

大西宇宙飛行士 ISS長期滞在プレスキット

Onishi
大西



Takuya
卓哉



2016年7月1日 A改訂版
国立研究開発法人 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	2016.5.26	—	—
A改訂	2016.07.01	ii. iv, 1-1, 1-4, 1-5, 1-7, 2-2, 2-3, 4-2~4-51(2ページ増), 5-1, 5-2, 付録 1-2, 付録 1-36, 付録 2-1, 付録 3-1, 付録 3-8, 付録 3-40, 付録 4-13, 付録 4-16, 付録 4-17, 付録 4-22, 付録 4-23, 付録 4-27, 付録 6-4, 付録 6-6	打上げ日の延期(6/24 から 7/7)を反映 45S の帰還結果を反映 4.1.1 の記述を見直し マランゴニ実験の情報を追加 アジアン ハーブ実験の内容を追加 BEAM の膨張や超小型衛星の放出等の情報を新しい情報で更新 ソユーズ MS の図を更新

目 次

1 大西宇宙飛行士の ISS 長期滞在ミッション概要	1- 1
1.1 大西宇宙飛行士のプロフィール.....	1- 1
1.1 大西宇宙飛行士の ISS 長期滞在ミッション概要.....	1- 4
2 ソユーズ MS(47S)初号機フライト	2- 1
2.1 飛行計画概要.....	2- 2
2.2 ソユーズ MS-01 搭乗クルー.....	2- 3
3 大西宇宙飛行士について	3- 1
3.1 大西宇宙飛行士の任務概要.....	3- 1
3.2 大西宇宙飛行士が受けてきた訓練の紹介.....	3- 2
4 大西宇宙飛行士の任務	4- 1
4.1 第 48 次／第 49 次長期滞在ミッションの実験運用に関連する作業.....	4- 1
4.1.1 JAXA の実験.....	4- 1
4.1.2 NASA/ESA の実験.....	4- 28
4.1.3 その他(長期滞在期間中の広報・普及活動).....	4- 43
4.2 ISS の定期的な点検・メンテナンス作業.....	4- 44
4.3 ISS に到着する補給船の運用.....	4- 48
5 第 48 次／第 49 次長期滞在中の主なイベント	5- 1
6 第 48 次／第 49 次インクリメント担当フライトディレクタ	6- 1
7 インクリメントマネージャ	7- 1

付 録

付録 1 国際宇宙ステーション概要	付録 1- 1
1 概要.....	付録 1- 1
2 各国の果たす役割.....	付録 1- 3
3 ISS での衣食住.....	付録 1- 6
3.1 ISS での生活.....	付録 1- 6
3.2 ISS での食事.....	付録 1- 16
3.3 ISS での健康維持.....	付録 1- 21
3.4 ISS での保全・修理作業.....	付録 1- 26
4 ISS での水・空気のリサイクル.....	付録 1- 29
4.1 水の再生処理.....	付録 1- 29
4.2 空気の供給.....	付録 1- 36
付録 2 「きぼう」日本実験棟概要	付録 2- 1
1 「きぼう」の構成.....	付録 2- 1
2 「きぼう」の主要諸元.....	付録 2- 9
3 「きぼう」の運用モード.....	付録 2- 11
4 「きぼう」船内実験室のラック.....	付録 2- 13
4.1 システムラック.....	付録 2- 15
4.2 JAXA の実験ラック.....	付録 2- 17
5 運用管制.....	付録 2- 26

5.1	運用管制チーム	付録 2-28
5.2	JEM 技術チーム	付録 2-30
5.3	実験運用管制チーム	付録 2-30
付録 3	ソユーズ宇宙船について	付録 3- 1
1	ソユーズ宇宙船の構成	付録 3- 2
1.1	軌道モジュール	付録 3- 2
1.2	帰還モジュール	付録 3- 3
1.3	機器／推進モジュール	付録 3- 4
1.4	ソユーズ宇宙船の主要諸元	付録 3- 5
1.5	ソユーズ宇宙船の改良	付録 3- 6
2	ソユーズ宇宙船のシステム概要	付録 3- 8
2.1	環境制御／生命維持に関わる装置類	付録 3- 8
2.2	通信(アンテナ)に関わる装置類	付録 3- 8
2.3	電力に関わる装置類	付録 3- 8
2.4	Kurs 自動ランデブ／ドッキングシステム	付録 3- 9
2.5	ドッキング機構	付録 3-11
2.6	軌道制御エンジン／姿勢制御スラスター	付録 3-12
2.7	打上げ時の緊急脱出に関わる装置	付録 3-13
2.8	サバイバルキット	付録 3-14
2.9	Sokol 与圧服と専用シート	付録 3-15
2.10	ソユーズ宇宙船の着陸について	付録 3-17
2.11	着地時に使う衝撃緩和用ロケット	付録 3-17
3	ソユーズ宇宙船の運用概要	付録 3-19
3.1	打上げ準備	付録 3-20
3.2	打上げ／軌道投入	付録 3-24
3.3	軌道投入後の作業	付録 3-25
3.4	ランデブ／ドッキング	付録 3-28
3.5	再突入／着陸(帰還当日)	付録 3-31
3.6	ソユーズ宇宙船の捜索・回収	付録 3-34
3.7	帰還後のリハビリテーション	付録 3-38
4	ソユーズロケットについて	付録 3-40
4.1	第 1 段ロケット	付録 3-41
4.2	第 2 段ロケット	付録 3-42
4.3	第 3 段ロケット	付録 3-43
4.4	フェアリングと緊急脱出用ロケット	付録 3-44
5	バイコヌール宇宙基地について	付録 3-46
付録 4	参考データ	付録 4- 1
1	ISS における EVA 履歴	付録 4- 1
2	ISS 向けソユーズ宇宙船ミッションの飛行履歴	付録 4-13
3	ISS 長期滞在クルー	付録 4-17
4	JAXA の現役宇宙飛行士	付録 4-24
5	日本人宇宙飛行士の宇宙滞在記録	付録 4-25
6	各国の宇宙滞在記録	付録 4-27
7	日本人宇宙飛行士の船外活動(EVA)記録	付録 4-28
8	各国の宇宙飛行士の船外活動(EVA)記録	付録 4-29
付録 5	略語集	付録 5- 1
付録 6	新たに出てくる ISS 用語の解説	付録 6- 1
	CST-100「スターライナー」、有人型ドラゴン宇宙船、IDA、BEAM、NREP、アトラス V ロケットで打上げられる シグナス補給船及び改良型アンタレスロケット	

信頼を、さらに強く。 日本にしか できないことがある

この今回の長期滞在ミッションのキャッチフレーズの意味は、以下の通りです。

油井宇宙飛行士のミッションでは、宇宙ステーション補給機「こうのとり」(HTV)5号機で緊急輸送対応も含め確実なミッション遂行任務を「チームジャパン」で成し遂げ、国際パートナーの信頼を強固なものとなりました。

今回の大西宇宙飛行士のミッションでは、「こうのとり」(HTV)6号機による日本企業製のリチウムイオン電池を使用した新型のバッテリー輸送や、「きぼう」日本実験棟を使ったユニークな実験が本格的に開始され、チームジャパンの総合力を発揮し「日本でしかできないこと」が詰まったミッションとなります。

これらを通じて、日本がISS運用に不可欠な存在であることを示し、国際パートナー及び「きぼう」ユーザの信頼を、更に高めること。そして国際的プレゼンスを高め、今後も不可欠な存在であり続ける姿勢をキャッチフレーズに込めています。



<http://iss.jaxa.jp/library/photo/50p2015000745.php>



<https://plus.google.com/101922061219949719231/posts/ThU78cqd665>

1. 大西宇宙飛行士のISS長期滞在ミッション概要

1.1 大西宇宙飛行士のプロフィール

大西 卓哉 おおにし たくや

JAXA 宇宙飛行士

初飛行。



表1.1-1 大西宇宙飛行士の経歴

1975年	東京都生まれ。
1998年3月	東京大学工学部航空宇宙工学科卒業。
1998年4月	全日本空輸株式会社入社。
2003年6月	全日本空輸株式会社 運航本部に所属。
2009年2月	JAXAよりISSに搭乗する日本人宇宙飛行士の候補者として、油井亀美也とともに選抜される。
2009年4月	JAXA入社。
2009年4月	ISS搭乗宇宙飛行士候補者基礎訓練に参加。
2011年7月	同基礎訓練を修了。
2011年7月	ISS搭乗宇宙飛行士として認定される。
2011年10月	米国フロリダ州沖にある海底研究施設「アクエリアス」における第15回NASA極限環境ミッション運用(NEEMO15)訓練に参加。
2013年11月	ISS第48次／第49次長期滞在クルーのフライトエンジニアに任命される。
2016年 7月7日～10月(予定)	ISS第48次／第49次長期滞在クルーとしてISSに滞在予定。

「日本人初」民間航空機パイロット出身

大西飛行士は、日本人初の民間航空機パイロット出身の宇宙飛行士です。大西飛行士の入れ替わりとなる形で11月にESAのトマ・ペスケ宇宙飛行士がISSに向かいますが、彼も民間航空機のパイロットです。軍のパイロット出身が多い世界の宇宙飛行士の中で、二人は民間航空機パイロット出身という非常に珍しい経歴です。

ソユーズ宇宙船のレフトシーター

大西宇宙飛行士は、野口、古川、油井宇宙飛行士に次いで日本人として4人目のレフトシーター（船長の補佐役）を務めます。また、日本人としては若田、野口、古川、星出、油井宇宙飛行士に次いで6人目のソユーズ宇宙船のフライトエンジニアとなります。



初フライトに向けて



バックグラウンド

- 鳥人間コンテストに出場
- 民間機パイロット出身
- 「アポロ13」がきっかけで、宇宙飛行士を目指す



宇宙飛行士候補者時代

- 宇宙飛行士という職業が「自分の夢」から、「国民の期待と未来を担う使命」へ。責任の大きさを実感。
- 油井・金井飛行士とは宇宙飛行士同期。切磋琢磨してより高みを目指す仲間！

飛行士業務/訓練の蓄積

- 「こうのとりの4号機ミッション」では、軌道上の宇宙飛行士に指示を与える役割を担当。大きなチャレンジでしたが、NASAに認められるまでに。
- 野外リーダーシップ訓練では、日本人らしい細やかな配慮で、仲間の信頼を獲得！

長期滞在への想い

- 新世代宇宙飛行士2人目のミッションを担います！
- 油井さんから引き継いだ「きぼう」実験装置を使い尽くす！
- 「きぼう」での実験、ISS運用を通じて、ISS計画における日本の存在を「不可欠」なものに！
- 金井さんや将来の日本の宇宙開発にタスキをつなぎます！

Google+でブログ公開中
 宇宙の独特でハイレベルな技術に驚きながらも、ミッションに向けて着々と歩みを進めていく、大西飛行士の等身大の姿を綴っています。
 Google+: <https://plus.google.com/101922061219949719231/>

図1.1-1 大西宇宙飛行士ってどんな人？

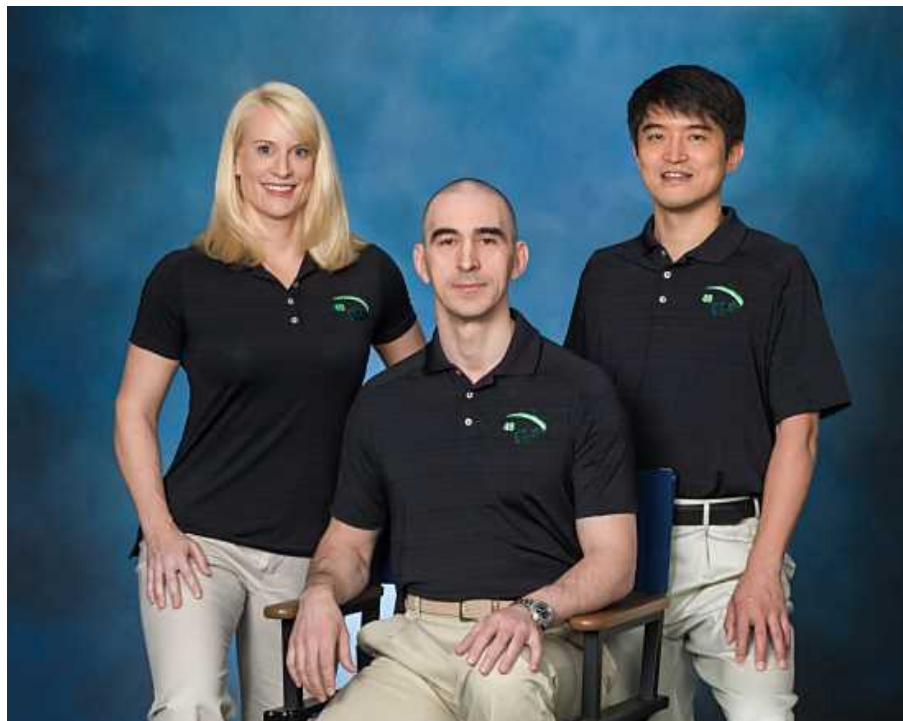


図1.1-2 大西宇宙飛行士と一緒に飛行するクルー（JAXA/NASA/Robert Markowitz）
 （左からキャスリーン・ルビンズ(愛称「ケイト」)、アナトーリ・イヴァニシン、大西卓哉宇宙飛行士）
<http://iss.jaxa.jp/library/photo/jsc2016e003118.php>

● 大西宇宙飛行士の長期滞在ミッションのロゴマーク



国際宇宙ステーション(ISS)第48次/第49次長期滞在ミッションのJAXAロゴは、大西卓哉宇宙飛行士が民間航空機のパイロット出身であることから、三角形の“翼”をモチーフにデザインしました。大西宇宙飛行士の名前の先に並ぶISS、月、火星は、大西宇宙飛行士がISS/「きぼう」日本実験棟の利用をさらに推し進め、その先にある将来の宇宙開発を見据えて日本の有人宇宙活動を拓いていく事を表現しています。

図1.1-3 JAXAのミッションパッチ

<https://plus.google.com/101922061219949719231/posts/dMGQDC6fC36>



図1.1-4 Expedition 48, 49の各ミッションパッチ(NASA)

<https://plus.google.com/101922061219949719231/posts/hQhW7TadALu>
<https://plus.google.com/101922061219949719231/posts/BJKEHzX5J6o>



図1.1-5 ソユーズMS-01のクルーパッチ

<https://plus.google.com/101922061219949719231/posts/TzBAYUv9kaQ>

1.2 大西宇宙飛行士のISS長期ミッション概要

大西宇宙飛行士は、2016年7月7日から10月末までの間、国際宇宙ステーション（ISS）で第48次／第49次長期滞在クルーとして初の長期滞在を行います。日本人としては今回で通算7回目のISS長期滞在となります。

この滞在期間中、及びその前後にISSに滞在する宇宙飛行士を図1.2-2で紹介いたします。

大西宇宙飛行士の参加する第48次／第49次長期滞在ミッションでは、ライフサイエンスや医学実験をはじめ、超小型衛星の放出、船外実験など多くの実験が予定されている他、「きぼう」日本実験棟でも新たな実験が開始され、さらに利用の幅が広がります。

この時期に行われるJAXAの主な実験としては、小動物飼育、タンパク質結晶成長実験、静電浮遊炉初期検証、中型曝露実験アダプター（i-SEEP）を用いた実験機器の回収・取付け、超小型衛星放出の有償利用などが計画されています。

※滞在期間中に予定されているイベントの詳細は、5章「第48次／第49次長期滞在中の主なイベント」を参照ください。



図1.2-1 米国の船外活動訓練用プールに潜る大西宇宙飛行士（JAXA）

<https://plus.google.com/101922061219949719231/posts/HfKaBT5GoWL>

- ★JAXA宇宙ステーション・きぼう広報・情報センター <http://iss.jaxa.jp/>
- ★大西宇宙飛行士は打上げ前の訓練の様子や、ISSでの日常や感じたことをGoogle+で紹介しています。<https://plus.google.com/101922061219949719231/> こちらもご覧ください。

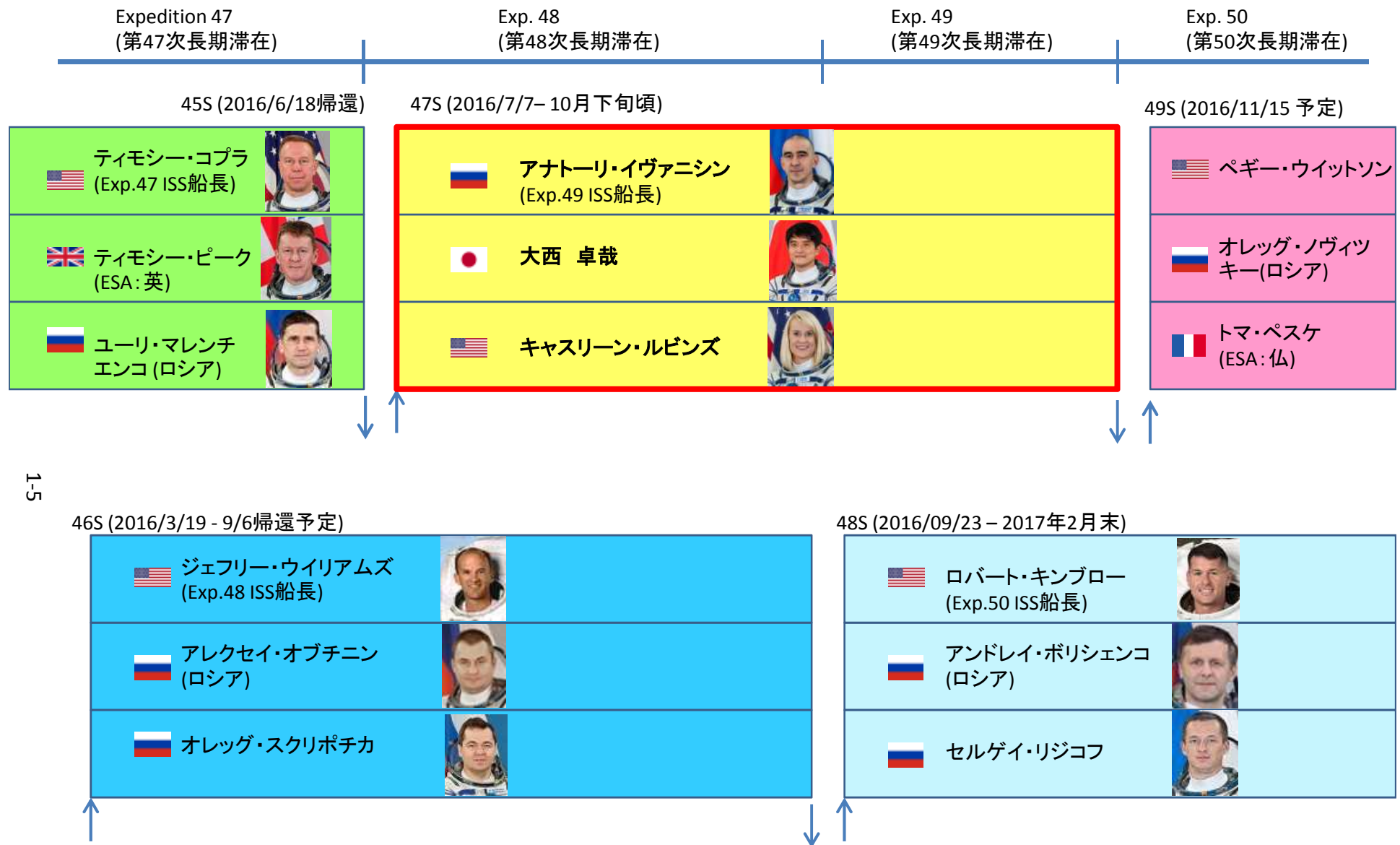


図1.2-2 大西宇宙飛行士滞在前後のISS滞在クルーのフライト計画 (2016.6.20更新)

ISS計画における我が国の主要スケジュール



図1.2-3 日本人宇宙飛行士のISS長期滞在の流れ (JAXA)

注: 大西宇宙飛行士の打上げから1年半後の2017年11月頃には、金井宇宙飛行士がISSに向かいます。



図1.2-4 金井、油井、大西宇宙飛行士(2011年7月撮影) (JAXA)

http://iss.jaxa.jp/library/photo/astronaut_201107.php

前回の油井宇宙飛行士の滞在時から更新されたISSの変更箇所、及び今後行われる変更箇所は以下の通りです。注:用語の解説は、付録6を参照下さい。

- 4月10日にISSに到着したドラゴン補給船8号機(SpX-8)が米ビゲロー社のBEAMという空気膨張式モジュールを運び、4月16日にノード3「トランクウィリティー」の後方へ取り付けられました。5月28日に空気を入れて膨らませたあと入室を行い、将来の居住モジュールへの利用をにらんだ2年間の技術実証試験を開始しました。

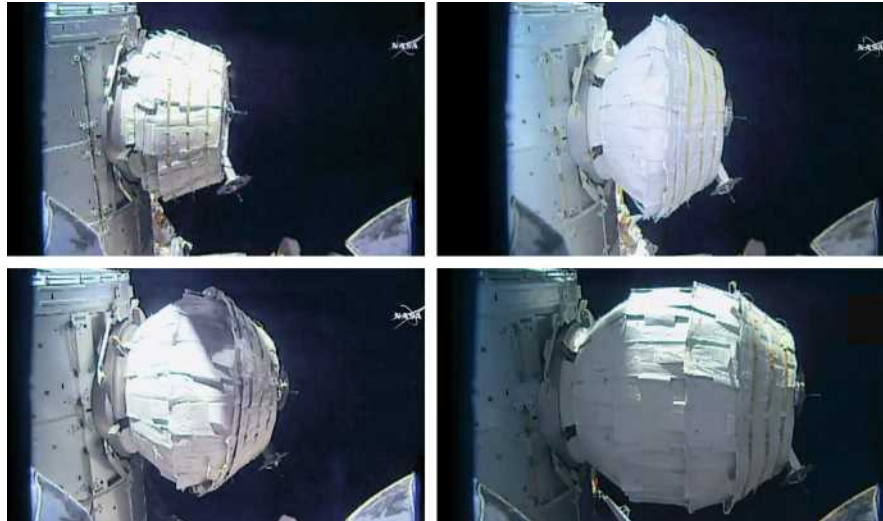


図1.2-5 BEAMを膨張させた時の様子 (NASA)

<https://blogs.nasa.gov/spacestation/2016/05/28/beam-expanded-to-full-size/>

- 7月にドラゴン補給船9号機(SpX-9)で運んだIDA(国際ドッキングアダプター)をPMA-2に設置します。
米国の商業クルー輸送機等(スペースX社のドラゴンV2、ボーイング社のCST-100「スターライナー」)の到着に備えてドッキングポートを準備する作業です。
- 今年度中には、こうのとりの6号機(HTV6)でISSの電源として使われるバッテリーを運んで交換を開始します。これまではニッケル水素電池を使用してきましたが、日本製のリチウムイオン電池を使用した新型のバッテリーに交換することで、バッテリーの数を半分に減らせるようになります。



図1.2-6 HTV6で運ぶ新型バッテリー(手前)とそれを搭載した曝露パレット(後方) (JAXA)

<http://jda.jaxa.jp/result.php?lang=j&id=5e8f8be8a4b12ba614b2d30f10d66c8a>

2. ソユーズMS初号機(47S)フライト

ソユーズMS初号機(47S)フライトは、ロシアのソユーズ宇宙船を打ち上げて、ISSに滞在クルー3名を運んで帰還させるミッションです。ISSへ打ち上げられるソユーズ宇宙船の打上げとしては47回目となります。

ソユーズMSは従来使用してきたソユーズTMA-Mの改良型で、今回がこの新型機の初飛行となります。大西宇宙飛行士は、船長を補佐するレフトシーター(左側の席に座り、船長の操縦を補佐するだけでなく、船長が操縦できなくなった非常時には操縦を代わる能力を求められます)を務めます。

ソユーズTMA-Mは、20号機であるソユーズTMA-20M(2016年3月に打上げ、9月に帰還予定)をもって終了し、以後はこのMS型に全面的に切り替えられます。

ソユーズMS

ソユーズMSは外観はあまり変わりませんが、以下のような改良が行われています。

- ランデブーアンテナの更新（アンテナの数を削減、重量と電力消費量も削減。）
- 無線通信装置の更新（データ中継衛星経由での通信が可能となり、通信可能範囲が大幅に増加。従来はロシア地上局上空でしか通信ができませんでした。）
- 航法システムの強化
- 太陽電池パネルの発電能力の強化
- 姿勢制御スラスターのサイズを1種類にまとめ、配置も変えるなど、信頼性を向上。

-2016/2/19 大西宇宙飛行士によるGoogle+によるソユーズMS型機の改良内容の紹介
<https://plus.google.com/101922061219949719231/posts/92CWUhfUWts>

「私たちが搭乗する予定のソユーズMS型機では、従来のTMA-A型機と比較して、宇宙船の補助エンジンの仕様が少し異なります。TMA-A型機では、大小2種類の補助エンジンがあったのに対し、MS型機ではそのうちの大きい補助エンジンだけに統一されています。」

「大きい補助エンジンに統一されることのメリットやデメリットがあるのですが、デメリットの一つとして、手動ドッキング操縦の難易度が上がったということが挙げられます。どういう部分で難易度が上がったかというのも、単純な話ではないのですが、わかりやすい一例を挙げると、これまで小さいエンジンで姿勢をコントロールしていたのが、大きいエンジンでのコントロールに変わったので、細かい修正というのが難しくなりました。」

「今回のロシア訓練からこのMS型機のシミュレーターを使用して、手動ドッキングの操作を練習しています。」

-2016/4/28

<https://plus.google.com/101922061219949719231/posts/Am59QbNw1k5>

「MS型機のソユーズでは、従来のTMA-M型機からいくつかの機能がバージョンアップ・追加されていますが、大きなものの1つとしてGPSの搭載があります。A C Hと呼ばれるシステムがそれです。これは英語ではなくロシア語の略語なので、驚くなかれ、これで「アー・エス・エヌ」と呼びます。「エー・シー・エイチ」ではありません。めちゃくちゃ紛らわしいです。

このA C Hの登場によって、ソユーズのナビゲーションのやり方が大きく変わっていきます。

全てメインコンピューターがやることなので、私たちクルーの操作としては大きな変更はありませんが、それに伴い、従来のランデブー用の航法システムであったK Y P C(クルス)と呼ばれるシステム機器が改良されました。改良というのは、ここでは軽量・小型化されるという意味で、宇宙船にとってももちろんそれは大きなメリットになります。」

2.1 飛行計画概要

ソユーズMS初号機(47S)の飛行計画の概要を表2.1-1に示します。

表2.1-1 ソユーズMS-01(47S)フライトの飛行計画概要

2016年7月1日現在

項 目	飛 行 計 画
ミッション番号	47S(ソユーズ宇宙船の通算47回目のISSフライト)
機体名称	ソユーズMS-01(MS初号機)
打上げ予定日時	2016年7月7日10時36分(日本時間) 2016年7月7日07時36分(バイコヌール時間)
打上げ場所	カザフスタン共和国 バイコヌール宇宙基地
搭乗員	ソユーズコマンダー アナトーリ・イヴァニシン フライトエンジニア1* 大西卓哉 フライトエンジニア2 キャスリーン・ルビンズ
軌道高度	軌道投入高度 : 約200km ISSとのドッキング高度:(平均高度)約403km
軌道傾斜角	51.6度
ISSドッキング予定日時	2016年7月9日13時12分頃(日本時間) ドッキング場所:MRM-1「ラスヴェット」
ISS分離予定日	2016年10月下旬頃
帰還予定日	2016年10月下旬頃
帰還予定場所	カザフスタン共和国

http://www.nasa.gov/mission_pages/station/expeditions/expedition48/index.html

<http://www.nasa.gov/multimedia/nasatv/schedule.html>

注: 今回のソユーズMS-01は初号機のため、2日(34周回)かけてのランデブー／ドッキングとなります。

* : フライトエンジニア1は、コマンダーを補佐し、ソユーズ宇宙船のシステム運用やスラスター制御を担当します。



図2.1-1 ソユーズMS-01 (http://www.energia.ru/ru/iss/iss48/photo_06-30.html)

2.2 ソユーズMS-01搭乗クルー

ソユーズコマンダー(Commander)



アナトーリ・イヴァニシン (Anatoly Ivanishin)

1969 年、ロシアのイルクーツク生まれ(打上げ／帰還時 47 才)。ロシア空軍中佐。

2005 年にロシアテスト宇宙飛行士として認定される。2011 年に古川宇宙飛行士とともに第 26 次／第 27 次長期滞在クルーのバックアップクルーを務めた。2011 年から 2012 年にかけて、第 29 次／第 30 次長期滞在クルーとして ISS に滞在。今回が 2 回目の飛行。



フライトエンジニア (Flight Engineer)

大西卓哉 (JAXA)

1975 年東京都生まれ(打上げ／帰還時 40 才)。

プロフィールは表 1.1-1 を参照



フライトエンジニア (Flight Engineer)

キャスリーン・ルビンズ (Kathleen Rubins)

1978 年、米国コネチカット州生まれ(打上げ時 37 才、帰還時 38 才)。

2005 年スタンフォード大学でがん生物学で博士号を取得。HIV やエボラウイルス、ラッサ熱といった感染症研究に従事。2009 年宇宙飛行士候補者に選抜され、大西宇宙飛行士とは NASA Astronaut Group 20 の同期。今回が初飛行。



<https://www.flickr.com/photos/nasa2explore/22761072959/in/album-72157661396262432/>

3. 大西宇宙飛行士について

3.1 大西宇宙飛行士の任務概要

ISSのフライトエンジニア(FE)を務める大西宇宙飛行士の任務は、主に以下の通りです。詳細は4章をご覧ください。

(1)実験運用に係る任務

「きぼう」日本実験棟の実験運用を行うほか、「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。

(2)システム運用に係る任務

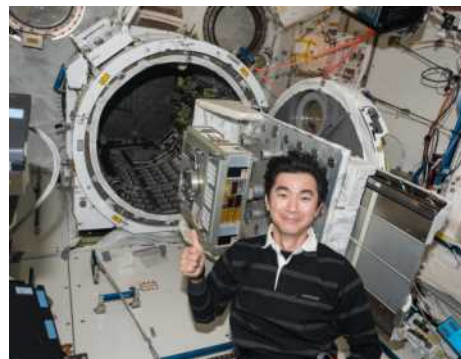
米国、ロシア、欧州宇宙機関(ESA)、日本の各モジュールから構成されるISSシステムの運用・維持管理を行います。

(3)ISSのロボットアームの操作

滞在中に到着する補給船をISSのロボットアームを使って把持、あるいは分離・放出する作業を担当します(誰が作業を担当するかは、補給船の飛行直前に決められます)。

(4)その他の任務

ISSに結合した補給船の物資の搬入出や収納・在庫管理などの作業、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、広報イベントなど、通常業務のほかにも様々な作業を行います。



きぼうのエアロック内に材料曝露実験装置 ExHAMを取り付けた油井宇宙飛行士
<http://jda.jaxa.jp/result.php?lang=j&id=c8d11d995975fc69b9ca72711eb01817>



「こうのとりの」5号機内へ入室する油井宇宙飛行士
<http://jda.jaxa.jp/result.php?lang=j&id=e1189d1c788266aaf58ffda0130f58ce>

3.2 大西宇宙飛行士が受けてきた訓練の紹介

大西宇宙飛行士は、これまでの日本人宇宙飛行士の中で一番詳しく訓練の様子を紹介してきました。Twitterよりも詳しく紹介できるGoogle+を使用しています。閲覧は登録せずに誰でも可能ですので、ぜひご利用ください。以下に主な訓練の紹介や参考になる解説記事などをごく一部ですが紹介します。大西さんの苦手なものや意外な一面、訓練でミスをして反省する様子など等身大の大西さんを知ることができます。

