

野口宇宙飛行士 ISS長期滞在 プレスキット



2009年12月7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	2009.11.11	—	—
A	2009.12.7	1-6	野口宇宙飛行士長期滞在ミッションのロゴマークを差し替えた。
		1-8	1.3.1 項 トランクウェイリティー到着前に行う作業の記述を見直した。
		2-39	表 2.2-1 の打上げ予定日時、ISSドッキング予定日時を更新した。
		2-40	誤記を修正した。
		3-30～3-38	図番号の誤記を修正した。
		付録 3	STS-129 ミッション(2009 年 11 月)、第 20 次／第 21 次クルー(19S)の帰還(2009 年 12 月)を反映した。

目 次

1. 野口宇宙飛行士の ISS 長期滞在ミッション	1-1
1.1 野口宇宙飛行士の ISS 長期滞在	1-1
1.2 野口宇宙飛行士のプロフィール	1-5
1.3 野口宇宙飛行士の任務	1-7
1.3.1 第 22 次／第 23 次長期滞在ミッション固有の作業	1-8
1.3.2 ISS の定期的な点検・メンテナンス作業	1-9
1.3.3 第 22 次／第 23 次長期滞在ミッションの実験運用に関連する作業	1-12
1.4 第 22 次／第 23 次長期滞在中の主なイベント	1-19
1.5 ISS 長期滞在ミッションに向けたこれまでの訓練	1-22
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	2-3
2.1.4 ソユーズ宇宙船の主要諸元	2-4
2.1.5 ソユーズ宇宙船の改良点	2-5
2.1.6 ソユーズ宇宙船のシステム概要	2-6
2.1.6.1 環境制御／生命維持に関わる装置類	2-6
2.1.6.2 通信(アンテナ)に関わる装置類	2-6
2.1.6.3 電力に関わる装置類	2-6
2.1.6.4 Kurs ランデブ／ドッキングシステム	2-7
2.1.6.5 ドッキング機構	2-8
2.1.6.6 軌道制御エンジン／姿勢制御スラスター	2-8
2.1.6.7 打上げ時の緊急脱出に關わる装置	2-9
2.1.6.8 サバイバルキット	2-10
2.1.6.9 Sokol 与圧服と専用シート	2-11
2.1.6.10 着地時の衝撃緩和用ロケット	2-13
2.1.7 ソユーズ宇宙船の運用概要	2-14
2.1.7.1 打上げ準備	2-15
2.1.7.2 打上げ／軌道投入	2-18
2.1.7.3 軌道投入後の作業(飛行 1 日目～3 日目)	2-19
2.1.7.4 ランデブ／ドッキング(飛行 3 日目)	2-22
2.1.7.5 再突入／着陸(帰還当日)	2-24
2.1.7.6 ソユーズ宇宙船回収部隊との合流	2-26
2.1.7.7 帰還後のリハビリテーション	2-29
2.1.8 ソユーズロケットについて	2-31
2.1.8.1 第 1 段ロケット	2-32
2.1.8.2 第 2 段ロケット	2-33
2.1.8.3 第 3 段ロケット	2-34
2.1.8.4 フェアリングと緊急脱出用ロケット	2-35
2.1.9 バイコヌール宇宙基地について	2-36
2.2 ソユーズ TMA-17(21S)フライト	2-38
2.2.1 飛行計画概要	2-39
2.2.2 ソユーズ TMA-17 搭乗クルー	2-40
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	3-12
3.3.3 ISS での健康維持	3-16
3.3.4 ISS での保全・修理作業	3-20
3.4 ISS での水・空気のリサイクル	3-29
3.4.1 水の再生処理	3-29
3.4.2 空気の供給	3-35

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 2-8
2.3 「きぼう」の運用モード	付録 2-10
2.4 「きぼう」船内実験室のラック	付録 2-12
2.5 運用管制.....	付録 2-22
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 3-10
3.3 ISS 長期滞在クルー	付録 3-13

1. 野口宇宙飛行士のISS長期滞在ミッション

1.1 野口宇宙飛行士のISS長期滞在

2009年12月、野口聰一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。野口宇宙飛行士は、第22次／第23次長期滞在クルーのフライトエンジニアとしてISSに約6ヶ月間滞在し、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、完成間近となったISSの組立てに関わる作業を実施します。



図1.1-1 第22次長期滞在クルー

左から、ティモシー・クリーマー(Timothy Creamer)、ジェフリー・ウイリアムズ(Jeffrey Williams)、マキシム・ソレオブ(Maxim Suraev)、オレッグ・コトフ(Oleg Kotov)、野口聰一

野口宇宙飛行士はISSに到着すると第22次長期滞在クルーとなります。2010年3月、第22次長期滞在クルーのウイリアムズ宇宙飛行士(コマンダー)とソレオブ宇宙飛行士(フライトエンジニア)が帰還すると、コトフ宇宙飛行士をISSコマンダーとする第23次長期滞在ミッションが開始され、野口宇宙飛行士は第23次長期滞在クルーとなります。※詳細は1.4項「第22次／第23次長期滞在中の主なイベント」を参照ください。

野口宇宙飛行士の参加する第22次／第23次長期滞在ミッションには、以下のような特徴があります。

1) 日本人初のソユーズ宇宙船フライトエンジニア

野口宇宙飛行士は、日本人としては初めて、ソユーズ宇宙船の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。宇宙飛行士はISS長期滞在訓練の一環として、ISSの緊急帰還船でもあるソユーズ宇宙船の搭乗に必要な技術や手順を学びますが、野口宇宙飛行士はこのほか、ソユーズ宇宙船のコマンダーをサポートするために必要な技術(ソユーズ宇宙船の運用・操縦資格)を取得しました。



2) 日本人宇宙飛行士による本格的なISS長期滞在開始

ISS長期滞在クルー6名による半年交代(6ヶ月ローテーション)の体制が定着し、野口宇宙飛行士は日本人として初めて6ヶ月間にわたる宇宙での長期滞在ミッションを実施します。



3) 「きぼう」船内実験室のエアロックの初運用

野口宇宙飛行士は、「きぼう」船内実験室のエアロックを使用して、「きぼう」ロボットアームの子アームを船外実験プラットフォームに移送する作業を実施します。この作業が「きぼう」エアロックの初運用となります。



「きぼう」エアロック（左と中央）と子アーム（右）

4) 補給物資、ラック、設備類の移送作業

野口宇宙飛行士のISS滞在中、ロシアのプログレス補給船が2回、スペースシャトルが2回(STS-130、STS-131)、ISSに到着します。ISS長期滞在クルーは、プログレス補給船やスペースシャトル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、プログレス補給船やスペースシャトルの分離前には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。

特にSTS-130(20A)ミッションでトランクウィリティー(第3結合部)がISSに到着した後は、ISSの2台目の空気浄化システム、水再生システム、酸素生成システム、ISSの2台目のトイレ、エクササイズ装置(ARED)、2台目のトレッドミルなどをISS内各所からトランクウィリティー内に移設する作業が予定されています。

さらにSTS-131(19A)ミッションでは、「レオナルド」(多目的補給モジュール1)で、クルーの個室(最後の1台)や米国の実験ラックなど、多数のラックが運ばれます。これらを所定の場所に移送して設置する作業も予定されています。



5) トランクウィリティーとキューポラの到着

STS-130(20A)ミッション(2010年2月予定)で、トランクウィリティー(第3結合部)とキューポラがISSに到着します。トランクウィリティーは、ISSの3つ目、そして最後の結合モジュールで、内部には8つのラックが設置可能です。野口宇宙飛行士らISS長期滞在クルーは、トランクウィリティー到着後は、ISS船内各所に仮設置してあったラック類をトランクウィリティー内に移送・設置する作業を行います。また、トランクウィリティー到着前には、トランクウィリティーの結合部となるユニティ(第1結合部)の左舷方向のポートから与圧結合アダプタ3(PMA-3)をISSのロボットアーム(SSRMS)で移設するなど、様々な準備作業を実施します。



トランクウィリティー（左）、キューポラ（中央）、ISS取付けイメージ（右）

6) 日本人宇宙飛行士2名が軌道上で合流

野口宇宙飛行士のISS滞在中に、STS-131(19A)ミッション(2010年3月予定)で山崎直子宇宙飛行士がISSに到着します。野口、山崎両宇宙飛行士は、ISS完成に向けた組立て・整備作業を共同で実施します。



訓練の様子

7) 実験運用／利用活動の本格化

野口宇宙飛行士は、「きぼう」日本実験棟船内実験室でのJAXAの実験運用をはじめとし、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して、将来の長期滞在ミッションや惑星探査ミッションに向けた有人宇宙技術開発実験にも参加します。ISSクルーの6名への増員と、実験設備の充実により、ISSでの実験運用・利用が本格的に始まっています。



実験の実技訓練の様子

1.2 野口宇宙飛行士のプロフィール

野口 聰一 のぐち そういち

【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



2005年、スペースシャトル再開ミッション(コロンビア号事故後、最初のスペースシャトルによるISS組立てミッション)に参加し、日本人として初めてISSで船外活動を実施

表1.2-1 野口宇宙飛行士の経歴

1965年	神奈川県横浜市に生まれる。
1991年	東京大学大学院修士課程修了。
1991年	石川島播磨重工業(株)に入社。航空宇宙事業本部に所属し、ジェットエンジンの設計及び性能試験業務を担当。
1996年 5月	NASDA(現JAXA)が募集していた宇宙飛行士候補者に選定される。同年6月、NASDA(現JAXA)入社。同年8月からNASAが実施する第16期宇宙飛行士養成コースに参加。
1998年 4月	NASAよりミッションスペシャリスト(搭乗運用技術者:MS)として認定される。同年7月から8月、ロシアのガガーリン宇宙飛行士訓練センター(GCTC)における基礎訓練コースに参加。その後NASAにおいてMSの技量維持向上訓練を継続すると同時に、宇宙飛行士の立場から「きぼう」日本実験棟の開発支援業務に従事する。
2001年 4月	ISS組立てミッションであるスペースシャトル(STS-114)の搭乗員に任命される。
2005年 7月	スペースシャトル「ディスカバリー号」によるSTS-114ミッションに参加。スペースシャトルの安全確認のため打上げ時の外部燃料タンクのビデオ撮影を行うとともに、3回の船外活動のリーダーとして、軌道上でのシャトル耐熱タイルの補修検証試験、ISSの姿勢制御装置などの交換や機器の取付けと回収を行う。3回の船外活動の延べ時間は20時間5分。
2007年 2月	ISS第18次長期滞在クルー(若田宇宙飛行士)のバックアップクルーに任命される。
2008年 5月	ISS第20次長期滞在クルーのフライトエンジニアに任命される。
2008年 11月	ISS滞在番号が新たに設定され、ISS第22次／第23次長期滞在クルーとなる。長期滞在ミッションに向けて訓練を実施(※訓練内容については表1.5-1を参照)

● 野口宇宙飛行士の長期滞在ミッションのロゴマーク

ISS第22次／第23次長期滞在ミッションは、日本人が初めて6ヶ月間にわたり宇宙に長期滞在するミッションとなります。これを記念して野口宇宙飛行士の長期滞在ミッションの（JAXA）ロゴマークが作られました。



このロゴマークには、以下の野口宇宙飛行士からのメッセージがこめられています。

6角形のロゴはISSが6人体制に移行し、6ヶ月ローテーション(半年交代)で本格的に科学実験など宇宙利用促進に注力していく意気込みを表しています。左上の6個の星はJAXAロゴをシンボル化したもので、JAXA宇宙飛行士がISSを訪れるのが6回目であることを示しています。外枠は日本・アメリカ・ロシアの国旗の色である白・青・赤を基調とし、ソユーズ宇宙船に乗り込む3名の宇宙飛行士が言葉の違いを乗り越えて協力しあう姿を象徴しています。地球と「きぼう」を結ぶ2本のリボンは、日本人として初めてソユーズ宇宙船の操縦資格を得てISSまで往復することを示すとともに、ISSが国境を超えた友好の架け橋となることを祈念しています。

1.3 野口宇宙飛行士の任務

ISSのフライトエンジニア(FE)の任務は、以下のように大きく3つに分けられます。

(1)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。



(2)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。



(3)その他の任務

スペースシャトルによるISS組立てミッションを共同で実施したり、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。

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

1.3.1 第22次／第23次長期滞在ミッション固有の作業

■ 「きぼう」エアロックの運用

「きぼう」船内実験室の「きぼう」エアロックを運用した作業を初めて実施します。野口宇宙飛行士は、2009年9月に宇宙ステーション補給機(HTV)技術実証機でISSに運ばれた「きぼう」ロボットアーム(JEMRMS)の子アーム(Small Fine Arm: SFA)を「きぼう」エアロックを使用して船外へ出し、「きぼう」ロボットアームで「きぼう」船外実験プラットフォーム上にある子アーム保管装置に保管する作業を実施します。



図1.3.1-1 「きぼう」エアロック（左）

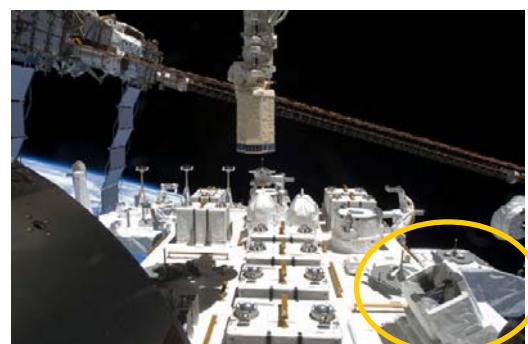


図1.3.1-2 「きぼう」船外実験プラットフォームの子アーム保管装置（右）

※「きぼう」ロボットアーム、エアロックなどサブシステムに関する詳細情報は、「きぼう」ハンドブック第2章、第4章をご覧ください。

<http://kibo.jaxa.jp/library/fact/data/kibo-handbook.pdf>

■ トランクウィリティーとキューポラのISS設置準備／設置／設置後の艤装

STS-130(20A)ミッション(2010年2月予定)で、トランクウィリティー(第3結合部)とキューポラがISSに運ばれます。トランクウィリティー到着前には、野口宇宙飛行士らISS長期滞在クルーは、トランクウィリティーの結合部となるユニティ(第1結合部)の左舷側のポートから与圧結合アダプタ3(PMA-3)をISSのロボットアーム(SSRMS)で取り外しておくなどの準備作業を実施します。トランクウィリティーとキューポラの到着後は、ISSのロボットアームを使用してISSに取り付けます。また、ISS内に仮設置してあったラック類を、トランクウィリティー内に移設／設置し、居住モジュールとして使用できるようにします。

なお、トランクウィリティー内には、既に軌道上に運ばれ仮設置されている、ISSの2台目の空気浄化システム(ARS)、水再生システム(WRS)、酸素生成システム(OGS)、ISSの2台目のトイレ(WHC)、エクササイズ装置(ARED)、2台目のトレッドミル(CLOBERT)、キューポラのロボティクスワークステーションが搬入・設置される予定です。

1.3.2 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」熱制御システムのメンテナンス

「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系システムから冷却水のサンプルを取得し、成分を確認します。また、冷却水中に混入したガスを除去するためにガストラップ作業を行います。

- 「きぼう」環境制御システムのメンテナンス

船内実験室と船内保管室に設置されている温度センサや圧力センサの確認、「きぼう」内の空気のサンプリングを行い、成分を確認する作業などを行います。

- 軌道上端末のメンテナンス

「きぼう」での実験をサポートするペイロード・ラップトップ・コンピュータ(PLT)などの端末のOSやアプリケーションソフトウェアのアップデート作業を行います。

- 「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。

■ 米国システムのメンテナンス及び点検作業

- 軌道上ネットワークシステムのメンテナンス

ネットワーク機器を定期的に再起動し、連続稼動の負荷を下げ、故障がないことを確認します。

- エクササイズ装置のメンテナンス

トレッドミルのペアリング交換、スタビライザ取外しなどを行い、使用に問題がないことを確認します。

- ISSの2つ目のトイレ(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。また装置の清掃も行います。

- 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、および環境衛生システム(EHS)の有機炭素分析器(TOCA II)によるサンプリングした水の水質分析を行います。

- 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。



図1.3.2-1 水再生システムを点検する若田宇宙飛行士（左）

図1.3.2-2 トレッドミル (TVIS) のメンテナンス（右）

コラム 1-1

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(船長)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のドッキングの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、船外活動の支援を行います。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。

時には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。

そして実験を行う際には、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。

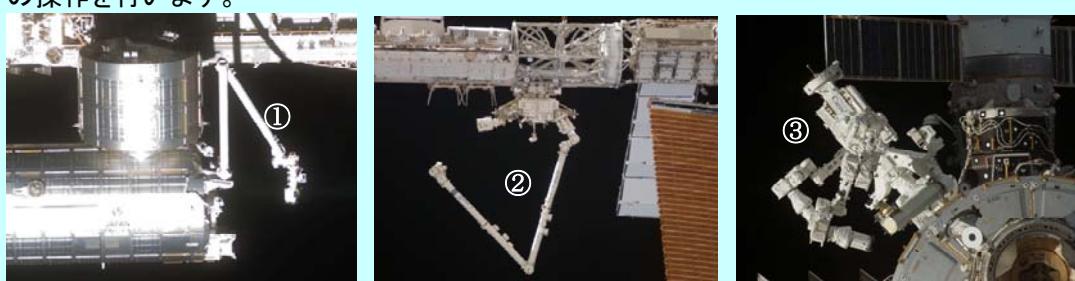
フライトエンジニアは、技術者であり研究者であり教育者であり、人類の宇宙進出への代表としてあらゆる要素を含んでいるのです。

*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 1-2

ISSで運用するロボットアーム

野口宇宙飛行士は、ISSのフライトエンジニアとして、以下に示すISSの各種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 「デクスター」(特殊目的ロボットアーム) (SPDM)
<http://iss.jaxa.jp/glossary/jp/te/dextre.html>

※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。

1.3.3 第22次／第23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を用いたJAXAの第1期利用テーマ(科学実験、応用利用、有人宇宙技術開発、教育・文化利用、地球観測、天体観測、環境計測、通信利用)が実施されており、野口宇宙飛行士が参加する第22次／第23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。

第22次／第23次長期滞在中のJAXA実験・技術開発テーマを表1.3.3-1に、文化／人文社会科学利用ミッション(EPO)を表1.3.3-2に、JAXA実験関連スケジュールを表1.3.3-3に示します。また、野口宇宙飛行士が関わるJAXA以外の医学研究実験を表1.3.3-4に示します。

なお、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。

表1.3.3-1 第22次／第23次長期滞在中のJAXA実験・技術開発テーマ(1/4)

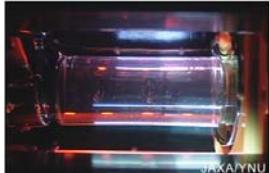
実験テーマ名	実験概要	代表研究者
【船内実験室】 Marangoni UVP (マランゴニ対流における時空間構造)	<p>JAXAのマランゴニ対流実験。「きぼう」日本実験棟内に設置された流体実験ラックの流体物理実験装置(FPEF)を使用して実施します。本実験の実験用サンプルと実験機材は、HTV技術実証機で2009年9月にISSに打ち上げられました。透明なシリコーンオイルで液柱をつくり、液柱でのマランゴニ対流の挙動観察および計測を行います。実験ではシリコーンオイルの粘性を変化させた液柱内の流動について、超音波を用いて液柱内部の流れを定量的に測定します。</p> <p>マランゴニ対流のメカニズムを明らかにすることで、半導体などの結晶の高品質化、携帯電話やパソコン等の電子機器を冷却するヒートパイプの高効率化、化学分析や医療分析で重要なマイクロ流体ハンドリング技術の確立などへの貢献が期待できます。</p>	 直径30mm、長さ60mmの液柱
【船内実験室】 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)	<p>筋肉の中の1つのタンパク質(Cbl-b)に注目し、新規筋萎縮メカニズムを明らかにする実験です。</p> <p>ラットの細胞を細胞培養装置(CBEF)で培養して回収します。回収後、筋肉を作るために必要な過程の遺伝子と蛋白質の両方を解析し、新しい筋萎縮メカニズムを調べます。</p> <p>筋萎縮メカニズムを解明することで、筋萎縮疾患、老化や寝たきりによる筋萎縮への対処法の開発として、地上での医療への貢献が期待できます。</p>	代表研究者: 二川健(徳島大学 教授)
【船内実験室】 NEURO RAD (宇宙放射線と微小重力の哺乳類細胞への影響)	<p>神経細胞への宇宙放射線の影響を遺伝子レベルで網羅的に調べるとともに、ミトコンドリアを介したアポトーシス(細胞死)に関わっている遺伝子を詳細に調べる実験です。</p> <p>神経細胞を軌道上で培養し、凍結回収します。回収後にマイクロアレイを用いて発現遺伝子を網羅的に解析します。特にミトコンドリア関連の遺伝子の発現量とタンパク質量の解析を行います。</p> <p>神経細胞が宇宙放射線の長期被曝によって受けける影響を理解し、放射線防護方法の開発の基礎データとします。</p>	代表研究者 馬嶋秀行(鹿児島大学 教授)

表1.3.3-1 第22次／第23次長期滞在中のJAXA実験・技術開発テーマ(2/4)

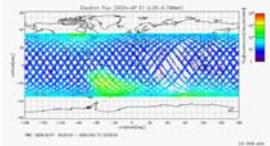
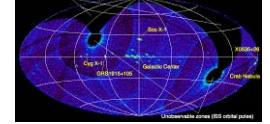
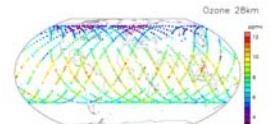
実験テーマ名	実験概要	代表研究者
【船外実験プラットフォーム実験】 SEDA-AP (宇宙環境計測ミッション装置)	<p>SEDA-APは、ISS周回軌道における宇宙環境(中性子、重イオン、プラズマ、高エネルギー軽粒子、原子状酸素)の定量的計測や微粒子捕獲、電子部品評価、材料曝露実験を行なう船外実験装置です。STS-127ミッション(2009年7月)で「きぼう」船外実験プラットフォームに取り付けられたSEDA-APは、その後初期機能確認を経て、2009年9月から定常運用が開始されました。</p>	代表研究者: 五家建夫(JAXA)  高エネルギー軽粒子計測データ
【船外実験プラットフォーム実験】 MAXI (全天X線監視装置)	<p>MAXIは2種類のスリットカメラを用いて全天のX線天体を観測する船外実験装置です。ISSが90分で地球を一回周回すると、進行方向と天頂方向に向けられた2つの半円弧状のカメラ視野が全天を一回走査します。</p> <p>STS-127ミッション(2009年7月)で「きぼう」船外実験プラットフォームに取り付けられました。</p>	代表研究者: 松岡勝(JAXA)  MAXIによる最初の取得画像
【船外実験プラットフォーム実験】 SMILES (超伝導サブミリ波リム放射サウンダ)	<p>SMILESは、JAXA 及び NICT (情報通信研究機構) が共同して開発しました。成層圏大気中の微量分子を高感度で測定し、地球規模でその分布と変化を明らかにします。このため、SMILES は世界に先駆けて高感度の超伝導センサを採用し、今後の地球観測の発展に新しい可能性を拓きます。2009年9月に、HTV技術実証機でISSに打ち上げられ、「きぼう」船外実験プラットフォームに取り付けられました。</p>	代表研究者: 塩谷雅人(京都大学教授)  オゾンの緯度－高度分布図

