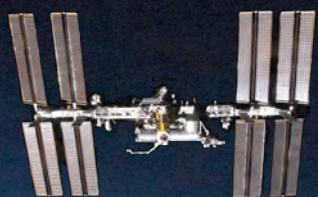


JAXA



古川宇宙飛行士 ISS長期滞在プレスキット

2011年6月1日 A改訂

宇宙航空研究開発機構

改訂履歴

訂符	日付	改訂ページ	改訂理由
初版	2011.04.28	—	—
A	2011.06.01	目次, 1-1 ~ 1-5, 1-10 ~ 1-34, 1-49, 2-3, 付録 1-1~1-5, 付録 3-1, 付録 3-11, 付録 3-12, 付録 3-14, 付録 3-15, 付 録 3-19	1.4.1 項と 1.4.2 項の順序を入れ替え 広報活動の情報を追記 STS-134, 135 のスケジュール変更を反映 25S の帰還履歴、STS-134 の EVA 履歴を反映 5 月に公開された写真を追加 誤記訂正

目 次

1. 古川宇宙飛行士の ISS 長期滞在ミッション	1-1
1.1 古川宇宙飛行士の ISS 長期滞在	1-1
1.2 ソユーズ TMA-02M(27S)フライト	1-5
1.2.1 飛行計画概要	1-5
1.2.2 ソユーズ TMA-02M 搭乗クルー	1-6
1.3 古川宇宙飛行士のプロフィール	1-7
1.4 古川宇宙飛行士の任務	1-10
1.4.1 第 28 次／第 29 次長期滞在ミッションの実験運用に関連する作業	1-11
1.4.2 ISS の定期的な点検・メンテナンス作業	1-29
1.5 第 28 次／第 29 次長期滞在中の主なイベント	1-33
1.6 ISS 長期滞在ミッションに向けたこれまでの訓練	1-35
2. ソユーズ宇宙船について	2-1
2.1 ソユーズ宇宙船の構成	2-2
2.1.1 軌道モジュール	2-2
2.1.2 帰還モジュール	2-3
2.1.3 機器／推進モジュール	2-4
2.1.4 ソユーズ TMA 宇宙船の主要諸元	2-5
2.1.5 ソユーズ宇宙船の改良	2-6
2.1.6 ソユーズ宇宙船のシステム概要	2-8
2.1.6.1 環境制御／生命維持に関わる装置類	2-8
2.1.6.2 通信(アンテナ)に関わる装置類	2-8
2.1.6.3 電力に関わる装置類	2-8
2.1.6.4 Kurs ランデブ／ドッキングシステム	2-9
2.1.6.5 ドッキング機構	2-11
2.1.6.6 軌道制御エンジン／姿勢制御スラスター	2-12
2.1.6.7 打上げ時の緊急脱出に関わる装置	2-13
2.1.6.8 サバイバルキット	2-14
2.1.6.9 Sokol 与圧服と専用シート	2-15
2.1.6.10 ソユーズ宇宙船の着陸について	2-17
2.1.6.11 着地時に使う衝撃緩和用ロケット	2-17
2.1.7 ソユーズ宇宙船の運用概要	2-19
2.1.7.1 打上げ準備	2-20
2.1.7.2 打上げ／軌道投入	2-23
2.1.7.3 軌道投入後の作業(飛行 1 日目～3 日目)	2-24
2.1.7.4 ランデブ／ドッキング(飛行 3 日目)	2-27
2.1.7.5 再突入／着陸(帰還当日)	2-30
2.1.7.6 ソユーズ宇宙船の搜索・回収	2-33
2.1.7.7 帰還後のリハビリテーション	2-37
2.1.8 ソユーズロケットについて	2-39
2.1.8.1 第 1 段ロケット	2-40
2.1.8.2 第 2 段ロケット	2-41
2.1.8.3 第 3 段ロケット	2-42
2.1.8.4 フェアリングと緊急脱出用ロケット	2-43
2.1.9 バイコヌール宇宙基地について	2-45

3. 國際宇宙ステーション概要	3-1
3.1 概要.....	3-1
3.2 各国の果たす役割.....	3-3
3.3 ISS での衣食住	3-5
3.3.1 ISS での生活.....	3-5
3.3.2 ISS での食事.....	3-14
3.3.3 ISS での健康維持	3-19
3.3.4 ISS での保全・修理作業.....	3-24
3.4 ISS での水・空気のリサイクル.....	3-33
3.4.1 水の再生処理.....	3-33
3.4.2 空気の供給.....	3-39

付 錄

付録 1 略語集.....	付録 1-1
付録 2 「きぼう」日本実験棟概要	付録 2-1
2.1 「きぼう」の構成	付録 2-1
2.2 「きぼう」の主要諸元	付録 2-11
2.3 「きぼう」の運用モード	付録 2-13
2.4 「きぼう」船内実験室のラック	付録 2-15
2.5 運用管制.....	付録 2-27
付録 3 参考データ.....	付録 3-1
3.1 ISS における EVA 履歴.....	付録 3-1
3.2 ソユーズ宇宙船ミッションの飛行履歴.....	付録 3-12
3.3 ISS 長期滞在クルー	付録 3-15

1. 古川宇宙飛行士のISS長期滞在ミッション

1.1 古川宇宙飛行士のISS長期滞在

2011年6月、古川聰宇宙飛行士が国際宇宙ステーション(ISS)での長期滞在を開始します。古川宇宙飛行士は、第28次／第29次長期滞在クルーのフライトエンジニアとしてISSに約5ヶ月半滞在し、ISSの運用・維持管理を行うほか、実験設備の充実により一段と本格化してきた「きぼう」日本実験棟での実験運用や、最後のシャトルミッション(STS-135)の支援に関わる作業を実施します。

ISSに長期滞在を行うのは、若田、野口宇宙飛行士に次いで3人目となります。



図1.1-1 第28次長期滞在クルー

後列左から古川聰、ロナルド・ギャレン(Ron Garan)、セルゲイ・ヴォルコフ(Sergei Volkov)、前列左からマイケル・フォッサム(Mike Fossum)、アレクサンダー・サマクチャイエフ(Alexander Samokutyaev)、アンドレイ・ボリシェンコ(Andrey Borisenko)

ソユーズ宇宙船で打ち上げられた古川宇宙飛行士は、ISSに到着すると第28次長期滞在クルーとなります。2011年9月に第28次長期滞在クルーのボリシェンコ宇宙飛行士(コマンダー: 司令官)とサマクチャイエフ宇宙飛行士、ギャレン宇宙飛行士(共にフライトエンジニア)が帰還すると、フォッサム宇宙飛行士をISSコマンダーとする第29次長期滞在ミッションが開始され、古川宇宙飛行士は第29次長期滞在クルーとなります。

※詳細は1.5項「第28次／第29次長期滞在中の主なイベント」を参照ください。

古川宇宙飛行士の参加する第28次／第29次長期滞在ミッションには、以下のような特徴および意義があります。

1) 日本人宇宙飛行士による本格的な実験運用

古川宇宙飛行士は医師・科学者出身の宇宙飛行士として、専門知識や科学者としての視点を活かしながらISSでの長期実験運用を実施します。

古川宇宙飛行士は、「きぼう」日本実験棟船内実験室でのJAXAの実験運用以外にも、NASA、ESA、その他の国際パートナーの実験運用を担当します。また自身が被験者となって、将来の長期滞在や惑星探査ミッションに向けた有人宇宙技術の開発実験に参加します。

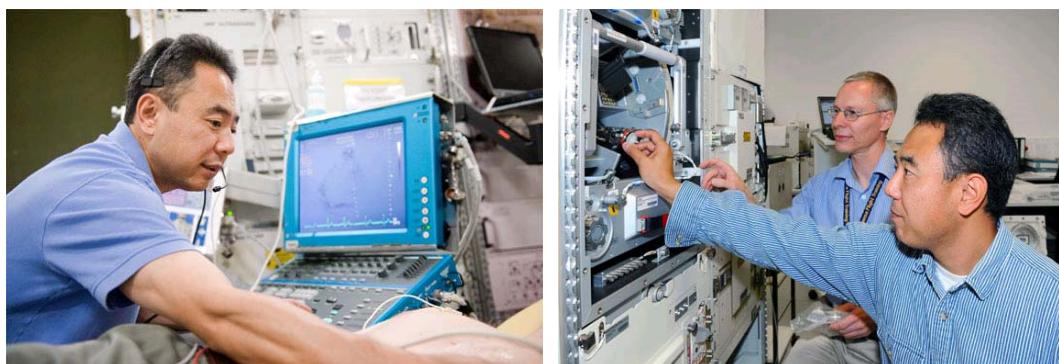


図1.1-2 実験運用に備えた訓練の様子

【意義：科学者として宇宙環境を利用した科学実験への従事、地上への応用】

- 「きぼう」が完成し、さらに新しい実験装置2台、温度勾配炉と多目的実験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) 日本人2人目のソユーズ宇宙船フライトエンジニア

古川宇宙飛行士は、日本人としては野口宇宙飛行士に次いで2人目のソユーズ宇宙船フライトエンジニアとしてソユーズ宇宙船に搭乗し、ISSに打ち上げられます。今回違う点は、ソユーズTMA宇宙船が改良されており、デジタル化された新型2号機となるソユーズTMA-02Mに搭乗します。

以下の写真で示すとおり、中央に座る船長(コマンダー)の左側の席に搭乗し、船長を補佐します。



図1.1-3 左:ソユーズTMAシミュレータで訓練を行う様子、右:実機の座席に座った状態

【意義: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) 補給物資、不要品の移送・収納作業

古川宇宙飛行士のISS滞在中、ロシアのプログレス補給船が3回、スペースシャトルが1回(STS-135)、ISSに到着する予定です。その他、米国のSpace X社が開発中のドラゴン宇宙船が早ければこの期間内にISSに初めて結合する可能性もわずかながらあります。ISS長期滞在クルーは、スペースシャトル等で運ばれた物資を運び出して所定の場所に収納または設置したり、欧州補給機(ATV-2)とスペースシャトル(STS-135)の分離前にはISSからの不要品を積み込んだりといった作業を実施します。



図1.1-4 ISS内で物資を運搬・収納する様子

4) ISSの組立完成と軌道高度の引き上げ、シャトルの退役

2010年6月2日に野口宇宙飛行士が地球に帰還して以来、1年ぶりにISSに日本人が到着しますが、その間にISSにはSTS-133でPMM(Permanent Multipurpose Module)が追加されました。また、STS-134では大型の観測装置AMS-02がトラス上に設置され、ISSの米国セグメントはこれで組立が完成しました。補給品を運ぶ最後のシャトルフライトSTS-135が古川宇宙飛行士のISS滞在期間中に行われる予定です。STS-135は最大限物資を運搬するため、そして緊急帰還時に備えて4人という少人数で飛行します。このため、従来のシャトルミッションとはやや異なり、船外活動作業やロボットアーム運用、物資の移送など作業の主体はISSクルーが担当します。この飛行を最後にシャトルは退役するため、全世界で注目を浴びるミッションになるはずです。

なお、欧州補給機2号機(ATV-2)が6月末にISSから離脱する予定ですが、その前にATV-2を使ってISSの高度は現在の高度約350kmから大きく引き上げられ、組立て完成時に予定していた高度約400kmにようやく到達する予定です。



図1.1-5 STS-135のミッションパッチ(左)とズヴェズダにドッキングするATV-2(右)

1.2 ソユーズTMA-02M(27S)フライト

ソユーズTMA-02M(27S)フライトは、ロシアのソユーズ宇宙船を打ち上げて、ISSにISS滞在クルー3名を運んで帰還させるミッションです。ISSへ打ち上げられるソユーズ宇宙船の打上げとしては27回目、ソユーズ宇宙船の交換フライトとしては26回目となります。

1.2.1 飛行計画概要

ソユーズTMA-02M(27S)の飛行計画の概要を表1.2-1に示します。

表1.2-1 ソユーズTMA-02M(27S)フライトの飛行計画概要

2011年5月29日現在

項目	飛行計画	
ミッション番号	27S(ソユーズ宇宙船の通算27回目のISSフライト)	
機体名称	ソユーズTMA-02M	
打上げ予定日時	2011年6月8日午前5時12分(JST) 2011年6月8日午前2時12分(バイコヌール時刻)	
打上げ場所	カザフスタン共和国 バイコヌール宇宙基地	
飛行期間	約161日	
搭乗員	ソユーズコマンダー フライトエンジニア フライトエンジニア	セルゲイ・ヴォルコフ マイケル・フォッサム 古川 聰
軌道高度	軌道投入高度 : 約200km x 250km ISSとのドッキング高度 : (平均)約345km	
軌道傾斜角	51.6度	
ISSドッキング予定日時	2011年6月10日午前6時15分頃(JST)	
ISS分離予定日	2011年11月16日(GMT)	
帰還予定日	2011年11月16日(GMT)	
帰還予定場所	カザフスタン共和国	

1.2.2 ソユーズTMA-02M搭乗クルー

ソユーズコマンダー(Commander)



セルゲイ・ヴォルコフ (Sergei Volkov)

1973年、ウクライナ生まれ。空軍のパイロットを経て、ガガーリン宇宙飛行士訓練センター (Gagarin Cosmonaut Training Center: GCTC) の宇宙飛行士として選抜され、1999年に宇宙飛行士として認定。第7次、第13次長期滞在クルーのバックアップクルーを務める。2008年には、第17次長期滞在クルーのコマンダーとしてソユーズTMA-12に搭乗してISSへ向かい、約6ヶ月間ISSに滞在した。今回が2回目の飛行となる。彼の父親もソ連時代に3回の飛行を行った宇宙飛行士。

フライトエンジニア(Flight Engineer)

マイケル・フォッサム (Michael Fossum)

1957年、米国サウスダコタ州生まれ。1998年に宇宙飛行士として選抜される。STS-121ミッション (2006年、ULF1.1) でミッションスペシャリスト (搭乗運用技術者: MS) として初飛行し、船外活動を3回実施。STS-124ミッション (2008年、1J) でもMSとして船外活動を3回実施。今回が3回目の飛行となる。

フライトエンジニア(Flight Engineer)

古川 聰 (JAXA)



1964年 横浜市生まれ。

1989年 東京大学医学部医学科卒業。2000年同大学博士 (医学) 取得。

1989年～1999年 東京大学医学部附属病院第1外科学教室勤務。

1999年2月 宇宙飛行士候補者に選定。

1999年4月 宇宙飛行士候補者訓練開始。

2001年1月 宇宙飛行士に認定。

第22次/第23次および第26次/第27次長期滞在クルーのバックアップクルーを務める。

2008年12月に第28次/第29次長期滞在クルーに任命された。今回が初飛行。

1.3 古川宇宙飛行士のプロフィール

古川 聰 ふるかわ さとし

【所属】

JAXA 有人宇宙環境利用ミッション本部
有人宇宙技術部 宇宙飛行士

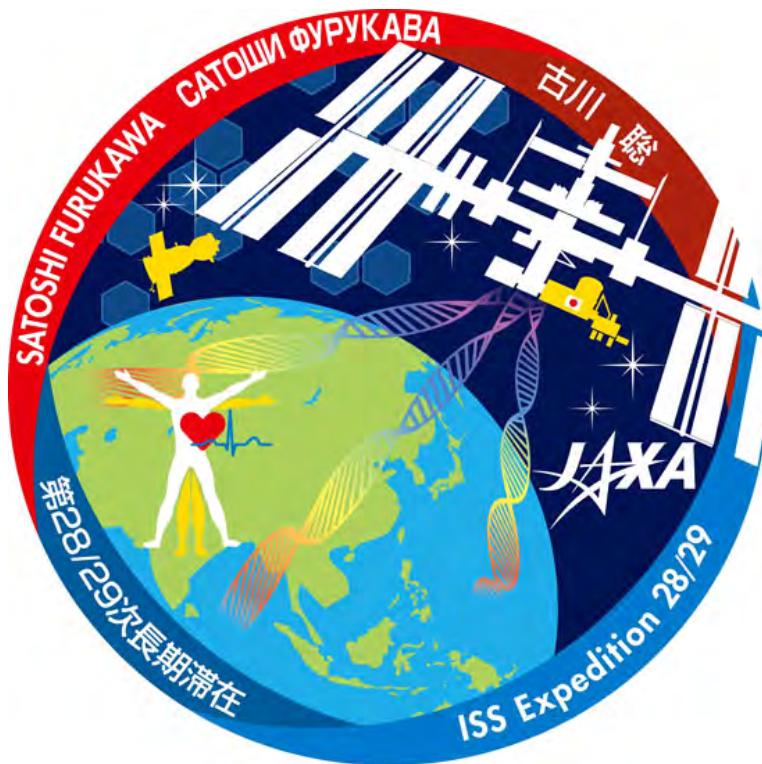
今回が初飛行。



表1.3-1 古川宇宙飛行士の経歴

1964年	神奈川県横浜市に生まれる。
1989年	東京大学医学部医学科卒業。2000年同大学博士（医学）取得。
1989年 ～1999年	東京大学医学部附属病院第1外科学教室勤務。
1989年 ～1994年	病院の麻酔科、外科に勤務し、消化器外科の臨床及び研究に従事。
1999年2月	NASDA（現JAXA）よりISSに搭乗する日本人宇宙飛行士の候補者として、星出彰彦、角野（現：山崎）直子とともに選定される。
1999年4月～	NASDA（現JAXA）が実施する日本人ISS搭乗宇宙飛行士の基礎訓練に参加。
2001年1月	宇宙飛行士として認定される。
2004年5月	ソユーズ-TMA宇宙船フライトエンジニア資格を取得。 同年6月よりNASAミッションスペシャリスト（搭乗運用技術者：MS）候補者訓練に参加。
2006年2月	NASAよりMSとして認定される。
2007年8月	米国フロリダ州沖合の海底約20mに設置された「アクエリアス」と呼ばれる閉鎖施設内で、第13回NASA極限環境ミッション運用（NASA Extreme Environment Mission Operations: NEEMO）訓練に参加。
2008年12月	ISS第28次／第29次長期滞在クルーのフライトエンジニアに任命される。

● 古川宇宙飛行士の長期滞在ミッションのロゴマーク



JAXAが作成したこのロゴマークには、以下のような意味がこめられています。

国際宇宙ステーション(ISS)第 28 次／第 29 次長期滞在クルーミッションは、ISS が完成形となり、宇宙ステーションを本格的に利用・運用する時代を迎えます。「きぼう」日本実験棟にて、医師でもある古川宇宙飛行士は、主に様々な科学実験に取り組みます。

ロゴには、「きぼう」で行う生命科学の実験をイメージし DNA の 2 重らせん構造、結晶、宇宙医学分野の実験をイメージする人体も配置。また、「きぼう」での実験が地球での生活に活かされることを、らせん構造が「きぼう」から地球に伸びる形で表現しました。

国際協力のシンボルである ISS を更に推進するべく、JAXA はアジア各国との協力も進めていることから、広くアジアが描かれています。



図1.3-1 Expedition 28, 29の各ミッションパッチ(NASA)



図1.3-2 ソユーズTMA-02Mのクルーパッチ (Roscosmos)

1.4 古川宇宙飛行士の任務

ISSのフライトエンジニア(FE)である古川宇宙飛行士の任務は、以下のように分けられます。

(1) 実験運用に係る任務

「きぼう」日本実験棟の実験運用をとりまとめるとともに、「コロンバス」(欧州実験棟)及び「デスティニー」(米国実験棟)での実験運用も行います。



トレッドミルの保全修理

(2) システム運用に係る任務

米国、ロシア、欧州宇宙機関(ESA)、日本の各モジュールから構成されるISSシステムの運用・維持管理を行います。



細胞培養装置を扱う若田宇宙飛行士

(3) クルー・メディカル・オフィサーに係る任務

軌道上で病人や怪我人が発生した際に、地上の航空宇宙医師(Flight Surgeon: FS)の指示の元で救急処置を行います。

(4) その他の任務

スペースシャトルによるISSミッションを共同で実施したり、ISSに結合した補給船の物資の運搬や収納・管理などの作業を実施したり、ソユーズ宇宙船で到着するISSの交代クルーへの業務引継ぎを行なうなど、通常業務のほかにも様々な作業を行います。



冷凍冷蔵庫の冷凍試料を扱う野口宇宙飛行士

なお、古川宇宙飛行士のISSでの活動は、JAXA公開ホームページ「古川宇宙飛行士最新情報」(http://iss.jaxa.jp/iss/jaxa_exp/furukawa/news/)に最新情報として掲載します。

1.4.1 第28次／第29次長期滞在ミッションの実験運用に関する作業

2009年7月、「きぼう」日本実験棟船外実験プラットフォームが「きぼう」に取り付けられ、日本初の有人宇宙施設、「きぼう」日本実験棟が完成しました。

現在、「きぼう」では船内実験室、船外実験プラットフォームでは、科学、応用利用、宇宙医学・有人宇宙技術開発、教育・文化利用、天体観測、環境計測分野の実験が実施されており、古川宇宙飛行士が参加する第28次／第29次長期滞在ミッション中においても、様々なJAXAの実験・技術開発テーマが計画されています。

JAXAの実験に関する予定と実績を、JAXA公開ホームページ「きぼう」の利用状況と今後の予定」(<http://kibo.jaxa.jp/experiment/status/>)にて毎週更新しています。また、実験開始や成果などのトピックスも掲載していますので、ご覧ください。

1.4.1.1 JAXAの実験

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)

[本実験は、SAIBOラックの細胞培養装置 (CBEF) を用いて、微小重力環境と人工的につくる1G重力環境でキュウリの芽生えを解析するものです。]

<http://kibo.jaxa.jp/experiment/theme/second/espins/>

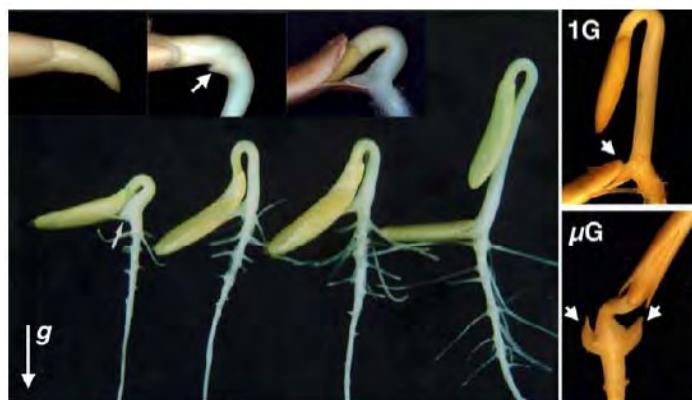


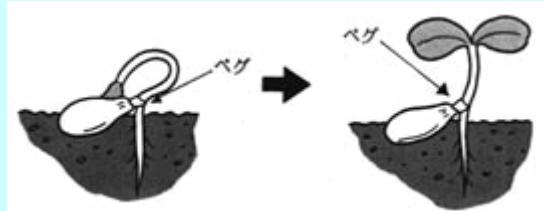
図1.4.1.1-1 キュウリ芽生えの重力形態形成(東北大学高橋教授提供)

コラム 1-1

キュウリの芽生え実験

CsPINs実験は東北大学の高橋秀幸教授が行っている宇宙でのキュウリの種を発芽させる植物実験であり、元々は向井宇宙飛行士がSTS-95(1998年)で行った実験から始まっています。

キュウリやスイカ、カボチャなどのウリの仲間の植物が芽を出すとき、根は下へ芽は上に向かって伸びますが、このとき根と芽の境目に「ペグ」という突起状の組織ができます。ウリ科の植物の種はかたい皮に包まれているので、双葉が種皮の中から抜け出すためにペグが種皮を押さえる役割を果たします(テコの原理を利用して皮から抜け出す)。ウリ科の植物は種が平べったい形をしているので、平らな土の上にまくと横になり、ペグが種から出てきた双葉の下側に1つできます。ではスペースシャトル内の無重量空間で、キュウリはどのように芽を出すでしょうか?という呼びかけで地上の学生と一緒に比較実験を行いました。



その結果、図1.3.2.1-1の写真に示したように無重力環境下ではペグが2つできることが確認されました。なぜ地上ではひとつしかできないのかという研究を進めた結果、ペグの形成には植物ホルモンの「オーキシン」が関わっていることが分かりました。STS-95の実験の結果をさらに詳しく調べるためにHydro Tropi実験(こちらはペグではなく根が水分の多い方向に伸びる水分屈性というSTS-95の実験で同様に確認された現象の調査:2010年10月に実施し、STS-133で回収)と、今回のCsPINs実験(オーキシンの運び屋であるタンパク質CsPIN1と5の働きを調査:STS-133で打上げ)が行われます。

CsPINsの名前の由来は以下を参照下さい

http://kibo.jaxa.jp/experiment/theme/second/cspins/kaisetsu_1.html

キュウリの発芽実験 キュウリのペグを観察しよう (STS-95ホームページ)

http://iss.jaxa.jp/shuttle/flight/sts95/sts95exp_guide1.html

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

・マランゴニ対流における時空間構造(MarangoniUVP)

[マランゴニ対流実験は、RYUTAIラックの流体物理実験装置を使用します。]

表面張力は液体の温度や溶けている物質の濃度によって変わり、表面張力の小さい方から大きい方に向かって流れが発生します。この流れにより生じる対流のことをマランゴニ対流と呼びます(19世紀にイタリアの物理学者マランゴニによってはじめて詳しく研究されたのにちなんだ名称)。地上では重力が作用して生じる熱対流に隠れてしまい、マランゴニ対流の影響を観察することが難しいので、微小重力環境である宇宙で実験を行っています。

<http://kibo.jaxa.jp/experiment/theme/first/marangoni/>



図1.4.1.1-2 マランゴニ対流の原理(左)と軌道上実験で作られた60mmの液柱(右)

・TLZ法による均一組成SiGe結晶育成(Hicari)

<http://kibo.jaxa.jp/experiment/theme/first/hicari/>

[こうのとり2号機で運んだKOBAIROラックの温度勾配炉を使用する実験。]

毛利宇宙飛行士が搭乗した「ふわっと92」(1992年)でも温度勾配炉を用いた半導体結晶成長実験が行われましたが、狙いとする結晶品質達成のためには、従来の結晶成長方法では限界があることが分かりました。従来の結晶化方法では組成の均一性(構成する原子がそれぞれ一様に分散してムラがないこと)を実現するのは非常に困難でしたが、JAXAが開発したTLZ法(Traveling Liquidus Zone Method)は、この組成均一性を飛躍的に向上させると期待されています。今回の実験は、このTLZ法の有効性を実証するのが目的です。

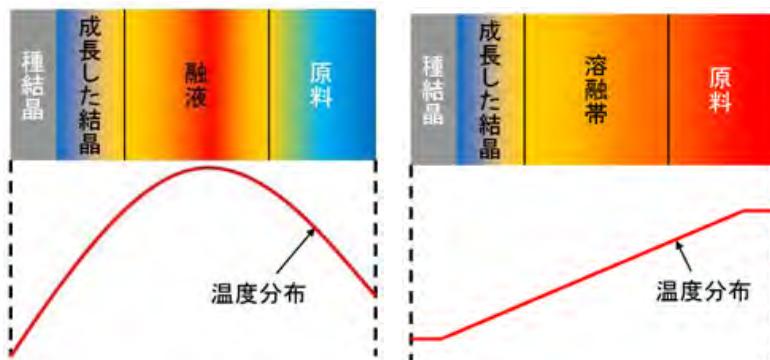


図1.4.1.1-3 温度勾配炉の温度分布の違い(左は従来方式(ゾーンメルト法)、右がTLZ法)

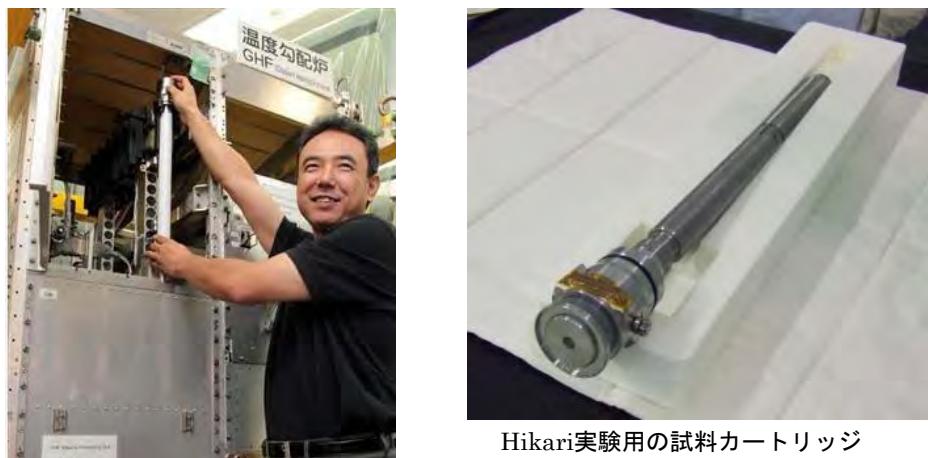


図1.4.1.1-4 訓練で勾配炉の試料自動交換機構から試料カートリッジを取り出す様子

②応用利用実験

・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)

<http://kibo.jaxa.jp/experiment/theme/first/2dnanotemplate/>

ナノテンプレート実験は、宇宙でナノレベルの物質（ペプチド-PEG（ポリエチレングリコール））を板状のプレート（基板）の上に規則的に配列させて、凹凸（マスクパターン）を作る実験です。

この基板を地上に持ち帰り、化学処理して凹凸を固定化し、2次元ナノテンプレートを作製します。この2次元ナノテンプレートの表面の凹凸は、スタンプの要領で電子材料基板に転写され、半導体素子などが作られます。小型化・高機能化が進む半導体産業などに応用することを目指した実験です。[この最初の実験は、STS-131で運ばれて2010年7月～10月にかけて行われ、STS-133で回収されました。]

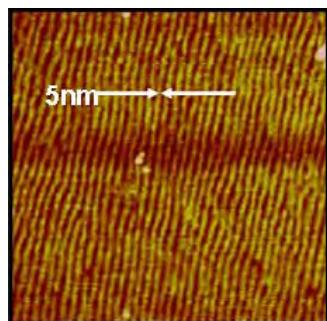


図1.4.1.1-5 地上で作成した2次元ナノテンプレートの顕微鏡写真

・創薬・医療に繋がるタンパク質結晶生成実験(PCG)

<http://kibo.jaxa.jp/experiment/theme/first/protein/>

タンパク質結晶生成実験は、RYUTAIラックのタンパク質結晶生成装置(PCRF)を使用します。2009年から2012年まで実施している6回のシリーズのうち、今回が4回目の実施です。6月21日打上げ予定のプログレスM-11M(43P)補給船で打上げ、9月のソユーズTMA-21で回収する予定です。回収した試料はSPring-8等の放射光施設での回折データの取得を行って解析が行われます。



図1.4.1.1-6 ISS内でタンパク質結晶生成実験を示す野口宇宙飛行士

【参考】「きぼう」を利用したタンパク質結晶生成実験の実施状況（2010年2月宇宙開発委員会報告資料：第1回実験の結果速報と第2回実験の状況報告）

http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/uchuu/015/gijiroku/_icsFiles/afieldfile/2010/04/08/291667_4_1.pdf



図1.4.1.1-7 JAXAのタンパク質結晶生成実験の流れ

③宇宙医学・有人宇宙技術開発分野の実験

- ・船内微生物環境変化の長期モニター
- ・人体の微生物叢(そう)の変化/環境微生物との相互影響

<http://kibo.jaxa.jp/experiment/theme/second/microbe/>

ISS内には様々な微生物が住んでいますが、その種類は地球上の微生物全体と比較して、とても偏っていることがわかっています。そこで、どんな微生物がISSに住んでいるかを「きぼう」を通して調べることで、完全に閉鎖されており、かつ微小重力という宇宙ステーションならではの特殊な環境における微生物の生態について理解し、ヒトや機器にどんな影響を及ぼすのかを考えます。

本実験は、真菌培養シートを表面に接触させてサンプリングする方法と、スワブ（ポリエチル綿棒）によるサンプリングの2つで行われます。いずれもサンプルは地上に回収した後、詳細に解析します。



図1.4.1.1-8 真菌叢評価のためのサンプル収集キット

・毛髪分析による長期的な人体へのストレス評価(Hair)



図1.4.1.1-9 毛髪サンプリングのイメージとサンプル回収キット(右)

古川宇宙飛行士は2011年2月2日にTwitterで、このHair実験のことを投稿しています。

「宇宙での実験の地上対象データとして、髪の毛の標本を採取された。向井飛行士はじめJAXAの研究者の実験「Hair」である。国際宇宙ステーションでは、地上であびる自然放射線の約半年分を1日であびる程放射線被曝量が多い。更に無重量もある。そのような宇宙環境の人体への影響を、毛髪分析で評価し、宇宙飛行士の健康管理に役立てるもの。具体的には、飛行前、飛行中、飛行後に毛髪を採取。毛幹の微量元素含有量と、毛根の遺伝子やタンパク質などへの影響とストレス応答を検討する。日本人のみならず、各国の飛行士が被験者になって協力し、研究が進められている。」

・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)

24時間連続で心電図記録を行い、生物学的リズムの変動と、睡眠中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ます。ホルタ一心電計の他、宇宙医学実験支援システムとして用意する電子聴診器、パルスオキシメータも使用します。



図1.4.1.1-10 心電計測に使うホルタ一心電計

・宇宙医学実験支援システムの機能検証

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し、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予定です。このような機器は単体としては過去にも使われたことがあります、システムとして統合したものは今回が初めてとなります。

USBカメラは歯、目の状況を地上から健康診断を行うために使われます。このUSBカメラ(webカメラ)と電子聴診器のデータはリアルタイムで地上にも送信できます。

古川宇宙飛行士が2011年2月にTwitterに投稿した内容。

「今回、医師の観点から同機構が開発した宇宙医学実験支援システムの技術検証実験に初めて挑む。電子聴診器や脳波計など5種の機器で自ら測ったデータをパソコンでまとめ、その場で解析する。従来はデータを地上に送り、打ち返してもらっていた。」



図1.4.1.1-11 宇宙医学実験支援システムの構成機器

・船内放射線環境の長期モニター(AreaPADLES)

[AreaPADLESはきぼう船内の放射線を計測する受動式線量計で、約6ヶ月毎に交換して、地上で各滞在期間中の積算線量を管理するために継続的な計測を行っています]

<http://kibo.jaxa.jp/experiment/pm/padles/>
http://idb.exst.jaxa.jp/db_data/padles/NI001.html



図1.4.1.1-12 AreaPADLESと設置位置

・宇宙飛行士の被曝線量計測 (CrewPADLES)

次ページのコラム1-2を参照下さい。

コラム 1-2

宇宙飛行士が受ける放射線の被曝量

地上で日常生活を送る私たちの被曝線量は、1年間で約2.4ミリシーベルトと言われています。

一方、ISS滞在中の宇宙飛行士の被曝線量は、1日当たり0.5~1ミリシーベルトになり、軌道上の1日当たりの放射線量は、地上での数か月~半年分に相当することになります。宇宙放射線の人体への影響は、一定レベル以上の被曝量で目の水晶体に混濁等の臨床症状が生じる影響と発がん等の被曝量が増えるにつれて生じる影響とがあります。このため被曝量を一定レベル以下にすれば、これらの影響が発生しないか、発生する確率を抑えることができます。

JAXAでは宇宙放射線被曝管理を実施し、被曝量を一定レベル以下に管理し宇宙飛行士に健康障害が発生しないようにするために以下のようなアプローチをとっています。

- (1) ISS内の放射線環境の変動をリアルタイムに把握し、ミッション中の被曝線量を可能な限り低く抑えること
- (2) 宇宙飛行士が実際に被曝した線量を把握し、生涯の被曝線量を制限値以下に抑えること



JAXAが開発したCrewPADLES(受動式線量計)これを常に携帯します

http://idb.exst.jaxa.jp/db_data/padles/NI003.html

詳しくは以下のを参考下さい【放射線被曝管理】

<http://iss.jaxa.jp/med/research/radiation/>

・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

骨粗鬆症の治療薬（ビスフォスフォネート）を用いて、長期宇宙飛行の骨量減少と尿路結石リスクを軽減させるのが目的。本実験は、宇宙飛行の骨量減少に対する初の薬剤投与実験（日米共同研究）。

若田宇宙飛行士が最初の被験者となり、その後、野口宇宙飛行士やNASAの宇宙飛行士らがこの医学実験に参加しています。



図1.4.1.2-13 ISS内でビスフォスフォネート剤を持つ若田宇宙飛行士

④教育・文化利用分野の実験

・文化：下記テーマを実施します。

テーマ名：「宇宙で抹茶を点てる」

代表提案者：河口洋一郎（東京大学）

概要：無重力下で抹茶をたて、抹茶の飛沫のダイナミクスを可視化するとともに、抹茶をたてるという日本の伝統文化を宇宙にて実施する。

目的：無重力下で抹茶を立てるどうなるか？ということを可視化する科学的な側面をもつとともに、無重力下で抹茶を立てる手法を構築することにより、宇宙における日本の伝統文化の継承や精神性の啓発もめざす。

テーマ名：発光する墨流し水球絵画-Ⅱ “生命、光、海”

代表提案者：逢坂卓郎（筑波大学）

概要：古くから国境を越えて親しまれてきた墨流し（Marbling）技法を用いて、海水による水球上に生命と水の惑星地球をテーマとしたパターンを制作する。

目的：地球40億年の歴史において、生命は水中から陸上にあがり、ついにはその地球から飛び出し、宇宙に向かっている。その進化の過程を地球生命発生の根源である海水と自然界にある発光物質を用いて墨流しによる表現するとともに、生命と水の惑星地球の神秘性と美を表象化する。

その他テーマについては調整中です。候補テーマ・代表提案者については、下記をご参照ください。

ISS/「きぼう」の文化・人文社会科学利用パイロットミッションアイデア募集の選定結果
http://kibo.jaxa.jp/experiment/application/epo_2010_selection.html

・広報：1.4.1.5項参照

⑤天体観測分野の実験

- ・全天X線監視(MAXI) [MAXIは船外実験装置で、継続実施中です]
<http://kibo.jaxa.jp/experiment/ef/maxi/>

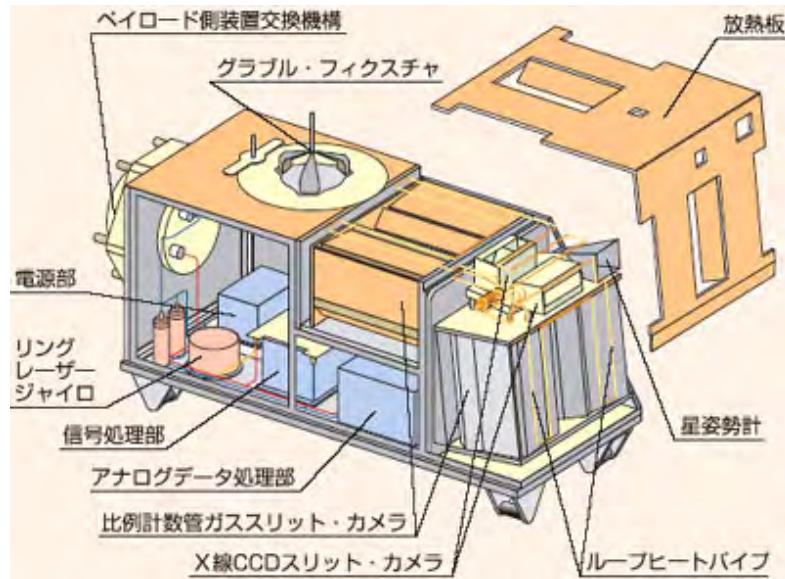


図1.4.1.2-14 MAXIの内部構造

⑥環境計測分野の実験

- ・船外宇宙環境の理解(SEDA-AP)
[SEDA-APは船外実験装置で、継続実施中です]
http://kibo.jaxa.jp/experiment/ef/seda_ap/

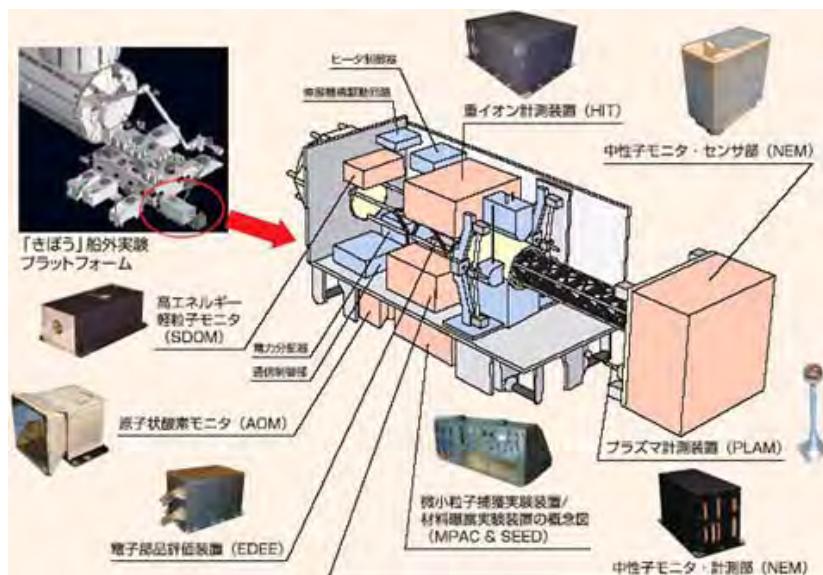


図1.4.1.2-15 SEDA-APの内部構造

1.4.1.2 NASAの実験（被験者の役割も果たすもの）

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

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等で測る実験です。

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

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・唾液を採取して調べます。



図1.4.1.2-1 Integrated Immune実験で使う採血セット

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

ISS上で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実験です。



図1.4.1.2-2 ISSのトレッドミル(T2)

④Nutrition実験 (Nutritional Status Assessment)

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実験です。



図1.4.1.2-3 Nutrition実験で使う採尿、採血キット(左)と、医学試料を扱えるISSの冷蔵遠心分離器(右) (NASA)

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

自分では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実験です。



図1.4.1.2-4 海底基地での滞在(NEEMO)中にReaction Self Test実験を行う様子(NASA)

⑥Repository実験 (ISSMP/NASA Biological Specimen 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、将来の宇宙医学研究に活用するプロジェクト。

[Nutrition実験で使う採尿、採血キットをこちらの実験でも使います。]

1.4.1.3 ESAの実験（被験者の役割も果たすもの）

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

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調べるため、コンピュータ上のバーチャル環境を移動しながら測ります。



図1.4.1.3-1 コロンバス内で行われたPassages実験の様子(NASA)

②3D-Space実験(Mental Representation of Spatial Cues During Space Flight)

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ります。



図1.4.1.3-2 3D-Space実験 (NASA)

③Vessel Imaging実験 (Vascular Echography)

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ります。

④CARD実験(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)

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します。

測定は2日かけて24時間行われます (CARD実験中も、通常のISS運用作業を行う)。心拍出量はESAが開発した肺機能システム (PFS) を用いて4時間ごとに測定 (4時間間隔で計5回測定)。このほか、24時間採尿を実施。宇宙飛行士はホルター心電計と血圧計を装着して、日中は毎時、夜間は2時間ごとに上腕動脈を測定します。2日目の朝は、まず心拍出量測定を実施してから、血液サンプル9 mLを2本採取。交感神経活性を確認するため、最大20 mLの血液採取を行います。



図1.4.1.3-3 若田宇宙飛行士がCARD実験を行った時の様子

古川宇宙飛行士が2011年3月にTwitterに投稿した内容。

「3月8日、飛行前の実験データ取り。24時間連続血圧測定、及び48時間連続心電図を朝から開始。測定器具つきの姿はこちら。撮影は、一緒に飛ぶフォッサム飛行士。何かに似ている?廊下ですれ違った仲間からは「ロボコップ」と呼ばれた。」



1.4.1.4 カナダの実験（被験者の役割も果たすもの）

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

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、超音波検査等で測ります。

1.4.1.5 その他(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

宇宙環境や宇宙ステーションの理解普及など教育を目的に、ISS/「きぼう」と各地を中継で結び、双方向交信をリアルタイムで行います。

現在(2011年5月)、下記の機関での実施を予定しています。

ただし、今後、ISSの運用状況により実施されない場合もあります。

- ・長野県立こども病院
- ・秋田大学
- ・佐賀新聞社
- ・日本宇宙少年団
- ・群馬県高山村

② 活動レポート

「きぼう」利用や宇宙長期滞在での生活等、有人宇宙活動を文章でレポートします。

③ 企画映像

「きぼう」利用やISS内での生活等の紹介、外部機関と連携した映像を取得します。

④ 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、主に医療関係者の方々から提案して頂いた医学実験のアイデアを軌道上で試す予定です。

表1.4.1.5-1 宇宙医学にチャレンジ！ 実施テーマ

No	内容
1	ニュートラルポジション： 微小重力空間では、地上と異なるような姿勢が楽だと言われていてから、全身の力を抜いた時の、宇宙での自然な姿勢を記録する。
2	指-指ドッキング： 両手をゆっくり移動させ、顔の前で指先と指先を合わせる。地上では指同士を合わせられるが、微小重力で合うかどうか確認する。
3	血圧測定： 上肢(上腕)と下肢(足首)の血圧を測定し、地上と微小重力での血圧値の差を比べる。
4	体液シフトとサイズ変化： 微小重力空間では、体液が上半身にシフトし顔が丸くなる(ムーンフェイス)などの現象がおきる。その変化を調べるために、頭部全周および下肢全周を記録する。足首、ふくらはぎ、太もも、へそ周り、胸囲、腕、首、頭の周囲径をメジャーで測定する。
5	身長変化と腰痛： 微小重力空間では、脊椎が伸びて身長が数cm伸びると言われている。身長と座高をメジャーで測定する。また、身長が伸びることで、腰痛も起きると言われており、宇宙で経験した腰痛を記録し、足上げテスト(下肢伸展テスト)を実施する。
6	足底の皮膚： 微小重力空間では、足での歩行で移動しないため足裏に負担がかからないことから足裏が柔らかくなると言われている。足裏を下方および側方から撮影し、指先で足裏を押した際の変化を見る。

7	上下感覚 : 微小重力に慣れた以降、天井や床を認識する時間に変化が起きるのか計測する。
8	眼振 : 体を回転すると目が回る現象が起きる。微小重力空間では、耳石が機能しないため視覚情報が重要な機能となるという仮説に基づき、眼振(体を回転させると起きる眼球の運動)が起きずらいいかどうかを実験する。体の回転後に、眼球の運動を映像で記録する。
9	宇宙酔い : 宇宙酔いについて、長期滞在期間中での変化を記録する。
10	ライトフラッシュ : 宇宙放射線が視神経に当たった際に見るといわれる光について、経験した日時、その時の色を記録する。

⑤ 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します。

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します。

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します。

表1.4.1.5-2 宇宙ふしぎ実験 実施テーマ

No	内容
1	バネの拳動 : バネや数種おもりをつけて振動を与え、バネの拳動を観察する。
2	スリンキーによる波の観察 : スリンキーで縦波、横波をつくり、微小重力での波を観察する。また、地上での階段で動きを再現する。
3	風船の拳動 : 風船の飛行や割った際の様子を観察する。
4	ヨーヨー : ヨーヨーを床面に対して90度、45度など様々な角度で回す。
5	シャボン玉 : シャボン玉を飛ばして、膨らむ様子や割れる様子などを観察する。
6	折り紙 : 折り紙で鶴やコマを作り、飛ばしてみる。
7	宇宙でパチパチ、静電気? : 髪に静電気をおこし、その様子を観察する。
8	氷解 : 氷が微小重力空間でどのように溶けるかを観察する。
9	宇宙うず巻き : シリングの水を吸引し、水の引き込まれ方を調べる。
10	ゴムにおもりをつけて飛ばす : ゴムの一端に重りをつけて、飛ばすとどうなるか観察する。

⑥宇宙医学紹介ビデオ

宇宙医学研究や宇宙での健康等を一般に広く伝えるビデオ素材を撮影します。

※その他、JAXAによる「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」やメディアによる交信、その他無線を活用した無線交信イベントも計画されています。

広報イベントの実施時期は、JAXA公開ホームページ「古川宇宙飛行士最新情報」(http://iss.jaxa.jp/iss/jaxa_exp/furukawa/news/)にてお知らせします。

なお、ミッションの進捗状況によって実施できない場合もありますので、あらかじめご了承ください。



図1.4.1.5-1 第18次長期滞在中、若田宇宙飛行士が実施した「ライブ交信と宇宙授業」

★古川宇宙飛行士は、ISSでの日常や感じたことをTwitterでつぶやきます。



http://twitter.com/#!/Astro_Satoshi

ぜひご覧ください。

1.4.2 ISSの定期的な点検・メンテナンス作業

■ 「きぼう」サブシステムのメンテナンス及び点検作業

- 「きぼう」システムの保守・点検

火災検知機器、非常用照明装置などの点検を行います。

「きぼう」内の機器や実験装置などから排出される熱を循環させる熱制御システムの維持・管理や、環境制御システムの保守・点検(フィルタ交換など)を行います。

- 「きぼう」システムの機能確認

「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・機能確認などを実施します。

- 「きぼう」内の整理

「きぼう」船内実験室や船内保管庫に配置されている機材や物品を確認し、不要品の整理や元の場所へ移動するなど、定期的に整理作業を行います。

- 実験装置の保守・点検、機能確認

細胞培養装置、クリーンベンチのメンテナンス、HTV2(こうのとり2号機)で運んだ多目的実験ラック(MSPR)と燃焼実験チャンバ(CCE)の機能確認などを行います。

「きぼう」ロボットアームの子アームの機能確認について

HTV4で打上げ予定の「たんぽぽ」(有機物・微生物の宇宙曝露と宇宙塵・微生物の捕集)ミッションでは、エアロックから船外へ移動させたこの実験装置を、子アームを使って船外実験プラットフォーム上のハンドホールド(手すり)に取り付けます。この作業は、ロボットアーム用に準備された取付機構ではなく、船外活動クルー用に設置されているハンドホールドへの取付を行うという点で初の試みとなります。この作業では子アームを使ってハンドホールドへ一定の力で押し付ける操作が必要となるため、事前にシミュレーション解析で、タスクが問題なく実行できることを確認する必要があります。

今回の古川ミッションで実施する子アームのチェックアウトでは、このシミュレーション解析を実施するための解析モデルの精度を上げるために、必要となる軌道上特性データを事前に取得する大変重要な作業になります。