Google+のURL : <https://plus.google.com/101922061219949719231>



●新米宇宙飛行士最前線！（2012年5月29日から2014年4月30日まで22通）

<http://iss.jaxa.jp/astro/report/column/>

Google+を利用する前の投稿です。経験を積むに従って徐々に専門的な内容になっていくため最初にこちらに目を通しておくと分かりやすいです。

-T-38での飛行訓練の様子（民間機との違い等の紹介）

<http://iss.jaxa.jp/astro/report/column/onishi/02.html>

-船外活動時に使用する宇宙飛行士の命綱

<http://iss.jaxa.jp/astro/report/column/onishi/19.html>

-ISSのトイレ事情

<http://iss.jaxa.jp/astro/report/column/onishi/20.html>



●大西宇宙飛行士のGoogle+（2015年1月1日から開始）

<https://plus.google.com/101922061219949719231> (Topページ)

-2015年1月13日 ソユーズ宇宙船の座席の型取り

<https://plus.google.com/101922061219949719231/posts/hL92k67e4iu>

着陸時の衝撃で怪我をしないように、体に合った座席シートを作るため、全身タイツを着て石膏で型取りをしますが、その様子を紹介。

この座席は地上に帰還する際のG（重力加速度）に宇宙飛行士が耐えられるように、個人個人の体型に合わせて型取りが行われます。

まず全身タイツ(!)を着て、写真のように座席に座ります。

実際は座るというより箱にすっぽり入るようなイメージですが。

そうして最初に上半身、次に下半身に石膏を流し込んで型取りしていきます。

石膏が固まるのを待ってもう1度座りなおし、着陸の衝撃がなるべく体全体にかかるように、ホットスポット（圧力が1点にかかっている箇所）がないかをチェックしていきます。

適宜石膏を削って微調整を行った後、最後はソコル宇宙服を着込んだ状態での最終チェックです。

-2015年1月17日 ISSとのランデブー訓練

<https://plus.google.com/101922061219949719231/posts/XQeJhzo5iSc>

ランデブーの途中でソユーズ船内で空気漏れが見つかり緊急帰還する訓練。

ソユーズのシミュレーション訓練は4時間で、午前か午後のどちらかにスケジュールされます。打ち上げまでに28回の訓練が予定されているのですが、そのうち3,4回に1度はソコル宇宙服に身を包んでの訓練になります。

細かいトラブルを抱えながらISSへ25kmまで接近した時です。
船内の圧力がゆっくりと、しかし確実に低下していることに気付きました。
つまり空気が宇宙空間にどんどん漏れている状態です。
クルーの対応手順としては、ソコル宇宙服のリークチェックを行い、船内を気圧ゼロまで減圧して地球に緊急帰還することになっています。
酸素は直接宇宙服に供給されるので、その酸素を使いきるまでに地球に帰ろうというわけです。

今回の訓練で問題になったのは、帰還を決めてから直近のこのタイミングまで10分しかなかったことです。
エンジン噴射のための姿勢を確立して、船内減圧への対応手順も並行して実施するには余りにも時間が足りなさ過ぎました。
時間に追われる中、コマンダーと並行して作業を進めていくうえで関係にもミスが出て、結局定められたタイミングで噴射を行うことができませんでした。

失敗もありましたが、とても有意義な訓練だったと思います。
訓練が厳しければ厳しいほど、本番では自信を持って落ち着いて臨めるでしょう。
そういう意味では、パイロットの訓練と本当に良く似ています。

-2015年1月21日 ソユーズカプセルで大気圏に突入する際の機体制御の解説

<https://plus.google.com/101922061219949719231/posts/JSv7XSeEcGP>

皆さんの中にはソユーズカプセルが地球に帰還する際、単に放物線を描いて「落ちて」くると思われている方も多いのではないのでしょうか。
ソユーズには飛行機のような羽がないので、それも無理はありません。
実際には、ソユーズカプセルはその形状によって、大気圏を落ちてくる時に一定の方向に揚力(物を持ち上げる力、飛行機が飛べるのもこの力のお陰です)を発生させます。この「一定の方向に」というのがポイントで、ソユーズカプセルを右に左に回転させることによって、その揚力の方向を極端な話、上下左右どの方向へも向けることができるのです。

普通はこのコントロールはコンピューターによって自動で計算されて行われるのですが、その自動操縦が使えないような状況になっても、クルーが手動である程度の範囲内でカプセルの角度をコントロールできるようになっています。
今日の訓練では、そのスキルを磨く為に、大気圏に突入する部分を10回繰り返し練習しました。

-2015年1月22日 ソユーズカプセルが予定外の場所に着陸した場合の船内での着替え

<https://plus.google.com/101922061219949719231/posts/KJKiBtybuvC>

身動きするのも難しい狭い空間で、3人が力を合わせて防寒着に着替えるために悪戦苦闘する様子を紹介。

今日の訓練の目的は

「ソユーズカプセルの中で着替える」です。

は? という声が聞こえてきそうですが (^ ^ ;) これがなかなか大変なのです。」

クルーがまず最初にやることはカプセル内で宇宙服を脱ぎ、防寒着に着替えることなのです。ちなみにカプセルの中のボリュームはわずか3.5立方メートル。

その中に大の大人3人が宇宙服を着込んだ状態で入るわけです。

さらに写真をご覧になって頂ければわかるように、カプセルは横倒しになった状態です。

とにかく最初の一人が着替えることが出来れば、着替え終わった人から外に出て、残った人は少し広くなったスペースを使えるのですが、その最初の一人が着替えるまでの間は、一言で形容するなら「カオス」です。

-2015年1月29日 ソユーズ宇宙船の手動操縦の説明、レフトシーターの説明

<https://plus.google.com/101922061219949719231/posts/F6UyzgR76jj>

レフトシーターというのは文字通り「左側の席に座る人」、つまり私のようにソユーズのフライトエンジニアとしてコマンダーを補佐する役割を担うクルーを差す呼称です。基本的にはソユーズはコマンダーとレフトシーターの2人でオペレーションします。

対して右側の席に座るクルーを、ライトシーターと呼びます。

ライトシーターはオペレーションに関連する操作の一部を担当しますが（例えば目の前のバルブの操作など）、星の街で受ける訓練のボリュームや、参加するシミュレーション訓練の回数もずっと少なくなります。

-2015年1月31日 ソコル宇宙服を着用しての訓練の難しさを紹介

<https://plus.google.com/101922061219949719231/posts/f96oPUe98QP>

実際に着用している状態としていない状態では、宇宙船に座った時のものの見える範囲や手の届く範囲など、全く違って来るからです。

一言で言ってしまうと、着用している時の方が何をやるにもはるかに不便です。

それでも、緊急時に自分の身を守ってくれる大切な宇宙服ですから、だからこそ普段の訓練時からその着用感に慣れておこうというわけです。

今日の訓練でも、地球への帰還中にカプセル内の減圧（空気漏れ）が発生したので、ヘルメットを閉め、グローブをした状態で1時間ほどいました。

酸素は宇宙服に直接供給されるので、カプセル内がほぼ真空状態になっても問題はないのですが、内と外の圧力差で宇宙服はパンパンになります。

そうするとマニュアルのページをめくるのも、メモを取るのも一苦労です。

おまけに密閉状態になるので十分な熱が放出されず、宇宙服の中の温度がどんどん上がって汗だくになります。

訓練が終わって宇宙服を脱ぐと、中に着ている専用の下着が汗でぐっしょりになっていました。

-2015年2月5日 3日間行われた冬季サバイバル訓練の紹介

<https://plus.google.com/101922061219949719231/posts/ZWQbfqyeqeA>

-2015年2月10日 ISSのトイレに関する訓練

<https://plus.google.com/101922061219949719231/posts/cVQtmLSDJ5k>

使用にあたっては、細かい注意点があります。
ファンを作動させるまでは、便器の蓋を開けないなどです。これはタンクからの臭いの逆流を防ぐ為です。

大用タンクの交換時はさすがにファンは作動させられないので、便座を取り外した後は可及的速やかに開いた穴に蓋をしてやる必要があります。

失敗した場合の被害の甚大さを考えると、非常に慎重かつ迅速かつ的確な操作が要求されるタスクです。

3人のクルーでの使用を想定した場合、約4.5日ごとに交換してやる必要があるそうです。交換を終えて、ふと気になったことをインストラクターに聞いてみました。

私 「・・・これってやっぱり新人飛行士の仕事?」

インストラクター 「さあね、コマンダー次第じゃない?(爆笑)」

-2016年4月20日 ISSのトイレに関するリフレッシャー訓練(詳細解説はこちら)

<https://plus.google.com/101922061219949719231/posts/dkjFUeJjCdf>

-2015年2月13日 ソユーズシミュレーション訓練の中間試験での失敗の様子。

<https://plus.google.com/101922061219949719231/posts/UQXt3vB6Qiv>

ISSからのアンドッキング～着陸までのシーケンスを行い、その間に投入された不具合の数、大きいものから小さいものまで含めなんと12個。

切り離しに備えて、このハッチの気密性をアンドッキング前に確認しておこうというわけです。やり方はいたってシンプルです。

帰還モジュールから遠隔操作で居住モジュールにあるバルブを開き、居住モジュール内の空気を一部宇宙空間へ放出します。

そうすることによって、帰還モジュールと居住モジュールの間に圧力差が生じます。その状態で少し時間をおいて、その圧力差にほとんど変化がなければ、ハッチは十分に気密性が保たれていると言えます。

その、居住モジュール内のバルブを開いた時でした。

通常居住モジュールの圧力だけが低下していくところ、自分たちが今いる帰還モジュールの圧力まで低下を始めたのです。

一瞬、コマンダーのアナトーリも私も何が起きているのか理解できず、とりあえず開いたバルブを閉じました。そうするとどちらのモジュールの圧力低下も止まりました。原因はごく単純なミスでした。ハッチに付いている、ハッチの両側の圧力を均圧するために使用するバルブを閉め忘れていたのです。

バルブが開いていることに気付かなかった原因の1つは、シミュレーターの構造にあります。シミュレーター内に座る時、いちいちハッチを開けて上から降りるのでは手間がかかりますし危ないので、壁を大きくくりぬいてクルーはそこから入ることになっています。ですので訓練を開始する際、アナトーリも私もこのハッチには手を触れていないのです。

従って、ハッチが閉じている＝そのバルブも当然閉じているもの、という先入観があったのです。もちろんこのバルブは、インストラクターが訓練前に意図的に開けておいたのでしょう。

私が良かったなと思うのは、こういうミスを訓練中にしておいたことです。

人間ミスしたことほどよく覚えているものですし、アナトーリも私も同じミスは今後しないでしょう。

-2015/2/25 緊急事態への対処訓練(3日間のうちの初日) 有害物質漏れへの対処

<https://plus.google.com/101922061219949719231/posts/Tes4paS4ASj>

アンモニア漏れが起きた場合の対処訓練

- ① 各クルーが一番近くにある酸素マスクを装着
- ② 警報装置を作動させる（もし自動で作動していなければ）
- ③ アメリカ区画から避難し、ハッチを閉める
- ④ 衣服がアンモニアによって汚染されていれば、そこでその衣服を脱ぎ捨てる
- ⑤ もう1枚外側のハッチも閉める
- ⑥ 酸素マスクから、アンモニア専用のマスクへの切り替え
- ⑦ ロシア区画のアンモニア濃度を測定し、その値によってそのままロシア区画に留まるか、ソユーズに避難するかを判断。ソユーズ内の空気まで重度に汚染されている場合は、そのまま地球に緊急帰還もありえます

-2015/2/26 火災対応訓練

<https://plus.google.com/101922061219949719231/posts/UZth42vAv5o>

① 安全な場所へ避難、②火元の特定、③消火活動、④空気の正常化処置 という流れに沿って解説。

-2015/2/27 空気漏れ(急減圧)への対処訓練

<https://plus.google.com/101922061219949719231/posts/CbyspFXXnoS>

①安全な場所への避難、②猶予時間の計算(気圧が下がっていくペースを計り、その値を元に、気圧が危険なレベルに低下するまでに残された時間を計算)、③ソユーズのリークチェック、④問題のあるモジュールの特定と隔離、⑤問題の修復 という流れに沿って解説。

-2015/2/2 T-38による飛行訓練(T-38の紹介など)

<https://plus.google.com/101922061219949719231/posts/N7HuLY79jK3>

前席にアメリカ人のパイロット宇宙飛行士かフライト教官が乗り、パイロットでない宇宙飛行士や私のようにアメリカ人でない宇宙飛行士は、後席に乗ります。後席からは前方の視界が悪いので、離着陸の操作は行えませんが、それ以外の部分では飛行機の姿勢を示す計器を使って飛行機を操縦することも可能です。

飛行中は、操縦と無線交信、システム機器の操作を全て自分で行います。前席のパイロットと作業を分担しても良いのですが、さすがに私は一応前職はプロのパイロットでしたので、それでは訓練としての負荷が物足りないからです。

-2015/3/7 T-38による飛行訓練(非精密進入訓練)

<https://plus.google.com/101922061219949719231/posts/ZQ9dS9n9vki>

非精密進入というのは、読んで字の如く、ナビゲーションシステムの精度があまり高くないので、水平方向の誘導のみで降下は空港からの距離を見ながら自分でコントロールする必要があります。必然的に精密進入よりもワークロードが高いため、私は好んで非精密進入を練習するようにしています。

私が以前乗っていたボーイング767と比べて、T-38は小回りも利いて非常に操縦しやすいです。お客様を乗せていないのが、たまに物足りなく感じたりもしますが。何といっても私がT-38で好きなのは、このほぼ360度見渡せるコックピットからの眺めです。

-2015/2/21 ISSのトレッドミル(T2) の紹介とメンテナンス訓練

<https://plus.google.com/101922061219949719231/posts/GQLkYb2HLLK>

-2015/3/4 ISSの筋力トレーニング装置AREDの紹介とメンテナンス訓練

<https://plus.google.com/101922061219949719231/posts/V2HoT6iKQEK>

-2015/3/6 ロボットアーム訓練の様子

<https://plus.google.com/101922061219949719231/posts/WY4U4bQyAsY>

最近では地上とISS間を結ぶ通信インフラが進化したために、大抵のロボットアーム操作は地上からの遠隔操作で行われるようになりました。

1番の貢献はビデオカメラの映像を同時に多系統地上に送れるようになったことでしょうね。これはもちろん、宇宙飛行士が本来のISSの目的である、科学実験に割くことのできる時間を増やしたという点で、大きな進歩です。

従って、現在ISSで宇宙飛行士がロボットアームを操作する機会はそれほど多くなく、より具体的に言えば以下の2つのタスクのみになっています。

①船外活動の支援

②HTV（こうのとりの）などのISS補給機のキャプチャー

「こちら船外活動クルー。宇宙服内の気圧が低下している警告が点いた。船外活動をただちに中止して、エアロックに戻る」といった緊急事態まで発生します。

そうなるともう、とにかく迅速にクルーを適当な場所に下ろしてあげる必要が出てきます。15分以内にプランを練り、実行しなければなりません。

そのまま元の場所まで戻り、途中から手動で近くの手が届くてすりの所までクルーを運んであげたところで訓練終了。

-2015/3/10 HTV等の宇宙機をロボットアームで把持(キャプチャー)する訓練

<https://plus.google.com/101922061219949719231/posts/Yy293oNHWjY>

今日の訓練ではフリーフライヤーとしてHTVを使用しました。なんと言ってもISSでフリーフライヤーキャプチャーが行われるようになった元祖ですので、一般的にその技量を磨くための訓練では、HTVが使用されます。

HTVの場合、このフリードリフトになった状態から99秒以内にキャプチャーしてやる必要があります。その限られた時間内に、安定したアーム操作でHTVをキャプチャーするところがクルーの腕の見せ所です。

シミュレーターには4つの難易度があって、それぞれEasy, Medium, Hard, Out of specの順に難しくなります。EasyだとHTVはほとんど静止して動きませんが、難易度が上がるにつれてHTVの動きが激しくなり、最高難度のOut of specともなると、さながらじゃじゃ馬のように画面内を暴れ回ります。では実際はどうかと言うと、私はHTV4号機のキャプチャーの際にフライトコントローラーの一員としてミッションコントロールルームでその場面を見ていたのですが、その時に抱いた感想は、「あたかも正座してキャプチャーされるのを待っているかのようなお行儀の良さ」というものでした。日頃の厳しい訓練があるからこそ、本番で自信を持ってタスクに臨めるのだらうとその時思ったのを覚えています。

-2015/3/13 船外活動システム(宇宙服)の訓練

<https://plus.google.com/101922061219949719231/posts/N83qDXbgZPH>

シミュレーターを使用して、色々な不具合への対応手順の訓練を行いました。
例えば、服の中の圧力が低下するケース（空気漏れ）や、二酸化炭素濃度の上昇などの事態です。
こういった不具合への対応手順は、左腕の袖（カフ）の部分に取り付けられている、通称カフチェックリストに記載されています（写真参照してください）。
不具合ごとにタブ分けされていますが、それでも分厚いグローブをはめた手でこのチェックリストのページをめくるのは、結構大変だったりします（^ ^ ;）

-2015/3/17 ISSのロシア区画のハッチに関する訓練

<https://plus.google.com/101922061219949719231/posts/Rq6p9DVci78>

-2015/10/15 船外活動の総合訓練(減圧準備編)

<https://plus.google.com/101922061219949719231/posts/1JXaEKaPdd8>

実際には、これらの準備作業は船外活動を実施する数週間前から少しずつ行っていくことになります。
1回の船外活動を実施するために、どれだけの準備が必要か、どれだけ多くの時間がかかるかは、きっと一般の方々が見ると驚かれるのではないかと思います。それだけ、人間が宇宙船の外に出て活動をするということは、技術的に高度なものが要求されるのでしょう。事前に行う準備作業のうち重要なものをざっと流しただけでも3時間近くかかりました。

-2015/10/15 船外活動の総合訓練(実際に真空チャンバーに入って減圧)

<https://plus.google.com/101922061219949719231/posts/9jWqLezpkDw>



<https://plus.google.com/101922061219949719231/posts/HZQoEAJhFa>

-2016/3/22 打ち上げ前最後のプールでの船外活動訓練(の事前確認)

<https://plus.google.com/101922061219949719231/posts/hDkj4t8PS1s>

打ち上げまで3ヶ月の段階でも、誰が船外活動を行うかは本当に決まっています。

実施するタスクは、私たちの長期滞在中に実際に実施する可能性があるタスクですが、誰が船外活動を行うかまではまだ決まっています。

メインとなるタスクは、Space-X社のドラゴン宇宙船9号機で打ち上げられる予定のIDAアダプター（アイディーイー・アダプター）のインストールです。

-2015/11/7 ソユーズの手動降下操縦の試験

<https://plus.google.com/101922061219949719231/posts/8HW5AfK8ud8>

遠心加速器内で操縦してカプセルを目標の場所へ降下させる試験で、操縦の仕方によって体にかかるGも変わっていきます。試験は無事合格。



-2015/12/10 ソユーズ打ち上げ前のメディアへの訓練公開の様子、記念植樹

<https://plus.google.com/101922061219949719231/posts/c4mQxzDTNwG>

「遊んでいる」風景の撮影。これは娯楽室にある卓球やチェス、チェッカー、ビリヤードなどでクルーが遊んでいる風景を撮影するのですが、これはもう本当にその時だけです。

ひとしきり遊んでいるところを撮ると終わりです(笑)

一体何のための撮影なのか甚だ謎ですが、これも打ち上げ前の伝統行事なのです。

そもそも、ブルースーツ着て普段遊んでないですからね。

-2016/3/17 医学実験の事前データ取得

<https://plus.google.com/101922061219949719231/posts/J8TgpKmrwss>

看護師の方が採血の準備をしておいて下さっていたのですが、ふと見ると台の上に大量のチューブが並んでいます。

(; °д°)ゴクリ...

「もしかして、それ全部？」と恐る恐る尋ねると、

「これでも少なくなったのよ。もともとは30本以上やることになってるのだけど、明日も採血があるから、今日と明日で分割してあるから今日は24本ね!」

1本1本は少量のチューブですが、これだけ並ぶと壮観です。

いざ採血が始まっても、全部終わるまでに10分近くかかったのではないのでしょうか。

チューブの中には、その場で処置が始められるものもあり、自分の血が本当に沢山の実験に役立てられるのだなと実感がわきました。

-2016/4/27 ソユーズMS型機に関する本格的な訓練開始

<https://plus.google.com/101922061219949719231/posts/T7QJAMpUkww>

「新型となるソユーズMS型機に関する訓練が始まっています。(注:モビルスーツではありません)」

「MS型機から追加される新しい姿勢制御モードの説明に始まり、私たちの乗る初号機ではまだ実装されない新機能についても解説して下さい、かなり濃密な4時間となりました。

月曜午後には、いよいよMS型機の手順書を受け取り、早速火曜の午後に一発目のシミュレーション訓練をアナトリーと共に受けてきました。構成から一変した新しい手順書です。」

-2016/5/11 ソユーズMS型機による帰還シミュレーション訓練

<https://plus.google.com/101922061219949719231/posts/ECTJAZJcJi2>

打上げも間近になり、習熟度が上がっている様子が分かります。

ISSからアンドッキングして、地球に帰還するまでの部分をシミュレーションしました。これまでも何度も実施している部分ですが、MS型機固有の操作もあり、今回の目的としては全体の流れを確認するという感じでした。その為か、投入された不具合も比較的少なく、また程度もおとなしめでした。

以下、本日のメニューです。

- ・ 船内の気圧低下の誤警報。警報の発出によって走る自動プログラムの操作を取り消して対処。
- ・ 軌道離脱噴射中に、メインエンジンの出力低下。手動で補助エンジンに切り替え。
- ・ 補助エンジンが停止。手動でバックアップの補助エンジンを点火。
- ・ 軌道離脱噴射のデータが、デジタルコンピューターとそのバックアップコンピューターの間で異なる計算結果を示す。どちらの値が信頼性が高いかを判断し、そちらのデータに基づいてエンジンをカットオフ（停止）。
- ・ 大気圏突入前のモジュール切り離しの直後に、船内気圧低下の誤警報（最初のものと異なる）。こちらも、自動処置を取り消して対処。

4. 大西宇宙飛行士の任務

4.1 第48次／第49次長期滞在ミッションの実験運用に関連する作業

現在、「きぼう」の船内実験室、船外実験プラットフォームでは、生命科学、物質・物理科学、宇宙医学・有人宇宙技術開発、天体観測、地球観測、宇宙環境計測などの実験が実施されており、大西宇宙飛行士が参加する第48次／第49次長期滞在ミッション中においても、様々なJAXAの実験・技術開発テーマが計画されています。

JAXAの実験に関する予定と実績を、JAXA公開ホームページ「「きぼう」の利用状況と今後の予定」(<http://iss.jaxa.jp/kiboexp/plan/status/>)にて隔週更新しています。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。

4.1.1 JAXAの実験

大西宇宙飛行士滞在中に実施が計画されている実験を次ページ以降に示します。

表4.1.1-1 大西宇宙飛行士のISS滞在中に計画されている利用ミッション一覧
大西宇宙飛行士が担当／参加しないものも含まれます（2016年6月現在）

分野	テーマ名	参照項番号
生命科学実験	マウスを用いた宇宙環境応答の網羅的評価 (Mouse Epigenetics)	(1)
	宇宙環境を利用した植物の重力応答反応機構および姿勢制御機構の解析 (Auxin Transport)	(2)
	ほ乳類の繁殖における宇宙環境の影響 (Space Pup)	(3)
	万能細胞 (ES 細胞) を用いた宇宙環境が生殖細胞に及ぼす影響の研究 (Stem Cells)	(4)
	宇宙居住の安全・安心を保証する「きぼう」船内における微生物モニタリング (Microbe-IV)	(5)
応用利用	高品質タンパク質結晶生成 (JAXA PCG #2-5)	(6)
宇宙医学実験	宇宙環境における健康管理に向けた免疫・腸内環境の統合評価 (Multi-Omics)	(7)
	無重力での視力変化等に影響する頭蓋内圧の簡便な評価法の確立 (Intracranial Pressure & Visual Impairment)	(8)
	長期宇宙滞在飛行士の姿勢制御における帰還後再適応過程の解明 (Synergy)	(9)
	長期宇宙飛行時における心臓自律神経活動に関する研究 (Biological Rhythms 48hrs)	(10)
物質科学実験	静電浮遊炉 (初期チェックアウト)	(11)
	液滴群燃焼実験 (Group Combustion)	(12)
	マランゴニ振動流遷移メカニズムの解明 (Dynamic Surf)	(13)
有人宇宙技術開発	「きぼう」船内の宇宙放射線環境の定点計測 (Area PADLES)	(14)
	宇宙飛行士の個人被ばく線量計測 (Crew PADLES)	(15)
	宇宙ステーション内でのリアルタイム線量当量計測技術の確立 (PS-TEPC)	(16)
船外利用	超小型衛星放出ミッション	(17)
	中型曝露実験アダプター／次世代ハイビジョンカメラ技術実証 (i-SEEP/HDTV2)	(18)
	簡易曝露実験装置 (ExHAM) を用いたミッション	(19)
	高エネルギー電子・ガンマ線観測装置 (CALET)	(20)
	全天 X 線監視装置 (MAXI)	(21)
	宇宙環境計測ミッション装置 (SEDA-AP)	(22)
教育・広報	アジアの小規模植物成長観察実験 2016 (Asian Herb in Space)	(23)

注: 実験の進捗状況やISSの運用状況によって、予定が変わる場合があります。

(1) マウスを用いた宇宙環境応答の網羅的評価(Mouse Epigenetics)

軌道上でマウスを長期飼育し、宇宙環境における各臓器の遺伝子発現変化および生殖細胞に対する影響を網羅的に評価する研究で、マウスは生きたまま回収します。日本が、「きぼう」で哺乳類の実験を行うのは今回が初めてになります。

小動物飼育装置(Mouse Habitat Unit:MHU)は、「こうのとり」5号機(HTV5)にて2015年に「きぼう」に運び、油井宇宙飛行士によって装置としての機能検証が実施されました。今回は、小動物(マウス)をこのMHUの飼育ゲージに1匹ずつ入れて、個別に長期間(約40日程度)、飼育・観察します。飼育ゲージに装備したビデオカメラにより地上でライブ観察ができる他、遠心機付き生物実験装置に飼育ゲージを設置して、微小重力と人工重力の環境を同時に軌道上で作り出し、比較飼育・観察できます。

NASAもマウスの飼育をISSで行っていますが、人工重力を与えられるのは日本だけです。また個飼いができるのも日本の装置の特徴です。

この装置は飼育するマウスの数だけ運んで設置されます。飼育装置は、水と餌を与えられるようになっており、糞尿の除去も可能です。なお、マウスの輸送には別の輸送容器(12匹を個室に入れたまま運搬可能)が使われ、軌道上で飼育装置にマウスを移すための簡易なグローブボックスも用意しています。

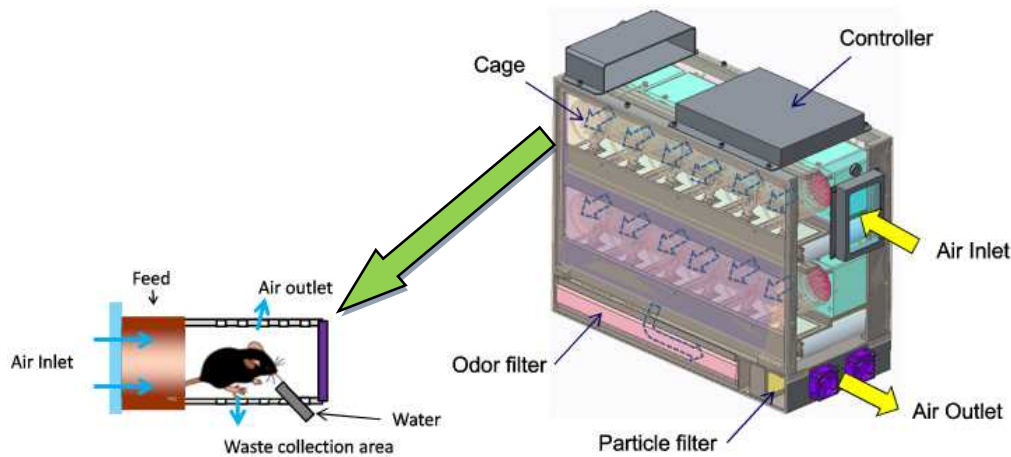
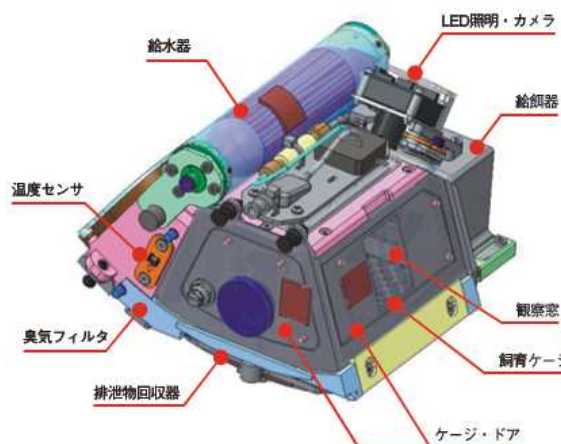


図4.1.1-1 マウスの輸送容器(TCU)のイメージ図



① 照明・カメラ、②給餌口、③給水口(2個)

図4.1.1-2 JAXAの小動物飼育装置のイメージ図

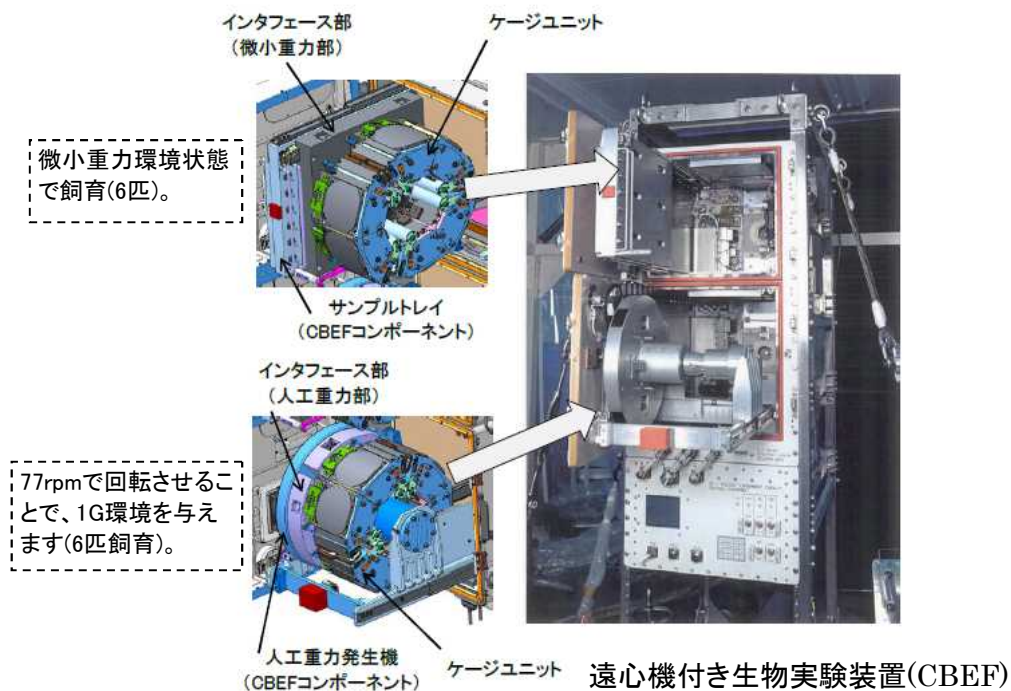


図4.1.1-3 小動物飼育装置をCBEFに設置したイメージ図

【参考】JAXA 機関誌 JAXA's No.61 「宇宙と地上 重力環境の違いが及ぼす生命への影響は？ 小動物飼育装置」

http://fanfun.jaxa.jp/c/media/file/media_jaxas_jaxas061.pdf

(2) 宇宙環境を利用した植物の重力応答反応機構および姿勢制御機構の解析 (Auxin Transport)