表1.3.3-1 第22次／第23次長期滞在中のJAXA実験・技術開発テーマ(3/4)

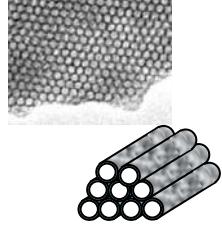
実験テーマ名	実験概要	代表研究者
【応用利用実験】 NANOSKELETON1 (微小重力環境でのナノスケルトン作製)	<p>微小重力環境を利用して高機能多孔質骨格構造体(ナノスケルトン)を実現し、産業界の製品開発へ貢献することを目指した実験です。</p> <p>酸化硫酸チタン、界面活性剤、油を反応させ、ナノスケルトンを生成して地上に回収します。実験結果と地上の計算化学シミュレーションの活用により、ナノスケルトンの地上での最適生産条件を解析します。</p> <p>現行の光触媒に置換わりうる性能を有する触媒製品につながることによって、低成本で高効率な太陽電池材料の創製や有害物質除去など、環境・エネルギー問題の解決に貢献できます。</p>	代表研究者: 阿部正彦(東京理科大学)  上: TiO2 ナノ材料のハニカム体、 下: TiO2 ナノ材料の細孔
【応用利用実験】 JAXA PCG (高品質タンパク質結晶生成実験)	<p>タンパク質の結晶を生成する実験です。「きぼう」船内実験室内に設置されている流体実験ラックの結晶生成装置(PCRF)を使用して、JAXA PCGキャニスターでタンパク質結晶を生成します。宇宙では、地上よりも高品質な結晶を得ることができます。そのため地上で得られる結晶よりも詳細な構造が明らかになります。この実験で得られたデータは、医薬品の開発、環境・エネルギー問題の解決に貢献するものと期待されています。</p>	研究者: 産業界、大学、国研の研究者  JAXA PCGキャニスター
【応用利用実験】 2D Nano Template (微小重力環境を利用した2次元ナノテンプレートの作製)	<p>産業界の製品開発へ貢献することを目指し、ナノ表面加工を行うためのテンプレートを、微小重力環境を利用して作製する実験です。</p> <p>凹凸を有するペプチド素子を沈降や浮力対流を抑制した微小重力環境で均一に配列させ、ナノレベルの周期溝構造を形成させます。これを地上に回収し、テンプレートとして地上でナノレベルの表面加工製品の製造へと結びつけます。</p> <p>光デバイスやナノバイオデバイスなど、ライフサイエンス、環境・エネルギー、ITなど様々な分野での貢献が期待できます。</p>	代表研究者: 木下隆利(名古屋工業大学教授)
【有人宇宙技術開発実験】 Myc01 (ISSに滞在する宇宙飛行士の常在微生物叢の変化を調査)	<p>ISSで活動する宇宙飛行士の気道および皮膚から試料を採取し真菌叢を解析することにより、宇宙飛行士がISS滞在中に呼吸によって体内に取り込む、あるいは環境中の空気に暴露されることで皮膚に付着する真菌叢の変化を評価すること目的とする実験です。</p> <p>ヒトの常在菌叢は生活習慣や生活環境を反映することが知られています。ISS船内は、地上から運ばれる物品や宇宙飛行士などと共に多くの微生物も運ばれ増殖していると思われますが、これまで、ISS船内で生活する宇宙飛行士自身が船内に飛散した常在細菌などの環境微生物から受ける影響や、それらのリスクについて体系的に評価した例はありませんでした。</p>	代表研究者: 向井千秋(JAXA)  サンプル収集キット

表1.3.3-1 第22次／第23次長期滞在中のJAXA実験・技術開発テーマ(4/4)

実験テーマ名	実験概要	代表研究者
【有人宇宙技術開発実験】 Hair (長期宇宙滞在宇宙飛行士の毛髪分析による医学生物学的影響に関する研究)	宇宙環境(微小重力環境、宇宙放射線環境、精神的ストレス等)による人体への影響を毛髪分析から評価し、長期宇宙滞在飛行士の健康管理に役立てることを目的とした実験です。又、毛髪による健康管理手法を確立することも目的としています。毛髪は、生体の一部であり、ヒトの外部環境応答や体内動態を知るためのよい材料です。毛根部は、ストレスなどの様々な外部要因に敏感に応答することから、そこから抽出される分子を分析することにより、生体影響を分子(遺伝子・タンパク質)レベルで解析することができます。毛幹部は、体内含有微量元素の短期および長期変動が毛幹に記録されていくため、毛幹の特定位置における含有元素を解析することにより、ある特定時期の生体の状態をることができます。	代表研究者: 向井千秋(JAXA)  サンプル回収キット
【有人宇宙技術開発実験】 Biological Rhythms (Biorhythms) (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)	長期宇宙滞在を行う宇宙飛行士に対し、飛行中および飛行前後に24時間の心電図を記録し、不整脈、虚血性変化、および心臓自律神経活動の解析を行います。心電データの取得は、汎用型のホルター心電計を用いて飛行前に1回、飛行中に3回(前期、中期、後期にそれぞれ1回ずつ)、および飛行後に1回、連続24時間の心電図を記録する。飛行中のデータは地上にダウンリンクを行います。本実験の成果は、動悸や不正脈などの軌道上遠隔医療技術の向上と、宇宙滞在時の生物学的リズム(交感神経と副交感神経のリズム)変動と睡眠中における心臓の休息度等を評価することにより、宇宙飛行士の健康管理技術の向上に役立つものです。	代表研究者: 向井千秋(JAXA)  Holter ECG
【有人宇宙技術開発】 Area PADLES Crew PADLES (宇宙放射線計測(「きぼう」船内および個人被ばく))	ISSが飛行する軌道上では、長期間滞在する宇宙飛行士や搭載される生物試料は、宇宙放射線と微小重力環境の両方の影響を受けます。PADLESは、JAXAが開発した受動積算型宇宙放射線計測装置で、「きぼう」船内12箇所に6ヶ月程度設置して宇宙放射線環境を計測し、データベースとして整備します。また、宇宙飛行士のシャトルやソユーズ打上、ISS滞在、地上へ帰還時に受動型線量計を携行し、被ばく線量を測定します。「きぼう」での実験計画立案に必要な宇宙放射線情報を利用者に提供するとともに、将来の有人探査に必要となる基礎情報として蓄積します。また、長期滞在宇宙飛行士のリスク評価や健康管理に活用します。	JAXA技術開発  Area PADLES

注：計画・スケジュールはISSの運用状況により変更となる可能性があります。実験に関する最新情報は、「「きぼう」の利用状況と今後の予定」(<http://kibo.jaxa.jp/experiment/status/>)をご覧ください。

表1.3.3-2 第22次／第23次長期滞在中の文化／人文社会科学利用ミッション(EPO)

タイトル	概要
Dewey's Forest (宇宙庭)	種子を入れて打上げた栽培キットに宇宙で水をやり、2ヶ月間成長させます。成長後はハイビジョンカメラで撮影します。
Poem Chain (宇宙連詩)	直前の詩の中から、ある言葉、または、ある1行を引用して、次の詩に続けていくものです。世界中から寄せられた応募作品の中から選んだ詩と詩人・文化人による寄稿を組み合わせて編纂していきます。編纂された宇宙連詩は、DVDに収録し「きぼう」で保管します。

表1.3.3-3 JAXA実験関連スケジュール ※実験概要については表1.3.3-1を参照ください。

週	カテゴリ	流体実験ラックを使用した実験	細胞実験ラックを使用した実験	有人宇宙技術開発	教育・文化利用
2009年 11月～12/27	Marangoni UVP (1) (マランゴニ対流実験)				
12/28～1/3			Biorhythms (1) (心電計測)		
2010年 1/4～1/10			Hair (1) (毛髪採取のサポート)	Dewey's Forest (宇宙庭)	
1/11～1/17					
1/18～1/24					
1/25～1/31					
2/1～2/7	JAXA PCG (1) ※～4/4まで (蛋白質結晶生成実験)		Area PADLES (装置取外し)		
2/8～2/14			Myc01 (1) (常在微生物叢調査)		
2/15～2/21			Biorhythms (2) (心電計測) Area PADLES (装置取付け)		
2/22～2/28		NANOSKELETON1 (ナノスケルトン作製実験)			
3/1～3/7				Dewey's Forest (宇宙庭) の撮影	
3/8～3/14	Marangoni UVP (2) (マランゴニ対流実験)				
3/15～3/21	JAXA PCG (1) ※～4/4まで (蛋白質結晶生成実験)	NEURO RAD (神経細胞培養実験)			
3/22～3/28		Myo Lab (細胞培養実験)	Myc01 (2) (常在微生物叢調査)		
3/29～4/4	Marangoni UVP (3) (マランゴニ対流実験)				
4/5～4/11					
4/12～4/18					
4/19～4/25					
4/26～5/2			Hair (2) (毛髪採取のサポート) Biorhythms (3) (心電計測)		
5/3～5/9					
5/10～5/16	JAXAPCG (2) (蛋白質結晶生成実験)				

注: 計画・スケジュールはISSの運用状況により変更となる可能性があります。実験に関する最新情報は、「きぼう」の利用状況と今後の予定」(<http://kibo.jaxa.jp/experiment/status/>)をご覧ください。

表1.3.3-4 野口宇宙飛行士の関わるJAXA以外の医学研究実験運用

実験略称	正式テーマ名	代表研究者	概要	参考資料
3D Space (ESA)	Mental Representation of Spatial Cues During Flight	Gilles Clement, Ph.D.	宇宙長期間滞在する宇宙飛行士の三次元知覚力に関する問題点(知覚の変化に伴うパフォーマンスリスク)を調査する実験です。実験には、図形や文字の描写、二次元及び三次元図形の認識、そして物体の絶対距離感が含まれます。このテストの結果を、宇宙飛行士の飛行前、飛行中、そして飛行後で比較します。	http://www.nasa.gov/mission_pages/staton/science/experiments/3D-Space.html
Harness STDO (NASA)	A New Harness For Use with Exercise Countermeasures - Validation of Improved Comfort and Loading with the Center for Space Medicine Harness	Gail P. Perusek, M.S.	ISSで用いられている振動分離機構付きトレッドミル(TVIS)のために、新しく設計・開発されたハーネスに関して、飛行中の有用性を評価する実験です。新しいハーネス、“CSMハーネス”には腰と肩の間の負荷分散を計測する負荷センサーが備わっており、被験者となるISSクルーは、負荷分散データの取得にあわせて、簡単な質問紙に記入し、ハーネスの感触、フィット感、機能に関する主観的な評価を行ないます。	https://issmp.isc.nasa.gov/science/default.asp?e_id=105
SelfTest (PVT) (NASA)	Psychomotor Vigilance Self Test on ISS (Reaction SelfTest)	David F. Dinges, Ph.D.	PVT(精神運動覚醒検査)はパソコンを使って行う自己診断テストです。睡眠不足や概日リズム障害(夜間勤務など)、仕事の内容、睡眠薬の使用等の条件が、テストの成績にどのように影響するかを宇宙飛行士自身が比較します。このテストでは、各自の心身の状態を各自が把握するのに有効かどうかを評価します。	http://www.nasa.gov/mission_pages/staton/science/experiments/Reaction_Self_Test.html
Spinal Elongation (NASA)	Spinal Elongation and its Effects on Seated Height in a Microgravity Environment	Sudhakar Rajulu, Ph.D.	微小重力環境での脊椎伸長によって生じる座高の変化について、量的データを入手することを目的とした実験です。脊椎伸長の座高への影響に関するデータは、座席の位置決めや、適当なクリアランスの確保、座席のフィッティング、配置、ディスプレイおよび制御機器類に対する適切な向きの特定、さらに、与圧服や居住に要求されるツール仕様の設計に役立ちます。	http://www.nasa.gov/mission_pages/staton/science/experiments/Spinal_Elongation.html

注:計画・スケジュールはISSの運用状況により変更となる可能性があります。実験に関する最新情報は、「きぼう」の利用状況と今後の予定」(<http://kibo.jaxa.jp/experiment/status/>)をご覧ください。

1.4 第22次／第23次長期滞在中の主なイベント

野口宇宙飛行士のISS長期滞在中の主なイベントを表1.4-1に示します。

表1.4-1 野口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	
2009年 11月	<ul style="list-style-type: none"> ▲STS-129 アトランティス 号打上げ(11/16) ●STS-129 ドッキング (11/18) ▼STS-129 帰還 (11/27) 		<ul style="list-style-type: none"> ▲MRM2 打上げ (11/10) ●MRM2 結合 (11/12) 	<p>(11/10)ロシアの小型研究モジュール2 (MRM2) がソユーズロケットでISSに打ち上げられます。</p> <p>(11/26)第20次／第21次長期滞在クルーとして約3ヶ月間ISSに滞在したニコール・ストットがSTS-129で帰還します。</p>
12月		<ul style="list-style-type: none"> ▼ソユーズ TMA-15 帰還 (12/1) ▲ソユーズ TMA-17 打上げ (12/21*) ●ソユーズ TMA-17 ドッキング (12/23*) 	<ul style="list-style-type: none"> ▼MRM2運搬用の プログレス分離 (12 月中) 	<p>(12/1)ソユーズTMA-15でディビュナー、サースク、ロマネンコが帰還します。●軌道上のISSクルーは2名となります</p> <p>ウィリアムズがISSコマンダーとなり、第22次長期滞在ミッションが開始されます。</p> <p>(12/23)ソユーズTMA-17で野口宇宙飛行士がISSに到着します。第22次／第23次長期滞在クルーとして約6ヶ月間ISSに滞在する予定です。●軌道上のISSクルーは5名となります</p>
2010年 1月		<ul style="list-style-type: none"> ■ソユーズ TMA-16 ポート 移動 (1/20) (MRM2へ) 	<ul style="list-style-type: none"> ●与圧結合アダプタ3 (PMA-3) の移設 (1/5) ●船外保管プラットフォーム3(ESP-3) の移設(1月中) ■ロシアEVA (1月中) 	<p>(1/5)トランクウィリティー(第3結合部)の到着準備として、与圧結合アダプタ3(PMA-3)をユニティ下側へ移設します。</p> <p>(1/12)船外保管プラットフォーム3(ESP-3)をS3トラス上に移設します。</p> <p>(1/20)ソユーズTMA-16の結合ポートをズヴェズダ後方ポートからMRM2へと移動します。</p>

※表の日付は米国時間です。なお、*の日付は日本時間を示します。スケジュールはISSの運用状況などによって変更される可能性があります。

表1.4-1 野口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	
2010年 2月	▲STS-130 エンデバー号 打上げ (2/4) ●STS-130 ドッキング (2/6) ▼STS-130 帰還 (2/16)		▲プログレス36P 打上げ (2/3) ●プログレス36P ドッキング (2/5)	(2/6)STS-130ミッションが ISSに到着し、ランクウィリ ティーがISSに取り付けられ ます。
3月	▲STS-131 ディスカバリー 号打上げ (3/18) ●STS-131 ドッキング (3/20) ▼STS-131 帰還 (3/31)	▼ソユーズ TMA-16 帰還 (3/18)		(3/18)ソユーズTMA-16でウ イリアムズとソレオブが帰還 します。●軌道上のISSクルー は3名となります コトフがISSコマンダーとな り、第23次長期滞在ミッショ ンが開始されます。 (3/18)STS-131ミッションで 山崎宇宙飛行士がISSに打ち 上げられます。
4月		▲ソユーズ TMA-18 打上げ (4/2) ソユーズ ●TMA-18 ドッキング (4/4) (MRM2にドッキ ング)	■ロシアのEVA (4月中) ▼プログレス35P分 離 (4/26) ▲プログレス37P 打上げ (4/28) ●プログレス37Pド ッキング (4/30)	(4/4)ソユーズTMA-18で第23 次／第24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
5月	▲STS-132 アトランティス 号打上げ (5/14) ●STS-132 ドッキング (5/16)	▼ソユーズ TMA-17帰還 (5/15) ▲ソユーズ TMA-19 打上げ (5/30) ●ソユーズ TMA-19 ドッキング (6/1)		(5/15) 野口宇宙飛行士がソ ユーズTMA-17で地上に帰還 します。ISSでは第24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 (6/1)ソユーズTMA-19で第24 次／第25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。なお、スケジュールはISSの運用状況などによって変更される可能
性があります。

【広報イベント】

広報イベントの実施時期は、JAXA公開ホームページ「野口宇宙飛行士最新情報」(http://iss.jaxa.jp/iss/jaxa_exp/noguchi/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。



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」の様子

1.5 ISS長期滞在ミッションに向けたこれまでの訓練

野口宇宙飛行士は、第18次長期滞在クルーの若田宇宙飛行士のバックアップクルーとして、また第22次／第23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。

野口宇宙飛行士の実施してきた主な訓練を、表1.5-1に示します。

表1.5-1 野口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)

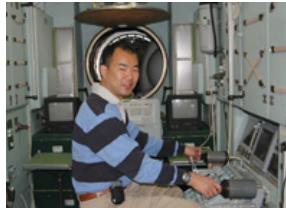
2007年 5月、7月	<u>ロシアでの長期滞在訓練</u> <u>(ロシア:GCTC)</u> 	<ul style="list-style-type: none"> - ロシアモジュールの各システム(コンピュータ系、電力系、ドッキング系、熱制御系など)の運用に関わる訓練 - ロシアモジュールの各システム(電力システム、火災検知・消火システム、姿勢制御・航法システム)の運用に関わる訓練 - ソユーズ宇宙船の構造・装備や生命維持システムの運用に関わる、講義やシミュレータを使用した訓練
2007年 8月	<u>救急医療実習訓練</u> (米国: <u>JSC</u>) 	医療機材の熟知や医療技術を身につけるための訓練(チェックリストに従った診断方法や治療方法、また実際にISSにある医療器具を使用した縫合、点滴、カテーテルの挿入などの実習)
2007年 9月	<u>ISS運用シミュレーション訓練</u> (JSC) 	ISSでの活動を模擬したシミュレーション訓練(ISSのモックアップ(実物大模型)を使用して、ISSの飛行管制を行うミッションコントロールセンター役を訓練教官が担当し、第18次長期滞在クルーのISSでの活動を模擬した訓練)
2007年 10月	<u>第18次長期滞在クルー固有訓練</u> (日本:TKSC) 	第18次長期滞在クルー固有の、「きぼう」日本実験棟組立て・メンテナンスに関わる訓練

表1.5-1 野口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)

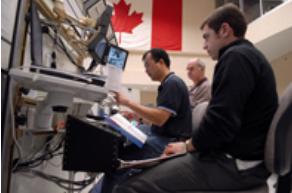
2007年 11月	<p><u>ISS火災発生時の緊急対応訓練 (JSC)</u></p> 	<p>ISS長期滞在時にISSで火災が発生した際の緊急対応手順の訓練(ISSのモックアップ(実物大模型)を用いて、実際の火災を想定し、煙が発生する中で、防煙マスクを着用し、煙探知機を使用してどこで火災が発生しているのか突き止め、消火作業を行うという対応手順や他のクルーの所在を確認する手順の訓練)</p>
2007年 12月	<p><u>デクスター操作訓練 (カナダ: CSA)</u></p> 	<p>カナダが開発した「デクスター」(特殊目的ロボットアーム)の操作資格を得るための訓練</p>
2008年 1月	<p><u>運動器具操作訓練 (JSC)</u></p> 	<p>ISSの運動器具の操作方法について訓練 (現在ISSで使用されている1台目のトレッドミルや自転車エルゴメータ、筋力トレーニング装置の操作や、ISSの2台目のトレッドミルの操作について訓練)</p>
2008年 2月	<p><u>ロシアでの長期滞在訓練 (GCTC)</u></p>	<p>ロシアが開発した「ザーリヤ」(基本機能モジュール)、「ズヴェズダ」(ロシアのサービスモジュール)、「ピアース」(ロシアのドッキング室)の生命維持システムや熱制御システム、通信システムなどについて、シミュレータを使用した訓練と講義</p>
2008年 3月	<p><u>微小重力研究グローブボックス(MSG)を利用した実験装置の運用訓練 (JSC)</u></p> 	<p>ISSでの実験に関わる訓練('コロンバス'(欧洲実験棟)に設置されている微小重力研究グローブボックス(Microgravity Science Glovebox: MSG)を使用して行うNASAの流体実験装置の運用訓練)</p>

表1.5-1 野口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)

2008年 4月	<p><u>ロシアでの長期滞在訓練 (CGTC)</u></p> 	<ul style="list-style-type: none"> - ロシアモジュールのシステムや運用、ロシアモジュールの構造や船内のレイアウト、搭載されている通信システムなどについての訓練 - ソユーズ宇宙船に関する訓練（モックアップ（実物大模型）や帰還時の体感重力を模擬する遠心加速器を使用した訓練）
2008年 5月	<p>(第20次長期滞在*クルーに任命！) <u>ISSの第18次長期滞在に向けた訓練 (JSC)</u></p>	 <p>※2008年11月にISS滞在番号の名称変更があり、第22次／第23次長期滞在クルーとなりました。</p>
2008年 6月	<p><u>ロシアでのISS長期滞在訓練 (GCTC)</u></p> 	<ul style="list-style-type: none"> - ソユーズ宇宙船の姿勢制御システムや通信システム、プログレス補給船の構造、アマチュア無線機器などについて、講義やシミュレータを使用した訓練 - ソユーズ宇宙船・プログレス補給船のISSへの自動ドッキングシステムの訓練 - シミュレータを使用した、ISSのロシアモジュールでの火災を想定した対応手順訓練 - ソユーズ宇宙船による帰還の訓練 - RSCエネルギー社にて、プログレス補給船の設計や運用方法、ISSでのメンテナンスや修理作業を行う際に使用する工具、ISSのロシアモジュールに搭載されたアマチュア無線機器の使用方法の訓練
2008年 6月	<p><u>ISSでの第20次長期滞在に向けた船外活動訓練 (JSC)</u></p> 	<p>無重量環境訓練施設(Neutral Buoyancy Laboratory: NBL)のプールでの船外活動訓練(ISSの排熱を行なうためのラジエーターにアンモニア冷媒を供給するフレックス・ホース・ロータリー・カプラー(Flex Hose Rotary Coupler: FHRC)の交換作業など、長期滞在中に実施する可能性のあるISSのメンテナンス作業の訓練)</p>