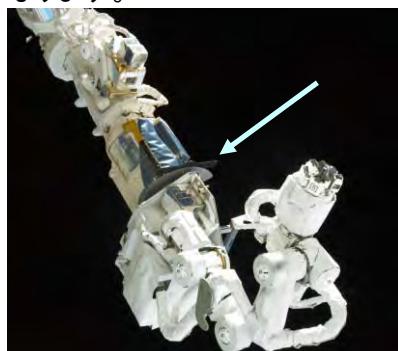


図1.4.2-1 「きぼう」ロボットアームで把持された子アーム(矢印から下が子アーム)

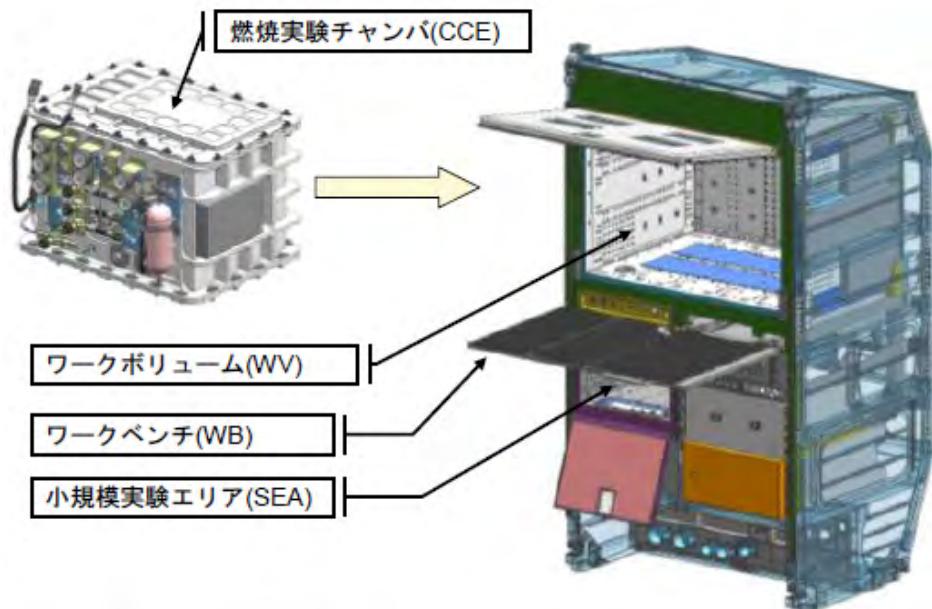


図1.4.2-2 多目的実験ラック(MSPR)（イメージ図）

- 米国システムのメンテナンス及び点検作業
 - エクササイズ装置のメンテナンス

トレッドミル(TVIS, T2)、改良型エクササイズ装置(ARED)、サイクルエルゴメータ(CVIS)の定期点検を行い、使用に問題がないことを確認します。
 - ISSのトイレ(WHC)のメンテナンス

フィルタの交換、コントロールパネルの表示状態の確認、清掃などを行います。
 - 空気成分分析器、空気循環装置、煙検知器等各種装置の点検

二酸化炭素モニタ装置などの電源を投入して表示や動作を確認し、故障がないことを確認します。また空気循環用のフィルタの清掃も行います。
 - 水再生システム(WRS)の点検

水再生システム(WRS)の稼働状況の確認や、処理された水のサンプリング、および有機炭素分析器(TOCA-II)によるサンプリングした水の水質分析を行います。
 - 補給物資の移送・整理、在庫管理
- ロシアシステムのメンテナンス
 - 空調システムのメンテナンス

フィルタの交換や配管の清掃などを行います。

- 生命維持装置(クルー・サポート・システム)のメンテナンス
凝縮水再生装置のフィルタの交換や配管の清掃、トイレの清掃などを行います。

【参考】

ISS滞在クルーの作業状況は、以下のNASAのサイトで毎日公開されています。

ISS On-Orbit Status report

http://www.nasa.gov/directorates/somd/reports/iss_reports/index.html



図1.4.2-3 水再生システムを点検する若田宇宙飛行士（左）

図1.4.2-4 トレッドミル（TIVIS）のメンテナンス（右）

コラム 1-3

国際宇宙ステーションのフライトエンジニア

ISS長期滞在宇宙飛行士は、フライトエンジニア(FE)と呼ばれ、ISSのシステムと実験装置を正常な状態に維持することが主な任務となります。

ISS長期滞在宇宙飛行士は、長期滞在のための専門の訓練を受けてISS長期滞在宇宙飛行士と認定されます。

現在、ISSクルーは、コマンダー(司令官)1名とフライトエンジニア5名の6名体制です。ISSクルーは、常に実験ができるようにISSのシステムや実験装置の定期点検、保守、修理を行いますので、ISSのシステム及び実験装置に精通している必要があります。また、スペースシャトルがISSにドッキング／分離するときにはその運用をISSからサポートしたり、ソユーズ宇宙船やプログレス補給船等がドッキングする際にはドッキングのためのバックアップ機器の準備や必要に応じて手動でドッキング操作を行います。ISSのロボットアームを操作して、ISSの組立てやメンテナンス、船外活動の支援も行います。ISSから宇宙授業を行う教育活動や軌道上記者会見などの広報活動、人の目で地球を観察して写真やビデオ撮影を行う地球映像の記録も、宇宙に長期滞在している宇宙飛行士ならではの仕事です。

自らが被験者となって、宇宙環境における精神心理や肉体的な変化を記録することで、さらなる宇宙進出に向けた技術の蓄積を行うとともに、得られた知見は地上での疾患の予防や治療に利用できると期待されています。

実験を行う際には、地上から直接操作できない実験試料の設置や交換、実験終了後の試料の固定^{*1}、装置の後片付けを行います。また地上の実験テーマ提案者の目となり手となって実験状況を正確に捉え、地上に伝えるという重要な役割を持ちます。

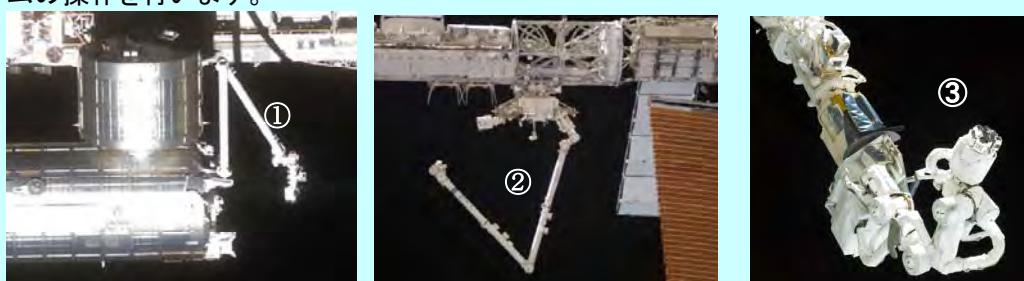
フライトエンジニアは、技術者であり研究者であり教育者であり、人類の宇宙進出への代表としてあらゆる要素を含んでいるのです。

*1: 実験終了後に反応が進まないように凍結させたり、化学的に安定化させたりといった、帰還に備えた収納作業を指します。

コラム 1-4

ISSで運用するロボットアーム

古川宇宙飛行士は、ISSのフライトエンジニアとして、以下に示すISSの3台のロボットアームの操作を行います。



- ① 「きぼう」ロボットアーム (JEMRMS)
<http://iss.jaxa.jp/glossary/jp/ki/jemrms.html>
- ② ISSのロボットアーム (SSRMS)
<http://iss.jaxa.jp/glossary/jp/ko/ssrms.html>
- ③ 「きぼう」ロボットアームの子アーム (JEMRMS SFA)

※JAXA公開ホームページには、各ロボットアームの主要諸元や動作の様子を動画で紹介しています。

1.5 第28次／第29次長期滞在中の主なイベント

古川宇宙飛行士のISS長期滞在中の主なイベントを表1.5-1に示します。

表1.5-1 古川宇宙飛行士長期滞在中の主なイベント(1/2)

時期	イベント			備考
	シャトル関連	ソユーズ関連	その他	
2011年 5月	●STS-134 ISS離脱 (5/30)	▼ソユーズ TMA-20 帰還 (5/23)		(5/23) ソユーズTMA-20で第26次／第27次長期滞在クルーが帰還。→軌道上のISSクルーは3名となります
6月	▼STS-134 帰還(6/1)	▲ソユーズ TMA-02M 打上げ (6/7) ●ソユーズ TMA-02M ドッキング (6/9)	●欧州補給機 (ATV-2)によるISS の高度上昇(6月に 実施予定) ●欧州補給機 (ATV-2)のISS分離 (6/20) ▲プログレス43P 打上げ (6/21) ●プログレス43P ドッキング (6/23)	(6/1)エンデバー号が最終フライトを終了。 (6/9)ソユーズTMA-02Mで古川宇宙飛行士がISSに到着。 第28次／第29次長期滞在クルーとして約5ヶ月半ISSに滞在する予定です。→軌道上のISSクルーは6名となります ATV-2により、ISSの高度は約40km上昇され、最終高度である400kmへ引き上げられる予定です
7月	▲STS-135 アトランティス 号打上げ (7/8以 降) ●STS-135 ドッキング (7/10) ●STS-135 ISS離脱 (7/18) ▼STS-135 帰還(7/20) シャトル退役		■STS-135と共同 でのISS EVA(ISS クルーがEVAを担 当) ■ロシアEVA (7/26)	(7/10-7/18) 最後のシャトル STS-135が予定どおり打ち上 がれば、ISSでは物資の移送作 業等で非常に多忙になります (STS-135は4人しか搭乗しな いため、ISSクルーが作業を密 接に支援します)。

※表の日付は米国時間です。スケジュールはISSの運用状況などによって適宜変更されます。

表1.5-1 古川宇宙飛行士長期滞在中の主なイベント(2/2)

時期	イベント			備考
	シャトル関連	ソユーズ関連	その他	
2011年 8月			▼プログレス43P分離(8/29) ▲プログレス44P打上げ (8/30)	
9月		▼ソユーズ TMA-21帰還 (9/16) ▲ソユーズ TMA-22 打上げ (9/30)	●プログレス44P ドッキング (9/1)	(9/16) ソユーズTMA-21で第28次長期滞在クルーが帰還します。 →軌道上のISSクルーは3名となります フォッサムがISSコマンダーとなり、第29次長期滞在ミッションが開始されます。
10月		●ソユーズ TMA-22 ドッキング (10/2)	▼プログレス42P分離(10/25) ▲プログレス45P 打上げ (10/26) ●プログレス45Pドッキング (10/28)	(10/2) ソユーズTMA-22で第29次／第30次長期滞在クルーがISSに到着します。 →軌道上のISSクルーは6名となります
11月		▼ソユーズ TMA-02M帰還 (11/16) ▲ソユーズ TMA-03M 打上げ (11/30)	●Space X社のドラゴン宇宙船が試験飛行でISSに到着する可能性あり(注:さらに延期になる可能性があります)	(11/16) 古川宇宙飛行士がソユーズTMA-02Mで地上に帰還します。ISSでは第30次長期滞在ミッションが開始されます。 →軌道上のISSクルーは3名となります (12/2) ソユーズTMA-03Mで第30次／第31次長期滞在クルーがISSに到着します。→軌道上のISSクルーは6名となります

※表の日付は米国時間です。スケジュールはISSの運用状況などによって適宜変更されます。

1.6 ISS長期滞在ミッションに向けたこれまでの訓練

古川宇宙飛行士は、第22次／第23次長期滞在クルーの野口宇宙飛行士のバックアップクルーとして、また第26次／第27次長期滞在クルーのバックアップクルー、第28次／第29次長期滞在クルーとして、ISS長期滞在ミッションに向け、ISSの概要、構造、システム運用、実験運用など、多種にわたる訓練に参加し、ISSのフライトエンジニアに必要な技術と資格を取得しました。また、ソユーズ宇宙船で打上げ／帰還することから、ソユーズ宇宙船の運用訓練に参加し、ソユーズ宇宙船の操縦資格を取得しました。

古川宇宙飛行士の実施してきた主な訓練を、表1.6-1に示します。

表1.6-1 古川宇宙飛行士が実施したISS長期滞在ミッション関連訓練(1/9)

2007年 9-10月	<p><u>第18次長期滞在クルー固有訓練</u> (筑波宇宙センター)</p> 	<p>第18次長期滞在クルーを地上で支援するクルーサポートアストロノート(搭乗者支援宇宙飛行士)として、「きぼう」日本実験棟組立て・メンテナンスに関わる訓練に参加。</p>
2007年 11月	<p><u>ISS緊急時対応訓練</u> (米国:JSC)</p> 	<p>第18次長期滞在クルーを地上で支援するクルーサポートアストロノートである古川宇宙飛行士は、第18次滞在期間中は、地上とISSの交信担当(Capsule Communicator: CAPCOM)を務めることから、クルーが緊急事態発生時にどのような対応を行うのか、アンモニア計測器の使い方やガスマスクの装着方法など、緊急事態対応時の手順について説明を受けた。</p>
2008年 4-5月、 8-11月	<p><u>ロシアでのISS長期滞在訓練</u></p> 	<p>ロシアのガガーリン宇宙飛行士訓練センターにて、ソユーズ宇宙船の制御システム、電力供給システム、通信制御システム、熱制御システム、推進システムや生命維持システム、姿勢制御システムなどの各システムに関わる訓練を実施。 また、「ズヴェズダ」(ロシアのサービスモジュール)の制御システムや、ロシアモジュールのネットワーク構成、通信システムなどの訓練を実施。</p>
2008年 12月 28日	<p>(第28/29次長期滞在クルーに任命!)</p> 	

http://iss.jaxa.jp/iss/jaxa_exp/furukawa/news/

表1.6-1 古川宇宙飛行士が実施したISS長期滞在ミッション関連訓練(2/9)

2009年 1月	<p><u>ESAでのコロンバス訓練 (ドイツ)</u></p>  <p>Columbus User Level & Payload Training for Expedition 33 E. D. S. TRAINING MODEL 30. January 2009</p>	<p>コロンバスの熱制御、電力供給、通信などのシステム機器の運用や、欧洲生理学実験ラック(European Physiology Modules: EPM)や流体科学実験ラック(Fluid Science Laboratory: FSL)に搭載された装置の概要を訓練。</p>
2009年 2月、4月	<p><u>ISS長期滞在訓練 (ロシア)</u></p>  <p>ISS-103-T</p>	<p>ソユーズ宇宙船を手動操作でISSへ接近・ドッキングさせる訓練や、ソユーズ宇宙船の運用を模擬したシミュレーション訓練。</p> <p>ISSのロシアモジュールで減圧や火災が発生した際の対応訓練、遠心加速器を使用したソユーズ宇宙船帰還時の操縦訓練。</p>
2009年 5月	<p><u>ISS火災発生時の対応訓練 (JSC)</u></p> 	<p>ISSのモックアップ(実物大の訓練施設)を使用して、ISSでの火災発生を想定した訓練を実施。火災が発生したことを模擬し、消火作業や他のモジュールを火災の被害から防ぐために結合部のハッチを閉める作業などの手順を確認。</p>
2009年 6月	<p><u>「きぼう」日本実験棟訓練 (筑波宇宙センター)</u></p> 	<p>ロボットアーム操作卓とバックアップドライブシステム(BDS)の操作の違いの確認、BDSの起動や操作訓練、子アームの操作訓練などを実施。</p> <p>植物を育てる細胞培養装置(Cell Biology Experiment Facility: CBEF)および植物実験ユニットの操作、植物の採取方法も受講。</p>
2009年 7月	<p><u>ISS長期滞在訓練 (JSC)</u></p> 	<p>「クエスト」(エアロック)のモックアップ(実物大の訓練施設)を使用して、船外活動ユニット(Extravehicular Mobility Unit: EMU)の整備作業など、船外活動の準備や片付け作業の手順を確認。</p> <p>バーチャルリアリティ(VR)システムを使用してISSのロボットアーム(SSRMS)と「きぼう」日本実験棟のロボットアームの運用を模擬した訓練を実施。宇宙ステーション補給機(H-II Transfer Vehicle: HTV)の曝露パレットを「きぼう」のロボットアームからSSRMSに渡し、HTVの補給キャリア非与圧部に移送する手順を確認。</p>

表1.6-1 古川宇宙飛行士が実施したISS長期滞在ミッション関連訓練(3/9)

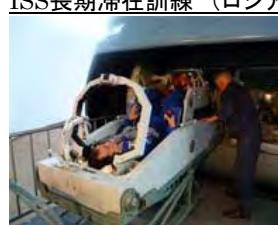
2009年 7月	<p>「きぼう」日本実験棟、宇宙ステーション補給機(HTV)訓練 (筑波宇宙センター)</p> 	<p>野口宇宙飛行士と共に、「きぼう」日本実験棟、宇宙ステーション補給機(HTV)の訓練、実験運用の訓練を実施。</p>
2009年 8月	<p>ISS長期滞在訓練 (ロシア)</p> 	<p>野口宇宙飛行士と共に、ソユーズ宇宙船によるISSへの手動操縦での接近・ドッキングや、手動操縦での帰還、再突入から降下時の体感重力を遠心加速器で体験する訓練。ISSのロシアモジュールでの火災を模擬した対応訓練等を実施。</p>
2009年 9月	<p>無重量環境訓練施設(NBL)での船外活動訓練 (JSC)</p> 	<p>JSCの無重量環境訓練施設 (Neutral Buoyancy Laboratory: NBL)にて、星出宇宙飛行士と共に、技能維持・向上のための船外活動訓練を実施。</p>
2009年 10月	<p>ESAでのISS長期滞在訓練 (ESA:ドイツ)</p> 	<p>コロンバスの通信システム、熱制御システム、環境制御・生命維持システムなどのサブシステム訓練や異常対応訓練。 生物学実験ラック(Biolab)のシステム概要やコマンド・コントロール、温度制御ユニットの初期起動、実験試料を培養するインキュベータの概要や起動方法、グローブボックスの概要や基本的な操作方法、グローブボックス内への機器の設置方法などの訓練。 ESAの実験訓練として、微小重力環境における心拍出量の増加や血圧の低下について研究するCARD実験の概要や実施手順を確認。また、無重力での空間認識能力の影響評価に関する実験(3D-Space実験)機器の操作訓練を実施。</p>

表1.6-1 古川宇宙飛行士が実施したISS長期滞在ミッション関連訓練(4/9)

2009年 11月	<p><u>ISS長期滞在最終訓練（ロシア）</u></p> 	<p>野口宇宙飛行士ら第22次／第23次長期滞在クルーのバックアップクルーとして、ガガーリン宇宙飛行士訓練センター(Gagarin Cosmonaut Training Center: GCTC)とRSCエネルギー社にて、ソユーズ宇宙船とISSのロシアモジュールに関わる、打上げ前の最終訓練を実施。</p> <p>ソユーズ宇宙船の船内で減圧が発生した際の対応を模擬したシミュレーションや、ISSへのランデブ・接近に関わる訓練。また、再突入から降下の際に手動で揚力をコントロールするモードの訓練では、その際の体感重力を遠心加速器で体験しながら実施。その他、帰還時に着陸予定地と離れた場所に着陸した場合に、モスクワのミッションコントロールセンターと連絡を取るために使用するイリジウム衛星電話の使用方法を確認。</p> <p>ISSのロシアモジュールに関わる訓練では、生命維持システムの概要、メンテナンス工具やアマチュア無線機器、カメラの使い方を訓練。また、欧州宇宙機関(ESA)とロシアの科学実験についても訓練を実施。</p> <p>訓練の最後には、これまでの訓練で得た知識や技術を評価するために、ISSとソユーズ宇宙船のシミュレータを使用した最終試験が2日間にわたり実施され、野口宇宙飛行士ら第22次／第23次長期滞在クルーとバックアップクルー全員は無事合格した。</p>
2010年 1月	<p><u>ISS長期滞在に向けた訓練（ロシア、JSC）</u></p> 	<p>ロシアではソユーズ宇宙船に関わる訓練を実施。</p> <p>NASAジョンソン宇宙センター(JSC)では、ISSのシステムや、船外活動で使用する機器の操作訓練や、トレッドミル・自転車エルゴメータなどの運動機器や、医療機器に関わる訓練を実施。</p>
2010年 3月	<p><u>ISS長期滞在訓練（ロシア）</u></p> 	<p>ソユーズ宇宙船のシミュレータを使用した、打上げからISSへのドッキングおよび帰還時の運用のほか、異常発生時の対処などのシミュレーション訓練を通じて、ソユーズ宇宙船の運用における他のクルーとの協調作業について理解を深めた。</p>

表1.6-1 古川宇宙飛行士が実施したISS長期滞在ミッション関連訓練(5/9)

2010年 5月	<p><u>NBLでの船外活動訓練 (JSC)</u></p>	<p>星出宇宙飛行士と共に、船外活動技術の向上を目的に、NBLのプールを使用した船外活動訓練を実施</p>
2010年 5月	<p><u>「きぼう」日本実験棟訓練 (筑波宇宙センター)</u></p>	<p>「きぼう」ロボットアームに関わる訓練では、シミュレータ上でロボットアームを操作して、船外装置の移設作業や船外装置の点検作業を想定した訓練を行ったほか、子アームの把持機構や関節の動き方について受講。</p> <p>実験運用に関わる訓練では、細胞培養装置 (Cell Biology Experiment Facility: CBEF)とクリーンベンチ (Clean Bench: CB) の機能確認や掃除の仕方など、軌道上で行う実験装置のメンテナンス作業について訓練を行ったほか、タンパク質結晶生成実験 (JAXA PCG) と宇宙放射線計測 (Area PADLES) の目的やクルーが実施する作業について確認。</p> <p>宇宙ステーション補給機 (H-II Transfer Vehicle: HTV) のランデブ 時に使用する近傍通信システム (Proximity Communication System: PROX) の運用方法やシステムの概要についても受講。</p>
2010年 6月	<p><u>ISS長期滞在訓練 (ロシア)</u></p>	<p>ソユーズ宇宙船のシミュレータを使用し、帰還中に帰還モジュール内で発生した火災に対応する訓練を実施。また、新型のソユーズ宇宙船の訓練が始まり、姿勢制御システムに関する講義を受講。</p>
2010年 7月	<p><u>ISS長期滞在訓練 (JSC)</u></p>	<p>ISSで火災、急減圧、空気汚染などの緊急事態が発生した際の対応訓練や、医療訓練の一環で、ISSでの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などを実施。</p> <p>実験運用に関わる訓練として、フランス国立宇宙研究センター (CNES) が開発したDECLICと呼ばれる流体を観察する実験装置のセットアップ方法について、モックアップ(実物大の訓練用模型)を使用して訓練を実施。</p>

表1.6-1 古川宇宙飛行士が実施したISS長期滞在ミッション関連訓練(6/9)

2010年 8月	<u>ISS長期滞在訓練（ロシア）</u>	<p>ISSへの接近時や地上への帰還時に、ソユーズ宇宙船を手動で操縦する方法をシミュレータを使用して確認。そのほか、ISSのロシアモジュールで火災や急減圧などの緊急事態が起きた際の対応手順や、緊急時にソユーズ宇宙船で脱出する手順について訓練を実施。また、新型のソユーズ宇宙船の姿勢制御システムと帰還制御システムについても訓練を実施。</p>
2010年 9月	<u>ISS長期滞在に向けた訓練（筑波宇宙センター、JSC）</u> 	<p>「きぼう」ロボットアームで曝露実験ペイロードを移設する運用を模擬したシミュレーション訓練。「きぼう」船内実験室内でのラックの設置方法や移設方法、軌道上で行う機器のメンテナンス作業について確認。</p> <p>実験に關わる訓練では、温度勾配炉(Gradient Heating Furnace: GHF)の概要を学び、GHFで実施する実験の概要について説明を受講。また、GHFのモックアップ(実物大の訓練用模型)を使用して、軌道上でクルーが行う試料カートリッジの交換方法などの作業を確認しました。この軌道上作業の訓練の模様は、報道関係者に公開されました。そのほか、多目的実験ラックの概要も学び、ラックの設定方法や起動方法について訓練を実施。</p>
	 <p>〔超音波検査装置〕</p>	<p>HTVに關わる訓練では、軌道上でクルーが行う物資の移送作業や、火災・急減圧・空気汚染・漏電などの異常が起きた場合の対処方法について訓練を実施。</p> <p>筑波宇宙センター(TKSC)での訓練後、NASA ジョンソン宇宙センター(JSC)で、HTVをISSのロボットアーム(SSRMS)で把持する運用について、シミュレータを使用して訓練を実施。長期滞在をともにするマイケル・フォッサム宇宙飛行士と共に、手順書の確認や外部カメラの設定などを行い、SSRMSを操作するフォッサム宇宙飛行士を支援した。</p> <p>そのほか、人体研究(Human Research Facility: HRF)ラックに搭載された超音波検査装置を用いた検査の実技や、バーチャルリアリティ(VR)システムを使用した船外活動訓練などを実施。</p>
2010年 10月	<u>ISS長期滞在に向けた訓練（ESA:ドイツ）</u> 	<p>コロンバスの流体科学実験ラック(Fluid Science Laboratory: FSL)の実験コンテナの交換方法や、歐州引出しラック(European Drawer Rack: EDR)のシステム概要や運用方法の訓練、地球の液体コアの熱対流をシミュレーションする Geoflow 実験訓練などを実施。</p> <p>ATVについては、緊急事態発生時の対応手順や物資の移送作業の概要の確認、モックアップを使用して実際の運用を模擬した訓練を実施。そのほか、ISS内の機器の精密な配置図を作成するためにESAが開発した3Dカメラの操作方法について、訓練を実施。</p>

表1.6-1 古川宇宙飛行士が実施したISS長期滞在ミッション関連訓練(7/9)

2010年 11月	<p><u>25Sクルーのバックアップクルーとしての評価試験参加(ロシア)</u></p> 	<p>第26次／第27次長期滞在クルー(25Sクルー)の打上げ前の最終評価試験に、バックアップクルー(交代要員)として参加。</p> <p>評価試験は2日間にわたり行われ、25Sクルーとバックアップクルーに別れてソユーズ宇宙船とISSのロシアモジュールに関する試験を1日ずつ交代で実施。古川宇宙飛行士らバックアップクルーは、1日目はソユーズ宇宙船、2日目はロシアモジュールに関わる試験を実施。</p> <p>試験は、実物大のシミュレータを使用して行われ、ロシアモジュールについては、エレクトロン(酸素発生装置)の故障や急減圧が発生した場合の対応のほか、通信システムやトイレの故障修理などの実技試験を実施。ソユーズ宇宙船についても、システムの故障などを想定したシミュレーションを実施。実技が評価された結果、25Sクルー、バックアップクルーともに最終評価試験に合格。</p>
2010年 12月 16日	<p><u>25Sクルーのバックアップクルーとしての任務を完了(ロシア)</u></p> 	<p>国際宇宙ステーション(ISS)の第26次／第27次長期滞在クルー(25Sクルー)のバックアップクルー(交代要員)に任命されていた古川宇宙飛行士は、12月16日に25SクルーがソユーズTMA-20宇宙船(25S)で打ち上げられる直前まで、25Sクルーと行動をともにし、バックアップクルーとしての任務を遂行。</p> <p>古川宇宙飛行士らバックアップクルーは、最終評価試験が行われたロシアのガガーリン宇宙飛行士訓練センター(Gagarin Cosmonaut Training Center: GCTC)から、25Sクルーとともに、ソユーズ宇宙船の打上げ地であるカザフスタン共和国のバイコヌール宇宙基地に移動し、25Sクルーの打上げ直前まで、交代要員として最終訓練や飛行計画の確認を行うとともに、医学検査を受け、万が一25Sクルーに代わって飛行することになった場合でも対応できるよう、万全の状態を維持。</p> <p>古川宇宙飛行士は、25Sクルーのバックアップクルーの任を解かれ、自身のミッションである第28次／第29次長期滞在に向けての訓練に入った。</p>

表1.6-1 古川宇宙飛行士が実施したISS長期滞在ミッション関連訓練(8/9)

2011年 1月	<p><u>ISS長期滞在に向けた訓練（筑波宇宙センター、JSC）</u></p> 	<p>1月上旬は、筑波宇宙センター(TKSC)にて、「きぼう」日本実験棟のロボットアームと、「きぼう」で実施する実験に關わる訓練を実施。シミュレータ上でロボットアームを操作し、親アーム先端の子アームを「きぼう」船外実験プラットフォーム上の保管場所に取り付ける作業などを想定した手順を訓練。</p> <p>実験に關わる訓練では、ライフサイエンス実験「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)」実験を実施する上で必要になるクルーの作業手順を確認。</p> <p>1月中旬からは米国に戻り、NASA ジョンソン宇宙センター(JSC)で訓練を実施。</p> <p>古川宇宙飛行士は、ISS に搭載されている医療機器を確認するとともに、血圧計・血中酸素飽和度測定計の使用方法や、注射器の取り扱い方法などを確認。医師のバックグラウンドを持つ古川宇宙飛行士は、長期滞在中に医療担当クルー(Crew Medical Officer)を担当。</p> <p>また、第 28 次長期滞在クルー 6 人全員で、ISS のモックアップ(実物大の訓練施設)を使用して、火災や空気汚染、減圧などの発生を想定した対応訓練を実施し、クルー間および地上の飛行管制官とのコミュニケーションの取り方を重点的に確認。</p> <p>そのほか、ISS で日常的に行われている物品の在庫管理システムのデータ更新、トイレのメンテナンス、日課の運動などをタイムラインに沿ってシミュレーションし、ほかのクルーと協調しながら作業を進める訓練も実施。</p>
2011年 2月	<p><u>ISS長期滞在に向けた訓練（筑波宇宙センター、JSC、ロシア）</u></p>  <p>[AREDの訓練]</p>	<p>JSC では、ISS に設置されている筋力トレーニングを行うための改良型エクササイズ装置(Advanced Resistive Exercise Device: ARED)の使い方や、船外活動クルーが船外活動ユニット(Extravehicular Mobility Unit: EMU)を装着する際の支援作業などについて訓練を実施。</p> <p>ロシアの GCTC では、ISS のロシアモジュールで火災やデブリ衝突による減圧が発生した場合を想定した対処法の訓練や、ソユーズ宇宙船で緊急脱出する手順を訓練したほか、ソユーズ宇宙船を ISS ヘドッキングさせる運用や軌道離脱の運用についても訓練を実施。</p> <p>TKSC では、「きぼう」日本実験棟のロボットアームの操作訓練や、「きぼう」で実施する実験に關わる訓練、宇宙医学実験支援システムに關わる訓練などを実施。</p> <p>宇宙医学実験支援システムの訓練の模様は、報道関係者にも公開されました。宇宙医学実験支援システムは、軌道上で取得した医学実験データを軌道上で一元管理し、その解析情報を、軌道上の宇宙飛行士と地上の研究者が双方で見ることができるシステムで、電子聴診器、パルスオキシメータ、ホルタ一心電計、簡易脳波計、USB カメラで構成されています。</p>

表1.6-1 古川宇宙飛行士が実施したISS長期滞在ミッション関連訓練(9/9)

2011年 3月	<p><u>ISS 長期滞在に向けた訓練 (JSC, ESA)</u></p> 	<p>JSC ではエクササイズ機器のメインテナンス訓練やシャトルミッションのサポートに備えた訓練を実施しました。</p> <p>ESA が開発した MARES(Muscle Atrophy Resistive Exercise System)に関する訓練を実施。</p> <p>MARES は、神経や筋肉などの研究や、エクササイズの研究にも使われる多目的な大型の実験装置であり、山崎宇宙飛行士が搭乗した STS-131 で ISS に運ばれたラックです。</p>
-------------	---	---



図1.6-1 ISSのモックアップ（実物大模型）で緊急避難手順を確認（JSC）
[頭にかぶっているのはアンモニア漏れ発生時に装着するマスク]



図1.6-2(1/2) 船外活動訓練 (JSC)



図1.6-2(2/2) 船外活動訓練 (JSC NBL)



図1.6-3 きぼうロボットアーム操作訓練 (筑波宇宙センター)



図1.6-4 医療関連の訓練の様子 (JSC)
[右の写真はデスティニー内を模擬しての心肺蘇生訓練]

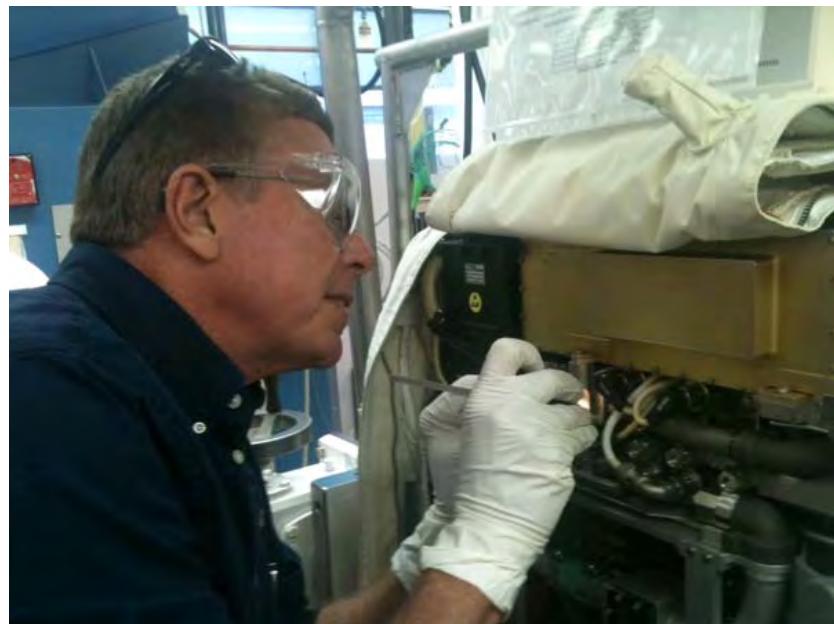


図1.6-5 宇宙服(EMU)のメンテナンス訓練 (JSC)

古川宇宙飛行士が2011年2月にTwitterに投稿した内容。

「宇宙遊泳用宇宙服の背中には、サブリメーターと呼ばれる装置がある。固体(氷)を真空下で昇華させることで放熱を行う冷却用装置である。そのサブリメーター内を循環させる水が漏れていないかどうかを船内にて検査、万一漏れていいたらどの部分から漏れているかを調べる訓練。

本検査は定期的に実施されるもので、今夏以降米国製宇宙遊泳用宇宙服を使用する際には実施が必要となるため、その時期に宇宙ステーションに滞在している我々が訓練を受けた。一緒に飛ぶフォッサム飛行士が本訓練中の写真はこちら。」(上に示す図)



図1.6-6 AREDを使い方を学ぶエクササイズ訓練 (JSC)

古川宇宙飛行士が2011年2月にTwitterに投稿した内容。

「AREDを宇宙ステーションで使用開始後、宇宙で落ちる筋力を最小限にすることが可能になったと聞く。飛行後のリハビリの焦点は、バランス・協調運動に移ってきているという。」



図1.6-7 ISSの超音波診断装置を使う訓練 (JSC)

古川宇宙飛行士が2011年1月にTwitterに投稿した内容は、この装置を使った訓練のことです。

「1月18日、宇宙で実施予定の生命科学実験の訓練。無重量環境下に長期滞在した際の心筋萎縮、心機能などを、心臓超音波検査で調べるもの。離れたところにいる専門家が超音波画像と飛行士の手元をリアルタイムでモニターし、無線で交信しながら実施。

実際は、地上の管制室にいる専門家が超音波画像、及び作業者である宇宙ステーションの飛行士の手元をリアルタイムで観察し、飛行士と交信しながら実施予定。腹部超音波検査は医師として勤務時代によく行っていた。対象臓器をとらえる方法は、心臓超音波も同様。医師としての経験が活きる一例である。」

古川宇宙飛行士が2011年2月にTwitterに投稿した内容。

「ペンギンスーツの復習。外見はロシアのブルースーツのよう。地上への帰還準備に使われるもので、スーツ内にめぐらしてある弾性ハーネスで身体に負荷をかけられる。無重量環境下で椎間板が伸びることによる身長の伸び（通常数cm程度）を元に戻し、また筋力・骨密度を維持するのが目的。では、なぜペンギンスーツと呼ばれるのか？」

正解は、ペンギンスーツにはつま先を上に向けて固定する装置もついており、その状態だとペンギンが歩く様子にそっくりだから、だとか。」



図1.6-8 帰還前に使用するペンギンスーツ (NASA)

古川宇宙飛行士が2011年2月にTwitterに投稿した内容。

「訓練用の煙を実際に発生させて、火災のシミュレーション訓練。ロシア製酸素マスクを実際に装着。電源遮断、消火器複数使用でどうしても消火できなかつたため、「救命ボート」であるソユーズ宇宙船で緊急帰還するというシナリオであった。

ロシア製酸素マスクを着用した状態で、狭い宇宙船内でソコル宇宙服に着替えるのは結構難しい。宇宙服の首の部分に頭を通すときには、一度息を止め閉眼して酸素マスクをはずし、頭を通した後にまた酸素マスクを着けたりするのである。周囲は火災による煙だらけという設定なので。

ソコル宇宙服に着替えた後、通常は宇宙船内の空気を宇宙服内に冷却のため循環させるが、火災のためそれを行えない。代わりに宇宙服内への酸素供給のみ。連続酸素供給により、宇宙船内酸素濃度が許容上限になってしまったという設定で、更なる火災予防のため、手動で宇宙船内を真空にする作業も模擬。

すなわち、ソコル宇宙服のヘルメットを閉め、冷却用空気循環もない状態で2時間近く訓練。宇宙服内部の体感温度は35°Cくらいで汗だく！ヒューストンの夏みたいだねと仲間でジョークを言い合っていた。脱水のため、体重が1.5kg程度減ったかも。個人的には野球部の合宿を思い出した。」

ソコル宇宙服については、2.1.6.9項を参照下さい。



図1.6-9 ロシア製の酸素マスク
(ロン・ギャレン宇宙飛行士のTwitter Astro_Ronより)

古川宇宙飛行士が2011年2月にTwitterに投稿した内容。

「2月16日、国際宇宙ステーションが急減圧時の対処訓練。下記のように宇宙ごみが当たつてしまつた緊急事態を想定したもの。星の街近くの低圧室にて実施。そこでは、宇宙ステーションのロシア製サービスモジュールとソユーズ宇宙船の実物大モックアップが巨大な真空室内に置かれている。

一緒に飛ぶ3人のクルーでモジュール内に入ってハッチが閉められた後、モジュール周囲の真空室の気圧が実際に下げられた。モジュールに小さな穴を開け、実際の空気漏れ状態を作り出すことができる。

飛行機に乗ったときなどに経験する、気圧変化時の耳の変化を実感。空気漏れ場所を特定するため、まずは救命ボートであるソユーズ宇宙船に空気漏れがないかどうかのチェックから始める。実際にモジュール内の気圧が下がる環境なので、良い訓練である。

その後、手順書に沿っていろいろなハッチの開閉操作を実施し、空気漏れ場所を特定・孤立させる。ハッチの両側に圧力差がある場合には、均圧弁を開けて圧を同じにしてからしつかり行った。さもないと、ハッチが開かないか、あるいは急激に開いたりして危険！」

古川宇宙飛行士が2011年3月にTwitterに投稿した内容。

「共通結合機構の操作復習。日本製貨物船「こうのとり」や米国製貨物船「ドラゴン」などが、カナダ製ロボットアームで把持された後、宇宙ステーションのポートに結合される際に使われるのが共通結合機構。ラッチでつかんでからボルトを順番に締め、結合させる。」

「3月10日、軌道上の宇宙ステーションで実際行われた「こうのとり」移設作業でも、共通結合機構操作が行われた。私が飛行中も「ドラゴン」や、スペースシャトルの貨物室に搭載される多目的補給モジュールを宇宙ステーションに結合させる際、共通結合機構操作を操作する可能性が高い。」

補足：ここで書かれているスペースシャトルとはSTS-135のことです。



図1.6-10 HTV「こうのとり」到着時の共通結合機構の位置調整作業
(右はCBCS (Centerline Berthing Camera System)からの映像)



図1.6-11 共通結合機構(CBM)の2枚のハッチ(ISS側のハッチを開けた状態)



図1.6-12 【参考】Space X社のドラゴン宇宙船の飛行イメージ (Space X社)



図1.6-13 打上げ前のバイコヌールでの最終訓練/スーツのフィットチェック
(RSCエネルギア)

2. ソユーズ宇宙船について

ロシアの有人宇宙船であるソユーズ宇宙船(Soyuz TMA、TMA-M)は、カザフスタン共和国のバイコヌール宇宙基地からソユーズロケット(Soyuz FG)で打ち上げられます。

ソユーズ宇宙船は、NASAのスペースシャトルが退役を迎える今、国際宇宙ステーション(ISS)の長期滞在クルーの往復のための唯一の輸送システムとして使われています。



図 2-1 ソユーズ TMA(RSC Energia 社 HP)

<http://www.energia.ru/eng/iss/soyuz-tma/soyuz-tma.html>

ソユーズ宇宙船の役割は次のとおりです。

- ISSの長期滞在クルーをISSに一定の間隔で輸送します(2009年から年4機を打上げ)。
- 軌道上で不測の事態が発生した場合や、宇宙飛行士の病気・怪我などで早期の帰還が必要になった場合の緊急帰還船として、ISSに常時係留※します。
※ソユーズ宇宙船の軌道上運用寿命は、200日間であるため、半年毎に新しいソユーズ宇宙船と交換する必要があります。
- 任務を終了した長期滞在クルーの帰還時には、実験試料などの物資(TMAの場合最大約50kg、最新型のTMA-Mでは最大約120kg)を地上に回収できます。(シャトルが退役すると当分はソユーズ宇宙船が唯一の回収手段となります。)
- 最上部の軌道モジュールには、ISSの不用品や使用済み品などを搭載して、大気圏突入時にクルーの搭乗している帰還モジュールと分離し、軌道モジュールごと燃焼させて廃棄します。

2.1 ソユーズ宇宙船の構成

ソユーズ宇宙船は、3つのモジュール(軌道モジュール、帰還モジュール、機器／推進モジュール)から構成されています。

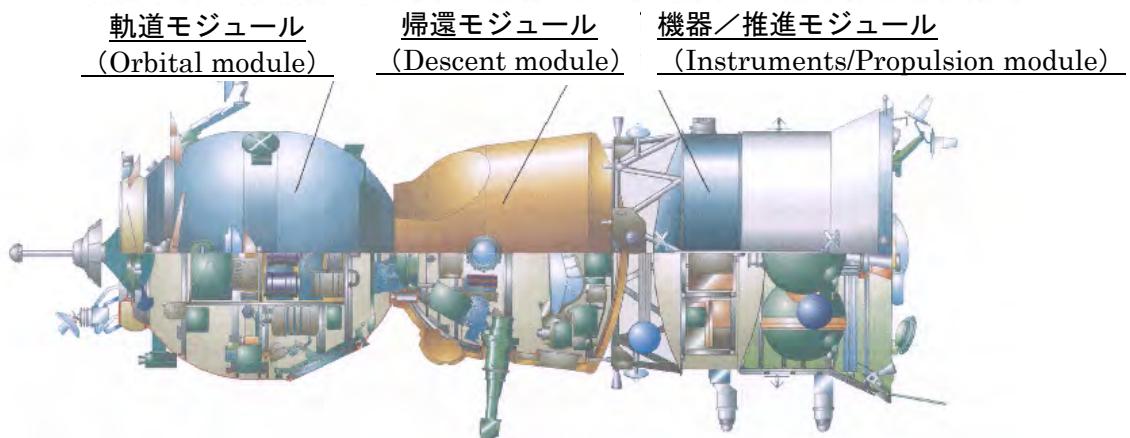
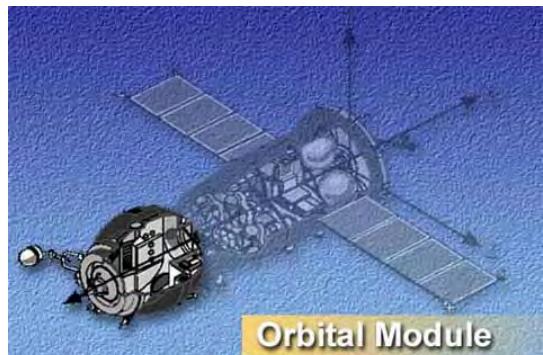


図2.1-1 ソユーズ宇宙船の構成

2.1.1 軌道モジュール

軌道モジュールは、ソユーズ宇宙船が地球周回軌道に投入された後、ISSに到着するまでの単独飛行中に、搭乗クルーが生活(クルーの着替えや食事、トイレ、睡眠スペースとして使用)するモジュールで、ランデブ飛行やドッキング運用に必要な機器類が搭載されています。モジュール内部は約6.3m³ほどの広さで、モジュールの前方面にはドッキング機構、ハッチ、そして自動ドッキングシステムのランデブ用アンテナが装備されています。モジュールの後方部は与圧ハッチで帰還モジュールにつながっており、搭乗クルーはこの与圧ハッチを通って帰還モジュールと軌道モジュール間を移動することができます。また射点でクルーがソユーズ宇宙船に搭乗する際は、このモジュールのサイドハッチから乗り込みます。



Orbital Module

ドッキング後、搭乗クルーは、軌道モジュール前方(ドッキング機構側)のハッチからISS船内へと入室します。軌道モジュールは、地上への帰還直前、軌道離脱噴射を終了した後に、帰還モジュールから分離して大気圏へ突入し、高熱で分解・燃焼します。



図2.1.1-1 軌道モジュールの外部と内部の写真

2.1.2 帰還モジュール

搭乗クルーは、打上げ時および再突入／帰還時、ドッキング／分離時には、帰還モジュール内のシートに着席します。ソユーズ宇宙船の制御装置類とモニタ画面等がここに装備されています。

帰還モジュールには、生命維持機材や、帰還時に使用するバッテリ、着陸時に使用するパラシュートと着陸時の衝撃緩和用ロケットが装備されています。搭乗クルー個人専用のシートライナーは、着地時の衝撃から守り、クルーの安全を確保するものなので、各自専用のシートライナーを作つて座席に装着します。

帰還モジュールにはペリスコープが装備されており、ISSへの接近時にドッキングターゲットを確認したり、または地球方向を確認したりすることができます。外を見ることが出来る窓も左右に2つあります。

推進スラスター(過酸化水素スラスター)は8基装備しており、大気圏突入からパラシュート展開までのカプセルの姿勢制御を行います。帰還モジュールには、帰還時に使用する航法誘導制御システムが装備されています。

帰還モジュールの重量は約2,900kgで、内部は約4m³の広さです。帰還モジュール内部には、搭乗クルー3名のほか、約50kg(TMA-Mから120kgへ増加)の回収品を搭載して地上に持ち帰ることができます(搭乗クルーが2名の場合には最大150kgの回収品を回収可能)。この帰還モジュールのみが地上に帰還します。



図2.1.2-1 帰還モジュールの内部

2.1.3 機器／推進モジュール

このモジュールは、酸素タンク、姿勢制御スラスター、軌道制御エンジン、電子機器類、通信機器類、制御機器類、熱制御システム、推進薬タンク、バッテリ、太陽パネル、ラジエータが搭載されています。

推進薬は、燃料として非対称ジメチルヒドラジン(UDMH)、酸化剤として四酸化二窒素(Nitrogen Tetroxide)を使用します。

軌道モジュールと同様に、機器／推進モジュールは、軌道離脱マヌーバ実施後に帰還モジュールから分離して突入し、大気圏内で分解・燃焼します。



図2.1.3-1 機器／推進モジュール

2.1.4 ソユーズTMA宇宙船の主要諸元

重量	打上げ時重量	最大7,220 kg
	うち、帰還モジュール	約2,900 kg
長さ		6.98 m
直径	軌道モジュール、 帰還モジュール	2.20 m
	機器／推進モジュール	2.72 m
搭乗員数		2~3名
搭載ペイロード重量		100kg以下(3名搭乗時)
回収ペイロード重量		50kg以下(3名搭乗時)
単独飛行可能期間		14日間
飛行可能期間		200日間
飛行可能高度		最大460km (ドッキング時は最大425km)
使用ロケット		ソユーズFG
着陸速度	主パラシュート使用時	最大2.6m/s、ノミナル1.4m/s (旧世代のソユーズTMは、3.6m/s、2.6m/s)
	予備パラシュート使用時	最大4.0m/s、ノミナル2.4m/s (旧世代のソユーズTMは、6.1m/s、4.3m/s)
推進薬	燃料	非対称ジメチルヒドラジン(UDMH)
	酸化剤	四酸化二窒素(NTO)
太陽電池 パドル	翼端までの長さ	10.7 m
	面積	10 m ²
	発電量	最大1 kW

(RSC Energia社 HP)

http://www.energia.ru/eng/iss/soyuz-tma/soyuz-tma_01.html

2.1.5 ソユーズ宇宙船の改良

(1)ソユーズTMA

ソユーズTMA宇宙船は、1986年から2002年までの約16年間にわたり、宇宙飛行士をミール宇宙ステーションやISSに運んでいたソユーズTMに改良を加えたもので、2002年から運用しており、2011年末には新型と交替して退役します。

ソユーズTMAは安全性、特に帰還／着陸時の安全面が格段に向上しました。搭載コンピュータの小型化、コンピュータ／ディスプレイ画面の機能向上に加え、ソユーズTM時代には、身長1.8m、体重85kg以上または、身長1.6m、体重56kg以下の宇宙飛行士は搭乗することができませんでしたが、ソユーズTMAでは米国人の搭乗を考慮して制限が緩和されました(表2.1.5-1を参照)。

帰還モジュールの構造的な改良としては、衝撃緩和用ロケットを改良したことで、搭乗クルーが着陸時に体感する速度と負荷が約15～30%低減されました。また新規の再突入制御システムと3軸加速度計を採用したこと、着陸精度が向上しました。

コックピットは、搭乗クルーの飛行データ／情報取得などの運用性を考慮して設計変更されました。また、シートおよびシート衝撃吸収材もさらなる安全性を追及して改良されました。



図2.1.5-1 ソユーズTMA帰還カプセルの落下衝撃試験の様子

表2.1.5-1 主な改良点 搭乗クルー1名あたりの身長・体重制限

項目		ソユーズTM	ソユーズTMA
身長(cm)	上限	182 cm	190 cm
	下限	164 cm	150 cm
座高(cm)	上限	94 cm	99 cm
胸囲(cm)	上限	112 cm	制限無し
	下限	96 cm	制限無し
体重(kg)	上限	85 kg	95 kg
	下限	56 kg	50 kg
足の長さ(cm)	上限	-	29.5 cm