本実験は、STS-95 での植物宇宙実験ならびに地上における擬似微小重力実験の結果から得られた仮説、「植物の重力応答反応および姿勢制御には、重力によって制御される植物ホルモン動態、特にオーキシン極性移動とそれを司る遺伝子の発現制御が重要である」を分子レベルの解析を中心として検証するものであり、エンドウやトウモロコシの芽生えを対象とし、植物の重力屈性や、重力に対する姿勢制御機構について解析します。

(3) ほ乳類の繁殖における宇宙環境の影響 (Space Pup)

遺伝子資源の宇宙での保存の可能性に挑戦 [「このとり」4号機でサンプル3式を打上げ、2013年8月からISSの冷凍冷蔵庫で保管中。3回に分けて、長期保存したサンプルを回収します。]

本実験の目的は、ほ乳類の初期発生における微小重力環境の影響を調べることであり、宇宙で初期発生が進むかどうかを検証します。

フリーズドライ状態で保存した精子を宇宙に運び、冷凍庫で一定期間保存した後、3回に分けて地上に回収して宇宙放射線の精子への影響を調査します。地上へ回収した精子は、顕微授精(顕微鏡下で精子を卵子内へ注入すること)を行ないます。そして宇宙保存精子による受精率、放射線の影響、DNA 損傷(修復)率、初期発生の正常性、および最も重要な子ネズミの出産率を調べます。

本研究は良質な肉や毛を持つ家畜の繁殖や、生殖細胞の保存にも応用できます。

<http://iss.jaxa.jp/kiboexp/theme/second/spacepup/>



図4.1.1-4 宇宙実験でマウスの精子を保存するのに使用するアンプル。アンプルは右の写真のようにカプトンテープで保護してケースに収納します。(*「こうのとりの」*4号機で運搬) (JAXA)

第1回目の回収で得られた実験成果は以下で報告されています。

・世界初、宇宙で保存したマウス精子から産仔作出に成功 (2014 年 8 月 11 日山梨大学)

<http://www.yamanashi.ac.jp/topics/post-1049/>

(4) 万能細胞 (ES細胞) を用いた宇宙環境が生殖細胞に及ぼす影響の研究 (Stem Cells)

ES細胞を用いて、宇宙環境における放射線の影響が哺乳類動物細胞に与える影響を詳細に調べる [2013年3月 (SpX-2でサンプル5式を打上げ) からISSの冷凍冷蔵庫で3年間凍結保存中。3回に分けて、長期保存した試料を回収します。]

本実験では放射線の影響を、マウスのES細胞を用いて調べます。冷凍したマウスのES細胞を「きぼう」船内で長期間 (最長 3 年程度) 保管し、宇宙放射線の影響、特に子孫にかかわる生殖細胞への影響を解析します。このような長期の宇宙実験を実施できるのは、ISSのみです。

宇宙実験の結果をもとに医療機器などによる放射線のリスク評価に利用できるだけでなく、食品添加物などの発がん性や有害性のリスク予測や防御方法の開発に役立つと期待されます。この研究は、将来の有人月探査や火星探査、さらに移住など長期的な有人宇宙滞在や活動における安全性と防御対策に貢献します。

<http://iss.jaxa.jp/kiboexp/theme/second/stemcells/>

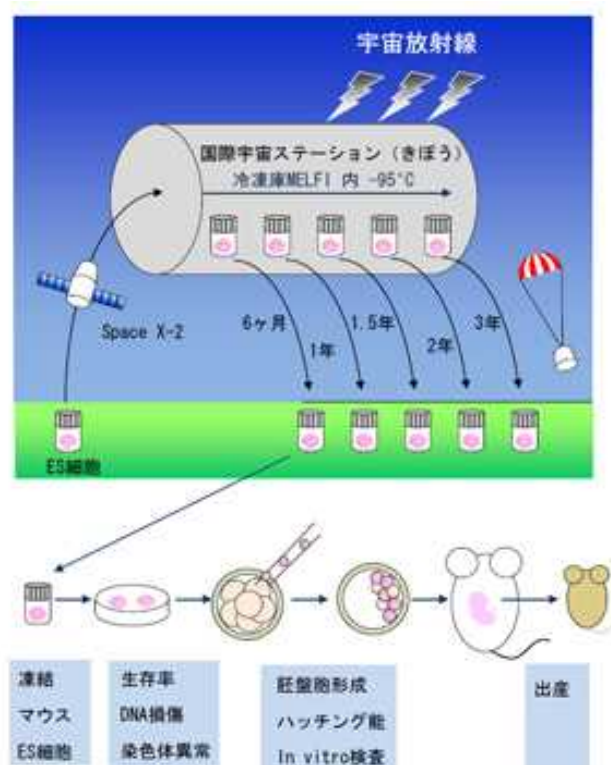


図4.1.1-5 Stem Cells実験の概要

(5) 宇宙居住の安全・安心を保証する「きぼう」船内における微生物モニタリング (Microbe-IV)

これまでに ISS の内部からは多種多様な微生物が見つかっています。本実験では、ISS ならではの特殊な環境において、どのような微生物が住んでいるかなど、その生体を調べます。微生物は宇宙飛行士の感染など健康に対するリスクや、電子機器・配線等の腐食や劣化などのトラブルの原因にもなりうるため、宇宙飛行士と「きぼう」を守るためにも必要不可欠な研究です。独自に開発した微生物の採取法、保存法、解析法を用い、「きぼう」の中の微生物の量や種類の変化を測定するとともに、関連する因子を追跡評価します。

本研究で確立される簡便・高精度な微生物サンプリング法は、宇宙などの閉鎖環境下のみならず、地上の医薬品製造や食品製造等、幅広い分野における衛生微生物学的な安心・安全の実現への寄与も期待されます。（従来は綿棒を使ったSwab法で実施。）

この実験で開発されたサンプリングシートを使用した微生物採取法は簡便で精度が高く、その精度の良さから日本の薬事法にサンプリング供試体の例として記載されており、今後国際的な評価を得ることが期待されています。

・2009年から2012年まで行われたMicrobe-1～Microbe-3の紹介ページ

<http://iss.jaxa.jp/kiboexp/theme/second/microbe/>

・大西宇宙飛行士のGoogle+の情報

<https://plus.google.com/101922061219949719231/posts/g4v4Ez1ZP1b>

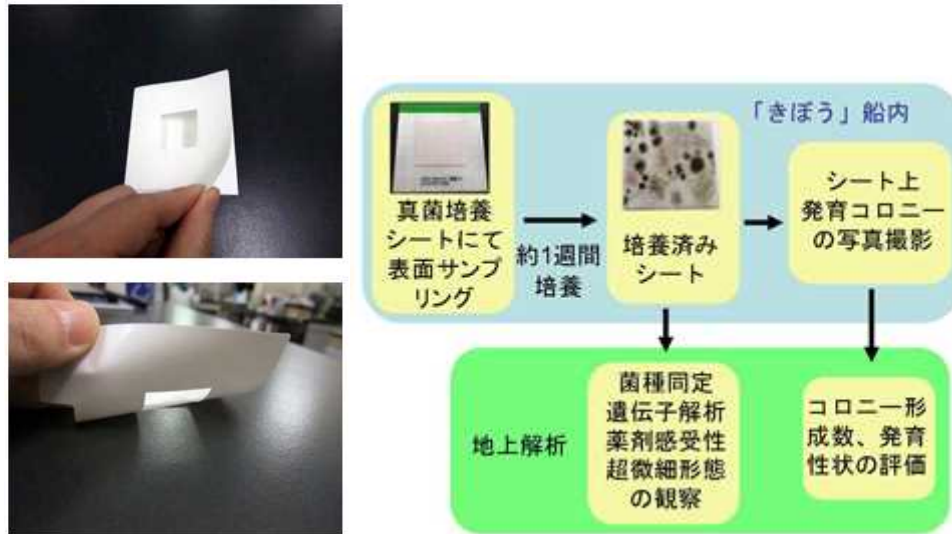


図4.1.1-6 真菌培養シート(左の写真)とサンプリングの流れ

(6) 高品質タンパク質結晶生成(JAXA PCG#2-5) 第2期実験シリーズの第5回実験
医薬品などの研究開発につながる高品質なタンパク質の結晶を宇宙でつくる

JAXA は、10 年以上にわたる技術開発と実験を経て微小重力下でのタンパク質結晶生成技術を確立してきました。宇宙用に結晶化容器を開発(JAXA 特許技術)すると共に、宇宙実験効果の事前予測や宇宙実験に最適な試料調製法を確立することで、条件の整ったものについては約 6 割以上の確率で、地上で生成するより良質な X 線回折構造データを取得できるようになりました。宇宙で結晶を生成すると、地上での結晶では見えないタンパク質の立体構造を解明することができ、新薬の候補となる化合物の分析が容易になると期待されています。

<http://iss.jaxa.jp/kiboexp/theme/first/protein/>



図4.1.1-7 タンパク質の結晶と結晶の構造解析のイメージ (JAXA)



図4.1.1-8 宇宙と地上で結晶化させたタンパク質結晶の違いを現すイメージ (JAXA)

大西宇宙飛行士の滞在期間中には第2期実験シリーズの第5回実験(「きぼう」での通算11回目の実験)が行われます。この実験試料は、ソユーズ宇宙船48Sで運んで、大西宇宙飛行士の(47S)帰還時に回収する予定です。

【参考】国際宇宙ステーションでのタンパク質結晶生成実験結果から、世界で初めて、多剤耐性菌・歯周病菌の生育に重要なファミリーS46ペプチダーゼに属する酵素の立体構造および基質認識機構を解明 ～新たな抗菌薬開発に期待～ (2014年5月JAXAプレスリリース) http://www.jaxa.jp/press/2014/05/20140516_dapbii_j.html

【参考】「きぼう」で行ったタンパク質結晶化実験の観察結果(速報)！！(2016年5月JAXA) http://iss.jaxa.jp/kiboexp/news/160526_pcg.html



図4.1.1-9 タンパク質結晶生成試料が入ったキャニスターバッグを壁に仮置きする油井宇宙飛行士
<http://jda.jaxa.jp/result.php?lang=j&id=41a5344fed9d1f897e17bee137b785fd>

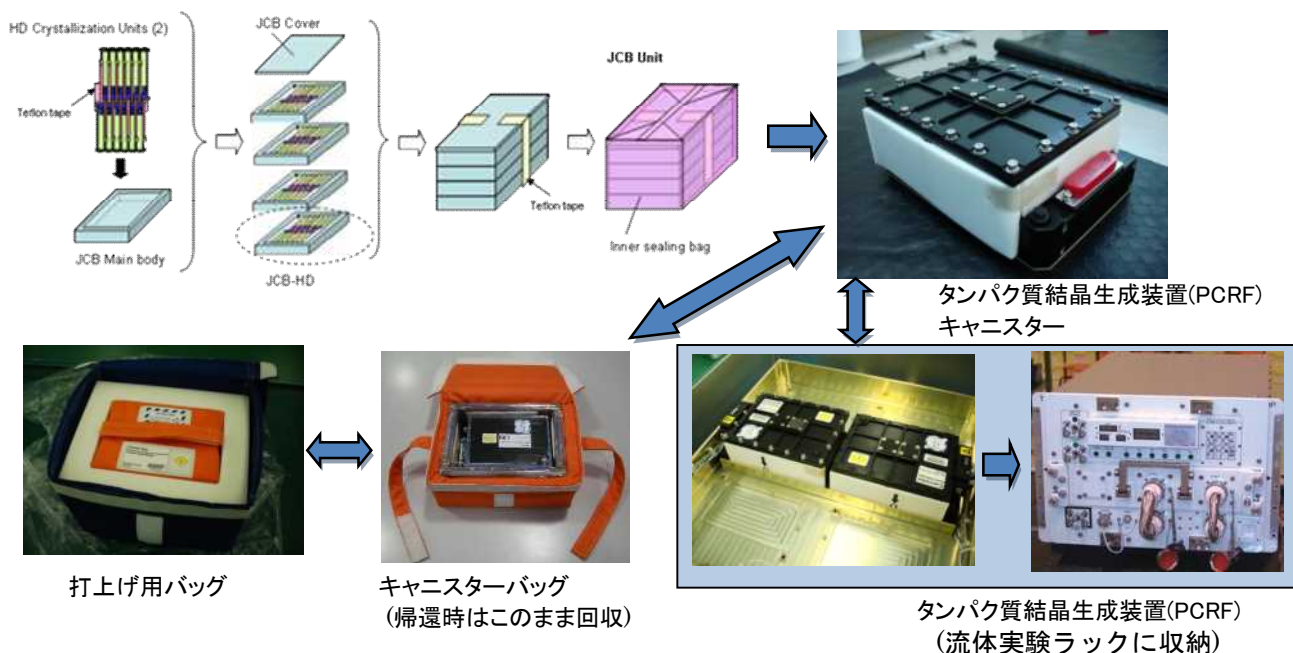


図4.1.1-10 タンパク質結晶生成試料の梱包・収納状況

(7) 宇宙環境における健康管理に向けた免疫・腸内環境の統合評価(Multi-Omics)

宇宙飛行士とマウスの糞便等を用いて腸内細菌叢や腸内代謝系といった腸内環境の変化を解析し、宇宙環境による免疫障害への影響を評価する実験であり、免疫障害の評価指標の同定とメカニズムの解明を目的とします。

宇宙飛行士からは唾液と便を、マウスからは糞と血液等を採取し、口腔・腸内環境における細菌の分布・機能、分泌される代謝物の解析を行います。またフラクトオリゴ糖の効果も評価します。

この実験に関しては大西宇宙飛行士が2015年10月6日にGoogle+で紹介しています。

<https://plus.google.com/101922061219949719231/posts/J2PWF6sWYdi>

(8) 無重力での視力変化等に影響する頭蓋内圧の簡便な評価法の確立
(Intracranial Pressure & Visual Impairment: IPVI)

数年前より、宇宙飛行士の健康管理上の課題として、失明のリスクも伴う「視神経乳頭浮腫」が注目されています。宇宙飛行に伴い体液が上半身へシフトし、頭蓋骨内部の圧力が高まることに起因していると考えられます。

頭蓋内圧は、脳や腰に針を刺して脳脊髄液圧を測定する手法が一般的ですが、リスクがあるため宇宙医学研究には使えません。本研究では、針などを使用しない方法で頭蓋内圧を推定できる手法の確立を目指します。

飛行前後で頭蓋内圧値の推定を行ない、頭蓋内圧の変化や長期宇宙滞在中の視機能の変化などの関連性を確認します。軌道上ではクルーの顔の正面及び側面をUSBカメラで撮影し、地上の研究者が、顔面浮腫状態の視診、視機能異常の有無の確認を行います。

この実験に関しては大西宇宙飛行士が2016年3月4日にGoogle+で紹介しています。

<https://plus.google.com/101922061219949719231/posts/V3VjNjQiVCs>

(9) 長期宇宙滞在飛行士の姿勢制御における帰還後再適応過程の解明(Synergy)

宇宙飛行士が帰還直後に歩行が困難となる原因は、長期宇宙滞在による①下肢の筋萎縮、ならびに②脳の体性感覚調節機能が地上へ再適応していないことにあるとの仮説に基づき、宇宙飛行前後で、筋肉、血流、バランス感覚などのデータを取得し、仮説の検証を行います。

この研究により、宇宙でのトレーニング方法の開発や帰還後の効果的なリハビリテーション法の改良に応用できます。また、地上での高齢者や寝たきり患者などのリハビリテーションへも貢献できる可能性があります。

<http://iss.jaxa.jp/kiboexp/theme/second/synergy/>

この実験に関しては大西宇宙飛行士が2015年6月20日にGoogle+で紹介しています。

<https://plus.google.com/101922061219949719231/posts/fTYBQaK2Qe5>

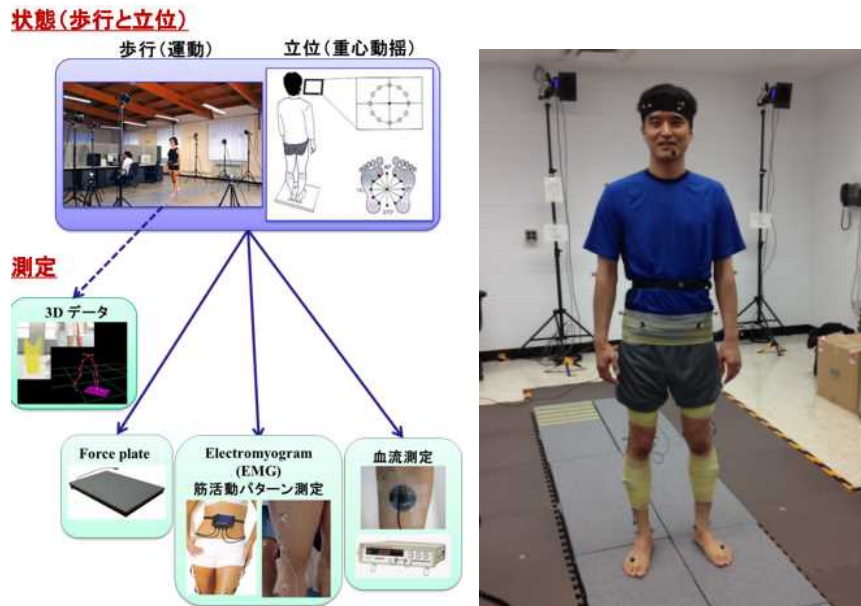


図4.1.1-11 Synergy実験のイメージと基礎データの取得を行う大西宇宙飛行士

(10) 長期宇宙飛行時における心臓自律神経活動に関する研究(Biological Rhythms 48hrs)

初期の Biological Rhythms 実験では飛行前、滞在開始約 30 日後、帰還後に 24 時間心電図を計測し、宇宙飛行が心臓自律神経活動や生体リズムに及ぼす影響について評価しました。その結果、フライト前から生体リズムが変調しており、フライト 3 ヶ月頃に整体リズムが約 24 時間に保たれることなどが明らかとなりました。一方、24 時間を超えた周期の生体リズムの例もあったことから、より正確に生体リズムの変動を調査するために、心電図の記録時間を 48 時間に延長して評価を行います。自律神経活動は睡眠・覚醒リズムの影響を受けることから、ホルター心電計の装着 2 日前より装着終了時まで、腕時計型の加速度計(アクチウォッチ)を装着し、手首の活動量記録による睡眠・覚醒の評価を行います。これらを基に、心臓自律神経活動と睡眠覚醒の関係について総合評価を行います。



図4.1.1-12 アクチウォッチと携帯型ホルター心電計

(11) 静電浮遊炉 (初期チェックアウト)

静電浮遊炉(ELF「エルフ」)は、融点が3000℃にもなるような高融点材料(標準直径2mm)を静電気力で炉の中に固定するため、擾乱が少なく、高純度を保った状態で過熱、溶融、冷却することが可能です。静電気を使って材料を浮かせることで、容器からの不純物が混ざらず、これまでにない純粋な結晶を生成することが期待されています。

ELFは、「こうのとりのり」5号機や米国の商業補給船で機器を打ち上げ、その後、軌道上で

組み立てられました。現在は、機能の初期検証作業を行っています。

ELFは、いわゆる無容器・非接触状態で、材料の熱物性を測定したり、深い過冷却凝固による新たな機能を持った材料の創成を目指しており、酸化物や合金など地上での物性測定が難しい材料をターゲットにしております。静電気力を用いるので、特に絶縁体やセラミクスなど帯電にしやすい材料に威力を発揮します。

	低温	高温
伝導体	電磁浮遊炉 (欧州)	
絶縁体		
	静電浮遊炉 (日本)	

図4.1.1-13 静電浮遊炉の優位性（JAXAの装置がカバーできる範囲は広い）

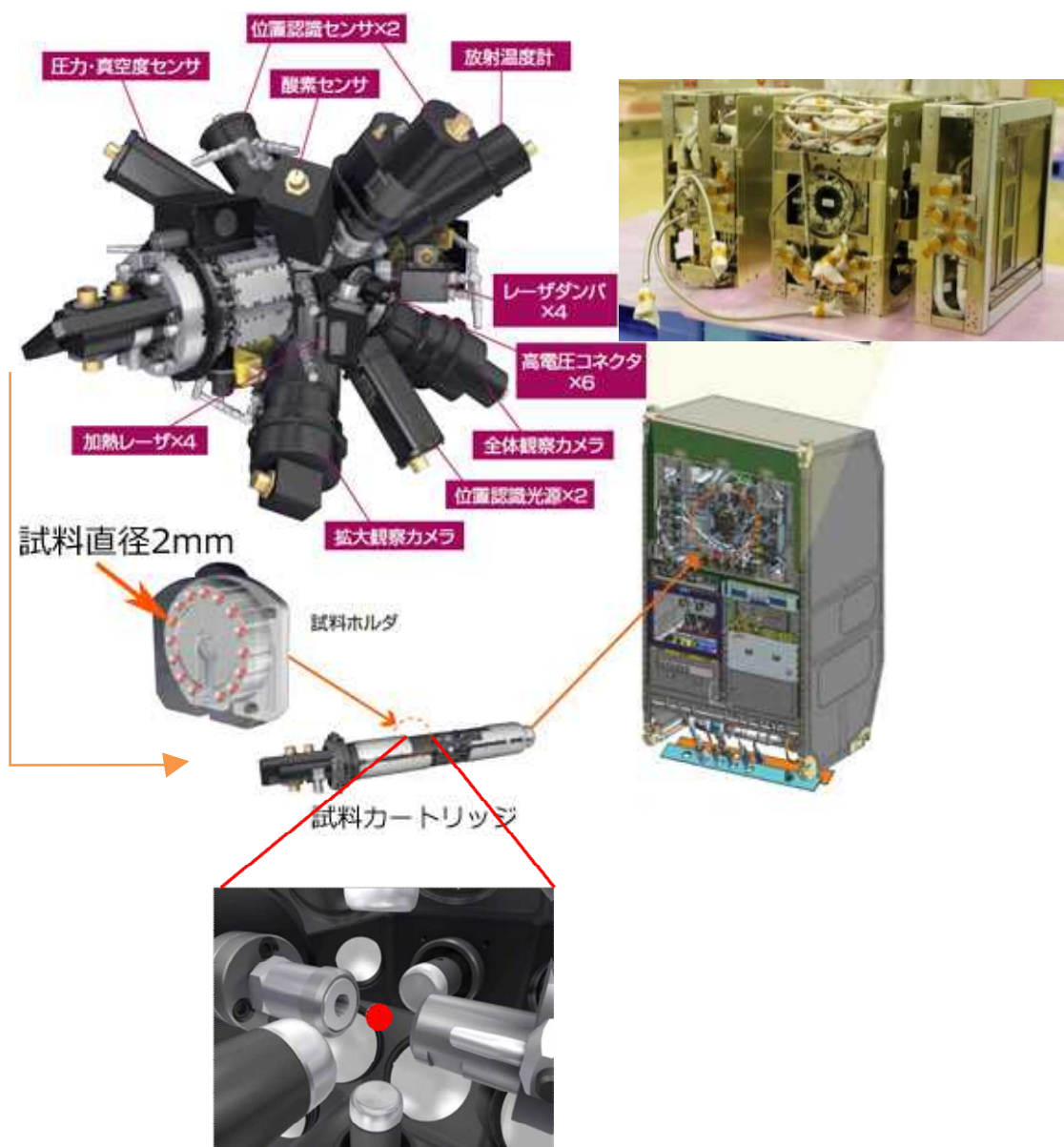


図4.1.1-14 静電浮遊炉(ELF)と、それを収容する多目的実験ラック2(中央右)

この静電浮遊炉を使用した地上実験の成果が以下のように報告されています。

【参考】ホウ素は融けると金属になる？～宇宙実験技術を活用してホウ素の謎を解明～
(2015年4月20日 JAXA プレスリリース)

http://www.jaxa.jp/press/2015/04/20150420_boron_j.html

宇宙実験技術「静電浮遊法」を用いて、ホウ素(融点 2,077℃)を中空で熔融させ、その状態の電子構造を測定することに世界で初めて成功した。これまで理論的には金属ではないかと考えられていたホウ素融体が、実は金属ではなく、半導体的性質を強く持つことを明らかにしました。

【参考】宇宙だからこそ学べることもある きぼう利用センター 技術領域リーダ 主幹開発員 中村裕広(2016年2月25日)

http://www.jaxa.jp/projects/feature/iss/nakamura_j.html

(12) 液滴群燃焼実験 (Group Combustion)

自動車や飛行機などのエンジンでは、ノズルから液体燃料を噴射して霧状にし、微粒化された液滴の燃焼により発生するエネルギーが乗り物を動かす動力になります。連続的に安定して燃焼するためには、燃えている液滴(燃焼液滴)から燃えていない液滴への火炎の「燃え広がり」および噴霧液滴全体が燃焼する「群燃焼」という過程が必要です。

液滴群燃焼実験供試体(Group Combustion Experiment Module: GCEM)は、微小重力下における2次元配置された液滴間の火炎燃え広がりを観察する実験装置です。GCEMは、燃焼実験チャンバ(CCE)内に入れてガス漏れなどが起きないように封入し、多目的実験ラック(MSPR)に入れて実験を行います。地上で燃焼実験を行うと、高温の火炎と空気の温度差のため強い自然対流が発生しますが、微小重力環境では自然対流が起きないため、燃焼という現象そのものに注目して詳細に観察することができます。

群燃焼の発生メカニズムが解明されることに依り、噴霧燃焼の数値シミュレーションの高度化が可能となるため、高効率で環境にやさしいエンジンの開発にも寄与するものと期待されています。

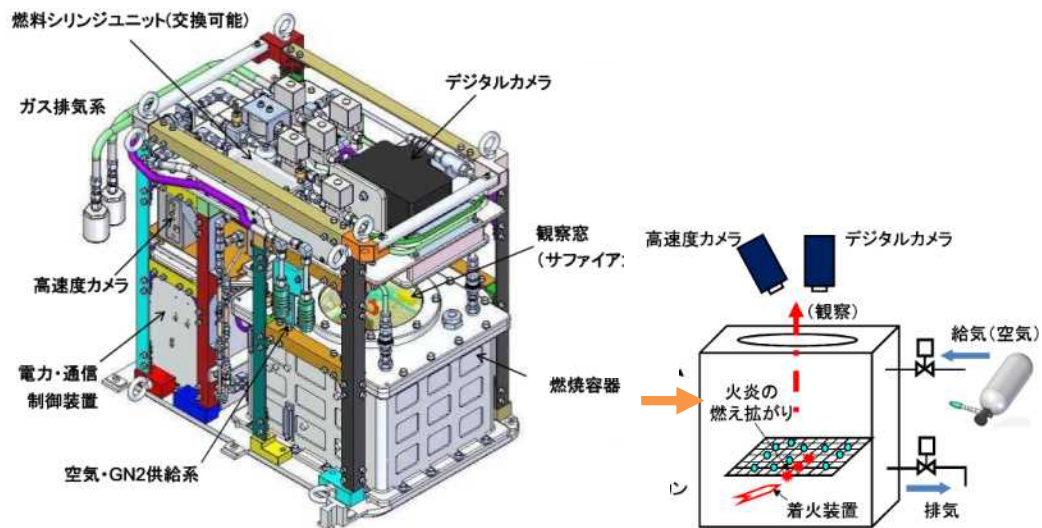


図4.1.1-15 GCEM本体のイメージ図

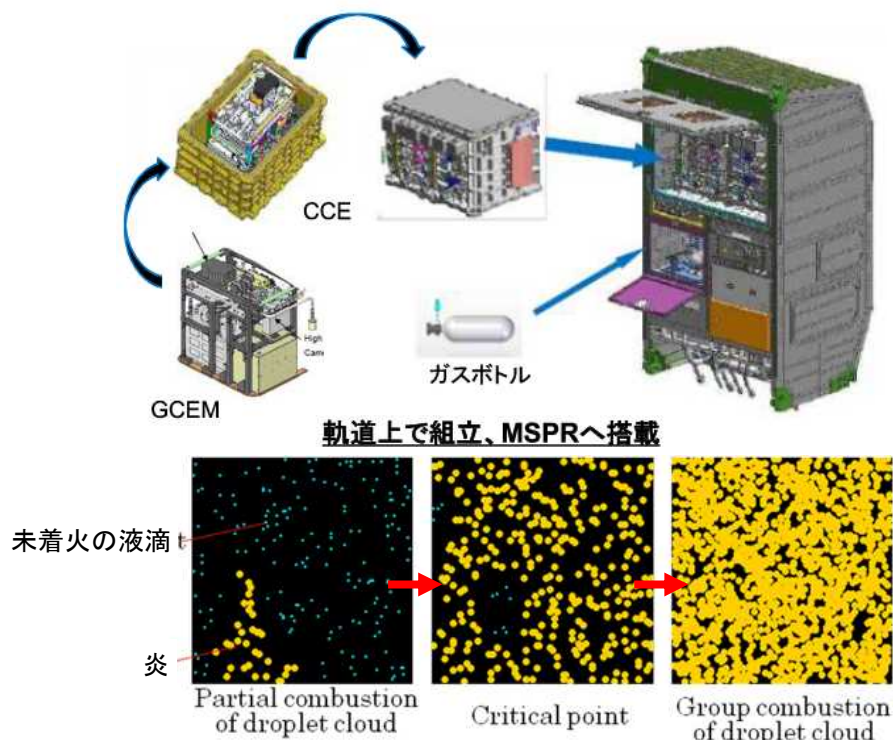


図4.1.1-16 GCEMはCCEに封入した後、多目的実験ラック(MSPR)に設置
(下のイメージ図のように、どのように燃え広がっていくかを観察)

(13) マランゴニ振動流遷移メカニズムの解明 (Dynamic Surf)

宇宙で明らかになる流れの世界、材料製造などへの応用に期待

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

<http://iss.jaxa.jp/kiboexp/theme/first/marangoni/>

Dynamic Surfは、マランゴニ振動流遷移メカニズムの解明のため、振動流状態における気液界面変形の振幅発展のサイズ効果に関する仮説の検証を行います。

これらの成果は、流体力学の発展のみならず、材料製造や熱制御機器、マイクロ流体ハンドリング、医療診断などに応用されることが期待されます。

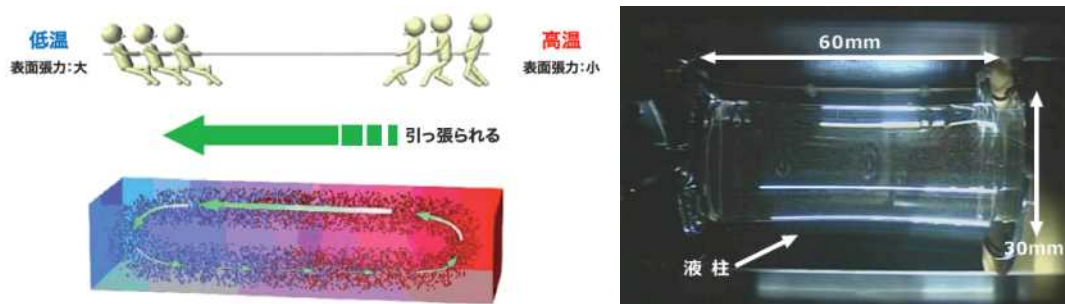


図4.1.1-17 マランゴニ対流の原理(左)と軌道上実験で作られた60mmの液柱(右)
[RYUTAIラックの流体物理実験装置を使用] (JAXA)