表1.5-1 野口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)

2008年 7月	<p><u>第18次長期滞在クルー固有訓練 (TKSC)</u></p> 	<ul style="list-style-type: none"> - 「きぼう」のシステムについて、シミュレータを使用した訓練と講義 <ul style="list-style-type: none"> ・船内実験室と船外実験プラットフォームの結合部である船外実験プラットフォーム結合機構(Exposed Facility Berthing Mechanism: EFBM)の操作・点検方法 ・船外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の操作・点検方法 ・「きぼう」ロボットアームの点検やロボットアームのバックアップドライブシステム(Backup Drive System: BDS)の運用 ・「きぼう」のシステムなどに異常が発生した際の対応 - 「きぼう」での実験に関わる訓練 <ul style="list-style-type: none"> ・「きぼう」の細胞実験ラックおよび流体実験ラックに搭載された実験装置の運用訓練(実験装置の訓練や試験に使用するグランドモデルを使用して、細胞培養実験や結晶成長実験、流体物理実験を模擬した訓練) ・船内実験室に設置して宇宙放射線の環境を観測するArea PADLESの運用訓練 ・実験画像を処理する画像取得処理装置(Image Processing Unit: IPU)の運用訓練 ・微小重力環境を測定して実際の実験環境条件を提供する微小重力計測装置(Microgravity Measurement Apparatus: MMA)の運用訓練 ・クルーが実験データや実験装置の健全性データを確認することが可能なペイロードラップトップターミナル(Payload Laptop Terminal: PLT)の運用訓練 - 「きぼう」の運用管制チーム(JAXA Flight Control Team: JFCT)とともに、実際の運用を模擬したシミュレーション訓練
2008年 8月	<p><u>ISSの第18次長期滞在に向けた訓練 (GCTC)</u></p>	<ul style="list-style-type: none"> - ソユーズ宇宙船やISSのロシアモジュールのモックアップ(実物大模型)を使用したシミュレーション訓練に加え、ソユーズ宇宙船やロシアモジュールの生命維持システム、ソユーズ宇宙船の専用シートに関わる訓練 - ソユーズ宇宙船に搭乗する際に着る専用のSokol宇宙服を着用し、低圧チャンバー内のソユーズ宇宙船のシートに座った状態で、宇宙服の気密点検 - RSCエネルギー社を訪れ、ISSのロシアセグメントで利用できるビデオカメラやスチルカメラの使い方について訓練
2008年 9月	<p><u>第18次、第19次長期滞在クルー固有訓練 (TKSC)</u></p>	<ul style="list-style-type: none"> - 「きぼう」日本実験棟打上げ第3便である2J/A(STS-127)ミッションで行う「きぼう」に関する作業を中心に訓練 <ul style="list-style-type: none"> ・船外実験プラットフォームへ取り付けた船外パレットから、船外実験プラットフォームへ船外実験装置を移設する運用訓練 ・移設に使用するロボットアームの点検などの運用についての講義、シミュレータやモックアップ(実物大模型)を使用した訓練 ・長期滞在中に行う「きぼう」での実験の講義やグランドモデルを使用した訓練 ・教育実験の訓練 ・健康管理のための心電図計測器の検証

表1.5-1 野口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)

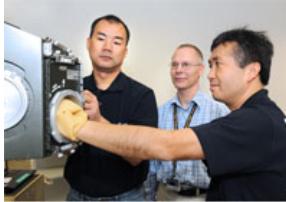
2008年 10月	<u>ロシアでのISS長期滞在訓練 (CGTC)</u>	<ul style="list-style-type: none"> - ISSのロシアモジュールの訓練(シミュレータを使用した訓練や講義を通して、ソユーズ宇宙船の生命維持システムや通信システム、ISSのロシアモジュールに搭載された熱制御システムや通信システムについて) - ソユーズ宇宙船関連(ソユーズ宇宙船のシミュレータを使用して、マニュアル操縦でソユーズ宇宙船をISSへ接近させ、ドッキングする訓練)
2008年 11月	<u>ロシアでのISS長期滞在訓練 (CGTC)</u>	<ul style="list-style-type: none"> - ISSのロシアモジュールを制御するコンピュータや生命維持システム、ソユーズ宇宙船の姿勢制御システムや生命維持システムについて訓練 - ソユーズ宇宙船の船内の構造やレイアウトの確認、姿勢制御システム、熱制御システムに関わる訓練や、マニュアル操縦でソユーズ宇宙船をISSへ接近させる訓練
2008年 11月	<u>ESAでのコロンバス訓練 (欧州: ESA)</u>  	<ul style="list-style-type: none"> - ESAのモジュールである「コロンバス」(欧州実験棟)に関する訓練 <ul style="list-style-type: none"> ・ 生物学実験ラックのグローブボックスの操作 ・ 流体科学実験ラック(Fluid Science Laboratory: FSL)での実験運用 ・ 欧州生理学実験ラック(European Physiology Modules: EPM)での実験運用、 ・ 欧州引出しラック(European Drawer Rack: EDR)の宇宙での空間認識の変化を計測する機器の操作 ・ タンパク質結晶生成の原理を研究する機器の操作 - コロンバスの熱制御システム、通信システム、電力システム、環境制御システムの訓練 - コロンバスの運用を模擬したシミュレーション訓練(コロンバスを運用するにあたり必要な知識・技術を持つ技術者として認定される)
2008年 12月	<u>ロシアでのISS長期滞在訓練 (GCTC)</u> 	シミュレータを使用してソユーズ宇宙船をマニュアル操縦でISSに接近させる訓練や手動帰還システムの操作訓練、ロシアモジュールの構造や船内のレイアウトの確認

表1.5-1 野口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)

2009年 1月	<p><u>宇宙ステーション補給機 (HTV)、「きぼう」日本実験 棟訓練 (TKSC)</u></p>  	<p>宇宙ステーション補給機(H-II Transfer Vehicle: HTV)に関する訓練</p> <ul style="list-style-type: none"> HTVの運用概要やシステム操作 クルーが軌道上で実施する作業の概要 曝露パレットと曝露パレットを収納する補給キャリア非与圧部の操作
2009年 3月	<p><u>船外活動訓練 (JSC)</u></p>  	<p>第22次／第23次長期滞在中に必要となる可能性のある船外活動の訓練</p> <ul style="list-style-type: none"> 船外活動作業を模擬するために、体をクレーンで吊り上げられた状態での船外活動ツールの操作(ピストル型パワー・ツール(Pistol Grip Tool: PGT)などの船外活動ツールを操作) 米国 の 船外 活動 で 使用 する 船外 活動 ユニット (Extravehicular Mobility Unit: EMU)のメンテナンス手順の訓練
2009年 3月	<p><u>ISS緊急事態発生時の訓練 (JSC)</u></p> 	<p>ISSのモックアップ(実物大模型)を使用して、ISSで緊急事態が発生したことを想定した訓練(対応手順の確認)</p>

表1.5-1 野口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)

2009年 4月	<p><u>ロシアでのISS長期滞在訓練 (GCTC)</u></p>  	<ul style="list-style-type: none"> - 遠心加速器を使用して帰還時の重力を体感する中でソユーズ宇宙船を操縦する訓練(船外を見るためのペリスコープの操作訓練含む) - ソユーズ宇宙船の緊急脱出システム、姿勢制御システム、熱制御システムの訓練 - 手動でソユーズ宇宙船をISSへ接近・ドッキングさせる操作、ハッチの開閉操作の訓練
2009年 4月	<p><u>「きぼう」日本実験棟、宇宙ステーション補給機(HTV)に関する訓練 (TKSC)</u></p>  	<ul style="list-style-type: none"> - 「きぼう」日本実験棟とHTVに関する訓練 <ul style="list-style-type: none"> ・ HTVの曝露パレットを「きぼう」ロボットアームで船外実験プラットフォームに取り付ける運用訓練 ・ ロボットアームでの船外実験装置の操作訓練 ・ ロボットアームの先端に取り付けて運用する子アームの操作訓練 ・ 「きぼう」のシステムに関わる訓練 - 長期滞在中に「きぼう」で実施する実験運用訓練 <ul style="list-style-type: none"> ・ 「微小重力環境における高等植物の生活環(Space Seed)」の実験の概要の講義 ・ 植物を育てる容器の操作や成長した植物のサンプルの採取方法の運用訓練

表1.5-1 野口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)

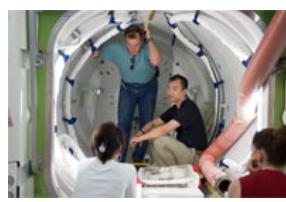
2009年 5月	<p><u>HTV訓練 (TKSC) (JSC)</u></p> <p><u>ISS長期滞在訓練 (TKSC) (JSC)</u></p>  <p><u>「きぼう」の実験運用訓練</u></p> 	<ul style="list-style-type: none"> - HTV技術実証機(初号機)のISSドッキング中の運用に関する模擬訓練 <ul style="list-style-type: none"> ・ HTVの曝露パレットから超伝導サブミリ波リム放射サンダ(SMILES)を取り外して「きぼう」日本実験棟の船外実験プラットフォームに取り付ける運用を模擬 ・ ISSのロボットアーム(SSRMS)のシミュレータを使用して、ISSに接近したHTVをSSRMSで把持してISSの「ハーモニー」(第2結合部)に取り付ける操作訓練 ・ ハーモニーからHTVを取り外す操作手順の訓練 - NBLを使用した、ISS船外のメンテナンス作業の船外活動訓練 - 「きぼう」での実験運用訓練 <ul style="list-style-type: none"> ・ 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ことを目的とした「骨量減少・尿路結石予防対策実験(ビスマfosfornate剤を用いた骨量減少・尿路結石予防対策に関する研究)」(日米共同研究)で使用する道具の操作訓練
2009年 6月	<p><u>ロシアでのISS長期滞在訓練 (GCTC)</u></p> 	<ul style="list-style-type: none"> - ISSで緊急事態が発生した際のシステム運用手順や急減圧への対応手順に関わる訓練 - ロシアモジュールの生命維持システムや水供給装置や調理設備の操作訓練 - ソユーズ宇宙船に関わる訓練 <ul style="list-style-type: none"> ・ シミュレータを使用してソユーズ宇宙船を手動操縦でISSにドッキングさせる訓練 ・ 打上げ時の緊急脱出用ロケットについての講義 ・ ロシアの小型研究モジュール2 (Mini-Research Module 2: MRM2)に関わる訓練 (MRM2について熟知するために、実際に宇宙に打ち上げられるフライターモデルに触れながら説明を受け、作りや機器の配置を確認)
2009年 6月	<p><u>船外活動ツールの操作訓練 (JSC)</u></p> 	<ul style="list-style-type: none"> - 船外活動(Extra Vehicular Activity: EVA)ツールの操作訓練 - 「クエスト」(エアロック)のモックアップ(実物大模型)を使用したEVAツールの収納場所の確認

表1.5-1 野口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)

2009年 7月	<p><u>「きぼう」日本実験棟に関する訓練 (TKSC)</u></p> <p><u>HTVに關わる訓練 (TKSC)</u></p>	<ul style="list-style-type: none"> - 「きぼう」日本実験棟で行う実験の概要および使用する実験装置・試料などの操作方法に関する訓練 <ul style="list-style-type: none"> ・筋肉が萎縮するメカニズムを解明する「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(Myo Lab)」の実験運用手順に関する訓練 ・宇宙放射線の遺伝子への影響や損傷した細胞の微小重力下での修復能を解明する「宇宙放射線と微小重力の哺乳類細胞への影響(Neuro Rad)」実験運用手順に関する訓練 ・「マランゴニ対流における時空間構造(Marangoni UVP)」実験運用手順に関する訓練 - 「きぼう」とHTVに關わるシステムおよび運用に関する訓練 <ul style="list-style-type: none"> ・「きぼう」ロボットアームの子アームの操作訓練 ・エアロックの操作訓練 ・「きぼう」ロボットアームを使用した船外実験装置の移設操作訓練
2009年 7月	<p><u>ISS長期滞在訓練 (JSC)</u></p>  	<ul style="list-style-type: none"> - 「クエスト」(エアロック)のモックアップ(実物大模型)を使用して、船外活動ユニット(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 - 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 - 宇宙ステーション補給機(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 - ISS長期滞在中に実施する予定のアマチュア無線での交信イベントの予行演習(「ズヴェズダ」(ロシアのサービスモジュール)のモックアップ(実物大模型)の訓練機器を使用して、実際に米国の学校と交信)
2009年 8月	<p><u>ロシアでのISS長期滞在訓練 (GCTC)</u></p>  	<ul style="list-style-type: none"> - ソユーズ宇宙船の運用訓練 <ul style="list-style-type: none"> ・ISSへの手動操縦での接近・ドッキング ・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関連訓練 <ul style="list-style-type: none"> ・火災を模擬した対応訓練 - ソユーズ宇宙船に搭乗する際に着用するソコル宇宙服や、不時着時に着用する防寒服・防水服のフィットチェック - ソユーズ宇宙船の構造・レイアウトの確認や、ISSのロシアモジュールのドッキングシステムについて訓練



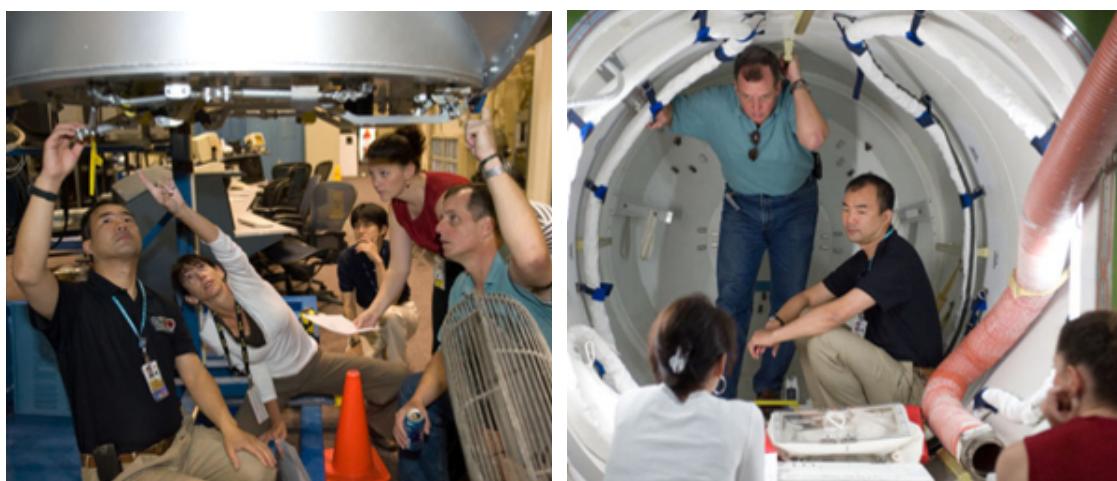
ISSのモックアップ（実物大模型）で緊急避難手順を確認（JSC）



船外活動訓練（JSC）



ISSのロボットアームのシミュレータを使用した訓練（JSC）



「クエスト」（エアロック）のモックアップ（実物大模型）を使用した訓練の様子（JSC）



宇宙服（EMU）のメンテナンス訓練（JSC）

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)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とともに、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主要輸送システムとしての役割を果たしています。スペースシャトルの2010年秋の退役(予定)を控えて、2009年終わりからは、ソユーズ宇宙船は、ISSの交代クルーをISSに輸送し長期滞在任務を終了したクルーを地上に帰還させるための唯一の手段となります。



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の緊急退避場所として、また宇宙飛行士の病気・怪我などで早期の帰還が必要になった場合など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実験サンプルを地上に回収します。
- 軌道モジュールは、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。

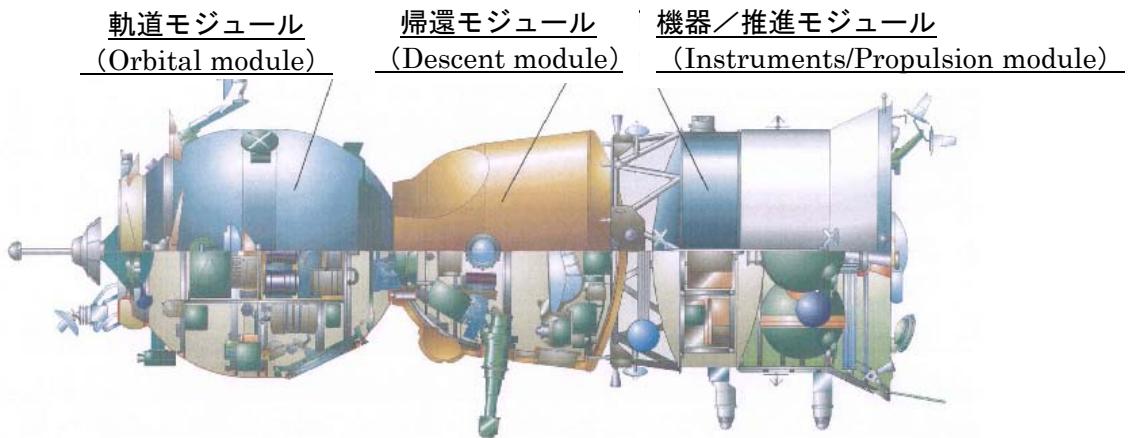
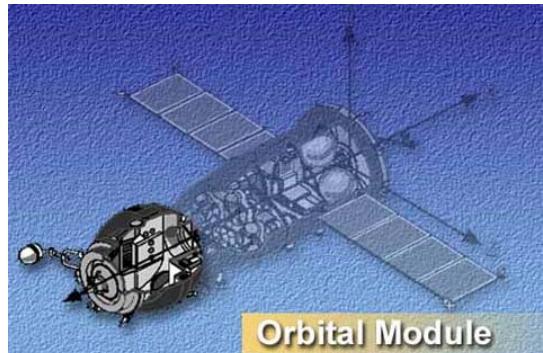


図2.1-1 ソユーズ宇宙船の構成

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される)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、モジュールの前方部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。



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、軌道離脱マヌーバ実施後に、帰還モジュールから分離して大気圏で燃焼します。

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帰還モジュール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(landing rockets)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、着地時の衝撃を緩和し、クルーの安全を確保するものです。ISSクルーは、緊急帰還に備えて、各自専用のソユーズシートライナーを用意しています。

帰還モジュールにはペリスコープが装備されており、ISSドッキング運用時にISSの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。推進スラスター(過酸化水素スラスター)が8個装備されており、これらのスラスターを用いて、パラシュート展開時までのカプセルの姿勢制御を行います。また、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名の場合は最大150kgの回収品を持ち帰ることができます)。この帰還モジュールのみが地上に帰還します。

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、姿勢制御用のスラスター燃料、電子機器類、通信機器類、制御機器類、熱制御システム、推進システム、バッテリ、太陽パネル、ラジエータが搭載されています。

推進剤は、燃料としてヒドラジン(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、大気圏内で燃焼します。



2.1.4 ソユーズ宇宙船の主要諸元

重量	軌道モジュール	1,300 kg
	帰還モジュール	2,900 kg
	機器／推進モジュール	2,600 kg
長さ	軌道モジュール	2.6 m
	帰還モジュール	2.1 m
	機器／推進モジュール	2.5 m
直径	軌道モジュール	2.2 m
	帰還モジュール	2.2 m
	機器／推進モジュール	2.7 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	
ISSドッキング可能期間	約200日間	
使用ロケット	ソユーズ	
推進剤	燃料	ヒドラジン(UDMH)
	酸化剤	四酸化二窒素(NTO)
太陽電池パドル	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点

現在のソユーズ宇宙船は、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に改良を加えたソユーズTMAで、2002年から運用しています。

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、身長1.6m、体重56kg以下の宇宙飛行士が搭乗することはできませんでしたが、ソユーズTMAでは制限幅が拡張されました(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軸加速度計を採用することで、着陸制御の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帰還モジュールのモックアップの着地試験の様子

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

2.1.6 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／ドッキングシステム

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ランデブ／ドッキングシステムを使用して自動ランデブ／ドッキングすることができます。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、異常を感知し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ことではないため、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)
(速度、接近距離、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正常)

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、ザーリヤの下部、ピアース(DC-1)下部の計3箇所(2010年1月には、MRM-2上部にもドッキングが可能となり4箇所に増える予定です)にドッキングすることができます。



図2.1.6-2 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。

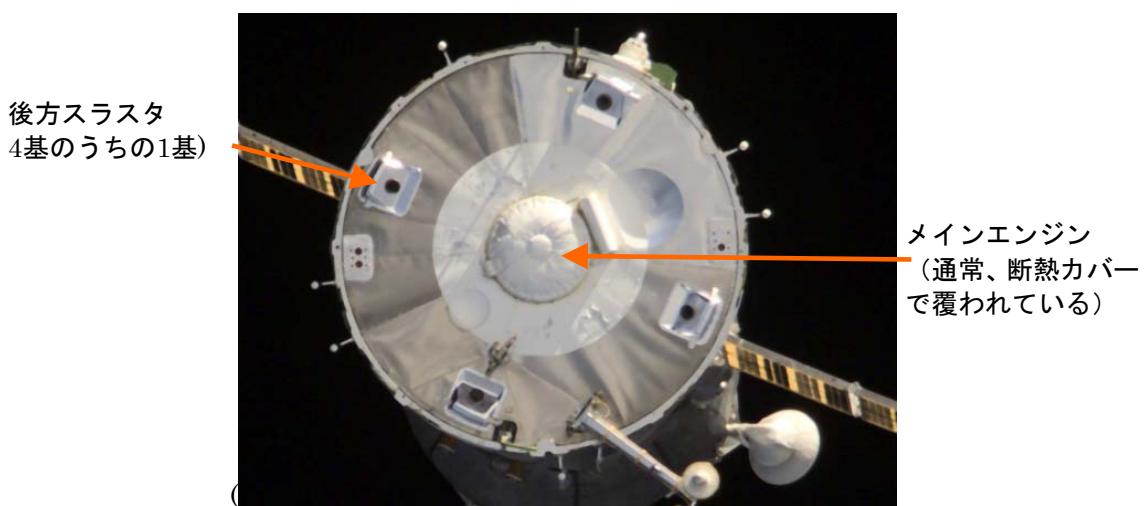


図2.1.6-3 ソユーズ宇宙船後方のメインエンジン

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2.1.6-4 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2.1.6-5 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からは弾道突入での帰還に備えて、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2.1.6-6 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。

このスーツはお腹のジッパーを開けて着用する方式です。

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、着地時の過大なGは、このダンパーで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。