(RSC Energia社HP)

http://www.energia.ru/eng/iss/soyuz-tma/soyuz-tma_02.html

(2)ソユーズTMA-M

ソユーズTMAの改良型であるソユーズTMA-Mは、2010年10月8日に初飛行し、古川宇宙飛行士のフライトが2号機となります。3号機以降は、すべてこの改良型に置き換えられます。

ソユーズTMA-Mは、外観は従来型から変化していませんが、30年以上前の1974年から使われていた古いアナログ方式のアルゴン-16コンピュータを新しいデジタル方式のTsVM-101コンピュータ(計算能力は30倍に向上)と置き換えると共に、システムモニタ用の5台のアナログプロセッサを1台の新しい機器に置き換える等の改良が行われ、70kg軽量化されました。その分、搭載ペイロードも50kgから120kgへ70kg増やせるようになりました。また、消費電力の削減や、打上げ準備段階での試験の簡素化が可能になりました。

座席の前の「ネプチューン」表示ディスプレイもカラー化されました(ソユーズTMAの後期タイプから一部導入済み)。

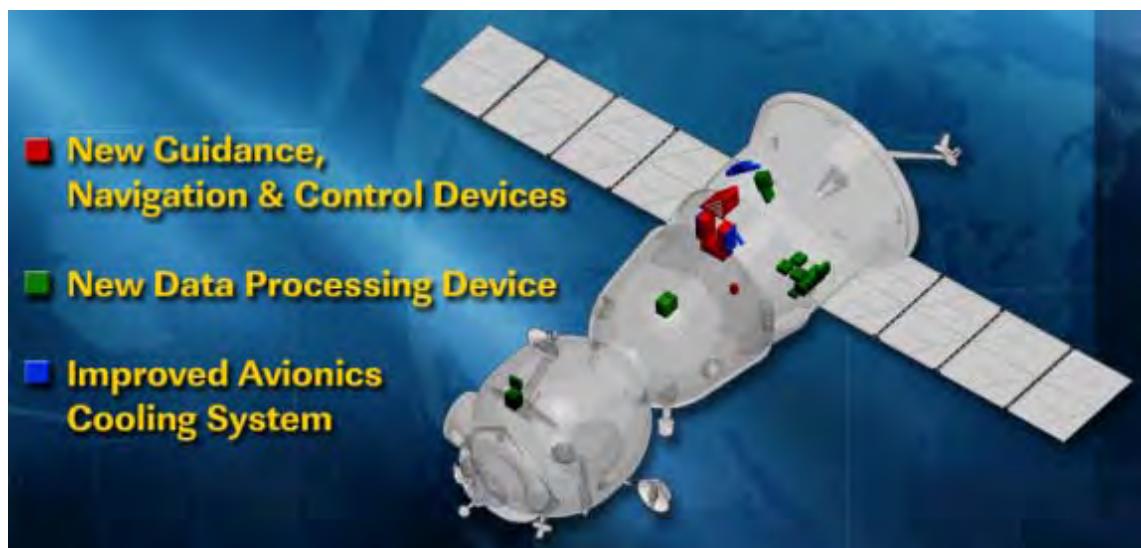


図2.1.5-2 ソユーズTMA-Mで改良した制御機器 (Roscosmos/RSC Energia)
(計36基の古い機器を19基の新しい機器で更新)

http://www.nasa.gov/images/content/485546main_Soyuz_TMA01-M.jpg

なお、今後もソユーズTMA-M宇宙船は改良が続けられる予定で、発電能力増強のための太陽電池の改良、デブリ防護能力の強化や航法装置の改良などが今後数年内に予定されています。

2.1.6 ソユーズ宇宙船のシステム概要

2.1.6.1 環境制御／生命維持に関する装置類

ソユーズ宇宙船の軌道モジュールと帰還モジュール内は、1気圧に維持されており、打上げ時とISSとのドッキング時を除けば、普段着で過ごせます。人が居住できる環境を保つために、酸素タンク、二酸化炭素除去装置、エアコン装置、飲料水供給装置、トイレなどが装備されています。

トイレは、12人日の保管能力がある小型のものが、軌道モジュールに設置されています(使用しない時はカバーで覆っているため、見た目はどこにあるか分からないようになっています)。

2.1.6.2 通信(アンテナ)に関する装置類

ソユーズ宇宙船は、地上及び、ISSとの通信が可能ですが、データ中継衛星を介した通信は出来ないため、ロシアの地上局の上空でのみ地上との通信が可能です。

2.1.6.3 電力に関する装置類

ソユーズ宇宙船は、軌道上を単独飛行している間は、太陽電池パネルで発電した電力と搭載バッテリからの電力を使用します。ISSとドッキングしている間は、ISSからの電力供給のみで電力はまかなわれます。

2.1.6.4 Kursランデブノドッキングシステム

ソユーズ宇宙船は、無人のプログレス補給船でも使われている無線を使用したKurs「コース」ランデブノドッキングシステムを使用しての自動ランデブノドッキングが可能です。通常はこのシステムを使用して自動でドッキングを行いますが、異常を感じた場合は直ちに手動操縦に切り替えてドッキングを行います。

なお、手動操縦に切り替えてのドッキングは珍しいトラブルではないため、ソユーズ宇宙船に搭乗する宇宙飛行士たちは、手動操縦でのドッキングの訓練を十分に実施しています。



図2.1.6-1 ドッキング時の映像(カメラ映像にKursからのデータを重ねて表示)
(接近速度、ISSとの距離、姿勢の変化、時刻などを表示。中心線がドッキングポートの中心からずれるのは、そこにドッキングターゲットがあるためであり異常ではありません)

【Kurs故障時の対応】古川宇宙飛行士のTwitterより

「ソユーズ船長のセルゲイ・ヴォルコフ飛行士と一緒に手動ランデブー訓練。ソユーズ宇宙船が宇宙ステーションまで数kmの距離まで飛行してきた時点で自動ランデブーシステムが故障したという想定で、そこからの手動ランデブーを模擬。

船長補佐の私が軌道モジュールに移動。小さな窓際に設置されたレーザー測距計にて宇宙ステーションまでの相対距離を測定する。時間をあけて距離を2回測定すると、その間の平均相対速度も測定できる。

それらの相対距離、相対速度情報を帰還モジュール中央席に座る船長に口頭で伝える。それとソユーズ宇宙船の潜望鏡からの宇宙ステーション映像を元に、船長が手動でランデブーを実施。

宇宙ステーションからある距離まで近づいた後、ドッキングポートの正面まで回りこむように飛行。その後ドッキングポートからある距離まで近づいて相対的に停止するのをシミュレーターで模擬したところまでで、本日の訓練は終了」



ロシアのレーザー測距計 (ESA)



潜望鏡訓練の様子 (RSCエネルギア)

図2.1.6-2 Kurs故障時に使う機器類

【ドッキング訓練の様子】古川宇宙飛行士のTwitterより

「2月17日、ソユーズ宇宙船のドッキング運用シミュレーション訓練。適切なタイミングで主エンジンを噴射して軌道高度を上げながら、国際宇宙ステーションへ徐々に近づいてゆく。自動ランデブー・ドッキングシステムが正常に働いているかを注意深くモニターしながら、コマンドを打つ。」

自動ランデブー・ドッキングシステムは2系統あり、もし一方が故障しても他方があるし、万一両方が故障しても手動でのランデブーやドッキングという選択肢がありうる。ソユーズは、何重にも冗長な大変信頼性の高い宇宙船である。

いつものごとく、訓練では様々なものが次々に壊れた場合の対処を実施。自動ランデブー・ドッキングシステムの1系統が最初に故障、後にもう一方も故障し、手動で最終接近・ドッキングを行うシナリオであった。その他の細かい故障も多数。3人のクルーで協力して対処。」

2.1.6.5 ドッキング機構

ソユーズ宇宙船は、プログレス補給船と同じProbe/Drogueタイプのドッキング機構(ハッチを兼ねる)を装備しており、「ズヴェズダ」の後部、「ピアース」(DC-1)下部、「ラスピエット」(MRM-1)下部、「ポイスク」(MRM-2)上部の計4箇所にドッキングすることができます(図2.1.7-5参照)。



図2.1.6-3 ソユーズ宇宙船のドッキング機構

2.1.6.6 軌道制御エンジン／姿勢制御スラスター

ソユーズ宇宙船の後部には、メインエンジン1基が装備されており、軌道制御や、軌道離脱のための逆噴射時に使用されます。姿勢制御には20基以上装備されている小型のスラスターが使われます。

なお、大気圏突入後のカプセルの姿勢制御は、帰還モジュールに装備している別システムの小型のスラスターが使われます。

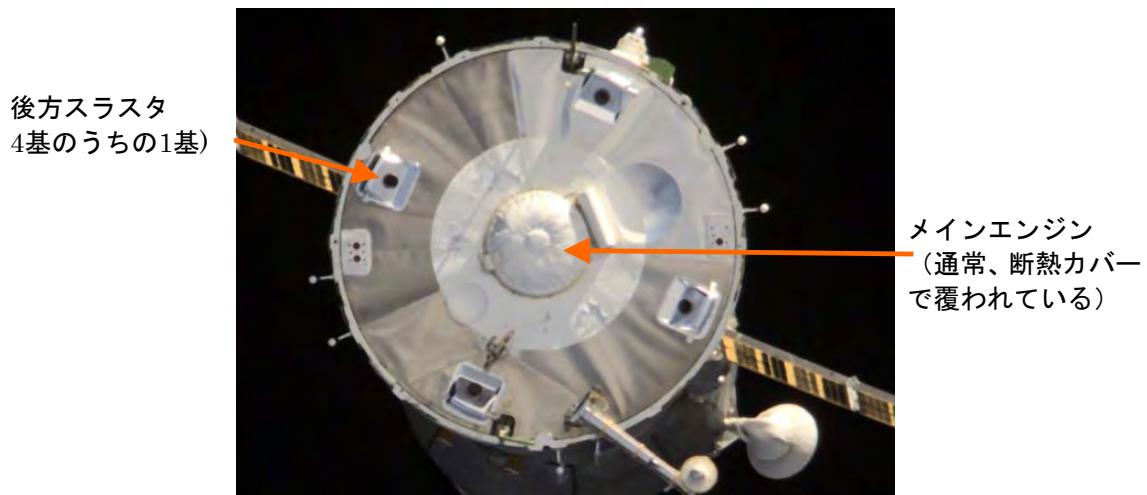


図2.1.6-4 ソユーズ宇宙船後方のメインエンジン

2.1.6.7 打上げ時の緊急脱出に関する装置

ソユーズ宇宙船への搭乗クルーの乗り込みは、打上げ2時間前に行われます。打上げ時には米国のアポロ宇宙船とは異なり、フェアリングを装備しており、このフェアリングの頂部に緊急脱出用の固体ロケットが取り付けられています。

1983年のソユーズT10A打上げ時にロケットが爆発し、クルーがこの緊急脱出システムを使って無事脱出した例があります。

緊急時には、4枚の空力安定フィンを展開しながら固体ロケットの推力で上昇します（高度約950～1,200mまで上昇）。その後、軌道モジュールと帰還モジュールを切り離し、パラシュートを展開して、約2.5km離れた地点に着地することになります。なお、通常の打上げでは打上げ160秒後には、この緊急脱出用ロケットとフェアリングは分離されます。



図2.1.6-5 ソユーズロケット先端に装着される緊急脱出用ロケット(RSCエネルギア社)



図2.1.6-6 フェアリング上の空力安定フィン
(青丸内:メッシュ状で、緊急時には90度下側へ展開)

2.1.6.8 サバイバルキット

ソユーズ宇宙船には、水上に着水した場合や回収部隊がすぐに到着できない時のような非常時に備えて以下のようなサバイバルキットが装備されています。飲料水、食料(3人のクルー1日分)、救急キット(薬、包帯など)、位置通知用ビーコン、無線装置、防水性のつなぎ、防寒服、発煙筒、シグナルミラー、発光灯、ナタ、マッチ、ロープ、ナイフ、保温用アルミシート、釣り具など。これらは、氷点下の環境下でもカプセル内で3日間過ごせることを考慮して装備されています。またパラシュートはテントとして使用することができます。

なお、ソユーズTMA-3からは弾道突入で帰還して搜索が遅れた場合などのケースに備えて、イリジウム衛星電話とGPS受信機(緯度経度確認用)を搭載するようになりました。



図2.1.6-7 ソユーズ宇宙船に装備されている防寒服(JAXA HP, ©GCTC)

2.1.6.9 Sokol与圧服と専用シート

Sokol(「ソコル」:ロシア語でハヤブサや鷹の意味)与圧服は、打上げ時とドッキング・分離時、帰還時に着用する与圧服で、ある程度の減圧や熱に耐えられます。

着地時の衝撃に耐えるために、帰還モジュールには各クルー専用に作られたシートが使用されます。このシートには足方向がピボット部で固定され、頭上方向に衝撃吸収用ダンパーが取り付けられており、着地の約10分前にダンパーを上に伸ばし、衝撃を吸収する仕組みになっています。

このシートは、クルー毎に石膏で型とりをして衝撃が集中することのないように体にピッタリとした形状で製造されます。

大気圏突入時のGは、ソユーズTM宇宙船の場合で通常約4～5G、最大で約10～12Gがかかります。



図2.1.6-8 ソユーズ宇宙船の座席シートと搭乗姿勢 (NASA)



図2.1.6-9 シートライナーを石膏で型とりする様子



図2.1.6-10 Sokol与圧服を装着する様子

Sokol与圧服は、このお腹の袋の所から内部に入って着用します。この袋の口の部分は最後に束ねてひもで縛ることで気密を保つことが出来ます。最後に表面生地のジッパーを閉じれば着用は終わります。

野口宇宙飛行士がISS内で、このスーツの着用をデモンストレーションした映像があるので、こちらを見て頂くと着用の方法が分かります。

野口宇宙飛行士によるソコル宇宙服の紹介 [8分54秒]

http://iss.jaxa.jp/library/video/ng_sokol.html

(2010年5月31日掲載)

古川宇宙飛行士もTwitterで以下のように紹介しています。

「ソコル宇宙服は、打ち上げと帰還のときなどにソユーズ宇宙船内で着る与圧服。万ーソユーズに穴があいて減圧し、ソユーズ宇宙船内が真空になんても、ソコル宇宙服内は約0.4気圧に保たれ、クルーが守られる。」

2.1.6.10 ソユーズ宇宙船の着陸について

ソユーズ宇宙船は帰還時に3つに分離して、クルーが搭乗する真ん中の帰還モジュール(カプセル)のみがパラシュート降下して回収されます。

このパラシュートは完全な冗長構成になっており、主パラシュート(直径35m)が開かない時は、予備のパラシュート(直径27m)を使用します。パラシュートで、降下速度を約7~9m/secまで減速し、着地直前に衝撃緩和用ロケット(2.1.6.11項参照)でさらに減速します。

さらに座席を支える支柱の衝撃緩衝装置を組み合わせて着地の衝撃から保護しますが、座席と体の間に隙間があるとそこに力が集中して怪我する危険性があるので、着地時には身体をシートに密着させるよう指示されています。

2.1.6.11 着地時に使う衝撃緩和用ロケット

ソユーズカプセルは、帰還モジュールの底に設置された放射性同位元素から放射されるガンマ線を使った高度計を使用し、地表高度約80cmで4基または6基の固体ロケットモータ(推力各2,500kg)を自動的に噴射させて、着地時の衝撃を緩和します。これにより、エアクッションのような効果を生じさせて衝撃を緩和します。

ソユーズTMA宇宙船では、この着地時の速度をソユーズTM宇宙船の時の2~3m/secから、1~2m/secにまで改善しています。



図2.1.6-11 ソユーズTMA-13が着陸する様子 (NASA HP)

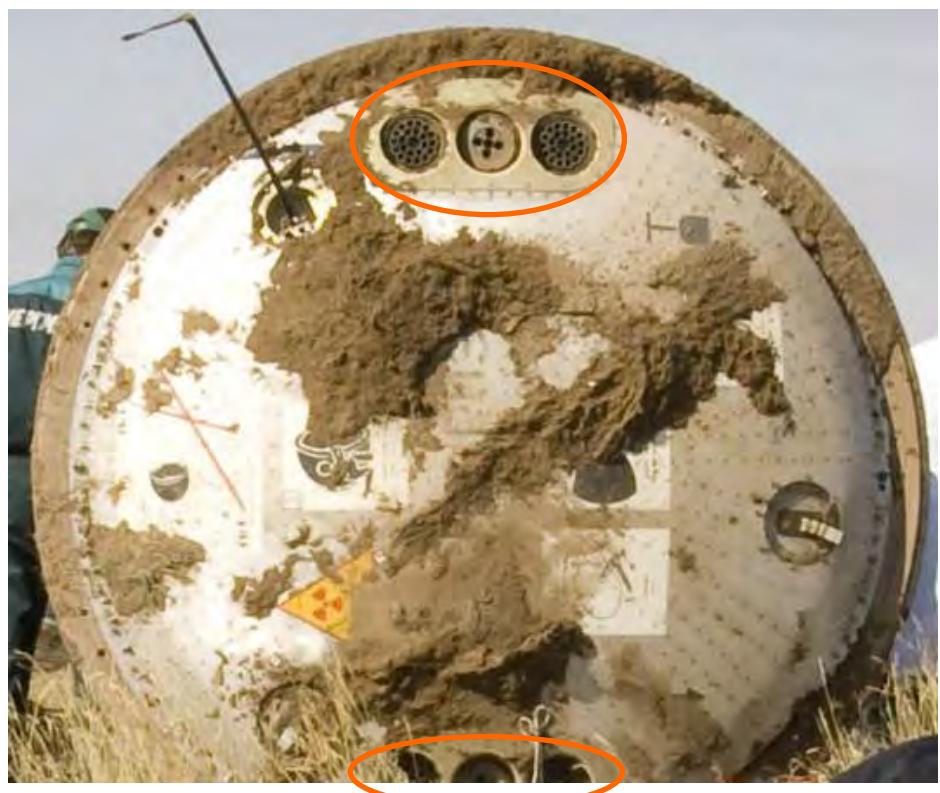


図2.1.6-12 ソユーズTMA-11の衝撃緩和用ロケット(NASA HPより)

2.1.7 ソユーズ宇宙船の運用概要

ソユーズ宇宙船は、打上げ後2日間かけてISSに接近し、飛行3日目にISSにドッキングします。

ドッキング後は、ISSの緊急避難／帰還船としてISSに係留します。

ISSの緊急避難／帰還船としての役目を終えたソユーズ宇宙船は、長期滞在任務を終了したクルーを乗せてISSから分離します。ソユーズ宇宙船は、ISS分離から約2時間半後に軌道離脱マヌーバを実施し、その約30分後に各モジュールが分離し大気圏に再突入、そしてその約23分後に帰還モジュールが地上に着陸します。

ソユーズ宇宙船の運用概要は以下のとおりです。

なお、ソユーズ宇宙船の操縦は、アメリカ人が搭乗する場合でも全てロシア語で行われます(注:NASA TVで流れる英語は、NASAがロシア語の通訳を雇って入れています)。

- ① 組立棟でフェアリングに搭載／ロケットに結合
- ② 射点に移動【打上げの2日前】
- ③ Go No-go決定／推進剤の充填／クルーの搭乗【打上げ当日】
- ④ 打上げ
- ⑤ 軌道投入／太陽電池パドルと通信アンテナの展開
- ⑥ ISSへの単独飛行(自動飛行)
- ⑦ ISSへのランデブ／ドッキング【飛行3日目】
- ⑧ ドッキング中の運用
- ⑨ ISSからの分離
- ⑩ 軌道離脱噴射／軌道モジュールと機器／推進モジュールの投棄
- ⑪ 再突入
- ⑫ パラシュート展開
- ⑬ 着陸
- ⑭ 回収部隊と合流



2.1.7.1 打上げ準備

組立棟でソユーズロケットに搭載されたソユーズ宇宙船は、打上げの2日前に、鉄道で射点まで移動します。射点に到着すると、ロケットが垂直に立てられ、電気系や機械系機器類の試験起動が行なわれます。

打上げ当日に、ロケットへの推進薬の充填が実施され、打上げの6時間前からカウントダウンが開始されます。

ソユーズ宇宙船の打上げ準備の作業概要を以下に示します。

- ① 組立棟でフェアリングに搭載されロケットに結合



- ② 列車で射点に移動(ロールアウト)【打上げの2日前】



- ③ 射点に到着／垂直に立てられる【打上げの2日前】



- ④ 射点の整備構造物の固定【打上げの2日前】



- ⑤ 打上げリハーサルの実施【打上げの2日前～打上げ前日】

⑥ Go No-go決定／推進薬の充填【打上げ当日】



⑦ クルーの搭乗【打上げ当日】



⑧ 整備構造物の展開【打上げ当日(45分前)】



⑨ 打上げ



【ロシアの有人宇宙船打上げ前に行われる伝統的なイベント】古川宇宙飛行士のTwitterより

- ・(打上げ2日前に行われる)ソユーズ宇宙船のロールアウトは、実際にそのロケットで飛び立つプライムクルーは見ないことになっている。代わりにバックアップクルーとプライムクルーの家族らが見守る。プライムクルーが見るのは縁起が悪いからだそうだ。
- ・記者会見の後、クルーと家族らは「砂漠の白い太陽」という映画（アクション、コメディ）を見た。この伝統は、関係者の話では1970年頃から続いているらしい。
- ・ソユーズ宇宙船によるプライムクルー打ち上げ当日。打ち上げ約6時間20分前、ホテルのドアにサイン。これも伝統。
- ・ソユーズ宇宙船打ち上げ約6時間10分前、クルーがホテルを出てバスに乗る。このとき出発にふさわしい音楽が流れる。テンポの良い曲で、好きである。関係者に聞いたところ、ソヴィエト時代1983年頃のEarthlings (Земляне)というアーティストによる “The Grass Near my Home” (Трава у Дома)という音楽で、それがかけられるのも伝統とのこと。」
- ・打ち上げ約3時間前、プライムクルーのみビルを出てトップマネジメントに挨拶後、バスに乗って打ち上げ場所に向かう。
- ・打ち上げ場所から1km弱の地点でバスが停車。プライムクルー（通常男性のみ）がバスを降り、小用に立つのである。ガガーリン飛行士が行ったことから、伝統になっているらしい。

表2.1.7-1 打上げ準備カウントダウンの流れ

カウントダウン	主 要 作 業
34時間前	ソユーズロケットブースタへの推進剤の充填準備開始
5時間30分前	ロシアの委員会(State Commission)によるGo/No-go決定
5時間15分前	搭乗クルー打上げ施設に到着(254番サイト)
5時間前	ソユーズロケットブースタへの推進剤の充填開始
4時間20分前	搭乗クルー打上げ／帰還用スーツを装着
4時間前	ソユーズロケットブースタへの液体酸素の充填開始
3時間40分前	搭乗クルーの会見
3時間10分前	ロシアの委員会(State Commission)への報告
3時間05分前	搭乗クルー射点へ移動開始
3時間前	第1段、第2段ロケットへの酸化剤の充填終了
2時間35分前	搭乗クルー射点に到着
2時間30分前	搭乗クルーソユーズ宇宙船(軌道モジュール)に搭乗開始
2時間前	搭乗クルー帰還モジュールに搭乗完了
1時間45分前	帰還モジュールの機器点検、打上げ／帰還用スーツの換気
1時間30分前	軌道モジュールのハッチ気密点検
1時間前	ソユーズロケット制御システムの準備、ジャイロセンサの起動
45分前	射点の整備構造物の展開
40分前	帰還モジュールの機器類の点検完了；打上げ／帰還用スーツの気密点検
40分前	緊急脱出システムの安全装置解除；打上げ制御装置の起動
25分前	射点のサービスタワーの引き込み
15分前	打上げ／帰還用スーツの気密点検完了、搭乗クルーは脱出機器を自動モードに設定
10分前	打上げ用ジャイロセンサ固定解除、搭乗クルーはオンボードレコーダを起動
7分前	打上げ前運用の完了
6分10秒前	最終打上げ運用の開始
6分前	射点およびロケットシステムの打上げ準備完了
5分前	オンボードシステム制御機器への電力投入
	地上システムの計器類の起動
	コックピットの操縦機器類の起動
	搭乗クルーはヘルメットを閉め、宇宙服の空気循環開始
2分30秒前	ソユーズロケットブースタの推進剤タンクの加圧開始
	ソユーズ宇宙船搭載計器類の起動
	窒素ガスによるすべての推進剤タンクの加圧開始
1分前	電力供給アンブリカル(地上システム)の切り離し
10秒前	第1段、第2段エンジン始動
5秒前	第1段エンジン最大推力
0秒	打上げタワー分離
	離陸

出典: NASA Expedition 21/22 press kit

2.1.7.2 打上げ／軌道投入

ソユーズ宇宙船は、カザフスタンのバイコヌール宇宙基地からソユーズロケットで打ち上げられます。

離陸後、まず第1段ロケット(周囲の4本)が分離し、その後中央の第2段ロケットで上昇が続けられます。第2段ロケットが分離すると、その後、第3段ロケットの燃焼が開始され、打上げから約9分後には、ソユーズ宇宙船は、初期軌道に投入されます。

ソユーズ宇宙船の打上げ／上昇シーケンスは以下のとおりです。

- ① 打上げ(第1段、第2段ロケット同時点火)
- ② 約1分58秒後に第1段ロケット(4本)分離
- ③ 約2分40秒後に緊急脱出用ロケット分離
- ④ 約4分58秒後に中核ロケットである第2段ロケットが分離。第3段ロケットの燃焼開始
- ⑤ 約9分後に第3段ロケットエンジン燃料終了／分離
- ⑥ ソユーズ宇宙船の太陽電池パネルと通信アンテナを自動展開



図2.1.7-1 ソユーズロケットの打上げ／上昇



図2.1.7-2 ソユーズTMA-17上昇時の船内の様子(左)

図2.1.7-3 軌道上での太陽電池パドルと通信アンテナの展開イメージ(右)

2.1.7.3 軌道投入後の作業(飛行1日目～3日目)

表2.1.7-2に、軌道投入完了後からISSドッキングまでの搭乗クルーの作業例(参考)を示します(ソユーズTMA-16の飛行タイムライン例)。

表2.1.7-2 軌道投入からISSドッキングまでの主な搭乗クルーの作業(1/3)

飛行1日目開始	
Orbit 1 (軌道1周回目)	<p><u>軌道投入後の作業(太陽電池パドルの展開、アンテナとドッキングプローブの展開)</u></p> <ul style="list-style-type: none"> 搭乗クルーは上記の展開作業を監視・確認。 推進系の加圧状態、環境制御システム、および搭乗クルーの健康状態について地上に報告。 突入時の熱センサを手動で停止。 地上の追尾システムで入手した初期軌道投入データを受信。
Orbit 2 (軌道2周回目)	<p><u>各システムの点検(姿勢制御センサ、カーズドッキングシステム(Kurs)、角加速度計、ビデオ画像ダウンリンクシステム、OMSエンジン制御システムなど)、手動による姿勢制御テストの実施</u></p> <ul style="list-style-type: none"> 搭乗クルーは各システムの点検状況をモニタし、データを確認。 姿勢制御テストを手動で実施。 軌道モジュールに入室。モジュール内の二酸化炭素除去装置を起動し、Sokol与圧服を脱ぐ。 テレメトリデータとビデオ画像のダウンリンク。 レーダおよび無線トランスポンダ追跡。 手動姿勢制御(太陽方向に+Y軸を向けヨ一回転を開始。)レート確立後、モーション・コントロール・システム(MCS)を停止。
Orbit 3 (軌道3周回目)	<ul style="list-style-type: none"> 手動による姿勢制御(太陽方向に+Y軸を向けヨ一回転)を終了。MCSの再起動。自動マヌーバの開始(LVLH(Local Vertical Local Horizontal)基準姿勢の確立)。 搭乗クルーはLVLH基準姿勢データを確認。 軌道調整マヌーバ用のコマンド送信(軌道調整マヌーバ: DV1とDV2) テレメトリデータとビデオ画像のダウンリンク。 レーダおよび無線トランスポンダ追跡。 可視領域外／通信不能帯(Loss Of Signal: LOS)飛行中に、自動マヌーバでDV1噴射に備えた姿勢に移行。(飛行状況は、搭乗クルーが監視。なお、クルーの操縦は不要。) <u>LOS中に軌道調整マヌーバ(DV1)実施。</u>
Orbit 4 (軌道4周回目)	<ul style="list-style-type: none"> LOS中に、自動マヌーバでDV2マヌーバに備えた姿勢に移行。 <u>LOS中に軌道調整マヌーバ(DV2)実施。飛行状況は、搭乗クルーが監視。</u> 可視領域／通信可能帯(Acquisition Of Signal: AOS)にて、地上に軌道調整マヌーバの状況を報告。 軌道モジュールと帰還モジュール内の圧力確認。 テレメトリデータとビデオ画像のダウンリンク。 レーダおよび無線トランスポンダ追跡の報告。 手動による姿勢制御(太陽方向に+Y軸を向けヨ一回転: 2度／秒)を開始。レート確立後、モーション・コントロール・システム(MCS)を停止。 外部カメラの点検(LOS帯) 食事
Orbit 5 (軌道5周回目)	<ul style="list-style-type: none"> 外部カメラ点検の結果報告、および搭乗クルーの健康状態の報告、与圧服の整備 テレメトリデータとビデオ画像のダウンリンク。 レーダおよび無線トランスポンダ追跡の報告
Orbit 6-12	<p><u>搭乗クルー就寝</u> ロシアの追跡域外(off of Russian tracking range)</p> <ul style="list-style-type: none"> 緊急時には、NASAのVHFネットワーク回線を介してVHF2通信が可能

DV:Delta Velocity

表2.1.7-2 軌道投入からISSドッキングまでの主な搭乗クルーの作業(2/3)

飛行2日目開始	
Orbit 13 (軌道 13 周回目)	<u>搭乗クルー起床、起床後の活動、軌道モジュールと帰還モジュールの圧力確認と報告</u> <ul style="list-style-type: none"> テレメトリデータとビデオ画像のダウンリンク。 レーダおよび無線トランスポンダ追跡の報告。
Orbit 14 (軌道 14 周回目)	<ul style="list-style-type: none"> テレメトリデータとビデオ画像のダウンリンク。 レーダおよび無線トランスポンダ追跡の報告。
Orbit 15 (軌道 15 周回目)	<ul style="list-style-type: none"> テレメトリデータとビデオ画像のダウンリンク。 レーダおよび無線トランスポンダ追跡の報告。
Orbit 16 (軌道 16 周回目)	<ul style="list-style-type: none"> 昼食 テレメトリデータとビデオ画像のダウンリンク。 レーダおよび無線トランスポンダ追跡の報告。
Orbit 17 (軌道 17 周回目)	<ul style="list-style-type: none"> 姿勢制御(太陽方向に+Y軸を向けヨ一回転)の終了。モーション・コントロール・システム(MCS)を再起動し、自動マヌーバを開始(LVLH基準姿勢の確立)。 RHC-2の手動によるテスト制御 軌道調整マヌーバ噴射のデータをアップリンク テレメトリデータとビデオ画像のダウンリンク。 レーダおよび無線トランスポンダ追跡の報告。 LOS中に、自動マヌーバで高度調整噴射の姿勢へ移行。 <u>LOS中に高度調整マヌーバ実施。</u> 手動による姿勢制御(太陽方向に+Y軸を向けヨ一回転:2度/秒)を開始。レート確立後、モーション・コントロール・システム(MCS)を停止。
Orbit 18 (軌道 18 周回目)	<ul style="list-style-type: none"> AOSにおいてマヌーバ実施状況の報告 テレメトリデータとビデオ画像のダウンリンク。 レーダおよび無線トランスポンダ追跡の報告。
Orbit 19 (軌道 19 周回目)	<ul style="list-style-type: none"> 二酸化炭素除去装置のカートリッジ交換 搭乗クルーの自由時間 テレメトリデータとビデオ画像のダウンリンク。 レーダおよび無線トランスポンダ追跡の報告。
Orbit 20 (軌道 20 周回目)	<ul style="list-style-type: none"> 搭乗クルーの自由時間 テレメトリデータとビデオ画像のダウンリンク。 レーダおよび無線トランスポンダ追跡の報告。
Orbit 21 (軌道 21 周回目)	<ul style="list-style-type: none"> 搭乗クルーの自由時間 テレメトリデータとビデオ画像のダウンリンク。 レーダおよび無線トランスポンダ追跡の報告。
Orbit 22 ~ 27 (軌道 22 ~ 27周回目)	<u>クルーの就寝</u> <ul style="list-style-type: none"> ロシアの追跡域外(off of Russian tracking range) 緊急時には、NASAのVHFネットワーク回線を介してVHF2通信が可能

表2.1.7-2 軌道投入からISSドッキングまでの主な搭乗クルーの作業(3/3)

飛行3日目開始	
Orbit 28 (軌道28周回目)	<p><u>搭乗クルーの起床、起床後の活動</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ・ テレメトリデータとビデオ画像のダウンリンク。 ・ レーダおよび無線トランスポンダ追跡の報告。
Orbit 29 (軌道29周回目)	<p><u>搭乗クルーの自由時間、軌道モジュールと帰還モジュールの圧力確認・報告</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ・ テレメトリデータとビデオ画像のダウンリンク。 ・ レーダおよび無線トランスポンダ追跡の報告。
Orbit 30 (軌道30周回目)	<p><u>搭乗クルーの自由時間、Form 2 “Globe Correction”の読上げ</u> <u>昼食</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 自動ランデブコマンドタイムラインのアップリンク。 ・ テレメトリデータとビデオ画像のダウンリンク。 ・ 無線トランスポンダ追跡。
飛行3日目自動ランデブシーケンス開始	
Orbit 31 (軌道31周回目)	<p><u>Sokol与圧服に着替え、軌道モジュールと帰還モジュール間のハッチを閉鎖し、帰還モジュールに着席。</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ・ ソユーズ宇宙船の能動・受動状態でのステートベクトルのアップリンク ・ テレメトリデータとビデオ画像のダウンリンク。 ・ 無線トランスポンダ追跡。
Orbit 32 (軌道32周回目)	<p><u>姿勢制御(太陽方向に対する転回)を終了、MCSの再起動、自動マヌーバを開始(LVLH基準姿勢の確立)。</u> <u>自動ランデブシーケンスの開始。</u> <u>搭乗クルーによるLVLH基準姿勢の監視と、自動ランデブシーケンスの実行。</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ・ テレメトリデータとビデオ画像のダウンリンク。 ・ 無線トランスポンダ追跡。
飛行3日目最終接近／ドッキング開始	
Orbit 33 (軌道33周回目)	<p><u>自動ランデブシーケンス(続き)、フライアラウンドマヌーバ、ISSとの距離保持</u> <u>搭乗クルーによる監視。</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ・ フライアラウンド、ISSとの距離保持。 ・ テレメトリデータとビデオ画像のダウンリンク。 ・ 無線トランスポンダ追跡。
Orbit 34 (軌道34周回目)	<p><u>最終接近およびドッキング</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 捕捉からドッキングシーケンス完了まで(通常約20分)。 ・ ドッキングインターフェース圧カシールの監視。 ・ 軌道モジュールへの移動、Sokol与圧服を脱ぐ。 ・ テレメトリデータとビデオ画像のダウンリンク。 ・ 無線トランスポンダ追跡。
飛行3日目ISS船内入室	
Orbit 35 (軌道35周回目)	<p><u>ISSとソユーズ宇宙船の気圧の均等化</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ・ すべてのモジュール内の圧力確認・報告。 <p><u>ハッチの開放、ISS船内へ入室。</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ・ テレメトリデータとビデオ画像のダウンリンク。 ・ 無線トランスポンダ追跡。

出典: NASA Expedition 21/22 press kit

2.1.7.4 ランデブノッキング(飛行3日目)

ソユーズ宇宙船は、打上げ後2日間かけてISSに接近します。ソユーズ宇宙船のランデブノッキングは通常、自動制御で実施されますが、トラブル発生時には、ソユーズ宇宙船の搭乗クルーが、手動で接近ノッキング操縦を行います。



図2.1.7-4 ISSに接近するソユーズ宇宙船

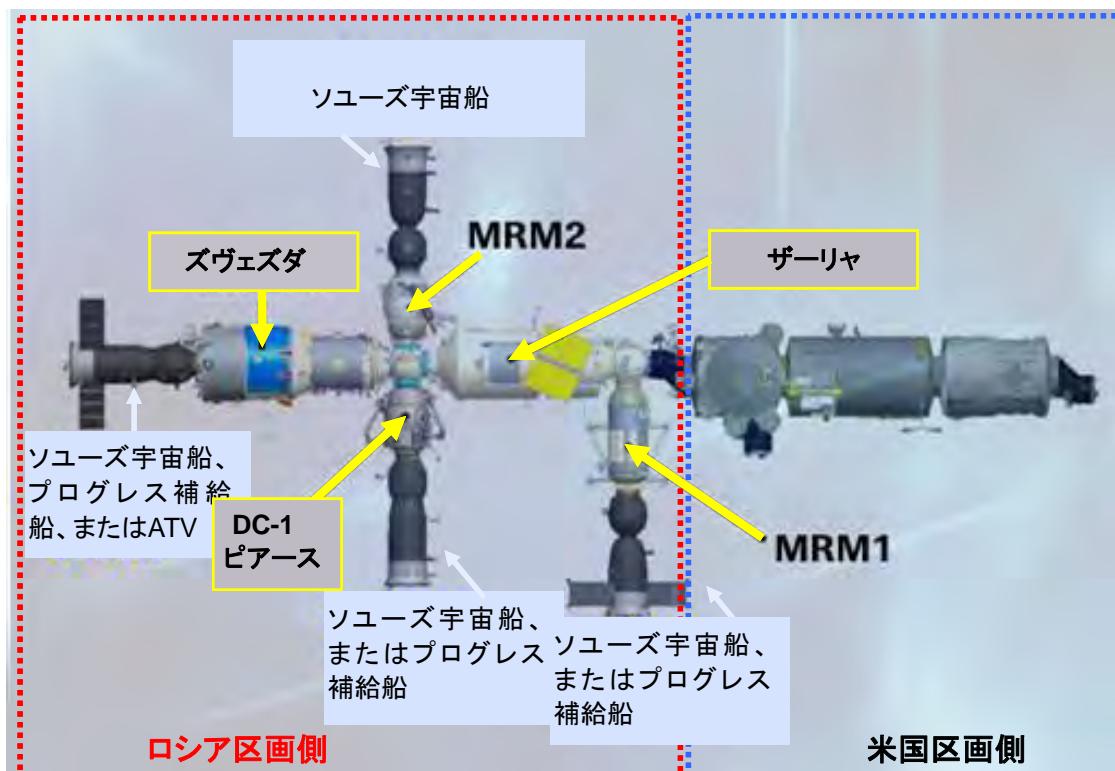


図2.1.7-5 2010年時点のロシア区画の構成
※ソユーズTMA-02Mは、MRM1「ラスビエット」にドッキングする予定です。



図2.1.7-6 MRM1内部の様子

MRM1「ラスビエット」は、2010年5月にSTS-132で運ばれて「ザーリヤ」(FGB)下部に結合されました。



図2.1.7-7 MRM1にドッキングしたソユーズ宇宙船

2.1.7.5 再突入／着陸(帰還当日)

ソユーズ宇宙船は中央アジアに位置するカザフスタンの草原地帯に着陸します。ソユーズ宇宙船は、最大3名の宇宙飛行士を乗せて、ISS分離後、約3.5時間で地上に帰還します。

ソユーズ宇宙船は帰還モジュールのみが地上に帰還し、他の2つのモジュールは再突入の少し前(*機器／推進モジュールを使用した軌道離脱噴射後)に帰還モジュールから分離して、大気圏で燃焼して廃棄されます。

帰還モジュールは再突入の約23分後に着陸します。再突入から着陸までの流れは以下のとおりです。

- ① 軌道離脱噴射を実施。
- ② 軌道モジュールと機器／推進モジュールを分離。
- ③ 高度約100kmから再突入開始(ISS分離後、約3時間経過時点)。
- ④ 8つのスラスタ噴射による再突入飛行の制御(スラスタ噴射は着陸の約15分前(パラシュート展開時)に停止)。
- ⑤ 誘導パラシュート2個を放ち、減速用パラシュート(drogue chute)を展開。これにより、下降速度は秒速230mから秒速80mにまで減速。
- ⑥ 着陸の15分前にメインパラシュート(面積3,281m²)を展開。これにより帰還モジュールの下降速度は秒速7.3mにまで減速。
- ⑦ 着陸1秒前に帰還モジュールの小型ロケット(衝撃緩和ロケット)を噴射。これにより地上にタッチダウン時には秒速1.5m以下の下降速度に減速。

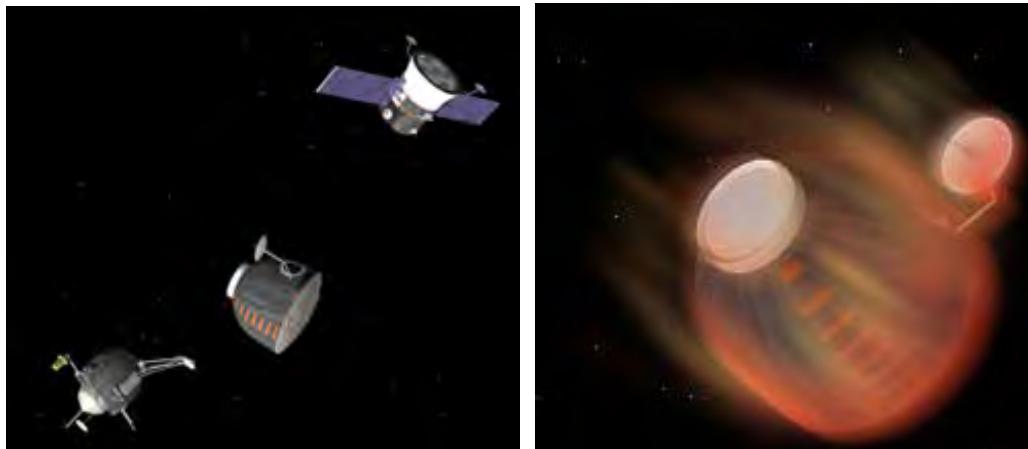


図2.1.7-8 ソユーズ宇宙船の分離イメージ(左)

図2.1.7-9 帰還モジュールの再突入イメージ(右)



図2.1.7-10 メインパラシュートを展開した帰還モジュール(左)

図2.1.7-11 衝撃緩和ロケットを噴射して着陸する帰還モジュール(右)



図2.1.7-12 ソユーズTMA宇宙船の着陸予定地の例(矢印の方向から帰還)

注:ミッション毎に着陸地は多少移動します。

【ソユーズ宇宙船の軌道離脱に備えた訓練】古川宇宙飛行士のTwitterより

「ソユーズ宇宙船が国際宇宙ステーションから離脱し、地上に帰還する部分のシミュレーション訓練。宇宙飛行において、最も危険性が高い時期のひとつため、様々な異常事態に対処できるよう、繰り返し行う。

ソユーズ宇宙船の軌道離脱噴射が鍵。すなわち、ソユーズ宇宙船の姿勢を制御し、決められたタイミングで、決められた時間の噴射を行う必要がある。噴射が少な過ぎると、大気圏突入角が浅くて大気に弾かれ、噴射が多過ぎると大気圏突入角が深くて速度が上がりすぎ、空力加熱で機体破壊の恐れもある。

そのため、正常な軌道離脱噴射を妨げるような様々な異常事態への対処を訓練する。赤外線を使って地球の縁をとらえるセンサーの故障で、船長が手動でソユーズ宇宙船の姿勢を制御。軌道離脱噴射開始前に、メインで使用のデジタルループが故障しアナログループへ移行。

軌道離脱噴射エンジン用燃料タンクを加圧するヘリウム系に漏れが発生。軌道離脱噴射中には、メインの軌道噴射エンジンが停止し、バックアップのエンジンを点火して噴射を継続。その他、帰還モジュール内への酸素漏れ、などなど。3人のクルーで力を合わせて乗り切る。」

【ソユーズ宇宙船の大気圏突入に備えた訓練】古川宇宙飛行士のTwitterより

「手動で揚力をコントロールするソユーズ宇宙船帰還モードの訓練。帰還モードは4種類ある。1番目は、通常使われる自動で揚力をコントロールするモード。それが使えない場合、2番目の手動揚力コントロールモードを使用することがある。実際の飛行ではまだそれが使われたことはないという。

よく誤解されるが、弾道飛行モードはロール軸のスピンドルで姿勢を安定させる一種の安全モードであり、「失敗」ではないのである。クルーには最高8-9G程度（通常は最高4G程度）の高い負荷がかかるものの、安全に帰還している。

3番目のモードは弾道飛行。過去に何回か実際に起こっている。1番目と2番目のモードが使用不可の場合に使われる。

4番目のモードはバックアップ弾道飛行モード。弾道飛行モードで必要な角速度センサーが故障した場合に備え、別系統の角速度センサーを使うもの。訓練ではしばしば起こるが、実際に起こったことはない。

というわけで、手動揚力コントロールモードでのソユーズ宇宙船帰還のシミュレーション訓練。画面の情報をしながら先を予想し、左右のボタンを押して揚力をコントロールする。」

2.1.7.6 ソユーズ宇宙船の搜索・回収

ソユーズ宇宙船(帰還カプセル)は、予定した帰還地点から約20～30kmの範囲に着地します。しかし、弾道モードで帰還した為に予定地点よりも約400kmも手前に着地し、搜索・到着が遅れた例もあり、そのような状況でも素早く搜索部隊が到着できるよう、事前に搜索計画が設定されるようになりました。

搜索は、予定の着地地点と、弾道モードで帰還した場合の着地地点のどちらにも向かえるように、搜索部隊の最適な配置・展開が行われます。

搜索には10機以上のMi-8ヘリコプターが投入され、搜索範囲を広くカバーできるように航空機も使用します。また地上では、支援部隊が水陸両用車(All-terrain vehicle: ATV)とオフロード車に乗って配置・展開されます。帰還カプセルの降下が確認された場合は直ちに全チームが着地点へ向かいます。

ソユーズ宇宙船のカプセルからはVHFビーコンが発信されているため、近くに搜索部隊がいれば、この信号をもとにパラシュート降下中のカプセルを発見し、着地後直ちにカプセルのハッチを開ける準備に移ることができます。また、カプセルを視認する事が可能な距離であれば、クルーとの音声交信も可能です。しかし、ミッション毎に状況が変わり、無線が通じないブラックアウト期間を終えたパラシュート降下中でも音声交信がほとんどできない場合や、ノイズがひどく通信不能になる場合もあります。また現地からの簡易的な衛星中継に使うインマルサット衛星システムでは伝送容量に限りがあるため、衛星中継車が到着するまでは高画質な映像は得られません。

着地したカプセルは、パラシュートが風でおられた場合は横倒しになってしまいますが、問題はありません(約半数は横倒しとなります)。

もし着地後も搜索チームの到着が遅れてしまった場合は、クルーは船内に装備しているイリジウム衛星電話を使って、モスクワの管制センター等と連絡をとることができます。

コラム2-1

【弾道モードでの着陸】

ソユーズ宇宙船の帰還カプセルは、姿勢制御装置のトラブルやモジュールの分離トラブルなどに見舞われた場合でも弾道モード(無制御状態)で安全に着地することが出来ます。

無制御状態の場合は、着地点が予定よりも約400km手前になり、クルーが受ける加速度も最大で8-10Gという厳しいものになりますが、これまでに何度も無事に帰還しています。

最近では、ソユーズTMA-1, TMA-10, TMA-11で弾道モードでの帰還となりました。なお、TMA-10と11の事例は、モジュール分離用の火工品のトラブルが原因であったことが判明し、TMA-12からは再発防止のための改良が加えられました。

回収部隊によるソユーズ宇宙船の搜索・回収は以下の流れで実施されます。

- ① ヘリコプター等による搜索／着陸地の確認
- ② 着陸地に到着
- ③ 搭乗クルーをカプセルの外に出す
- ④ 医学検査用エアテント内で簡単な医学検査を実施
- ⑤ 帰還モジュールに搭載して持ち帰った実験試料の回収
- ⑥ ヘリコプターで空港に移動し、飛行機でモスクワへ移動(注:2010年6月より、NASAとJAXAの宇宙飛行士はNASAの専用機で米国へ直接移動するようになりました。)
- ⑦ 帰還モジュールカプセルをモスクワに回収



図2.1.7-13 ソユーズTMA-12着陸に備えて出動準備を行なうロシアの回収部隊



図2.1.7-14 ソユーズ宇宙船の着地地点に到着した回収部隊



図2.1.7-15 ソユーズ宇宙船から搭乗クルーを引き出している様子



図2.1.7-16 回収部隊に運ばれる搭乗クルー

帰還したクルーは、リクライニングシートに運ばれてしばらく重力に慣らした後、医療用テントへ運ばれます。その後は、ヘリコプターで空港まで運ばれます。

コラム2-2

【帰還直後の転倒の危険性について】

スペースシャトルでの帰還でも同様ですが、長期滞在を終えたクルーが帰還直後にすぐに立ち上がると、頭から下半身への血流のシフトが起きて貧血を起こした時のような状態になって転倒し、怪我をする可能性があります。このため、クルーには医者から許可が出るまでじっとしているように指示されています。

ミール時代やISSの初期の頃に比べると、クルーは軌道上でのエクササイズや帰還に備えた医学的な指示が充実してきたお陰で遙かに元気な状態で帰還できるようになりましたが、それでも着陸後数時間は、体を重力に慣らす必要があります。



図2.1.7-17 医学検査用エアテント (inflatable medical tent)



図2.1.7-18 帰還モジュールに搭載して持ち帰った物品の取出し

2.1.7.7 帰還後のリハビリテーション

帰還後のリハビリテーションは、任務を終了し帰還したISSクルーの最優先実施事項として実施します。帰還後のリハビリテーションプログラムは、帰還直後の転倒による骨折・捻挫の予防と、飛行前の体力復帰を目標として、宇宙飛行士ごとに個別に計画、実施されます。

ロシアのソユーズ宇宙船で帰還する場合は、ロシアのガガーリン宇宙飛行士訓練施設(GCTC)で約2週間のリハビリテーションプログラムを実施します(フェーズ2まで)。その後、ロシア人宇宙飛行士以外の宇宙飛行士は、母国や居住地のある国に帰国してリハビリプログラムを継続します(着陸地から母国に帰る時期は、宇宙飛行士の体調の回復状況などを担当のフライトサージャンや計画マネージャなどが判断します)。(注:野口宇宙飛行士が帰還した2010年6月より、NASA, ESA, JAXAの宇宙飛行士はNASAの専用機でその日のうちに米国へ直接移動するようになりました。)