(14) 「きぼう」船内の宇宙放射線環境の定点計測 (Area PADLES)

JAXAは、船内の放射線環境を測定するAreaPADLESと、宇宙飛行士の被曝線量計測を行うCrewPADLESを使っています。ISSに搭載したPADLESは、地上へ回収後、JAXAで線量解析・データ提供を行っています。

【JEM船内定点放射線環境計測実験 (Area PADLES)】

次世代の宇宙船の遮蔽設計や材料選定など、放射線防護技術にも貢献

AreaPADLES 線量計は「きぼう」船内の 17 箇所に設置され、ソユーズ宇宙船を使って約 6 ヶ月毎に回収・交換を行っています。継続的に宇宙放射線の線量計測を行うことで、実験の計画立案に必要な「きぼう」船内の宇宙放射線環境情報を提案者や利用者に提供できるほか、次世代の宇宙船の遮蔽設計や材料選定など、放射線防護技術にも直結します。

<http://iss.jaxa.jp/kiboexp/equipment/pm/padles/>



図4.1.1-18 AreaPADLESと設置位置

【宇宙飛行士の個人被ばく線量計測 (Crew PADLES)】

宇宙放射線の被ばく線量の把握とリスク評価手法を確立

Crew PADLESは、日本人宇宙飛行士の個人被ばく管理を行うために、フライト期間中、全JAXA宇宙飛行士が携帯する個人線量計です。JAXAは、軌道上滞在中の正確な被ばく線量の把握とリスク評価手法を確立し、現在は、実験から医学運用に移行して実施中です。



図4.1.1-19 JAXAが開発したCrewPADLES(受動式線量計) これを常に携帯します

コラム 1-1

宇宙飛行士が受ける放射線の被ばく量

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

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

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

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

詳しくは以下を参照下さい【放射線被ばく管理】

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

(15) 宇宙ステーション内でのリアルタイム線量当量計測技術の確立(PS-TEPC)

将来の深宇宙への有人探査を考えると、線量測定計測器のサイズや重量や測定精度に対する制限が厳しくなるため、コンパクトな線量計が求められています。このため、宇宙機船内用の高精度かつコンパクトで、リアルタイム計測ができる線量計としてPS-TEPC(Position Sensitive Tissue Equivalent Proportional Chamber)を高エネルギー加速器研究機構と共同で開発しました。これをISS上に搭載し、動作の実証試験を行います。

本装置は「きぼう」船内に設置して計測を行います。同時期に取得した受動式のPADLES線量計および、NASAのリアルタイム方式のTEPCのデータとの比較を行って測定結果の検証を行います。

<https://www.kek.jp/ja/Facility/ARL/RSC/AstronautRadiationPoisoning/>

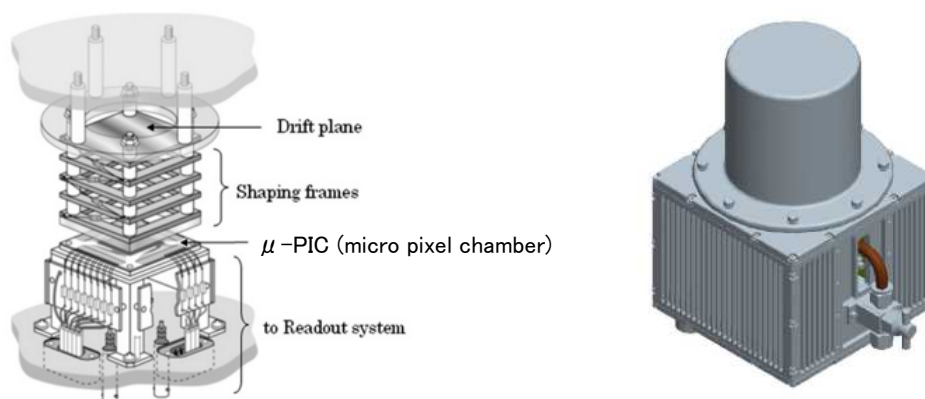


図4.1.1-20 PS-TEPCの内部構造と外観イメージ（高エネルギー加速器研究機構）

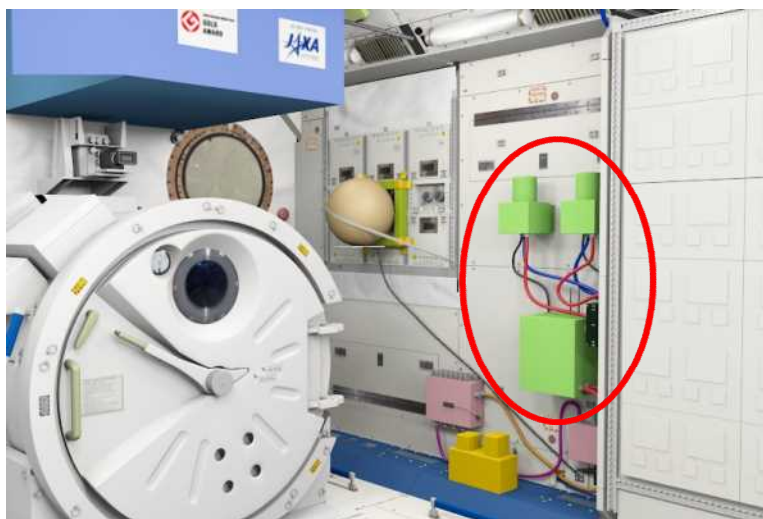


図4.1.1-21 PS-TEPCの設置位置（高エネルギー加速器研究機構）

(16) 超小型衛星放出ミッション

超小型衛星の新たな打上げ機会を提供

ISS のモジュールで唯一、エアロックとロボットアームを合わせ持つ「きぼう」の機能を活用し、船外活動を行わなくても超小型衛星を放出することができます。小型衛星放出機構(JEM-Small Satellite Orbital Deployer: J-SSOD) は、CubeSat 規格の超小型衛星を「きぼう」のエアロックから船外に搬出し、ロボットアームで把持した後、衛星を放出し、軌道に乗せるための仕組みのことです。

2012 年 10 月に最初の 5 機を放出して以降、米国製の放出機構（NanoRacks CubeSat Deployer: NRCSD）も加わって非常に多数の超小型衛星が放出されています。

J-SSOD の衛星搭載ケース 1 台には、1U(10cm 立方)サイズであれば 3 機、2U (20×10×10 cm)と 1U サイズであれば 2 機、3U(30×10×10 cm)サイズであれば 1 機が搭載可能(すなわち、J-SSOD では一度に最大 6U まで搭載可能)です。今後、最大 12U までの CubeSat を放出できるようにする予定です。また、50kg 級の少し 大きな超小型衛星も放出できるよう J-SSOD M という放出機構も開発し、2016 年 4 月に、フィリピン国産衛星第 1 号となる「DIWATA-1」(50kg 級)の「きぼう」からの放出に成功しました。

<http://iss.jaxa.jp/kiboexp/equipment/ef/jssod/>

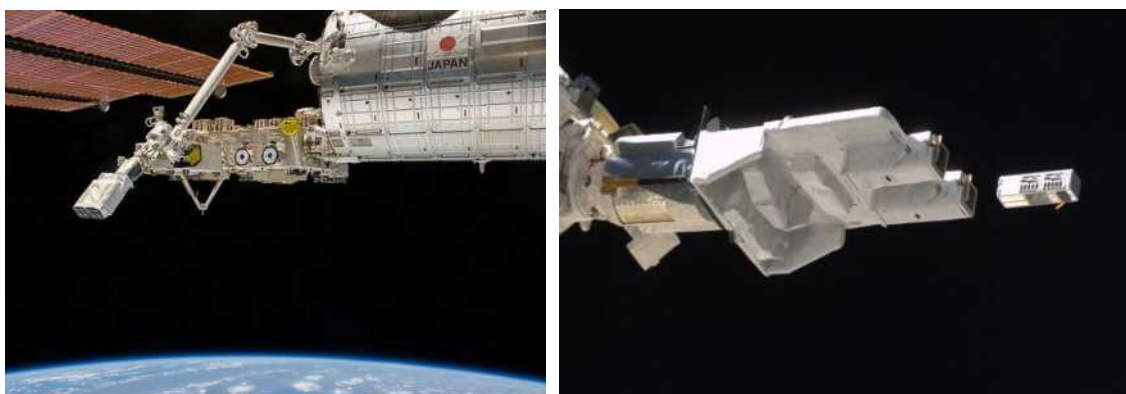


図4.1.1-22 超小型衛星の放出（右:TechEdSat-3の放出）

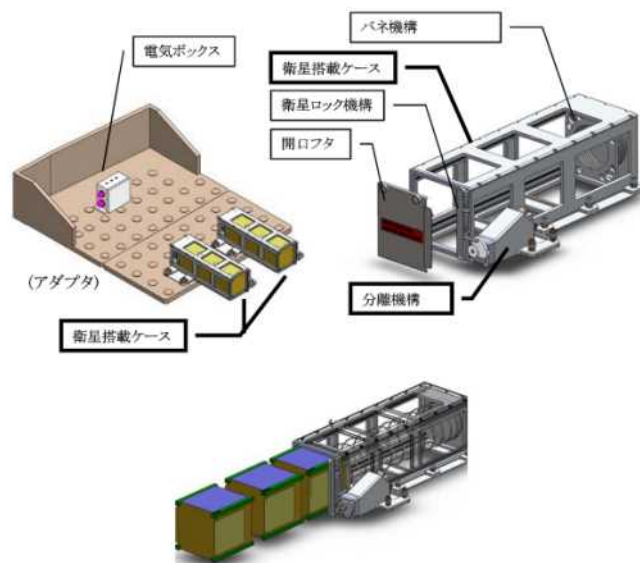


図4.1.1-23 小型衛星放出機構(J-SSOD)(右上)と、
親アーム先端取付型実験プラットフォーム(MPEP)(左上)

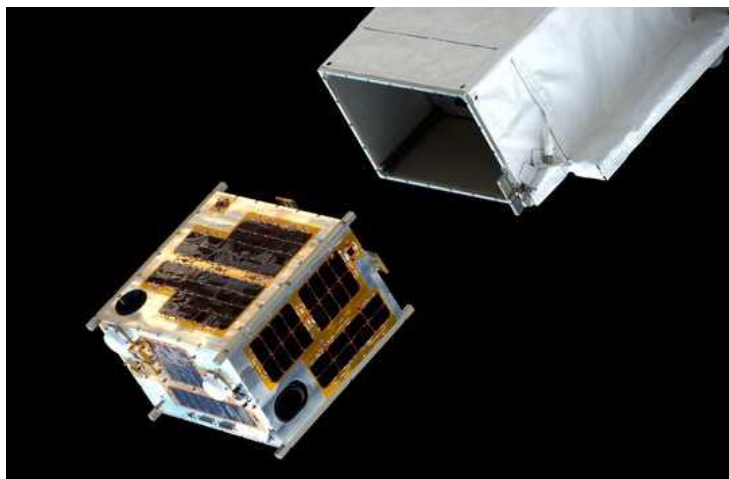


図4.1.1-24 【参考】J-SSOD-M1から放出されたフィリピンの50kg級衛星DIWATA-1
https://twitter.com/astro_timpeake/status/725317159077969920

- ・フィリピン共和国 国産開発第1号となるDIWATA-1の「きぼう」からの放出成功 (2016/4/27)
(JAXA初となる50kg級超小型衛星の放出成功)
http://iss.jaxa.jp/kiboexp/news/20160427_diwata-1.html

超小型衛星

超小型衛星にもいろいろ種類がありますが、J-SSODを使って放出するのは CubeSat と呼ばれる 10cm 角の大きさの片手で持てるサイズの超小型衛星です。CubeSat は、サイズや仕様が国際的に決められており、10×10×10 cm サイズ(重量は 1.33kg 以下)のものを 1U、20×10×10 cm サイズのものを 2U、30×10×10 cm サイズのものを 3U と呼びます。CubeSat は、通常の衛星と比べると短期間で開発でき、費用も安いことから主に大学や企業などが教育や人材育成、技術実証などの目的で利用しています。

J-SSOD の衛星搭載ケース 1 台には、1U サイズであれば、3 機、2U と 1U サイズであれば 2 機、3U サイズであれば 1 機が搭載可能(すなわち、J-SSOD では一度に最大 6U まで搭載可能)で、バネの力で放出します。

JAXA は J-SSOD から放出できる衛星数を増やす予定であり、最大 12U までの CubeSat を放出できるようにする予定です(図 4.1.1-27 参照)。その他 50kg 級の少し大きな超小型衛星も放出できるよう J-SSOD M という放出機構も開発しました。



図 4.1.1-25 CubeSat (星出宇宙飛行士が手に持っているのが 1U サイズの CubeSat)

http://iss.jaxa.jp/library/photo/20120125_hoshide_2.php



図 4.1.1-26 NanoRacks 社の CubeSat 放出機構を設置する若田宇宙飛行士
これを使えば、3U サイズの CubeSat が 16 機(48U に対応)放出できます。

<http://iss.jaxa.jp/library/photo/iss038e053269.php>

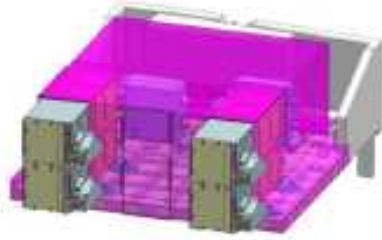


図 4.1.1-27 計 12U までの CubeSat を放出できるように改良した J-SSOD のイメージ図

【参考】ISSから続々と放出されている超小型衛星

「きぼう」を利用した超小型衛星の放出は2012年10月4日に初めて行われましたが、その後、アメリカの企業を中心に超小型衛星の放出ニーズが非常に高まり、米国の NanoRacks社が開発したNRCS(NanoRacks CubeSat Deployer)を使えば3Uサイズの CubeSatを16機も放出できるため、2016年6月末の時点で計139機の放出を終えています(2015年10月6日に100機目を放出)。Planet Labs社の超小型地球観測衛星Flock-1(3Uサイズ)だけでも82機放出されています。これらの衛星はだいたい3から10ヶ月程度で大気圏に再突入しています(軽いものほど早く落下します)。

またCubeSatよりもやや大きな50kg級の超小型衛星の放出計画も増えてきており、米国は、NASAが開発したCyclops「サイクロプス」という放出機構を使って56cmの球体であるSpinsatを2014年11月に放出しています。また米国のNanoRacks社もKaberという50kg級衛星とCubeSatの両方を放出できる機構を開発しました。

JAXAも50kg級の超小型衛星を放出可能な放出機構J-SSOD Mを開発しており、2016年4月27日に50kg級の超小型衛星(フィリピンのDiwata-1)を放出しました。

表 4.1.1-2 2016 年度に J-SSOD から放出予定の超小型衛星 (有償枠組み分)

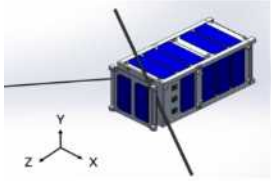
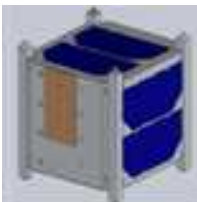
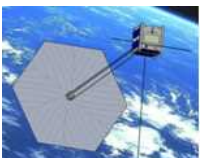
衛星名	あおば [2U サイズ]	UbatubaSat
外観		
機関	九州工業大学	ブラジル Ubatuba 市の Tancredo 小学校 (ブラジル国立宇宙研究所(INPE)が支援)
ミッション	・PPT(Pulsed Plasma Thruster)実証および性能評価	ブラジル Ubatuba 市の小学生 360 名が参加し、市販の Tubesat キットの組立・統合・テスト等を行うプロジェクト。小学校内でコンテストを行い、選定されたメッセージを衛星から地上へ送信。

表 4.1.1-3 2016 年度に J-SSOD から放出予定の超小型衛星（無償枠組み分）
（JAXA 公募衛星 5 機、計 8U サイズ）

衛星名	EGG [3U サイズ]	ITF-2 [1U]	STARS-C [2U]	FREEDOM [1U]	WASEDA-SAT 3 [1U]
外観					
機関	東京大学	筑波大学	静岡大学	(株)中島田鉄工所	早稲田大学
ミッション	・トラス状インフレーション構造の展開実証 ・イリジウム衛星通信と GPS の位置特定システム実験 ・インフレーション構造の大気抵抗による軌道崩壊実証	・衛星データを用いたネットワークの構築 ・超小型アンテナの動作実証 ・新型マイコンの動作実証	・人工衛星によるテザー伸展方式の技術実証	・膜展開式軌道離脱装置の宇宙実証	・LCD によるアクティブ熱制御機構の軌道上実証 ・デオービットシステムの実証 ・薄膜太陽光電池による発電実証

(17) 中型曝露実験アダプタ／次世代ハイビジョンカメラ技術実(i-SEEP/HDTV2)

中型曝露実験アダプタ(IVA-replaceable Small Exposed Experiment Platform: i-SEEP) (別名EFUアダプター)は、従来、船外実験プラットフォームの実験ポートに設置していた大型の実験装置を小型の実験装置を2台搭載するタイプにし、「きぼう」のエアロックを使って船内で実験装置の交換ができる設計としたものです。重量300kgまでの実験装置を2個まで搭載でき、実験装置へは電力と通信、熱制御用の冷媒を供給できます。i-SEEP は2015年12月にシグナス補給船OA-4に搭載されてISSに運ばれ、2016年4月にエアロックとロボットアーム操作により、船外の実験ポートに結合し、機能検証を行いました(図4.1.1-33を参照)。

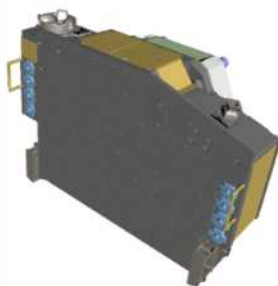


図4.1.1-28 中型曝露実験アダプタ(i-SEEP)のイメージ図

今後の計画としては、以前、船外に設置していたハイビジョンカメラの後継機(HDTV2)を打ち上げ、i-SEEPに取り付けたのち、地上から遠隔操作により地球の状況(災害状況、夜間の撮影など)を随時撮影できるようにします。また、実用化を目指した宇宙用機器などの技術実証機械として、i-SEEPを活用していく計画です。

(18) 簡易曝露実験装置(ExHAM)を用いたミッション (継続実施中)

「きぼう」日本実験棟では、簡易曝露実験装置(ExHAM)「エクスハム」を利用する事により、宇宙の曝露環境を利用する実験サンプルを「きぼう」船外に取り付けることが可能です。このために開発された簡易曝露実験装置(ExHAM)は、上面にロボットアーム(子アーム)用のツールフィクスチャ(把持部)を、下面に「きぼう」船外のハンドレール(手すり)への取付け部を備えた直方体の機構で、上面に7個、側面に13個の実験サンプルを搭載できます。宇宙空間への曝露期間は、半年、1年、2年など設定した後、地上への回収が可能です。<http://iss.jaxa.jp/kiboexp/equipment/ef/exham/>

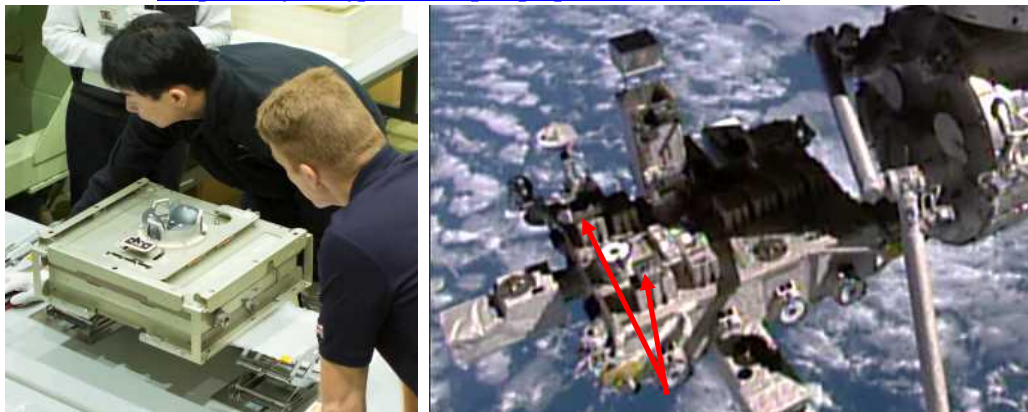


図 4.1.1-29 ExHAM 本体(左)と ExHAM の設置場所(JAXA)

ExHAM の 1 基目は、ATV-5 で軌道の上に運ばれ、サンプルを取り付けた後、2015 年 5 月 26 日に船外へ設置され、2016 年 6 月には、1 年間の長期曝露を終えたサンプルが「きぼう」船内に収納され、地上への回収準備を開始するとともに、新たなサンプルに入れ替えての実験が始まっています。

(サンプルは当初、Orb-3 で打上げられましたが、アンタレスロケットの打上げ失敗により失われたため、SpX-6 で以下の試料が運ばれました。)

- 有機物・微生物の宇宙曝露と宇宙塵・微生物の捕集(たんぽぽ) (→次ページ参照)
- 宇宙応用を目指した先端材料宇宙環境曝露実験(CNT)
- 炭素質ナノ粒子の宇宙風化と星間有機物進化の実証研究(QCC)
- 超低高度衛星技術試験機(SLATS)搭載材料劣化モニタ 2(MDM2)
- PEEK 及び PFA 材料の宇宙環境曝露試験(PEEK)
- ターゲットマーカ代替品の宇宙実証(ArrayMark)

CNT, QCC, PEEK の実験意義については以下を参照下さい。

- ・「きぼう」利用 簡易曝露実験装置(ExHAM)利用テーマの選定結果について (2015/4/24)

http://iss.jaxa.jp/kiboexp/participation/application/exham_selelected_2014.html

ArrayMark については以下を参照下さい。

- ・JAXA 研究開発本部広報誌 宇宙開発最前線! Vol.5

<http://www.ard.jaxa.jp/publication/pamphlets/pdf/saizensen5.pdf>

2 基目の ExHAM は「こうのとりのり」5 号機で運ばれ、以下の実験サンプルが取り付けられて、2015 年 11 月 11 日に船外に設置されました。

- 次世代ソーラーセイルに向けた高機能薄膜デバイスの宇宙環境影響評価 (Solar Sail)
- 軽量かつ高精度な反射鏡の宇宙環境影響評価 (CFRP Mirror)
- 有機物・微生物の宇宙曝露と宇宙塵・微生物の捕集 (たんぽぽ)
- 宇宙応用を目指した先端材料宇宙環境曝露実験 (CNT)
- PEEK 及び PFA 材料の宇宙環境曝露試験 (PEEK)

【参考】船外で行われている「たんぽぽ」実験

「私達がISS滞在中に行われる予定の実験の中の一つに「たんぽぽ」宇宙空間の塵を捕まえて、含まれる有機物を分析するのは知っていましたが、地球から宇宙へ飛び出していく塵に含まれる微生物を捕らえるというアイデアには驚きました！」(2015年3月19日油井宇宙飛行士のTwitterより)

https://twitter.com/Astro_Kimiya/status/578739829757779968

→このたんぽぽ実験は、ExHAMに取り付けて行われています。

「たんぽぽ計画」では、地球微生物が地球低軌道に到達する可能性と、生命の原材料である有機物が生命誕生前の地球へ宇宙塵によってもたらされた可能性を調べるために、宇宙塵の捕集実験と、地球微生物や有機物の曝露実験を行います。エアロゲルが搭載された捕集装置は、約1年間宇宙に曝露され、ドラゴン補給船によって地上に回収されます。その後、新しいエアロゲルに交換し、これが3回繰り返されます。「たんぽぽ計画」には、東京薬科大学、JAXAや千葉大学をはじめ、日本全国26の大学や研究機関の研究者が参加しています。

<http://www.chiba-u.ac.jp/general/publicity/press/pdf/2015/20150413.pdf>



図4.1.1-30 千葉大学が開発した「たんぽぽ計画」用の低密度エアロゲル (千葉大)

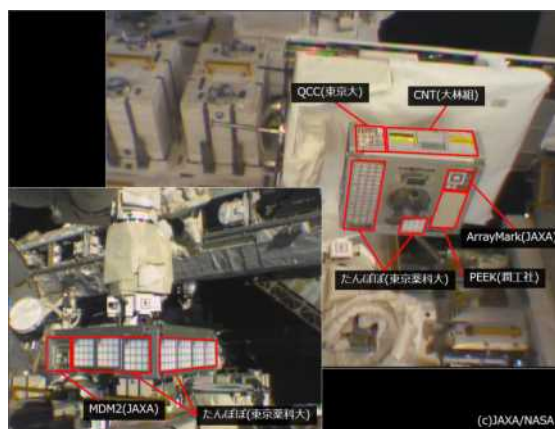


図4.1.1-31 船外に設置された1つ目の簡易曝露実験装置 (ExHAM) 設置時の写真

http://iss.jaxa.jp/kiboexp/news/images/150527_exham_sample.jpg

(19) 高エネルギー電子・ガンマ線観測装置(CALET) (継続実施中)

高エネルギー電子・ガンマ線観測装置キャレット(CALorimetric Electron Telescope: CALET)は、「こうのとり」5号機で打上げられて「きぼう」船外実験プラットフォームに設置されました。CALETが解明を目指すものは、①高エネルギー宇宙線・ガンマ線の起源と加速のしくみ、②宇宙線が銀河内を伝わるしくみ、③高エネルギー電子、ガンマ線の観測による暗黒物質の正体などです。

CALETは、最新の検出・電子技術を用いた「カロリメータ」と呼ばれる装置を搭載し、宇宙を飛び交う粒子のエネルギー量とそれらの粒子の種類や飛来方向を測定します。この装置は気球実験を通じて開発されたもので、非常に高いエネルギーの電子やガンマ線、陽子・原子核成分を高精度で観測できます。またわれわれの銀河の外で、短時間に大量のガンマ線が観測されるガンマ線バーストと呼ばれる現象についても測定するほか、太陽活動の地球環境への影響についても調べます。観測は2～5年にわたって行われ、惑星間空間から銀河系外までの宇宙の広い領域で、高エネルギー宇宙現象の解明を目指します。<http://iss.jaxa.jp/kiboexp/equipment/ef/calet/>

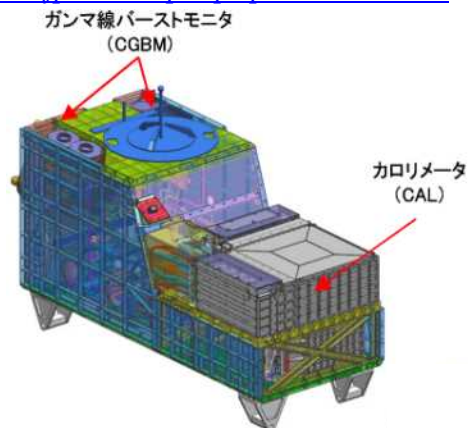


図 4.1.1-32 高エネルギー電子・ガンマ線観測装置(CALET) (JAXA)

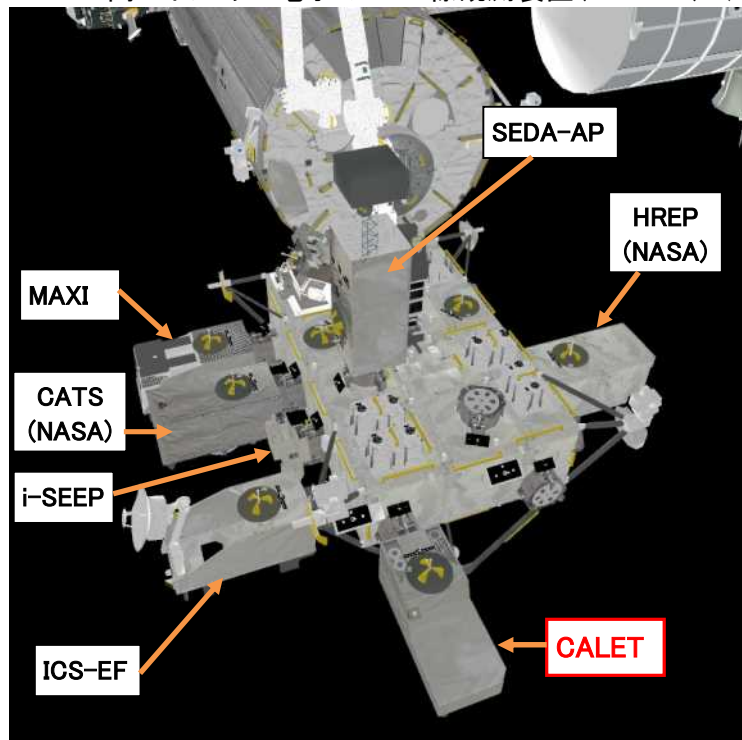


図4.1.1-33 CALETの設置場所 (JAXA)

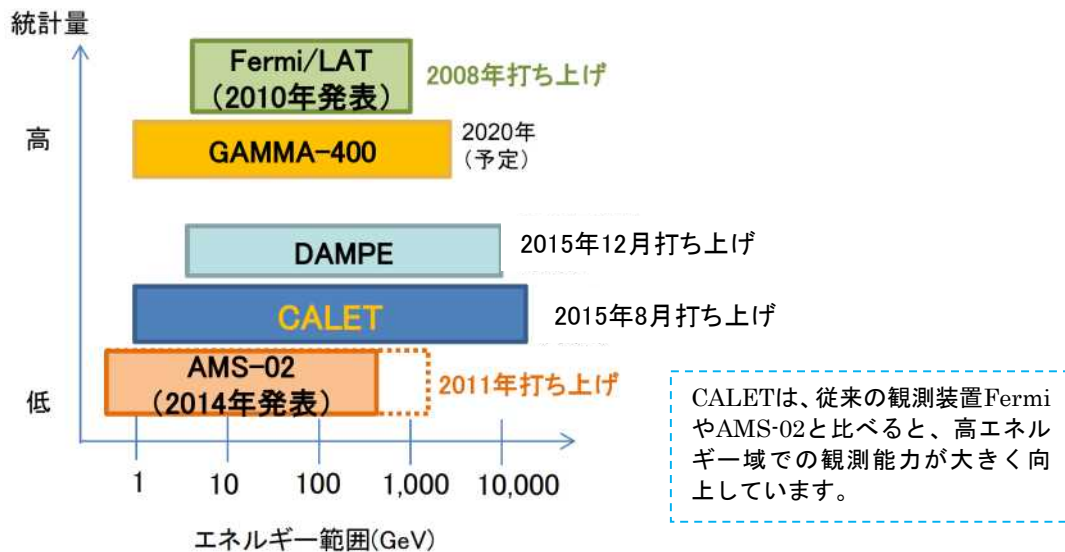


図4.1.1-34 CALETと他ミッションとの電子観測性能比較(JAXA)
(注: AMS-02もISSのトラスに設置されている観測装置です)

【参考】国際宇宙ステーション・「きぼう」日本実験棟搭載の高エネルギー電子、ガンマ線観測装置 (CALET)により、世界初のテラ電子ボルト (TeV) 領域の電子観測を開始 (2015年10月22日 JAXAプレスリリース) http://www.jaxa.jp/press/2015/10/20151022_calet_j.html

