 生物学研究室	<ul style="list-style-type: none">・宇宙飛行士がISS滞在中に呼吸によって体内に取り込む、あるいは環境中の空気に曝露されることで皮膚に付着する微生物叢の変化を評価する。・長期宇宙滞在における微生物による健康被害を未然に防ぐための技術開発および宇宙飛行士の効果的な除菌等を含めた菌叢管理法開発に繋がる基盤データを得ることができる。また、将来における宇宙飛行士の医学上の管理技術等に反映することができる。
宇宙医学実験支援システムの構築	JAXA	<ul style="list-style-type: none">・軌道上での医学実験データの一元管理機能を持つシステムを整備する。・古川飛行士は、医師の視点による検証を行う。システムの発展的整備を通じて、軌道上と地上間の遠隔診断・健康モニタ構築につなげていく。



9. 主な国際宇宙ステーションにおける任務 ～科学者宇宙飛行士としての取り組み～

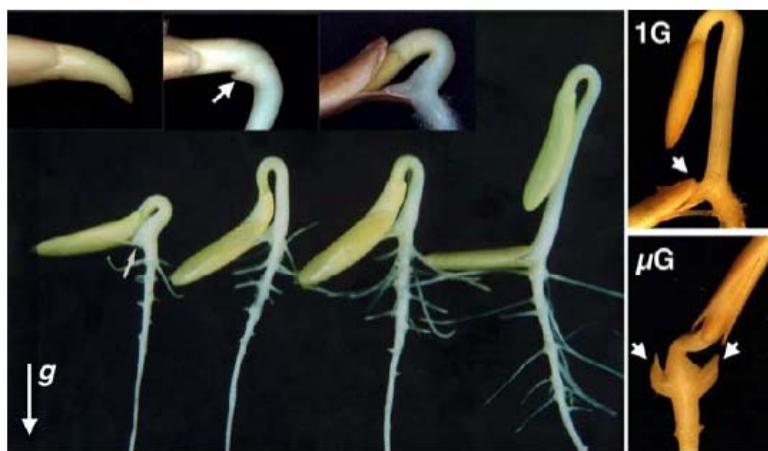


(1)科学者宇宙飛行士としての取り組み

□ 日本の得意分野の植物実験を継続

植物進化のカギとなる重力応答メカニズム解明の宇宙実験は、日本がけん引している。

今回は、「きぼう」船内の細胞培養装置を用いて、キュウリの種を人工重力下(1G)と微小重力環境下(μG)で同時に生育させ、「根」の成長メカニズムと重力影響を遺伝子レベルで解明する実験を行う。実験成果は、水分の少ない環境での効率的な植物生産を可能にするための基盤データとして期待される。



キュウリ芽生えの重力形態形成(東北大大学高橋教授提供)

発芽直後に横になった根と胚軸の境界域の下側にペグといわれる突起をつくり(矢印)、種皮から抜け出す。地上重力下ではペグは1個できるが(1G)、微小重力下では境界域の両側にできる(μG)。



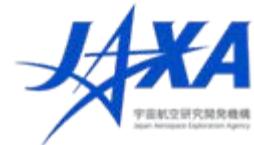
細胞培養装置(訓練用)に試料を
セットする古川飛行士



成長した試料を回収容器に収納する
訓練を受ける古川飛行士



9. 主な国際宇宙ステーションにおける任務 ～科学者宇宙飛行士としての取り組み～



□ 「きぼう」での本格的な材料実験の開始

こうのとり2号機で打ち上げた温度勾配炉(高温電気炉)を用いて、JAXA独自の結晶成長手法による大口径・均一組成の結晶製造を目指した基礎データ取得実験を行う。実験成果は、高速・低電力のトランジスタや計算機製造、更に光通信機器の低電力・低価格化など半導体産業や光通信技術へ貢献する。



温度勾配炉(訓練用)で操作訓練をする
古川飛行士

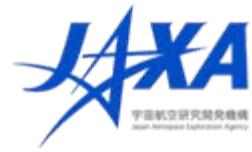


シリコン(Si)とゲルマニウム(Ge)が混ざった
SiGe結晶の外観(上)

試料カートリッジを取り出す古川飛行士(左)