参考として、米国宇宙飛行士の場合の、長期滞在帰還後のリハビリテーションプログラムの概要を表2.1.7-1に示します。

コラム2-3

長期滞在ミッション終了後のリハビリテーションプログラム

宇宙での長期間任務を終了し地上に帰還した宇宙飛行士は、転倒による怪我の予防や体力復帰に向けたリハビリを実施します。約1ヶ月半にわたり毎日、体調にあわせてリハビリテーションを行い、地球の重力環境に少しずつ身体を慣らしていきます。

宇宙滞在中は、微小重力環境で生活することにより、宇宙飛行士の身体には様々な生理的变化が起こります。宇宙酔いや、体液シフト、骨密度の減少、筋肉の萎縮と筋力低下などがあげられます。1週間～2週間の宇宙飛行では宇宙酔いや体液シフトが生じますが、これらの变化は帰還後早期に回復します。約6ヶ月間にわたる宇宙滞在では、骨量減少(大腿骨頸部で約-10%)や筋力低下(膝伸筋で約-30%)の影響が顕在化し、これらの回復には時間がかかります。身体のコンディションを飛行前の状態へと、早期に効果的に回復させるためには、計画的リハビリテーションプログラムが必要となります。

ISS長期滞在クルーは、これらの健康上の問題に対処するため、宇宙滞在中は1日2時間の運動を毎日行なっていますが、骨や筋機能、感覚機能の維持には十分とはいえないのが現状です。

ISS長期滞在クルーの帰還後のリハビリは、3段階(フェーズ1、2、3)から構成されます(次頁の「参考1:(米国の)ISS長期滞在クルー帰還後のリハビリテーションプログラム概要」を参照ください)。身体機能の低下と体力の回復は、年齢、飛行期間などにより、個人差が出るため、担当のフライトサージャンとリハビリテーションプログラム担当職員が、個人の体力に応じて、個別のリハビリテーションプログラムを作成します。

このリハビリテーションプログラム中、定期的に医学検査と体力機能検査を行います。これらの医学的な検査結果は、当該宇宙飛行士の健康管理に役立てるのみならず、ISSや月、火星ミッションに向けた有人宇宙開発の基礎データとして役立つことが期待されます。

表2.1.7-1 (米国の) ISS長期滞在クルー帰還後のリハビリテーションプログラム概要

目的	帰還後のリハビリテーションプログラムは、帰還直後の転倒による骨折・捻挫を予防し、飛行前体力への回復を目標として、宇宙飛行士ごとに個別に計画する。		
パラメータ	筋力、最大酸素摂取量、体力機能検査		
対象	ISS長期滞在ミッション（30日以上滞在）に参加した宇宙飛行士		
プログラムの構成	以下のフェーズ1、フェーズ2、フェーズ3で構成される。 担当のフライトサージャンの安全管理のもと、リハビリテーションプログラム担当職員の立会いの下で実施する。必要に応じて、NASAなどの運動プログラム担当者の支援を得て実施する。		
フェーズ1	帰還当日～ 帰還後3日目	1日120分	介助付き歩行、立位訓練、ストレッチング、マッサージ、有酸素運動、筋力トレーニング、軽度な抵抗運動など。
フェーズ2	帰還後4日目～ 帰還後14日目	1日120分	ストレッチング、有酸素運動、筋力トレーニング、敏捷性やバランスを高める運動、マッサージ、十分な休養など。
フェーズ3	帰還後15日目～ 帰還後45日目	1日120分	フェーズ2と同様のプログラムを実施。 敏捷性、バランス能力、協調運動、温泉や保養所での療養。
使用する施設	自転車エルゴメーター、エリプスマシーン、トレッドミル、筋力トレーニングマシーン、ゴムバンド、バランスディスク、投的、メディシンボール		
備考	<ul style="list-style-type: none"> 帰還から45日目まで就業中2時間のリハビリプログラムを計画する。 定期的に医学検査と体力機能検査を行う。 45日間のリハビリテーション後も延長して実施するかどうかについては、リハビリテーション担当職員の評価のもとに、担当フライトサージャンが決定する。 		

【参考文献】MR026L Postflight Rehabilitation (NASA JSC)、「宇宙飛行による骨・筋への影響と宇宙飛行士の運動プログラム」大島博、他 (JAXA 有人宇宙技術部 宇宙医学グループ)

2.1.8 ソユーズロケットについて

ソユーズロケット・ファミリーは1950年代末から、1,700回以上の打上げを実施しております、数々の通信衛星、観測衛星、科学衛星、そして有人宇宙船を高い成功率で打ち上げてきました。

ソユーズ宇宙船の打上げに使われてきたソユーズロケットは3段式です。一番下の第1段ロケットは4本の液体ブースタで構成されます。第2段ロケットは第1段の中央部に位置しており、その上部に第3段ロケットが搭載されています。これらの3段式のロケット推進薬には、すべて液体酸素とケロシンが使用されています。

ソユーズロケットは、横倒しにした状態で、列車に載せて運搬できるのが特徴で、打上げまでの準備作業が迅速に出来る特徴を有しています。

ソユーズ宇宙船の打上げには、ソユーズUロケットが使われていましたが、2002年のソユーズTMA-1宇宙船の打上げから改良型のソユーズFGロケットに切り替えられています。ソユーズ宇宙船とプログレス補給船の打上げは、すべてカザフスタン共和国のバイコヌール宇宙基地で行われています。



図2.1.8-1 射点へ列車で運ばれるソユーズFGロケット

2.1.8.1 第1段ロケット

第1段ロケットは、円錐形のブースタ4基から構成されます。これらのブースタは、第2段ロケットの周囲に取り付けられています。

各ブースタには、4基のエンジンノズルと2基のジンバル構造のバーニアスラスタからなるRD-107Aエンジンが採用されています。3軸方向のロケットの飛行制御(姿勢制御)はバーニアスラスタで行います。



図2.1.8-2 ソユーズFGロケットを後方から見た写真

表2.1.8-1 ソユーズFGロケットの主要諸元

<http://www.federalspace.ru/Roket1Show.asp?RoketID=32>

ロケット名称	Soyuz FG (11A511FG)
全長	49.47m
最大直径	10.3m(1段ブースタ底部) 2.95m(中央部(2段)の直径)
打上げ時重量	305.0t
打上げ能力	約7,100～7,200kg

2.1.8.2 第2段ロケット

第2段ロケットは、RD-108Aエンジンが使われています。第1段のRD-107エンジンとの違いはバーニアスラスタの数が2基から4基に増やされている点です。このため射点からの上昇時は、5基のエンジン（エンジンノズルは計20基）を同時に燃焼して大きな推力を稼ぎます。

第2段は、1段の点火と同時に燃焼を開始し、1段を分離した後も燃焼を続けます。1段の燃焼時間は118秒間ですが、2段の燃焼時間は290秒間です。

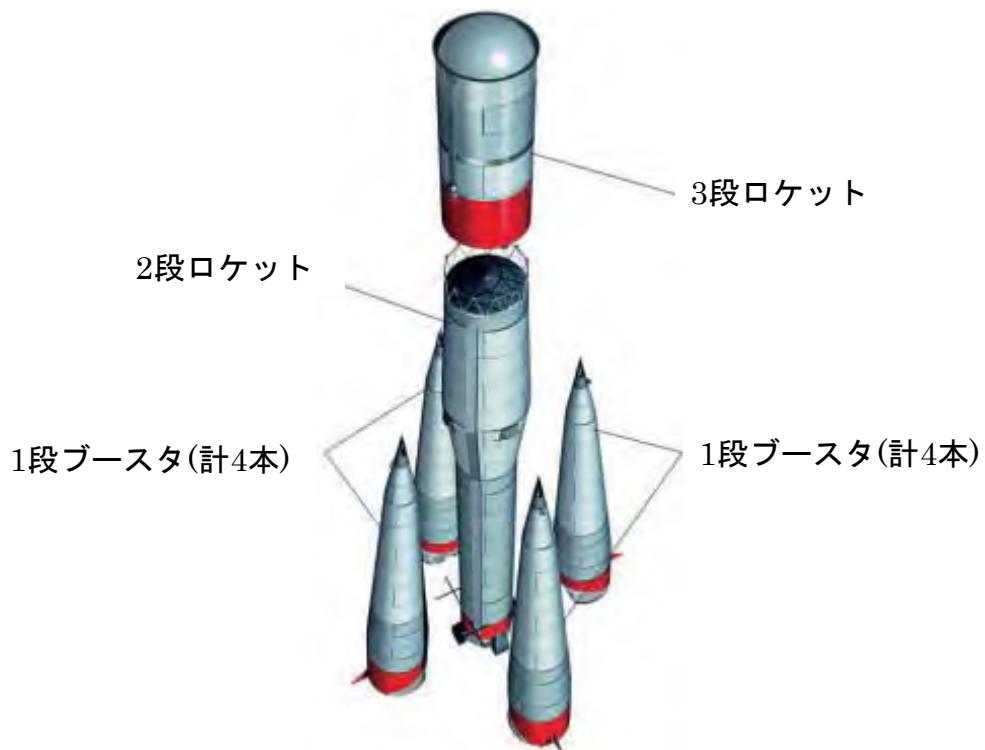


図2.1.8-3 ソユーズロケットの構成イメージ
(Starsem社のSoyuzユーザーズマニュアルより)

2.1.8.3 第3段ロケット

第3段は、第2段ロケットにトラス構造で結合されています。第2段ロケットの燃焼終了と同時に第2段ロケットが分離し、第3段ロケットのエンジンの燃焼が開始されます。



図2.1.8-4 第3段ロケットとソユーズ宇宙船を収納したペイロードシュラウドの結合作業
(RSCエネルギア社)

2.1.8.4 フェアリングと緊急脱出用ロケット

ソユーズ宇宙船は、フェアリング(ペイロードシュラウド)内に収納されて3段に結合されます。さらに先端には、ソユーズ宇宙船の打上げ時にのみ使われる緊急脱出用ロケットが装備されます。



図2.1.8-5 ソユーズFGロケットの上部

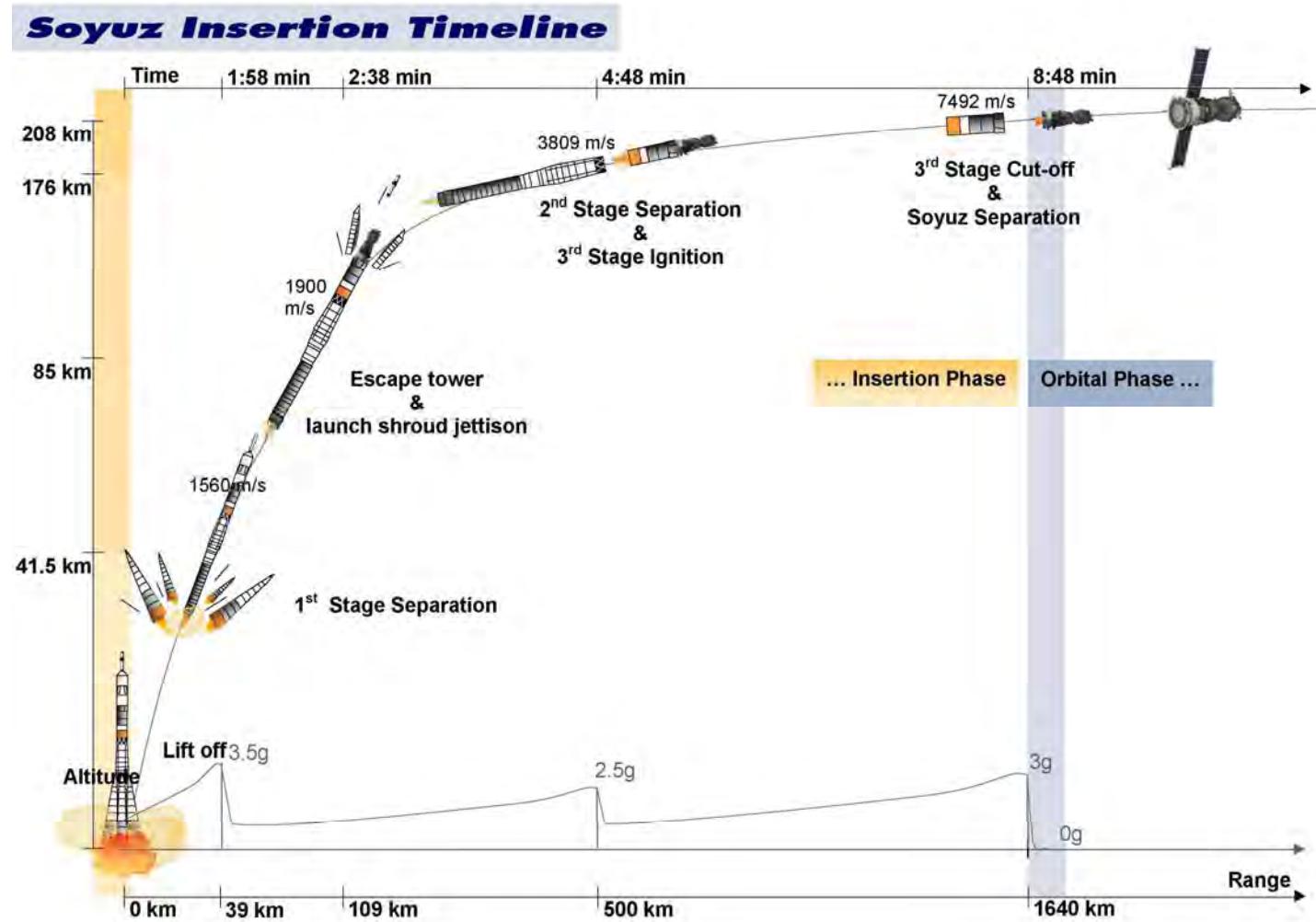


図2.1.8-6 ソユーズロケットの打上げシーケンスとG環境 (ESA HP)
http://www.esa.int/images/Soyuz_insertion_timeline.jpg

2.1.9 バイコヌール宇宙基地について

バイコヌール宇宙基地は、カザフスタン共和国にあります。旧ソ連時代からここが有人宇宙機の打上げに使われてきましたが、ソ連崩壊後は、ロシアはカザフスタンにリース料を払って使用を継続しています。

バイコヌール宇宙基地には全部で9つの打上げ施設(射点)がありますが、そのうちの2つは、ソユーズロケット用の射点です。



図2.1.9-1 バイコヌール宇宙基地と着陸場所の例(NASA HP)

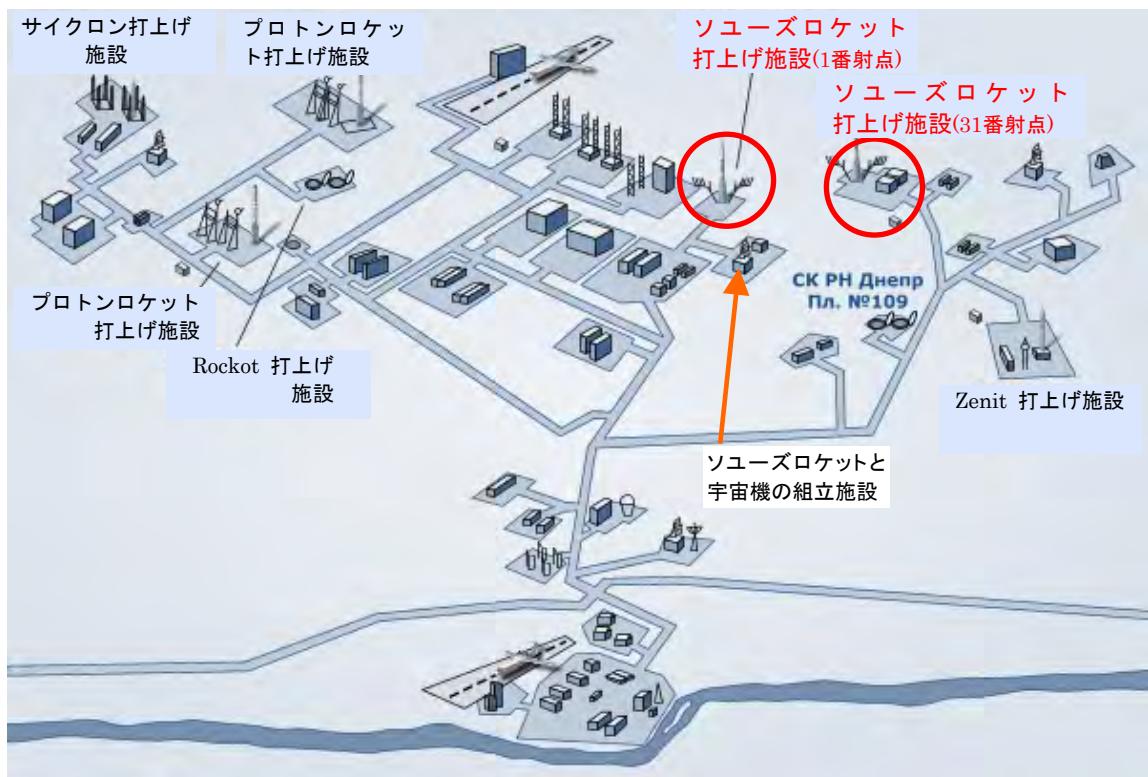


図2.1.9-2 バイコヌール宇宙基地のマップ(現在使用されている施設)

<http://www.roscosmos.ru/Drom1Show.asp?CosDromID=1>

バイコヌール宇宙基地は、1957年から使用が開始され、当初は大陸間弾道ミサイル(ICBM) R-7Aの打上げに使われていました。

このR-7Aを利用して、世界初の人工衛星スプートニクの打上げが行われ、R-7Aを基に改良されたヴォストークロケットで1961年4月12日にガガーリンによる世界初の有人宇宙飛行が行われました。ヴォストークロケットはその後、1966年にはソユーズロケットへと発展しましたが、このバイコヌール宇宙基地でソユーズロケットの打上げに使われている1番射点(LC-1/PU-5)は、ガガーリンの打上げに使われた射点が使い続けられているものです。



図2.1.9-3 バイコヌール宇宙基地の1番(LC-1/PU-5)射点



図2.1.9-4 1番射点でソユーズTMA-14宇宙船に搭乗する18Sクルー(参考)

3. 国際宇宙ステーション概要

3.1 概要

人類にとって初めての「国境のない場所」—それが、国際宇宙ステーション (International Space Station: ISS)です。米国、日本、カナダ、ヨーロッパ各国、ロシアが協力して計画を進め、利用していきます。

ひとつのものを作り上げるために、これほど多くの国々が最新の技術を結集するというプロジェクトは、これまでにまったくなかったこと。ISSは、世界の宇宙開発を大きく前進させるための重要な施設であると同時に、国際協力と平和のシンボルでもあるのです。

1982年の概念設計から始まり、各国が協力して様々な課題を乗り越え、1998年にISS最初の構成要素「ザーリヤ」(基本機能モジュール)が打ち上げられました。2003年のスペースシャトル・コロンビア号事故によりISS組立ては一時中断されましたが、2006年から組立再開し、2011年4月のシャトルフライト(STS-134)で完成となります(今後もロシアは新たなモジュールを結合していく予定)。

ISSは地上から約400kmの上空に建設される巨大な有人施設です。1周約90分というスピードで地球の周りを回りながら、地球や天体の観測、そして実験・研究などを行っています。

ISSの主な目的は、宇宙だけの特殊な環境を利用した様々な実験や研究を長期間行える場所を確保し、そこで得られた成果を活かして科学・技術をより一層進歩させること、そして、地上の生活や産業に役立てていくことがあります。

ISSの全体構成を図3.1-1、仕様を表3.1-1に示します。

※ISS計画の経緯など詳細情報は、「きぼう」ハンドブック第1章、またはJAXA公開ホームページ「国際宇宙ステーション」(<http://iss.jaxa.jp/iss/index.html>)をご覧ください。

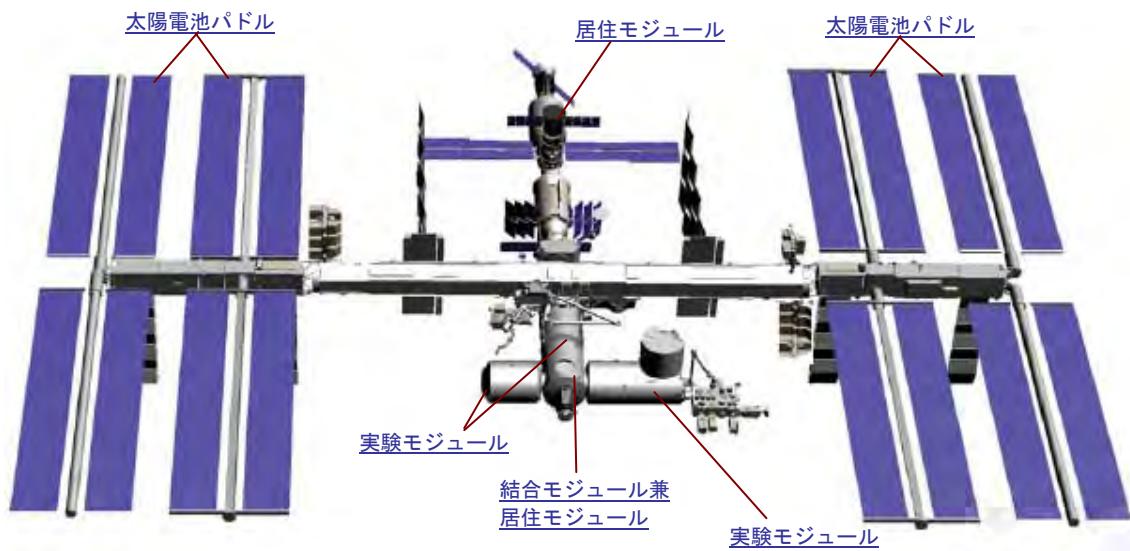


図3.1-1 ISS全体構成

表3.1-1 ISSの仕様

項目	諸元等
全長	約108.5m×約72.8m(サッカーのフィールドと同じくらい)
重量	約420トン
電力	110kw(最大発生電力)
全与圧部容積	935m ³
与圧モジュール数	14棟 [内訳]米国 6 (デスティニー、ノード1, 2, 3、クエスト、PMM)／日本 2 (きぼう)／欧州 1 (欧州実験棟)／ロシア 5 (ズヴェズダ (ロシアのサービスモジュール)、ザーリヤ、MRM-1,2、多目的実験モジュール (MLM) (DC-1「ピアース」と入れ替え予定))
曝露搭載物取付場所	・トラスに 6 箇所 ・「きぼう」船外実験プラットフォーム 10 箇所 ・「コロンバス」(欧州実験棟) 4 箇所
常時滞在搭乗員	6名(組立期間中は2~3名)
軌道	円軌道(高度330~400km) 軌道傾斜角51.6°
輸送手段	組立:スペースシャトル(米)、ソユーズロケット／プロトンロケット(露) 補給:スペースシャトル(米)、ソユーズロケット(露)、アリアン5ロケット(欧)、H-IIロケット(日)、米国の商業ロケットが参入予定

3.2 各国の果たす役割

ISSは、各国がそれぞれに開発した構成要素で成り立っています。基本的には各構成要素の開発を担当した国が責任を持って運用し、全体のとりまとめを米国が行います。

(1)米国【米国航空宇宙局(NASA)】

各国と調整を取りながら、総合的なまとめ役を担当。提供する要素は、実験モジュールのほか、ロボットアームを設置する主構造物であるトラス、太陽電池パドルを含む電力供給系等。

(2)ロシア【ロシア連邦宇宙局(Federal Space Agency: FSA)】

最初に打ち上げられた「ザーリヤ」(基本機能モジュール)、居住スペースとなる「ズヴェズダ」(サービスモジュール)、搭乗員の緊急帰還機(ソユーズ宇宙船)などを担当。

(3)カナダ【カナダ宇宙庁(Canadian Space Agency: CSA)】

ISSの組立てや、装置の交換に使用するISSのロボットアーム(SSRMS)を提供。スペースシャトルのロボットアーム(SRMS)もカナダ製。

(4)ヨーロッパ諸国【欧州宇宙機関(European Space Agency: ESA)】

ESAの中から11ヶ国(フランス、ドイツ、イタリア、スイス、スペイン、オランダ、ベルギー、デンマーク、ノルウェー、スウェーデン、イギリス)が参加し、主に「コロンバス」(欧州実験棟)を提供。また、ISSへの物資補給の手段として、欧州補給機(Automated Transfer Vehicle: ATV)を提供。

(5)日本【宇宙航空研究開発機構(JAXA)】

「きぼう」日本実験棟を提供。また、ISSの物資補給の手段として、宇宙ステーション補給機(H-II Transfer Vehicle: HTV)を提供。

ISS構成要素を図3.2-1に示します。

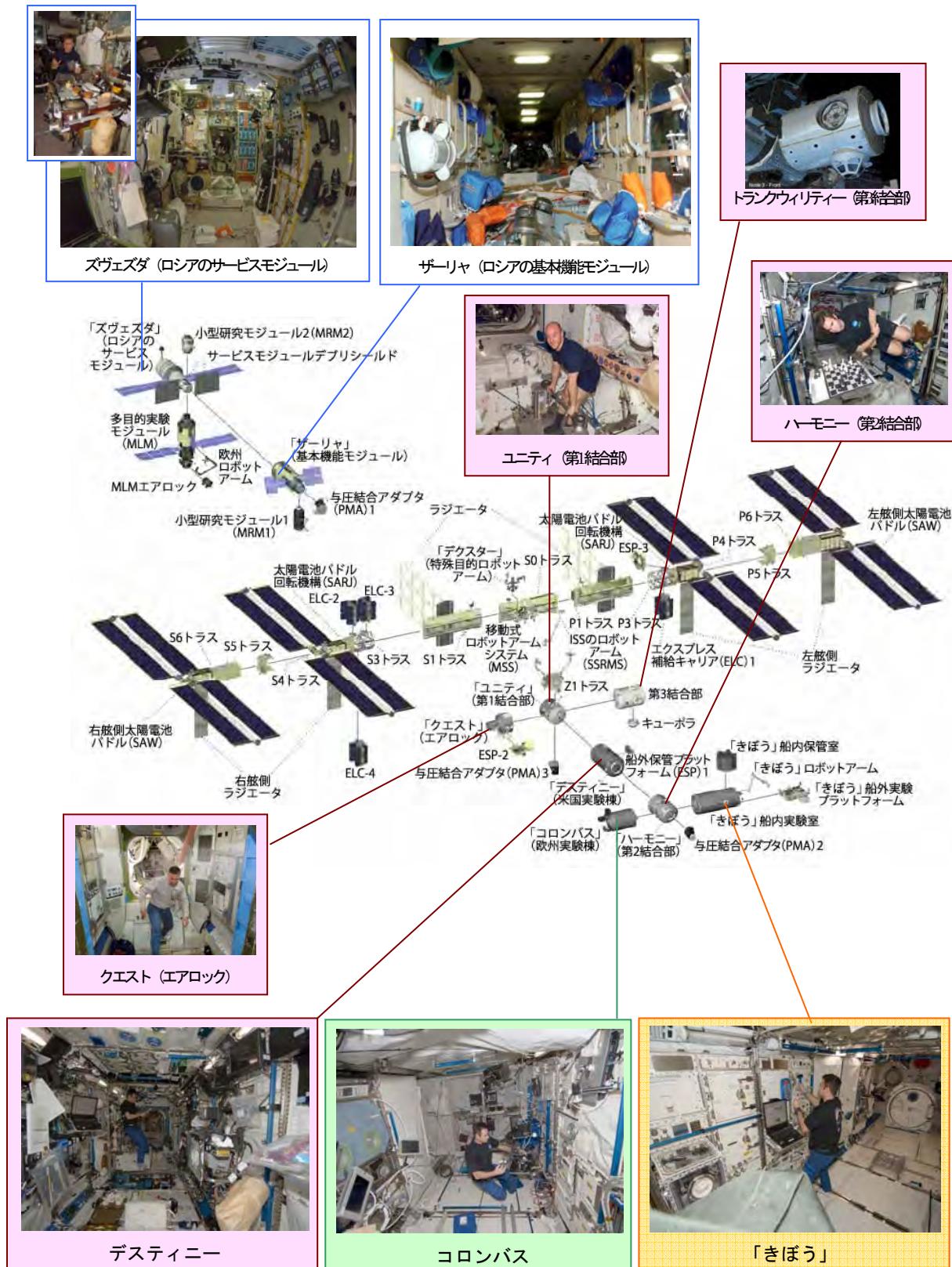


図3.2-1 ISS構成要素

青:ロシアのモジュール、赤:米国のモジュール、緑:欧州のモジュール、黄:日本のモジュール

3.3 ISSでの衣食住

3.3.1 ISSでの生活

ISSの生活について、作業スケジュール、睡眠、トイレ、娯楽などを紹介します。

(1) ISSでの作業スケジュール

ISSでの1週間の活動スケジュールを、表3.3.1-1に示します。

ISSで使用する時刻は、グリニッジ標準時(GMT)を用います。通常の起床時刻は、06時GMT(日本時間15時)、就寝は21時30分GMT(日本時間06時30分)頃です。

仕事を終えるのは、通常は17時30分または18時30分GMT(日本時間02時30分または03時30分)で、夕食は20時GMT(日本時間05時)頃となります。

表3.3.1-1 ISSでの1週間の活動スケジュール(例)

日	月～金	土
休み	図3.3.1-1参照	午前: ボランタリー サイエンス※ 午後:休み

※ ボランタリーサイエンスは、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(ボランティア)です。土曜の午後は休みですが、清掃作業とエクササイズ(エクササイズは日曜も含めて毎日実施)を行います。

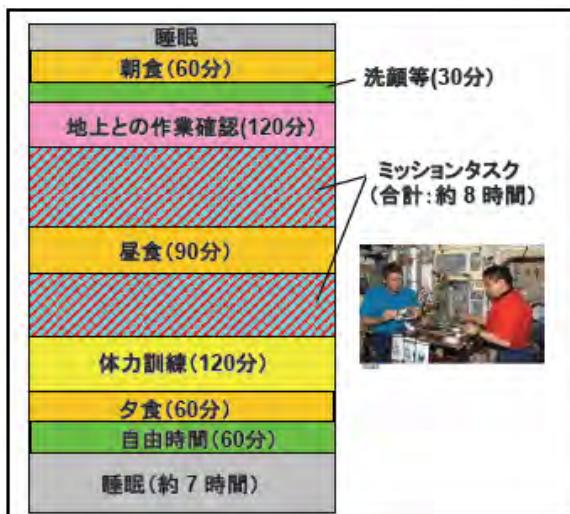


図3.3.1-1 ISSでの平日の活動スケジュール(例)

※実際には、地上との作業確認は、朝夕に各15分程度行われています。また体力訓練(エクササイズ)は、クルーによって実施時間帯が異なります。

(2)睡眠場所・個室

2011年3月現在、ISSには6つの個室が設置されています。個室内は、睡眠、着替え、自由時間をお過ごせるよう、ラップトップコンピュータ、音声通信装置、警告・警報装置、空調設備、照明などが装備されており、個人の荷物もここに保管します。

ズヴェズダの後部両側には、ロシア製のクルーの個室(ロシアの個室のみ窓が装備されています)が2つあり、「ハーモニー」(第2結合部)には米国製の個室4つがあります。一時、「きぼう」船内実験室内にも、米国製の個室1つが設置されて野口宇宙飛行士が使っていましたが、ハーモニーに移設されました。

なお、個室を使わなくても、クルーは寝袋を使用して好きなところで寝る事もできます。



図3.3.1-2 ズヴェズダ内の個室（ロシア人が使用）



図3.3.1-3 米国製の個室(ハーモニー内)(左)

図3.3.1-4 寝袋を使用して眠る若田宇宙飛行士(きぼう内)(右)

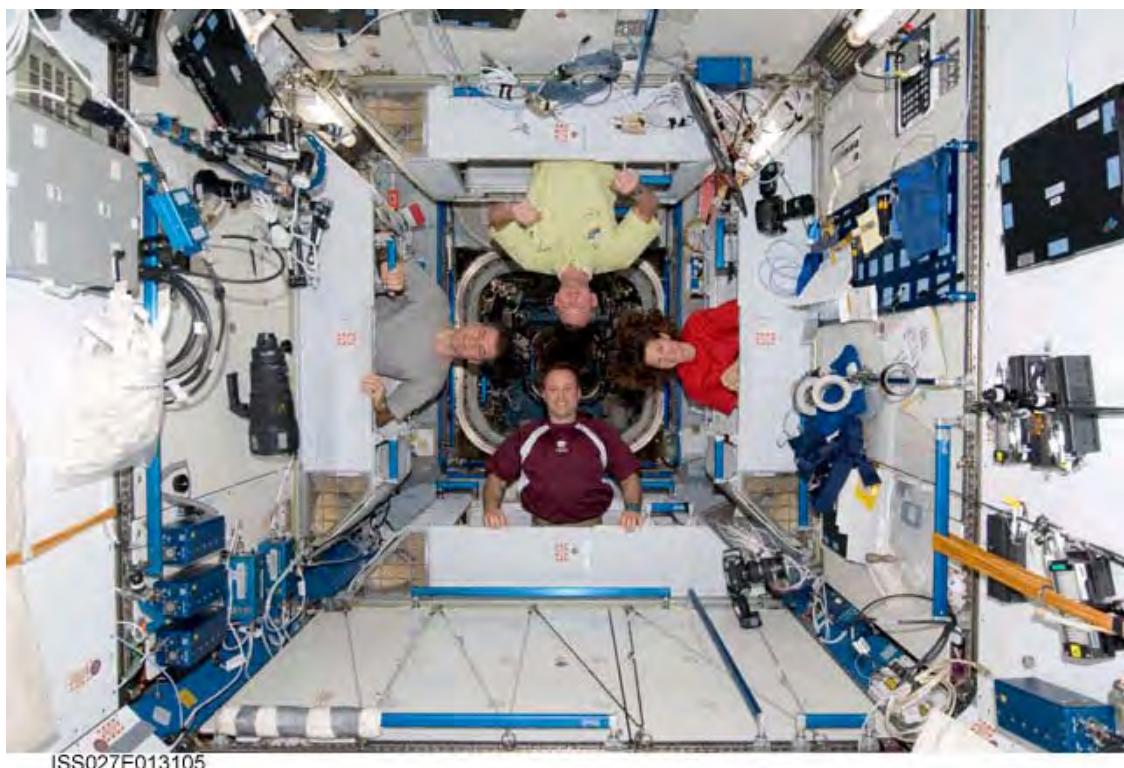


図3.3.1-5 ハーモニーに設置された4つの個室

(3) ISSのトイレ

ISS内にはロシア製のトイレと米国のトイレの2つがあります。ズヴェズダ内に設置されているロシア製のトイレは、組み立て初期からずっと使われていたものです。ISSの2台目のトイレとなる米国製のトイレ(Waste and Hygiene Compartment: WHC)は、STS-126(ULF2)で運ばれました。全体のシステムは米国製ですが、トイレ本体はロシアから購入しており、1台目のISSトイレと基本構造は同一です。WHCの特徴は、ここで収集された尿を米国の水再生処理システム(WRS)へ送って飲料水として再生できるようにしたことです。

最初はデスティニー内に仮設置されていましたが、STS-130ミッションで「トランクウイリティー」(ノード3)が到着した後は、WHCとWRSはトランクウイリティーに移設されました。水再生システムについては、4.4.1項を参照下さい。

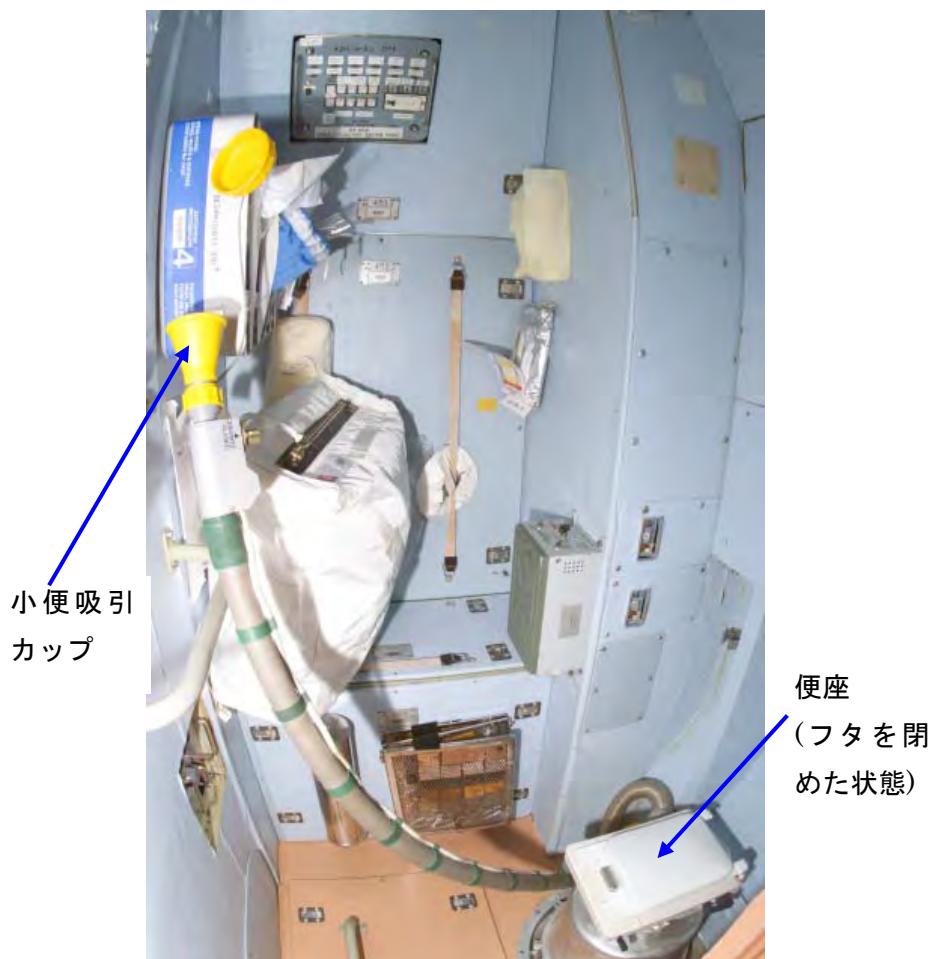


図3.3.1-6 ズヴェズダ後方に設置されているロシアのトイレ



※左の写真はWHC内部の状態。軌道上では、右の写真のようにプライバシーカーテンを閉めて使用します。

図3.3.1-7 米国のトイレ(WHC)

古川宇宙飛行士のTwitterより

「国際宇宙ステーションのロシアセグメントでのシミュレーション訓練。私を含む米国セグメントの人間は、主に米国セグメント(私は特に「きぼう」日本実験棟)のタスクを担当するが、ロシアセグメントの一部タスクも担当する可能性はあり、その訓練。

主なものはトイレ関連タスク。尿をためるタンクが一杯になった場合の交換作業。トイレを使用時、パネルの「尿タンクが一杯」という赤いライトが点灯した人は、タンクの交換作業をすることになる。今日は私が当たりくじを引いた形(笑)」

(4) その他の衛生関係の情報

ISS内には、タオル(Wet/Dry)、石鹼、シャンプー、かみそり、歯ブラシ、歯磨き粉等の衛生用品が準備されており、シャワーがないことを除けば一通りの装備が揃っています。

コラム3-1

シャワーは、入浴後の水滴の片づけに非常に時間がかかるため、実用的ではないとしてISSでは用意されていません。

アメリカはスカイラブでシャワー設備を試していますし、ロシアもミールには装備していましたが、ミールでは、クルーが後片づけを嫌がって使わなくなり、結局、物置と化していました。入浴時間に費やす時間以上に、水滴の吸い取りや拭き取りにその何倍もの時間を取られてしまうことを考えれば、濡れタオルの方が好まれるのも分かると思います。

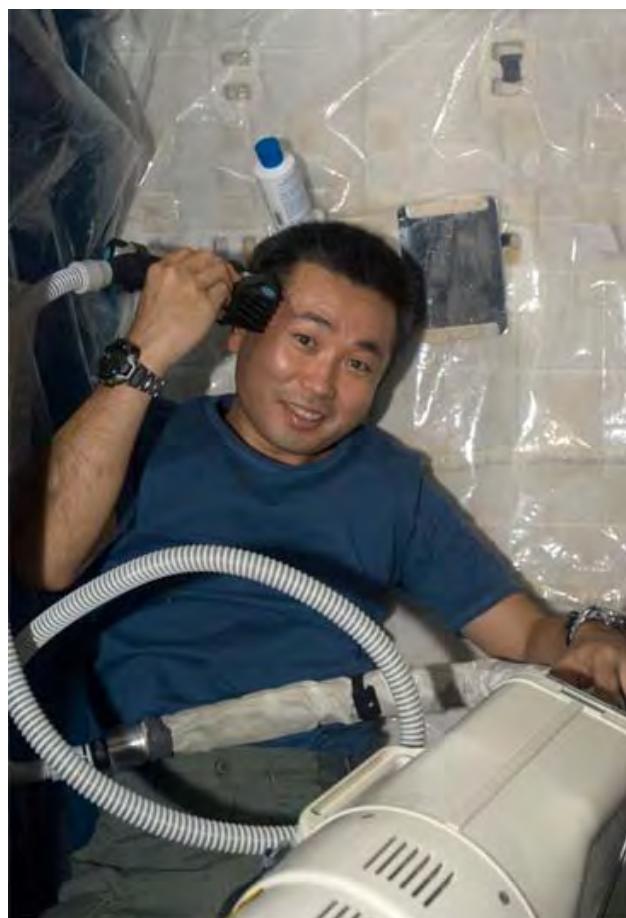


図3.3.1-8 個室で散髪する若田宇宙飛行士
※ はさみやバリカン、そして吸引用の掃除機を使用します。



図3.3.1-9 宇宙でのひげ剃り (STS-98)

(5)ISS内の娯楽

ISS内は閉鎖環境であり、文化や国籍も違う宇宙飛行士が約6ヶ月間も生活するため、ストレスを貯めないように注意が払われています。

DVDで映画を楽しんだり、音楽を聴いたり、IP電話や電子メールなども使用できる他、プログレス補給船で雑誌や友人達からの手紙や小包なども運ばれます。その他、これまでにISSに滞在したクルーたちが残して行った娯楽品も使えます。

なお、野口宇宙飛行士が滞在していた2010年1月からはインターネットも利用できるようになり、軌道上からのTwitterでのつぶやきも定着しました。



図3.3.1-10 キーボード、ギター演奏



図3.3.1-11 地上とチェス対戦

図3.3.1-12 新鮮な果物と野菜でリフレッシュ



図3.3.1-13 地上とのTV会議

※日曜日には家族との会話もこのような感じで行えます。



図3.3.1-14 野菜の栽培（ズヴェズダ内）



図3.3.1-15 クリスマスの飾り付け（ズヴェズダ内）

なお、ISS内での祭日は、国際的な取り決めで決められています。これまで米国とロシアの代表的な祭日だけでしたが、日本やヨーロッパの宇宙飛行士が長期滞在を行うようになったため、日本の重要な祭日も休みに組み込まれるようになりました。

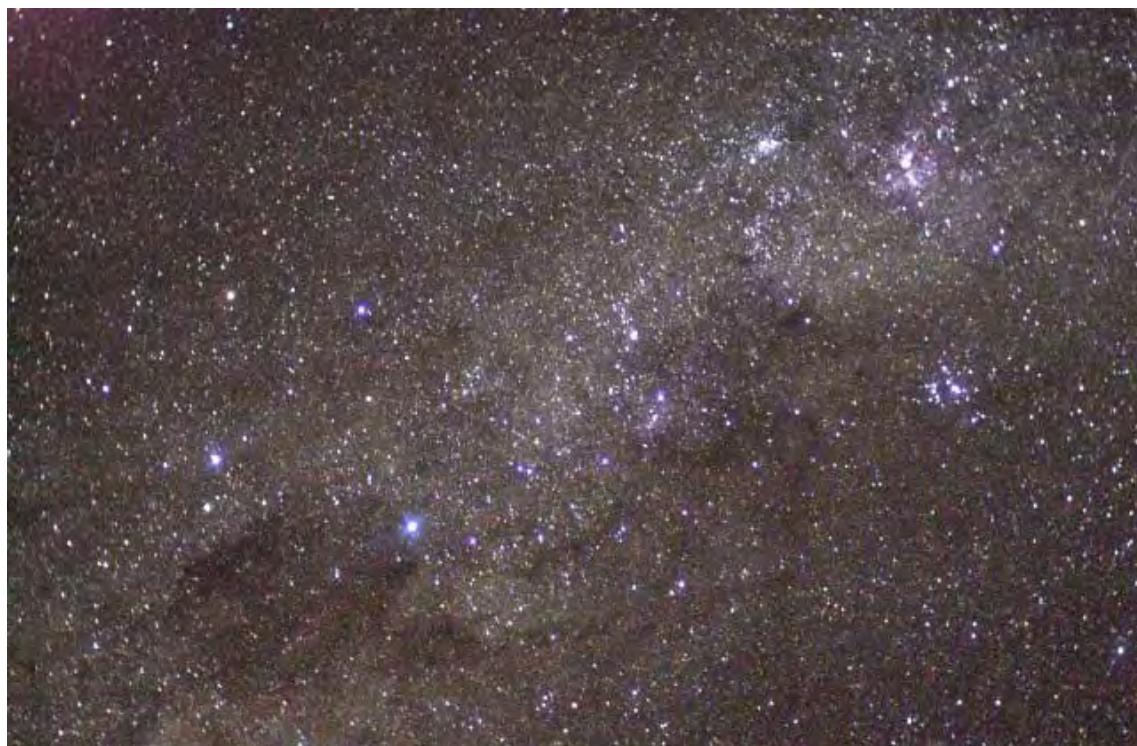


図3.3.1-16 ISSから撮影された星野写真（2003年2月撮影）

<http://spaceflight.nasa.gov/gallery/images/station/crew-6/inflight/ndxpage13.html>



図3.3.1-17 ISSのキューポラから撮影されたイタリアの夜景（2010年10月撮影）

<http://spaceflight.nasa.gov/gallery/images/station/crew-25/inflight/ndxpage8.html>

3.3.2 ISSでの食事

(1) 食事場所・調理設備

ISS内では、これまでロシアのズヴェズダの後部エリアが、調理や食事を行うための場所として使われていました。STS-126(ULF2)で米国のギャレーが到着したことにより、米露の設備2セットが使用できるようになりました。ロシア側の設備としては、テーブル、飲料水供給装置、オーブン、食料保管庫があります。米国側の設備としては、飲料水供給装置(PWD)、オーブン、冷蔵庫(MERLIN)があります。