【参考】国際宇宙ステーション「きぼう」に搭載したCALETで電子の“集中豪雨”を観測 (2016年5月18日 JAXA) http://iss.jaxa.jp/kiboexp/news/20160518_calet.html

(20)全天X線監視装置(MAXI) (継続実施中)

「きぼう」船外実験プラットフォームに取り付けられたMAXIには、X線CCDカメラを用いたソリッドステートスリットカメラと、ガス比例計数管を用いたガススリットカメラの2種類のカメラが搭載されています。世界最大の広視野X線カメラを搭載するMAXIにより、全天のX線天体を観測することで、宇宙の大規模構造が明らかになることが期待されています。

<http://iss.jaxa.jp/kiboexp/equipment/ef/maxi/>

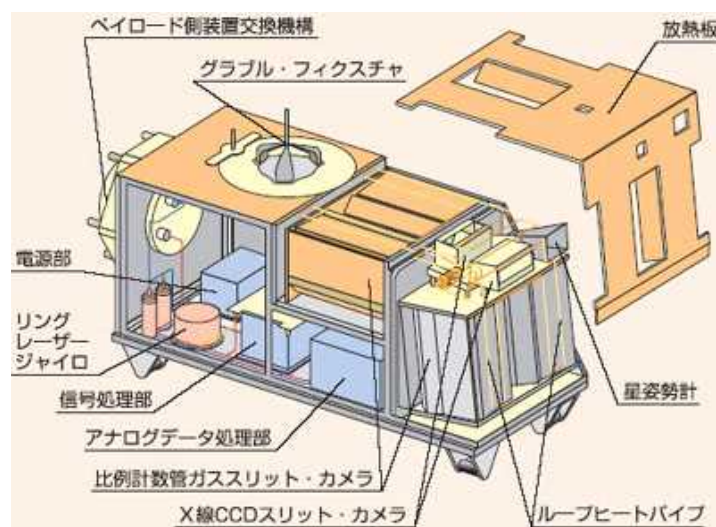


図4.1.1-35 MAXIの内部構造 (JAXA)

(21) 宇宙環境計測ミッション装置 (SEDA-AP) (継続実施中)

宇宙環境計測ミッション装置 (SEDA-AP) は、宇宙での様々な環境を計測する各種センサ／計測装置を搭載した観測実験装置です。

SEDA-APは、以下の各種センサ／計測装置を搭載し、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、ダスト)の定量的計測や材料曝露実験、電子部品評価実験を行い、宇宙環境が部品材料に与える影響を調べます。

- 中性子モニタ (NEM: Neutron Monitor)

中性子は電氣的に中性なため透過力が強く、人体に非常に有害な放射線です。中性子モニタは、その中性子をリアルタイムで計測します。

- 重イオン計測装置 (HIT: Heavy Ion Telescope)

電子部品の誤動作や破損の原因のひとつである重イオン (Li~Fe) の粒子別エネルギー分布を計測します。

- プラズマ計測装置 (PLAM: Plasma Monitor)

宇宙機の帯電や放電の原因となる宇宙空間プラズマの密度と電子温度を計測します。

- 高エネルギー軽粒子モニタ (SDOM: Standard Dose Monitor)

部品材料の劣化や電子部品の誤動作等の原因となる電子、陽子、α線等の高エネルギー軽粒子の粒子別エネルギー分布を計測します。

- 原子状酸素モニタ (AOM: Atomic Oxygen Monitor)

原子状酸素は、熱制御材や塗料を劣化させ、ISSの熱制御に悪影響を及ぼします。原子状酸素モニタは、ISSが周回する軌道の原子状酸素の量を測定します。

- 電子部品評価装置 (EDEE: Electronic Device Evaluation Equipment)

「きぼう」で使用される電子部品の宇宙放射線によるシングルイベント現象(宇宙放射線の粒子が入射することにより電子部品の回路に一時的な誤動作や永久的な損傷が生じる現象)や劣化を計測します。

- 微小粒子捕獲実験装置 (MPAC: Micro-Particles Capturer)

ISSの軌道に存在する微小な粒子を捕獲する装置で、地上へ回収後、捕獲粒子の大きさ、組成、衝突エネルギー等を評価します。(STS-131で回収済み)

- 材料曝露実験装置 (SEED: Space Environment Exposure Device)

宇宙用材料(熱制御材料・固体潤滑剤等)を宇宙環境に直接曝す装置です。地上へ回収後、宇宙放射線や原子状酸素等、宇宙環境の影響による宇宙用材料の劣化状況を評価します。(STS-131で回収済み)

取得された宇宙環境データは、宇宙機器設計の基礎データとして利用されるほか、関連する科学研究やISSの運用、宇宙天気予報(太陽活動の変化の予報)などにも利用される予定です。

http://iss.jaxa.jp/kiboexp/equipment/ef/seda_ap/

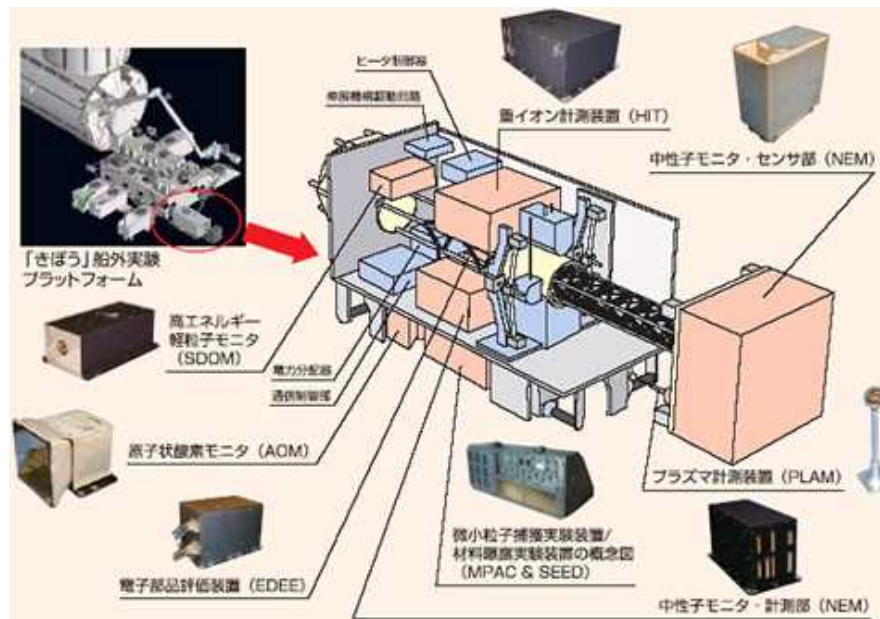


図4.1.1-36 SEDA-APの内部構造 (JAXA)

(22) アジアの小規模植物成長観察実験2016 (Asian Herb in Space (AHiS))

実施予定時期: 2016年後半～(HTV6で運搬)

「アジアの種子 (Space Seeds for Asian Future (SSAF))」は、アジア・太平洋地域宇宙機関会議 (Asia-Pacific Regional Space Agency Forum: APRSAF) から生まれた「Kibo-ABC」イニシアチブのプログラムのひとつで、「きぼう」の利用に対する理解を促進すると共に、「きぼう」の利用経験を積んでもらうことを目的としています。また、アジア太平洋地域の子供や学生に宇宙実験や微小重力環境を含む宇宙環境について学ぶ機会を提供するために行われています。

第1回目の「アジアの種子2010-2011」では、「きぼう」から地上に戻った宇宙の種をアジアの4か国 (インドネシア、マレーシア、タイ、ベトナム) の1000人以上の学生が育てました。

第2回目の「アジアの種子2013」では、アジア原産種の種子 (アズキ種子) を「きぼう」で育成させ、参加者は地上との育成比較を行いました。

第3回目となる「SSAF 2016/AHiS」では、「きぼう」でのハーブの種 (日本のスイートバジル、マレーシアのホーリーバジル) を「きぼう」で1か月ほど生育させた後、凍結して回収し、解析実験を行う予定です。

http://iss.jaxa.jp/en/kuoa/news/160229_ahis_ssaf2016.html (英文ページ)

【参考】きぼうでこれまでに行われた実験の成果は、「きぼう」利用成果レポート2014
—宇宙で得られた成果— にまとめて公開していますのでご利用ください。
<http://iss.jaxa.jp/kiboresults/utilization/>



宇宙実験の成果はなかなか出てこないと言われますが、油井宇宙飛行士のTwitterへの書き込みから、その理由が分かるかと思います。

「私の体を使ったデータ取得は、飛行後3ヶ月、6ヶ月、1年、2年と続きます。私のミッションの終わりは、まだまだ先になりそうです。また、軌道上で実施した実験が論文になるには3年位、新薬を一般の患者さんが使うようになるには20年程かかる事もあります。諦めが早いと何も成し遂げられませんか。」(2016年2月18日)
https://twitter.com/Astro_Kimiya/status/700527074621042689



4.1.2 NASA/ESAの実験（以下は大西宇宙飛行士が訓練やデータ取得を行った主な物を示していますが、変更になる場合もあります）

①Fluid Shifts(体液シフト)実験

これはNASAだけでなく、ロシアとも協力して研究しているテーマで、大西宇宙飛行士が担当する宇宙実験の中でもかなり大掛かり、かつ費やす時間も長い実験です。

そうして得られた知見を、今後の長期滞在だけではなく将来のISSより先を目指す宇宙探査に生かしていこうという狙いです。無重力状態によって私たちの体内の液体（血液など）が身体の上半身へ移動（シフト）することによる様々な症状・影響を、色々な側面から調べようというものです。

その色々な側面の1つ、脳圧（頭蓋内圧）の測定には、ヘッドセット型の装置を使用します。耳に差し込んだイヤフォンから耳に圧力が加えられ、それによって鼓膜がどう動くかを測定します。鼓膜の内外の圧力が等しい時に鼓膜はどちらにも偏らずに平らになるので、その時のイヤフォンにかかっている圧力から、鼓膜内の圧力、ひいては脳圧がわかるというものです。その他、MRI検査や血圧測定など様々なデータの取得が行われます。軌道上でも下半身陰圧負荷装置を使って下半身へ血流を戻した状態で超音波検査を行うなども行います。

<https://plus.google.com/101922061219949719231/posts/X4dw8wbMZkr>

<https://plus.google.com/101922061219949719231/posts/2MJBfBBQAOd>

・NASAのFluid Shiftの解説ページ

http://www.nasa.gov/mission_pages/station/research/experiments/1257.html



図4.1.2-1 下半身陰圧負荷装置を装着した状態で眼球の超音波検査を行う様子

http://www.nasa.gov/mission_pages/station/research/experiments/iss045e015549.jpg

大西宇宙飛行士がFluid Shifts(体液シフト)実験に関して紹介したGoogle+への投稿(2016年3月19日)

<https://plus.google.com/101922061219949719231/posts/djP2KMKATBR>

今日の午前中は、4時間半にわたってこの実験の基礎データ取得が行われました。私が参加する予定の医学実験の中でも恐らく最も大規模な実験だけあって、地上でのデータ取りもそれはそれは大変でした。体中にセンサーや電極をつけられて、腕にはカテーテルを挿入されて血液をサンプルされ、体液を追跡するためのトレーサーとして塩水を飲まされました。3時間後、5時間後にそれぞれ唾液と尿のサンプルを採取されたので、そこでこの塩水の成分がどの程度出てくるかで体の中の体液の収支を知ることが出来るでしょう。

座った状態、ベッドに寝た状態、ベッドを15度足の方を高く傾けた状態、さらにその状態からロシアのCHIBIS(チービス)という下半身に負圧をかける機器を装着した状態の、4つの状態でテストが行われました。

CHIBISについては、こちらをどうぞ。

<https://plus.google.com/101922061219949719231/posts/7dKHNB3Y3NHK>

そのそれぞれの状態で、頭蓋内圧の推定や眼球のCTスキャン、心臓・頸部・目の周辺の超音波検査などが行われます。

② ESAの宇宙医学実験「Airway Monitoring(エアウェイ・モニタリング)」

<https://plus.google.com/101922061219949719231/posts/XvKUPsAFCmF>

宇宙医学実験のAirway Monitoring(エアウェイ・モニタリング)という実験はかなり大掛かりな実験です。

一酸化窒素(NO)という気体は、肺が炎症を起こしている時に多く発生するという特徴があるので、ホコリや塵が無重力で漂っている宇宙空間では、肺がそれらによって炎症を起こしていないかなどを調べる指標として使える可能性があります。

この実験では、呼気に含まれるNOの量と、血液に溶け込むNOの量を、通常の気圧下やそれより低い気圧下で測定することにより、それらの外的要因がNOの量にどのような影響を及ぼすかを調べ、将来の宇宙ミッションで気道の健康状態を知る為に役立てようというわけです。

この実験が大掛かりなのは、通常より低い気圧下での測定をするために、エアロックを実際に減圧して実験を行うからです。

機器のセットアップや減圧、NO測定などでほぼ1日がかかりになる実験です。

・NASAのAirway Monitoring実験解説ページ

http://www.nasa.gov/mission_pages/station/research/experiments/1172.html

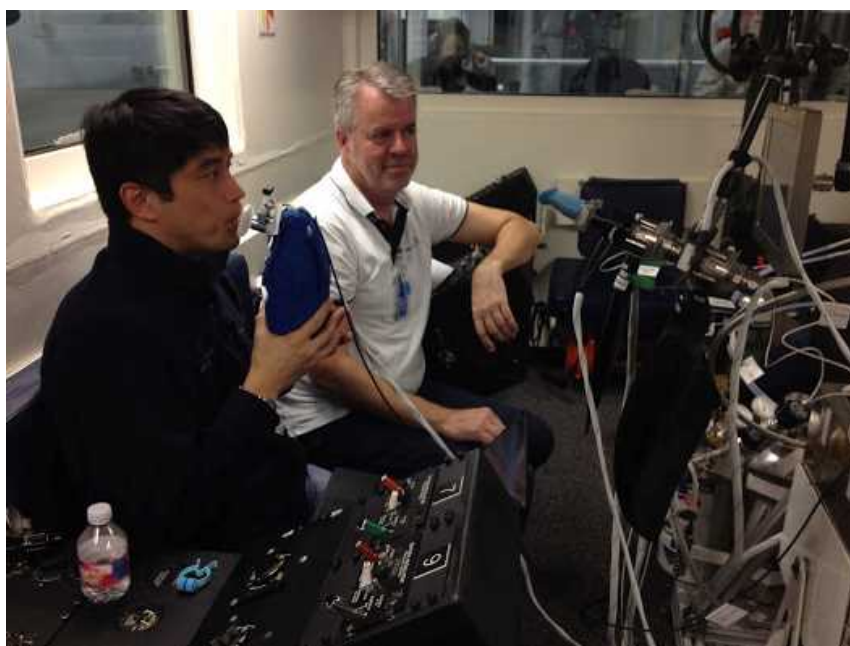


図4.1.2-2 Airway Monitoring実験のデータ取得を行う大西宇宙飛行士

Airway Monitoring実験ではマウスピースに口をつけ、肺の中の息を全て吐き出した後、思いっきり肺一杯に息を吸い込み、それを吐き出す

<https://plus.google.com/101922061219949719231/posts/2aqAWU42wat>

③ ESAの「Straight Ahead」実験

<https://plus.google.com/101922061219949719231/posts/NUyhFEr668D>

Straight Aheadというのは日本語に訳すと「真っすぐ」という意味なのですが、その実験名が示す通り、この実験は人間の空間内における水平・垂直方向を認識する能力について調べる研究です。

データ取りでは、写真のような前後左右に傾けることが出来る椅子に座って、色々な状況で自分が「水平・垂直だと思う方向」に視線を動かしたり、指でその方向を示したりしていきます。色々な状況というのは、視覚と重力が両方使える状況や、目隠しをして重力だけを頼りにする状況などです。それに加えて、身体を傾けられるので、例えば目隠しをして身体を傾けられると、結構これが難しいのです。

・NASAのStraight Ahead実験解説ページ

http://www.nasa.gov/mission_pages/station/research/experiments/1793.html



図4.1.2-3 Straight Ahead実験のデータ取得を行う大西宇宙飛行士

<https://plus.google.com/101922061219949719231/posts/NUyhFEr668D>

Straight Ahead実験に関する大西宇宙飛行士のGoogle+への投稿(2016年3月15日)
目隠しをされた状態で脳内で目の前に物が置かれているのをイメージして、近くに焦点を合わせたり、遠くに焦点を合わせたり、言われたとおりにこなしていきます。目隠しをされているので、焦点を合わせるのも容易ではありません。一応自分では合わせているつもりなのですが、実際のところはどうなのでしょう。

身体を傾けられて、それが何度くらい傾いていると感じるのか回答したりもするのですが、何しろ正解を教えてくれないので、自分の感覚がどれくらいずれているのかわかりません。

<https://plus.google.com/101922061219949719231/posts/7zZdDQ5GnGv>

④ NASAのFine Motor Skills(ファインモータースキルズ)実験

<https://plus.google.com/101922061219949719231/posts/gDNvMFjtEAs>

長期滞在中に人間の手先の器用さ・精密な操作性がどのように変化するかを調べる実験です。それを知ることにより、これからのISS計画だけでなく、将来の宇宙探査計画において、タスクをより確実に実施できるような手順の作成、プランニングに生かそうというものです。ミッションを成功に導くには、まずそれを実行する人間の宇宙空間における特性の変化を理解しておくことが大切、というわけです。

実験にはタブレット端末にインストールされた専用アプリを使用します。

手先の器用さ、正確さ、敏捷性などが要求される何種類かのタスクを画面上でこなしていきます。自分の指先で行うパターンと、ペンを使用して行うパターンの2つがあります。例えば、画面に描かれた円や四角形を、なるべく正確に、かつ迅速になぞっていくタスクや、円形に配置された無数のボックスを一定のパターンに従って順番にタッチしていくタスクなどがあります。

これを地上でデータ取得した結果と軌道上での結果とを比較します。

・NASAのFine Motor Skills実験解説ページ

http://www.nasa.gov/mission_pages/station/research/experiments/1767.html

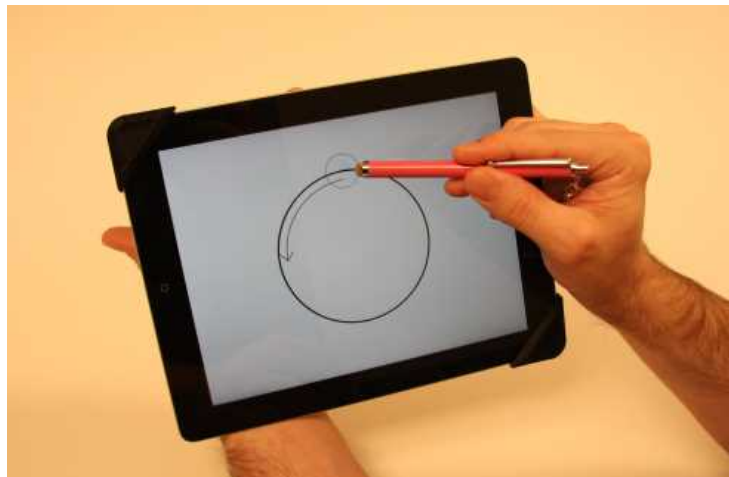


図4.1.2-4 Fine Motor Skills実験のタスクのひとつ「円をなぞる」(NASA)

http://www.nasa.gov/mission_pages/station/research/experiments/IMG_3668.jpg

⑤ ESAのCircadian Rhythms(サーケイディアン・リズム)実験

<https://plus.google.com/101922061219949719231/posts/2KgJQvMgWew>

人間の「体内時計」というものが、宇宙空間でどのような影響を受けるかを調べる研究です。ISSは90分で地球を1周するスピードで回っていますので、地上の昼と夜が90分に1回訪れます。この地上と異なる日照周期が、宇宙飛行士の体内時計の調整に影響を及ぼすのではないかと、という仮説の元に始まった研究です。

地上での基礎データ取得では、額と胸に取り付けたセンサーで体温をモニターし、腕に巻いた記憶装置に常時記録します。また、腕には睡眠や起床、日照の有無などを感知する時計型の装置を巻いて、これらのデータも記録されます。この状態で36時間データ取得が行われました。

・NASAのCircadian Rhythms実験解説ページ

http://www.nasa.gov/mission_pages/station/research/experiments/892.html



図4.1.2-5 Circadian Rhythms実験のデータ取得のためにセンサーと記録装置を装着した大西宇宙飛行士(36時間このまま計測)

<https://plus.google.com/101922061219949719231/posts/2KgJQvMgWew>

⑥ ESAのMuscle Biopsy(筋肉生検)実験

<https://plus.google.com/101922061219949719231/posts/LDFiMm4oT9B>

飛行前と後でそれぞれ足の筋肉のサンプルを採取して比較するという実験で、局所麻酔を施されて、ふくらはぎと太ももの2か所から筋肉を採取されました。麻酔をしているので採取される瞬間は特に痛みはないのですが、しばらくして麻酔が切れると、歩くたびに痛いのでなかなか不自由です。局所的な激しい筋肉痛みたいな感じです。

・NASAのMuscle Biopsy実験解説ページ

http://www.nasa.gov/mission_pages/station/research/experiments/1342.html

⑦ カナダ宇宙庁(CSA)のVascular Echo(ヴァスキュラー・エコー)実験

<https://plus.google.com/101922061219949719231/posts/NbsuVtRfhog>

この実験では、具体的には血液の流れが作り出す音をドップラー測定器で拾い、音の周波数の変化から、血流がどのように変化するか把握します。

このVascular Echoの前にCSAが実施した別の実験で、宇宙飛行士が宇宙に滞在する間、動脈が硬化することがわかっています。

地上で普通に生活していると、年齢をかさねるに従って同じ現象が起きますが、約6か月の宇宙滞在では、なんと地上の約30歳分(!)に相当するスピードで進行します。このように無重力での生活が、人間の心肺機能、血液系に及ぼす影響について調べるのがこの実験の目的です。

・NASAのVascular Echo実験解説ページ

http://www.nasa.gov/mission_pages/station/research/experiments/1921.html

⑧ NASAの宇宙医学系実験Cardio Ox

<https://plus.google.com/101922061219949719231/posts/K9SvS7yqGSA>

<https://plus.google.com/101922061219949719231/posts/MdH5Rbss2fp>

48時間蓄尿検査も、実はこの研究のデータになります。

長期滞在中、もしくは後の宇宙飛行士の生体指標とアテローム性動脈硬化の間の因果関係を調べる研究だそうです。

もっとざっくり言ってしまうと、長期滞在が心臓血管に与えるリスクに関する研究ということでしょう。

ISSでの滞在中は、私自身もしくはクルーだけで超音波検査を行う必要があります。

・NASAのCardio Ox実験解説ページ

http://www.nasa.gov/mission_pages/station/research/experiments/931.html

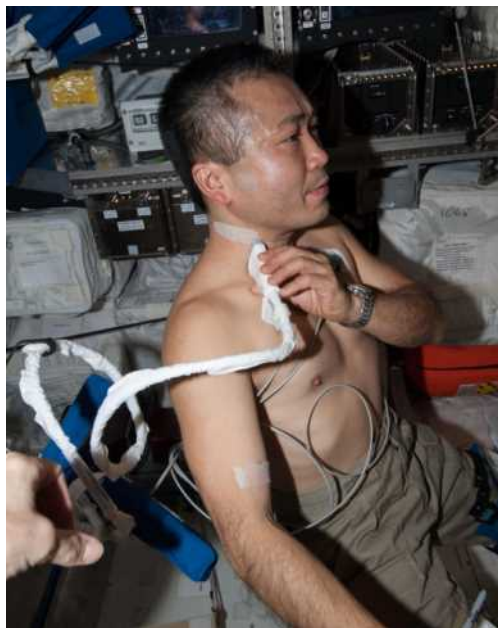


図4.1.2-6 Cardio Ox実験の超音波検査を行う若田宇宙飛行士(NASA)

http://www.nasa.gov/mission_pages/station/research/experiments/iss038e004626.jpg

⑨ ESAの ENERGY(エナジー)医学実験

<https://plus.google.com/101922061219949719231/posts/5dUMjz486uM>

<https://plus.google.com/101922061219949719231/posts/77gwGFzdYDj>

<https://plus.google.com/101922061219949719231/posts/B9ZKueDQBZN>

<https://plus.google.com/101922061219949719231/posts/VDYhpsSVrpA>

<https://plus.google.com/101922061219949719231/posts/WYZkGesxVXp>

この実験は、私たち宇宙飛行士の体のエネルギー代謝が、地上と宇宙とでどのように変化するかを調べ、将来の宇宙ミッションでより効率的なエネルギー補給、宇宙食の選定を実現し、宇宙飛行士の健康維持、引いてはミッションの成功に繋げようというものです。

これまでに9人の宇宙飛行士が参加し、私が最後の10人目となるそうです。

ESAから支給された食事を摂取することになります。

私たちが1日に消費するエネルギーは、以下の3つに分けられるそうです。

- (1) 安静時の新陳代謝により消費されるエネルギー
- (2) 運動により消費されるエネルギー
- (3) 食事の消化・吸収のために消費されるエネルギー

この実験の大きな目的の1つが、これらのエネルギー量が地上と宇宙での長期滞在時でどのように変化するかを定量的に比較することです。

意外と、10日間アームバンドを装着しっぱなしというのが、小さなストレスになっています。

朝から数えて2回目と3回目のトイレでそれぞれ採尿をしました。

その間はきっちりと1時間空けるように言われていましたので、忘れないように目覚まし時計をセットしておきました。きっちりと1時間というのは、恐らくその1時間で尿となって排出される水素と酸素の同位体の量を見たいのでしょうね。

10日間の食事記録を作成して、今回の基礎データ取得も終わりです。食事はほとんど写真に撮ってあるので、そういう場合は写真を担当者に送るだけで良いことになっています。市販の飲食物を消費した場合は、そのカロリー数や栄養バランスなどが記載されたラベルも一緒に写真に収めてあります。

実際に宇宙ステーションに行って90日以上が経過した段階で、今回の基礎データ取得と全く同じことをやることになっています。

体重を測定した後、特殊な「水」を規定量飲みます。この水は、2種類の同位体を含む水で、Doubly labeled waterと呼ばれています。質量数2の水素の同位体（重水素）と質量数18の酸素の同位体がこの水に含まれています。

これは何に使われるかというと、身体の中に取り込まれた水分が体外に排出される過程を調べるのに用いられます。

水分が体外に排出されるには、尿という形と、あとは汗や皮膚から蒸発していく水分、呼吸に含まれる水分などがありますが、何でもこれらの水素と酸素の同位体は、排出されるルートが限定されるため、尿検査などでこれらの量を調べてやることにより、身体の中で行われるエネルギー代謝を計ることができるそうです。

横になっている間は、写真のような装置を付けて、呼吸で取り込まれる酸素量、排出される二酸化炭素量を測定します。

メニューの試食・選定が行われました。全部で17種類の缶詰の宇宙食を試食して、10点満点で見た目や風味、おいしさなどの項目を評価していきます。

「ESAの宇宙食は、ミシュラン常連のフランスの有名シェフが担当しているんだ」という担当者の一言で、俄然やる気も湧いてきます(オイ)

・NASAのEnergy実験解説ページ

http://www.nasa.gov/mission_pages/station/research/experiments/397.html



図4.1.2-7 Energy実験に使われるESAの宇宙食

http://www.nasa.gov/mission_pages/station/research/experiments/iss031e031822.jpg



図4.1.2-8 Energy実験で呼吸で取り込まれる酸素量、排出される二酸化炭素量を測定する星出宇宙飛行士

<http://iss.jaxa.jp/library/photo/iss033e010010.php>

⑩ Ocular Health実験 (Prospective Observational Study of Ocular Health in ISS Crews)

これは2013年から開始された新しい実験で、現在、この眼の問題がホットな研究テーマとなっており説明が急がれています。微小重力環境では体液シフトの影響で頭蓋内の圧力が上昇する影響により、視野がぼける、眼圧の上昇、網膜の膨張などの問題がクルーの間から報告されています。超音波検査、眼底検査、眼圧測定、血圧測定、映像による確認などを行って、まずはデータを集めて何がこの問題を引き起こしているかを解明していき、帰還後の回復に役立てるようにしていきます。

http://www.nasa.gov/mission_pages/station/research/experiments/204.html



図4.1.2-9 眼底検査(左)、眼圧測定(右)を行う様子

http://www.nasa.gov/mission_pages/station/research/experiments/204.html



図4.1.2-10 眼球を超音波検査する星出宇宙飛行士

https://www.nasa.gov/sites/default/files/thumbnails/image/edu_aki_hoshide.jpg

大西宇宙飛行士がトノメーターを使った眼圧の計測訓練の様子をGoogle+で紹介しています。ボランティアの方に対して、目の瞳孔の部分（目の黒いところ）を6～7回ツンツンと突っついて圧力を測定する訓練です。

<https://plus.google.com/101922061219949719231/posts/6xErG3VCbjb>

【参考】ISSに滞在する宇宙飛行士が報告している視覚の問題

ISSミッションクルーの約20%で眼の焦点の調整がうまくいかない症状 VIIP(visual impairment and intracranial pressure syndrome)が報告されており、2011年ごろから話題に出るようになりました。これは無重量環境で生じる流体シフト(心臓に近い頭への血流が増加する)により、頭蓋内の圧力が増加する影響で引き起こされる機能障害とされています。

眼圧をトノメトリーを使って定期的に測定し、超音波装置による眼のスキャンも行われています。2015年に実施した1年間の宇宙滞在ミッションでは初めて、ロシアの下半身陰圧負荷装置を軌道上で使って流体シフトを打ち消し、視覚に変化が出るかを確認しました。

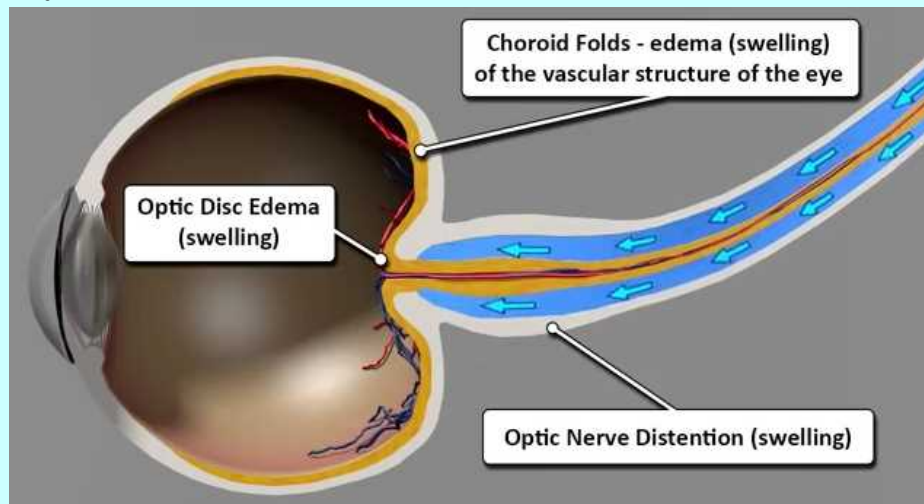


図 4.1.2-11 Vision Changes in Space (2014 年 2 月 NASA の動画より)
Swelling(腫れ)、edema(浮腫)、distention(膨張)、Choroid fold(脈絡膜のしわ)
<https://www.youtube.com/watch?v=A7bFzviLgTQ>

⑪ Functional Task Test 実験 (Physiological Factors Contributing to Postflight Changes in Functional Performance)