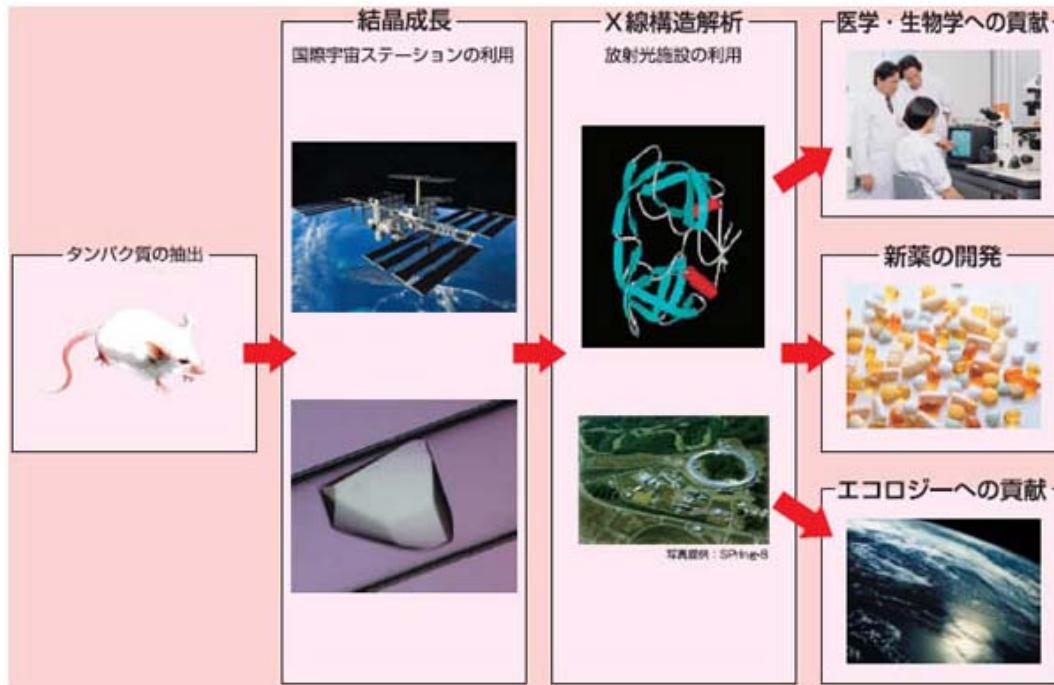


9. 主な国際宇宙ステーションにおける任務 ～科学者宇宙飛行士としての取り組み～



□ タンパク結晶生成実験による社会ニーズへの持続的な取り組み

6回のシリーズで取り組んでいるタンパク質結晶成長実験の4回目となる。難病、感染症、医薬品開発など、社会ニーズ・要請にこたえるタンパク質の結晶生成実験を行い、得られる高品質な結晶から緻密な立体構造を明らかにする。



タンパク質結晶セル(上)
と結晶成長装置(右)



10. 主な国際宇宙ステーションにおける任務



～宇宙医学研究の発展～医師であることを生かした活動～

□ 日本の宇宙医学実験データの蓄積と分析精度の向上

若田、野口に引き続き被験者として参加し、医学研究としてのサンプル数を重ね、研究成果の信頼性を高める。また、欧米の医学実験にも参加する。

- ・長期宇宙滞在での心電計測による健康管理技術の向上(写真1)。
- ・毛髪分析により身体への医学生物学的影響を調べ、健康管理技術を向上させる(写真2)。
- ・宇宙飛行士の身体に付着する真菌叢を評価し、健康管理技術を向上させる(写真3)。
- ・骨量減少、尿路結石の予防実験により、地上の高齢化社会問題へ還元する。



写真1: 軌道上における心電計測に用いるホルタ一心電計

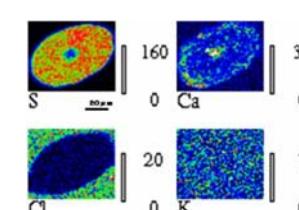


写真2: 毛髪分析の
収集キット(左)

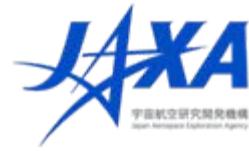


写真3: 真菌叢評価のサンプル
収集キット



10. 主な国際宇宙ステーションにおける任務

～宇宙医学研究の発展～医師であることを生かした活動～



□ 宇宙医学実験支援システムの構築

(軌道上/遠隔地診断・健康モニタリングを目指して)

軌道上での医学実験データの一元管理機能を持つシステムを整備する。

古川飛行士は、医師の視点による検証を行う。

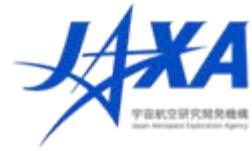
システムの発展的整備を通じて、軌道上と地上間の遠隔診断・健康モニタ構築につなげていく。





10. 主な国際宇宙ステーションにおける任務

～宇宙医学研究の発展～医師であることを生かした活動～



(2) 宇宙医学研究の発展～医師であることを生かした活動

□ 同僚宇宙飛行士の診断や治療

クルーメディカルオフィサーとして、宇宙飛行士の緊急時の医学対応を行う。



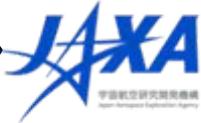
国際宇宙ステーションのモックアップ内でAED（自動体外式除細動器）を用いた心肺蘇生のシミュレーション訓練を行う古川宇宙飛行士ら
第28次／第29次長期滞在クルー