※ 米国のギャレーは、デスティニー中央部の天井ラックに収納されていますが、食事はテーブルがあるユニティ(またはズヴェズダ)で行われています。

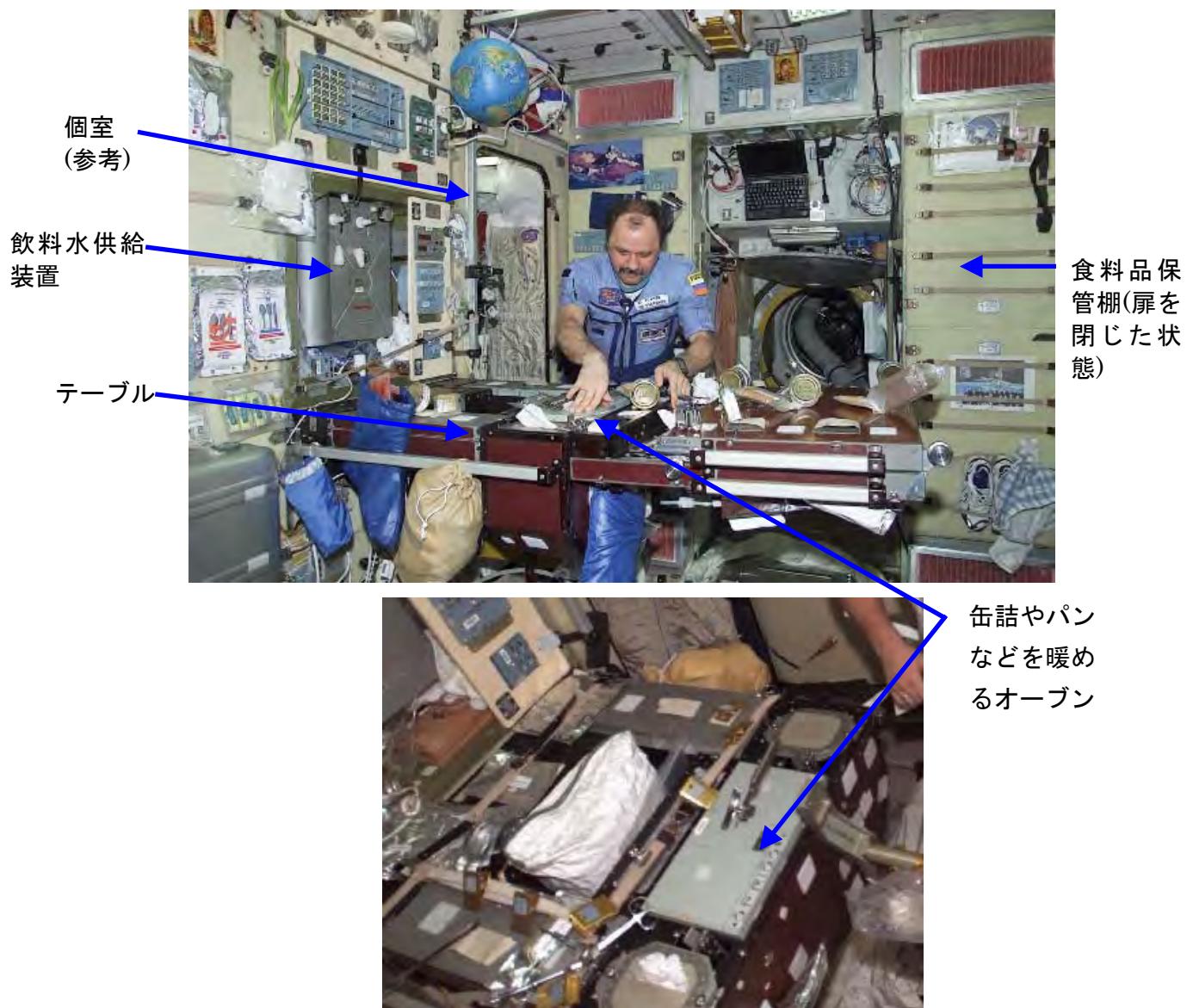


図3.3.2-1 ズヴェズダ内の食事用テーブル・調理設備



図3.3.2-2 ズヴェズダ内で食事している様子



図3.3.2-3 ユニティ内に設置された2台目のテーブル

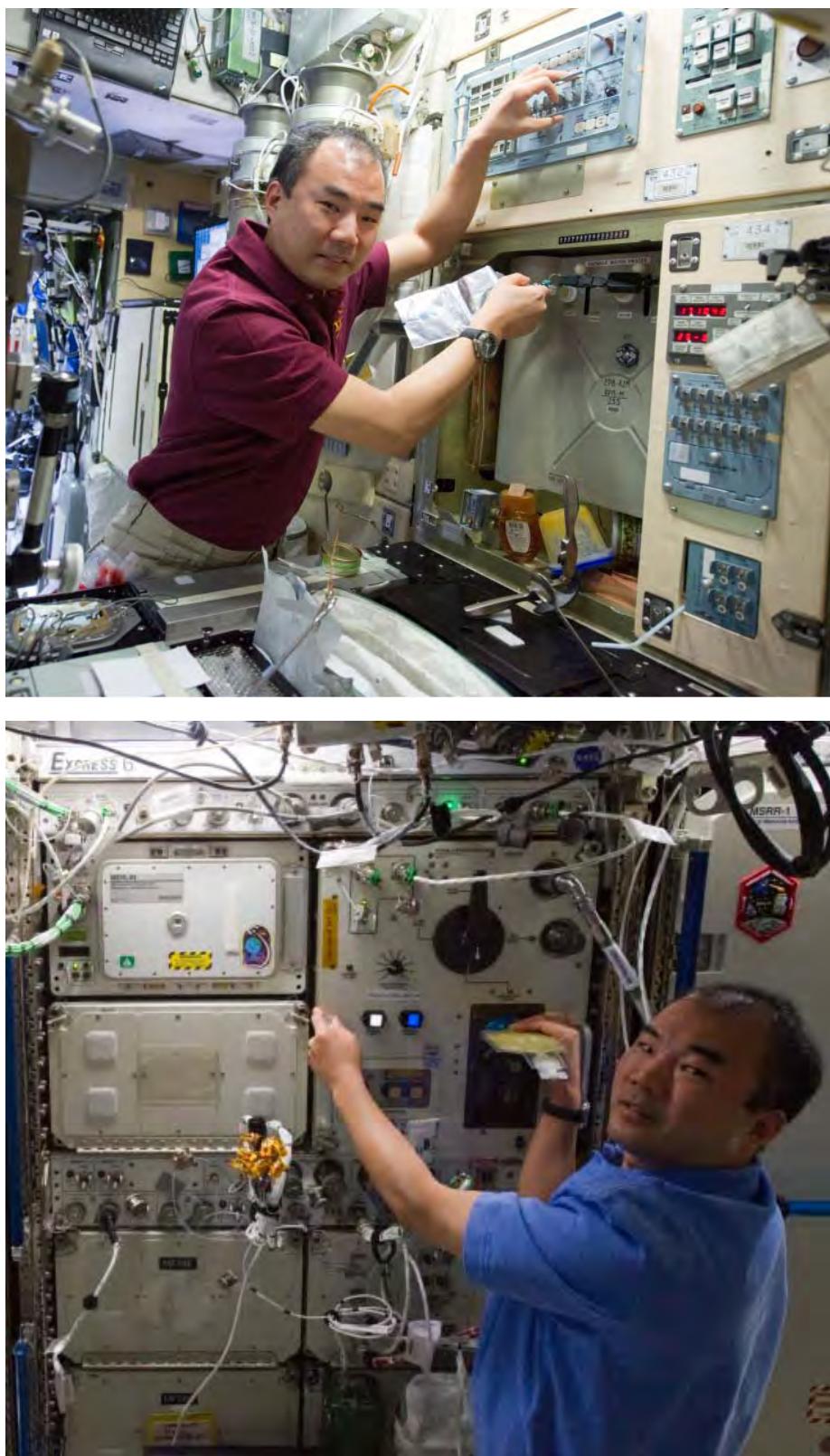


図3.3.2-4 飲料水供給装置を使う野口宇宙飛行士
(上はロシアの機器、下は米国の機器)

(2) 宇宙食のメニュー設定

まだ米露以外の宇宙食が存在しなかった頃、ISSの食事メニューは10日間のローテーションで組まれており、5日間分はロシアの宇宙食メニュー、5日間分はアメリカの宇宙食メニューから選ばれていました。当時は、個人毎にメニューを事前に決めて補給をしていたため、直前にクルーの交代が生じると困った事が起きていました。

その後、システムが変わり、今では16日間のローテーションメニューになりました。基本は、ロシアとアメリカの宇宙食が半々ですが、アメリカの宇宙食では16日毎に繰り返される標準メニューを止め、バラエティを増やしています。また月に1度はボーナス宇宙食が入った箱を利用する事が出来ます(ボーナス宇宙食は、冷蔵が不要で、NASAの微生物検査をパスしたものなら市販品の食品でも好きなものを含める事が出来ます)。

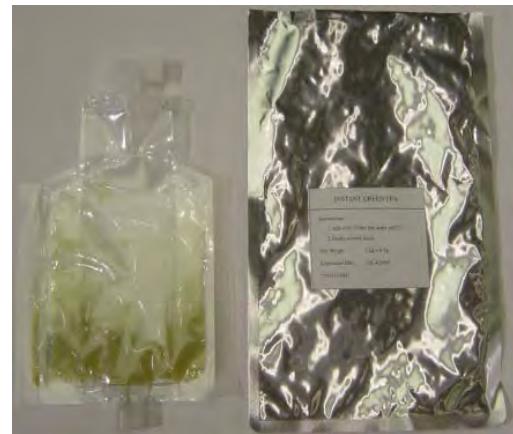
2008年からは日本宇宙食もメニューに加えられるようになった他、ヨーロッパの宇宙食も開発されており、国際色豊かな食事を食べられるようになりました。

次頁に宇宙日本食の例を示します。

古川宇宙飛行士長期滞在プレスキット



白飯



緑茶



イワシのトマト煮



ポークカレー



しょうゆラーメン



マヨネーズ



羊羹

図3.3.2-5 宇宙日本食の例

※詳細は下記ホームページでご覧になれます。

<http://iss.jaxa.jp/spacefood/index.html>

3.3.3 ISSでの健康維持

ISS滞在クルーは、筋力の低下や骨量の減少の影響を軽減させるために、毎日2.5時間のエクササイズを行います。このうち、約半分の時間は機器のセットアップとエクササイズ後の体ふきや着替えに使います。

以下にISSで使われているエクササイズ機器を紹介します。これらを交代で組み合わせながら使用します。もし1台が故障しても他の機器でしばらくは代用が出来るようにもなっています。

(1) 制振装置付きトレッドミル(TVIS)

TVIS(Treadmill with Vibration Isolation System)「ティービス」は、歩行やランニングを宇宙で行うための運動装置であり、運動中の振動が実験装置等に伝わるのを防ぐため、回転式のベルトを持つトレッドミルに制振装置を附加したものです。TVISは米国製で、ズヴェズダ後部の床面(床下に制振部を収納)に設置されています。なお、STS-128(17A)フライトで2台目のトレッドミル(Combined Operational Load Bearing External Resistance Treadmill: COLBERT または T2と呼ぶ)が運ばれ、現在はノード3「トランクウェイリティー」に設置されています。



図3.3.3-1 TVISを使ったエクササイズ(※ゴム製のひもで体をトレッドミルに押しつけます)



図3.3.3-2 ノード3内に設置された「COLBERT(コルベア)」を使ってのエクササイズ

(2) 制振装置付きサイクル・エルゴメーター(CEVIS)

CEVIS(Cycle Ergometer with Vibration Isolation and Stabilization System)「サービス」は、米国製の制振装置付きの自転車こぎ機であり、スピードや運動負荷を変えることができます。この装置は、デスティニーの壁に設置されており、クルーの運動に使われる他に、医学実験にも使われます。

なお、ズヴェズダの床面にも制振装置無しですが、ロシアのサイクル・エルゴメーターVELO「ベロ」が設置されています。

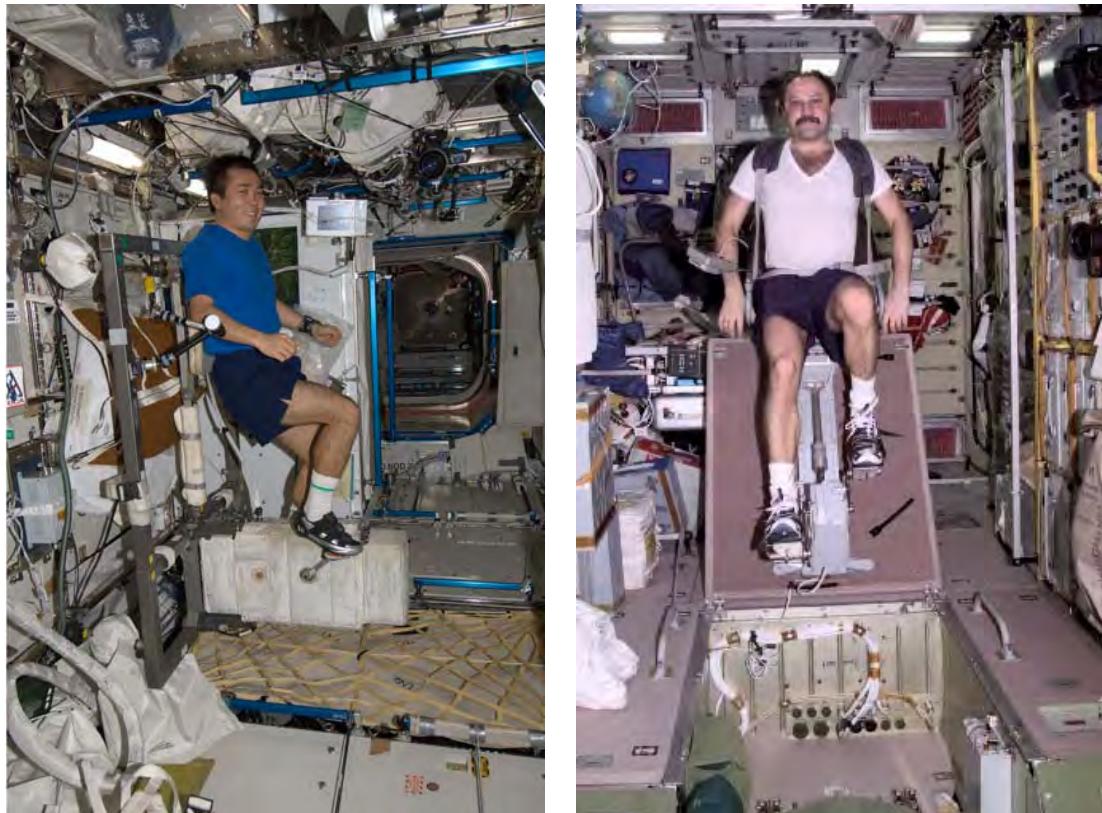


図3.3.3-3 CEVISで運動する若田宇宙飛行士(左)

図3.3.3-4 ロシアのVELO(右)

(3) 筋力トレーニング装置RED(Resistive Exercise Devices)

RED「レッド」は、米国製の脚やお尻、肩、腕、手首などの筋肉を鍛えるための運動装置です。2008年末までは円盤型のゴムバネを使用した初期型のIRED(Interim RED)を「ユニティ」(第1結合部:ノード1)の天井に設置して使用していましたが、STS-126(ULF2)ミッションで、改良型のARED(Advanced RED)が運ばれ、IREDと交換されました。

ARED「エイレッド」は、ベンチプレス、スクワット、腹筋、重量挙げなど29種類のエクササイズに使えます。AREDは、IREDで使用していたゴムバネに替えて、真空シリンドラを使用しているため、IREDと比較すると4倍の負荷をかける事ができるようになりました。AREDは、「トランクワリティー」(ノード3)内に設置されています。

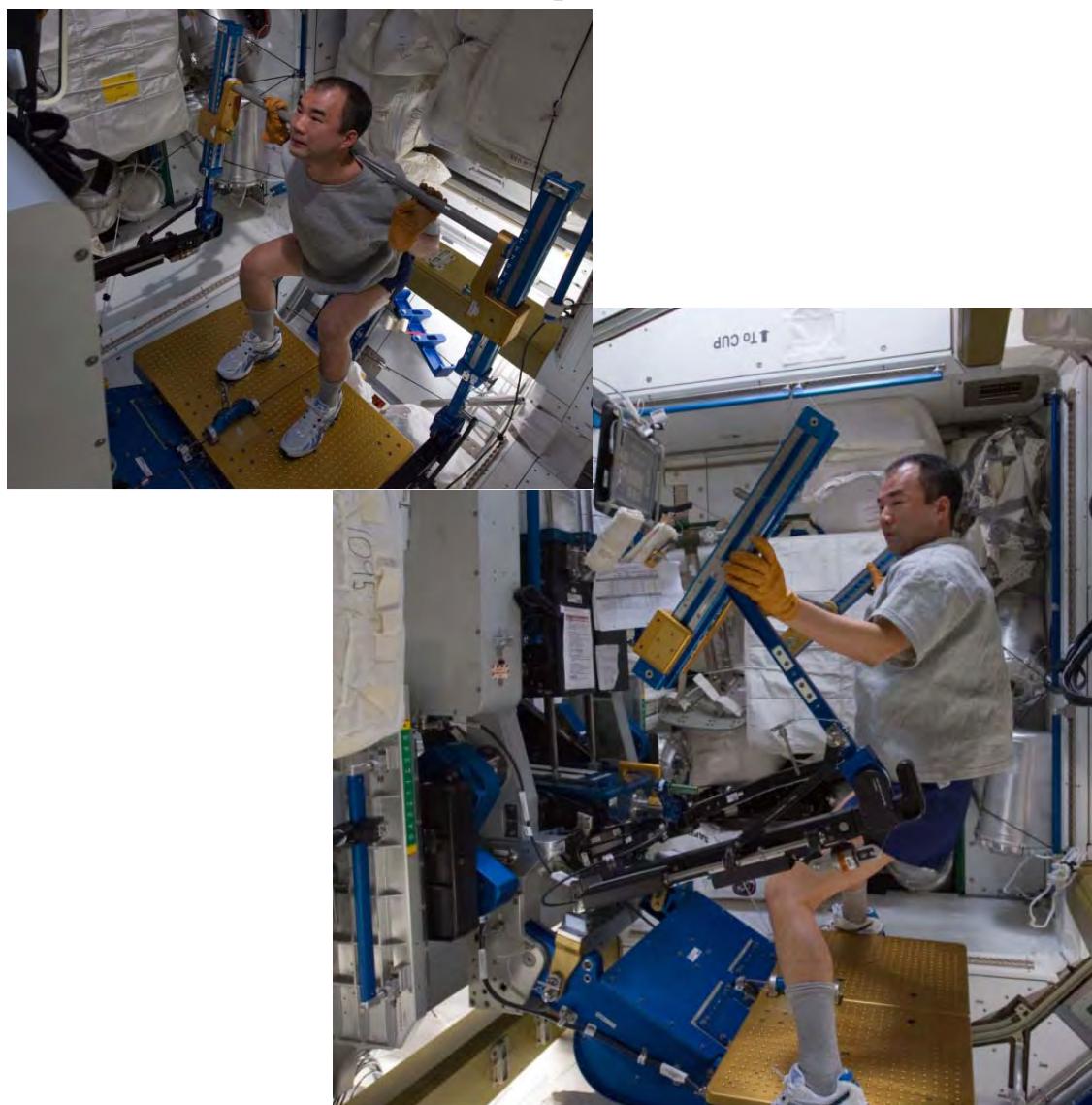


図3.3.3-5 AREDで運動する野口宇宙飛行士

(4) その他の健康維持装置・運用

ISS内では、空気成分や有害ガス、水質、放射線の測定が行われており、軌道上の状況を定期的に地上でモニタすると共に、帰還する宇宙機でサンプルを回収して、地上で詳しい分析も行われています。

薬や簡単な医療機器も用意されており、自動体外式除細動器(Automated External Defibrillator: AED)も設置されています。



図3.3.3-6 水質検査作業



図3.3.3-7 ISS内の空気サンプルの採取作業(回収して地上で分析)



図3.3.3-8 デスティニー内のクルー健康管理システムラック(CHeCS2ラック)

3.3.4 ISSでの保全・修理作業

ISSでは、装置が故障した場合、簡単に地上へ回収して修理する事が出来ません。このため、定期的に保守点検を行い、消耗部品の交換やクリーニング、動作点検等を行う事で故障を防止します。

しかし、このような運用を行っていても機器の故障は起きるため、軌道上で可能な限り修理を行います。このため、ISS滞在クルーは一般的な保全・修理作業の訓練を受けています。

ここでは、軌道上での写真から、どのような修理作業を行うのかイメージを紹介します。なお、設置作業の様子も含めています。



図3.3.4-1 パワーツールを使用した装置の分解



図3.3.4-2 TVISの修理(床下の機器を取り出した状態:2002年10月)



図3.3.4-3 米国の二酸化炭素除去装置(CDRA)の修理 (デスティニー内)



図3.3.4-4 遠隔電力制御モジュール(RPCM)の交換修理 (ユニティ内)



図3.3.4-5 米国の有害ガス除去装置(TCCS)の修理 (デスティニー内)



図3.3.4-6 米国のトイレ(WHC)の内部機器の組立作業



図3.3.4-7 故障した装置(揮発性有機物分析器(VOA))の修理



図3.3.4-8 デスティニー内での熱制御系流体の補充作業



図3.3.4-9 米国のモジュール間での電力・通信・流体配管の接続作業



図3.3.4-10 水再生システム(WRS)ラック 尿処理装置のトラブル対応作業



図3.3.4-11 「きぼう」内のラックの電力・通信・流体配管の接続作業



図3.3.4-12 ハーモニーの電力・通信配線のトラブルシュート
(故障箇所の究明)



図3.3.4-13 「きぼう」内でのラックの搬入・設置作業(上・下)

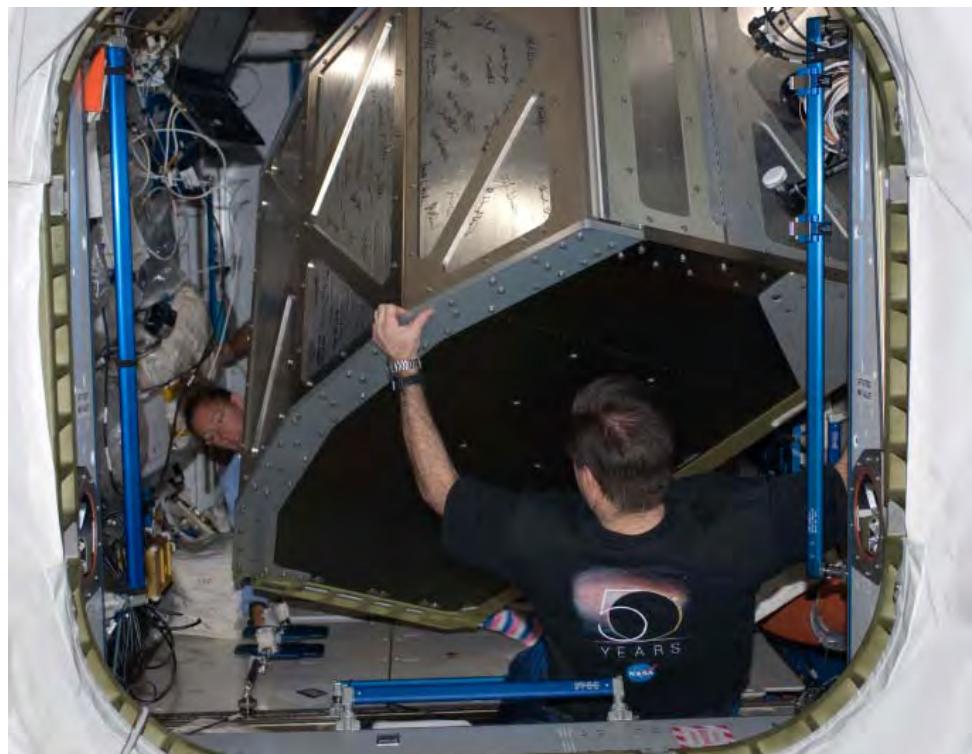


図3.3.4-14 狹いCBMハッチ部を通すラックの移動作業



図3.3.4-15 ラック背面からアクセスしての修理・保全作業



図3.3.4-16 米国の宇宙服の背中の機器のメンテナンス(定期保全)

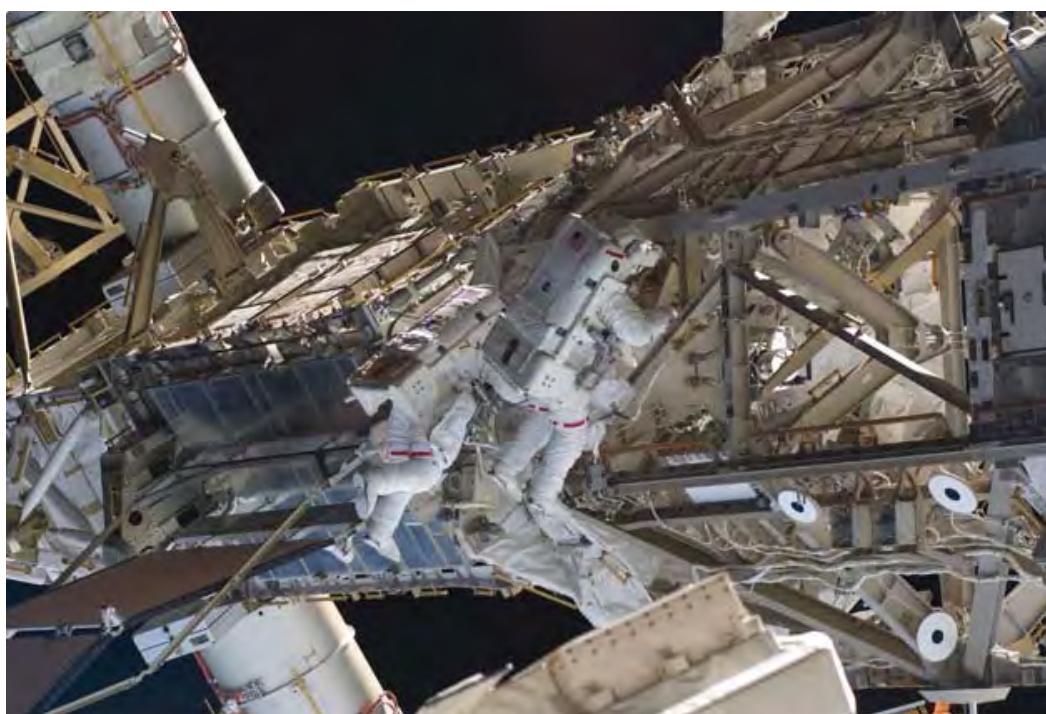


図3.3.4-17 船外活動(EVA)による修理作業

3.4 ISSでの水・空気のリサイクル

3.4.1 水の再生処理

(1) ISSでの水再生処理の概要

ISSの滞在クルーの増員に備えて、STS-126 (ULF2)ミッションで米国の水再生処理装置であるWRS(Water Recovery System)ラック2台が運ばれ、当初はデスティニー（米国実験棟）に設置されていましたが、その後、トランクウェイリティ（ノード3）に移設されました。この水再生処理装置は、尿処理装置UPA(Urine Processor Assembly)と水処理装置WPA(Water Process Assembly)から構成されています。

この米国の水処理装置は、これまでISSで運用されていたロシアの水再生装置では行われていなかった尿の再生処理が可能な点が特徴です。尿は尿処理装置(UPA)へ送られて、ガスや固形物（髪の毛やほこりなど）を除去した後、加熱して蒸留することで水分を回収し、これをエアコンからの凝縮水と一緒に水処理装置(WPA)に送り、残っていた有機物や微生物などが除去されます。

ISSでは、クルー1人あたり1日に約3.5リットルの水を消費します。このうち2リットルは、プログレス補給船やシャトル等で補給し、残りの1.5リットル分をロシアの凝縮水再生処理でまかなっていました。WRSが補給分の35%（0.7リットル）を供給するため、地上からの補給は65%（1.3リットル）で済むようになります。すなわち、6人がISSに常駐した状態で水の補給量は、年間約2,850リットルですむ事になります。

WRSで処理した水の水質測定は、WRSラックの前面に設置された有機炭素量分析器(TOCA-2)で分析します。また大腸菌などの微生物の検出も軌道上で行います。

WRSで再生された水は、ギャレーの飲料水供給装置(PWD)へ送られ、温水と常温水として使用できます（飲用、歯磨き、宇宙食の調理などに利用）。

また、米国の酸素生成装置(OGS)へ送られて酸素の生成に使われたり、宇宙服や実験に使われる水として使われたり、WHCでトイレの洗浄水としても使用されます。



図3.4.1-1 WRS1, 2ラックの機器構成と水処理の主な流れ

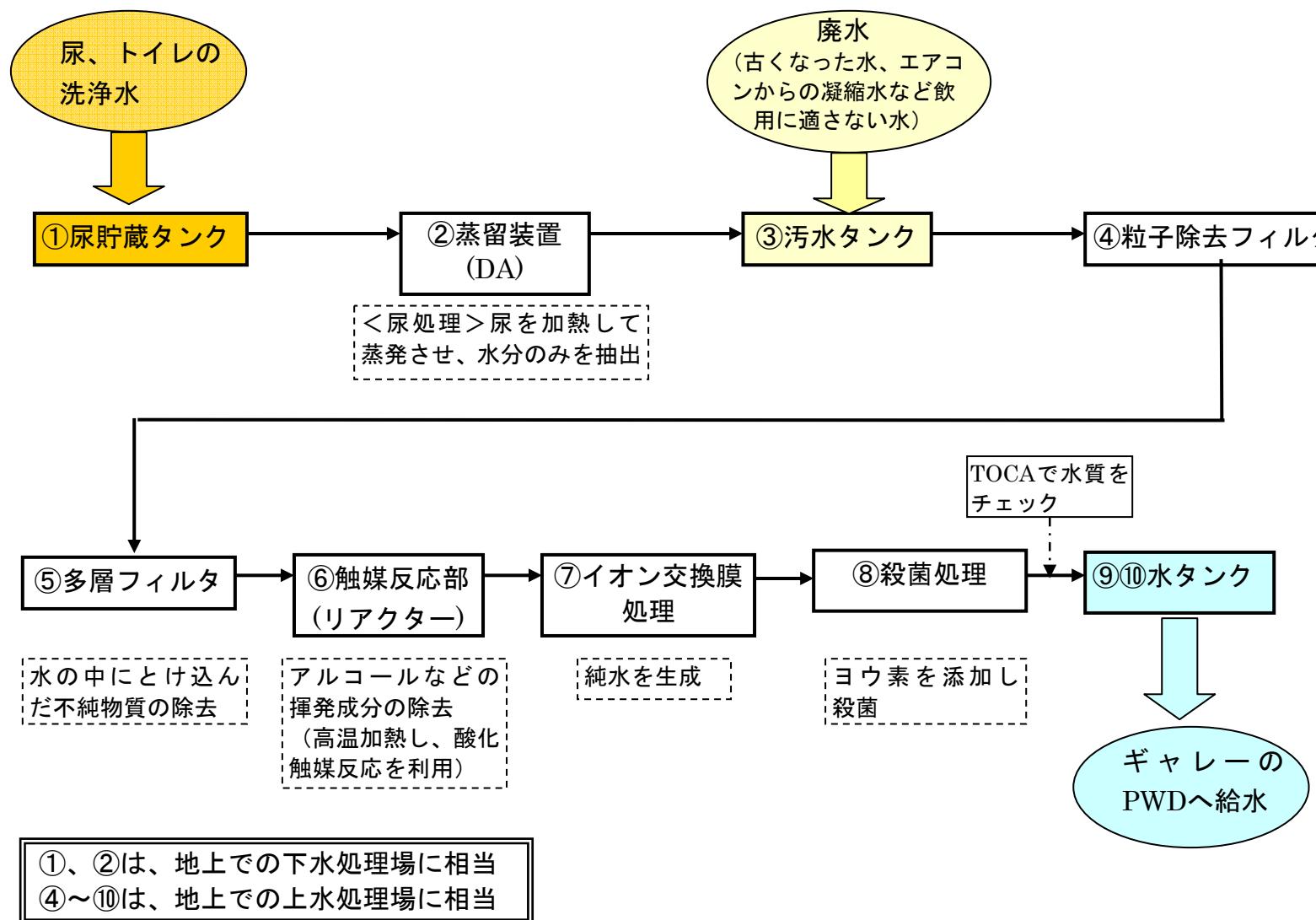


図3.4.1-2 ISSでの水再生処理の流れ



Total Organic Carbon Analyzer -2

Electronics
Module



Fluids Module

図3.4.1-3 水質測定・分析用のTOCA-2

(2) 尿処理の概要

尿処理装置UPA(Urine Processor Assembly)は、主にWRSラック2に搭載されおり、尿を水に再生します。

尿処理の原理は、地上での自然な水の循環と基本的には同じです。太陽エネルギーによって水が蒸発する代わりにヒータで尿を含んだ水を加熱して水蒸気を生成します。雲の中で冷やされて雨が生じるのと同様に、水蒸気を冷却して水に戻す事により、不純物の97%を除去します。

この処理の心臓部は蒸留装置DA(Distillation Assembly)です。内部は0.7psiaに減圧することで沸点を下げています。水蒸気は220rpmで回転するドラムの中央部から集められて蒸留水として取り出されます。



図3.4.1-4 STS-119で運ばれた交換用のDistillation Assembly (DA)

(3)ロシアモジュールでの水処理の概要

ロシアモジュールでは、エアコンから生じる凝縮水を飲料水に処理する凝縮水処理装置がズヴェズダ内に装備されています。処理方法は、活性炭とイオン交換樹脂膜を通す方法が使われています。

WRS到着までの尿処理方法は、尿タンク(空になった水容器を転用)に尿を詰め、プログレス補給船を廃棄する際に一緒に焼却処分が行われていました。

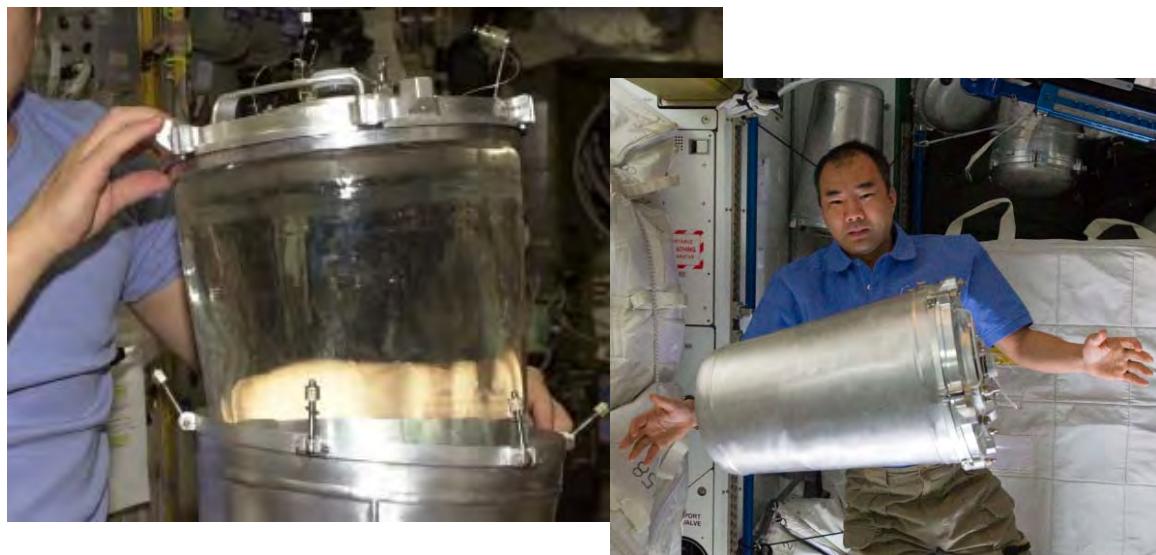


図3.4.1-5 ロシアの水容器(EDVタンク)
(ビニールのような容器を金属容器で囲ったもの)



図3.4.1-6 米国の水容器(CWC)
(表面が布地のソフトタイプの容器)

3.4.2 空気の供給

(1) 酸素の供給

ISSには米露の2台の酸素生成装置が設置されています。ロシアの装置は、ズヴェズダ内に設置されている「エレクトロン」で、米国の装置は、トランクウェリティー内に設置されている酸素生成装置OGS(Oxygen Generation System)です。どちらも水を電気分解する事で酸素と水素を発生させて、酸素を供給します。副生成物となる水素は船外排気されます。

(注：2010年末からはOGSで発生した水素を二酸化炭素と反応させて水に再生するサバチ工装置が使えるようになりました。)

ISSを訪問する宇宙機にも酸素と空気を搭載して補給を行っています。ロシアのプログレス補給船と、欧州宇宙機関の欧州補給機(ATV)によって酸素や空気が供給されます。これらはタンクのバルブを開いてガスを船内に放出するだけの単純な方法が使われています。

シャトルの場合は、ISSの「クエスト」エアロックの外部に設置されている高圧酸素タンクと窒素タンクにガスを補給する事が出来ます。酸素生成装置で酸素が十分生成できないトラブル発生時には、これらの酸素を使用する事が出来ます。

また、ロシアは固体燃料を使う使い捨ての酸素発生装置(SFOG)を有しており、非常時にはこれを使用する事が出来ます。

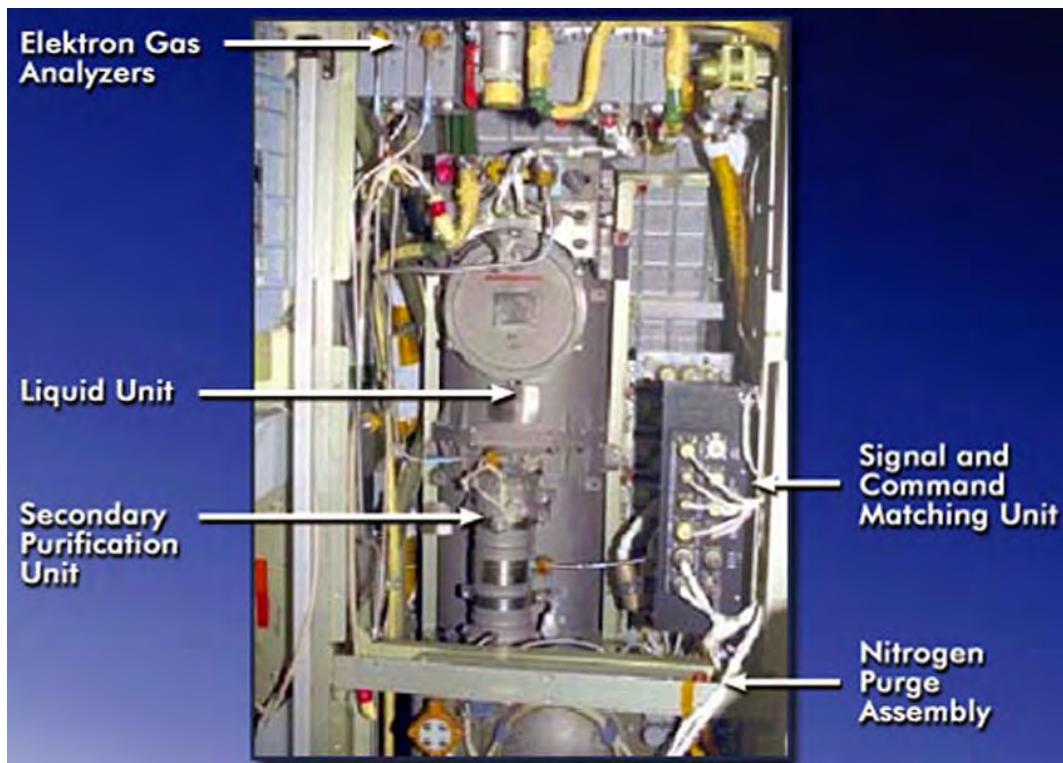


図3.4.2-1 ロシアの酸素生成装置エレクトロン



ISS020E031128

図3.4.2-2 ズヴェズダ内に設置されているSFOG容器2本（矢印）



図3.4.2-3 米国の酸素生成装置(OGS)

(2) 二酸化炭素の除去

ISS内には米露の二酸化炭素除去装置が装備されています。ロシア側の装置は、Vozdukh「ヴォズドーク」と呼ばれており、米国側の装置はCDRA(Carbon Dioxide Removal Assembly)「シードラ」と呼ばれています。どちらも化学反応で二酸化炭素を吸着し、吸着した二酸化炭素は宇宙空間に排出する方法で連続的な処理を行えます。

(注：2010年末からはCDRAで吸着した二酸化炭素をOGSから発生する水素と反応させて水に再生するサバチエ装置が使えるようになりました。)



図3.4.2-4 米国の二酸化炭素除去装置(CDRA) (修理時の写真)

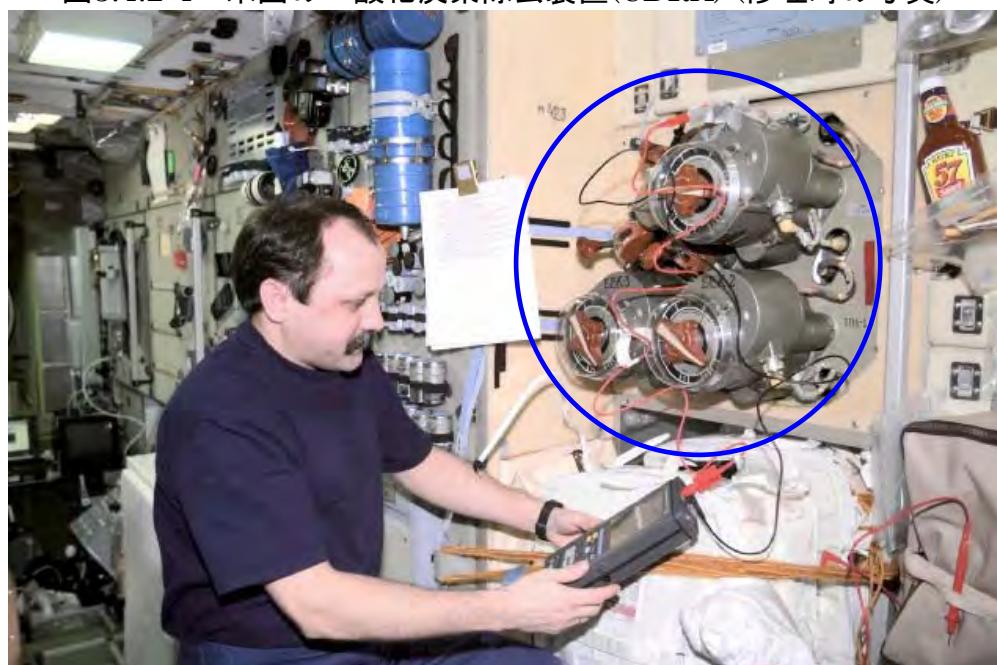


図3.4.2-5 ロシアのVozdukh
(表面に見えているのはバルブパネルのみ)

(3) 有害ガス成分の検知・除去

ISS内には、米露の有害ガス検知装置と有害ガス除去装置が設置されています。ロシアの有害ガス除去装置はBMPと呼ばれており、米国側の装置はTCCS(Trace Contaminant Control System)と呼ばれています。

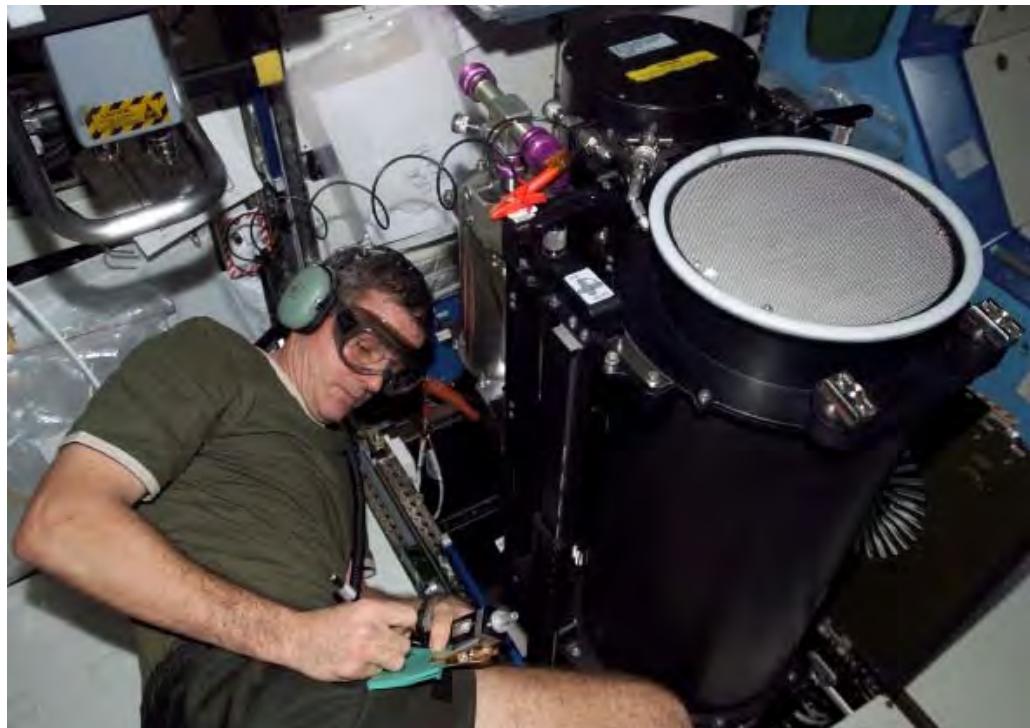


図3.4.2-6 米国の有害ガス除去装置(TCCS) (修理時の写真)

付録 1 略語集

略語	英名称	和名称
ACBM	Active Common Berthing Mechanism	アクティブ側共通結合機構
AED	Automated External Defibrillator	自動体外式除細動器
AL	A/L Airlock	エアロック
AMS	Alpha Magnetic Spectrometer	アルファ磁気スペクトロメータ
AOS	Acquisition of Signal	信号捕捉
AR	Atmosphere Revitalization	空気浄化(ラック)
ARED	Advanced Resistive Exercise Device	ISS の筋力トレーニング装置
Area PADLES	Area Passive Dosimeter for Lifescience Experiments in Space	「きぼう」船内の宇宙放射線計測装置
ARIES	Astronaut Related IVA and Equipment Support	アリーズ(「きぼう」管制チーム)
ARS	Atmosphere Revitalization System	空気浄化システム
ASI	Agenzia Spaziale Italiana	イタリア宇宙機関
ATA	Ammonia Tank Assembly	アンモニア・タンク
ATV	Automated Transfer Vehicle	(ESA)欧州補給機
BDS	Backup Drive System	(JEMRMS)バックアップ駆動システム
Biorhythms	Biological Rhythms	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)
CANSEI	Control and Network Systems, Electrical Power and ICS Communication Officer	カンセイ(「きぼう」管制チーム)
CAPCOM	Capsule Communicator	キャプコム
CB	Clean Bench	クリーンベンチ(「きぼう」の実験装置)
CBEF	Cell Biology Experiment Facility	細胞培養装置(「きぼう」の実験装置)
CBM	Common Berthing Mechanism	(ISS の)共通結合機構
CDM	Carbon Dioxide Monitor	(CHeCS)二酸化炭素モニタ装置
CDMK	Carbon Dioxide Monitoring Kit	(CHeCS)二酸化炭素モニタリングキット
CDR	Commander	コマンダー
CDRA	Carbon Dioxide Removal Assembly	二酸化炭素除去装置「シードラ」
CEVIS	Cycle Ergometer with Vibration Isolation and Stabilization System	振動分離機構付きサイクル・エルゴメータ「サービス」
COLBERT	Combined Operational Load Bearing External Resistance Treadmill	ISS のトレッドミル
Crew PADLES	Crew Passive Dosimeter for Lifescience Experiments in Space	個人被ばく線量計測装置(JAXA)
CSA	Canadian Space Agency	カナダ宇宙庁
CsPINs		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(JAXA)
CTB	Cargo Transfer Bag	物資輸送用バッグ
CWC	Contingency Water Container	(スペースシャトルの)水を入れる容器
DA	Distillation Assembly	蒸留装置(尿処理装置の構成要素)
DC-1	Docking Compartment	(ロシアモジュール)ドッキング区画
DRTS	Data Relay Test Satellite	データ中継技術衛星「こだま」
ECLSS	Environmental Control and Life Support System	環境制御・生命維持システム
EDR	European Drawer Rack	(ESA の実験ラック)
EE	End Effector	エンド・エフェクター
EF	Exposed Facility	船外実験プラットフォーム
EFBM	Exposed Facility Berthing Mechanism	船外実験プラットフォーム結合機構

古川宇宙飛行士長期滞在プレスキット

略語	英名称	和名称
EHS	Environmental Health System	
ELC	EXPRESS Logistics Carrier	エクスプレス補給キャリア
ELM-ES	Experiment Logistics Module-Exposed Section	「きぼう」船外パレット
ELM-PS	Experiment Logistics Module-Pressurized Section	「きぼう」船内保管室
EMCS	European Modular Cultivation System	(ESA の実験装置)
EMU	Extravehicular Mobility Unit	船外活動ユニット(宇宙服)
EPF	External Payload Facility	コロンバス曝露ペイロード施設
EPM	European Physiology Module	欧洲生理学実験ラック
EPO	Education Payload Observation	JAXA の文化/人文社会科学利用
ESA	European Space Agency	欧洲宇宙機関
ESP	External Stowage Platform	船外保管プラットフォーム
ESR	European Stowage Rack	ヨーロッパの保管ラック
ETC	European Transport Carrier	(ESA の実験ラック)
EuTEF	European Technology Exposure Facility	(ESA)曝露ペイロード
EVA	Extravehicular Activity	船外活動
FDIR	Fault Detection, Isolation, and Recovery	故障検知、分離、回復
FDS	Fire Detection and Suppression	火災検知・消火
FGB	Functional Cargo Block	基本機能モジュール(ザーリヤ)
FE	Flight Engineer	ライトエンジニア
FLAT	Fluid and Thermal Officer	フラット(「きぼう」管制チーム)
FHRC	Flex Hose Rotary Coupler	フレックス・ホース・ロータリ・カプラ
FPEF	Fluid Physics Experiment Facility	流体物理実験装置(「きぼう」の実験装置)
FRGF	Flight Releasable Grapple Fixture	グラブル・フィックスチャ
FSA	Federal Space Agency	ロシア連邦宇宙局(Roskosmos)
FSL	Fluid Science Lab	(ESA の実験ラック)
GCTC	Gagarin Cosmonaut Training Center	ガガーリン宇宙飛行士訓練センター
GMT	Greenwich Mean Time	グリニッジ標準時(世界標準時)
GHF	Gradient Heating Furnace	温度勾配炉
GNC	Guidance Navigation and Control	誘導、航法及び制御
HTV	H-II Transfer Vehicle	宇宙ステーション補給機
ICS	Inter-orbit Communication System	(JEM)衛星間通信システム
IELK	Individual Equipment Liner Kit	(ソユーズ宇宙船のシート)
IMMT	ISS Mission Management Team	ISS ミッションマネージメント
IP	International Partner	国際パートナ
IPU	Image Processing Unit	画像取得処理装置(「きぼう」の実験装置)
iRED	Interim Resistive Exercise Device	(CHeCS)初期筋力トレーニング機器
IRED	Isolated Resistive Exercise Device	(CHeCS)筋力トレーニング機器
ISPR	International Standard Payload Rack	国際標準ペイロードラック
ISS	International Space Station	国際宇宙ステーション
IVA	Intra-Vehicular Activity	船内活動
JAXA	Japan Aerospace Exploration Agency	宇宙航空研究開発機構
JAXA PCG	JAXA Protein	JAXA のタンパク質結晶実験
JCP	JEM Control Processor	JEM 管制制御装置
JEF	JEM Exposed Facility	船外実験プラットフォーム
JEM PAYLOADS	JEM Payload Officer	ジェムペイローズ(「きぼう」管制チーム)
JEMRMS	JEM Remote Manipulator System	「きぼう」ロボットアーム
JFCT	JAXA Flight Control Team	「きぼう」管制チーム
J-FIGHT	JAXA Flight Director	J-ライト(「きぼう」管制チーム)
J-PLAN	JAXA Planner	J-プラン(「きぼう」管制チーム)