宇宙飛行を行うと心臓血管系、感覚運動系などの生理系に変化が生じますが、このような状態だと惑星に着陸した直後に行う重要な作業に影響を及ぼすことが考えられます。このため、打上げ前と帰還後に試験を行って、体にどのような影響が生じるのかを調べます(軌道上では実験しません)。試験項目には、はしご上り、ハッチを開ける操作、飛び降りる動作、手動操作や工具の使用、座席からの脱出、障害物の回避、繊細な作業の試験など、身体機能や運動能力の確認が行われます。

http://www.nasa.gov/mission_pages/station/research/experiments/126.html



図4.1.2-12 体性感覚の変化を調べる実験を行う大西宇宙飛行士
<https://plus.google.com/101922061219949719231/posts/6xErG3VCbjb>

体性感覚が宇宙飛行の前・後でどう変化するか調べるため、足で立つ基部が傾いたり動いたりする検査装置を使い、頭を前後に傾ける動作をしながら、体のぐらつきをデータとして取得している所です。打上げ2ヶ月前と着陸数日後にも同様な検査を行います。
若田宇宙飛行士のTwitterより

https://twitter.com/Astro_Wakata/status/318958218976043009/photo/1

(右の写真は装置の全景: [Luca Parmitano](#)のFace bookより)
<https://www.flickr.com/photos/volaremission/10855645266/>

大西宇宙飛行士のGoogle+への投稿より

平衡感覚・バランス感覚能力を測定されました。これは可動式の足場の上に立って、どれだけ安定して姿勢を保ち続けることができるかを調べるテストです。
腕は胸元で組んで、顔は正面を向いて壁に開いた穴を見つめます。
指示に従って、目を閉じたり開いたり、首を上下に振ったりしている間に、足元の床が前後に動いたり前後に傾いたりします。
当然、姿勢がそこで乱されるわけですが、その際に体の挙動をセンサーで検知して、どの程度姿勢が乱れたか、どれだけ早く元の状態に戻ったか、などを点数化して能力を評価するようです。
まず、目が開いているか閉じているかで、全然変わってきます。
一番難しかったのは、目を閉じて、首を上下にゆっくりと動かしているあいだに足場を傾けられた時です。

<https://plus.google.com/101922061219949719231/posts/6xErG3VCbjb>

【参考】着陸後に実施されている長期飛行の影響評価試験（Functional Task Test実験）

ソユーズTMA-08M/34S帰還時に初めて行われた実験で、着陸直後のメディカルテント内で行なわれました。いくつかエクササイズ（椅子に座った状態から立ち上がる（宇宙船から出るための能力の確認）。横たわった状態から立ち上がり少しジャンプする等）を行ってもらい、クルーにコンディションはどうか？どのくらいできそうかを尋ねる実験です。火星着陸ではサポートしてもらえらるメディカルスタッフはいません。カプセル内で安静にしていることもできますが、いずれカプセルから出なければなりません。その場合に、いつなら安全に出られるかを知るためのデータ収集が必要になります。

将来の火星着陸では、帰還直後はバランス能力と体の能力が低下しているため、このように体を動かすことも難しくなります。

これまではコンセプトを確認するためのパイロット試験でしたが、2016年3月にISSに1年間滞在したクルーが帰還する際は貴重なデータが得られるため、本格的な実験に移行しました。また、着陸直後だけでなく、少し時間が経過した状態での評価試験も行われています。

この実験の様子は、以下のインタビュー記事で詳しく紹介されているため、参照下さい。

【参考】油井宇宙飛行士インタビュー① NASAも驚いた身体能力、その秘訣は？

（2016年3月 三菱電機DSPACEコラム）

http://www.mitsubishielectric.co.jp/me/dspace/column/c1603_1.html

油井：10項目あって、簡単なものから始めます。「気持ち悪くなったら言ってください」と言われ、気持ち悪いと言ったらその時点でテストは終わります。これまで全部できた宇宙飛行士はいなかったんです。

油井：これらの動きを着陸直後、2～3時間後、6時間後、というように飛行機がヒューストンに戻るまで着陸する空港ごとに行って、回復の度合いを見ていくんです。

油井：はい。一部を行った飛行士はいましたが全部やったのは世界で私が初めてでした。



図4.1.2-13 梯子の昇降能力を試す試験、トルクをかけて回転させる試験の例(NASA)

http://www.nasa.gov/mission_pages/station/research/experiments/126.html



図4.1.2-14 組み立て能力を確認する試験の例(NASA)

http://www.nasa.gov/mission_pages/station/research/experiments/126.html

⑫ MED-2(Miniature Exercise Device)「メッドツー」の試用

現在、ISSではARED(エイレッド)と呼ばれる非常に優秀な運動機器が活躍していますが、問題点は大きくかさばりすぎることです。NASAが開発している宇宙探査を視野に入れた次世代のオライオン宇宙船には、それだけのスペースはありません。そこで開発が進められているのが、より小型・省スペースのこのMED-2です。この装置はシグナス補給船OA-6で運ばれたばかりのもので、大西宇宙飛行士もこの機器の試用メンバーに入っています。

MED-2の使い方を紹介するNASAのビデオ(1分12秒)

<https://www.youtube.com/watch?v=S8veP-ZMR7o>



図4.1.2-15 MED-2(大西宇宙飛行士のGoogle+より)

<https://plus.google.com/101922061219949719231/posts/Pvkg53udSTA>

(後方と下側の装置はAREDで、下の金色の装置がMED-2)

【参考】ロシアが実施しているISSからの帰還直後の火星着陸シミュレーション実験

2013年3月のソユーズTMA-06M/32Sのロシア人クルーの帰還時から行われるようになったロシアの興味深い実験を紹介します。

この実験は、火星への着陸と、船外活動にどのような問題があるか調べるための実験で、地上へ帰還して重力に慣れていない状態のまま(着陸の翌日)、遠心加速器に搭乗して、重力のある天体に手動操縦で着陸させる事を模擬した試験が行われています。

また、火星と同等な0.38Gの重力を模擬できるようワイヤーで吊り下げたOrlan-MK宇宙服を着て船外へ出る試験も着陸から約4日後に行っています。このような試験を重ねながら課題を明らかにしていく地道な研究が行われています。



図 4.1.2-16 38S の帰還直後に遠心加速器に搭乗して操縦試験を行う様子 (GCTC)

<http://www.gctc.ru/main.php?id=2685>



図 4.1.2-17 38S の帰還直後に火星の重力を模擬して船外活動を試験する様子 (GCTC)

<http://www.gctc.ru/main.php?id=2685>

4.1.3 その他(長期滞在期間中の広報・普及活動)

①リアルタイム交信/教育イベント

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

※その他、JAXAや公募に応募のあった団体との交信、その他NASAの無線交信イベントも計画されています。

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

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



図4.1.3-1 ラグビー日本代表を応援する油井宇宙飛行士 (JAXA)

4.2 ISSの定期的な点検・メンテナンス作業

■ 「きぼう」サブシステムのメンテナンス及び点検作業

- ・「きぼう」システムの保守・点検
火災検知器、消火器などの点検を行います。
「きぼう」内の機器や実験装置などから排出される熱を循環させる熱制御システムの維持・管理や、環境制御システムの保守・点検を行います。
- ・「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、不用品の整理や元の場所へ収納するなど、定期的に整理作業を行います。
- ・実験装置の保守・点検、確認
各実験装置のメンテナンスや、故障原因の究明・修理などを行います。

■ 米国システムのメンテナンス及び点検作業

- ・エクササイズ装置のメンテナンス
米のトレッドミル(T2)、改良型エクササイズ装置(ARED)、サイクルエルゴメータ(CEVIS)等の定期点検を行い、使用に問題がないことを確認します。故障が見つければ修理を行います。
- ・ISSのトイレ(WHC)のメンテナンス
汚物タンクやホースの交換、フィルタの交換、コントロールパネルの表示状態の確認、清掃などを行います。
- ・空気成分分析器、空気循環装置、煙検知器等各種装置の点検
二酸化炭素モニタ装置などの電源を投入して表示や動作を確認し、故障がないことを確認します。また空気循環用のフィルタの清掃も行います。
- ・水再生システム(WRS)の点検
水再生システム(WRS)の稼働状況の確認や、処理された水のサンプリング、および有機炭素分析器(TOCA-II)によるサンプリングした水の水質分析を行います。
- ・補給物資の移送・整理、在庫管理

■ ロシアシステムのメンテナンス

- ・空調システムのメンテナンス
フィルタの交換や配管の清掃などを行います。

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

【参考】

ISS滞在クルーの日々の作業状況は、以下のNASAのサイトで定期的に公開されています。

ISS Daily Summary Report

<https://blogs.nasa.gov/stationreport/2016/>



図4.2-1 水再生システムを点検する若田宇宙飛行士(左)

<http://iss.jaxa.jp/library/photo/iss019e011471.php>



図4.2-2 トレッドミル(TVIS)のメンテナンス(右)

<http://iss.jaxa.jp/library/photo/iss019e009853.php>



図4.2-3 「きぼう」の船内で掃除機をかける若田宇宙飛行士(中央の白い円筒が掃除機本体、
右手に持っているのが吸い込みノズル)

<http://iss.jaxa.jp/library/photo/iss019e007589.php>



図4.2-4 ノード3内で騒音の計測を行う若田宇宙飛行士(右手に持っているのが騒音計)

<http://iss.jaxa.jp/library/photo/iss019e007128.php>

コラム 1-2

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と共に、宇宙実験の運用を行う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、修理し、宇宙実験に関わる操作を行うため、ISSのシステム、実験装置や、宇宙実験の内容に精通している必要があります。また、日米の補給船がISSに到着／分離するときにはその運用を行うほか、ソユーズ宇宙船やプログレス補給船等がドッキングする際にはドッキングのためのバックアップ機器の準備や、必要に応じて手動でドッキング操作を行います。ISSのロボットアームを操作して、ISSの組立てやメンテナンス、船外活動の支援も行います。ISSから宇宙授業を行う教育活動や軌道上記者会見などの広報活動、人の目で地球を観察して写真やビデオ撮影を行う地球映像の記録も、宇宙に長期滞在している宇宙飛行士ならではの仕事です。

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

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

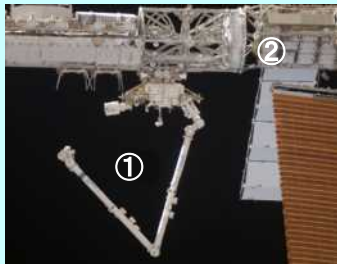
フライトエンジニアは、技術者であり研究者であり教育者であり、人類の宇宙進出への代表としてあらゆる要素を含んでいるのです。

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

コラム 1-3

ISSで利用されるロボットアーム

ISSに滞在する日本人宇宙飛行士は、以下に示すISSの3台のロボットアームを使います(クルー操作ではなく、地上から操作する場合もあります)。その他、SSRMSの先端に「デクスター」を装着してのロボット運用も地上から行われています。



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

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

4.3 ISSに到着する補給船の運用

ISSに補給船が到着した際には、ISSの10m下に停止した機体を長さ17.6mのISSのロボットアーム(SSRMS)を使って把持し、その後、ロボットアームを操作して、ノード2「ハーモニー」(あるいはノード1「ユニティ」)の下側の共通結合機構に結合させる作業を行います。日本の補給船「こうのとり」(HTV)が実証したISSとの結合方法を、これら米国の民間企業も採用しています。

シグナス補給船に関しては、JAXAが「こうのとり」用に開発した近傍通信システム(PROX)をそのまま利用しているため、シグナスがISSに接近するフェーズではJAXAの運用チームがNASAの運用をサポートします。

ロボットアーム操作に関しては、ISSに接近した補給船を把持(キャプチャ)する操作(および放出時の解放操作)のみクルーが担当し、残りの作業はクルータイム節約のため、基本的に地上からの操作で実施されます。

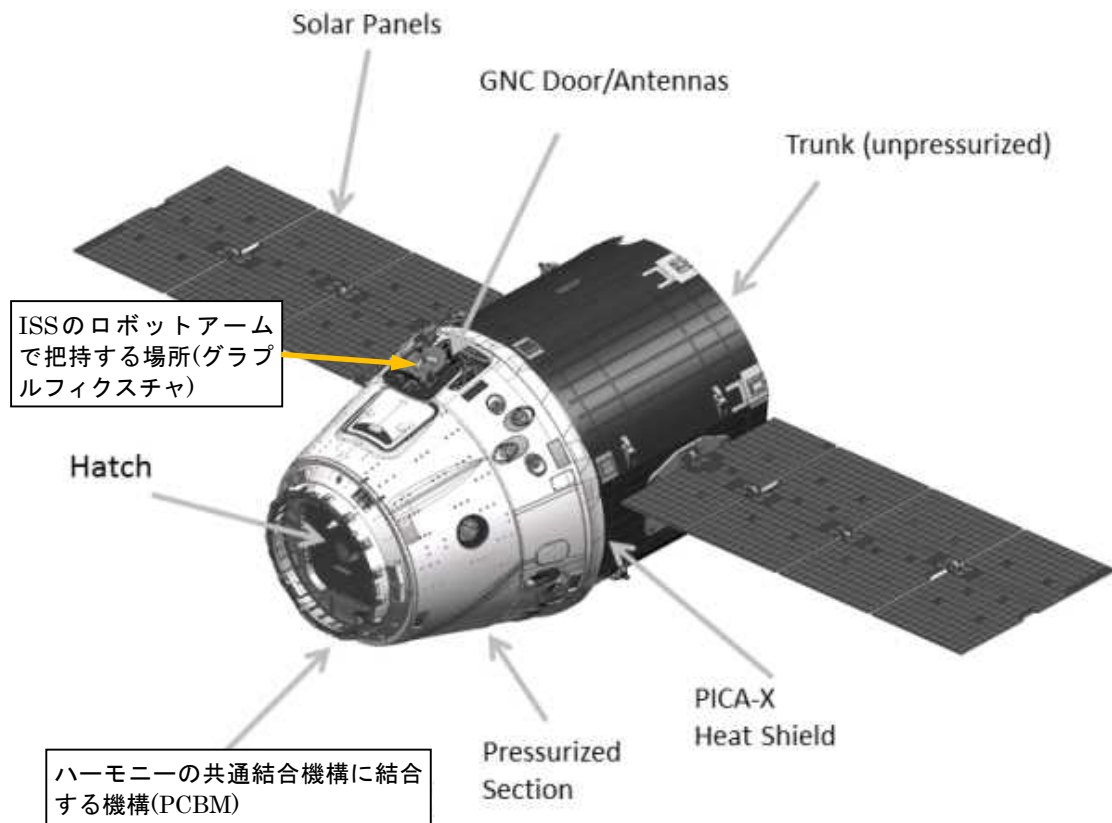


図4.3-1 Space X社のドラゴン補給船 (Space X社)



図4.3-2 ロボットアームで把持されたSpace X社のドラゴン補給船(SpX-8)(NASA)
<https://www.flickr.com/photos/nasa2explore/26298228022/>



図4.3-3 ドラゴン補給船がISSに接近する方法 (Space X社)

2.5km、1.2km、250mへの接近時等でGo/No Goの判断が何段階も行われます。ISSから200mの範囲内となるKOSへの進入は異常がない事を慎重に判断した後に行われ、30m、10mでそれぞれ停止することになっています。



図4.3-4 ドラゴン補給船の把持訓練を行う星出宇宙飛行士(2012年1月)(JAXA)
<http://iss.jaxa.jp/library/photo/jsc2012e019093.php>

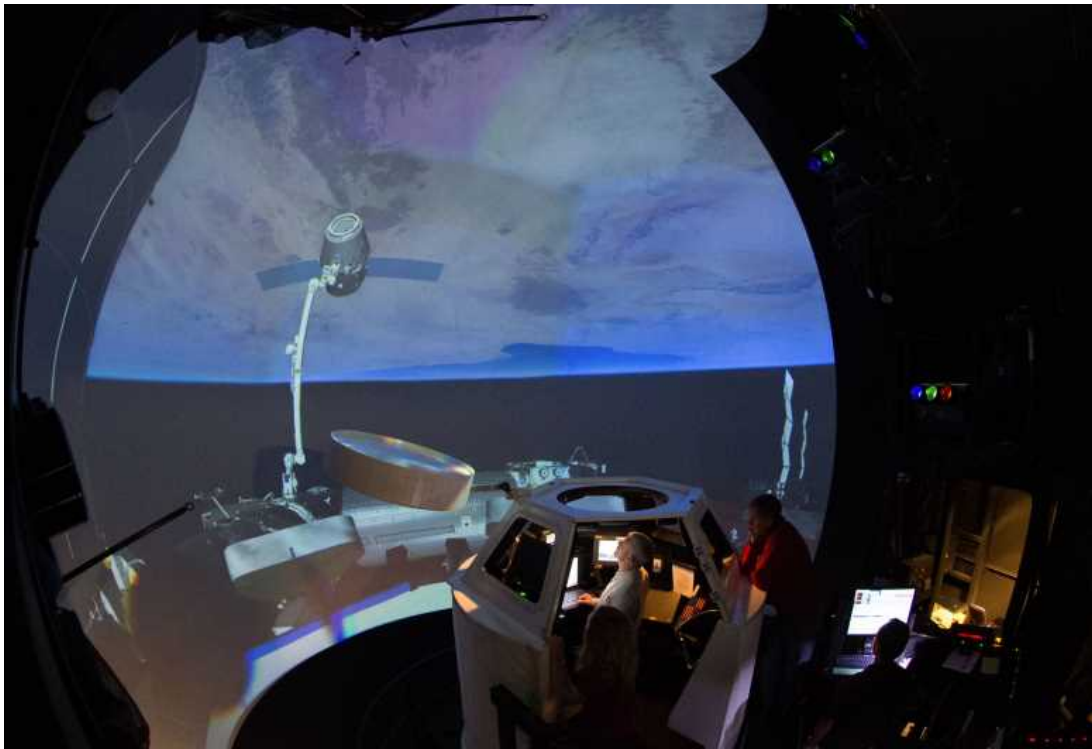


図4.3-5 ドラゴン補給船の把持訓練に使われるNASAの訓練設備



図4.3-6 「こうのとりのとり」到着時の共通結合機構の位置調整作業
(右は、ハーモニーの窓に位置決め用に設置するCBCS (Centerline Berthing Camera System)から撮影した映像。ドラゴンとシグナスも同様の作業を行います。)



図4.3-7 共通結合機構(CBM)の2枚のハッチ(ISS側のハッチを開けた状態)



図4.3-8 ロボットアームで把持されたシグナス補給船(OA-6)(NASA)

<https://www.flickr.com/photos/nasa2explore/25634985304/in/album-72157647107379300/>

5. 第48次／第49次長期滞在中の主なイベント

大西宇宙飛行士のISS長期滞在中の主なイベントを表5-1に示します。

表5-1 大西宇宙飛行士長期滞在中の主なイベント(1/2) (2016/6/22現在)

時期	イベント		備考
	ソユーズ関連	その他	
2016年 6月	▼ソユーズTMA-19M/45S帰還(6/18)	▼シグナス補給船5号機(OA-6)分離(6/14)	(6/18)45S帰還。 →軌道上のISSクルーは3人となります
7月	▲ソユーズMS/47S 打上げ(7/7)/ドッキング(7/9)	▼プログレス62P分離(7/3) ▲プログレス64P打上げ(7/17)/ドッキング(7/19) ▲ドラゴン補給船9号機(SpX-9)打上げ(7/18以降) ■米国EVA #36	(7/9)47Sで大西宇宙飛行士がISSに到着。 →軌道上のISSクルーは6人となります ノード2へIDA-2を設置
8月		▲シグナス補給船6号機(OA-5)打上げ(未定) ▼ドラゴン補給船9号機(SpX-9)帰還	(8/5-21) リオデジャネイロ オリンピック開催 (8/24) ジェフ・ウィリアムズがスコット・ケリーの持つ米国の累計宇宙滞在記録520日間を更新。
9月	▼ソユーズTMA-20M/46S帰還(9/6) ▲ソユーズMS-2/48S打上げ・ドッキング(9/24)	▼シグナス補給船6号機(OA-5)分離(未定)	(9/6)46S帰還。 →軌道上のISSクルーは3人となります (9/24)48S到着。 →軌道上のISSクルーは6人となります

※表の日付は世界標準時です。スケジュールはISSの運用状況などによって頻繁に変更されるため、目安程度と考えてください。

表5-1 大西宇宙飛行士長期滞在中の主なイベント(2/2) (2016/6/22現在)

時期	イベント		備考
	ソユーズ関連	その他	
10月	▼ソユーズMS/47S 帰還	▼プログレス63P分離 ▲プログレス65P打上げ・ドッキング(10/20) ▲「こうのとりの6号機打上げ (打上げ時期未定) ■米国EVA ■米国EVA	47Sで大西宇宙飛行士が帰還。第50次長期滞在ミッション開始。→軌道上のISSクルーは3人となります
11月	▲ソユーズMS-2/48S打上げ・ドッキング(11/16)	▲ドラゴン補給船10号機 (SpX-10)打上げ(打上げ時期未定)	(11/2)ISS有人化から16周年 (11/20)ISSの建設開始から18周年
12月		▼ドラゴン補給船10号機 (SpX-10)帰還(未定)	

※表の日付は世界標準時です。スケジュールはISSの運用状況などによって頻繁に変更されるため、目安程度と考えてください。

6. 第48次／第49次インクリメント担当フライトディレクタ

フライトディレクタの役割(「きぼう」運用管制を束ねる総指揮官)

- 「きぼう」と日本の実験装置の運用管制をリアルタイムで行う管制チームのリーダー。
- 安全かつ確実な運用のため、ISS/「きぼう」の状況とクルーの活動を掌握、リスク管理を常に対応。緊急事態が発生した場合はクルーの緊急退避をサポートし、「きぼう」内機器の安全化を指揮。
- 国際協力・分散運用するISSにおいて、米・欧・カナダ・日本の運用管制を統括するNASAのISSフライトディレクタとの交渉責任を持つ。
- 不具合等では管制チームをリードし適切な情報把握・分析のもと、実施責任者の対処判断を支える。

※フライトディレクタは、ISS/「きぼう」、日本の実験装置に関する技術的知識、運用上のルールやプロセス等を習得し、緊急対応を含むシミュレーション、NASAとの課題調整などの実務を行い、認定を受けます。

インクリメント担当フライトディレクタとは

- 各ミッション期間の重要課題や実験等の実運用にかかる計画調整を行い、実際の運用計画に関して、ISSの運用を取りまとめているNASAとの調整、ミッション成功に向けたチームビルディングを行う。
- インクリメントマネージャと連携し、「きぼう」利用の成果を最大化させ、円滑な運用が出来るよう、運用手順／運用計画／フライトルール等の作成、調整を行う。

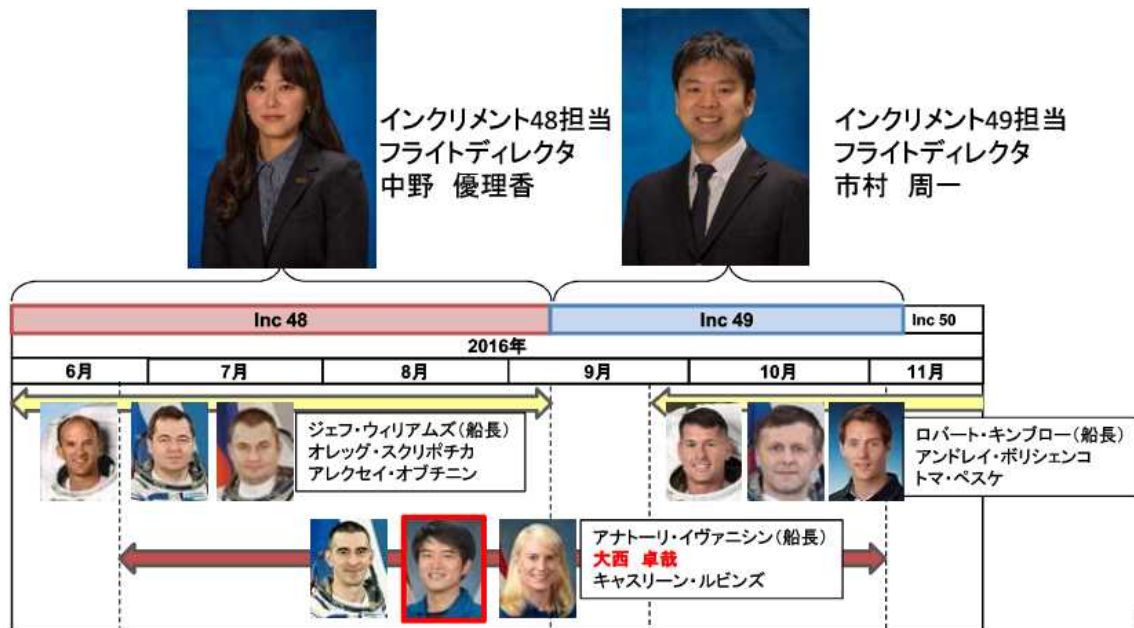


図6-1 大西宇宙飛行士滞在中のJAXAの2人のインクリメント担当フライトディレクタ

※インクリメント(increment)とは、増加していくという意味で、前の滞在クルーが帰還すると新たなインクリメントが開始されます。大西宇宙飛行士たちは第48次/49次長期滞在クルー(Expedition 48/49 Crew)ですが、前の滞在クルーの帰還と次の新しいクルーの打上げの間は少し間隔が空くため、インクリメント48/49とは同じにはなりません。大西宇宙飛行士たちがISSから帰還するとインクリメント49は終了し、50が始まります。Expedition 49も終了となりますが、既にExpedition 50クルーは滞在を開始しています。このため、地上の管制要員は重複が起きないインクリメント単位でチームを編成しています。

7. インクリメントマネージャ

インクリメントマネージャの役割

- インクリメントとはISSの運用期間単位を指します。担当インクリメントに対し、以下の役割を担います。
 - インクリメントレベルの利用計画、目標設定
 - インクリメントにおける利用運用計画の履行
 - 上記にかかるリスク管理、対応調整
- インクリメントマネージャの主な要件は以下の通りです。
 - マネージメントスキル(状況把握力、問題解決力、交渉力・・・)
 - テクニカルスキル(利用運用計画業務や利用企画の知識、経験)
 - ヒューマンスキル、英語交渉力

インクリメントマネージャ指名による“新展開”

- 2015年度(27年度)後半から、インクリメントマネージャ(IM)を指名した体制にて、各インクリメントの目標設定・重点ミッションを設定。
- 「きぼう」利用成果の最大化を目指した利用方針のもと、組織全体で戦略性を持って目標を達成する体制を強化。

インクリメントマネージャが推進する利用計画により、戦略性をもった「きぼう」利用ヘシフト。成果の最大化を目指します。

西暦年	2016年			2017年		
ソユーズ 搭乗員		46S	48S		50S	
	45S	47S(大西)	49S	51S		
インクリメント番号	46	47	48	49	50	51

インクリメントの概念
(搭乗員交代の時点で区切る)

図7-1 インクリメントの概念説明



Inc47/48 (2016年3月～9月)
インクリメントマネージャ
尾藤日出夫



Inc49/50 (2016年9月～2017年2月)
インクリメントマネージャ
山上 武尊

図7-2 大西宇宙飛行士滞在中の2人のインクリメントマネージャ

付録1 国際宇宙ステーション概要

1. 概要

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

ひとつのものを作り上げるために、これほど多くの国々が最新の技術を結集するというプロジェクトは、これまでになかったことであり、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にもなっています。

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「ザーリャ」(基本機能モジュール)が打ち上げられました。2003年のスペースシャトル・コロンビア号事故によりISS組立ては一時中断されましたが、2006年から組立再開し、2011年5月のシャトルフライト(STS-134)で完成しました(注:ロシアは今後も新たなモジュールを結合していく予定です)。

ISSは地上から約400kmの上空に建設された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にあります。2013年までにISSで得られた成果については、参加各国でまとめた以下の情報を参照下さい。

人類への恩恵 <http://iss.jaxa.jp/kiboresults/benefits/>

ISSの全体構成を図1-1、仕様を表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(こちらに掲載 <http://iss.jaxa.jp/kibo/library/fact/>)、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。

ISS内の様子については、2014年に若田宇宙飛行士が以下のISSツアーで丁寧に紹介していますのでご参照下さい。

・「若田宇宙飛行士のISSツアー 前、中、後編(全3編)」

<http://iss.jaxa.jp/library/video/tag/%e9%80%b1%e5%88%8a%e8%8b%a5%e7%94%b0>

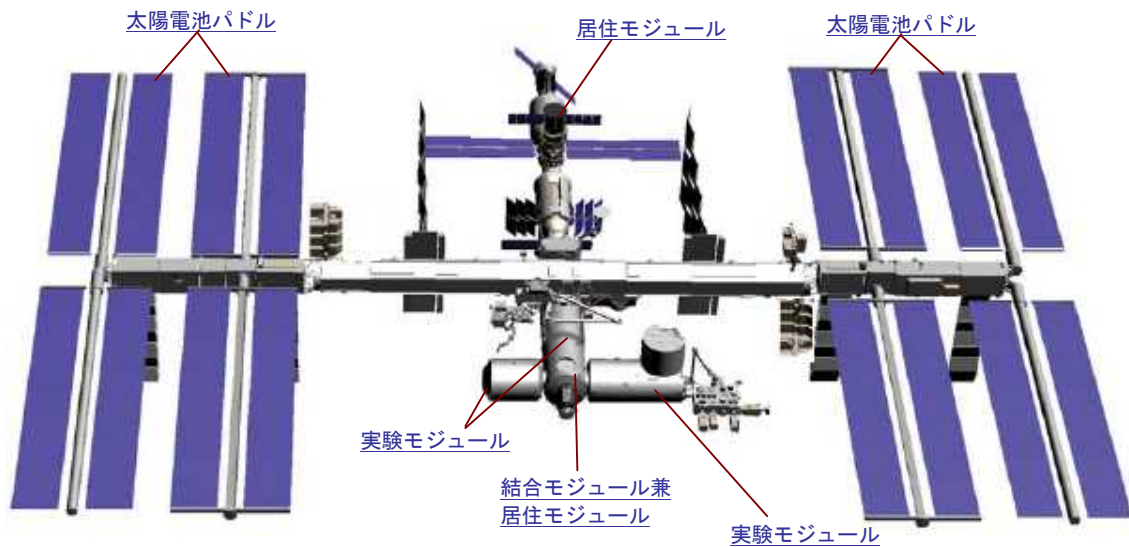


図1-1 ISS全体構成

表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419トン(2016年春時点)
電力	110kw(最大発生電力)
全与圧部容積	935m ³
与圧モジュール数	14棟 + BEAM (2016-2018年) [内訳]米国 6 (デスティニー、ノード1, 2, 3、クエスト、PMM)／日本 2 (「きぼう」)／欧州 1(欧州実験棟)／ロシア 5(ズヴェズダ(ロシアのサービスモジュール)、ザーリャ、MRM-1,2、多目的実験モジュール(MLM)(MLMは2017年末以降にDC-1「ピアース」と入替え予定))
曝露搭載物取付場所	・トラスに 6 箇所 ・「きぼう」船外実験プラットフォーム 10 箇所 ・「コロンバス」(欧州実験棟)4 箇所
常時滞在搭乗員	6名
軌道	円軌道(高度330～415km) 軌道傾斜角51.6°
輸送手段	組立:スペースシャトル(引退)、ソユーズ/プロトンロケット(露) 補給:スペースシャトル(引退)、ソユーズロケット(露)、アリアン5ESロケット(欧)(ATVの打上げは終了)、H-IIBロケット(日)、米国の商業ロケット(ファルコン9、アンタレス、アトラスV)

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、ノード結合モジュール、エアロックのほか、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【国営企業Roscosmos(旧 ロシア連邦宇宙局)】