着地時のGは、ソユーズTM宇宙船の場合で通常約5G、最大で約10～12Gがかかります。



図2.1.6-7 ソユーズ宇宙船の座席シートと搭乗姿勢 (RSCエネルギアHP)



図2.1.6-8 シートライナーを石膏で型とりする様子



図2.1.6-9 Sokol与圧服を装着する様子

2.1.6.10 着地時の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。

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2.1.6-10 ソユーズTMA-13が着陸する様子 (NASA HP)

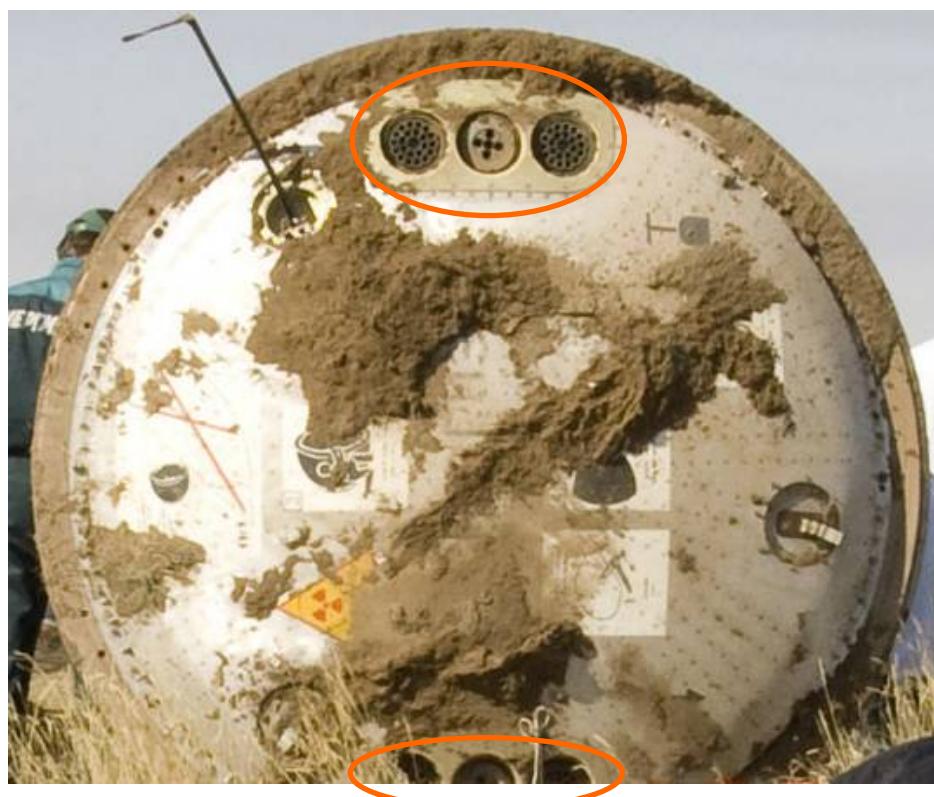


図2.1.6-11 ソユーズTMA-11の衝撃緩和用ロケット(NASA HPより)

2.1.7 ソユーズ宇宙船の運用概要

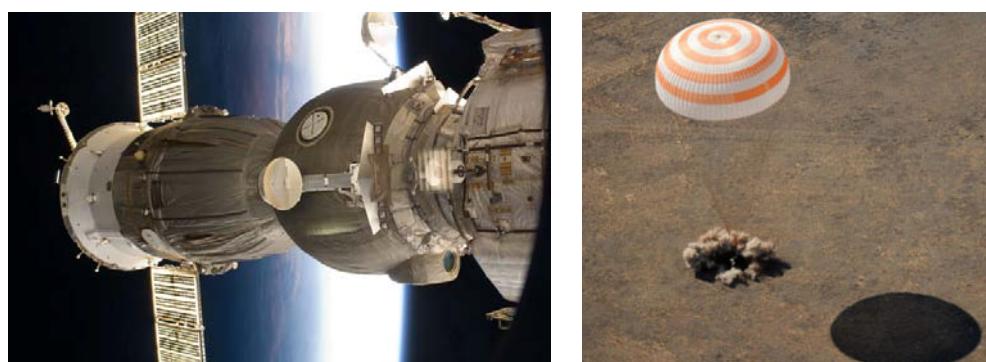
ソユーズ宇宙船は、打上げ後2日間かけてISSに接近し、飛行3日目にISSにドッキングします。

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。

- 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、列車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。

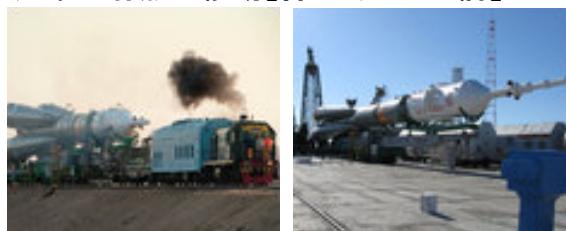
打上げ当日に、ロケットへの推進剤の充填が実施され、打上げの6時間前からカウントダウンが開始されます。

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【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／推進剤の充填【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



次頁の表2.1.7-1に、打上げ準備カウントダウンの流れを示します。

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	電力供給アンビリカル(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	打上げタワー一分離
	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(4基)が分離し、その後中核ロケットである第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基)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

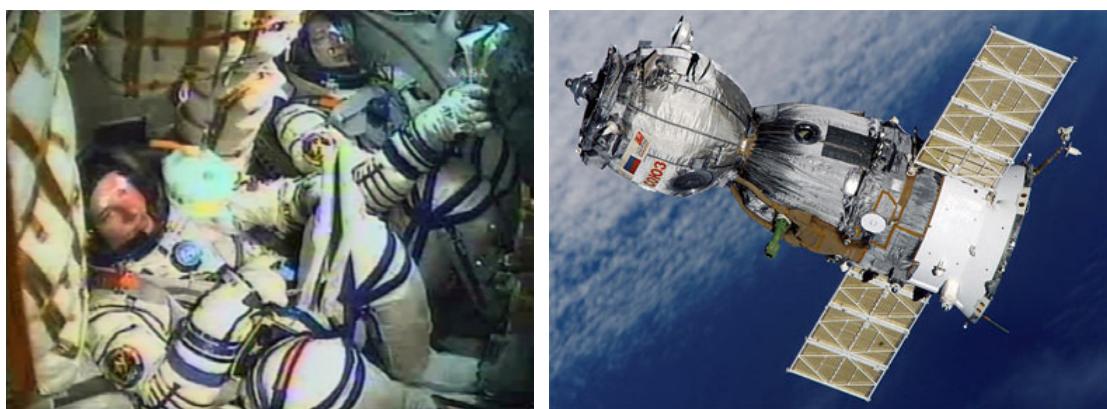


図2.1.7-2 ソユーズTMA-15上昇時の船内の様子(左)

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)	<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> <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)	<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> <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	<u>搭乗クルー就寝</u> ロシアの追跡域外(off of Russian tracking range) <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／ドッキング(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／ドッキングは自動制御で実施されますが、緊急時には、ソユーズ宇宙船の搭乗クルーが、手動で接近／ドッキング運用を実施することもできます。

ソユーズ宇宙船がISSから150mの距離まで接近した時点から、ロシアのミッションコントロールセンターによる、映像によるソユーズ宇宙船の接近／ドッキング運用の監視が開始されます。



図2.1.7-3 ISSに接近するソユーズ宇宙船



図2.1.7-4 ピアースのドッキングポートにドッキングしたソユーズ宇宙船

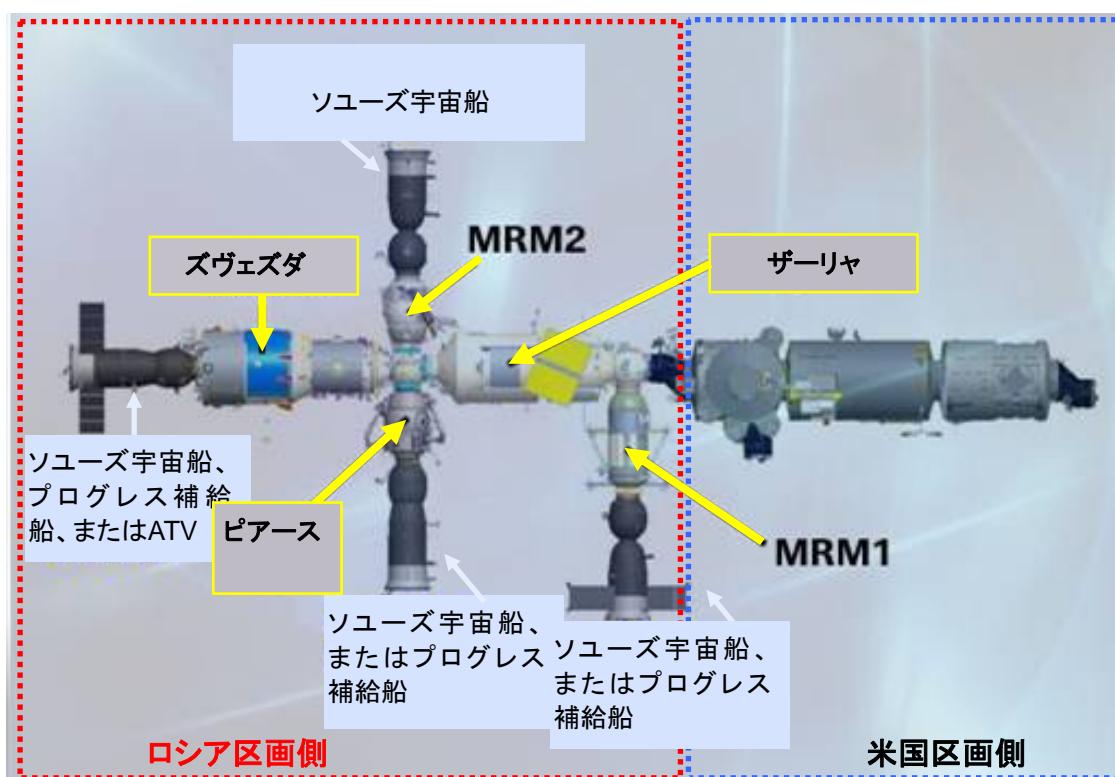


図2.1.7-5 2010年時点のロシア区画の構成
※ソユーズTMA-17は、ザーリヤにドッキングする予定です。
※MRM-1は2010年5月にISSに運ばれ結合する予定です。

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1,000m²)を展開。これにより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。

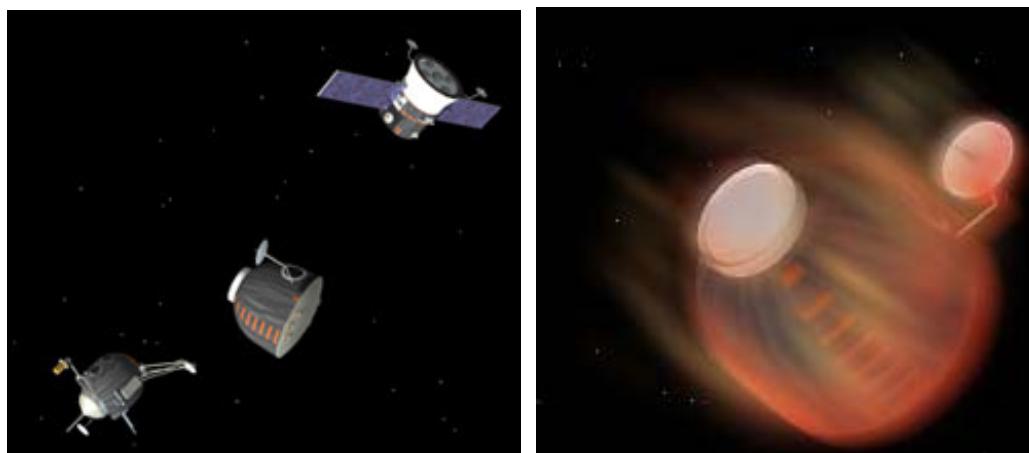


図2.1.7-6 ソユーズ宇宙船の分離イメージ(左)

図2.1.7-7 帰還モジュールの再突入イメージ(右)



図2.1.7-8 メインパラシュートを展開した帰還モジュール(左)

図2.1.7-9 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2.1.7-10 ソユーズ宇宙船の着陸予定地の例

注:ミッション毎に着陸地は多少移動します。

2.1.7.6 ソユーズ宇宙船回収部隊との合流

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、捜索・到着が遅れた例もあり、そのような状況でも素早く捜索部隊が到着できるよう、事前に捜索計画が設定されます。

捜索は、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、捜索部隊の最適な配置・展開が行われます。

捜索には10機以上の捜索用ヘリコプターが投入され、捜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、支援部隊は水陸両用車とオフロード車が配置・展開されます。帰還カプセルを発見し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、近くに捜索部隊がいれば、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るため、パラシュート降下中に音声交信ができない場合やノイズがひどい場合もあります。

着地したカプセルは、パラシュートが風でお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。

もし着地後も捜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出来ます。

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
- ⑦ 帰還モジュールカプセルをモスクワに回収



図2.1.7-11 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2.1.7-12 ソユーズ宇宙船の着地地点に到着した回収部隊



図2.1.7-13 ソユーズ宇宙船から搭乗クルーが出てくるところ



図2.1.7-14 回収部隊に運ばれる搭乗クルー



図2.1.7-15 医学検査用エアテント (inflatable medical tent)



図2.1.7-16 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)。

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2-2

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変化が起こります。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、これらの変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、計画的な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剤には、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。

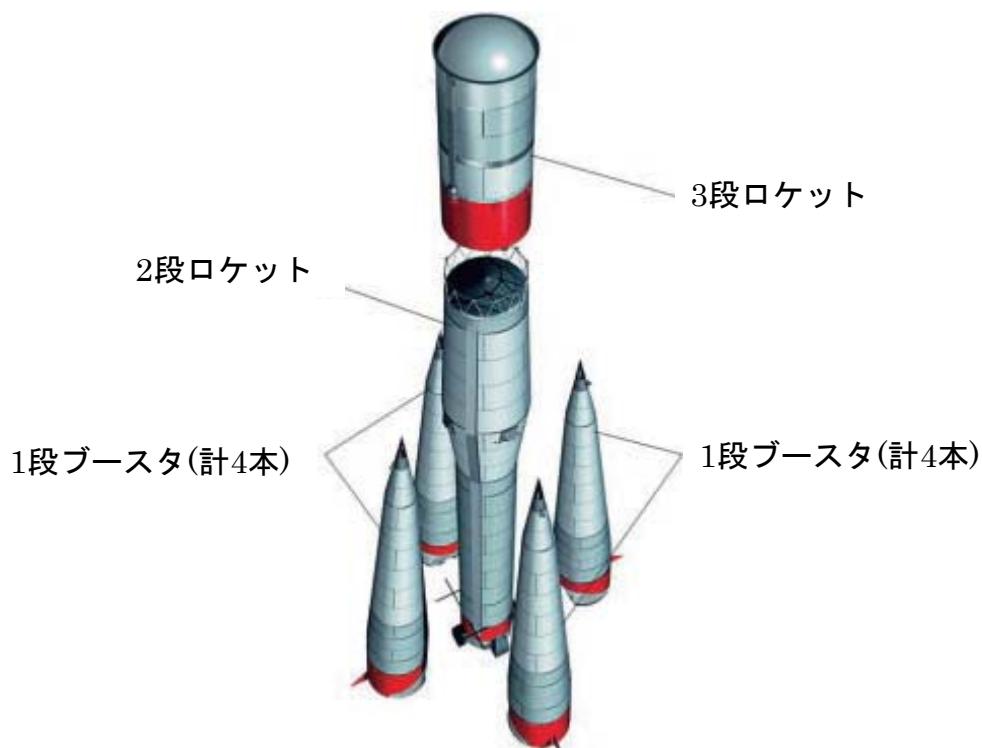


図2.1.8-3 ソユーズロケットの構成イメージ
(Starsem社のSoyuzユーザーズマニュアルより)

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

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)

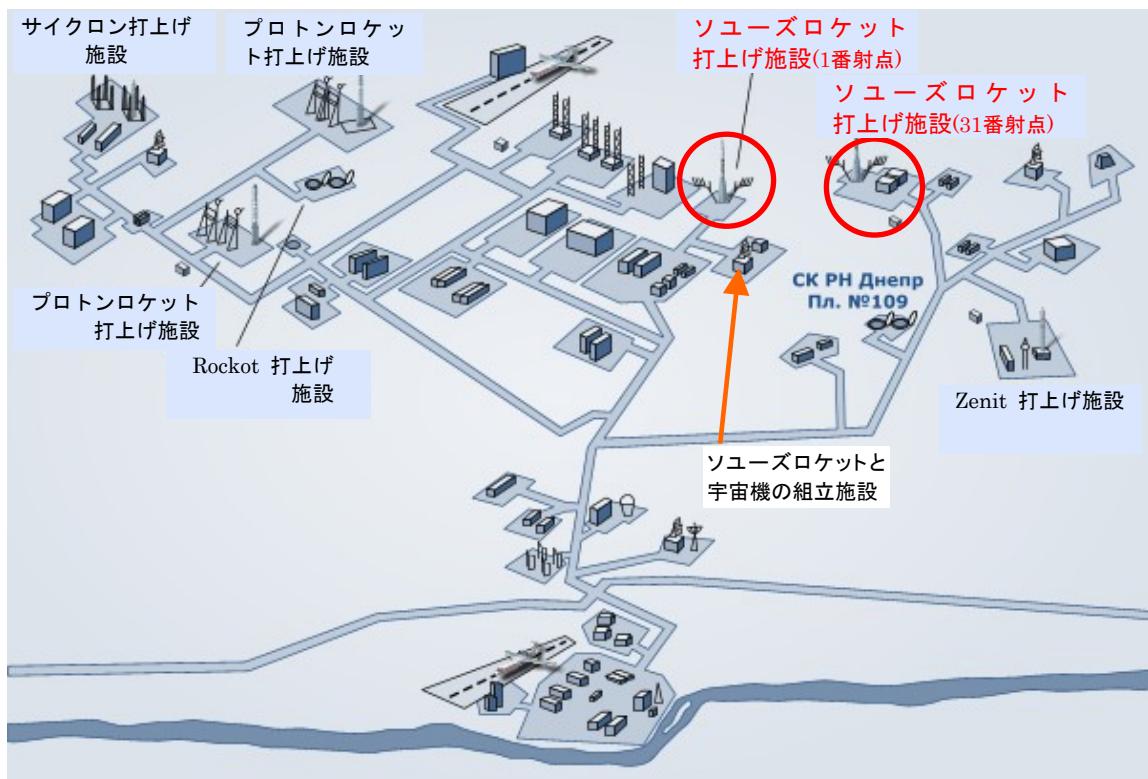


図2.1.9-2 バイコヌール宇宙基地のマップ(現在使用されている施設)

<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月の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)

2.2 ソユーズTMA-17(21S)フライト

ソユーズTMA-17(21S)フライトは、ロシアのソユーズ宇宙船を打ち上げて、ISSに新しいソユーズ宇宙船を届ける^{*}と共に、ISS滞在クルー3名を運ぶミッションです。ISS へ打ち上げられるソユーズ宇宙船の打上げとしては21回目、ソユーズ宇宙船の交換フライトとしては20回目となります。



ソユーズTMA-17(21S)の公式ロゴマーク

ロシアの子供たちによるパッチデザイン募集キャンペーンから選んだ作品をベースに作成したもので、女の子が宇宙に浮かぶISSと宇宙飛行士を眺めているデザインです。

2.2.1 飛行計画概要

ソユーズTMA-17(21S)の飛行計画の概要を表2.2-1に示します。

表 2.2-1 ソユーズTMA-17(21S)フライトの飛行計画の概要

2009年12月7日現在

項目	飛 行 計 画	
ミッション番号	21S(ソユーズTMA宇宙船の通算21回目のISSへのフライト)	
オービタ名称	ソユーズTMA-17	
打上げ予定日時	2009年12月21日午前6時51分(日本時間)	
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146日	
搭乗員	コマンダー フライトエンジニア ア フライトエンジニア ア	オレッグ・コトフ 野口 聰一 ティモシー・クリーマー
軌道高度	投入高度 : 約200km x 250km ランデブー高度 : 約350km	
軌道傾斜角	51.6度	
ISSドッキング予定日時	2009年12月23日午前7時58分(日本時間)	
ISS分離予定日	2010年5月15日(米国時間)	
帰還予定日	2010年5月15日(米国時間)	
帰還予定場所	カザフスタン共和国	

2.2.2 ソユーズTMA-17搭乗クルー



コマンダー(Commander)

オレック・コトフ(Oleg Kotov) 露空軍大佐
1965年、ウクライナのシンフェロポリ生まれ。
1996年に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、1998年3月に宇宙飛行士に認定される。
第6次、第13次長期滞在クルーのバックアップを担当し、
2007年4月、ソユーズTMA-10でISSに打上げられ、第15次長期滞在クルーのフライトエンジニアとしてISSに約6ヶ月間滞在し、2007年10月にソユーズTMA-10で帰還。今回が2回目のISS長期滞在となる。



フライトエンジニア(Flight Engineer)

ティモシー・クリーマー(Timothy Creamer) 米陸軍大佐
1959年米国アリゾナ州生まれ。
1998年NASA宇宙飛行士候補として選抜される。第19次長期滞在クルーのバックアップクルーを務める。今回初めてソユーズ宇宙船のフライトエンジニアとしてソユーズ宇宙船で打ち上げられ、帰還する。



フライトエンジニア(Flight Engineer)

野口 聰一 (JAXA)
1965年神奈川県横浜市生まれ。
1996年NASDA(現JAXA)が募集していた宇宙飛行士候補者に選定され、同年6月、NASDA(現JAXA)入社。同年8月からNASAが実施する第16期宇宙飛行士養成コースに参加。1998年NASAよりミッションスペシャリスト(搭乗運用技術者: MS)として認定される。2005年STS-114ミッションに参加し、日本人として初めてISS船外での船外活動を実施する。第18次長期滞在クルーのバックアップクルーとして、ISS長期滞在ミッションに関わる様々な訓練に参加した。今回、日本人として初めてソユーズ宇宙船のフライトエンジニアとして、ソユーズ宇宙船で打ち上げられ、帰還する。

3. 国際宇宙ステーション概要

3.1 概要

人類にとって国境のない場所のひとつ—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、2010年完成を目指しています。