古川宇宙飛行士長期滞在プレスキット

略語	英名称	和名称
JLP	JEM Logistics Module Pressurized Section	「きぼう」の船内保管室
JPM	JEM Pressurized Module	「きぼう」船内実験室
JRSR	JEM Resupply Stowage Rack	「きぼう」の保管ラック
JSC	Johnson Space Center	NASA ジョンソン宇宙センター
JST	Japanese Standard Time	日本標準時
KIBOTT	Kibo Robotics Team	キボット(「きぼう」管制チーム)
Lab	United States Laboratory Module	「デスティニー」(米国実験棟)
LEE	Latching End Effector	(SSRMS)ラッチング・エンド・エフェクタ
LOS	Loss Of Signal	可視範囲からであること
LVLH	Local Vertical Local Horizontal	水平・垂直
Marangoni UVP		マランゴニ対流における時空間構造(JAXA)
MAXI	Monitor of All-sky X-ray Image	全天 X 線監視装置(JAXA)
MBS	Mobile Base System	(MSS)モービル・ベース・システム
MCC	Mission Control Center	ミッション管制センター(JSC)
MCC-H	MCC-Houston	ミッション管制センター・ヒューストン
MCC-M	MCC-Moscow	ミッション管制センター・モスクワ
MCS	Motion Control System	姿勢制御系(ロシアの宇宙機)
MELFI	Minus Eighty degrees Celsius Laboratory Freezer for ISS	ISS 実験用冷凍・冷蔵庫
MERLIN	Microgravity Experiment Research Locker Incubator	米国のギャラリーの冷蔵庫
MET	Mission Elapsed Time	ミッション経過時間
MLM	Multipurpose Laboratory Module	(ロシア)多目的研究モジュール
MMA	Microgravity Measurement Apparatus	微小重力計測装置
MPLM	Multi-purpose Logistics Module	(ISS)多目的補給モジュール
MRM	Mini Research Module	(ロシア)小型研究モジュール
MSG	Microgravity Science Glove Box	微小重力研究グローブボックス
MSPR	Multi-purpose Small Payload Rack	多目的実験ラック
MSS	Mobile Servicing System	ISS のロボットアームシステム
MT	Mobile Transporter	(MSS)モービル・トランспорター
Myco	Mycological evaluation of crew member exposure to ISS ambient air	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)
Myo Lab		蛋白質ユビキチンリガーゼ Cbl を介した筋萎縮の新規メカニズム(JAXA)
NANOSKELETON	Production of High Performance Nanomaterials in Microgravity	微小重力環境でのナノスケルトン作製(JAXA)
NASA	National Aeronautics and Space Administration	米国航空宇宙局
NBL	Neutral Buoyancy Laboratory	無重量環境訓練施設
NEEMO	NASA Extreme Environment Mission Operations	NASA 極限環境ミッション運用
NET	No Earlier Than	～以降
Neuro Rad	Biological Effects of Space Radiation and Microgravity on Mammalian Cells	宇宙放射線と微小重力の哺乳類細胞への影響(JAXA)
NTA	Nitrogen Tank Assembly	窒素タンク・アセンブリ
ODF	Operations Data File	運用手順書
OGA	Oxygen Generation Assembly	(米国)酸素生成装置
OGS	Oxygen Generation System	(米国)酸素生成システム
OMS	Onboard Measurement System	(ロシア)通信／計測系
OMS	Orbital Maneuver System	軌道制御システム
ORU	Orbital Replacement Unit	軌道上交換ユニット
PAO	Public Affairs Office	広報(広報イベント)

古川宇宙飛行士長期滞在プレスキット

略語	英名称	和名称
PAO	Public Affair Officer	広報担当オフィサー
PBA	Portable Breathing Apparatus	(ISS 内の)非常用酸素マスク
PCBM	Passive CBM	パッシブ側共通結合機構
PCG	Protein Crystal Growth	タンパク質結晶生成実験(JAXA)
PCS	Portable Computer System	ラップトップ・コンピュータ
PDGF	Power & Data Grapple Fixture	電力・通信インターフェース付グラップル・フィクスチャ
PFE	Portable Fire Extinguisher	(ISS 内の)消火器
PGT	Pistol Grip Tool	ピストル型パワーツール
PI	Principal Investigator	代表研究者
PLT	Payload Laptop Terminal	ペイロードラップトップターミナル
PM	Pressurized Module	「きぼう」の船内実験室
PMA	Pressurized Mating Adapter	(ISS) 与圧結合アダプター
PMM	Permanent Multipurpose Module	恒久結合型多目的モジュール
POCC	Payload Operations Control Center	ペイロード運用センター
POIC	Payload Operations Integration Center	ペイロード運用統合センター
PWD	Potable Water Dispenser	(ISS) 水供給装置
RCS	Reaction Control System	姿勢制御システム
RED	Resistive Exercise Device	(CHeCS)筋力トレーニング機器
RPCM	Remote Power Controller Module	(ISS) 遠隔電力制御モジュール
RPDA	Remote Power Distribution Assemblies	(ISS) リモート電力分配装置
RSC Energia	RSC Energia	(ロシア) ESC エネルギア社
RYUTAI	RYUTAI Rack	流体実験ラック(JAXA)
SAIBO	SAIBO Rack	細胞実験ラック(JAXA)
SAW	Solar Array Wing	(ISS) 太陽電池ウイング
SCOF	Solution Crystallization Observation Facility	溶液結晶化観察装置(JAXA)
SEDA-AP	Space Environment Data Acquisition equipment - Attached Payload	宇宙環境計測ミッション装置(JAXA)
SENIN	System Element Investigation and Integration Officer	センニン(「きぼう」管制チーム)
SFA	Small Fine Arm	「きぼう」のロボットアームの子アーム
SFOG	Solid Fuel Oxygen Generator	酸素発生装置
SM	Service Module	ズヴェズダ(サービス・モジュール)
SMDP	Service Module Debris Panel	ズヴェズダのデブリ防御パネル
SMILES	Superconducting Submillimeter-Wave Limb-Emission Sounder	超伝導サブミリ波リム放射サウンダ(JAXA)
SPCF	Solution/Protein Crystal Growth Facility	溶液・タンパク質結晶成長実験装置(JAXA)
SPDM	Special Purpose Dexterous Manipulator	(MSS)「デクスター」
SSCC	Space Station Control Center	宇宙ステーション管制センター
SSIPC	Space Station Integration and Promotion Center	宇宙ステーション総合推進センター(JAXA TKSC)
SSRMS	Space Station Remote Manipulator System	ISS のロボットアーム
STS		スペースシャトルのフライト番号
SWC	Solid Waste Container	(ISS) 汚物容器(SWC/KTO)
TCCS	Trace Contaminant Control Subassembly	(ISS) 有毒ガス除去装置
TCS	Thermal Control System	熱制御系
TeSS	Temporary Sleep Station	(Lab 内の)クルーの個室
TKSC	Tsukuba Space Center	筑波宇宙センター
TOCA II	Total Organic Carbon Analyzer II	(ISS) 有機炭素分析器
TVIS	Treadmill Vibration Isolation System	(ISS) 振動分離機構付きトレッド

古川宇宙飛行士長期滞在プレスキット

略語	英名称	和名称
		ミル
ULF	Utilization Logistics Flight	(ISS の)利用フライト
U.S. LAB	United States Laboratory Module	「デスティニー」(米国実験棟)
VELO		(ロシアの)サイクル・エルゴメーター
VHF	Very High Frequency	超短波
VOA	Volatile Organic Analyzer	(ISS) 挥発性有機物分析装置
VR	Virtual Reality	バーチャル・リアリティー
WHC	Waste and Hygiene Compartment	ISS の 2 台目のトイレ
WPA	Water Processing Assembly	(ISS) 水処理装置
WRS	Water Recovery System	(ISS) 水再生装置
WS	Work Site	(MT の)作業場所
zenith		天頂

付録 2 「きぼう」日本実験棟概要

2.1 「きぼう」の構成

「きぼう」日本実験棟は主に「船内実験室」「船外実験プラットフォーム」という2つの実験スペース、「船内保管室」および「船外パレット」、実験や作業に使用する「ロボットアーム」および「衛星間通信システム」の6つから成り立っています。

「きぼう」日本実験棟の運用に必要な空気、電力、熱、通信のリソースは国際宇宙ステーション(International Space Station: ISS)本体から供給され、「きぼう」内へ分配されます。

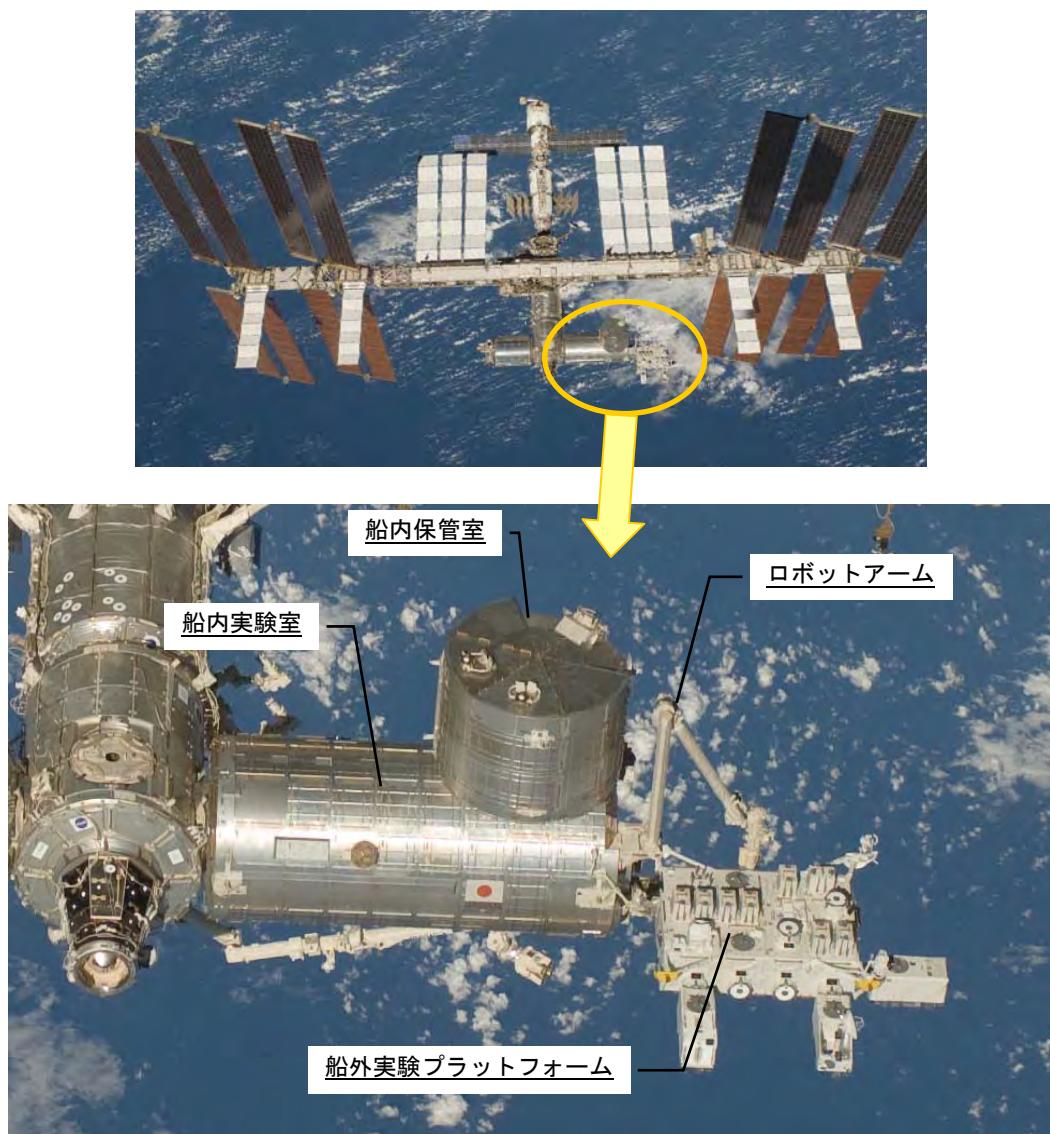


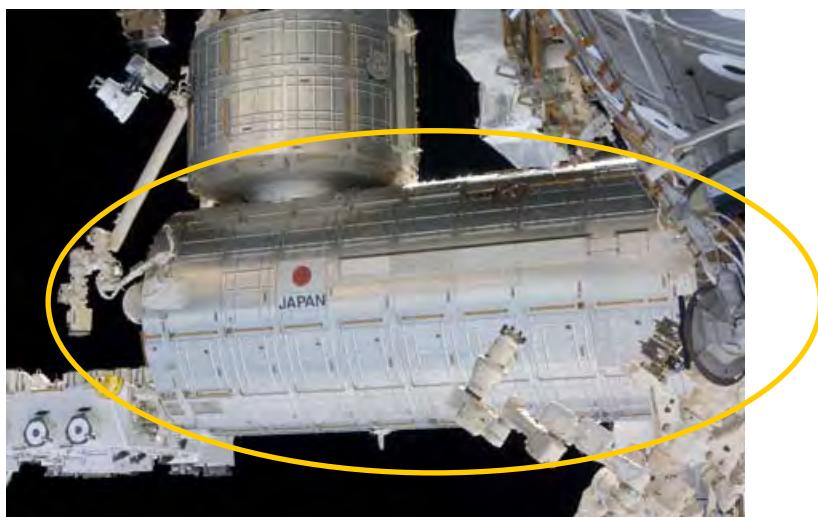
図 A2.1-1 「きぼう」の構成(STS-127 ミッション終了後)

(1) 船内実験室

船内実験室は、「きぼう」の中心となる実験スペースで、1気圧、常温の空気で満たされており、宇宙飛行士が実験を行うことができます。主に微小重力環境を利用した実験を行います。内部には、「きぼう」のシステムを管理・制御する装置や実験装置など、様々な装置を備えた23個のラックが設置されており、そのうち10個が実験ラックです。サイズは長さ11.2m、輪切りにしたときの直径が4.4メートルです。

また、船内実験室と船外実験プラットフォームとの間で、実験装置や実験試料などを出し入れするときに使用するエアロックが設置されています。

船内実験室の外観を図A2.1-2に、船内の様子を図A2.1-3に示します。



図A2.1-2 船内実験室(外観)

「きぼう」
エアロック



図A2.1-3 船内実験室(船内)

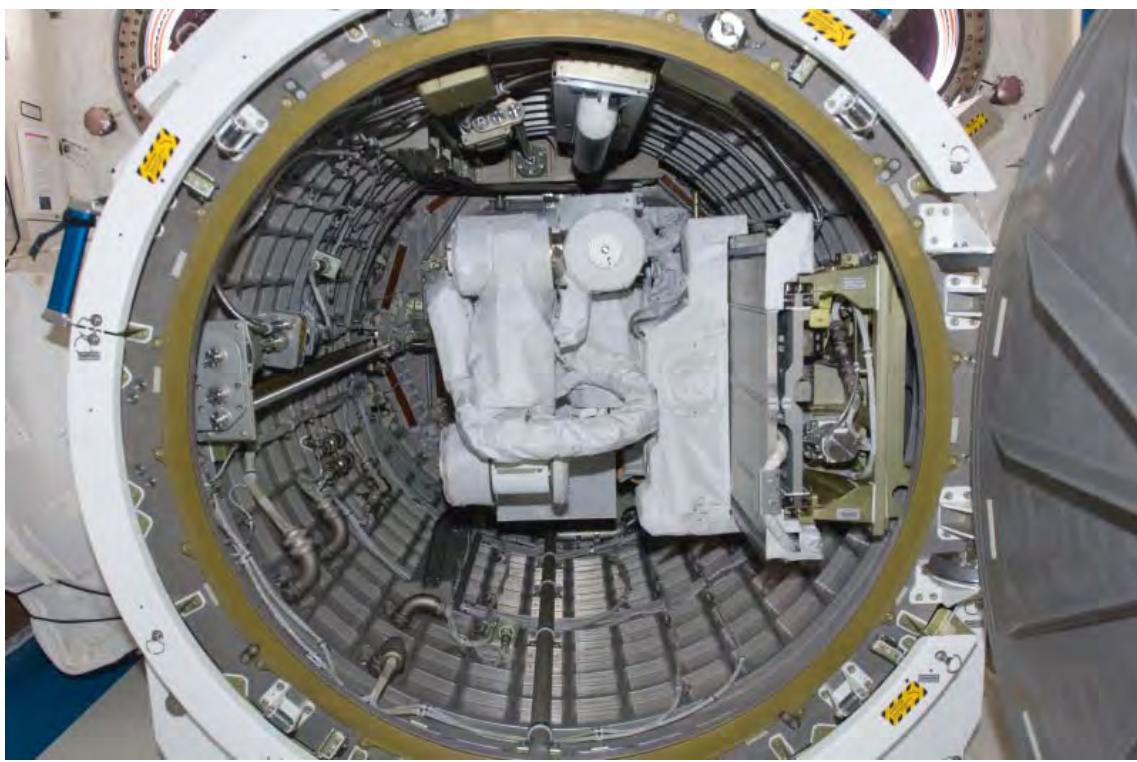


図 A2.1-4 子アームを船外へ出すためにエアロック内部を開けた状態(2010年3月)

(2) 船内保管室

船内保管室は、実験装置や試料、消耗品などを保管する倉庫の役割を持つスペースです。船内実験室と同じ1気圧、常温の空気で満たされており、宇宙飛行士が船内実験室と行き来できます。ISSの実験モジュールのうち、専用の保管室を持っているのは「きぼう」だけです。

船内保管室の外観を図A2.1-5に、船内の様子を図A2.1-6に示します。



図A2.1-5 船内保管室(外観)



図A2.1-6 船内保管室(船内)

(3) 船外実験プラットフォーム

船外実験プラットフォームは、ISS 外部で、常に宇宙空間にさらされた環境で実験を行うスペースです。船外実験プラットフォーム上の船外実験装置などの交換は、船内実験室から宇宙飛行士がロボットアーム (JEMRMS) を操作して行います。

船外実験プラットフォームの外観を図 A2.1-7 と図 A2.1-8 に示します。

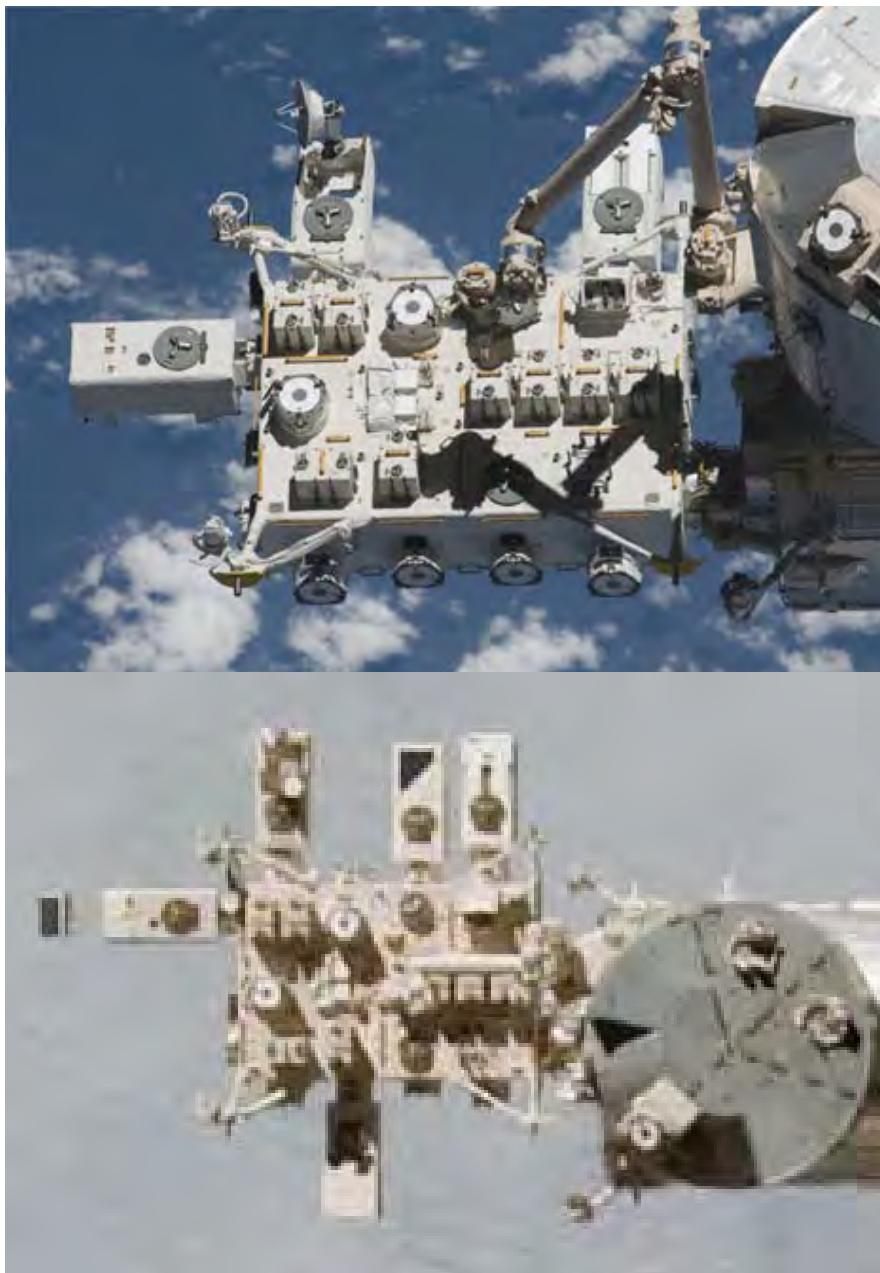


図 A2.1-7 船外実験プラットフォーム外観(上は 2J/A フライト後、下は HTV1 後)



図 A2.1-8 船外実験プラットフォーム外観(「きぼう」船内実験室の窓から撮影)

(4) 船外パレット

船外パレットは、STS-127(2J/A)ミッションで ICS 曝露系サブシステム(ICS アンテナ)と船外実験装置 2 台の運搬に使用された後、地上に回収されました。

「きぼう」ロボットアームで船外パレットが「きぼう」船外実験プラットフォームに取り付けられる様子を図 A2.1-9 に、船外パレットの外観を図 A2.1-10 に示します。



図 A2.1-9 船外パレット外観

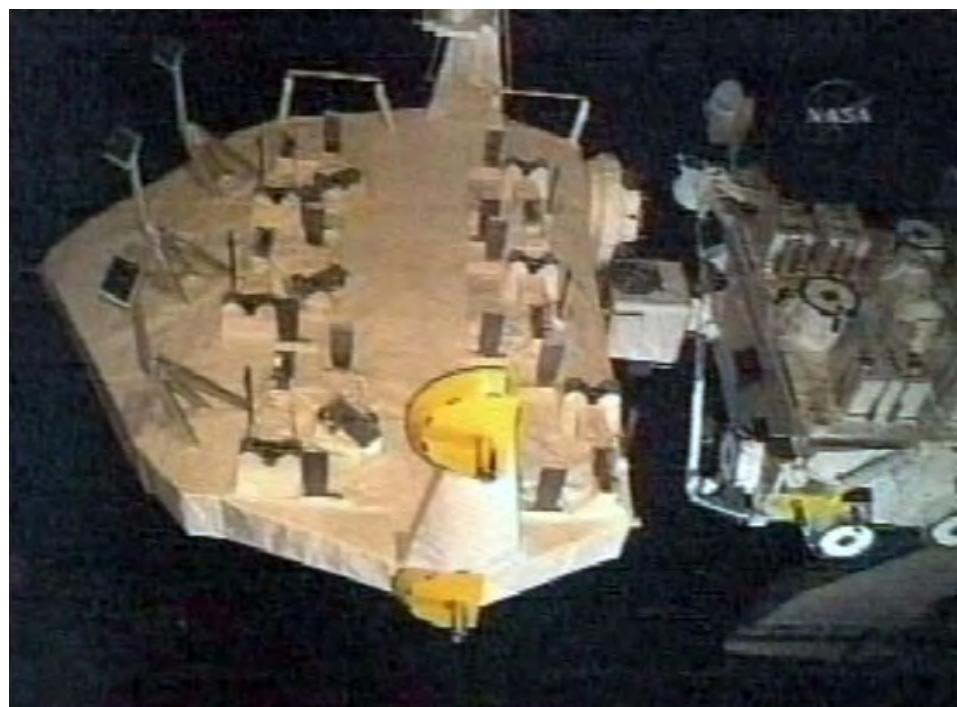


図 A2.1-10 船外パレット外観（船外実験プラットフォームから取り外されたところ）

(5) ロボットアーム(JEMRMS)

ロボットアーム(JEMRMS)は、船外実験プラットフォームでの実験で、実験装置の交換など人間の代わりに作業を行う「腕」となる部分で、「親アーム」とその先端に取り付けられる「子アーム」(HTV技術実証機で運搬)で構成されています。それぞれ6個の関節を持ち、宇宙飛行士が船内実験室のロボットアーム操作卓を使って操作を行います。本体の「親アーム」は船外実験装置の交換など、先端の「子アーム」は細かい作業を行うときに使用します。親アームに取り付けられたテレビカメラにより、船内実験室内から作業の様子を確認することができます。

ロボットアームの外観を図 A2.1-11 に、「きぼう」ロボットアームのワークステーションを図 A2.1-12 に示します。

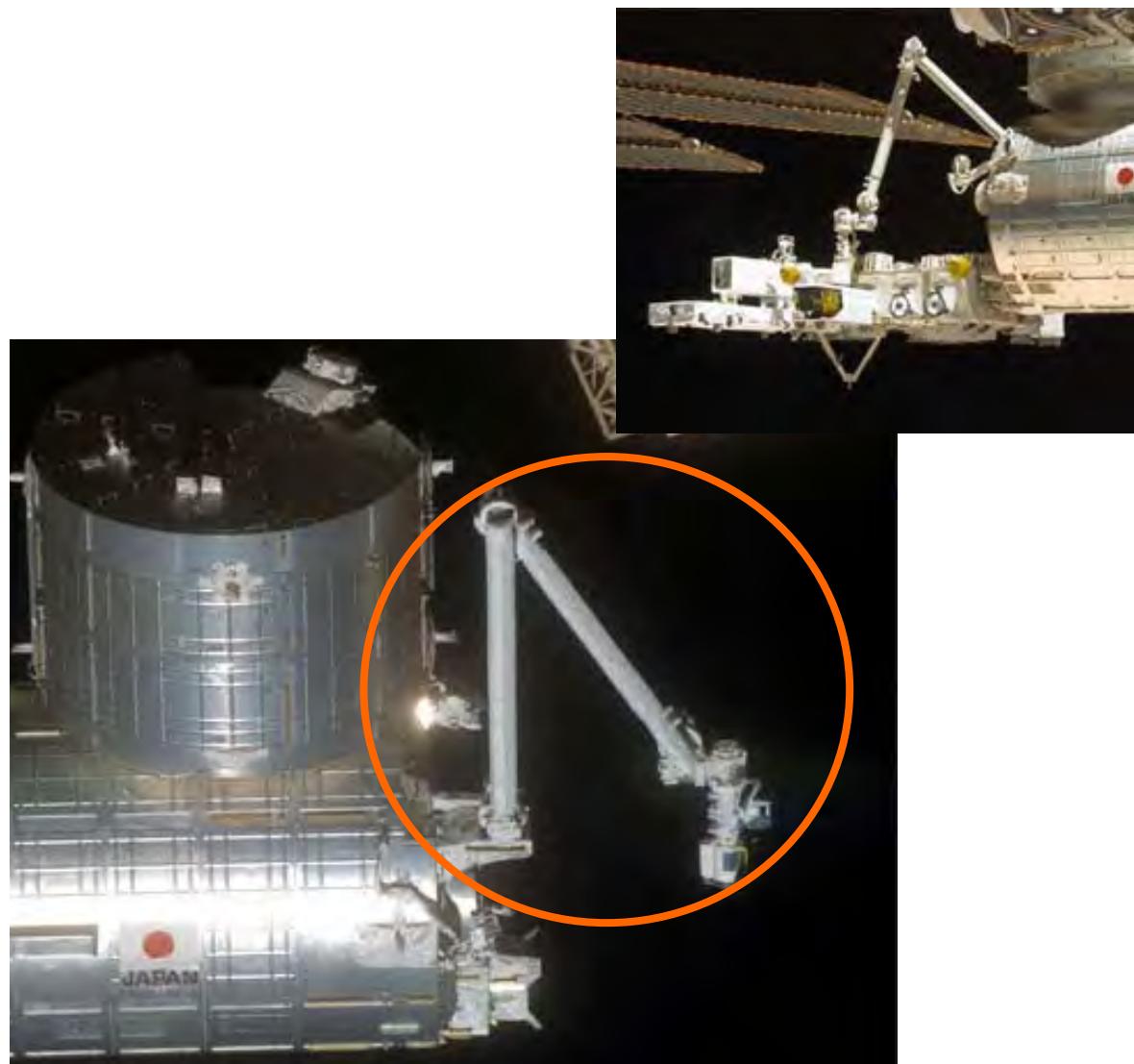


図 A2.1-11 「きぼう」ロボットアーム



図 A2.1-12 「きぼう」ロボットアームワークステーション

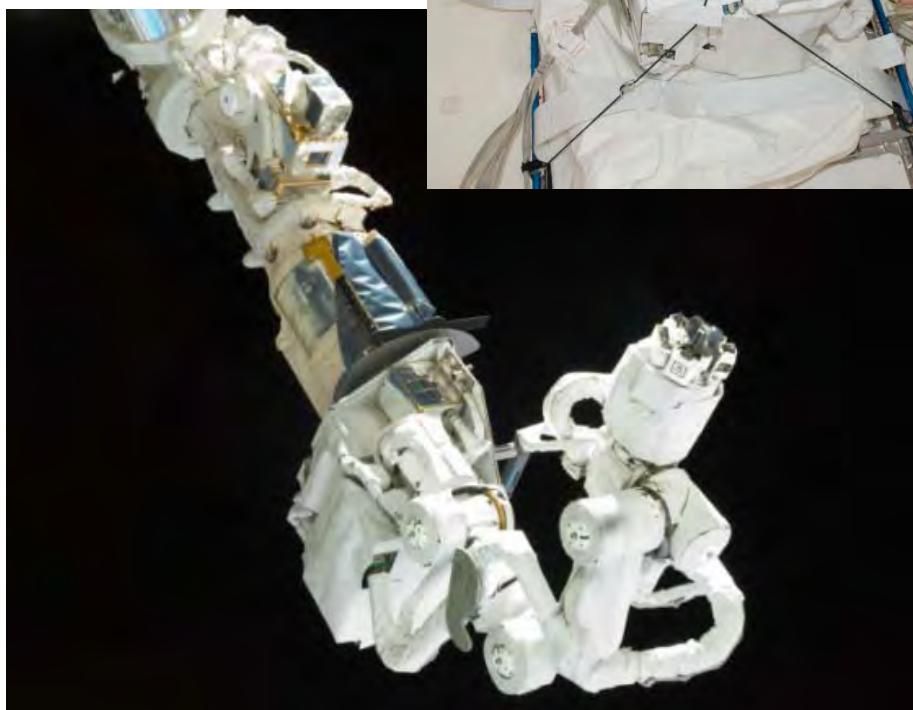


図 A2.1-13 「きぼう」ロボットアームの先端で把持された子アーム
(2010年3月)

(6)衛星間通信システム

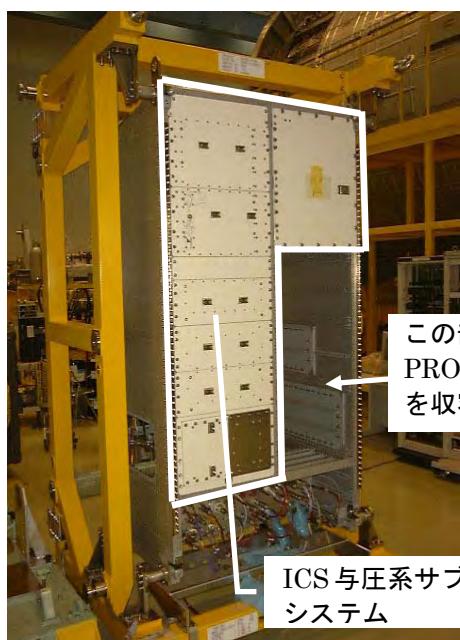
衛星間通信システム(Inter-orbit Communication System: ICS)は、日本独自で地上との双方向通信を行うシステムです。JAXA のデータ中継技術衛星を介して「きぼう」の実験データや画像や音声などを地上に伝送し、また地上からのコマンドや音声データなどを受信します。

ICS は、船内実験室に搭載され ICS の管理制御やデータ処理を行う与圧系サブシステムと、船外実験プラットフォームに取り付けられデータ中継衛星と通信するアンテナなどからなる曝露系サブシステムから構成されます。

ICS の曝露系サブシステムの外観を図 A2.1-14 に、与圧系サブシステムを図 A2.1-15 に示します。



図 A2.1-14 ICS 曝露系サブシステム



この部分には
PROX 通信機器※
を収容

ICS 与圧系サブ
システム

※PROX (Proximity Communication System)
は宇宙ステーション補給機 (H-II Transfer
Vehicle: HTV) の近傍通信システム

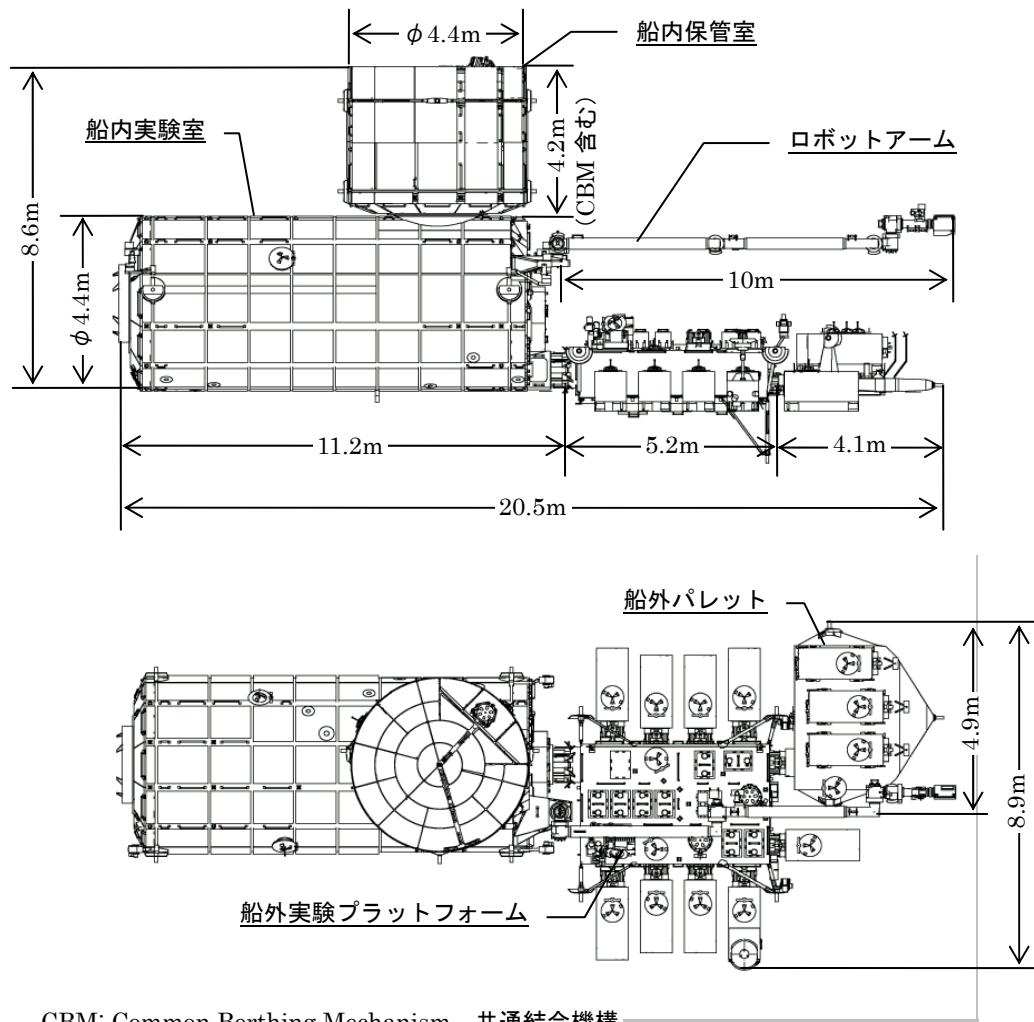
図 A2.1-15 ICS 与圧系サブシステム

2.2 「きぼう」の主要諸元

「きぼう」日本実験棟を構成する各要素の主要諸元を表 A2.2-1 に、寸法図を図 A2.2-1 に示します。各要素のさらに詳細な諸元については、「きぼう」ハンドブック第4章を参照ください。

表 A2.2-1 「きぼう」日本実験棟を構成する各要素の主要諸元

要素	寸法(m)	質量(t)	搭載ラック数 または実験装置数
船内実験室	外径 : 4.4 内径 : 4.2 長さ : 11.2	14.8 (軌道上:約 19t STS-124 終了時)	ラック総数 23 個 (システム機器用ラック:11 個、実験装置用ラック:12 個 (実験ラック 10 個、冷蔵庫ラ ック 1 個、保管ラック 1 個))
船内保管室	外径 : 4.4 内径 : 4.2 長さ : 4.2	4.2 (構造重量)	船内実験ラック 8 個
ロボットアーム	親アーム長さ : 10 子アーム長さ : 2.2	1.6 (ロボットアーム 操作卓等を含 む)	親アーム取扱い重量 最大 7t
船外実験プラ ットフォーム	幅 : 5.0 高さ : 3.8 長さ : 5.2	4.1	実験装置取付け場所 12 箇所 (システム機器用 2 箇所、実験 装置仮置き用 1 箇所を含む)



CBM: Common Berthing Mechanism、共通結合機構

図 A2.2-1 「きぼう」の寸法図

2.3 「きぼう」の運用モード

「きぼう」には運用状態に応じて4つの運用モードがあります。運用モードはISSのクルー、または地上からのコマンドで切り替えることができます。

ISSの運用モードは7種類あります。全てのモードはISSのクルー、または地上からのコマンドで切り替えることができます。

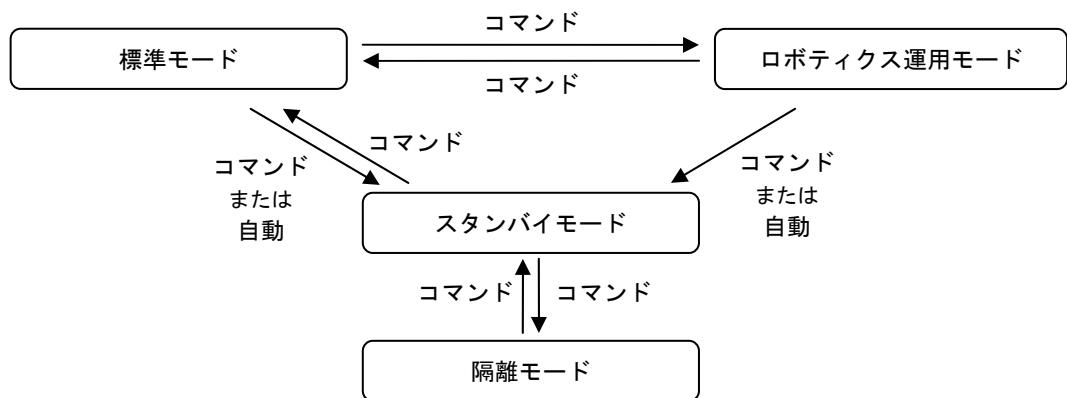
ISSでは、ISS運用モードが優位です。「きぼう」運用モードは、ISSの運用モードと整合をとって運用されます。

「きぼう」の運用モードがISSの運用モードに適合しない場合もありますが、その場合は、「きぼう」の運用モードは切替えを許可されません。また、ISSの運用モードが何らかの異常で変更されたとき、もし「きぼう」がそれに適さない運用モードであったような場合は、「きぼう」の運用モードは自動的にスタンバイモードへ切り替わるようになっています。

「きぼう」の運用モードを表A2.3-1に、「きぼう」運用モードの遷移の仕方を図A2.3-1に示します。また、ISSの運用モードを表3.3-2に示します。

表 A2.3-1 「きぼう」の運用モード

運用モード	概要
標準	「きぼう」の運用の中心となるモード。搭乗員が宇宙実験を行うことができます。ロボットアームの運用を行うことはできません。
ロボティクス運用	ロボットアームを運用することができるモード。その他の構成は標準モードと同じです。
スタンバイ	「きぼう」のシステムに何らかの異常が発生した場合などに、船内実験室での全ての実験支援を禁止して最小限のシステムで運用するモード。
隔離	実験室内の与圧環境が保証されないモード。このモードでは、ISSと「きぼう」間のハッチが閉じられ、搭乗員は船内実験室、船内保管室内に入ることができません。



図A2.3-1 「きぼう」運用モードの遷移

表 A2.3-2 ISS運用モード

運用モード	概要
標準	ISS運用の中心となるモード
リブースト	ISSの軌道の変更(リブースト等)を行うモード
微小重力	微小重力環境を要求する実験装置運用時のモード
サバイバル	差し迫った危険(ISSの姿勢や電力に異常が確認される等)の恐れがある場合などに、ISSを長期間にわたり運用させるためのモード
接近	スペースシャトル、ソユーズ宇宙船、プログレス補給船等の宇宙機の接近／離脱時のモード
安全確実なクルーザーの帰還	搭乗員の生命が危ぶまれる場合などに、搭乗員を安全に地上へ帰還させるために、ソユーズ宇宙船の分離、出発を支援するモード
外部運用	船外作業やロボットアームの運用等の船外での組立や保全活動を支援するモード

2.4 「きぼう」船内実験室のラック

システムラックは、「きぼう」の運用を維持するために必要な、電力、通信、空調、熱制御(実験の支援機能を含む)を確保するための機器類です。例えば、「きぼう」のメインコンピュータを搭載する監視制御ラック、与圧部の温度や湿度、気圧を調整し空気清浄を制御する空調／熱制御ラック、ISS から供給された電力を「きぼう」の各構成要素に分配する電力ラックなどがあげられます。

一方、実験ラックは、公募された実験を行うための実験装置を搭載するラックです。ISS の標準設計となっており、国際標準ペイロードラック(International Standard Payload Rack: ISPR)と呼ばれます。船内実験室には生物実験と材料実験を中心として合計 10 個の実験ラックを搭載することができます。

また、船内実験室の構造部には、「きぼう」の曝露施設の作業を支援するロボットアームが装備されています。ロボットアームの操作は、船内実験室の JEMRMS 制御ラック上のロボットアーム(JEMRMS)操作卓から行われます。船内実験室と船外実験プラットフォームとの間には、曝露実験装置や実験試料などを出し入れするためのエアロックが装備されています。

2011 年 4 月現在、船内実験室に設置されている JAXA 関連のラックは以下のとおりです。

- 電力(EPS)ラック-1(A 系)
- 電力(EPS)ラック-2(B 系)
- 情報管制(DMS)ラック-1(A 系)
- 情報管制(DMS)ラック-2(B 系)
- 空調／熱制御(ECLSS/TCS)ラック-1(A 系)
- 空調／熱制御(ECLSS/TCS)ラック-2(B 系)
- 「きぼう」のロボットアーム(JEMRMS)制御ラック
- ワークステーション(WS)ラック
- 衛星間通信システム(ICS)ラック
- SAIBO ラック(JAXA の実験ラック)
- RYUTAI ラック(JAXA の実験ラック)
- KOBAIRO ラック(JAXA の実験ラック) (HTV2 で運搬)
- 多目的実験ラック(MSPR) (JAXA の実験ラック) (HTV2 で運搬)
- 「きぼう」の保管ラック 2 台

上記のほか、NASA の実験ラック 2 台と冷凍冷蔵庫 2 台、NASA の保管ラックが設置されています。

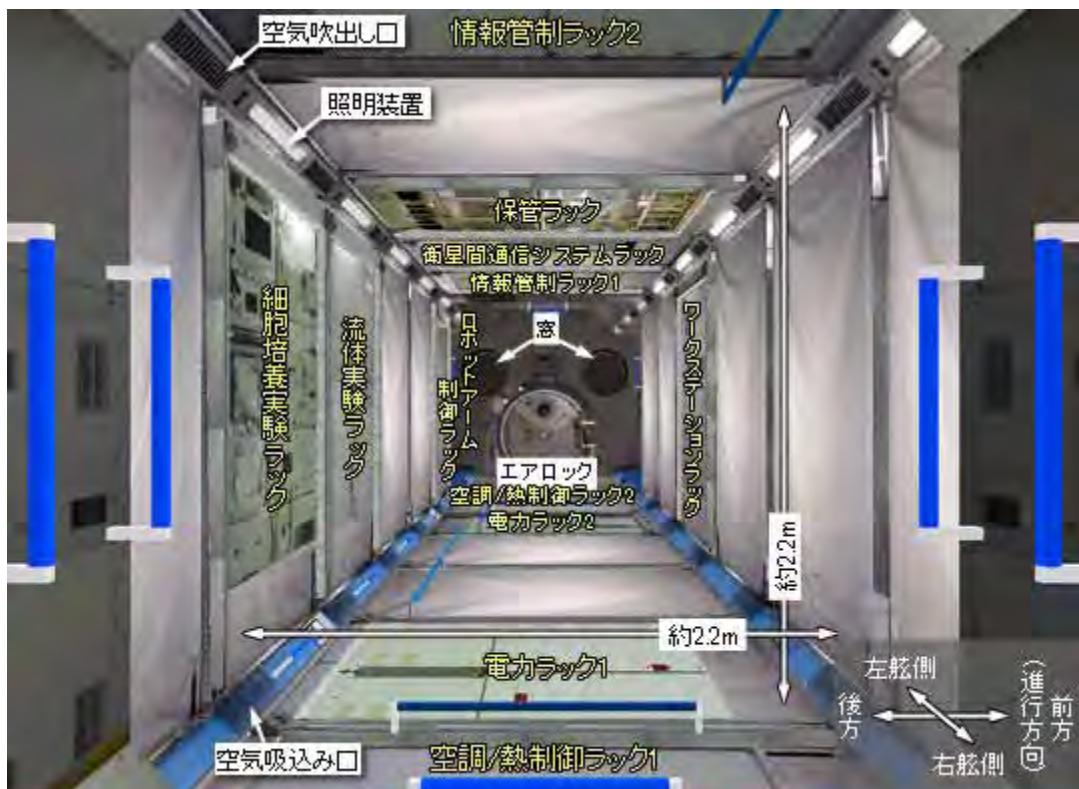


図 A2.4-1 STS-124 ミッション終了後の船内実験室内部のイメージ
(ハーモニー側から見たイメージ)

* 空きラックの部分には、ダミーパネル（布製のカバー）を設置

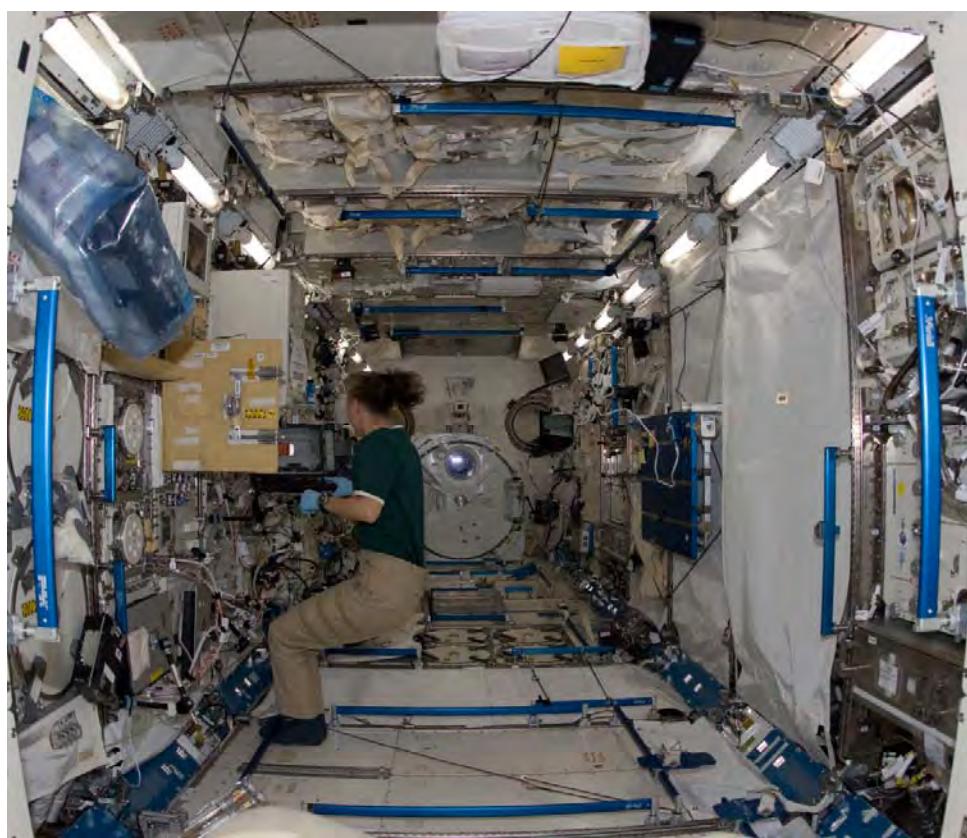


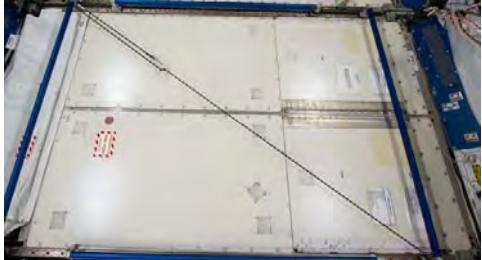
図 A2.4-2 船内実験室(2010年10月時点)

2.4.1 システムラック

「きぼう」の運用を担う主要システムは、A 系と B 系の二重冗長構成になっており、ラックもそれぞれ A 系ラックと B 系ラックにわかれています。「きぼう」の通常モードの運用では、A 系と B 系のシステムがそれぞれ同時に稼動しています。

各システムラックの機能は以下の表に示すとおりです。

表 A2.4.1-1 「きぼう」システムラックの機能

<p>◆ 電力ラック</p> <p>EPS(Electrical Power System) Rack</p> 	<p>ISS の太陽電池パドルで発電した電力は、ハーモニーを経由して「きぼう」へと供給されます。この供給された電力(直流 120V × 2 系統)を「きぼう」の各システム機器や実験装置に分配するための分配盤や分電箱などが装備されています。</p> <p>このラックは床面に 2 台設置されています。</p>
<p>◆ 情報管制ラック</p> <p>DMS(Data Management System) Rack</p> 	<p>DMS ラックには、「きぼう」の管制制御装置(JEM Control Processor:JCP)とペイロード用の中速データ伝送装置などが収められています。</p> <p>JCP は、「きぼう」のメインコンピュータであり、DMS1,2 に 2 台装備されており、故障時には自動的に予備系に切り替わります。JCP は、プロセッサとハードディスクで構成されており、ディスプレイやキーボードはありません。これらはラップトップコンピュータ経由で操作、モニタされます。</p> <p>このラックは天井に 2 台設置されています。</p>
<p>◆ 空調/熱制御ラック</p> <p>ECLSS/TCS(Environment Control and Life Support System / Thermal Control System) Rack</p> 	<p>ISS 本体からの空気・冷却水の供給などを受けながら、「きぼう」内の温度、湿度、空気の循環、空気の浄化を行うと共に、各ラックへの冷却水の供給を行います。</p> <p>このラックは床面に 2 台設置されています。</p>