「コロンバス」(欧洲実験棟)に搭載された超音波検査装置を用いて心臓の検査の実技訓練を行う古川宇宙飛行士



11. ISSでの古川宇宙飛行士の活動スケジュール

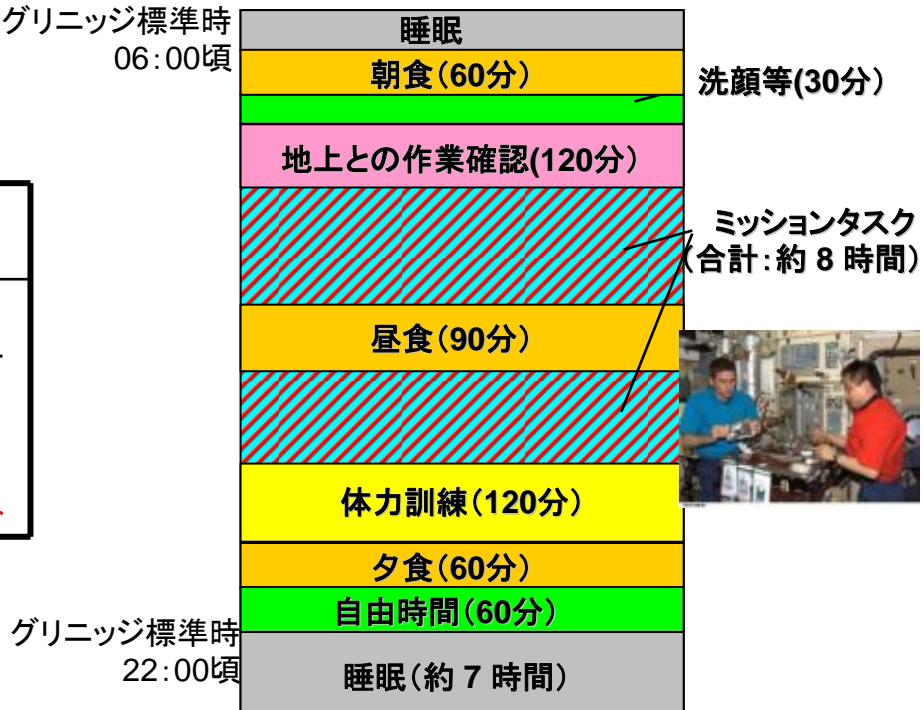


ISSでの1週間の活動スケジュール(例)

日	月～金	土
休み	右記参照	午前: ボランタリー サイエンス ※ 午後:休み

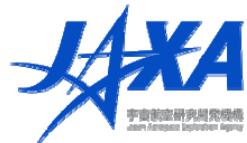
※軌道上の科学実験や教育などを補完する活動で、その実施はすべてクルーの自由意志による。

ISSでの平日の活動スケジュール(例)





12. JAXAの宇宙飛行士



若田 光一

専門:航空宇宙工学
資格:1993年8月MSに認定
飛行実績:

- ・1996年1月(宇宙実験・観測フリーフライヤ回収)
- ・2000年10月(ISS組立)
- ・2009年3月-7月(第18/19次長期滞在実施)
3月末より、第38/39次長期滞在に向けて訓練開始
(2013年末から6ヶ月間の滞在予定)



野口 聰一

専門:航空宇宙工学
資格:1998年4月MSに認定
飛行実績:

- ・2005年7月(船外活動)
- ・2009年12月-10年6月(第22/23次長期滞在実施)



古川 聰

専門:医学(外科)
資格:2006年2月MSに認定
現在:第28/29次長期滞在に向けて訓練中
(2011年5月末頃から6ヶ月間の滞在予定)



星出 彰彦

専門:航空宇宙工学
資格:2006年2月MSに認定
飛行実績:

- ・2008年6月(船内実験室の取付け)
- 現在:第32/33次長期滞在に向けて訓練中
(2012年初夏から6ヶ月間の滞在予定)



山崎 直子

専門:航空宇宙工学
資格:2006年2月MSに認定
飛行実績

- ・2010年4月(MPLMの移設、物資輸送)

現在、研究生として研究活動に従事



油井亀美也

専門:航空機操縦
資格:宇宙飛行士候補者
現在:基礎訓練課程で訓練中



大西卓哉

専門:航空機操縦
資格:宇宙飛行士候補者
現在:基礎訓練課程で訓練中



金井 宣茂

専門:医学(潜水医学)
資格:宇宙飛行士候補者
現在:基礎訓練課程で訓練中

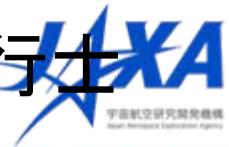


向井 千秋
現在:JAXA 技術参与

MS: Mission Specialist(搭乗運用技術者)



15. 古川宇宙飛行士と飛行・滞在する宇宙飛行士



第28次長期滞在



Andrey Borisenko
(ロシア)



フライトエンジニア
Alexander Samokutayev
(ロシア)



フライトエンジニア
Ronald Garan
(アメリカ)

第29次長期滞在



ISS船長
Michael Fossum
(アメリカ)



フライトエンジニア
古川 聰
(日本)



フライトエンジニア
Sergei Volkov
(ロシア)

第30次



フライトエンジニア
Daniel Burbank
(アメリカ)



フライトエンジニア
Anton Shkaplerov
(ロシア)



フライトエンジニア
Anatoly Ivanishin
(ロシア)