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。

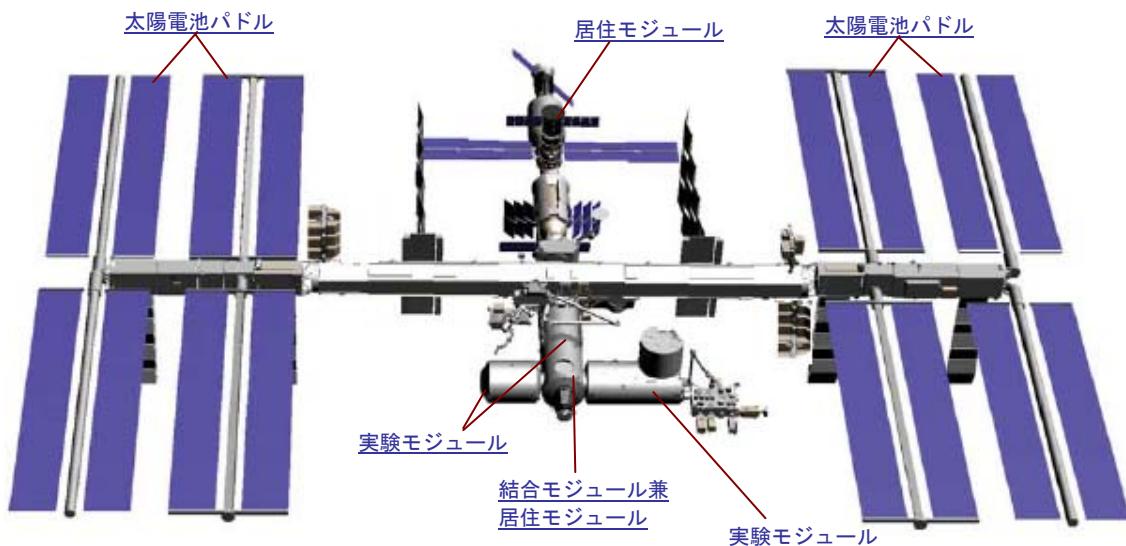


図3.1-1 ISS全体構成

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	実験モジュール:5棟 [内訳]米国 1 (デスティニー)／日本 1 (きぼう)／欧洲 1(欧洲実験棟)／ロシア 2(MRM)、多目的実験モジュール(MLM)) 居住モジュール:1棟 [内訳]ロシア1(ズヴェズダ(ロシアのサービスモジュール))
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」(欧洲実験棟)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330~460km) 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 Bロケット(日)

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(イギリス、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)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。

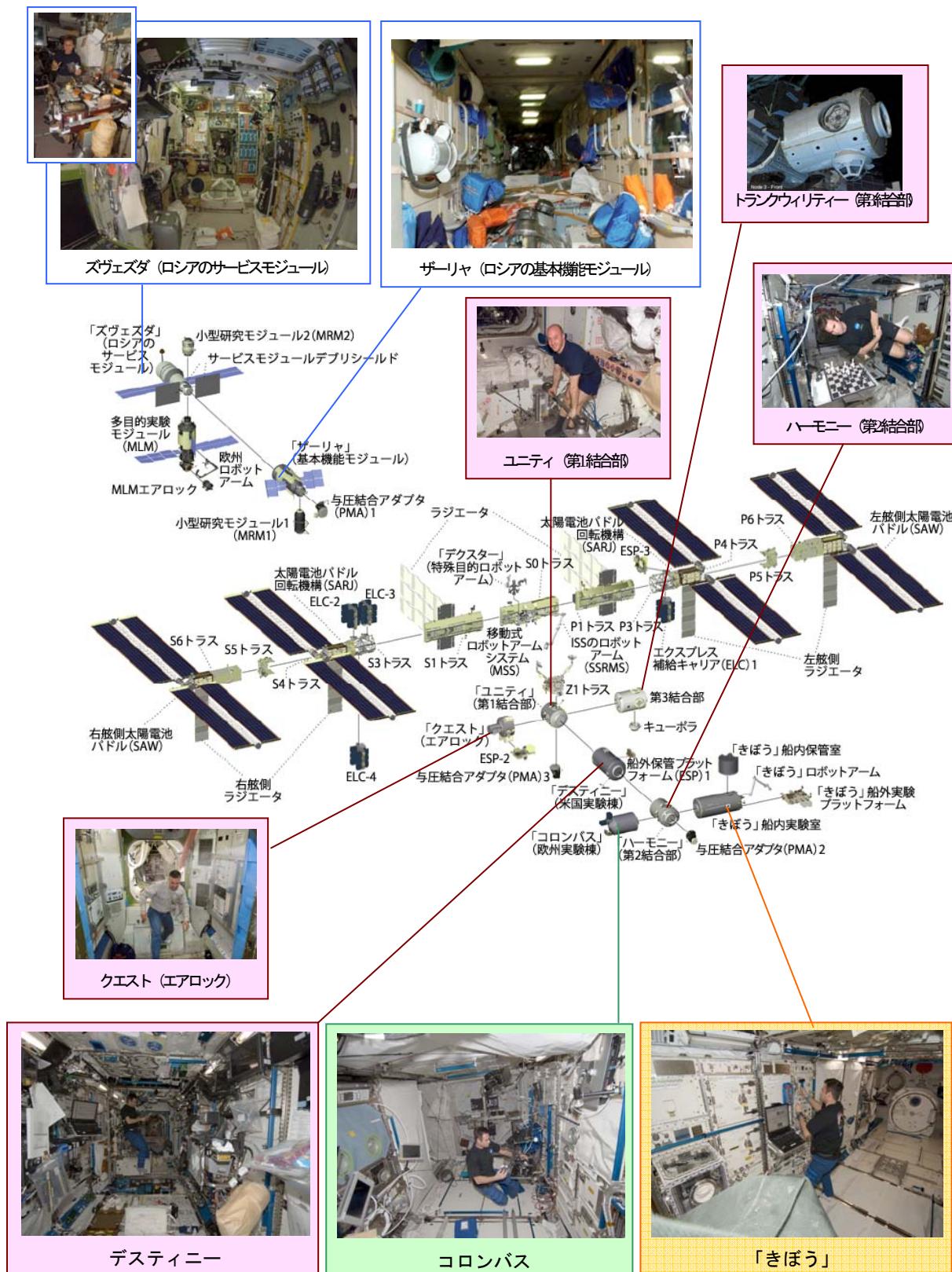


図3.2-1 ISS構成要素

青:ロシアのモジュール、赤:米国のモジュール、緑:欧洲のモジュール、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	午前会議 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。

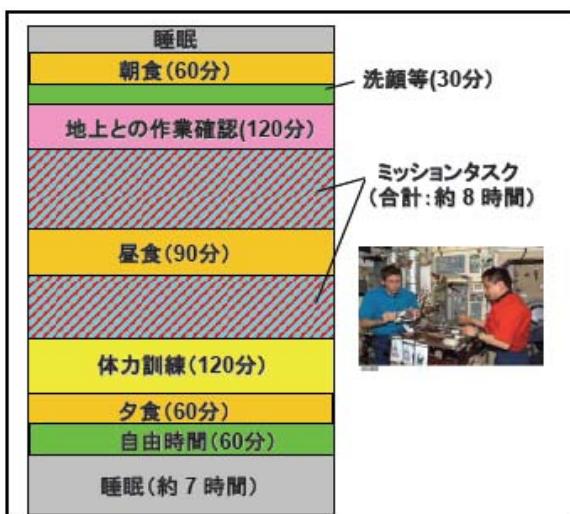


図3.3.1-1 ISSでの平日の活動スケジュール(例)

※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

2009年10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、デスティニー内にも、STS-105(7A.1)ミッションで設置された米国製の個室(Temporary Sleep Station)が1つあります。

「ハーモニー」(第2結合部)には、2008年11月のSTS-126(ULF-2)で設置された米国製の個室2つがあり、「きぼう」船内実験室内にも、2009年8月のSTS-128(17A)ミッションで運ばれた米国製の個室1つが仮設置されています。この個室は、STS-130ミッションでトランクウェイリティー(第3結合部)が到着した後は、ハーモニー内に移設される予定です。STS-131ミッション(ULF4)ミッションでさらにもう1つの個室が運ばれ、ハーモニー内に増設される予定です。

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(左)、デスティニー内の個室(右)



図3.3.1-3 若田宇宙飛行士が使用していた米国製の個室(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 寝袋使用時の例(ハーモニー内)

(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、これまで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、デスティニー内に仮設置されました。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。

STS-130ミッションでトランクウィリティーが到着した後は、WHCとWRSはトランクウィリティー内に移設されます。水再生システムについては、4.4.1項を参照下さい。

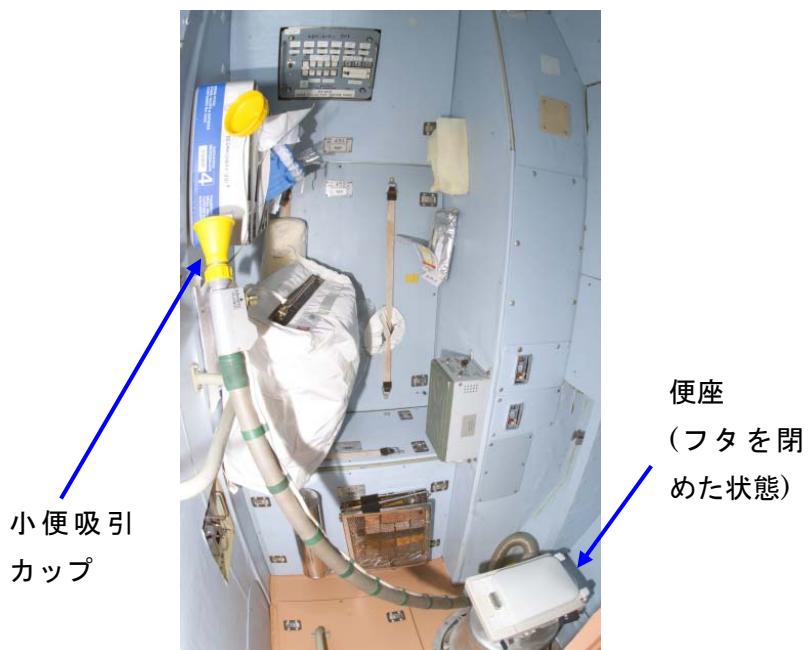


図3.3.1-6 ズヴェズダ内のロシア製のトイレ



※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)

(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。

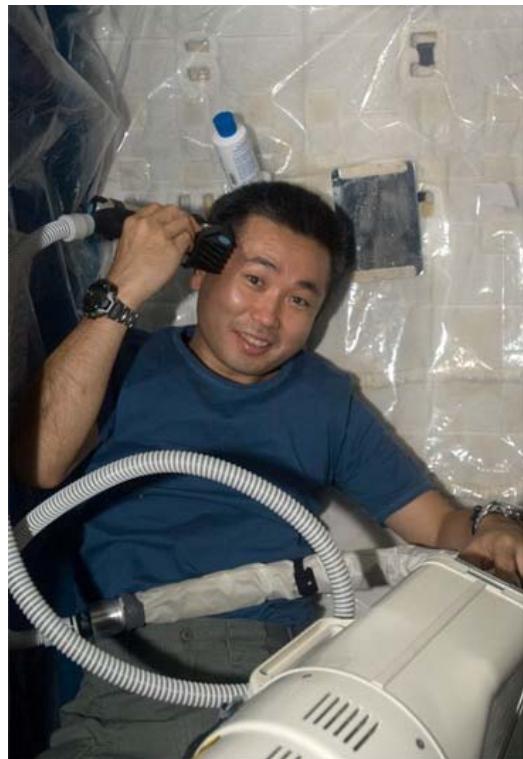


図3.3.1-8 個室で散髪する若田宇宙飛行士

※ 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3~6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。



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 果物でリフレッシュ



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れば、将来、日本やヨーロッパの重要な祭日も休みになるかもしれません。

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。



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 ユニティ内に設定されている2台目のテーブル

(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ましたため、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中であり、国際色豊かな食事を食べられるようになりつつあります。

次頁に宇宙日本食の例を示します。



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3.3.2-3 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)が運ばれ、ハーモニー(第2結合部)に仮設置されました。このCOLBERTはトランクウェイリティーに移設される予定です。



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 ハーモニー内に仮設置された
COLBERT

(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。

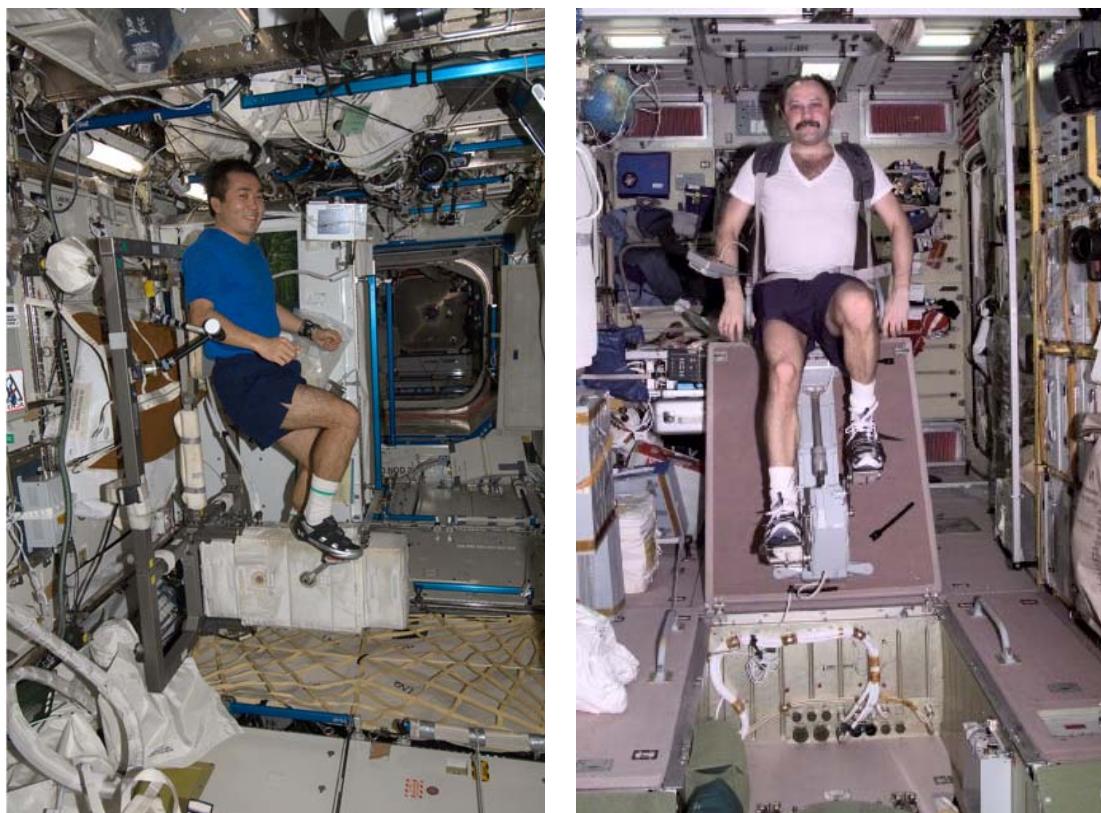


図3.3.3-3 CEVISで運動する若田宇宙飛行士(左)

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)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、この改良型の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。このAREDも、トランクウェイリティー到着後にトランクウェイリティー内に移設される予定です。



図3.3.3-5 AREDで運動する若田宇宙飛行士

(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。

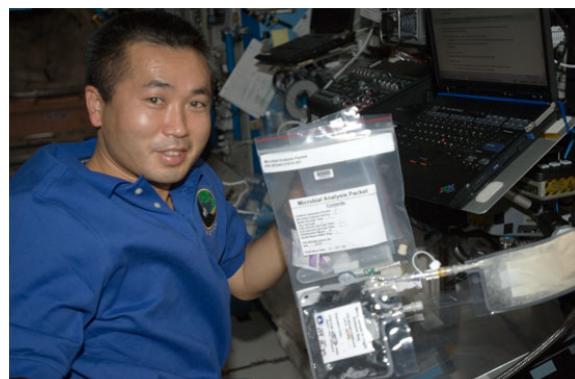


図3.3.3-6 水質検査作業



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(CHeCS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）

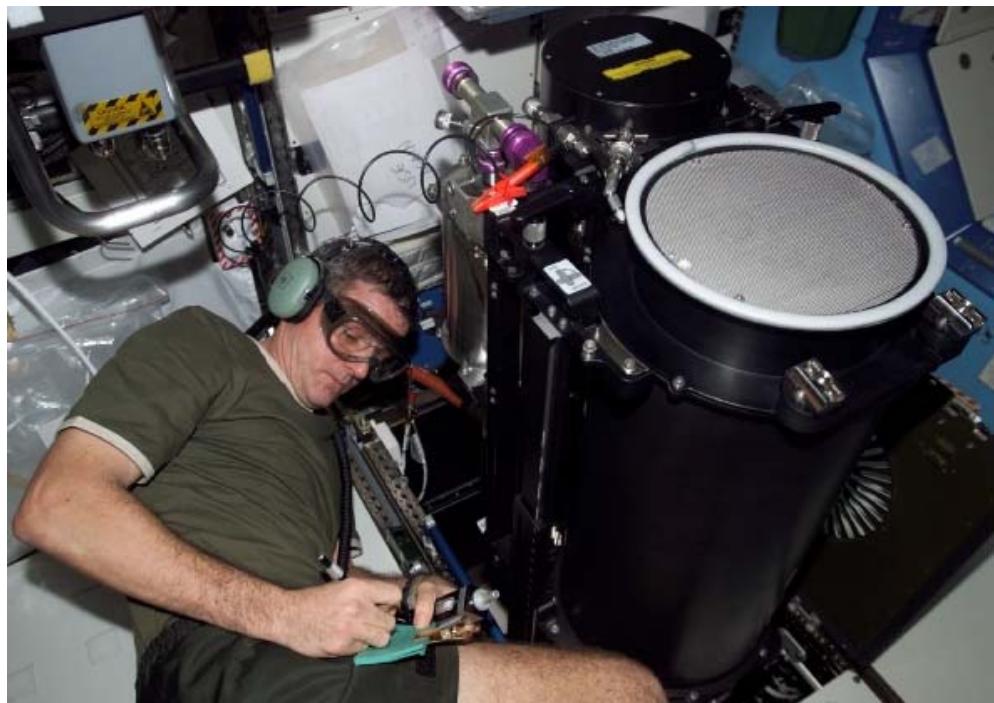


図3.3.4-5 米国の有害ガス除去装置(TCCS)の修理（デスティニー内）



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

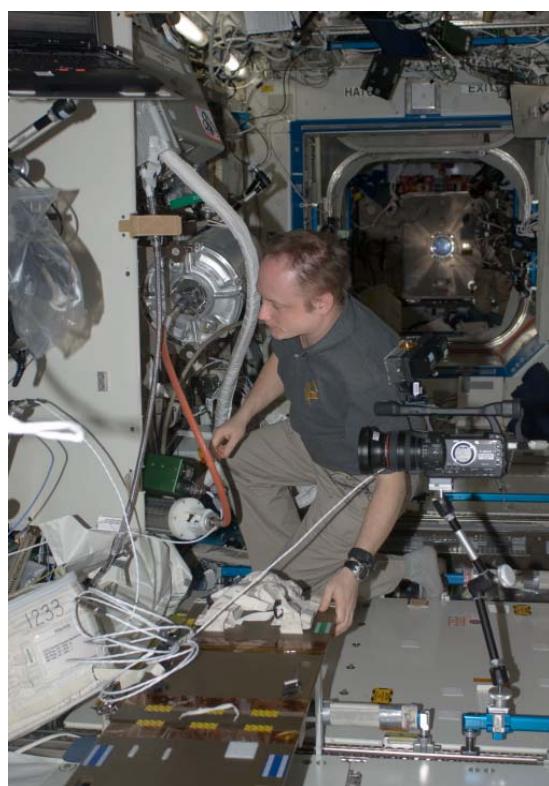


図3.3.4-10 水再生システム(WRS)ラック 尿処理装置のトラブル対応作業



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する機器修理・調整作業



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)

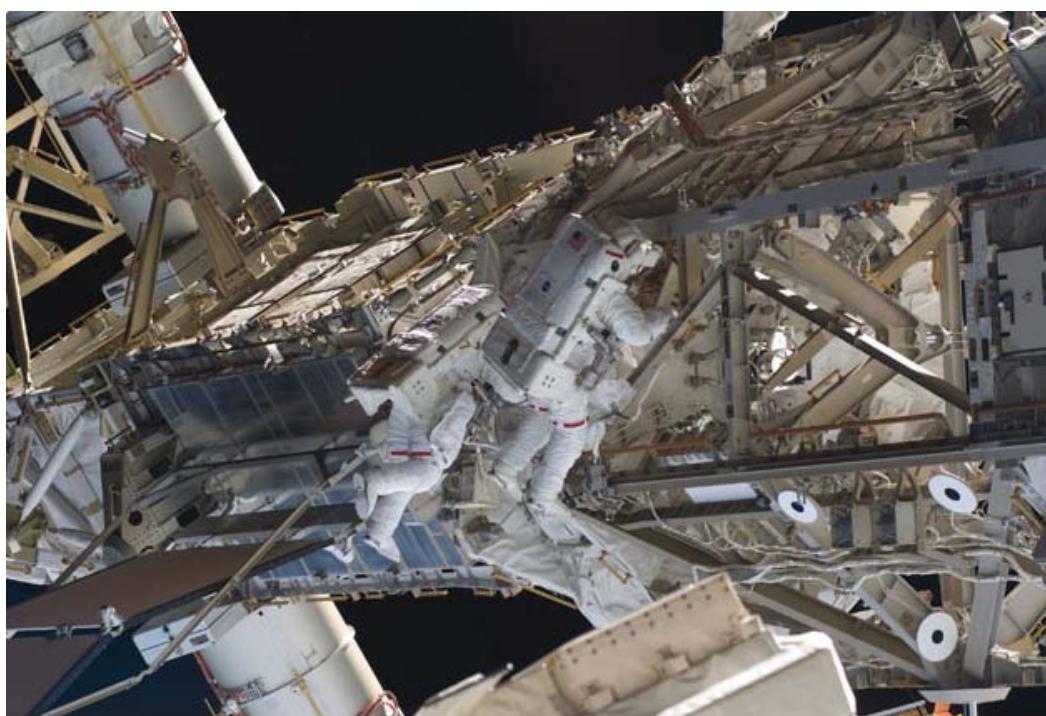


図3.3.4-17 船外活動(EVA)による修理作業

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、デスティニー（米国実験棟）に設置されました。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)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。