◆ ワークステーションラック

WS(Work Station) Rack



画像データ等を切り替える機器、音声通信端末、TV モニタ 2 台(1 台は未装着)、警告警報パネルなどを装備しています。

◆ 衛星間通信システムラック

ICS(Inter-Orbit Communication System) Rack



ICS ラックは、データ中継技術衛星「こだま(DRTS)」を使用して「きぼう」と筑波宇宙センター間の通信を行うための通信機器を搭載しています。

また、宇宙ステーション補給機「こうのとり」(HTV)がランデブー時に使用する近傍通信システムも搭載しています。

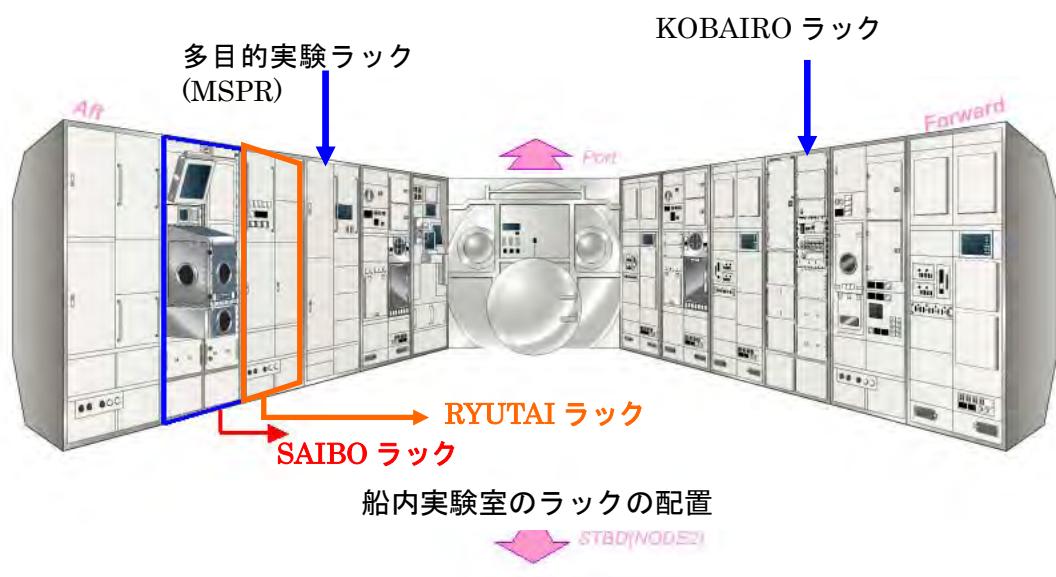
※「きぼう」のロボットアーム(JEMRMS)制御ラックは、2.4.3 項を参照ください。

2.4.2 JAXA の実験ラック

国際宇宙ステーション(ISS)で使用する実験装置は、「実験ラック」に搭載され宇宙へ運ばれます。

実験ラックは、「国際標準ペイロードラック(International Standard Payload Rack: ISPR)」と呼ばれる ISS 共通仕様のラックです*。ISPR は、ISS の各実験モジュールに設置され、ISS と実験装置をつなぐ実験支援機器(インターフェース)として、実際の実験運用に必要な電力、データ、ガス、冷却システムなどを提供します。

*¹ロシアのモジュールを除きます。



2.4.2.1 細胞(SAIBO)ラック

細胞(SAIBO)ラックは、動物の細胞や植物などを用いて生命科学に関する実験を行う実験ラックです。

SAIBO ラックには、以下に示す実験装置が搭載されています。

軌道上の SAIBO ラック(右の写真)

向かって右側に CBEF、左側に CB を収容



■ 細胞培養装置(CBEF)

細胞培養装置 (Cell Biology Experiment Facility: CBEF) は、動物、植物、微生物の細胞組織などを用いて、宇宙環境での生命の基礎研究を行う装置です。装置内は、温度、湿度、二酸化炭素濃度の調整が可能で、また、回転テーブルにより人工的に重力環境を作り出すことで、微小重力／加重力環境の両条件下での対照実験を行うことができます。



細胞培養装置(CBEF)

■ クリーンベンチ(CB)

クリーンベンチ(Clean Bench: CB) は、生命科学・生物学実験を実施するための、無菌環境を提供する設備です。CB には、作業を行う作業チャンバー (Operation Chamber) の他、汚染を防止するための隔離された殺菌室 (Disinfection Chamber) が作業チャンバーの前に装備されています。作業チャンバー内でも紫外線殺菌灯による殺菌や、微生物／微粒子の除去フィルタによる微粒子除去を行うことができます。



クリーンベンチ(CB)

2.4.2.2 流体(RYUTAI)ラック

流体(RYUTAI)ラックは、溶液、タンパク質などの結晶成長に関する基礎研究、流体実験および取得した実験画像を符号化・圧縮する装置を搭載した実験ラックです。

RYUTAI ラックには以下に示す実験装置が搭載されています。

軌道上の RYUTAI ラック(右の写真)



■ 流体物理実験装置(FPEF)

流体物理実験装置(Fluid Physics Experiment Facility: FPEF)は、微小重力環境において、常温に近い温度環境下で流体物理実験を行うための実験装置です。流体においては、温度差や濃度差が原因で表面張力に不均質性が生じ、流体内部に対流が生じます。この対流は、マランゴニ対流と呼ばれます。微小重力環境では、マランゴニ対流がよく観察できるようになります。

FPEF は、このマランゴニ対流を研究することを目的として設計されました。[上の写真で見える左上の突出部が FPEU]

■ 溶液・蛋白質結晶成長実験装置(SPCF)

溶液・蛋白質結晶成長実験装置(Solution/Protein Crystal Growth Facility: SPCF)は、蛋白質結晶生成装置(PCRF)と溶液結晶化観察装置(SCOF)の2つの装置で構成されており、溶液やタンパク質の結晶成長に関する基礎研究を行うための装置です。

■ 画像取得処理装置(IPU)

画像取得処理装置(Image Processing Unit: IPU)は、「きぼう」に搭載される実験装置から送られてくる実験画像を圧縮し、伝送ラインを通して地上に送る装置です。これにより、ほぼリアルタイムで実験画像を地上で見ることができます。また、地上との電波回線が空いていない時などのために、軌道上で実験画像をハードディスクに録画しておく機能を有しています。[上の写真で左下の部分が IPU]

2.4.2.3 勾配炉(KOBAIRO)ラック

勾配炉(KOBAIRO)ラックは、多目的実験ラック(MSPR)と共に、こうのとり2号機(HTV2)でISSに運ばれました。材料実験を行う温度勾配炉(Gradient Heating Furnace: GHF)を内蔵したラックです。

軌道上の KOBAIRO ラック(右の写真)

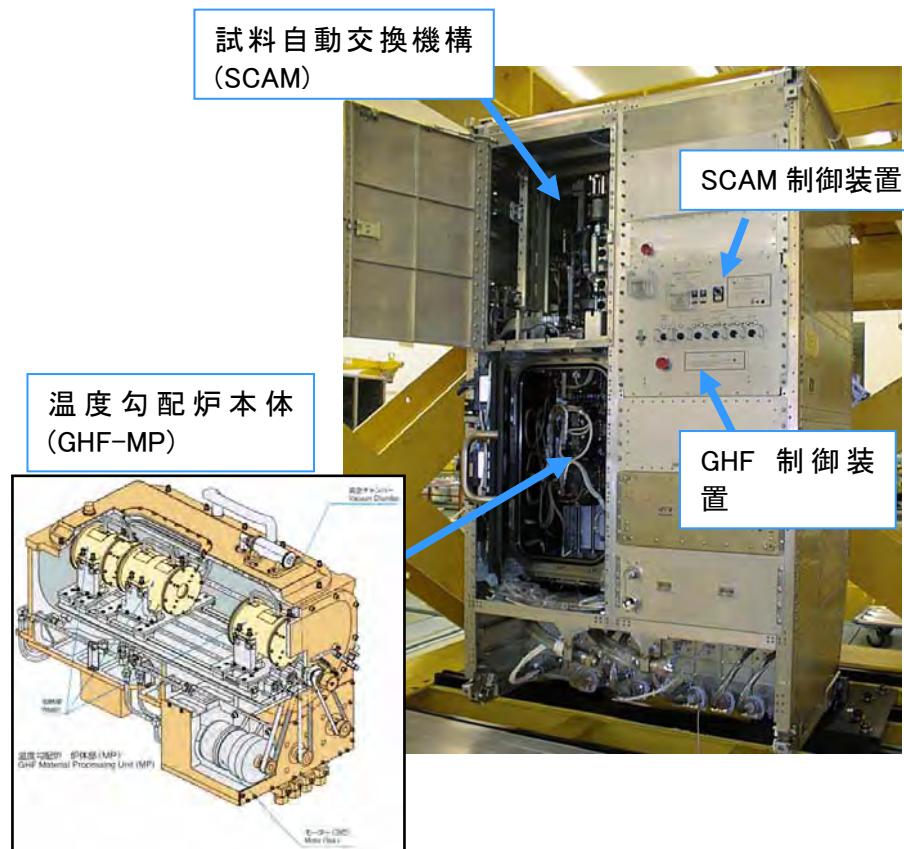


図 A2.4.2.3-1 勾配炉ラックの構成

2.4.2.4 多目的実験ラック(MPSR)

多目的実験ラック(Multi-purpose Small Payload Rack: MPSR)は、ユーザーが独自の装置を開発・搭載し、実験を行なうことを想定して、電源、通信機能などを備えた作業空間を提供するラックであり、KOBALIRO ラックと共にこうのとり2号機(HTV2)でISSに運ばれました。

多目的実験ラックは、ワークボリューム(Work Volume: WV)、ワークベンチ(Work Bench: WB)、小規模実験エリア(Small Experiment Area: SEA)の3種類の実験空間を提供します。

燃焼実験を行うユーザーに対しては、ワークボリューム内に設置できる燃焼実験チャンバー(Chamber for Combustion Experiment: CCE)を多目的実験ラックの構成品として用意しています。

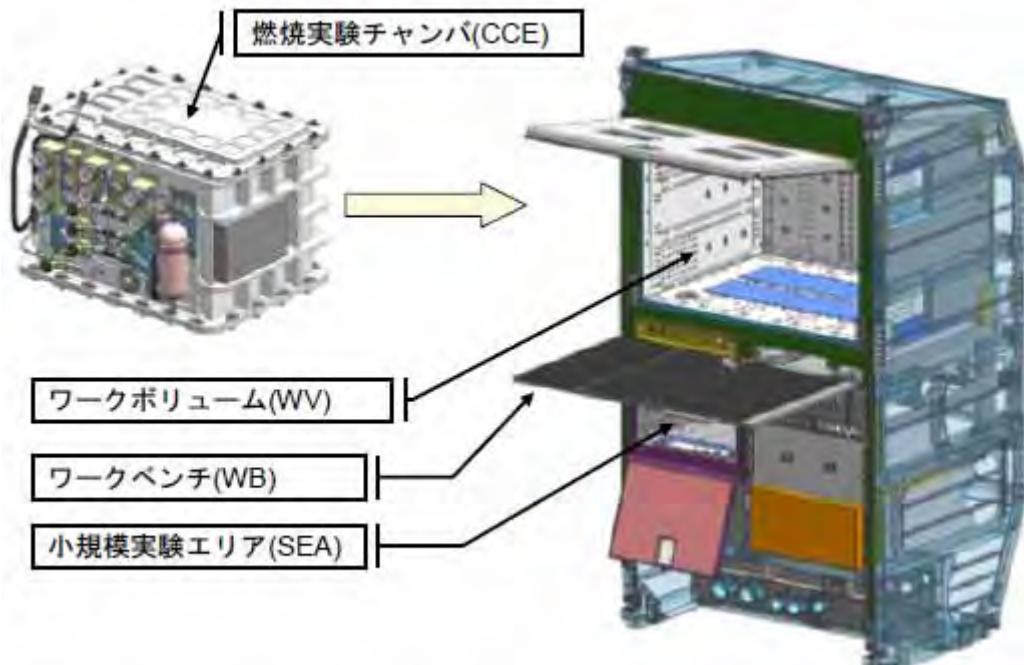


図 2.4.2.4-1 多目的実験ラック(MPSR) (イメージ図)



図 2.4.2.4-2 多目的実験ラックの写真(打上げ前)

コラム A2-1

実験ラックの役割

ISS 内部は重力がほぼゼロで、宇宙飛行士は浮遊状態にあります。宇宙飛行士から見て、実験装置が引っ込んでいたり、出っ張ったりしていると、操作しにくく、また宇宙飛行士が凹凸に引っかかり危険です。

そこで、実験ラックは、実験装置を宇宙飛行士にとって操作しやすい位置に配置・固定する役割を持っています。また、スペースシャトルや宇宙ステーション補給機 (H-II Transfer Vehicle: HTV) 「こうのとり」で実験ラックを ISS に輸送する際には大きな振動や加速度がかかりますが、実験装置を振動や加速度から守り、装置が実験ラックから飛び出さないようにする役割も果たしています。

実験ラックは、交換や軌道上での移動が可能であり、ISS の実験棟に直接搭載して打ち上げる以外にも、多目的補給モジュール (Multi Purpose Logistics Module: MPLM) や HTV に搭載して後から ISS に運ぶこともできます。

また、電力系や通信系、熱制御系などの部品が故障した場合でも、交換や修理が可能です。実験ラックを ISS で運用する期間は 3 年以上と非常に長いため、実験装置の交換や部品の修理といった軌道上での保全が重要なのです。

実験ラックは、ロシアを除いた ISS 全体で共通のサイズとインターフェース仕様で開発されています。

2.4.3 「きぼう」のロボットアーム(JEMRMS)制御ラック

「きぼう」のロボットアームは、親アーム、子アームはともに6つの関節があるため、動きにかなりの自由度が得られ、人間の腕と同様の動作が可能です。船内実験室内では、クルーがロボットアームに取り付けられているカメラの映像をロボットアーム操作卓(JEMRMS 制御ラック)のテレビモニタで確認しながら作業を進めて行きます。

JEMRMS 制御ラックの構成を図 A2.4.3-1 に示します。



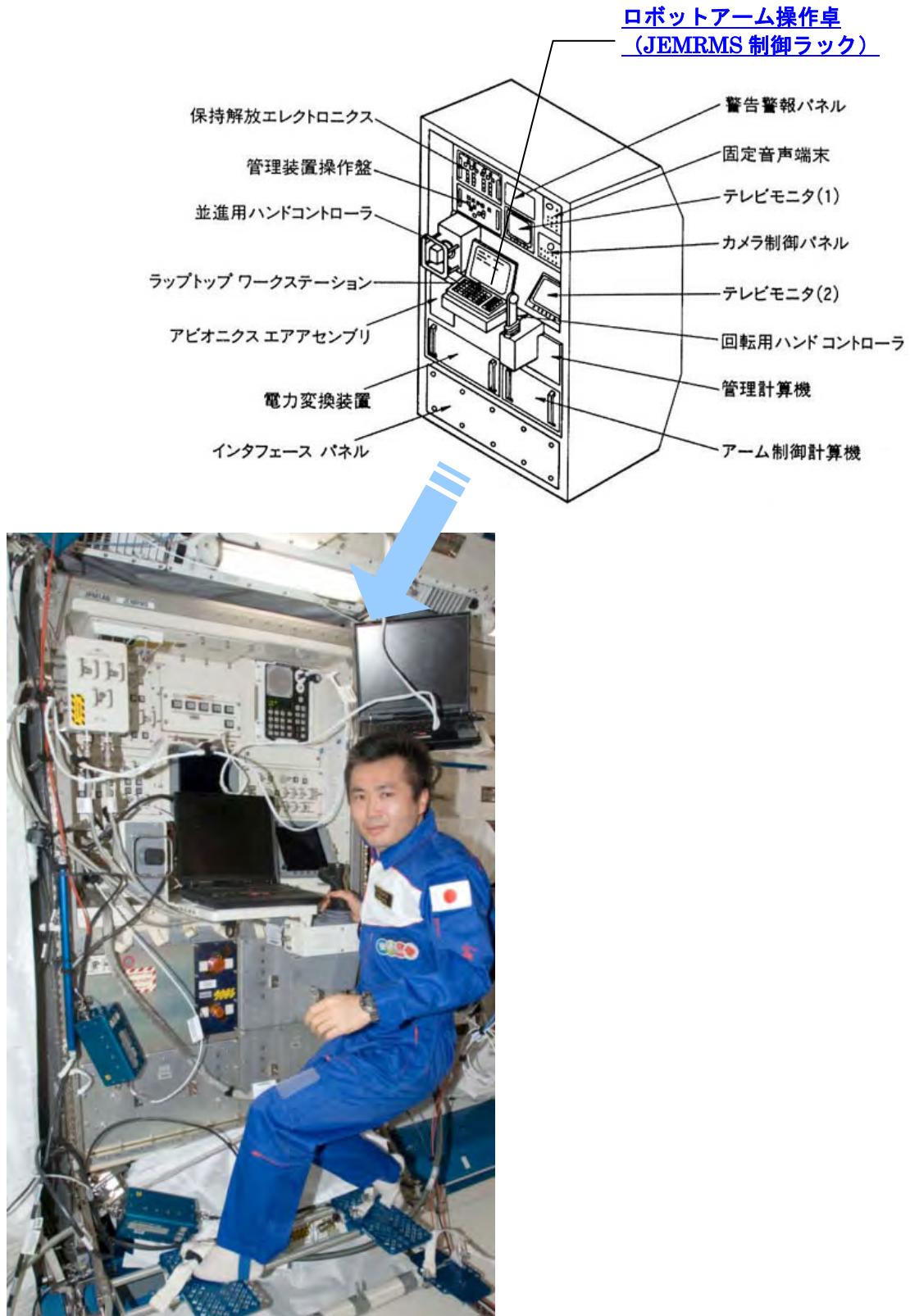


図 A2.4.3-1 JEMRMS 制御ラックの構成

2.5 運用管制

「きぼう」日本実験棟の「システム運用」と「実験運用」は、筑波宇宙センターから行います。筑波宇宙センターと「きぼう」との通信（音声、コマンド送信、テレメトリ受信、ビデオ受信）は、原則として米国の追跡データ中継衛星（TDRS）を経由して行います。日本のデータ中継技術衛星「こだま」（DRTS）を経由する通信も可能で、大量の実験データなどを筑波に直接送信するような場合には有効です。

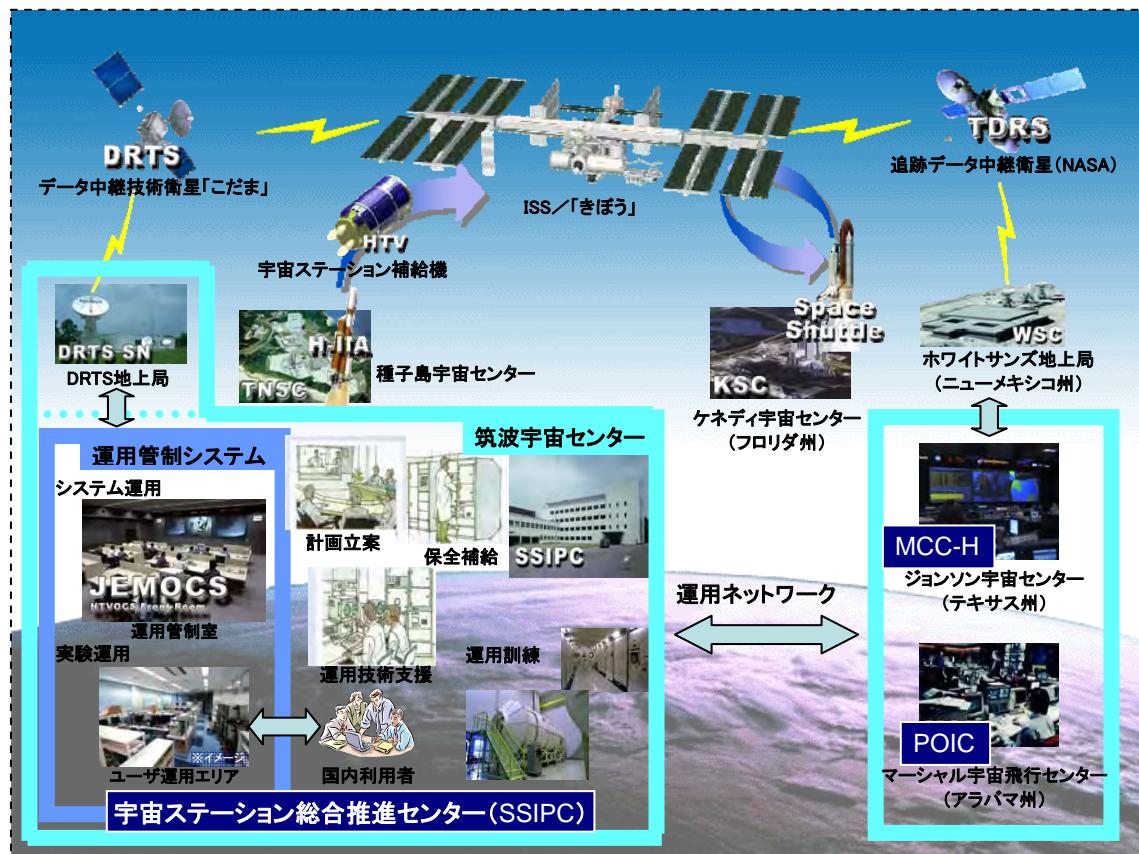


図 A2.5-1 「きぼう」運用システム概要

■ システム運用

システム運用は、「きぼう」の熱制御システム、電力システム、通信システム、空調／熱制御・生命維持システム、ロボティクスシステムなどの各システムの状態を示すデータが正常であることを常に確認すると共に、火災、減圧、空気汚染の際に、ISS 滞在クルーが必要な行動をとることができるように指示します。

また、「きぼう」の保全計画に基づき、「きぼう」に運ぶべき補給品の選定や、輸送手段(原則として HTV)、輸送時期などについての検討も行います。

「きぼう」の運用管制員が、「きぼう」運用管制チームの各ポジションに配置され、米国のフライトディレクタや飛行管制官と連携して、3交代 24 時間体制で ISS 運用に参加しています。

運用管制室のバックルームでは、JEM 技術チームが「きぼう」の運用をモニタし、「きぼう」運用管制チームを技術面で支援します。

■ 実験運用

日本の実験運用の計画はシステム運用計画と共にとりまとめられ、これを米国のジョンソン宇宙センター(JSC)に送付します。そして JSC での調整を経て ISS 全体の運用計画に取り込まれ、これに従って実験が行われることになります。

「きぼう」の利用は、「きぼう」実験運用管制チームが運用管制チームの JEM PAYLOADS の指揮のもと、筑波宇宙センター内の運用管制室に隣接したユーザ運用エリアで行います。

実験ユーザは自分の実験の模様をユーザ運用エリアからモニタし、ISS 側と連絡をとりながら実験を進めることができます。「ユーザ運用エリア」の準備が進められています。

【参考】「きぼう」の運用管制について

JAXA 公開ホームページでは、画像や動画にてさらに詳しく紹介しています。

■ 「きぼう」運用管制システム

<http://kibo.jaxa.jp/system/operation/ocs/>

■ 「きぼう」運用管制チーム

<http://kibo.jaxa.jp/system/operation/team/>

■ 「きぼう」実験運用管制チーム

<http://kibo.jaxa.jp/system/operation/plfct/>

2.5.1 運用管制チーム

運用管制チーム(JAXA Flight Control Team: JFCT)は、フライトディレクタと複数のポジションの運用管制員から成る 50 名以上のチームです。フライトディレクタが総指揮をとり、「きぼう」の各システムの専門知識を持つ運用管制員たちが支援します。

以下に JFCT の各ポジションの役割について紹介します。

- **J-FLIGHT: JAXA Flight Director (J-フライト: フライトディレクタ)**
「きぼう」の運用管制に関する全て(「きぼう」運用計画、システム運用、実験運用など)について責任があり、運用管制員や宇宙飛行士の作業指揮をとります。「きぼう」の運用では、各運用管制員は J-FLIGHT に現状報告を欠かさず行い、J-FLIGHT は NASA のフライトディレクタと連絡を密にとり、「きぼう」の運用の指揮をとります。
- **CANSEI: Control and Network Systems, Electrical Power, and ICS Communication Officer (カンセイ: 管制、通信、電力系機器担当)**
「きぼう」のコンピュータや通信機器、電力系の機器の状態を、軌道上からリアルタイムで送られるデータによって監視するとともに、それらのシステムに対する制御を地上から実施します。
- **FLAT: Fluid and Thermal Officer (フラット: 環境・熱制御系機器担当)**
「きぼう」内の環境を整える機器や、装置から出る熱を制御する機器の状態を、軌道上からリアルタイムで送られるデータによって監視するとともに、それらのシステムに対する制御を地上から実施します。
- **KIBOTT: Kibo Robotics Team (キボット: ロボットアーム・機構系担当)**
「きぼう」のロボットアーム、エアロック、構造・機構系の運用・管理を行います。
ロボットアームの運用時には、必要な軌道上システムの準備および監視を行い、軌道上の宇宙飛行士によるロボットアーム運用の支援を行います。
- **J-PLAN: JAXA Planner (J-プラン: 実運用計画担当)**
「きぼう」運用の計画立案を行います。
運用中は計画進行状況を監視し、不具合が起きた場合などには運用計画の変更・調整を行います。
- **SENIN: System Element Investigation and Integration Officer (センニン: システム担当)**
「きぼう」のシステムが正常に機能しているかどうかを監視します。
複数のポジションの運用管制員が関わる作業に対し、「きぼう」システム全体の取りまとめを行います。

■ TSUKUBA GC: Tsukuba Ground Controller

(ツクバジーシー:地上設備担当)

運用管制システム、運用ネットワークシステムなど、「きぼう」の運用に必要な地上設備の運用・管理を行います。

■ J-COM: JEM Communicator (J-コム: 交信担当)

「きぼう」の宇宙飛行士と実際に交信するのがJ-COMです。「きぼう」内で機器の操作などを行う宇宙飛行士に対し、音声で必要な情報を通知し、また宇宙飛行士からの連絡に対して応答します。飛行管制官からの通話や指示はすべて J-COM を通して行われます。

■ ARIES: Astronaut Related IVA and Equipment Support

(アリーズ:船内活動支援担当)

軌道上の宇宙飛行士の船内活動 (Intra-Vehicular Activity: IVA) を地上から支援したり、船内の機器や物品などの管理を行います。

■ JEM PAYLOADS: JEM Payload Officer

(ジェムペイローズ:ペイロード運用担当)

「きぼう」での実験運用が円滑に実施されるよう、実験実施者の窓口となり、取りまとめを行います。

JEM PAYLOADS の下に「実験運用管制チーム (Payload Flight Control Team: PL FCT)」が属しており、実験運用管制員たちが実験装置の運用を行います。

■ JAXA EVA: JAXA Extravehicular Activity

(ジャクサイーブイエー:船外活動支援担当)

宇宙飛行士の「きぼう」に関わる船外活動 (Extra Vehicular Activity: EVA) 時に、地上から支援します。

※JAXA EVA は、運用管制室には入りません。

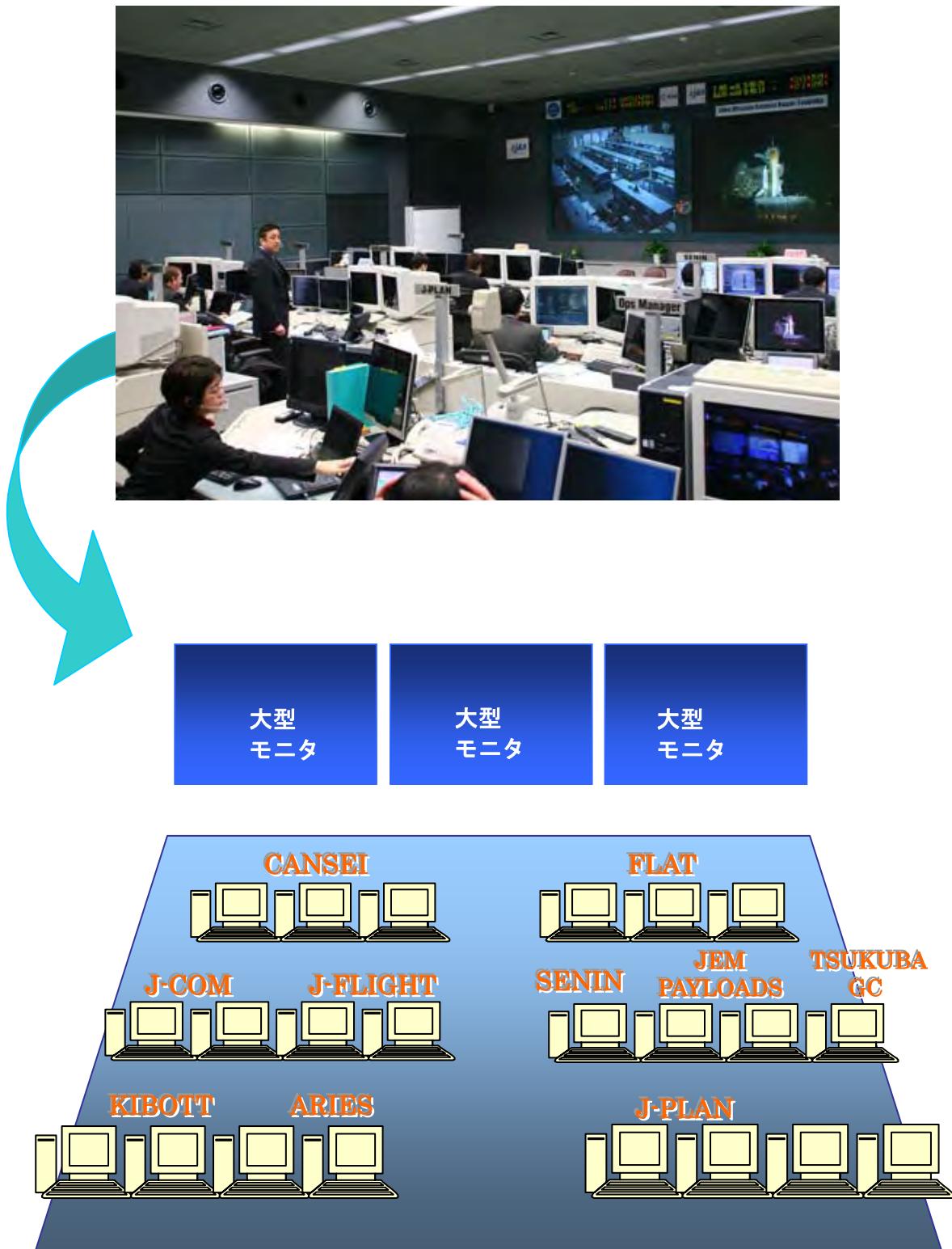


図 A2.5-2 「きぼう」日本実験棟の運用管制室の配置図

2.5.2 JEM 技術チーム

JEM 技術チーム (JET: JEM Engineering Team (ジェット)) は、JEM 開発プロジェクトチームのメンバーで構成される、「きぼう」の技術支援チームです。

JET は、「きぼう」運用管制室のバックルームで「きぼう」の運用をモニタし、「きぼう」運用管制チーム (JFCT) を技術面で支援します。

JET の技術者は、「きぼう」の運用に関して何か問題が発生した場合、NASA と共に問題対処にあたれるように NASA のミッションコントロールセンターにも配置されます。

2.5.3 実験運用管制チーム

「きぼう」実験運用管制チーム (Payload Flight Control Team: PL FCT) は、「きぼう」運用管制チームで「きぼう」利用全体の取りまとめを行う JEM PAYLOADS に属するチームで、日本の実験運用とりまとめ担当である JPOC、個々の実験装置の運用担当 (FISICS、BIO) から構成されます。現在、約 25 名の実験運用管制員が所属しています。「きぼう」船外実験プラットフォームに搭載される曝露実験装置の運用が始まると、曝露ペイロード運用チームが加わることになります。

実験運用管制員は、「きぼう」に搭載されている実験装置を使って実験を遂行します。実験装置の状態監視、制御コマンドの送信やリアルタイムでの運用計画の管理を行います。また、教育文化ミッションや医学ミッションなど、「きぼう」を利用する各ミッションを実施します。

以下に PL FCT の各ポジションの役割について紹介します。

■ JPOC: JAXA Payload Operations Conductor (ジェイポック: 日本の実験運用取りまとめ)

実験運用管制室のリーダ。

「きぼう」で実施する日本の実験運用に関して、実験計画の調整、進行管理を中心に、実験全般の取りまとめを行います。また、運用管制室にいる JEM PAYLOADS を、ユーザ運用エリア (UOA) から補佐します。

■ FISICS: FluId ScIence and Crystallization Science Ops Lead (フィジクス: 流体実験ラック運用担当)

流体実験ラックに搭載される実験機器 (流体物理実験装置 (FPEF)、溶液結晶化観察装置 (SCOF)、蛋白質結晶生成装置 (PCRF)、画像取得処理装置 (IPU)) の運用全般を統括します。

流体実験ラックに搭載される実験機器の状態を、軌道上からリアルタイムで送られるデータによって監視するとともに、それらの機器に対する制御を地上から実施します。

- BIO: BIology Ops Lead(バイオ:細胞実験ラック運用担当)
細胞実験ラックに搭載される実験機器(細胞培養装置(CBEF)、クリーンベンチ(CB))の運用全般を統括します。
細胞実験ラックに搭載される実験機器の状態を、軌道上からリアルタイムで送られるデータによって監視するとともに、それらの機器に対する制御を地上から実施します。
- RYUTAI Rack UI/PI/Eng.:
User Integrator/Principal Investigator/Engineer (RYUTAI Rack)
(リュータイ ユーザインテ/ピーアイ/エンジニア:流体実験ラック実験研究者チーム、エンジニアチーム)
実験テーマ提案者である代表研究者「PI」、メーカーと共に個別の実験機器、実験サンプルの製作を担当し、また PI と共に実験計画の検討を行ってきた「UI」、流体実験ラック搭載機器の開発を行ってき実験装置開発担当「Engineer」から構成されます。
実験運用管制室では、実験の映像やデータをモニタしながら、実験条件の変更等をリアルタイムで検討します。研究者チーム、エンジニアチームと PL FCT とが協調し、状況に応じて臨機応変に対応し、実験を遂行します。
- SAIBO Rack UI/PI/Eng.:
User Integrator/Principal Investigator/Engineer (SAIBO Rack)
(サイボウ ユーザインテ/ピーアイ/エンジニア:細胞実験ラック実験研究者チーム、エンジニアチーム)
実験テーマ提案者である代表研究者「PI」、メーカーと共に個別の実験機器、実験サンプルの製作を担当し、また PI と共に実験計画の検討を行ってきた「UI」、細胞実験ラック搭載機器の開発を行ってき実験装置開発担当「Engineer」から構成されます。
流体実験ラックと同様、研究者チーム、エンジニアチームと PL FCT とが協調し、状況に応じて臨機応変に対応し、実験を遂行します。
- EPO/Medical: Education Payload Observation Officer
(イーピーオー/メディカル:教育文化・医学ミッション担当)
「きぼう」では、科学的な実験の運用のほかにも、国際宇宙ステーション(ISS)独自の環境を利用した、さまざまな教育文化ミッション(教育、人文科学、芸術等に関する試み)や宇宙飛行士の健康を管理する医学ミッションが行われます。
ミッション提案者と共に、使用する機器の製作、ミッション計画の検討を行ってきた教育文化・医学ミッション担当者が、「EPO」や「Medical」として、実験運用管制室に入り、JEM PAYLOADS、JPOC らと連携して、運用を行います。

■ SEDA-AP

MAXI #1 & #2

Space Environment Data Acquisition equipment - Attached Payload
Monitor of All-sky X-ray Image

(セダエーピー、マキシ:曝露ペイロード運用チーム)

宇宙曝露環境を利用して実験や観測を行う装置(宇宙環境計測ミッション装置(SEDA-AP)、全天 X 線監視装置(MAXI))の運用を担当します。

(超伝導サブミリ波リム放射サウンダ(SMILES)は故障のため 2010 年に実験運用を終了しました。)

「きぼう」には、宇宙飛行士が普段着で作業を行うことができる船内実験室のほかに、宇宙空間をそのまま利用して実験を行う船外曝露実験エリアである、船外実験プラットフォームがあります。この曝露環境を利用して実験や観測を行う装置を運用するのが、曝露ペイロード運用チームです。

JEM PAYLOADS、JPOC らと連携して、UOA から実験運用を行います。



図 A2.5-3 「きぼう」日本実験棟 実験運用管制室の配置(ユーザ運用エリア(UOA))



図 A2.5-4 実験運用管制室の様子

付録3. 参考データ

3.1 ISSにおけるEVA履歴

表 A3.1-1 に国際宇宙ステーション(ISS)組立て・メンテナンスに関する船外活動(EVA)の履歴を示します。米露以外の国籍では、これまでにカナダ人3名、フランス人1名、ドイツ人2名、スウェーデン人1名、および日本人1名が船外活動を実施しています。(2011年5月27日現在)

表 A3.1-1 ISS組立てに関するEVA履歴(1/11) 2011年5月27日現在

	ミッション	年月日	作業時間	EVAクルー	エアロック	備考
1	STS-88 (2A)	1998.12.07	7H21m	ジェリー・ロス ジム・ニューマン	STS	シャトル通算42回目のEVA。 初のISS組立てEVA:ザーリヤとユニティの結合作業。
2		1998.12.09	7H02m	同上		
3		1998.12.12	6H59m	同上		
4	STS-96 (2A.1)	1999.05.29 ~05.30	7H55m	タミー・ジャーニガン* ダン・バリー	STS	EVAクレーンの設置。
5	STS-101 (2A.2a)	2000.05.21 ~05.22	6H44m	ジェームス・ヴォス ジェフリー・ウイリアムズ	STS	EVAクレーンの組立。
6	STS-106 (2A.2b)	2000.09.10 ~09.11	6H14m	エドワード・ルー ユーリ・マレンченコ	STS	ズヴェズダとザーリヤ間の配線接続など。
7	STS-92 (3A)	2000.10.15	6H28m	リロイ・チャオ ウイリアム・マッカーサー	STS	Z1トラスとPMA-2の艤装作業など。
8		2000.10.16	7H07m	ピーター・ワゾフ マイケル・ロペズ-アレグリア		
9		2000.10.17	6H37m	リロイ・チャオ ウイリアム・マッカーサー		
10		2000.10.18	6H56m	ピーター・ワゾフ マイケル・ロペズ-アレグリア		
11	STS-97 (4A)	2000.12.03	7H34m	ジョー・タナー カルロス・ノリエガ	STS	P6トラスの結合、艤装作業など。
12		2000.12.05	6H37m	同上		
13		2000.12.07	5H10m	同上		
14	STS-98 (5A)	2001.02.10	7H34m	トム・ジョーンズ ボブ・カービーム	STS	デスティニーの艤装作業など。
15		2001.02.12	6H50m	同上		
16		2001.02.14	5H25m	同上		
17	STS-102 (5A.1)	2001.03.10 ~03.11	8H56m	ジェームス・ヴォス スザン・ヘルムズ*	STS	デスティニーの艤装、ESP-1の設置など。 8H56mは、最長のEVA記録。
18		2001.03.12	6H21m	アンディ・トーマス ポール・リチャーズ		
19	STS-100 (6A)	2001.04.22	7H10m	クリス・ハドフィールド スコット・パラジンスキ	STS	SSRMSの展開、UHFアンテナの設置など。 クリス・ハドフィールドは、カナダ人初のEVAを実施。
20		2001.04.24	7H40m	同上		
21	ISS 2-1 (ロシア EVA-1)	2001.06.08	19m	ユーリ・ウサチエフ ジェームス・ヴォス	SM	ズヴェズダの一部を減圧しての船内EVA。Orlan宇宙服使用。

表の年月日は米国時間。

表 A3.1-1 ISS組立てに関するEVA履歴(2/11)

	ミッション	年月日	作業時間	EVAクルー	エアロック	備考
22	STS-104 (7A)	2001.07.14 ~07.15	5H59m	マイケル・ガーンハート	STS	クエストの取り付け、艤装作業など。
23				ジェイムズ・ライリー		
24		2001.07.17 ~07.18	6H29m	同上		
25	STS-105 (7A.1)	2001.08.16	6H16m	ダニエル・バリー	STS	初期アンモニア充填装置(EAS)の設置、米国の材料曝露実験装置(MISSE)の設置など。
26				パトリック・フォレスター		
27		2001.08.18	5H29m	同上		
28	ISS 3-1 (ロシア EVA-2)	2001.10.08	4H58m	ウラディミール・ジェジューロフ	DC-1	「ピアース」(DC-1)初使用。DC-1の艤装。
29	ISS 3-2 (ロシア EVA-3)			ミハイル・チューリン		
30	ISS 3-3 (ロシア EVA-4)	2001.10.15	5H58m	同上	DC-1	NASDAの材料曝露実験装置(MPAC&SEED)の設置。DC-1の艤装。
31	ISS 3-4 (ロシア EVA-4A)	2001.11.12	5H04m	同上	DC-1	DC-1の艤装。
32	ISS 3-5 (ロシア EVA-5)	2001.12.03	2H46m	同上	DC-1	5P分離時に残していった異物(Oリング)を除去(予定外のEVA)。
33	STS-108 (UF-1)	2001.12.10	4H11m	リンダ・ゴドワイン*	STS	P6トラスのBGA(ベータ・ジンバル・アセンブリ)への断熱カバーの設置。
34	ISS 4-1 (ロシア EVA-6)	2002.01.14		ダニエル・タニ		
35	STS-110 (8A)	2002.01.25	5H59m	ユーリー・オヌフrienコ	DC-1	ロシアのEVAクレーンの移設。アマチュア無線(ARISS)アンテナの設置。
36				カール・ウォルツ		
37		2002.02.20	5H47m	ユーリー・オヌフrienコ	DC-1	ズヴェズダのスラスタガスの汚染防止機器の設置。
38		2002.04.11		ダニエル・バーシュ		
39	STS-111 (UF-2)	2002.04.13	7H48m	カール・ウォルツ	クエスト	8AのEVAに備えた作業。クエストの機能確認。
40				ダニエル・バーシュ		
41		2002.04.14	7H30m	スティーブン・スミス		
42	ISS 4-2 (ロシア EVA-7)	2002.04.16	6H27m	レックス・ワルハイム	クエスト	S0トラスの取り付け、モビル・トランスポーター(MT)の艤装作業など。ジェリー・ロスは、通算9回のEVAで、合計58H18mのEVA作業時間を記録(米国記録)。
43	ISS 4-3 (US EVA-1)	2002.06.09	6H37m	ジェリー・ロス		
44	ISS 4-4 (ロシア EVA-8)	2002.06.11	7H14m	リー・モーリン		
45	STS-111 (UF-2)	2002.06.13	5H00m	同上	DC-1	モビル・ベース・システム(MBS)の取り付け。SSRMS「カナダアーム2」の手首ローラー関節の交換修理。フィリップ・ペリンはフランス人
46	ISS 4-5 (ロシア EVA-9)	2002.06.15	7H17m	同上		
47	ISS 4-6 (ロシア EVA-10)	2002.08.16	4H25m	フランクリン・チャンーディアズ		
48	ISS 4-7 (ロシア EVA-11)	2002.08.18	5H21m	フィリップ・ペリン	DC-1	ズヴェズダのデブリ防御パネルの設置。*印は女性宇宙飛行士
49	ISS 4-8 (ロシア EVA-12)	2002.08.20	5H21m	ワレリー・コルズン		
50	ISS 4-9 (ロシア EVA-13)	2002.08.22	5H21m	ペギー・ウィットソン*		
51	ISS 4-10 (ロシア EVA-14)	2002.08.24	5H21m	ワレリー・コルズン	DC-1	NASDAの材料曝露実験装置MPAC&SEEDのパネル1枚を回収。
52	ISS 4-11 (ロシア EVA-15)	2002.08.26	5H21m	セルゲイ・トレスコフ		

注:エアロック欄のSTSはシャトルのエアロックを使用。クエストは、米国製のジョイント・エアロック「クエスト」を使用。DC-1は、ロシアの「ピアース」を使用(Orlan宇宙服を使用)。

表 A3.1-1 ISS組立てに関するEVA履歴(3/11)

	ミッション	年月日	作業時間	EVAクルー	エイロック	備考
44	STS-112 (9A)	2002.10.10	7H01m	デビッド・ウォルフ ピアース・セラーズ	クエスト	S1トラスの艤装、外部TVカメラの設置、アンモニア配管の機能改修器具(SPD)の設置など。
45				同上		
46		2002.10.14	6H36m	同上		
47	STS-113 (11A)	2002.11.26	6H45m	マイケル・ロペズ-アレグリア ジョン・ヘリントン	クエスト	P1トラスの艤装、SPDの設置、UHFアンテナの展開など。
48				同上		
49		2002.11.30	7H00m	同上		
50	ISS 6-1 (US EVA-2)	2003.01.15	6H51m	ケネス・バウアーソックス ドナルド・ペティ	クエスト	P1トラスの艤装、ラジエータの展開など。(医学上の問題により、EVAクルーがブダーリンからペティに交代された。)
51	ISS 6-2 (US EVA-3)	2003.04.08		同上		
52	ISS 8-1 (ロシア EVA-9)	2004.02.26	3H55m	アレクサンダー・カレリ マイケル・フォール	DC-1	宇宙服の冷却トラブルにより途中で作業を中止した。JAXAのMPAC & SEEDパネルを1枚回収。
53	ISS 9-1 (ロシア EVA-9A)	2004.06.24	0H14m	ゲナディ・パダルカ マイケル・フィンク		
54	ISS 9-2 (ロシア EVA-9B)	2004.06.30		同上	DC-1	故障したS0トラスのRPCMを交換し、CMG-2への電力供給を復活させた。(6/24のEVAの再実施)
55	ISS 9-3 (ロシア EVA-10)	2004.08.03	4H30m	同上	DC-1	ESAの欧州補給機(ATV)とのドッキングに備えてズヴェズダ後部へ各種機器を設置した。
56	ISS 9-4 (ロシア EVA-11)	2004.09.03	5H21m	同上	DC-1	ザーリヤのポンプパネルの交換、ATVアンテナの設置など。
57	ISS 10-1 (ロシア EVA-12)	2005.01.26	5H28m	リロイ・チャオ サリザーン・シャリポフ	DC-1	ズヴェズダへのドイツの小型ロボット実験装置の設置など。
58	ISS 10-2 (ロシア EVA-13)	2005.03.28		同上		
59	STS-114 (LF-1)	2005.07.30	6H50m	野口聰一 スティーブン・ロビンソン	STS	軌道上でのシャトルの熱防護システムの修理試験、故障したCMGの交換修理、ESP-2の取り付け、MISSE-1,2の回収と、MISSE-5の設置など。
60				同上		
61		2005.08.03	6H01m	同上		
62	ISS 11-1 (ロシア EVA-14)	2005.08.18	4H58m	セルゲイ・クリカレフ ジョン・フィリップス	DC-1	ロシアの材料曝露実験装置の回収、JAXAのMPAC & SEEDパネルをズヴェズダから回収、マトリョーシカの回収、TVカメラの設置
63	ISS 12-1 (US EVA-4)	2005.11.07		ウイリアム・マッカーサー バレリー・トカレフ		
64	ISS 12-2 (ロシア EVA-15)	2006.02.03	5H43m	ウイリアム・マッカーサー バレリー・トカレフ	DC-1	スーツサット放出、モービルトランスポータ(MT)の非常用ケーブルカッターへの安全ボルト取り付け、FGBに設置されていたロシアのStrelaクレーン用のアダプターをPMA-3に移設など

注:52~58回目のEVAは、ISS滞在クルーが2名のみであったため、EVA中はISS内は無人状態であった。

表 A3.1-1 ISS組立てに関するEVA履歴(4/11)

	ミッション	年月日	作業時間	EVAクルー	エアック	備考	
65	ISS 13-1 (ロシア EVA-16)	2006.06.01	6H31m	パベル・ビノグラドフ	DC-1	エレクトロン(酸素発生装置)の水素排気口の設置、クロムカの回収、ピアース外壁に設置されていたBiorisk実験装置の回収、モービルベースシステム(MBS)のカメラの交換など	
				ジェフリー・ウィリアムズ			
66	STS-121 (ULF1.1)	2006.07.08	7H31m	ピアース・セラーズ	クエスト	TUS(Trailing Umbilical System)リールアセンブリの交換準備、センサ付き検査用延長ブーム(OBSS)の足場安定性試験	
				マイケル・フォッサム			
67		2006.07.10	6H47m	同上	クエスト	ポンプモジュールの保管、TUS(Trailing Umbilical System)リールアセンブリの交換	
68		2006.07.12	7H11m	同上	クエスト	強化炭素複合材(RCC)修理方法の検証、赤外線ビデオカメラの性能試験など	
69	ISS 13-2 (US EVA-5)	2006.08.03	5H54m	ジェフリー・ウィリアムズ	クエスト	浮動電位測定装置(FPMU)、材料曝露実験装置(MISSE-3,4)の設置、ラジエータ回転用モータのコントローラ(RJMC)の設置など	
				トマス・ライター			
70	STS-115 (12A)	2006.09.12	6H26m	ジョセフ・タナー	クエスト	P1トラスに結合されたP3/P4トラスを起動するための準備	
				ハイディマリー・ステファニション・パイパー*			
71		2006.09.19	7H11m	ダニエル・バーバンク	クエスト	太陽電池パドル回転機構(SARJ)の起動準備	
				スティーブン・マクリーン			
72		2006.09.15	6H42m	ジョセフ・タナー	クエスト	P4太陽電池パドル熱制御システム(PVTCS)のラジエータの展開準備、Sバンド通信機器の交換、P3/P4トラスの整備作業など	
				ハイディマリー・ステファニション・パイパー*			
73	ISS 14-1 (ロシア EVA-17)	2006.11.22	5H38m	ミハイル・チューリン	DC-1	プログレス補給船のトラブルを起こした自動ドッキング～アンテナ格納の試行と撮影、欧州補給機(ATV)ドッキング用アンテナの移設、ゴルフボールの打ち出しなど	
				マイケル・ロペズ-アレグリア			
74	STS-116 (12A.1)	2006.12.12	6H36m	ロバート・カービーム	クエスト	P4トラスへのP5トラスの結合、P5トラスの把持部の移設、外部TVカメラ(External TV Camera Group: ETVCG)の交換	
				クリスター・フューゲルサング			
75		2006.12.14	5H00m	同上	クエスト	ISSの電力系統の切換、CETAカートの移設	
76		2006.12.16	7H31m	ロバート・カービーム	クエスト	ISSの電力系統の切換、PMA-3(与圧結合アダプタ3)へのサービスモジュール・デブリ・パネル(Service Module Debris Panel: SMDP)の仮設置など	
				スニータ・ウィリアムズ*			
77		2006.12.18	6H38m	ロバート・カービーム	クエスト	収納に失敗したP6トラスの左舷側の太陽電池パドル(SAW)の収納作業(追加EVA)	
				クリスター・フューゲルサング			