最初に打ち上げられた「ザーリャ」(基本機能モジュール)、居住スペースである「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と子アームのDextre)を提供。(スペースシャトルのロボットアーム(SRMS)もカナダ製)

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

ESAの中から11ヶ国(フランス、ドイツ、イタリア、スイス、スペイン、オランダ、ベルギー、デンマーク、ノルウェー、スウェーデン、イギリス)が参加し、主に「コロンバス」(欧州実験棟)を提供。また、ISSへの物資補給の手段として、欧州補給機(Automated Transfer Vehicle: ATV)を2008年から2015年までの間に5機提供した。

(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「こうのとり」(H-II Transfer Vehicle: HTV)を提供。

ISS構成要素を図2-1に示します。

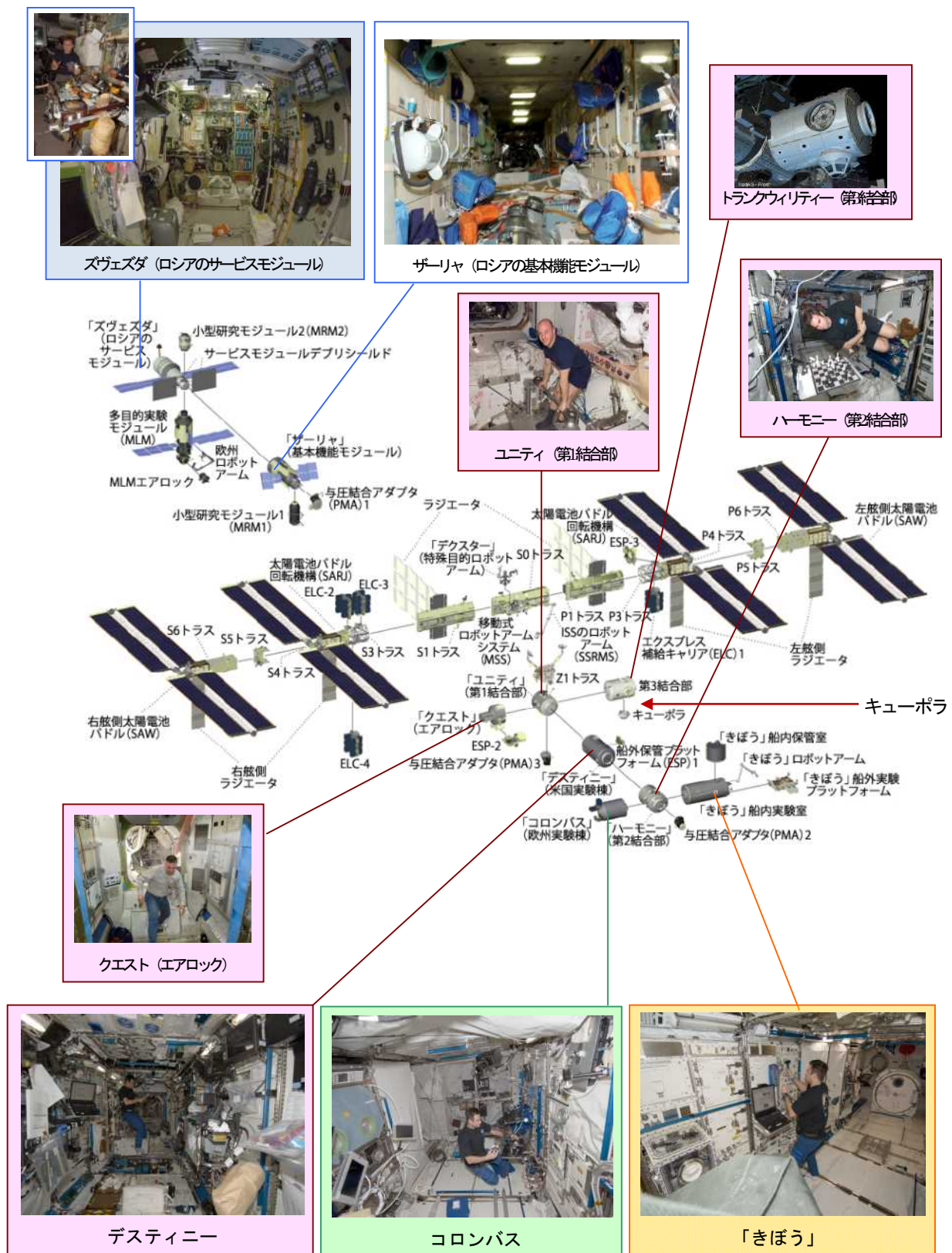


図2-1 ISS構成要素

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

コラム付録1-1 キューポラ

キューポラは、トランクウィリティー（ノード3: 第3結合部）の下側に設置されている大型の窓です。7枚の窓を使用しない時は窓シャッターを閉じてデブリの衝突から窓を守ります。ここは地球や補給機の結合等の観察・撮影や、ロボットアームの操縦時に使用されます。



図2-2 キューポラ（写真上が地球側：窓シャッターの開放状態）

<http://spaceflight.nasa.gov/gallery/images/station/crew-28/html/iss028e048571.html>

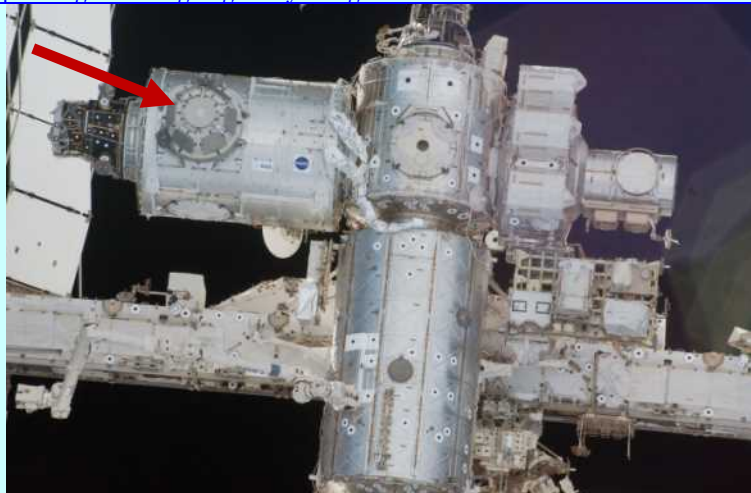


図2-3 キューポラの設置場所（STS-130分離時にISSの下側から撮影：窓シャッターは閉鎖状態）

<http://spaceflight.nasa.gov/gallery/images/station/crew-22/html/s130e012251.html>

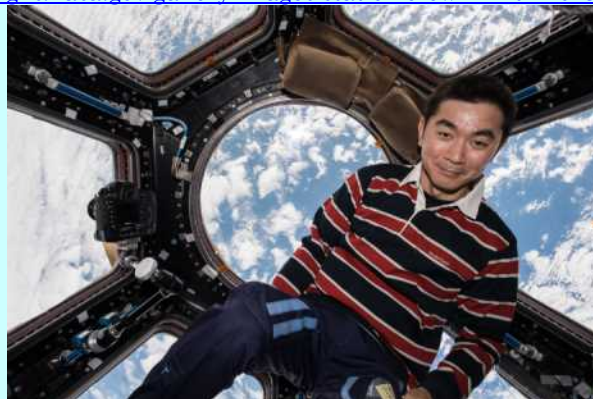


図2-4 キューポラ内の様子

<http://ida.iaxa.jp/result.php?lang=i&id=638ece875121a2e5ee41ffc10ff35dc8>

3. ISSでの衣食住

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3.1-1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3.1-1 ISSでの1週間の活動スケジュール(例)

日	月～金	土
休み	図3.1-1参照	午前: ボランティア サイエンス※ 午後:休み

※ ボランティアサイエンスは、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。

※ 祝日は、各国の祝日の中から各クルー毎に決定(自国の祝日に限らない、半年間に4日)

睡眠
朝食(60分)
洗顔等(30分)
地上との作業確認(120分)
作業(午後と併せて合計6時間半)
昼食(60分)
作業
体力維持エクササイズ(150分)
夕食(60分)
自由時間(60分)
睡眠(8時間半)

※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。また体力維持(エクササイズ)は、交代で使うためクルーによって実施時間帯が異なります。

※Twitter等への投稿は就寝前の自由時間を使います。油井宇宙飛行士によれば、「(写真撮影は)空いた時間を使って撮るということが非常に大変でした。平日昼間は刻みのスケジュールで、トイレに行く時間はスケジュールに無いのでトイレに行くためには計画的に仕事を進め時間を作らなければなりません。そういうなかで先行的に仕事を進め、追加の仕事も行い、余暇時間に写真を撮るようにしていました。」と答えています。

図3.1-1 ISSでの平日の活動スケジュール(例)

大西宇宙飛行士のGoogle+ (2015/7/1)より

<https://plus.google.com/101922061219949719231/posts/Tv8NfU99Y88>

Routine Ops Simというのは、Routine(日常的な)という名の通り、日常的なタスクを実施するシミュレーション訓練のことです。今日私が実施したタスクは以下の通りです。

- ・ドラゴン宇宙船のISSからの離脱に向けた準備(コネクターの取り外しなど。ケイトと一緒に作業)
 - ・船外活動前のメディカルチェックのためのセットアップ
 - ・水再生処理装置のタンク交換(アナトーリと一緒に作業)
 - ・LABモジュールにある作業台の移設
 - ・紛失物の捜索(無重力では、物が非常になくなりやすいです！)
 - ・非常用装備品の在庫チェック、状態チェック
 - ・各モジュールのビデオ撮影(撮影後、地上にダウンロードします。それを専門家が観て、安全上の懸念がないかどうかをチェックします。例えば、消火器のドアの前に物が置かれていないかなど)
- タスクの実施中、小さな不具合は頻繁に発生します。それらへの対応もしていると、あっという間に時間が過ぎていきます。常にスケジュールから少し遅れ気味でタスクをこなしていくストレスやプレッシャーを経験するのも、この訓練の大きな目的の1つでしょう。

私とケイトが「忙しい、忙しい」と言っていると、過去に2度長期滞在を経験しているジェフが、「典型的なISSの1日だな」とニヤリ。あまりの忙しさに、トイレにも行かず、飲み物も飲まずに5時間働きづめでしたが、これはちょっと反省です。

(2)睡眠場所・個室

2012年現在、ISSには6つの個室が設置されています。個室には、睡眠、着替え、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を装備)が2つあり、「ハーモニー」(第2結合部)には米国製の個室4つがあります。一時、「きぼう」船内実験室内にも、米国製の個室1つが設置されて野口宇宙飛行士が使っていましたが、2010年秋にハーモニーに移設されました。

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



図3.1-2 ズヴェズダ内の個室 (ロシア人が使用)(NASA)

<http://spaceflight.nasa.gov/gallery/images/station/crew-2/html/iss002e5730.html>



図3.1-3 米国製の個室(ハーモニー内)(左)(NASA)

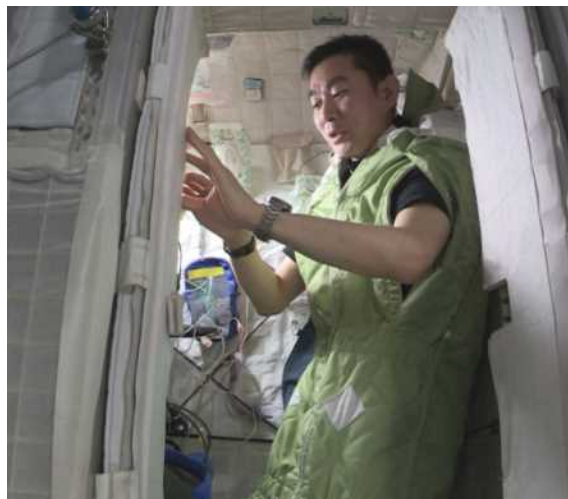


図3.1-4 寝袋に入って説明する油井宇宙飛行士(右)(JAXA)

<http://jda.jaxa.jp/result.php?lang=j&id=4722fd9c6f15f0c9a629d92e568b97cd>



ISS027E013105

図3.1-5 ハーモニーに設置された4つの個室(NASA)

<http://spaceflight.nasa.gov/gallery/images/station/crew-27/html/iss027e013105.html>

(3) ISSのトイレ

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

最初はデスティニー内に仮設置されていましたが、STS-130ミッションで「トランクウィリティー」(ノード3)が到着した後は、WHCとWRSはトランクウィリティーに移設されました。水再生システムについては、付録1 4.1項を参照下さい。

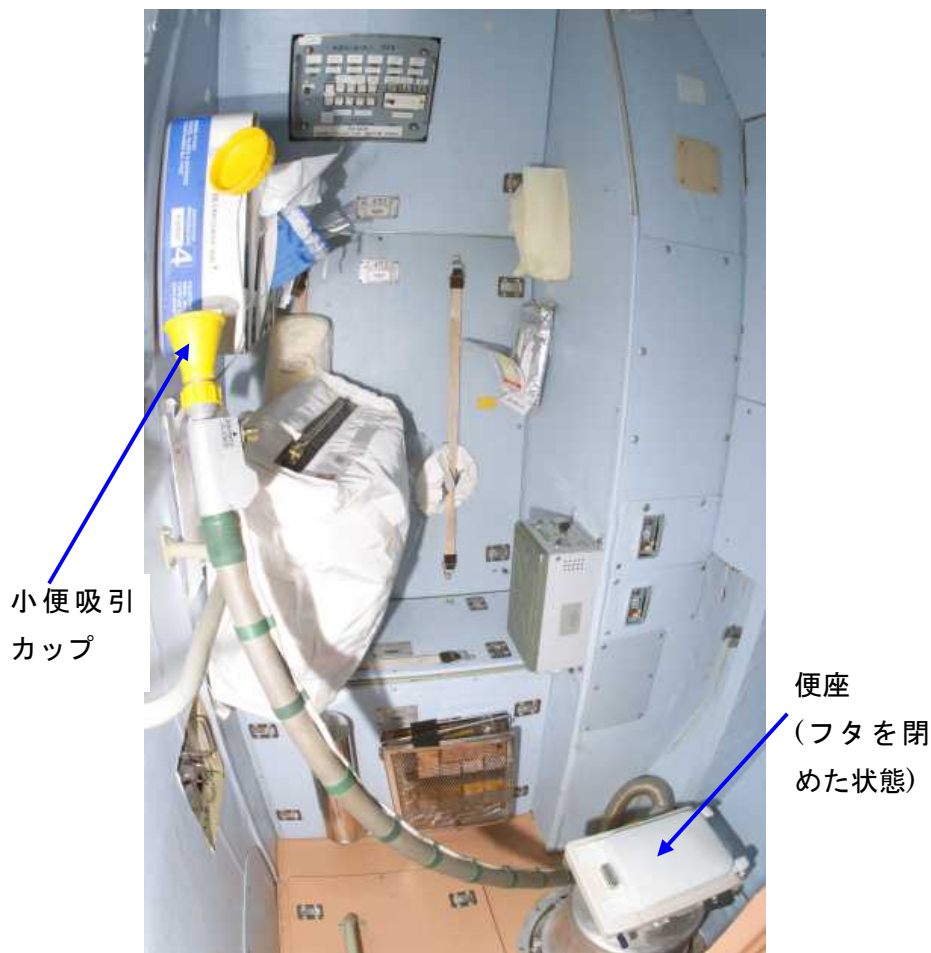
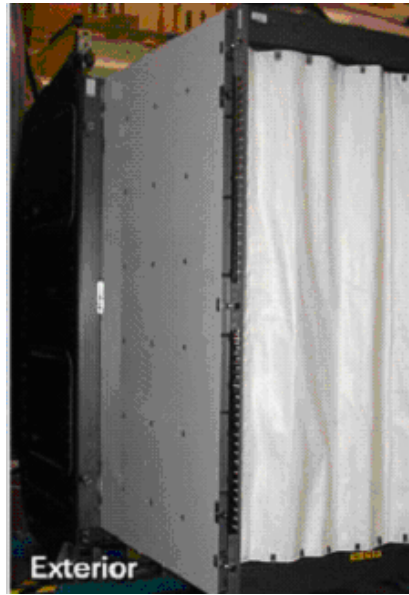


図3.1-6 ズヴェズダ後方に設置されているロシアのトイレ(NASA)

<http://spaceflight.nasa.gov/gallery/images/station/crew-6/html/iss006e20909.html>



※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3.1-7 米国のトイレ(WHC) (NASA)

<http://spaceflight.nasa.gov/gallery/images/station/crew-19/html/iss019e005736.html>

http://www.nasa.gov/images/content/286879main_engelbert_6_whc.jpg

ISSでトイレを使用する時に、パネルの「尿タンクが一杯」という赤いライトが点灯した場合は、使用した人がその尿タンクの交換作業をすることになります。

(4) その他の衛生関係の情報

ISS内には、タオル(Wet/Dry)、石鹸、ドライシャンプー、電気シェーバー、歯ブラシ、歯磨き粉、ウェットワイプ等の衛生用品が準備されており、シャワーがないことを除けば一通りの装備が揃っています。

コラム付録1-2 宇宙でのシャワー

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

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

コラム付録1-3 宇宙からの投票

「事前登録を済ませておけば、米国の宇宙飛行士は、ISSから投票する事も出来るんですよ！日本には、宇宙から投票するシステムはありません。もっと沢山の人が宇宙に住むようになれば、変わるかもしれませんね。」(2014/12/13 油井宇宙飛行士のTwitterより)
https://twitter.com/Astro_Kimiya/status/543933588333277185

→米国は電子投票が可能ですが、ロシアの宇宙飛行士も宇宙から投票が出来ます。ロシアはTV会議で代理人を通して信任投票することができます。



図3.1-8 ハーモニー内で散髪をする油井宇宙飛行士(JAXA)
バリカンには吸引用の掃除機につながるホースが取り付けられています
<http://jda.jaxa.jp/result.php?lang=j&id=5e8cfa5a29b73cf47b9f7605b0245ee8>



図3.1-9 宇宙で洗髪する油井宇宙飛行士 (JAXA)
ドライシャンプーした後は、タオルで拭き取ります。

(5)ISS内での生活 ～(快適に暮らすため)

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

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

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



図3.1-10 「こうのとりの5号機」で運ばれた新鮮なかんきつ類(JAXA/NASA)

<http://iss.jaxa.jp/library/photo/iss044e064426.php>



図3.1-11 地上とのTV会議(NASA)

※日曜日には家族との会話もこのような感じで行えます。

<http://spaceflight.nasa.gov/gallery/images/station/crew-15/html/jsc2007e25382.html>



図3.1-12 クリスマスの飾り付け(ズヴェズダ内) (NASA)

<http://spaceflight.nasa.gov/gallery/images/station/crew-14/html/iss014e10250.html>

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

コラム付録1-4 宇宙で物を必ず固定する理由

ISSで、物を無くしてしまうと大変です！ふわふわと何処かに行ってしまいますからね。常にしっかりとゴム紐、ベルクロテープ等を使用して物を固定する必要があります。それでも、物が無くなってしまったら？空気の流れを知っておく事が重要！空気取入れ口のフィルター付近に物が集まるそうです。

2015年3月22日 油井宇宙飛行士のTwitterより

https://twitter.com/Astro_Kimiya/status/579739319599906816



図3.1-13 ISSから撮影された夜明け前の日本列島(2015年9月撮影)

https://twitter.com/Astro_Kimiya/status/643551569787637761



図3.1-14 ISSから撮影されたいて座、さそり座周辺の天の川(2015年9月撮影)

https://twitter.com/Astro_Kimiya/status/640335724177440768

コラム付録1-5

ISSから撮影した夜景が綺麗になった理由

ここ数年、急激にISSから撮影した夜景の写真が綺麗になりました。JAXAとNHKが開発した新型のTVカメラの映像はもちろん綺麗ですが、大半の画像はNikonのデジタルカメラで撮影しています。ISO感度を高く設定できる機種に更新したという理由もありますが、ESAが開発したNightPodというカメラの固定装置のおかげです。この装置は2012年2月24日にキューポラに設置されました。それまでは宇宙飛行士が熟練操作で流し撮りをしていたため、慣れないとブレのない良い写真は撮れませんでした。ISSの移動方向の動きをモーターで(4軸駆動が可能)追尾して打ち消すことができるため夜景をブレなく撮影できるようになりました。自動撮影も可能なためクルーが寝ている間にタイムラプス画像を撮ることもできます。



NightPod (左)と、星と地上の光を光跡にしたタイムラプス写真(右)



NightPodを使って撮影したベルギーの都市の夜景

http://www.nasa.gov/mission_pages/station/research/news/nightpod.html

3.2 ISSでの食事

(1) 食事場所・調理設備

ISS内では、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初期段階には使われていました。STS-126(ULF2)で米国のギャレーとなるEXPRESS-6ラック(飲料水供給装置、冷蔵庫、オーブンを装備)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っています。ロシア側の設備としては、テーブル、飲料水供給装置、オーブン、食料保管庫があります。米国側の設備としては、飲料水供給装置(PWD)、オーブン、冷蔵庫(MERLIN)があります。

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

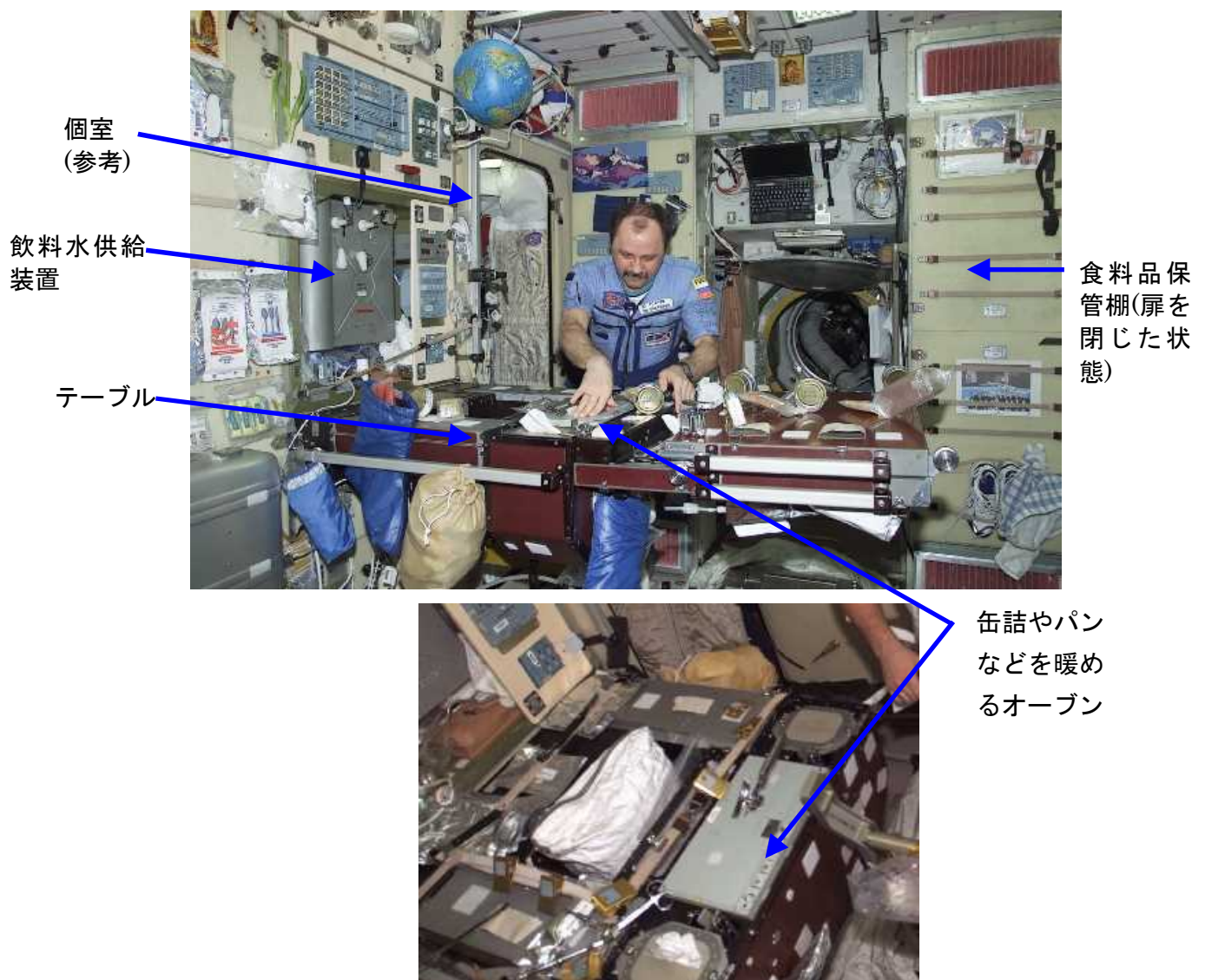


図3.2-1 ズヴェズダ内の食事用テーブル・調理設備 (NASA)

<http://www.spaceflight.nasa.gov/gallery/images/station/crew-2/html/s104e5121.html>



図3.2-2 ズヴェズダ内で食事する様子 (NASA)



図3.2-3 ユニティ内に設置された2台目のテーブル(左下:収納状態)(JAXA/NASA)
(天井にはプロジェクターがあり65インチの大型スクリーンにビデオを投影可能:2015年4月に設置)

<http://iss.jaxa.jp/library/photo/122d1319.php>



図3.2-4 飲料水供給装置を使う野口/油井宇宙飛行士（JAXA）
（上はロシアの機器、下は米国の機器）

(2) 宇宙食のメニュー設定

まだ米露以外の宇宙食が存在しなかった頃の初期の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。その当時は、個人毎にメニューを事前に決めて補給をしていたため、直前にクルーの交代が生じると困った事が起きていました。

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

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

次頁に宇宙日本食の例を示します。



白飯



緑茶



イワシのトマト煮



レトルトポークカレー



しょうゆラーメン



マヨネーズ



羊羹

図3.2-5 宇宙日本食の例

※詳細は下記ホームページでご覧になれます。

<http://iss.jaxa.jp/spacefood/about/japanese/>

注：宇宙日本食は新たに認証されて追加されたり、認証を更新せずに外される場合もあり、品目数は適宜変わります。

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なっています。

(1) 制振装置付きトレッドミル(TVIS、BD-2、T2)

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、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付加したものです。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)に設置されていましたが、2013年5月にロシア製の新しいBD-2と交換されました。STS-128(17A)フライトでは2台目のトレッドミル(Combined Operational Load Bearing External Resistance Treadmill: COLBERT または T2と呼ぶ)が運ばれ、ノード3「トランクウィリティー」に設置されています。



図3.3-1 ロシアのBD-2を使ったエクササイズ(写真:Roscosmos)
<http://www.en.federspace.ru/20282/>



図3.3-2 ノード3内に設置されたT2「COLBERT(コルベア)」を使ったエクササイズ(JAXA)
(※ゴム製のひもで体をトレッドミルに押しつけます)

(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)「シービス」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 CEVISで運動する若田宇宙飛行士(左)(NASA/JAXA)

<http://spaceflight.nasa.gov/gallery/images/station/crew-20/html/iss020e005790.html>



図3.3-4 ロシアのVELO(右) (NASA)

<http://spaceflight.nasa.gov/gallery/images/station/crew-2/html/iss002e6136.html>

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

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

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



図3.3-5 AREDで運動する古川／油井宇宙飛行士(NASA/JAXA)

<http://iss.jaxa.jp/library/photo/iss029e039869.php> (古川)

(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3.3-6 微生物のサンプリングキャニスターを使用する若田宇宙飛行士(JAXA/NASA)

<http://jda.jaxa.jp/result.php?lang=j&id=6810c24b9efbc4736a0fee55c5083984>



図3.3-7 デスティニー内のクルー健康管理システムラック(ChCS2ラック) (NASA)

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3.4-1 TVISの修理(床下の機器を取り出した状態:2007年2月)(NASA)
<http://spaceflight.nasa.gov/gallery/images/station/crew-14/html/iss014e15350.html>

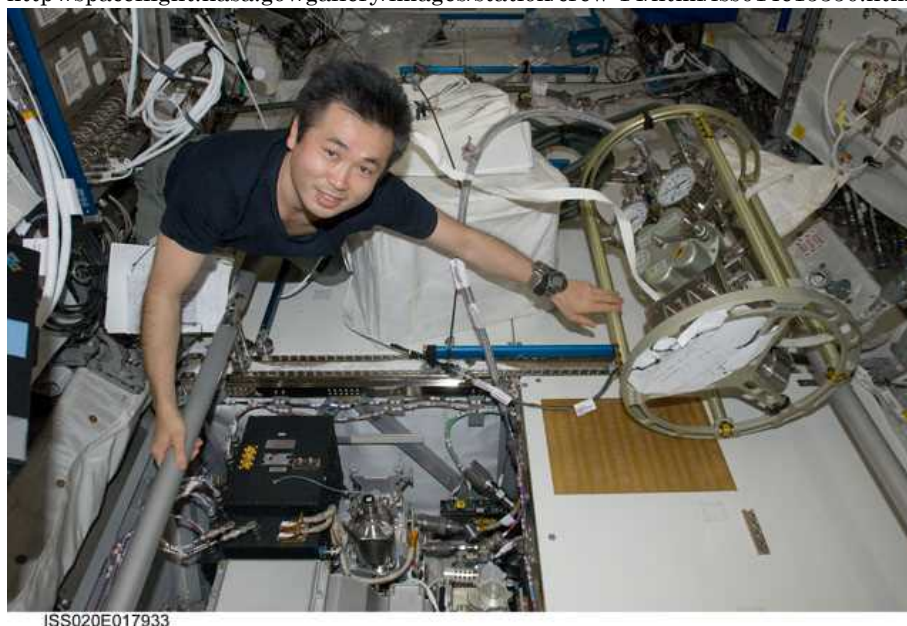


図3.4-2 コロンバス内での熱制御系冷却水の補充作業(NASA)
<http://spaceflight.nasa.gov/gallery/images/station/crew-20/html/iss020e017933.html>



図3.4-3 故障した装置(揮発性有機物分析器(VOA))の修理(NASA)



図3.4-4 ハーモニーの電力・通信配線のトラブルシューティング(NASA)(故障箇所の究明)



図3.4-5 「きぼう」内でのラックの搬入・設置作業(NASA/JAXA)

<http://iss.jaxa.jp/library/photo/s124e006279.php>



図3.4-6 船外活動(EVA)による修理作業 (NASA)

4. ISSでの水・空気のリサイクル

4.1 水の再生処理

(1) ISSでの水再生処理の概要

ISSの滞在クルーが3人から6人に増員されるのに備えて、STS-126 (ULF2)ミッションで米国の水再生処理装置であるWRS(Water Recovery System)ラック2台が運ばれ、当初はデスティニー(米国実験棟)に設置されていましたが、その後、トランクウィリティー(ノード3)に移設されました。この水再生処理装置は、尿処理装置UPA(Urine Processor Assembly)と水処理装置WPA(Water Process Assembly)から構成されています。

この米国の水処理装置は、これまでISSで運用されていたロシアの水再生装置では行われていなかった尿の再生処理が可能な点が特徴です。尿は尿処理装置(UPA)へ送られて、ガスや固形物(髪の毛やほこりなど)を除去した後、減圧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ATV、HTV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が、WRSが補給分の35%(0.7リットル)を供給できるため、地上からの補給は65%(1.3 リットル)で済むようになりました。すなわち、6人がISSに常駐した状態で水の補給量は、年間約2,850リットルですむ事になります。

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

WRSで再生された水は、ギャレーの飲料水供給装置(PWD)へ送られ、温水と常温の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4.1-1 WRS1, 2ラックの機器構成と水処理の主な流れ (NASA)