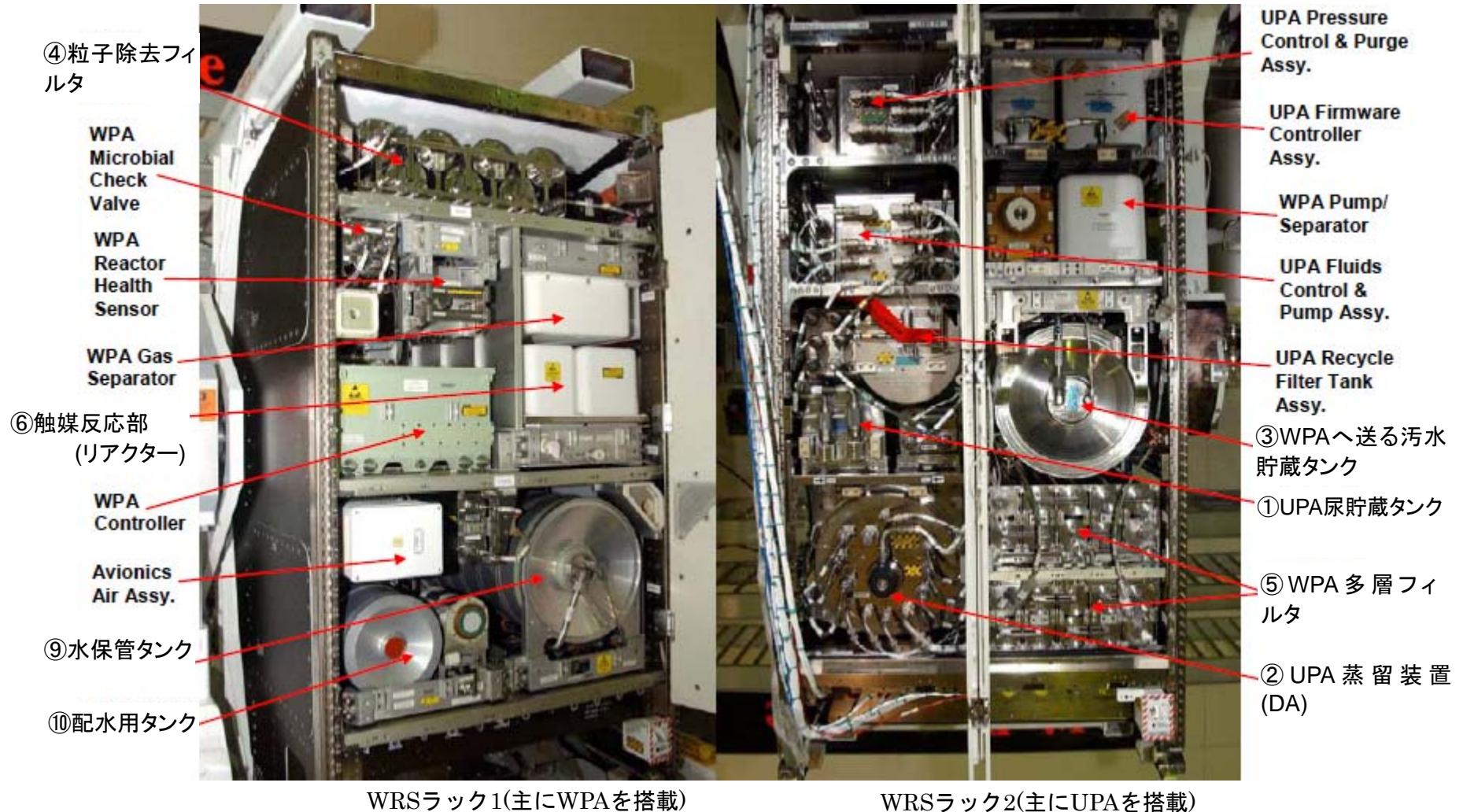


図3.4.1-1 WRS1, 2ラックの機器構成と水処理の主な流れ

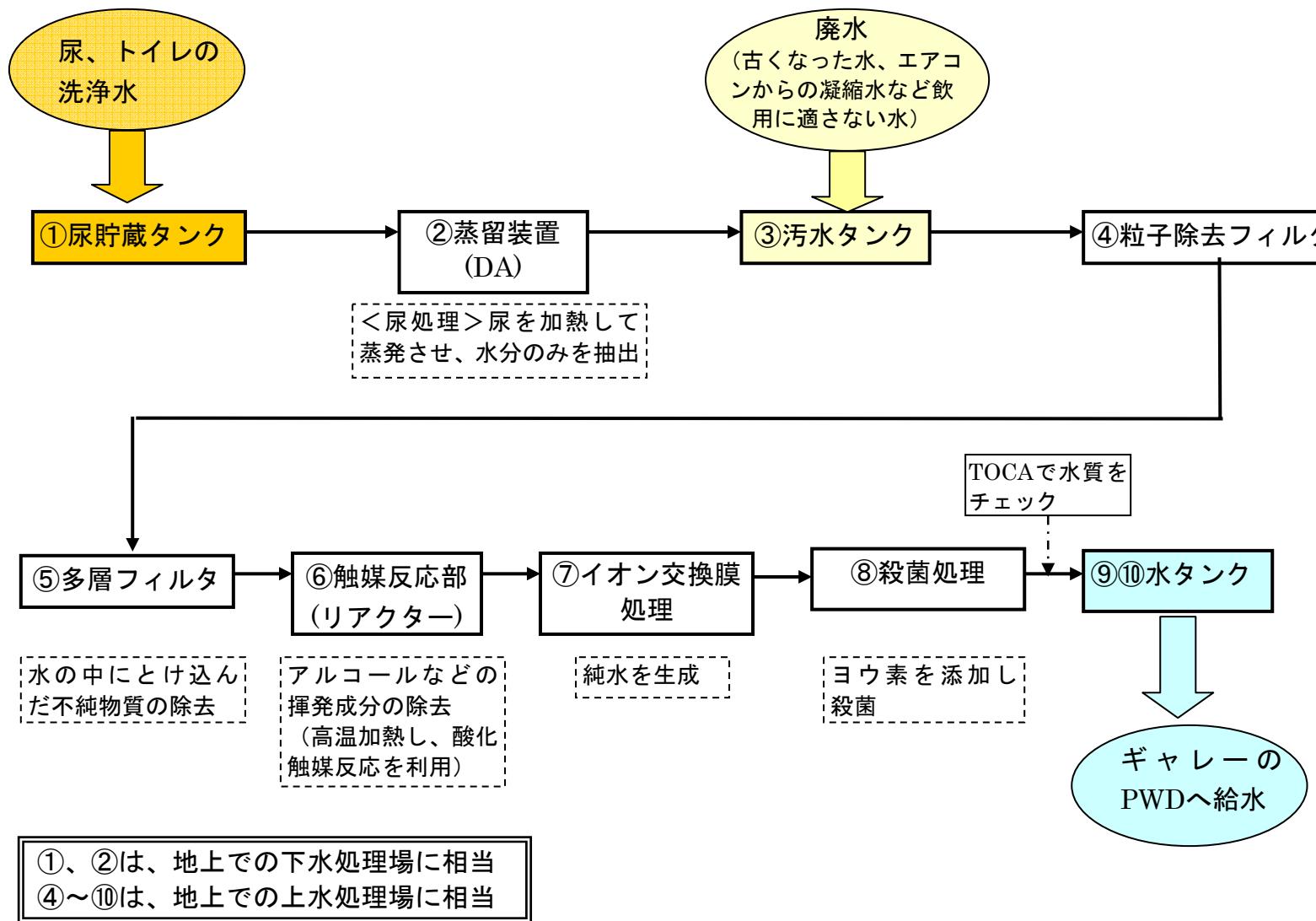


図3.4.1-2 ISSでの水再生処理の流れ



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で運ばれる交換用の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。

これ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、デスティニ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。

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。

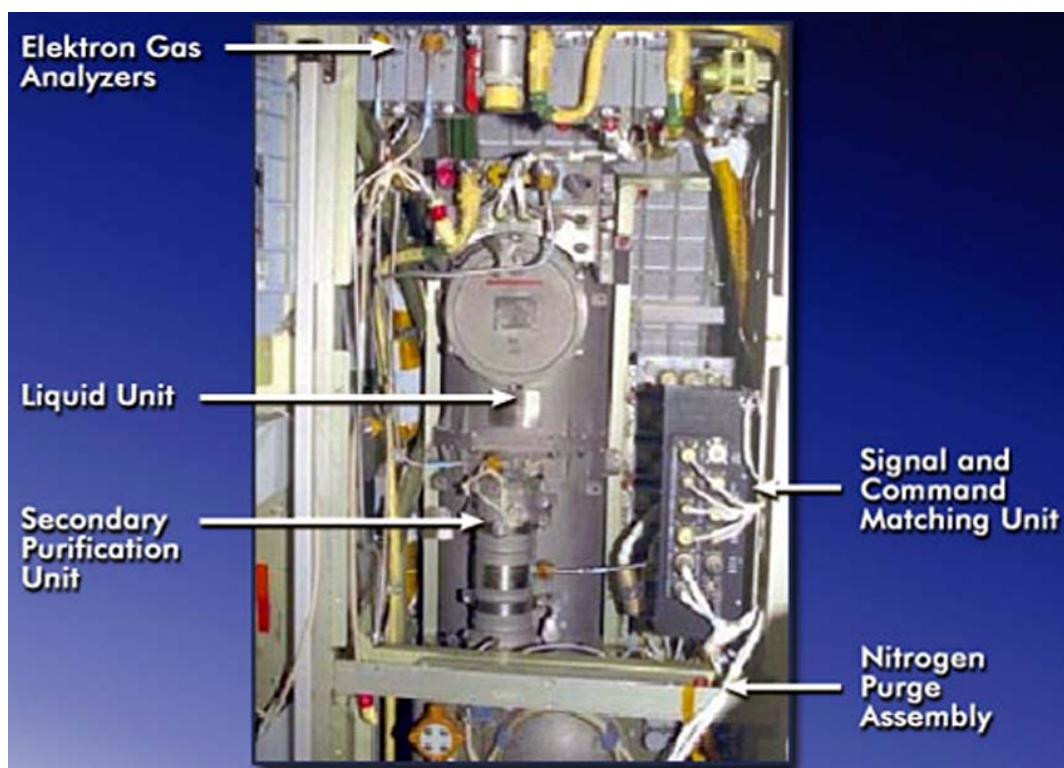


図3.4.2-1 ロシアの酸素生成装置エレクトロン



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。



図3.4.2-4 米国の二酸化炭素除去装置(CDRA) (修理時の写真)

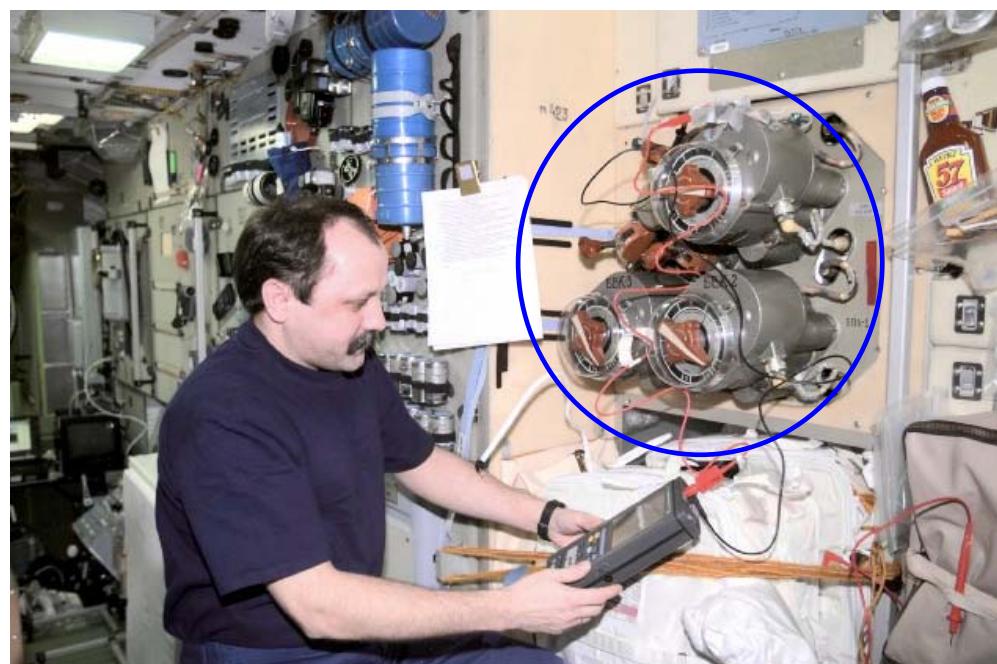


図3.4.2-5 ロシアのVozdukh
(表面に見えているのはバルブパネルのみ)

(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
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	JAXA の実験
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
CSA	Canadian Space Agency	カナダ宇宙庁
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
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)

略語	英名称	和名称
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)
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-フライト(「きぼう」管制チーム)
J-PLAN	JAXA Planner	J-プラン(「きぼう」管制チーム)
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)

略語	英名称	和名称
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	可視範囲からでること
LVH	Local Vertical Local Horizontal	水平・垂直
Marangoni UVP		JAXA のマランゴニ対流実験
MAXI	Monitor of All-sky X-ray Image	JAXA の船外実験装置
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	米国のギャレーの冷蔵庫
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
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
Myco1		JAXA の実験
Myo Lab		JAXA の実験
NANOSKELETON1		JAXA の実験
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
NET	No Earlier Than	～以降
Neuro Rad		JAXA の実験
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)
PAO	Public Affairs 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
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・フィックスチャ
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
POCC	Payload Operations Control Center	ペイロード運用センター

略語	英名称	和名称
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
SAIBO	SAIBO Rack	細胞実験ラック
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
SEDA-AP	Space Environment Data Acquisition equipment - Attached Payload	JAXA の船外実験装置
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	JAXA の船外実験装置
SPCF	Solution/Protein Crystal Growth Facility	溶液・蛋白質結晶成長実験装置 (「きぼう」の実験装置)
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 (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。

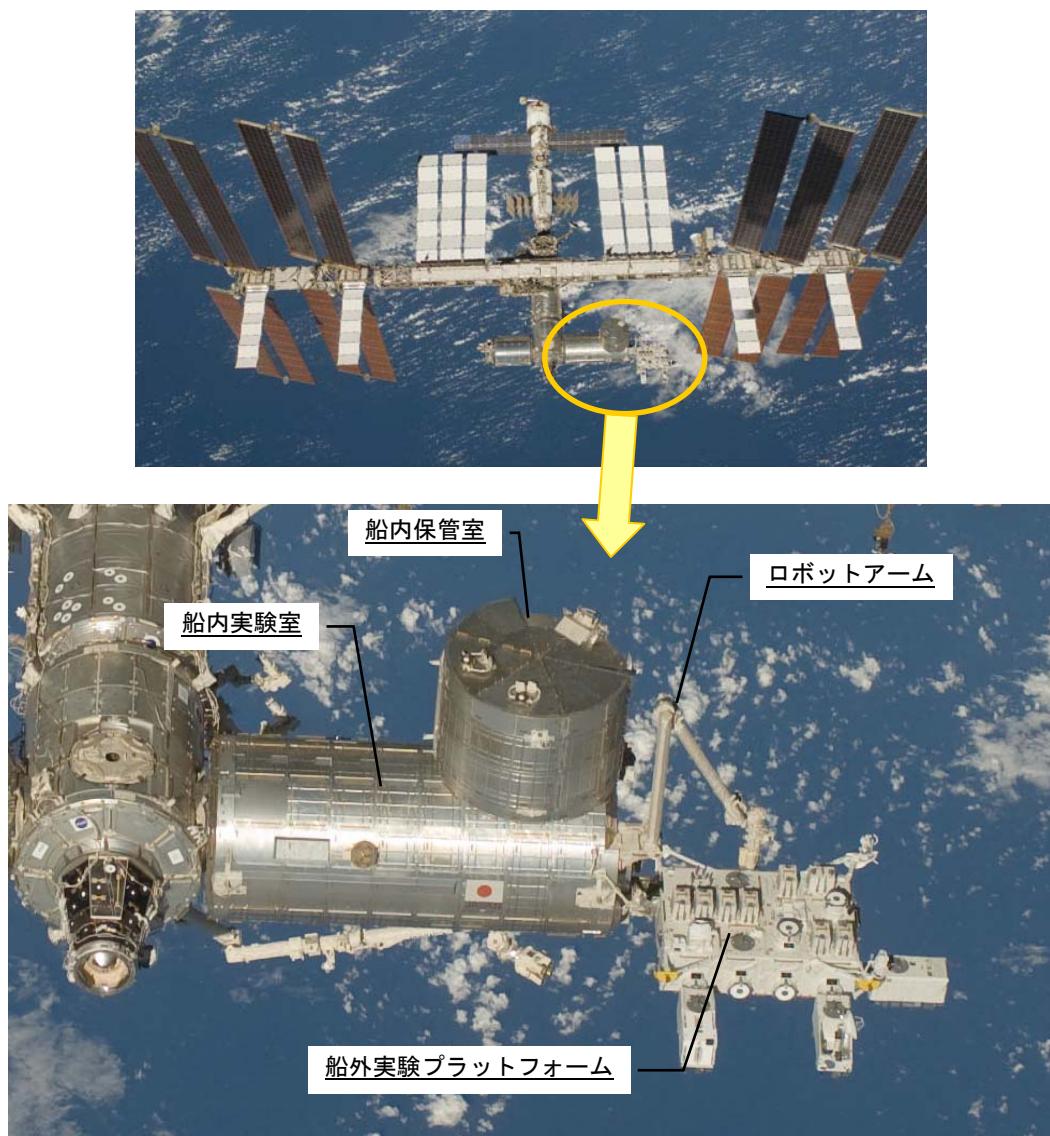


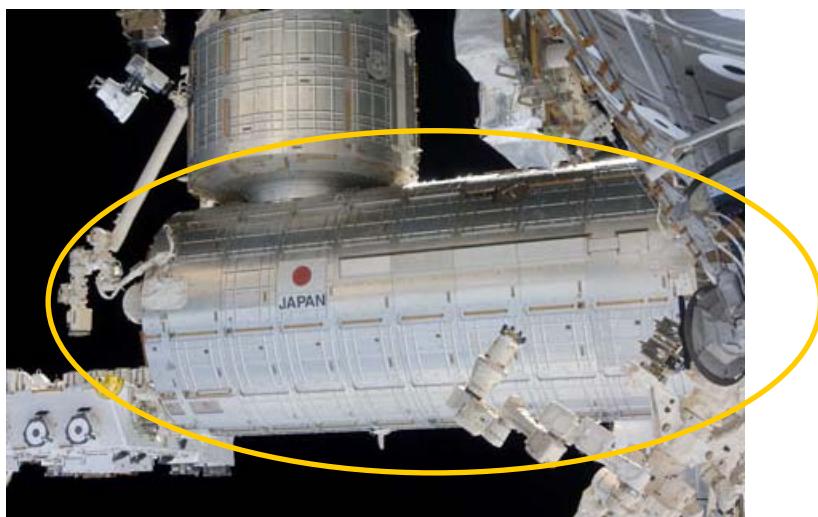
図 A2.1-1 「きぼう」の構成(STS-127 ミッション終了後)

(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)

(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 A2.1-4 に、船内の様子を図 A2.1-5 に示します。



図 A2.1-4 船内保管室(外観)



図 A2.1-5 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、主に船内実験室から宇宙飛行士がロボットアームを操作して行います。

取付け前の船外実験プラットフォームの外観を図 A2.1-6 に、取付け後の外観を図 A2.1-7 に示します。

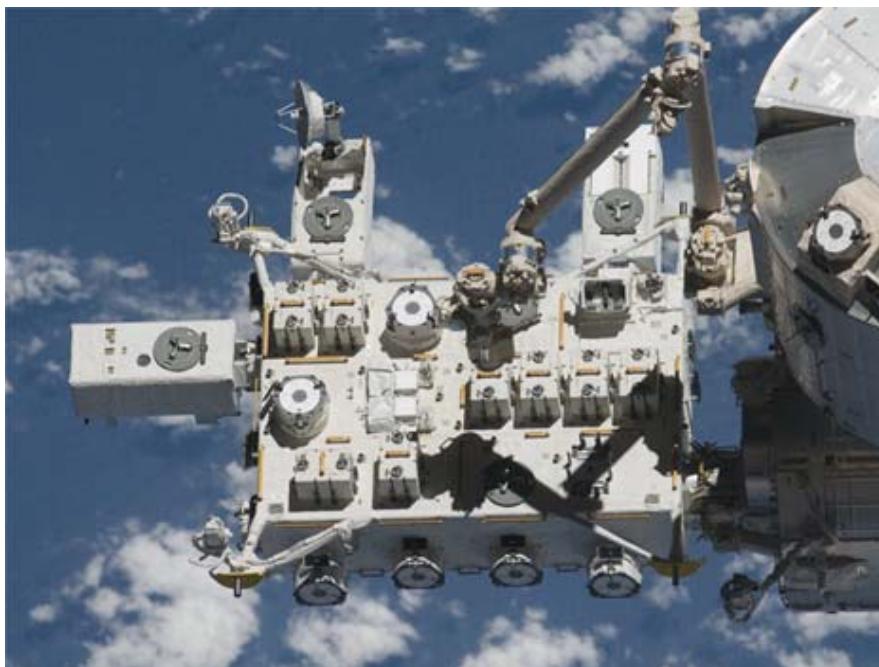


図 A2.1-6 船外実験プラットフォーム外観



図 A2.1-7 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 A2.1-8 に、船外パレットの外観を図 A2.1-9 に示します。