表 A3.1-1 ISS組立てに関するEVA履歴(5/11)

	ミッション	年月日	作業時間	EVAクルー	エアロック	備考	
78	ISS 14-2 (US EVA-6)	2007.01.31	7H55m	マイケル・ロペズーアレグリア	クエスト	冷却システムのA系配管の切替え、P6トラス右舷側の初期外部能動熱制御システム(EEATCS)ラジエータの収納、ISSからSSPTSスペースシャトルへの電力供給装置(SSPTS)のケーブル敷設作業#1など	
				スニータ・ウィリアムズ*			
79	ISS 14-3 (US EVA-7)	2007.02.04	7H11m	同上	クエスト	冷却システムのB系配管の切替え、P6トラス後方の初期外部能動熱制御システム(EEATCS)ラジエータの収納、SSPTSケーブルの敷設作業#2など	
80	ISS 14-4 (US EVA-8)	2007.02.08	6H40m	同上	クエスト	P3トラスの断熱カバーの取り外しと投棄、P3トラスの曝露機器結合システム(UCCAS)の展開、SSPTSケーブルの敷設作業#3など	
81	ISS 14-5 (ロシア EVA-17A)	2007.02.22	6H18m	ミハイル・チューリン	DC1	プログレス補給船のトラブルを起こした自動ドッキング～アンテナを切断して格納、外部機器の写真撮影と点検	
				マイケル・ロペズーアレグリア			
82	ISS 15-1 (ロシア EVA-18)	2007.05.30	5H25m	ショードル・ユールチキン	DC1	サービスモジュール・デブリ・パネル(SMDP)の設置、欧洲補給機(ATV)ドッキング用アンテナの配線引き直し	
				オレッグ・コトフ			
83	ISS 15-2 (ロシア EVA-19)	2007.06.06	5H37m	同上	DC1	ピアースへのBiorisk実験装置の設置、ザーリヤ外壁へのイーサネットケーブルの敷設、サービスモジュール・デブリ・パネル(SMDP)の設置(続き)	
84	STS-117 (13A)	2007.06.11	6H15m	ジェームズ・ライリー ジョン・オリーバス	クエスト	S3/S4トラスの取付け、S4トラスの太陽電池パドル(SAW)の展開準備	
85		2007.06.13	7H16m	パトリック・フォレスター スティーブン・スワンソン	クエスト	P6トラスの右舷側の太陽電池パドル(SAW)の収納、太陽電池パドル回転機構(SARJ)の起動準備	
86		2007.06.15	7H58m	ジェームズ・ライリー ジョン・オリーバス	クエスト	シャトルの軌道制御システム(OMS)ポッドのめくれた耐熱ブランケットの修理、酸素生成システム(OGS)のバルブ設置、P6トラスの右舷側の太陽電池パドル(SAW)の収納	
87		2007.06.17	6H29m	パトリック・フォレスター スティーブン・スワンソン	クエスト	太陽電池パドル回転機構(SARJ)の起動準備、S3トラスのレール上の障害物を取り除く作業、LANケーブルの敷設	
88	ISS 15-3 (US EVA-9)	2007.07.23	7H41m	クレイトン・アンダーソン ショードル・ユールチキン	クエスト	初期アンモニア充填装置(EAS)の投棄、ビデオ支柱支持アセンブリ(VSSA)固定装置(FSE)の投棄など	
89	STS-118 (13A.1)	2007.08.11	6H17m	リチャード・マストラキオ ダフィッド・ウィリアムズ	クエスト	S5トラスの取付け、P6トラス前方の初期外部能動熱制御システム(EEATCS)ラジエータの収納	
90		2007.08.13	6H28m	同上	クエスト	故障したコントロール・モーメント・ジャイロ(Control Moment Gyroscopes: CMG-3)の交換	
91		2007.08.15	5H28m	リチャード・マストラキオ クレイトン・アンダーソン	クエスト	Sバンド通信システムのアップグレード、CETA(Crew and Equipment Translation Aid)カートの移設	
92		2007.08.18	5H02m	ダフィッド・ウィリアムズ	クエスト	センサ付き検査用延長ブーム(Orbiter Boom Sensor System: OBSS)の固定機構の設置、外部ワイヤレス計測システム(External Wireless Instrumentation System: EWIS)アンテナの設置など	
				クレイトン・アンダーソン			

表 A3.1-1 ISS組立てに関するEVA履歴(6/11)

	ミッション	年月日	作業時間	EVAクルー	エアロック	備考
93	STS-120 (10A)	2007.10.26	6H14m	スコット・バラジンスキー	クエスト	Sバンドアンテナの回収、貨物室からの「ハーモニー」(第2結合部)の取外し準備、P6トラスの移設準備
94				ダグラス・ウィーロック		
95		2007.10.30	7H08m	スコット・バラジンスキー	クエスト	P6トラスの移設準備、右舷の太陽電池パドル回転機構(Solar Alpha Rotary Joint: SARJ)の点検、「ハーモニー」(第2結合部)外部の艤装
96				ダグラス・ウィーロック		
97	ISS 16-1 (US EVA-10)	2007.11.09	6H55m	ペギー・ウィットソン*	クエスト	与圧結合アダプタ2(Pressurized Mating Adapter: PMA-2)の移設準備
98	ISS 16-2 (US EVA-11)			ユーリ・マレンченコ		
99	ISS 16-3 (US EVA-12)	2007.11.24	7H04m	同上	クエスト	「ハーモニー」(第2結合部)外部の整備、故障した右舷の太陽電池パドル回転機構(Solar Alpha Rotary Joint: SARJ)の点検
100	ISS 16-4 (US EVA-13)	2007.12.18	6H56m	同上	クエスト	右舷側SARJの点検
101	ISS 16-5 (US EVA-14)	2008.1.30	7H10m	同上	クエスト	S4トラスの故障したマスト回転機構(BMRRM)の交換、右舷側SARJの点検
102	STS-122 (1E)	2008.02.11	7H58m	レックス・ウォルハイム	クエスト	コロンバスのペイロードベイからの取外し準備、コロンバス外部への電力・通信インタフェース付グラップル・フィクスチャ(Power and Data Grapple Fixture: PDGF)の取付け
103				スタンリー・ラブ		
104		2008.02.13	6H45m	レックス・ウォルハイム	クエスト	P1トラスのNTA(窒素ガスタンク)の交換
				ハンス・シュリーゲル		
		2008.02.15	7H25m	レックス・ウォルハイム	クエスト	コロンバスへの太陽観測装置(SOLAR)と欧州技術曝露実験装置(EuTEF)の取付け、故障したCMGの回収
				スタンリー・ラブ		

古川宇宙飛行士長期滞在プレスキット

表 A3.1-1 ISS組立てに関するEVA履歴(7/11)

	ミッション	年月日	作業時間	EVAクルー	エアロック	備考
105	STS-123 (1J/A)	2008.03.14	7H01m	リチャード・リネハン	クエスト	「きぼう」船内保管室の取付け準備、デクスターの組立て作業#1
106				ギャレット・リーズマン		
107		2008.03.18	6H53m	リチャード・リネハン	クエスト	デクスターの組立て作業#3 運搬した曝露機器のISSへの設置
108				ロバート・ベンケン		
109		2008.03.21	6H24m	ロバート・ベンケン	クエスト	T-RAD(タイル修理用耐熱材充填装置) の検証試験
110				マイケル・フォアマン		
111	STS-124 (1J)	2008.6.3	6H48m	マイケル・フォッサム	クエスト	センサ付き検査用延長ブーム(OBSS) のISSへの保管 右舷側太陽電池パドル回転機構 (SARJ)の点検 「きぼう」船内保管室への断熱カバーの 取付け
112				ロナルド・ギャレン		
113		2008.6.5	7H11m	同上	クエスト	「きぼう」日本実験棟の整備作業 S1トラスの窒素タンク(NTA)の交換準備 P1トラスの船外テレビカメラの回収
114	ISS 17-1 (ロシア EVA-20A)	2008.6.8	6H33m	同上	クエスト	「きぼう」日本実験棟の整備作業 S1トラスの窒素タンク(NTA)の交換
115	ISS 17-2 (ロシア EVA-20)	2008.7.10	6H18m	セルゲイ・ヴォルコフ	DC1	ソユーズTMA-12宇宙船の分離ボルト1 本の回収
116				オレッગ・コノネンコ		
117		2008.7.15	5H54m	同上	DC1	ロシアモジュール外部の整備作業 Vsplekと呼ばれる高エネルギー粒子観 測装置の設置 ピアース外壁に設置されていたBiorisk 実験装置のコンテナ1基の回収

古川宇宙飛行士長期滞在プレスキット

表 A3.1-1 ISS組立てに関するEVA履歴(8/11)

	ミッション	年月日	作業時間	EVAクルー	エアロック	備考
115	STS-126 (ULF2)	2008.11.18	6H52m	ハイディマリー・ステファニション・パイパー*	クエスト	使用済みの窒素タンク(NTA)の回収「きぼう」船内実験室の船外実験プラットフォーム結合機構(EFBM)の多層断熱材(MLI)カバー取外し 右舷側太陽電池パドル回転機構(SARJ)関連の作業
				スティーブ・ボーエン		
116		2008.11.20	6H45m	ハイディマリー・ステファニション・パイパー*	クエスト	CETAカートの移設 ISSのロボットアーム(SSRMS)のエンドエフェクタ(把持手)の潤滑作業 右舷側太陽電池パドル回転機構(SARJ)関連の作業
				ロバート・キンブロー		
117		2008.11.22	6H57m	ハイディマリー・ステファニション・パイパー*	クエスト	右舷側太陽電池パドル回転機構(SARJ)関連の作業
				スティーブ・ボーエン		
118		2008.11.24	6H07m	スティーブ・ボーエン	クエスト	太陽電池パドル回転機構(SARJ)関連の作業 「きぼう」船内実験室の船外実験プラットフォーム結合機構(EFBM)関連の作業 P1トラスの下部への外部TVカメラ(ETVCG)の設置 宇宙ステーション補給機(HTV)用GPSアンテナ1基の設置
				ロバート・キンブロー		
119	ISS 18-1 (ロシア EVA-21)	2008.12.22	5H38m	マイケル・フィンク ユーリ・ロンチャコフ	DC1	Langmuir probeの設置 Bioriskコンテナ#2の回収 ロシアの実験装置Impulseの取付け
120	ISS-18-2 (ロシア EVA-21A)	2009.3.10	4H49m	同上		ピアースからのストラップの取外し プログレス補給船のアンテナの撮影と点検、ロシアの曝露実験装置(Expose-R)の設置と配線接続、ズヴェズダのめくれた多層断熱材カバーの修正、SKK #9カセットの位置の修正、ロシアセグメント外壁と構造の点検、撮影
121	STS-119 (15A)	2009.3.19	6H07m	スティーブン・スワンソン リチャード・アーノルド	クエスト	S6トラスの結合 太陽電池パドル(SAW)の展開準備 多層断熱材カバー取外し
122				スティーブン・スワンソン ジョセフ・アカバ		P6トラスのバッテリ交換準備 宇宙ステーション補給機(HTV)用のGPSアンテナ1基の設置 S1トラスとP1トラスのラジエータの赤外線カメラによる撮影
123		2009.3.23	6H27m	ジョセフ・アカバ リチャード・アーノルド	クエスト	CETAカートの移設 ISSのロボットアームのエンドエフェクタ(把持手)の潤滑作業
124	ISS-19-1 (ロシア EVA-22)			ゲナディ・パダルカ マイケル・バラット		MRM-2の結合に備えたズヴェズダ上部へのアンテナ設置作業 新型のオーラン宇宙服(Orlan-MK)を初使用
125	ISS-19-2 (ロシア EVA-23)	2009.6.10	12m	同上	SM	ズヴェズダの前方区画を減圧して、2つのドッキングハッチを交換する船内EVA(MRM-2結合準備作業)

表 A3.1-1 ISS組立てに関するEVA履歴(9/11)

	ミッション	年月日	作業時間	EVAクルー	エアロック	備考
126	STS-127 (2J/A)	2009.7.18	5H32m	ディビッド・ウルフ	クエスト	JEM EFの結合準備作業、ノード1, 2の窓カバーの開放、CETAカートの改造、P3トラスUCCAS機構の展開、「きぼう」ロボットアームの接地ストラップの除去
				ティモシー・コプラ		
127	STS-127 (2J/A)	2009.7.20	6H53m	ディビッド・ウルフ	クエスト	ICC-VLDからのORUのESP-3への移送
				トーマス・マシュバーン		
128	STS-127 (2J/A)	2009.7.22	5H59m	ディビッド・ウルフ	クエスト	EFペイロードからの断熱カバーの取り外し、P6パッテリORUの交換#1
				クリストファー・キャシディ		
129	STS-127 (2J/A)	2009.7.24	7H12m	クリストファー・キャシディ	クエスト	P6パッテリORUの交換#2
				トーマス・マシュバーン		
130		2009.7.27	4H54m	同上	クエスト	EFへの視覚装置の設置、「デクスター」の断熱カバーの調節、Z1トラスのパッチパネルの切替え、「きぼう」船内実験室外壁へのハンドレールの取付け
131	STS-128 (17A)	2009.9.1	6H35m	ジョン・オリーバス	クエスト	P1トラス上のアンモニアタンク(ATA)の取外し、欧洲技術曝露実験装置(EuTEF)、材料曝露実験装置6(MISSE-6)の回収
				ニコール・ストット*		
132	STS-128 (17A)	2009.9.3	6H39m	ジョン・オリーバス	クエスト	新しいアンモニアタンクの取付け、古いATAの回収、ISSのロボットアームカメラへのレンズカバー取付け
				クリスター・フューゲルサンゲ		
133		2009.9.5	7H01m	同上	クエスト	S3トラス上部のPASの展開、レートジャイロ・アセンブリの交換、S0トラスの遠隔電力制御モジュールとGPSアンテナの交換、ユニティー(第1結合部)のスライドワイヤの取外し
134	STS-129 (ULF3)	2009.11.19	6H37m	マイケル・フォアマン	クエスト	シャトルで運んだSバンドアンテナ(SASA)の保管、Kuバンドアンテナのケーブル敷設、トランクウリティーの結合準備、ペイロード/軌道上交換ユニット把持装置(POA)と「きぼう」ロボットアーム先端部への潤滑、S3トラス下側のペイロード取付けシステム(PAS)の展開
				ロバート・サッチャー		
135	STS-129 (ULF3)	2009.11.21	6H08m	マイケル・フォアマン	クエスト	「コロンバス」欧洲実験棟外部へのアンテナの設置、浮動電位測定装置(FPMU)の移設、S3トラスのPAS 2基の展開、ワイヤレスビデオ送受信器(WETA)の取付け
				ランドルフ・ブレスニク		
136	STS-129 (ULF3)	2009.11.23	5H42m	ランドルフ・ブレスニク	クエスト	ELC-2に載せて運んだ高圧ガスタンク(HPGT)のクエストへの移送と設置、ELC-2への材料曝露実験装置7(MISSE-7)の取付け
				ロバート・サッチャー		
137	ISS-22-1 (ロシア EVA-24)	2010.1.14	5H44m	マキシム・ソレオブ	DC1	ロシアの小型研究モジュール2(Mini-Research Module 2: MRM2)の整備
				オレッゲ・コトフ		

表 A3.1-1 ISS組立てに関するEVA履歴(10/11)

	ミッション	年月日	作業時間	EVAクルー	エアロック	備考
138	STS-130 (20A)	2010.2.11	6H32m	ロバート・ベンケン	クエスト	トランクウイリティー(Node-3)の設置関連作業、 「デクスター」の軌道上交換ユニット仮置き場(OTP)の取り外しと保管
				ニコラス・パトリック		
139	STS-130 (20A)	2010.2.13	5H54m	同上	クエスト	トランクウイリティーを外部能動熱制御システム(External Thermal Control System: ETCS)に接続、 トランクウイリティー外部の整備、 キューポラ移設の準備
140						
141	STS-131 (19A)	2010.4.9	6H27m	リチャード・マストラキオ	クエスト	シャトルで運んだ新しいアンモニアタンク(Ammonia Tank Assembly: ATA)の移動、仮置き、 JAXAの微小粒子捕獲実験装置／材料曝露実験装置(MPAC&SEED)回収、 S0トラスの(Rate Gyro Assembly: RGA)交換
142				クレイトン・アンダーソン		
143	STS-131 (19A)	2010.4.11	7H26m	同上	クエスト	S1トラスの古いATAの取外し・仮置き、 新しいATAのS1トラスへの設置
144						
145	STS-132 (ULF4)	2010.4.13	6H24m	同上	クエスト	新しいATAへの流体配管の接続、 クエスト外壁から外されて一時保管されていたデブリシールド2枚を船内へ回収、 古いATAのシャトルへの回収、 Z1トラスのKuバンド系の配線作業
146						
147	ISS-24-1 (ロシア EVA-25)	2010.07.26	6H42m	ギャレット・リーズマン	DC-1	Z1トラスへの冗長系のKuバンドアンテナの設置、 「デクスター」への改良型軌道上交換ユニット仮置き場(Enhanced OTP: EOTP)の設置、 P6トラスのバッテリ軌道上交換ユニット(ORU)の交換準備
148	ISS-24-2 (US EVA-15)	2010.08.07	8H03m	マイケル・グッド		
				ギャレット・リーズマン	クエスト	P6トラスのバッテリORU 2個の交換、 非常時用のアンモニア配管の設置、 シャトルで運んだ電力・通信インタフェース付グラブル・ifikスチャ(PDGF)の船内への回収
				マイケル・グッド		
				ミカエル・コニエンコ	DC-1	ズヴェズダ後方のATVドッキング用TVカメラの交換、 MRM1のデータ/Ethernetケーブルをズヴェズダから敷設、 MRM1のKurs-ケーブルのザーリヤへの接続
				ショードル・ユールチキン		
				ダグラス・ウィーロック	クエスト	S1トラスの故障したポンプモジュールの一 部の着脱コネクタ(Quick Disconnect: QD)の解除(QD取り外し時にトラブルが発生したため、予定を変更)
				トレーシー・カードウェル*		

表 A3.1-1 ISS組立てに関するEVA履歴(11/11)

	ミッション	年月日	作業時間	EVAクルー	エアロック	備考	
149	ISS-24-3 (US EVA-16)	2010.8.11	7H26m	ダグラス・ワイーロック	クエスト	故障したポンプモジュールの残りのQDの解除、故障したポンプモジュールのS1トラスからの取外しと、モービルベースシステム(MBS)上への仮置き、予備品のポンプモジュールの移動準備	
				トレーシー・カードウェル*			
150	ISS-24-4 (US EVA-17)	2010.8.16	7H20m	同上	クエスト	予備品のポンプモジュールのS1トラスへの設置、新たに設置したポンプモジュールへの電力・データ通信用コネクタの接続、アンモニア流体配管のQDの接続	
151	ISS-25-1 (ロシア EVA-26)	2010.11.15	6H27m	ショードル・ユールチキン	DC-1	ズヴェズダ右舷側への多目的ワークステーションの設置、ズヴェズダ外部に設置していたロボット実験装置Konturの回収、MRM2(Mini-Research Module 2)とズヴェズダ間、MRM2とザーリヤ間へのストラットの設置、ズヴェズダとDC-1外部での微生物サンプルの採取	
				オレッゲ・スクリポチカ			
152	ISS-26-1 (ロシア EVA-27)	2011.1.21	5H23m	ドミトリー・コンドラティエフ	DC-1	ズヴェズダ船外への新しい高速データ転送システムの設置、ズヴェズダ船外の故障していたplasma pulse generatorの回収、ズヴェズダ船外から材料曝露実験装置EXPOSE-Rの回収、MRM1(Mini-Research Module 1)へのTVカメラの設置	
				オレッゲ・スクリポチカ			
153	ISS-26-2 (ロシア EVA-28)	2011.2.16	4H51m	同上	DC-1	ズヴェズダ船外へ観測装置2基を設置、ザーリヤの材料曝露パネル2個を回収	
154	STS-133 (ULF5)	2011.2.28	6H34m	アルヴィン・ドルー	クエスト	故障して仮置きしていたポンプモジュールをESP-2に回収。JAXAのMessage in a Bottleなどを実施。	
				スティーブ・ボーエン			
155		2011.3.02	6H56m	同上	クエスト	LWAPAをシャトルへ回収、SPDMへのカメラの設置、カメラレンズカバーの設置、外部照明の設置など	
156	STS-134 (ULF6)	2011.5.20	6H19m	アンドリュー・フォイステル	クエスト	STS-134では計4回の船外活動を実施 材料曝露実験装置MISSEの交換	
				グレゴリー・シャミトフ			
157		2011.5.22	8H07m	アンドリュー・フォイステル	クエスト	P6トラスの熱制御系へのアンモニアの補充、左舷SARJの潤滑作業	
				マイケル・フィンク			
158		2011.5.25	6H54m	同上	クエスト	ザーリヤへのPDGFの設置	
159		2011.5.27	7H24m	マイケル・フィンク	クエスト	シャトルのOBSSをISSに移設 ISSでのEVA時間が累計1,000時間を突破、シャトル最後のEVA	
				グレゴリー・シャミトフ			
160	STS-135 (ULF7)	2011.7. (予定)		ISSクルー(ギャレン、フォッサム)が担当	クエスト		
161	ISS-28	2011.7(予定)		ボリシエンコ、ヴォルコフ	DC-1		

注: エアロック欄のSTSはシャトルのエアロックを使用。クエストは、米国製のジョイント・エアロック「クエスト」を使用。DC-1は、ロシアの「ピアース」を使用(Orlan宇宙服を使用)。

表の年月日は米国時間。

*印は女性宇宙飛行士を示す。

なお、以下のJAXAホームページでもISSでのEVA情報を提供しています。

<http://iss.jaxa.jp/iss/assemble/doc04.html>

3.2 ソユーズ宇宙船ミッションの飛行履歴(今後の予定を含む)

表 A3.2-1 ソユーズ宇宙船ミッションの飛行履歴(1/3) 2011年5月27日現在

	宇宙船の名称(機番)	打上げ年月日	ISSとのドッキング年月日	ISSからの分離年月日	打上げ時の搭乗クルー	特記事項
2R (1S)	ソユーズTM-31 (No.205)	2000.10.31	2000.11.02	2001.05.06	ビル・シェパート(NASA) ユーリー・キドゼンコ(ロシア) セルゲイ・クリカレフ(ロシア)	第1次長期滞在クルーが搭乗。 ISSクルー滞在開始。
2S	ソユーズTM-32 (No.206)	2001.04.28	2001.04.30	2001.10.31	タルガット・ムサハエフ(ロシア) ユーリー・パトウーリン(ロシア) デニス・チート(宇宙旅行者)	世界初の宇宙旅行者デニス・チート搭乗。 3人はTM-31で帰還。操作ミスにより、再突入が遅れ7G近い加速度がかかる。
3S	ソユーズTM-33 (No.207)	2001.10.21	2001.10.23	2002.05.05	ヴィクター・アファンエフ(ロシア) コンスタンチン・コサエフ(ロシア) クラウディー・ハニャール(ESA)	3人はTM-32で帰還。
4S	ソユーズTM-34 (No.208)	2002.04.25	2002.04.27	2002.11.10	ユーリー・キドゼンコ(ロシア) ロベルト・ピットーリ(ESA) マーク・シャトルワース(宇宙旅行者)	3人はTM-33で帰還。
5S	ソユーズTMA-1 (No.211)	2002.10.30	2002.11.01	2003.05.04	セルゲイ・ザリヨーティン(ロシア) フランク・ティウェナ(ESA) ユーリ・ロンチャコフ(ロシア)	3人はTM-34で帰還。 帰還時は第6次クルー3名が搭乗。 カプセルは弾道状態で帰還(8G以上の負荷)。
6S	ソユーズTMA-2 (No.212)	2003.04.26	2003.04.28	2003.10.28	ユーリ・マレンチエフ(ロシア) エドワード・ルー(NASA)	長期滞在クルーの交代(第6次→第7次)。
7S	ソユーズTMA-3 (No.213)	2003.10.18	2003.10.20	2004.04.30	アレクサンダー・カリエフ(ロシア) マイケル・フォール(NASA) ペトロ・デューキ(ESA)	長期滞在クルーの交代(第7次→第8次)。 ペトロ・デューキはTMA-2で帰還。
8S	ソユーズTMA-4 (No.214)	2004.4.19	2004.4.221	2004.10.24	ケナディ・パダルカ(ロシア) マイケル・フリンク(NASA) アンドレ・カイバース(ESA)	長期滞在クルーの交代(第8次→第9次)。 アンドレ・カイバースはTMA-3で帰還。
9S	ソユーズTMA-5 (No.215)	2004.10.14	2004.10.16	2005.04.25	サリバン・シャリポフ(ロシア) リロイ・チャオ(NASA) ユーリ・シャキーン(タクシークルー)	長期滞在クルーの交代(第9次→第10次)。 ユーリ・シャキーンはTMA-5で帰還。
10S	ソユーズTMA-6 (No.216)	2005.04.15	2005.04.17	2005.10.11	セルゲイ・クリカレフ(ロシア) ジョン・フィリップス(NASA) ロベルト・ピットーリ(ESA)	ロベルト・ピットーリはTMA-5で帰還。
11S	ソユーズTMA-7 (No.217)	2005.10.01	2005.10.03	2006.04.09	ヴァレリー・トカラフ(ロシア) ウイリアム・マッカーサー(NASA) ケレコリーオルセン(宇宙旅行者)	長期滞在クルーの交代(第11次→第12次)。
12S	ソユーズTMA-8 (No.218)	2006.03.30	2006.04.01	2006.09.29	パブル・ビノグラドフ(ロシア) ジェフ・ウイリアムズ(NASA) マルコス・ポンテス(ブラジル)	長期滞在クルーの交代(第12次→第13次)。 マルコス・ポンテスはTMA-7で帰還。
13S	ソユーズTMA-9 (No.219)	2006.09.18	2006.09.20	2007.04.21	ミハエル・チューリン(ロシア) マイケル・ロペス・アレクサンダ(ESA) アニューシャ・アンサリ(宇宙旅行者)	長期滞在クルーの交代(第13次→第14次)。 アニューシャ・アンサリはTMA-8で帰還。 過去最長の215日間飛行。 着陸地の状態が悪く、帰還を1日延期した。

注: 日付は日本時間(JST)をベースに記述。

古川宇宙飛行士長期滞在プレスキット

表 A3.2-1 ソユーズ宇宙船ミッションの飛行履歴(2/3)

	宇宙船の名称(機番)	打上げ年月日	ISSとのドッキング年月日	ISSからの分離年月日	打上げ時の搭乗クルー	特記事項
14S	ソユーズTMA-10 (No.220)	2007.04.08	2007.04.10	2007.10.21	フョードル・ユルチキン(ロシア) オレック・コフ(ロシア) チャールス・シモニー(宇宙旅行者)	長期滞在クルーの交代(第14次→第15次)。 チャールス・シモニーはTMA-9で帰還。旅行費用は2,000万ドルから2,500万ドルへ上昇。 帰還時に弾道モードで突入。(8.5Gの負荷を記録)
15S	ソユーズTMA-11 (No.221)	2007.10.10	2007.10.12	2008.04.19	ベギー・ウイットソン(NASA) ユーリ・マレンチエンコ(ロシア) Sheikh Muszaphar Shukor(マレーシア)	長期滞在クルーの交代(第15次→第16次)。 Sheikh Muszaphar ShukorはTMA-10で帰還(JAXAのPADLESを携行)。 帰還時に弾道モードで突入。
16S	ソユーズTMA-12 (No.222)	2008.04.08	2008.04.10	2008.10.24	セルゲイ・ウォルコフ(ロシア) オレック・コネンコ(ロシア) イ・ソヨン(韓国)	長期滞在クルーの交代(第16次→第17次)。 TMA-11の帰還時トラブルを受けて、7月のEVA-20AでソユーズTMA-12のPyroホルト1本を回収した。
17S	ソユーズTMA-13 (No.223)	2008.10.12	2008.10.14	2009.04.08	マイケル・フリンク(NASA) ユーリー・ロンチャコフ(ロシア) リチャード・キャリオット(宇宙旅行者)	長期滞在クルーの交代(第17次→第18次)。 リチャード・キャリオットはTMA-12で帰還。旅行費用は3,000万ドルに上昇。 着陸地の状態が悪く帰還を1日延期。
18S	ソユーズTMA-14 (No.224)	2009.03.26	2009.03.28	2009.10.11	ケナディ・バダルカ(ロシア) マイケル・パレット(NASA) チャールス・シモニー(宇宙旅行者)	長期滞在クルーの交代(第18次→第19/20次)。 チャールス・シモニーはTMA-13で帰還。
19S	ソユーズTMA-15 (No.225)	2009.05.27	2009.05.29	2009.12.01	ロマン・ロマネンコ(ロシア) フランク・ティビュナー(ESA) ロバート・サクス(CSA)	長期滞在クルーが到着(第20/21次) このドッキングによりISSは6名体制へ移行、2機のソユーズが常時ドッキング。 TMA-14帰還のため、長期滞在クルーは交代(第19次→第20次)。
20S	ソユーズTMA-16 (No.226)	2009.09.30	2009.10.02	2010.03.18	マキシム・シラエフ(ロシア) ジェフ・ウイリアムズ(NASA) ギー・ラリベルテ(宇宙旅行者)	ISSに初めて、ソユーズ3機が同時期に結合。 ギー・ラリベルテはTMA-14で第19/20次長期滞在クルーと帰還。 TMA-15帰還のため、長期滞在クルーは交代(第20次→第21次)。 19S分離から21Sドッキングまでの間は2名体制。

注: 日付は日本時間(JST)をベースに記述。

古川宇宙飛行士長期滞在プレスキット

表 A3.2-1 ソユーズ宇宙船ミッションの飛行履歴(3/3)

	宇宙船の名称(機番)	打上げ年月日	ISSとのドッキング年月日	ISSからの分離年月日	打上げ時の搭乗クルー	特記事項
21S	ソユーズTMA-17 (No.227)	2009.12.21	2009.12.23	2010.06.02	オレック・コトフ(ロシア) 野口聰一(JAXA) ティモシー・クリーマー(NASA)	これ以降、3名の長期滞在クルーの交替はソユーズで実施。 第22/23次長期滞在クルー。
22S	ソユーズTMA-18 (No.228)	2010.04.02	2010.04.04	2010.09.25	アレクサンダー・スクホールソフ(ロシア) トレーシー・カート・ウェル(NASA) ミカエル・コニエンコ(ロシア)	第23/24次長期滞在クルー。 分離トラブルで帰還を1日延期
23S	ソユーズTMA-19 (No.229)	2010.06.16	2010.06.18	2010.11.26	フョードル・ユーリチキン(ロシア) ダグラス・ウィーロック(NASA) シャノン・ウォーカー(NASA)	第24/25次長期滞在クルー。
24S	ソユーズTMA-M (No.701)	2010.10.08	2010.10.10	2011.03.16	アレクサンダー・カレリ(ロシア) オレック・スクリボーチカ(ロシア) スコット・ケリー(NASA)	改良型ソユーズTMAの初飛行 第25/26次長期滞在クルー。
25S	ソユーズTMA-20 (No.230)	2010.12.16	2010.12.18	2011.05.24	トミトリー・コントラティオフ(ロシア) パオロ・ネスボリ(ESA) キャスリン・コールマン(NASA)	第26/27次長期滞在クルー。 分離後にSTS-134がドッキングした状態のISSの撮影を実施。
26S	ソユーズTMA-21 (No.231)	2011.04.05	2011.04.07	2011.09.16 (予定)	アンドレイ・ボルシェンコ(ロシア) アレクサンダー・サマクチャイエフ(ロシア) ロナルド・キヤレン(NASA)	第27/28次長期滞在クルー。
27S	ソユーズ TMA-02M (No.702)	2011.06.08 (予定)	2011.06.10 (予定)	2011.11.16 (予定)	セルゲイ・ワーオルコフ(ロシア) マイケル・フォッサム(NASA) 古川聰(JAXA)	第28/29次長期滞在クルー。
28S	ソユーズTMA-22 (No.232)	2011.09.30 (予定)	2011.10.02 (予定)	2012.03.16 (TBD)	ダニエル・バークマン(NASA) アントン・シュカブルーフ(ロシア) アナトリー・イヴァニシン(ロシア)	第29/30次長期滞在クルー。
29S	ソユーズ TMA-03M (No.703)	2011.11.30 (予定)	2011.12.02 (予定)	2012.05.15 (TBD)	オレック・コネンコ(ロシア) アンドレ・カイバース(ESA) ドナルド・ペティ(NASA)	第30/31次長期滞在クルー。
30S	ソユーズ TMA-04M (No.704)	2012.03. (予定)				第31/32次長期滞在クルー。
31S	ソユーズ TMA-05M (No.705)	2012.05. (予定)			スニータ・ウリアムズ(NASA) ユーリー・マレンченコ(ロシア) 星出彰彦(JAXA)	第32/33次長期滞在クルー。
37S		2013.11. (予定)			若田光一(JAXA) リチャード・マスチオラキオ(NASA)	第38/39次長期滞在クルー。

注:日付は日本時間(JST)をベースに記述。

3.3 ISS長期滞在クルー

2011年5月27日現在

表 A3.3-1 ISS長期滞在クルー(1/6)

Expedition	長期滞在クルー	打上げ日(米国時間)	宇宙滞在日数	EVA回数 (合計時間)	その他
		帰還日(米国時間)			
1	第1次長期滞在クルー (以下は、左記番号で省略) ウイリアム・シェパード(NASA) ユーリー・ギドゼンコ(ロシア) セルゲイ・クリカレフ(ロシア)	2000.10.31 ソユーズTMA-31(2R)	140日23時間	実施せず	
		2001.03.21 STS-102(5A.1)			
2	ユーリー・ウサチエフ(ロシア) ジェームス・ヴォス(NASA) スザン・ヘルムズ*(NASA)	2001.03.08 STS-102(5A.1)	167日 6時間	1回 (19分)	
		2001.08.22 STS-105(7A.1)			
3	フランク・カルバートソン(NASA) ウラディミール・ジェジューロフ(ロシア) ミハイル・チューリン(ロシア)	2001.08.10 STS-105(7A.1)	128日20時間	4回 (18時間 40分)	
		2001.12.17 STS-108(UF-1)			
4	ユーリ・オヌフリエンコ(ロシア) カール・ウォルツ(NASA) ダニエル・バーシュ(NASA)	2001.12.05 STS-108(UF-1)	195日19時間	3回 (14時間 48分)	
		2002.06.19 STS-111(UF-2)			
5	ワレリー・コルズン(ロシア) ペギー・ウィットソン*(NASA) セルゲイ・トレシェフ(ロシア)	2002.06.05 STS-111(UF-2)	184日22時間	2回 (18時間 40分)	
		2002.12.07 STS-113(11A)			
6	ケネス・バウアーソックス (NASA) ドナルド・ペティ(NASA) ニコライ・ブダーリン(ロシア)	2002.11.23 STS-113(11A)	161日 1時間	2回 (9時間 46分)	
		2003.05.03 ソユーズTMA-1(5S)			
7	ユーリ・マレンченコ(ロシア) エドワード・ルー(NASA)	2003.04.25 ソユーズTMA-2(6S)	184日21時間	実施せず	コロンビア 号事故の影 響によりク ルーを2名 に削減
		2003.10.27 ソユーズTMA-2(6S)			
8	マイケル・フォール(NASA) アレクサンダー・カレリ(ロシア)	2003.10.18 ソユーズTMA-3(7S)	194日18時間	1回 (3時間 55分)	
		2004.04.29 ソユーズTMA-3(7S)			
9	ゲナディ・パダルカ(ロシア) マイケル・フィンク(NASA)	2004.04.18 ソユーズTMA-4(8S)	187日21時間	4回 (15時間 45分)	
		2004.10.19 ソユーズTMA-4(8S)			
10	リロイ・チャオ(NASA) サリザン・シャリポフ(ロシア)	2004.10.13 ソユーズTMA-5(9S)	192日19時間	2回 (9時間 58分)	
		2005.04.24 ソユーズTMA-5(9S)			
11	セルゲイ・クリカレフ(ロシア) ジョン・フィリップス(NASA)	2005.04.14 ソユーズTMA-6(10S)	179日0時間	1回 (4時間 58分)	クリカレフは 2回目のISS 滞在。
		2005.10.11 ソユーズTMA-6(10S)			
12	ウィリアム・マッカーサー(NASA) バレリー・トカレフ(ロシア)	2005.10.01 ソユーズTMA-7(11S)	189日19時間	2回 (11時間 40分)	
		2006.04.09 ソユーズTMA-7(11S)			

表 A3.3-1 ISS長期滞在クルー(2/6)

Expedition	長期滞在クルー	▲打上げ日(米国時間)	宇宙滞在日数	EVA回数 (合計時間)	その他
		▼帰還日(米国時間)			
13	パベル・ビノグラドフ(ロシア) ジェフリー・ウィリアム(NASA)	▲(Up) 2006.03.30 ソユーズTMA-8(12S) ▼(Down) 2006.09.29 ソユーズTMA-8(12S)	182日23時間	2回 (12時間 25分)	スペースシャトル でクルー1名の 交替を開始 することによ り、ISSを3 名体制に戻 した
	トーマス・ライター(ESA)	▲(Up) 2006.07.04 STS-121	14次に記載		
14	マイケル・ロペズ-アレグリア (NASA)	▲(Up) 2006.09.18 ソユーズTMA-9(13S)	215日8時間	5回 (33時間 02分)	ESA初の ISS滞在
	ミハイル・チューリン(ロシア)	▼(Down) 2007.04.21 ソユーズTMA-9 (13S)			
	トーマス・ライター(ESA)	▼(Down) 2006.12.22 STS-116	171日3時間		
	スニータ・ウィリアムズ*(NASA)	▲(Up) 2006.12.09 STS-116	15次に記載		
15	ショードル・ユールチキン(ロシア) オレッグ・コトフ(ロシア)	▲(Up) 2007.04.08 ソユーズTMA-10(14S) ▼(Down) 2007.10.21 ソユーズTMA-10(14S)	197日17時間	3回 (18時間 43分)	
	スニータ・ウィリアムズ*(NASA)	▼(Down) 2007.06.22 STS-117	194日18時間		
	クレイトン・アンダーソン(NASA)	▲(Up) 2007.06.08 STS-117	16次に記載		
	ペギー・ウィットソン*(NASA) ユーリ・マレンченコ(ロシア)	▲(Up) 2007.10.10 ソユーズTMA-11(15S) ▼(Down) 2008.04.19 ソユーズTMA-11(15S)	191日19時間		
16	クレイトン・アンダーソン(NASA)	▼(Down) 2007.11.07 STS-120	151日18時間	5回 (35時間 21分)	ISS初の女 性コマンダ ー誕生
	ダニエル・タニ(NASA)	▲(Up) 2007.10.23 STS-120 ▼(Down) 2008.02.20 STS-122	120日11時間		
	レオポルド・アイハーツ(ESA)	▲(Up) 2008.02.07 STS-122 ▼(Down) 2008.03.26 STS-123	48日4時間		
	ギャレット・リーズマン(NASA)	▲(Up) 2008.03.11 STS-123	17次に記載		

表 A3.3-1 ISS長期滞在クルー(3/6)

Expedition	長期滞在クルー	▲打上げ日(米国時間)	宇宙滞在日数	EVA回数 (合計時間)	その他
		▼帰還日(米国時間)			
17	セルゲイ・ヴォルコフ(ロシア) オレッグ・コノネンコ(ロシア)	▲(Up) 2008.04.08 ソユーズTMA-12(16S) ▼(Down) 2008.10.24 ソユーズTMA-12(16S)	198日16時間	2回 (18時間43分)	
	ギャレット・リーズマン(NASA)	▼(Down) 2008.06.14 STS-124	95日8時間		
	グレゴリー・シャミトフ(NASA)	▲(Up) 2008.05.31 STS-124	18次に記載		
	マイケル・フィンク(NASA) ユーリ・ロンチャコフ(ロシア)	▲(Up) 2008.10.14 ソユーズTMA-13(17S) ▼(Down) 2009.4.8 ソユーズTMA-13(17S)	178日0時間		
18	グレゴリー・シャミトフ(NASA) (STS-124で2008.05.31に打ち上げられ、STS-126で2008.11.30に帰還)	▼(Down) 2008.11.30 STS-126	183日0時間	2回 (10時間27分)	日本人初のISS滞在
	サンドラ・マグナス*(NASA) (STS-126で2008.11.14に打ち上げられ、STS-119で2009.3.28に帰還)	▲(Up) 2008.11.14 STS-126 ▼(Down) 2009.3.28 STS-119	133日18時間		
	若田光一(JAXA) (STS-119で2009.3.15に打ち上げられ、STS-127で2009.7.31に帰還)	▲(Up) 2009.03.15 STS-119	20次に記載		
	ゲナディ・パダルカ(ロシア) マイケル・バラット(NASA)	▲(Up) 2009.3.26 ソユーズTMA-14(18S)	20次に記載	実施せず	パダルカは初めて2回ISSコマンダーを担当したクルーとなった(第9次に統いて担当)。
19	若田光一(JAXA) (STS-127で2009.7.31に帰還)	*18, 20次に記載	20次に記載		

表 A3.3-1 ISS長期滞在クルー(4/6)

Expedition	長期滞在クルー	▲打上げ日(米国時間)	宇宙滞在日数	EVA回数 (合計時間)	その他
		▼帰還日(米国時間)			
20	ゲナディ・パダルカ(ロシア) マイケル・バラット(NASA)	▼(Down)2009.10.11 ソユーズTMA-14(18S)	198日16時間	2回 (5時間 6分)	ISS 滞在 クルー6名 体制へ移 行。 CSA初の ISS滞在
	若田光一(JAXA)	▼(Down) 2009.7.31 STS-127	137日15時間		
	フランク・ディビュナー(ESA) ロバート・サースク(CSA) ロマン・ロマネンコ(ロシア)	▲(Up) 2009.5.27 ソユーズTMA-15(19S)	21次に記載		
	ティモシー・コプラ(NASA)	▲(Up) 2009.07.15 STS-127 ▼(Down) 2009.9.11 STS-128	58日2時間		
	ニコール・ストット*(NASA)	▲(Up) 2009.08.28 STS-128	21次に記載		
21	フランク・ディビュナー(ESA) ロバート・サースク ロマン・ロマネンコ	▼(Down)2009.12.01 ソユーズTMA-15(19S)	187日20時間	実施せず	ESA初の ISSコマン ダー(ベル ギー人)。 ニコール・ ストットは、シャト ルで帰還し た最後の ISS滞在ク ルーとなっ た。
	ニコール・ストット*(NASA)	▼(Down) 2009.11.27 STS-129	90日12時間		
	ジェフリー・ウィリアムズ (NASA) マキシム・ソレオブ(ロシア)	▲(Up) 2009.09.30 ソユーズTMA-16(20S)	22次に記載		
22	ジェフリー・ウィリアムズ マキシム・ソレオブ	▼(Down)2010.03.18 ソユーズTMA-16(20S)	169日4時間	22/23で1 回実施 (5時間 44分)	
	オレッグ・コトフ(ロシア) 野口聰一(JAXA) ティモシー・クリーマー(NASA)	▲(Up) 2009.12.21 ソユーズTMA-17(21S)	23次に記載		
23	オレッグ・コトフ 野口聰一 ティモシー・クリーマー	▼(Down)2010.06.02 ソユーズTMA-17(21S)	163日5時間	(上記参照)	
	アレクサンダー・スクボルソフ (ロシア) トレーシー・カードウェル*(NASA) ミカエル・コニエンコ(ロシア)	▲(Up) 2010.04.02 ソユーズTMA-18(22S)	24次に記載		
24	アレクサンダー・スクボルソフ トレーシー・カードウェル* ミカエル・コニエンコ	▼(Down)2010.09.25 ソユーズTMA-18(22S)	176日1時間	23/24で4回 実施 (29時間 31分)	ISSに女性2人の 滞在クルーが揃ったのは初めて
	ダグラス・ウィーロック(NASA) シャノン・ウォーカー*(NASA) フョードル・ユールチキン(ロシア)	▲(Up) 2010.06.16 ソユーズTMA-19(23S)	25次に記載		

表 A3.3-1 ISS長期滞在クルー(6/6)

Expedition	長期滞在クルー	▲打上げ日(米国時間)	宇宙滞在日数	EVA回数(合計時間)	その他
		▼帰還日(米国時間)			
25	ダグラス・ウィーロック シャノン・ウォーカー* フョードル・ユールチキン	▼(Down)2010.11.26 ソユーズTMA-19(23S)	163日7時間	24/25で1回 実施 (6時間 28分)	11月2日、 ISSでの有人運用開始から10周年を達成。
	スコット・ケリー(NASA) アレクサンダー・カレリ(ロシア) オレッグ・スクリポチカ(ロシア)	▲(Up) 2010.10.08 ソユーズTMA-M(24S)	26次に記載		
26	スコット・ケリー アレクサンダー・カレリ オレッグ・スクリポチカ	▼(Down)2011.03.16 ソユーズTMA-M(24S)	159日8時間	25/26で2回 実施 (10時間 14分)	
	ドミトリー・コンドラティエフ(ロシア) キャスリン・コールマン*(NASA) パオロ・ネスポリ(ESA)	▲(Up) 2010.12.16 ソユーズTMA-20(25S)	27次に記載		
27	ドミトリー・コンドラティエフ キャスリン・コールマン* パオロ・ネスポリ	▼(Down)2011.05.24 ソユーズTMA-20(25S)	159日7時間	(上記参照)	
	アンドレイ・ボリシェンコ(ロシア) アレクサンダー・サマクチャイエフ(ロシア) ロナルド・ギャレン(NASA)	▲(Up) 2011.04.04 ソユーズTMA-21(26S)	28次に記載		
28	アンドレイ・ボリシェンコ アレクサンダー・サマクチャイエフ ロナルド・ギャレン	▼(Down)2011.09.16(予定) ソユーズTMA-21(26S)	29次に記載	27/28で2回 実施予定	
	マイケル・フォッサム(NASA) 古川 聰(JAXA) セルゲイ・沃尔科夫(ロシア)	▲(Up) 2011.06.08(予定) ソユーズTMA-02M(27S)			
29	マイケル・フォッサム 古川 聰 セルゲイ・沃尔科夫	▼(Down)2011.11.16(予定) ソユーズTMA-02M(27S)	30次に記載		
	ダニエル・バーベンク(NASA) アントン・シュカプレロフ(ロシア) アナトリー・イヴァニシン(ロシア)	▲(Up) 2011.09.30(予定) ソユーズTMA-22(28S)			
30	ダニエル・バーベンク アントン・シュカプレロフ アナトリー・イヴァニシン	▼(Down)2012.03.16(予定) ソユーズTMA-22(28S)	31次に記載		
	オレッグ・コノネンコ(ロシア) アンドレ・カイパース(ESA) ドナルド・ペティ(NASA)	▲(Up) 2011.11.(予定) ソユーズTMA-03M(29S)			
31	オレッグ・コノネンコ アンドレ・カイパース ドナルド・ペティ	▼(Down)2012.05(予定) ソユーズTMA-03M(29S)	32次に記載		
	ゲナディ・パダルカ(ロシア) Joe Acaba (NASA) Konstantin Valkov (ロシア)	▲(Up) 2012.03.(予定) ソユーズTMA-04M(30S)			

注) 名前の後ろの*マークは女性を示す。

下線のクルーはISSコマンダー(指揮官)。太字はJAXA宇宙飛行士。

表 A3.3-1 ISS長期滞在クルー(7/7)

Expedition	長期滞在クルー	▲打上げ日(米国時間)	宇宙滞在日数	EVA回数 (合計時間)	その他
		▼帰還日(米国時間)			
32	ゲナディ・パダルカ Joe Acaba Konstantin Valkov	▼(Down)2012.09(予定) ソユーズTMA-04M(30S)			パダルカ は3回目 のコマン ダー
	スニータ・ウイリアムズ* (NASA) ユーリ・マレンченコ(ロシア) 星出彰彦(JAXA)	▲(Up) 2012.05.(予定) ソユーズTMA-05M(31S)	33次に記載		
33	スニータ・ウイリアムズ* ユーリ・マレンченコ 星出彰彦	▼(Down)2012.11(予定) ソユーズTMA-05M(31S)			
	Kevin Ford (NASA) Oleg Novitskiy (ロシア) Evgeny Tarelkin (ロシア)	▲(Up) 2012.10.(予定) ソユーズ32S	34次に記載		
34	Kevin Ford Oleg Novitskiy Evgeny Tarelkin	▼(Down)2013.03(予定) ソユーズ32S			
	Chris Hadfield (CSA) Tom Marshburn (NASA) Roman Romanenko (ロシア)	▲(Up) 2012.11.(予定) ソユーズ33S	35次に記載		
35	Chris Hadfield (CSA) Tom Marshburn Roman Romanenko	▼(Down)2013.05(予定) ソユーズ33S			カナダ人 初のISS コマンダ ー
	Pavel Vinogradov(ロシア) Alexander Misurkin(ロシア) Chris Cassidy (NASA)	▲(Up) 2013.03.(予定) ソユーズ34S	36次に記載		
36	Pavel Vinogradov Alexander Misurkin Chris Cassidy	▼(Down)2013.09(予定) ソユーズ34S			
	Maxim Suraev(ロシア) Karen Nyberg(NASA) Luca Parmitano (ESA)	▲(Up) 2013.05.(予定) ソユーズ35S	37次に記載		
37	Maxim Suraev(ロシア) Karen Nyberg(NASA) Luca Parmitano (ESA)	▼(Down)2013.11(予定) ソユーズ35S			
	Michael Hopkins(NASA)	▲(Up) 2013.09.(予定) ソユーズ36S	38次に記載		
38	Michael Hopkins	▼(Down)2014.03(予定) ソユーズ36S			
	若田光一(JAXA) Richard Mastracchio(NASA)	▲(Up) 2013.11.(予定) ソユーズ37S	39次に記載		
39	若田光一 Richard Mastracchio	▼(Down)2014.05(予定) ソユーズ37S			日本人初 のISSコ マンダー

注)名前の後ろの*マークは女性を示す。各長期滞在クルーの先頭のクルーがISSコマンダー(指揮官)。太字はJAXA宇宙飛行士。