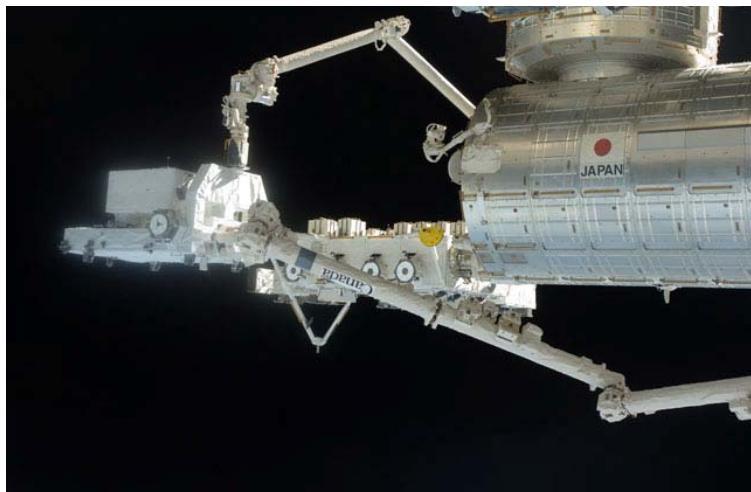


図 A2.1-8 船外パレット外観

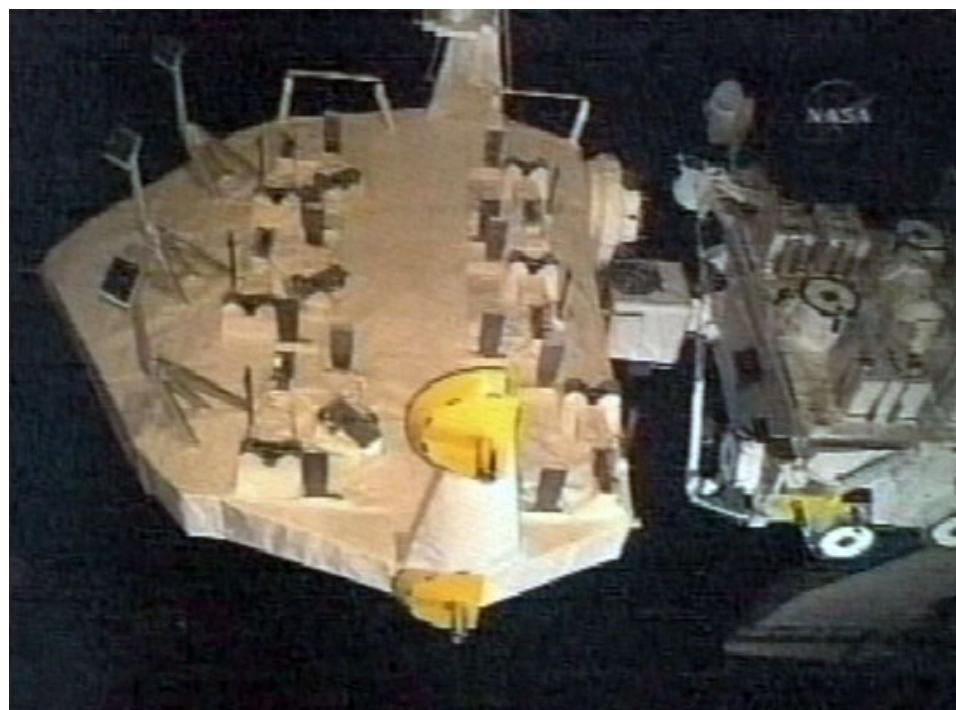


図 A2.1-9 船外パレット外観（船外実験プラットフォームから取り外されたところ）

(5) ロボットアーム

ロボットアームは、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」(※)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 A2.1-10 に、「きぼう」ロボットアームのワークステーションを図 A2.1-11 に示します。

(※) HTV 技術実証機で運搬されました

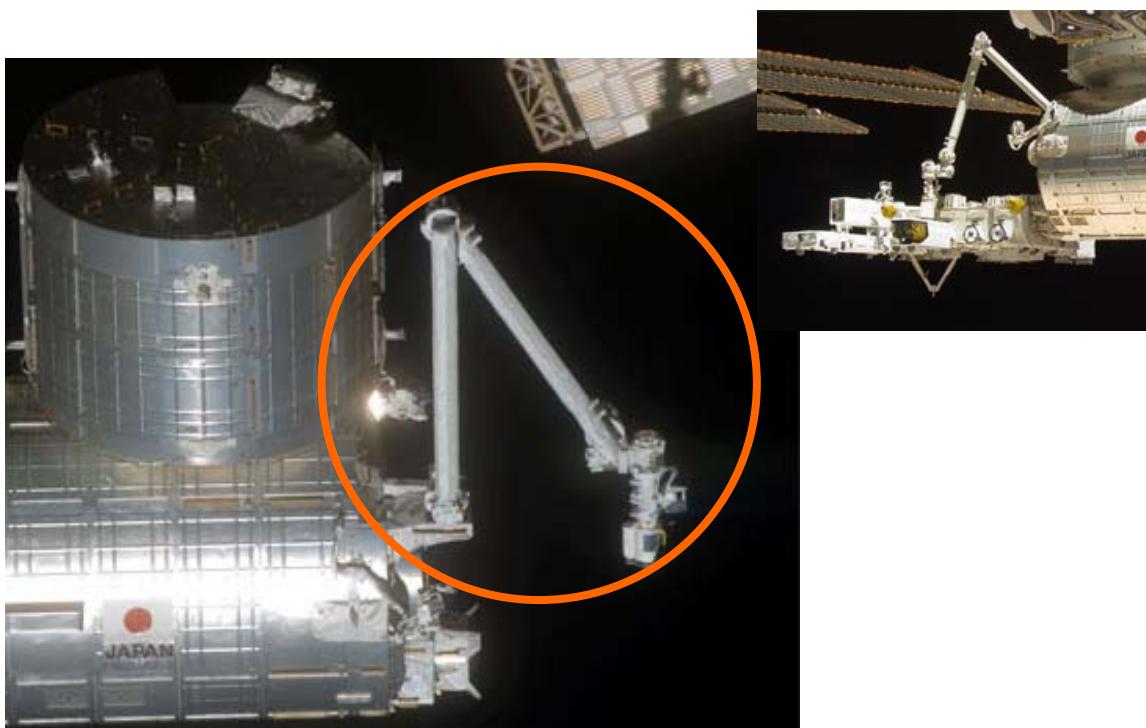


図 A2.1-10 「きぼう」ロボットアーム



図 A2.1-11 「きぼう」ロボットアームワークステーション

(6)衛星間通信システム

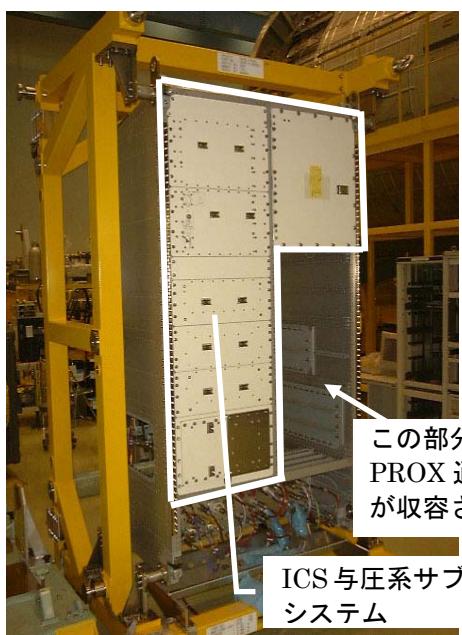
衛星間通信システム(Inter-orbit Communication System: ICS)は、日本独自で地上との双方向通信を行うシステムです。JAXA のデータ中継技術衛星を介して「きぼう」の実験データや画像や音声などを地上に伝送し、また地上からのコマンドや音声データなどを受信します。

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 A2.1-12 に、与圧系サブシステムを図 A2.1-13 に示します。

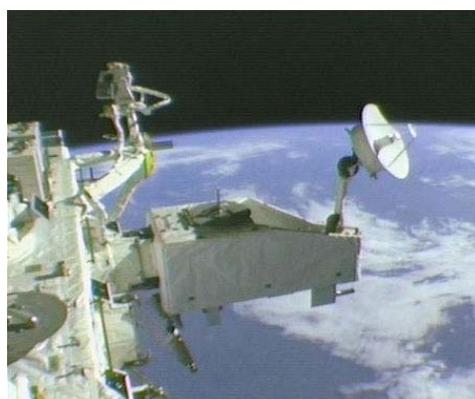


図 A2.1-12 ICS 曝露系サブシステム



この部分には
PROX 通信機器※
が収容されている

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 A2.1-12 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)

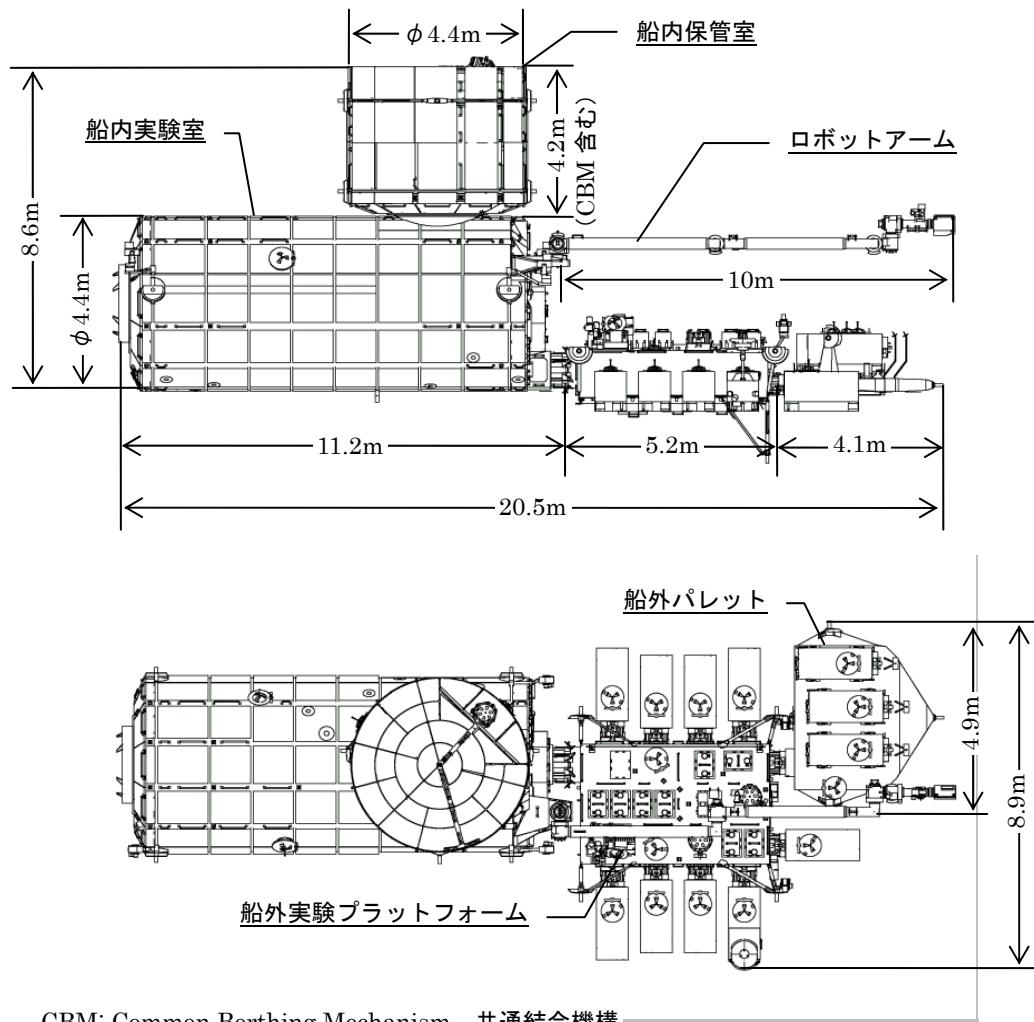


図 A2.2-1 「きぼう」の寸法図

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。

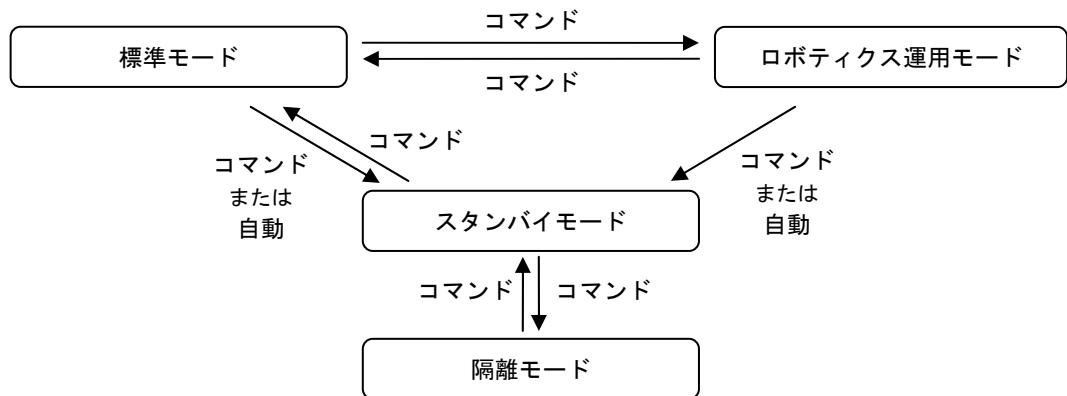
ISSでは、ISS運用モードが優位です。「きぼう」運用モードは、ISSの運用モードと整合をとって運用されます。

「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、船内実験室内の 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。

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)
- 「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 1 台、個室 1 台、NASA の空気再生ラック 1 台が設置されています。

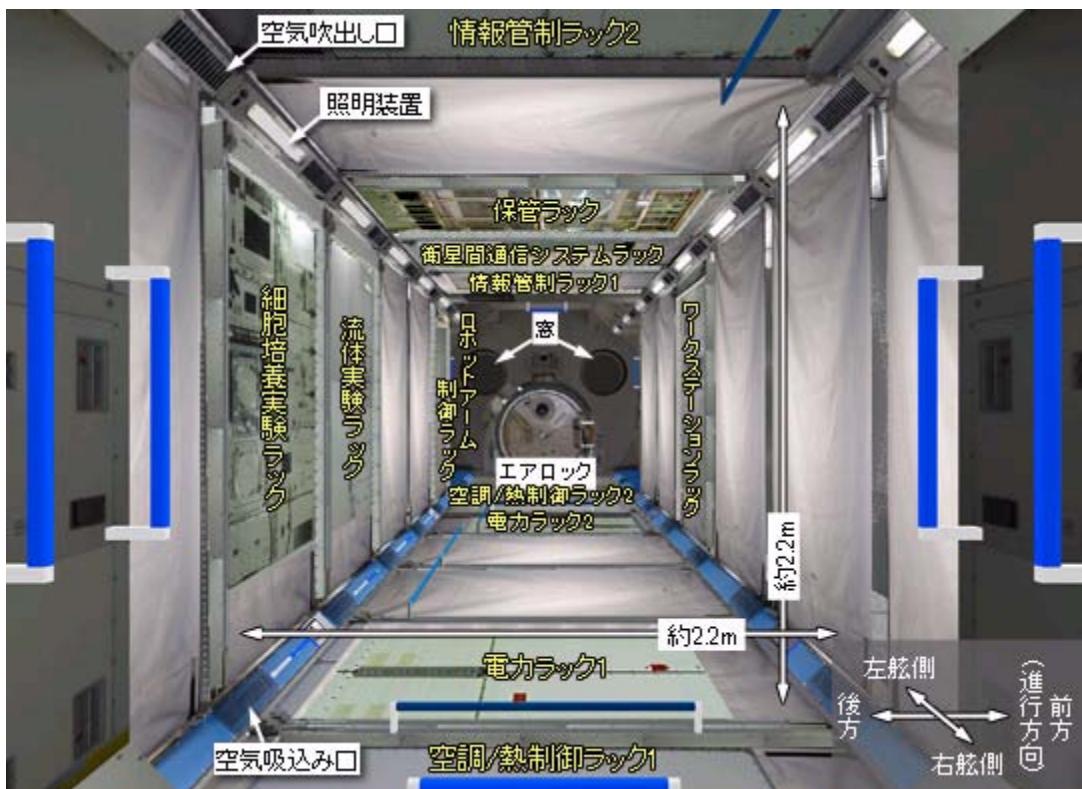


図 A2.4-1 STS-124 ミッション終了後の船内実験室内部のイメージ
(ハーモニー側から見たイメージ)

* 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(2009年8月時点)

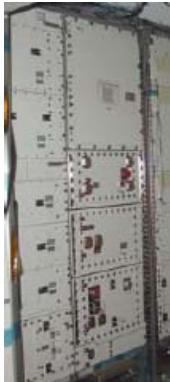
2.4.1 システムラック

「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 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>◆ 情報管制ラック 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。 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>◆ 空調/熱制御ラック 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>◆ ワークステーションラック WS(Work Station) Rack</p> 	<p>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、警告警報パネルなどを装備しています。</p>
<p>◆ 衛星間通信システムラック ICS(Inter-Orbit Communication System) Rack</p> 	<p>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(HTV)の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。</p>

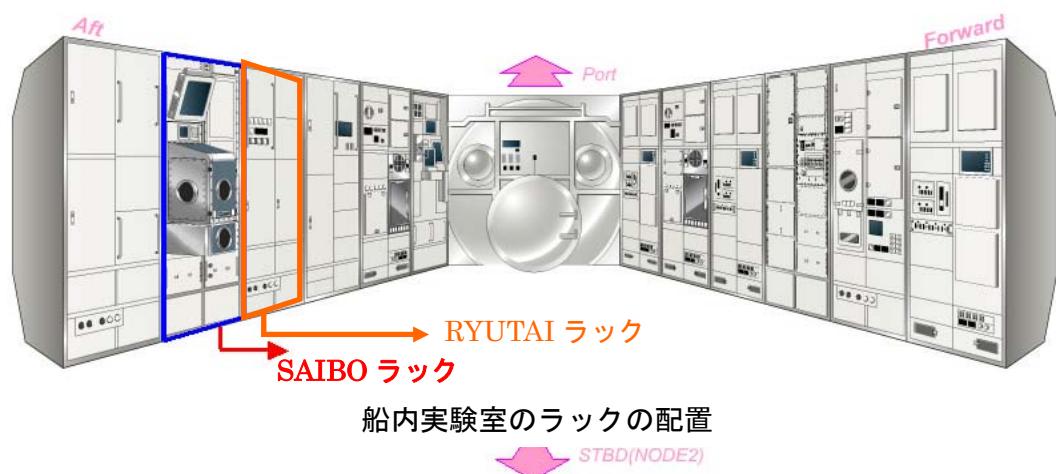
※「きぼう」のロボットアーム(JEMRMS)制御ラックは、2.4.3 項を参照ください。

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。

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、微生物の細胞組織や小型の固体を用いて、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。

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。

■ 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、微小重力環境において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。

コラム 3-1

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、出っ張ったりしては、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）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。



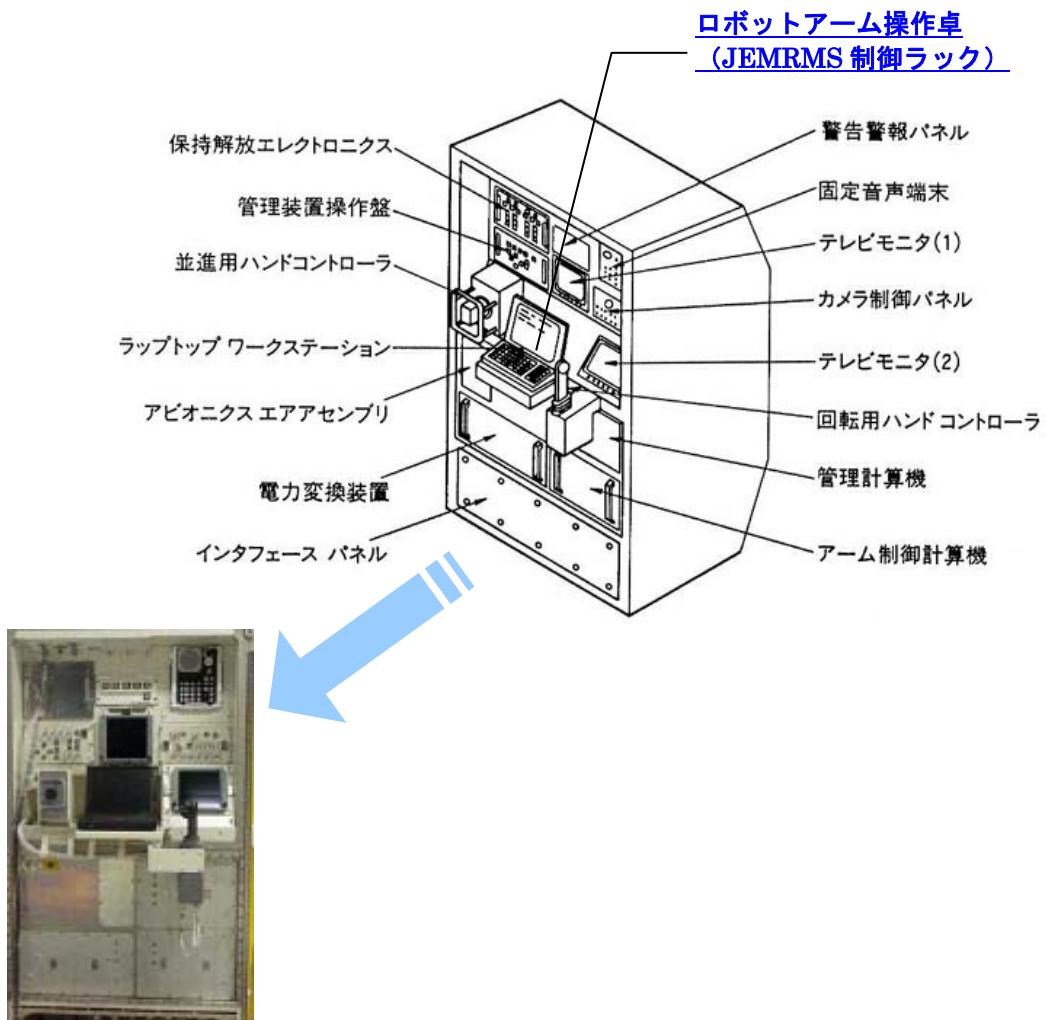


図 A2.4.3-1 JEMRMS 制御ラックの構成

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)を経由する方法も計画されており、大量の実験データなどを地上に送信するような場合に有効と期待されています。

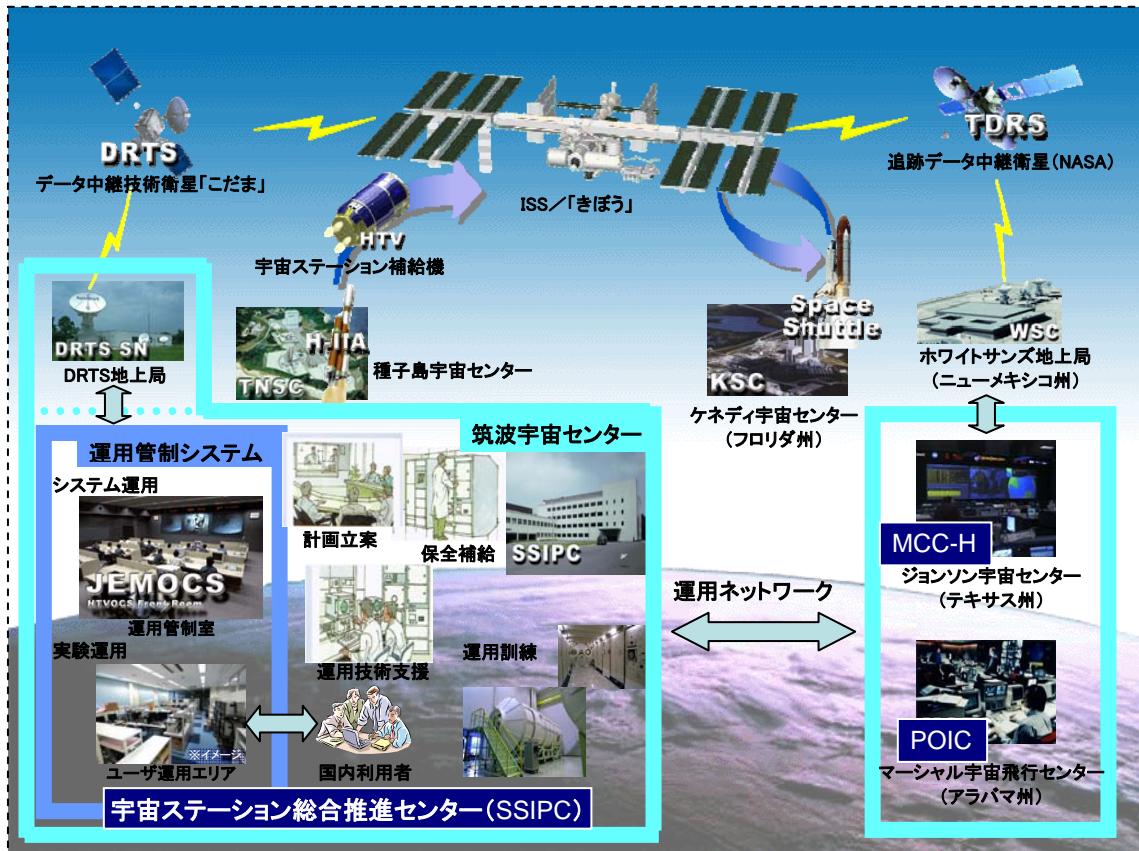


図 A2.5-1 「きぼう」運用システム概要

■ 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。

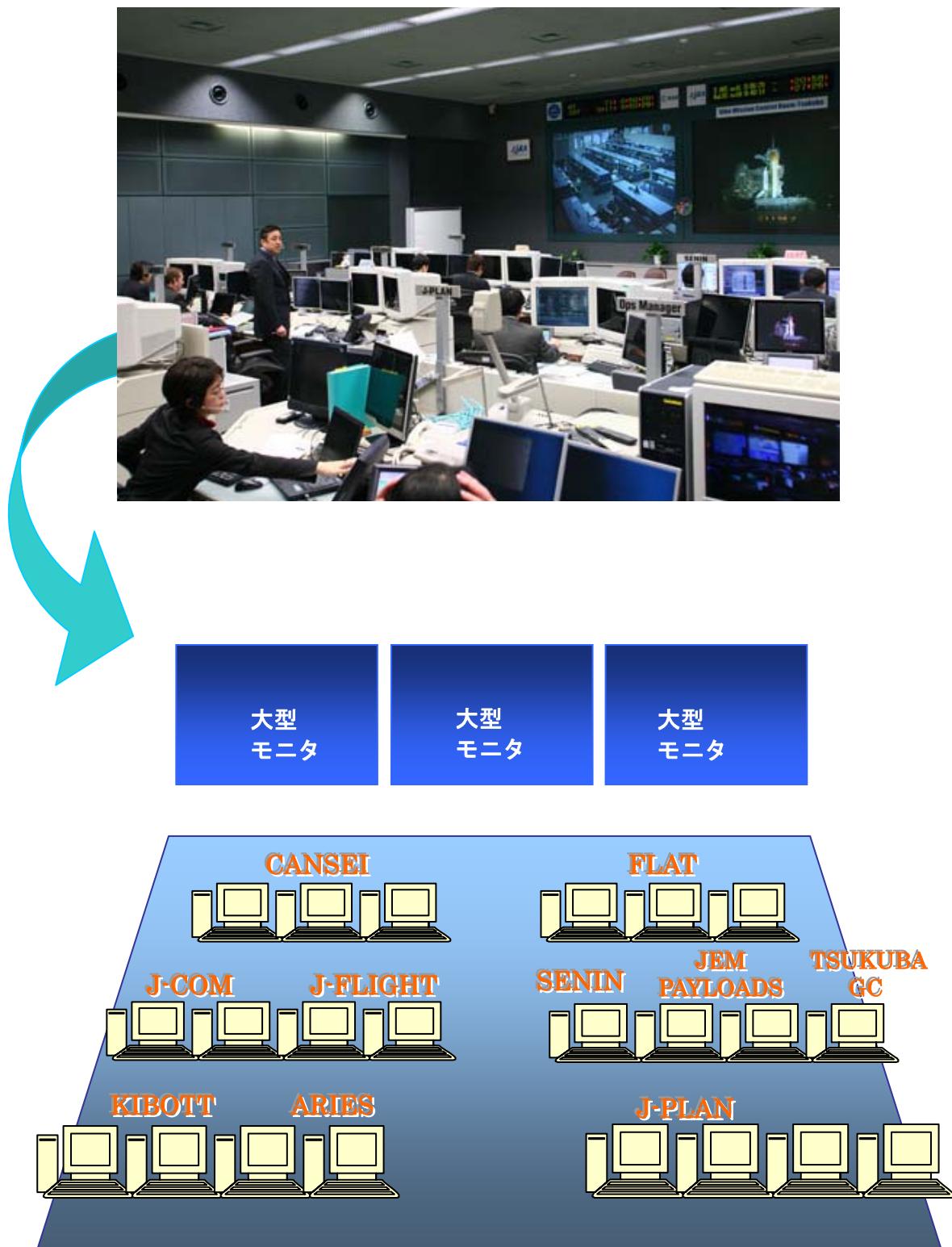


図 A2.5-2 「きぼう」日本実験棟の運用管制室の配置図

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 など連携して、運用を行います。

■ SEDA-AP

MAXI #1 & #2

SMILES

Space Environment Data Acquisition equipment - Attached Payload

Monitor of All-sky X-ray Image

Superconducting Submillimeter-Wave Limb-Emission Sounder

(セダエーピー、マキシ、スマイルズ: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)、超伝導サブミリ波リム放射サウンダ(SMILES))の運用を担当します。

「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 実験運用管制室内の配置(ユーザ運用エリア(UOA))



図 A2.5-4 実験運用管制室の様子

空白ページ

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。

表 A3.1-1 ISS組立てに関するEVA履歴(1/9) 2009年12月7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*	STS	EVAクレーンの設置。
				ダン・パリー		
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		
7	STS-92 (3A)	2000.10.15	6H28m	リロイ・チャオ	STS	Z1トラスとPMA-2の艤装作業など。
8				ウイリアム・マッカーサー		
9		2000.10.16	7H07m	ピーター・ワイゾフ マイケル・ロペズ-アレグリア		
10		2000.10.17	6H37m	リロイ・チャオ ウイリアム・マッカーサー		
		2000.10.18	6H56m	ピーター・ワイゾフ 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・パラジンスキー	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	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 A3.1-1 ISS組立てに関するEVA履歴(2/9)

	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 ジェイムズ・ライリー	STS	クエストの取り付け、艤装作業など。
23				同上		
24		2001.07.20 ~07.21	4H02m	同上	クエスト	クエストを初使用。
25	STS-105 (7A.1)	2001.08.16	6H16m	ダニエル・バリー パトリック・フォレスター	STS	初期アンモニア充填装置(EAS)の設置、米国材 料曝露実験装置(MISSE)の設置など。
26				同上		
27	ISS 3-1	2001.10.08	4H58m	ウラディミール・ジェジューロフ ミハイル・チューリン	DC-1	「ピアース」(DC-1)初使用。DC-1の艤装。
28				ウラディミール・ジェジューロフ ミハイル・チューリン		
29	ISS 3-3	2001.11.12	5H04m	ウラディミール・ジェジューロフ ミハイル・チューリン		
30				ウラディミール・ジェジューロフ ミハイル・チューリン		
31	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・シンバル・アセンブリ)への断熱カバーの設置。
				ダニエル・タニ		
32	ISS 4-1	2002.01.14	6H03m	ユーリー・オヌフrienコ カール・ウォルツ		
33				ユーリー・オヌフrienコ ダニエル・バーシュ		
34	ISS 4-3	2002.02.20	5H47m	カール・ウォルツ ダニエル・バーシュ		
35	STS-110 (8A)	2002.04.11	7H48m	スティーブン・スミス 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)。
36				ジェリー・ロス リー・モーリン		
37		2002.04.14	6H27m	スティーブン・スミス レックス・ワルハイム		
38				ジェリー・ロス リー・モーリン		
39	STS-111 (UF-2)	2002.06.09	7H14m	フランクリン・チャンーディアズ フィリップ・ペリン	クエスト	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 <u>フランス人</u>
40				同上		
41		2002.06.13	7H17m	同上		
42	ISS 5-1	2002.08.16	4H25m	ワレリー・コルズン ペギー・ウッドソン*		
43				ワレリー・コルズン セルゲイ・トレシェフ		
		2002.08.26	5H21m	ワレリー・コルズン セルゲイ・トレシェフ	DC-1	NASDAの材 料曝露実験装置MPAC&SEEDのパネル1枚を回収。

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(3/9)

	ミッション	年月日	作業時間	EVAクルー	エアロック	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・ロペズーアレグリア 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	2003.01.15	6H51m	ケネス・パウアーソックス 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	2003.04.08		同上		
52	ISS 8-1	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	2004.06.24		ゲナディ・パダルカ マイケル・フィンク		
54	ISS 9-2	2004.06.30	5H40m	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	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	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	2005.01.26	5H28m	リロイ・チャオ サリザーン・シャリボフ	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	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	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	2005.11.07		ウェリアム・マッカーサー バレリー・トカレフ		
64	ISS 12-2	2006.02.03	5H43m	ウェリアム・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

表 A3.1-1 ISS組立てに関するEVA履歴(4/9)

	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	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	ピアース・セラーズ	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	
				マイケル・フォッサム			
68		2006.07.12	7H11m	ピアース・セラーズ	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	
				マイケル・フォッサム			
69	ISS 13-2	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・バーベンク	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	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	ロバート・カービーム	クエスト	ISSの電力系統の切換、CETAカードの移設	
				クリスター・フューゲルサング			
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(5/9)

	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	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・ウイリアムズ*			
79	ISS 14-3	2007.02.04	7H11m	マイケル・ロペズーアレグリア	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	
				スニータ・ウイリアムズ*			
80	ISS 14-4	2007.02.08	6H40m	マイケル・ロペズーアレグリア	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	
				スニータ・ウイリアムズ*			
81	ISS 14-5	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	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	2007.06.06	5H37m	ショードル・ユールチキン	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)	
				オレッグ・コトフ			
84	STS-117 (13A)	2007.06.11	6H15m	ジェームズ・ライリー	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	
				ジョン・オリーバス			
85		2007.06.13	7H16m	パトリック・フォレスター	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	
				スティーブン・スワンソン			
86		2007.06.15	7H58m	ジェームズ・ライリー	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	
				ジョン・オリーバス			
87		2007.06.17	6H29m	パトリック・フォレスター	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	
				スティーブン・スワンソン			
88	ISS 15-3	2007.07.23	7H41m	クリス・アンダーソン	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	
				ショードル・ユールチキン			
89	STS-118 (13A.1)	2007.08.11	6H17m	リチャード・マストラキオ	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	
				ダフィッド・ウイリアムズ			
90		2007.08.13	6H28m	リチャード・マストラキオ	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	
				ダフィッド・ウイリアムズ			
91		2007.08.15	5H28m	リチャード・マストラキオ	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	
				クリス・アンダーソン			
92		2007.08.18	5H02m	ダフィッド・ウイリアムズ	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	
				クリス・アンダーソン			

表 A3.1-1 ISS組立てに関するEVA履歴(6/9)

	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・パラジンスキー	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・パラジンスキー	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				ダニエル・タニ		
97	ISS 16-1	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				ユーリ・マレンченコ		
99	ISS 16-3	2007.11.24	7H04m	ペギー・ウィットソン*	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				ダニエル・タニ		
101	ISS 16-5	2008.1.30	7H10m	ペギー・ウィットソン*	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				ダニエル・タニ		
103	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・通信インターフェース付グラップル・フィックスチャ(Power and Data Grapple Fixture: PDGF)の取付け
104				スタンリー・ラブ		
103		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
104				ハンス・シュリーゲル		
104		2008.02.15	7H25m	スタンリー・ラブ	クエスト	コロンバスへの太陽観測装置(SOLAR)と欧洲技術曝露実験装置(EuTEF)の取付け、故障したCMGの回収
104				レックス・ウォルハイム		

表 A3.1-1 ISS組立てに関するEVA履歴(7/9)

	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#2
108				マイケル・フォアマン		
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	STS-124 (1J)			マイケル・フォアマン		
111	2008.6.3	6H48m	ロナルド・ギャレン	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			マイケル・フォッサム			
113	ISS 17-1	2008.7.10	6H18m	ロナルド・ギャレン	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				マイケル・フォッサム		
115	ISS 17-2	2008.7.15	5H54m	ロナルド・ギャレン	DC1	「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
116				セルゲイ・ヴォルコフ		
117	ISS 17-3	2008.7.16	5H54m	オレッグ・コノネンコ	DC1	ソユーズTMA-12宇宙船の分離ボルトの回収
118				セルゲイ・ヴォルコフ		
119	ISS 17-4	2008.7.17	5H54m	オレッグ・コノネンコ	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
120				セルゲイ・ヴォルコフ		

表 A3.1-1 ISS組立てに関するEVA履歴(8/9)

	ミッション	年月日	作業時間	EVAクルー	エロック	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	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	2009.3.10	4H49m	マイケル・フィンク ユーリ・ロンチャコフ		
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		
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	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
124	ISS-19-1	2009.6.5	4H54m	ゲナディ・パダルカ マイケル・バラット	DC1	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	2009.6.10	12m	ゲナディ・パダルカ マイケル・バラット	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(9/9)

	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	STS-127 (2J/A)	2009.7.27	4H54m	クリストファー・キャシディ	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
				トーマス・マシュバーン		
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、欧州技術曝露実験装置(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・フューゲルサング		
133	STS-128 (17A)	2009.9.5	7H01m	ジョン・オリーバス	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
				クリスター・フューゲルサング		
134	STS-129 (ULF3)	2009.11.19	6H37m	マイケル・フォアマン	クエスト	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、トランクウェイリティー結合の準備、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」(欧州実験棟)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	高圧ガスタンク(HPGT)の移送および取付け、材料曝露実験装置7(MISSE-7)の取付け
				ロバート・サッチャー		

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)。

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) 2009年12月7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	ヴィクトル・アファナシエフ(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・マレンチエコ(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(ロシア) マイケル・フォール(NASA) ペトロ・デューケ(ESA)	長期滞在クルーの交代(第7次→第8次)。 ペトロ・デューケは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。

注: 日付は日本時間(JST)をベースに記述。

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
11S	ソユーズTMA-7 (No.217)	2005.10.01	2005.10.03	2006.04.09	ヴァレリー・トカレフ(ロシア) ウイリアム・マッカーサー(NASA) ケーレゴリーオルセン(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 (NASA) アニーシャ・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。
14S	ソユーズTMA-10 (No.220)	2007.04.08	2007.04.10	2007.10.21	ヨーツル・ユールチキン(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	ベキー・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。

注: 日付は日本時間(JST)をベースに記述。

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
17S	ソユーズTMA-13 (No.223)	2008.10.12	2008.10.14	2009.04.08	マイケル・フィンク(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・パダルカ(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・ティヒュナー(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 (予定)	マキシム・シュライエフ(ロシア) ジェフ・ウイリアムズ(NASA) キー・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。 キー・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、第21次長期滞在クルーは2名体制。
21S	ソユーズTMA-17 (No.227)	2009.12.21 (予定)	2009.12.23 (予定)	2010.05 (予定)	オレック・コトフ(ロシア) 野口聰一(JAXA) ティモシー・クリマー(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次長期滞在クルーの到着。
22S	ソユーズTMA-18 (No.228)	2010.04 (予定)	2010.04 (予定)	2010.09 (予定)	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)	
23S	ソユーズTMA-19 (No.229)	2010.05 (予定)	2010.06 (予定)	2010.11 (予定)	ヨードル・ユールチキン(ロシア) ダグラス・ウィーロック(NASA) シャノン・ウォーカー(NASA)	
24S	ソユーズ TMA-01M (No.701)	2010.09 (予定)	2010.10 (予定)	TBD	アレクサンダー・カレリ(ロシア) オレック・スクリボチカ(ロシア) スコット・ケリー(NASA)	改良型ソユーズTMAの初飛行
25S	ソユーズTMA-20 (No.230)	2010.11 (予定)	2010.12 (予定)	TBD	ドミニック・コントラティオフ(ロシア) バオロ・ネスボリ(ESA) キャスリン・コールマン(NASA)	
26S	ソユーズ TMA-21	2011.03 (予定)	TBD	TBD	アンドレイ・ボルシェンコ(ロシア) Samokutyayev(ロシア) ロナルド・キャレン(NASA)	
27S	ソユーズ TMA-02M	2011.05 (予定)	TBD	TBD	セルゲイ・ウォルコフ(ロシア) マイケル・フォッサム(NASA) 古川聰(JAXA)	

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

2009月12月7日現在

表 A3.3-1 ISS長期滞在クルー(1/6)

ミッション番号	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TM-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・ウォス(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	フレリー・コルズン(ロシア) ペギー・ウッドソン*(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)	
		2005.10.11 ソユーズTMA-6(10S)			
12	ウイリアム・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)

ミッション番号	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ミッション ▼(Down) 2006.12.22 STS-116ミッション	*第14次に記載				
14	マイケル・ロペズーアレグリア(NASA) ミハイル・チューリン(ロシア)	▲(Up) 2006.09.18 ソユーズTMA-9(13S) ▼(Down) 2007.04.21 ソユーズTMA-9 (13S)	215日8時間	5回 (33時間02分)			
	トーマス・ライター(ESA)	▲(Up) 2006.07.04 STS-121ミッション ▼(Down) 2006.12.22 STS-116ミッション	171日3時間				
	スニータ・ウィリアムズ*(NASA)	▲(Up) 2006.12.09 STS-116ミッション ▼(Down) 2007.06.22 STS-117ミッション	*15次に記載				
	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				
15	スニータ・ウィリアムズ*(NASA)	▲(Up) 2006.12.09 STS-116ミッション ▼(Down) 2007.06.22 STS-117ミッション	194日18時間	3回 (18時間43分)			
	クリストン・アンダーソン(NASA)	▲(Up) 2007.06.08 STS-117ミッション ▼(Down) 2007.11.07 STS-120ミッション	*16次に記載				

表 A3.3-1 ISS長期滞在クルー(3/6)

ミッション番号	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)			
16	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	5回 (35時間 21分)	
	クレイトン・アンダーソン(NASA)	▲(Up) 2007.06.08 STS-117ミッション ▼(Down) 2007.11.07 STS-120ミッション	151日18時間		
	ダニエル・タニ(NASA)	▲(Up) 2007.10.23 STS-120ミッション ▼(Down) 2008.02.20 STS-122ミッション	120日11時間		
	レオポルド・アイハーツ(ESA)	▲(Up) 2008.02.07 STS-122ミッション ▼(Down) 2008.03.26 STS-123ミッション	48日4時間		
17	ギャレット・リーズマン(NASA)	▲(Up) 2008.03.11 STS-123ミッション ▼(Down) 2008.06.14 STS-124ミッション	*17次に記載	2回 (18時間 43分)	
	セルゲイ・ヴォルコフ(ロシア) オレック・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		
	ギャレット・リーズマン(NASA)	▲(Up) 2008.03.11 STS-123ミッション ▼(Down) 2008.06.14 STS-124ミッション	95日8時間		
	グレゴリー・シャミトフ(NASA)	▲(Up) 2008.05.31 STS-124ミッション ▼(Down) 2008.11.30 STS-126ミッション	*18次に記載		

表 A3.3-1 ISS長期滞在クルー(4/6)

ミッション番号	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)			
18	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		
	グレゴリー・シャミトフ(NASA) (STS-124ミッションで2008.05.31に打ち上げられ、STS-126ミッションで2008.11.30に帰還)	▲(Up) 2008.05.31 STS-124ミッション ▼(Down) 2008.11.30 STS-126ミッション	183日0時間	2回 (10 時 間 27分)	
	サン德拉・マグナス*(NASA) (STS-126ミッションで2008.11.14に打ち上げられ、STS-119ミッションで2009.3.28に帰還)	▲(Up) 2008.11.14 STS-126ミッション ▼(Down) 2009.3.28 STS-119ミッション	133日18時間		
	若田光一(JAXA) (STS-119ミッションで2009.3.15に打ち上げられ、STS-127ミッションで2009.7.31に帰還)	▲(Up) 2009.03.15 STS-119ミッション ▼(Down) 2009.7.31 STS-127ミッション	*20次に記載		
19	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) ▼(Down) 2009.10.11 ソユーズTMA-14(18S)	*20次に記載	実施せず	
	若田光一(JAXA) (STS-127ミッションで2009.7.31に帰還)	▲(Up) 2009.03.15 STS-119ミッション ▼(Down) 2009.7.31 STS-127ミッション	*20次に記載		

表 A3.3-1 ISS長期滞在クルー(5/6)

ミッション番号	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)	▲(Up) 2009.3.26 ソユーズTMA-14(18S) ▼(Down) 2009.10.11 ソユーズTMA-14(18S)	198日16時間		
	若田光一(JAXA)	▲(Up) 2009.03.15 STS-119ミッション ▼(Down) 2009.7.31 STS-127ミッション	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) ▼(Down) 2009.12.01 ソユーズTMA-15(19S)	*21次に記載	2回 (5時間6分)	ISS滞在クルー6名体制へ移行。
	ティモシー・コブラ(NASA)	▲(Up) 2009.07.15 STS-127ミッション ▼(Down) 2009.9.11 STS-128ミッション	58日2時間		
	ニコール・ストット*(NASA)	▲(Up) 2009.08.28 STS-128ミッション ▼(Down) 2009.11.27 STS-129ミッション	*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(CSA) ロマン・ロマネンコ(ロシア)	▲(Up) 2009.5.27 ソユーズTMA-15(19S) ▼(Down) 2009.12.01 ソユーズTMA-15(19S)	187日20時間		
	ニコール・ストット*(NASA)	▲(Up) 2009.08.28 STS-128ミッション ▼(Down) 2009.11.27 STS-129ミッション	90日12時間	実施せず	
	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) ▼(Down) 2010.03.18 ソユーズTMA-16(20S)	*22次に記載		

表 A3.3-1 ISS長期滞在クルー(6/6)

ミッション番号	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)			
22	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) ▼(Down) 2010.03.18 ソユーズTMA-16(20S)			
	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) 2009.12.20 ソユーズTMA-17(21S) ▼(Down) 2010.05 ソユーズTMA-17(21S)	*23次に記載		
23	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) 2009.12.20 ソユーズTMA-17(21S) ▼(Down) 2010.05 ソユーズTMA-17(21S)			
	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) 2010.05 ソユーズTMA-18(22S)			

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。

赤字は予定。