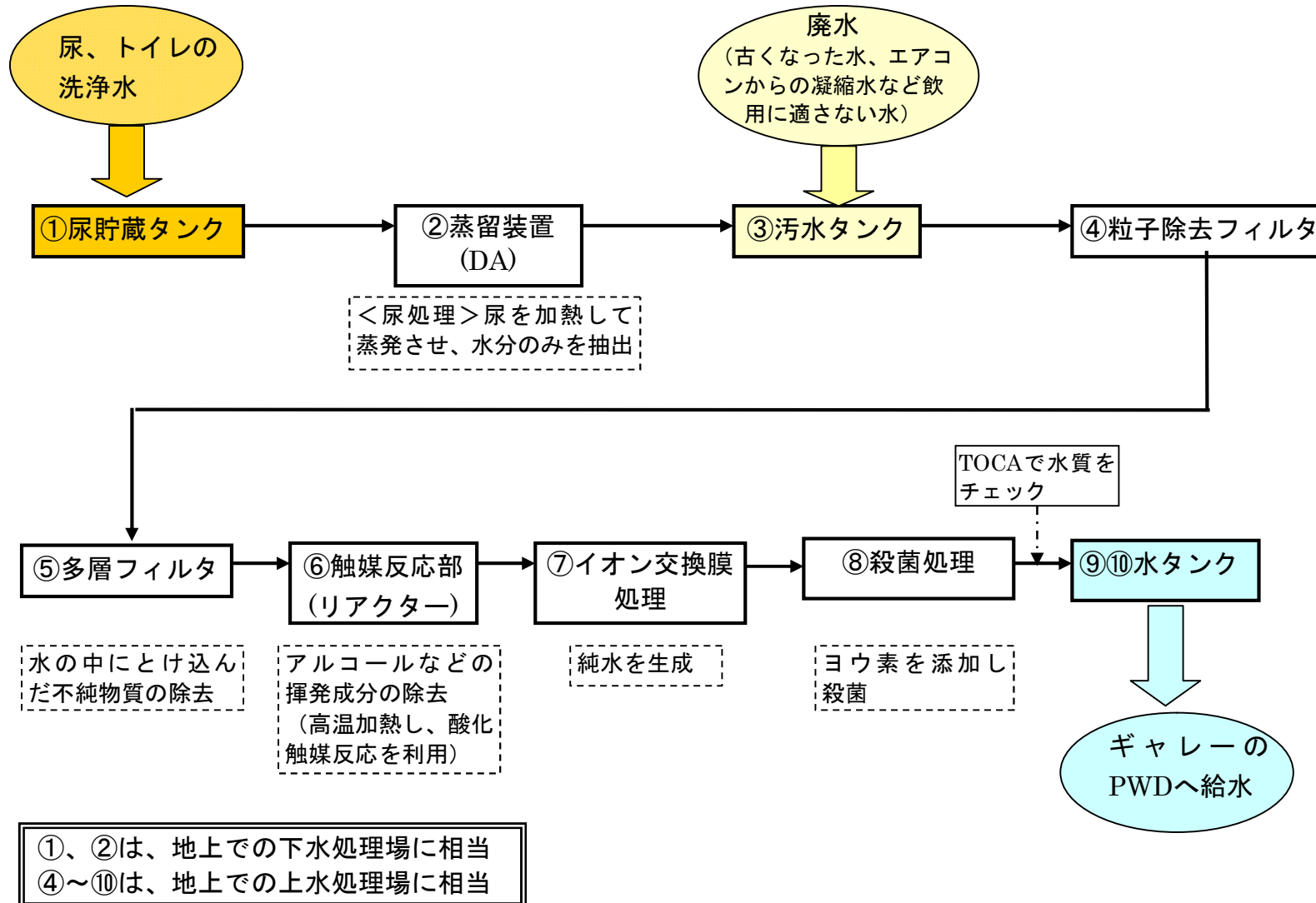


図4.1-2 ISSでの水再生処理の流れ (JAXA作成)

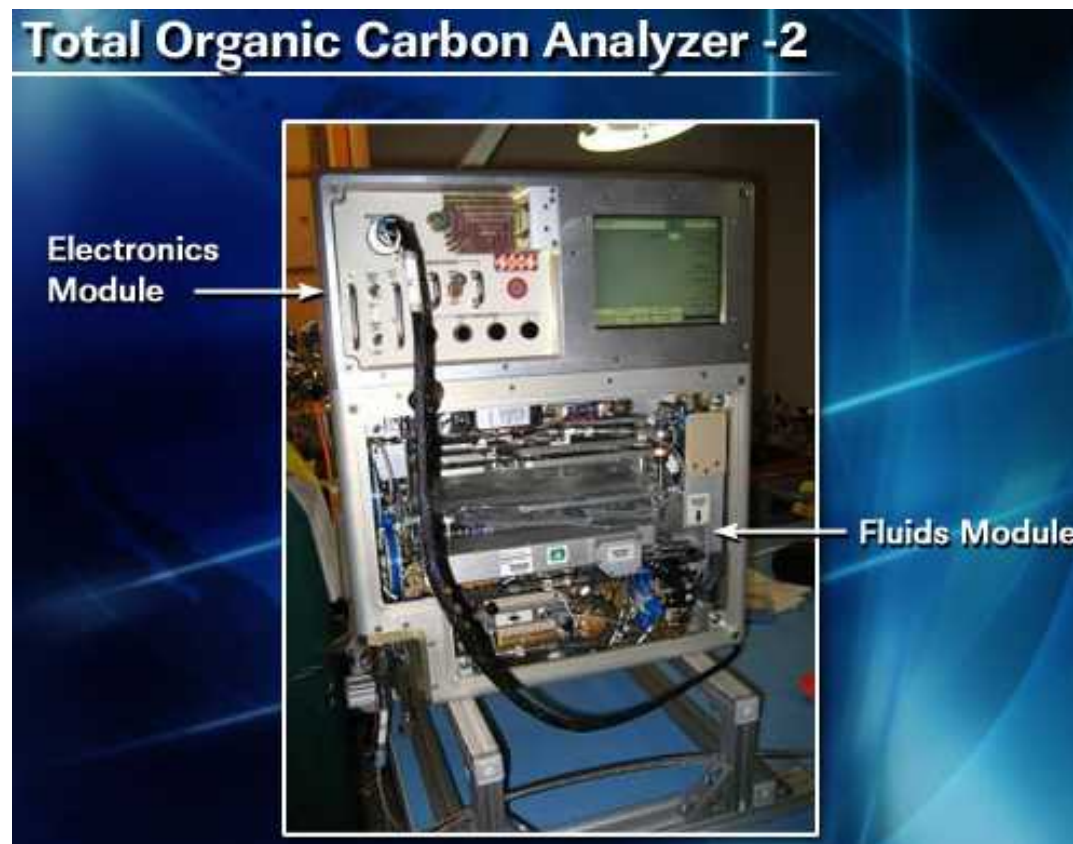


図4.1-3 水質測定・分析用のTOCA-2 (NASA)

<http://spaceflight.nasa.gov/gallery/images/shuttle/sts-126/html/s126e010342.html>

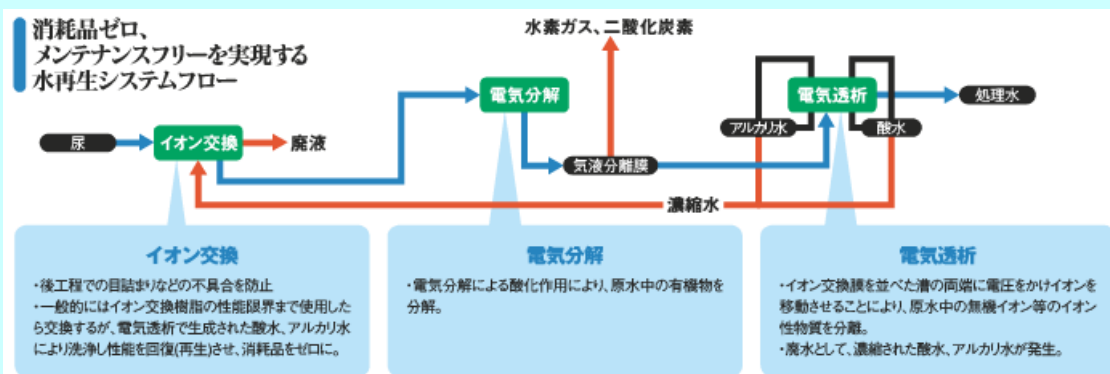
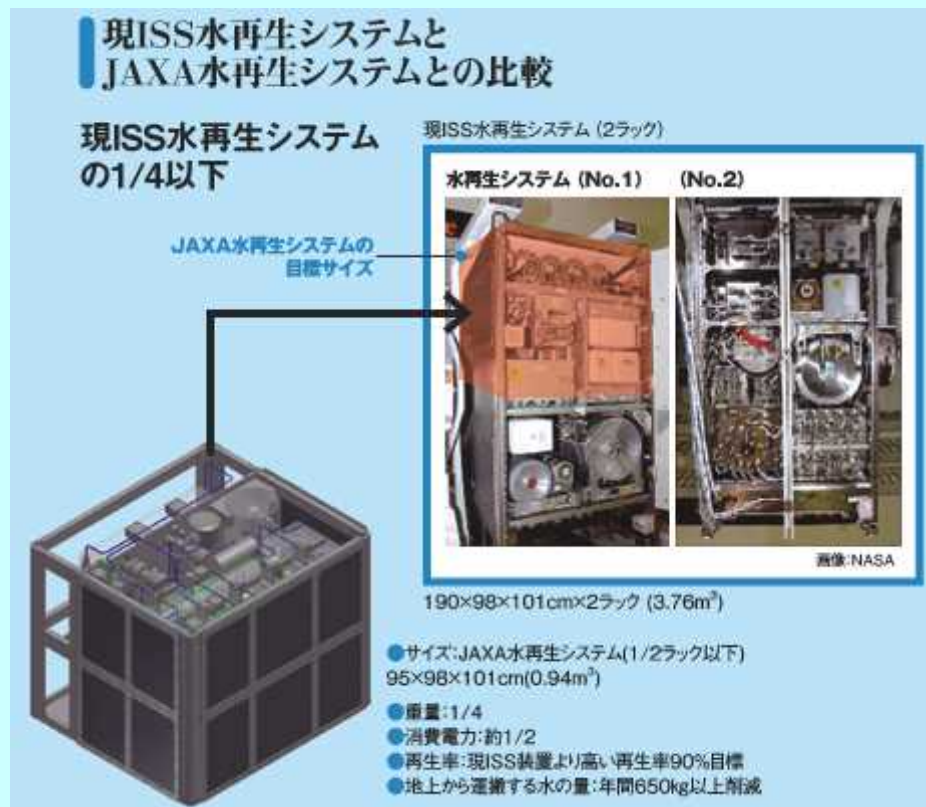
http://www.nasa.gov/images/content/286875main_engelbert_4_toca.jpg

コラム付録1-5

JAXAが開発中の水再生システムの紹介

JAXAでは将来の有人探査に向けて新たな水再生システムの開発を進めています。小型・低消費電力・高再生率で飲料水基準を満たすメンテナンスフリーなシステムの開発を目指しており、2016年度以降に実証システムをISSに運んで試験を行う予定です。詳しくは機関誌JAXA's No. 060 (2015年3月発行)をご覧ください。

http://fanfun.jaxa.jp/c/media/file/media_jaxas_jaxas060.pdf



(2) 尿処理の概要

尿処理装置UPA(Urine Processor Assembly)は、主にWRSラック2に搭載されており、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似ています。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4.1-4 STS-119で運ばれた交換用のDistillation Assembly (DA)
(NASA KSC)

<http://mediaarchive.ksc.nasa.gov/detail.cfm?mediaid=39583>

(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SRV-K2M「エスエルベーカー」がズヴェズダ内に装備されています。処理方法は、活性炭とイオン交換樹脂膜を通す方法が使われています。

WRSが到着する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4.1-5 ロシアの水容器(EDVタンク) (NASA)
(ビニールのような容器を金属容器で囲ったもの)

<http://spaceflight.nasa.gov/gallery/images/station/crew-10/html/iss010e12721.html>



図4.1-6 米国の水容器(CWC) (NASA)
(表面が布地のソフトタイプの容器)

<https://www.flickr.com/photos/nasa2explore/9371374543/>

4.2 空気の供給

(1) 酸素の供給

ISSには米露の2台の酸素生成装置が設置されています。ロシアの装置は、ズヴェズダ内に設置されている「エレクトロン」で、米国の装置は、トランクウィリティー内に設置されている酸素生成装置OGS(Oxygen Generation System)です。どちらも水を電気分解する事で酸素と水素を発生させて、酸素を供給します。副生成物となる水素は船外排気されます。(注:2010年末からはOGSで発生した水素を二酸化炭素と反応させて水に再生するサバチエ装置を使うようになりました。)

ISSを訪問する宇宙機にも酸素と空気を搭載して補給を行っています。ロシアのプログレス補給船と、欧州宇宙機関の欧州補給機(ATV-1~ATV-5(退役))、米国の商業補給船によって酸素や空気が供給されます。

シャトルのドッキング時には、ISSの「クレスト」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した。これらのガスも在庫は十分残っているため、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。なお、2015年1月より米国の商業補給船を使って、NORS (Nitrogen/Oxygen Recharge System)という小型の高圧タンクに酸素か、窒素を充填して運搬するようになりました。

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。

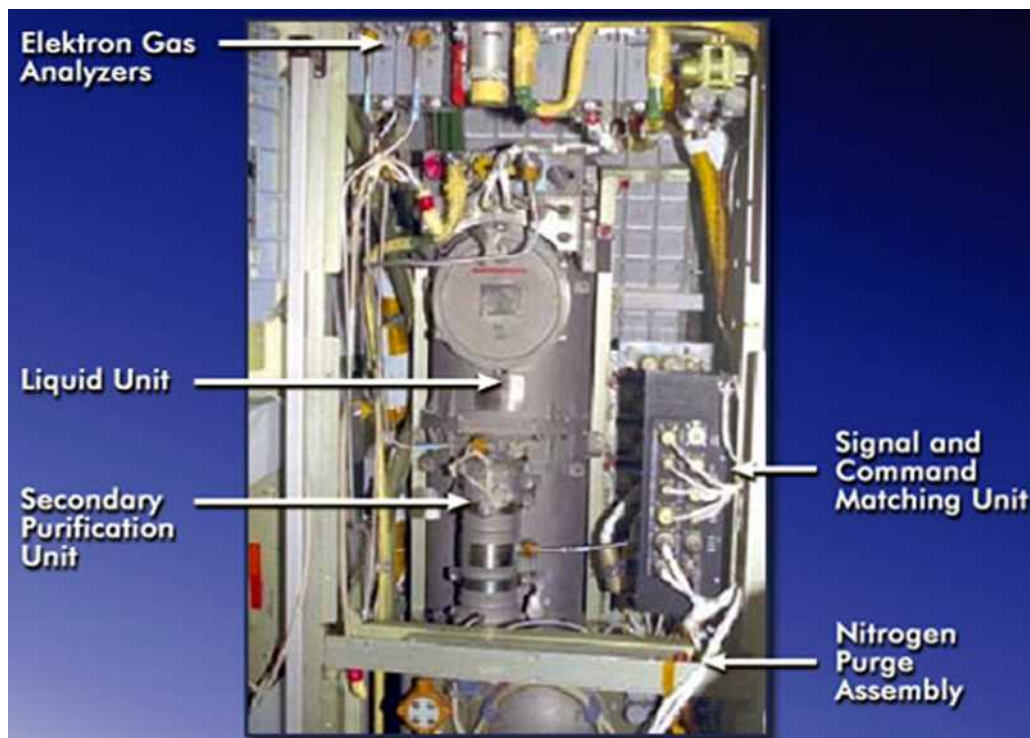


図4.2-1 ロシアの酸素生成装置エレクトロン (NASA)

http://www.nasa.gov/images/content/158054main_elektron%202.JPG



ISS020E031128

図4.2-2 ズヴェズダ内に設置されているSFOG容器2本(矢印)(NASA)

<http://spaceflight.nasa.gov/gallery/images/station/crew-20/html/iss020e031128.html>



図4.2-3 米国の酸素生成装置(OGS)(NASA)

<http://spaceflight.nasa.gov/gallery/images/station/crew-17/html/iss017e021288.html>

(2) 二酸化炭素の除去

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

(注:2010年末からはCDRAで吸着した二酸化炭素をOGSから発生する水素と反応させて水に再生するサバチエ装置が使えるようになったため、CO₂の一部は再利用可能です。)



図4.2-4 米国の二酸化炭素除去装置(CDRA) (修理時の写真) (NASA)

<http://spaceflight.nasa.gov/gallery/images/station/crew-16/html/iss016e020614.html>



図4.2-5 ロシアのVozdukh (NASA)

(表面に見えているのはバルブパネルのみで、本体はパネルの背後に収納)

<http://www.spaceflight.nasa.gov/gallery/images/station/crew-2/html/iss002e6111.html>

大西宇宙飛行士のGoogle+ (2016/4/1) より

二酸化炭素除去装置（CDRA）のメンテナンス

このCDRA、かなり頻繁に故障に見舞われていて都度宇宙飛行士がそれを修理しています。しかもその修理作業の難易度がかなり高いことで有名です。

「モンスター」と呼ぶ飛行士もいます。

通常はスペシャリスト資格保有者がこのメンテナンスを行うので、私はこれまで訓練を受けていませんでしたが、今回初めてその訓練を受けることが出来ました。

CDRAの故障の一番の原因はバルブの故障ですが、その交換作業を実施しました。

まず複雑なのは、CDRA自体をラックから引き出すことです。

後ろの配管を外したり、諸々の準備作業が必要で、2人の飛行士が作業しても2時間以上が必要だそうです。いざ、引き出してみたCDRAはまさにモンスター。

大きさとしてはラック全体の4分の1くらいなのですが、よくもまあこれだけの機器をそのスペースに詰め込んだかと、感嘆してしまいました。

ピッチリと隙間なくラックに収まるよう、複雑に入り組んだ配管。

バルブを交換するために故障したバルブを取り外そうにも、ネジにアクセスすることすら容易ではありません。

ネジごとにアクセス方法と使用する工具を切り替えて、何とか取り外しに成功。

ところが、そこに新しいバルブを取り付けるのがまた大変です。

ネジや配管を並行して接続していかなければなりません。

1つつつ接続していくのは不可能に近いです。

噂には聞いていましたが、CDRAのメンテナンス作業はかなり手強そうです。

(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。

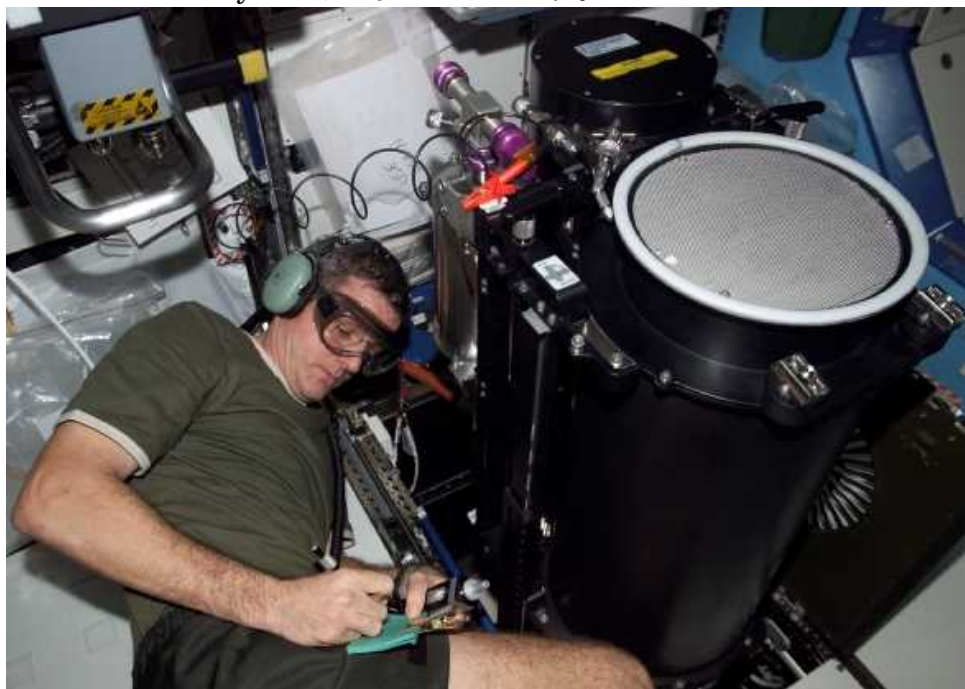


図4.2-6 米国の有害ガス除去装置(TCCS) (修理時の写真)(NASA)

<http://spaceflight.nasa.gov/gallery/images/station/crew-12/html/iss012e06038.html>

付録 2 「きぼう」日本実験棟概要

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」、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5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。

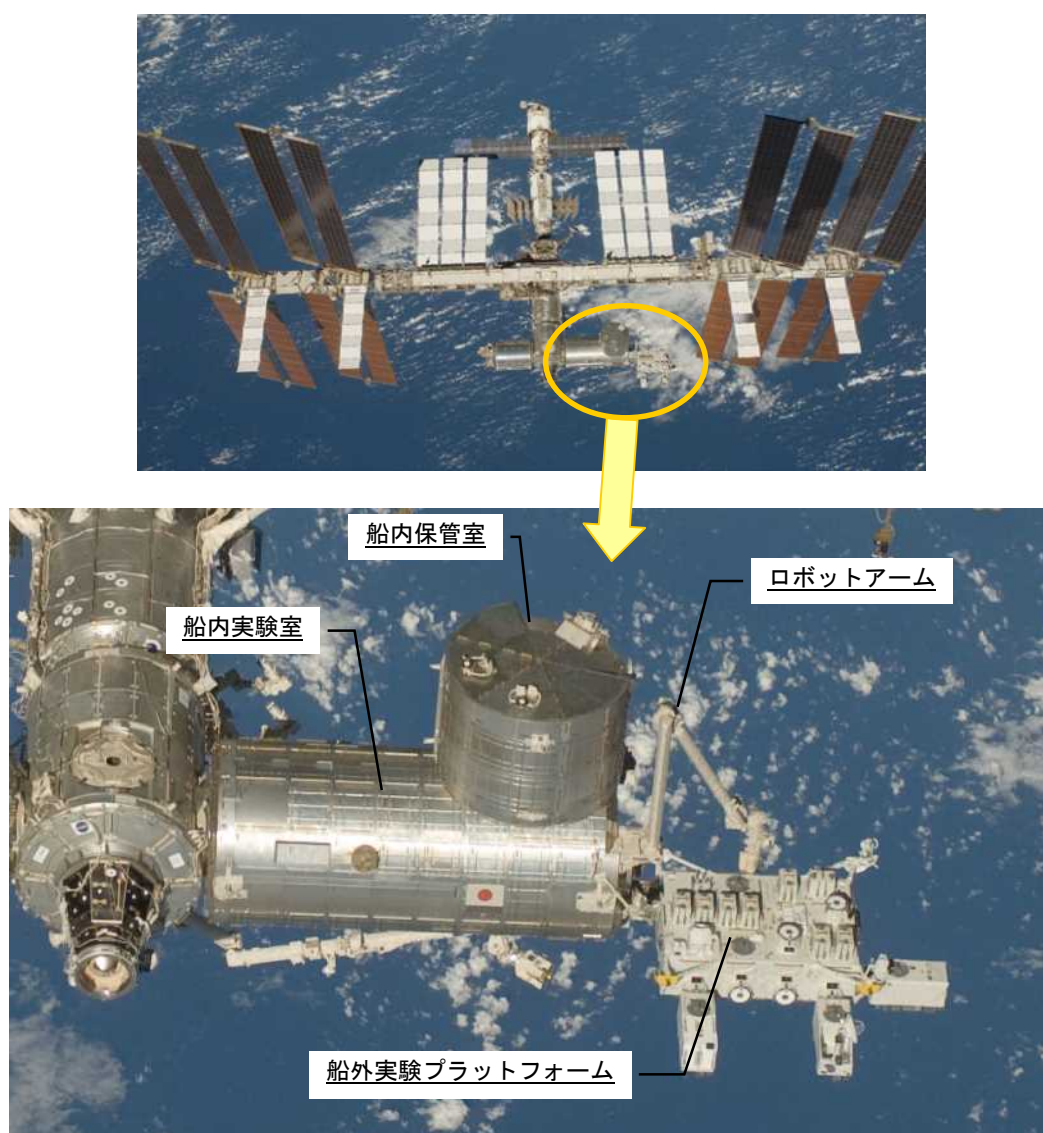


図 1-1 「きぼう」の構成(STS-127 ミッション終了後)

(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 4.4m 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、超小型衛星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。

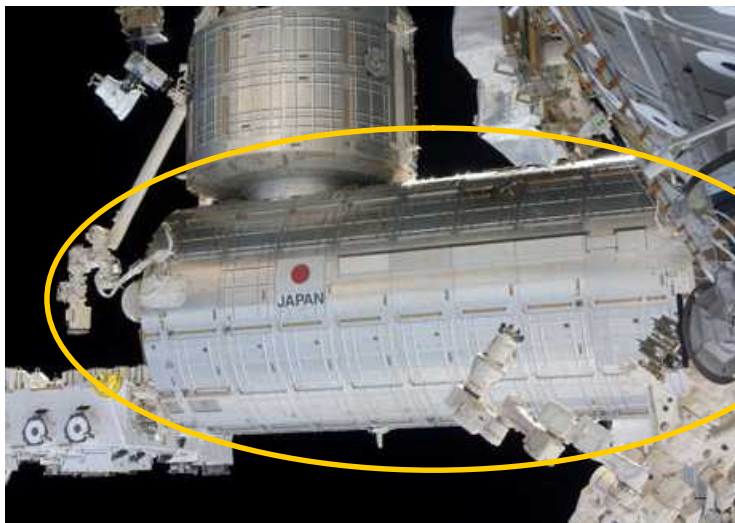


図 1-2 船内実験室(外観)

<http://spaceflight.nasa.gov/gallery/images/station/crew-20/html/iss020e025622.html>

「きぼう」
エアロック



図 1-3 船内実験室(船内)

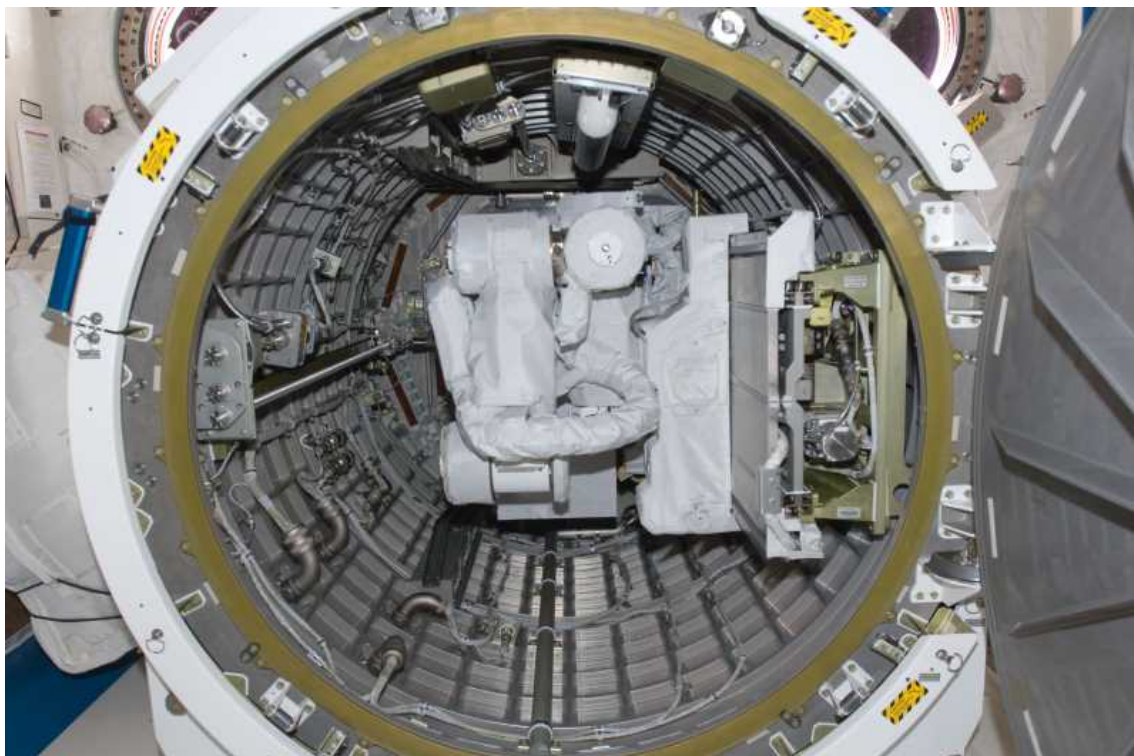


図 1-4 子アームを船外へ出すためにエアロック内部を開けた状態(2010 年 3 月)

2015 年秋に、欧州宇宙機関(ESA)が「きぼう」船内(およびその他の ISS 船内)を 360 度自由に眺められるツールを以下で公開しています。

http://www.esa.int/Our_Activities/Human_Spaceflight/International_Space_Station/Highlights/International_Space_Station_panoramic_tour

(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(注:シャトルでの物資補給に使われていた MPLM「レオナルド」が PMM(Permanent Multipurpose Module)に改造されて、2011年2月にISSに設置されましたが、これは軌道上の保管場所が不足していることを受けて急きょ計画が見直されたもので、それ以前は船内保管室が唯一の専用保管モジュールでした)。



図 1-5 船内保管室(外観)



図 1-6 船内保管室(船内)

(3) 船外実験プラットフォーム

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

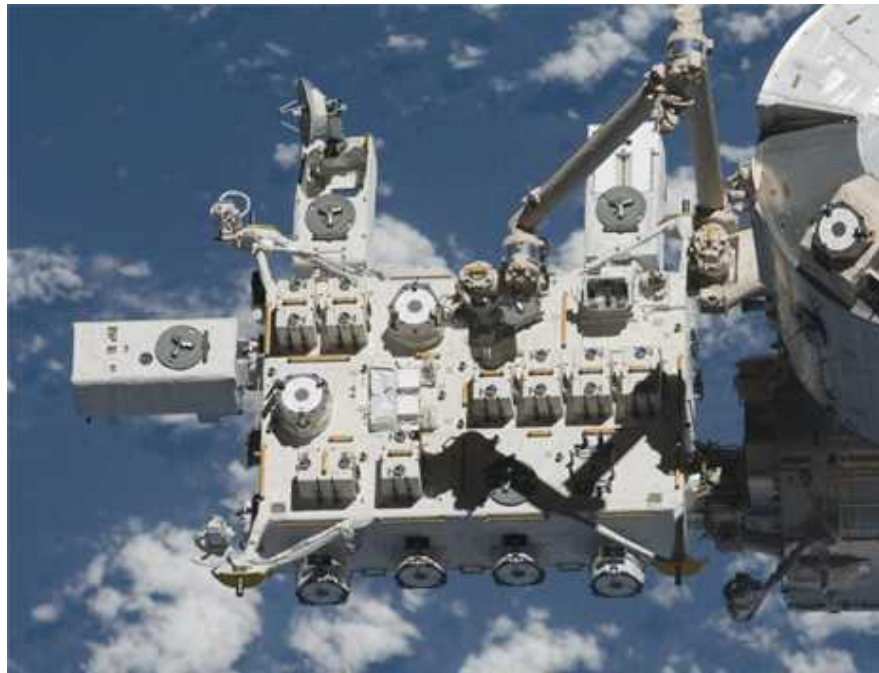


図 1-7 船外実験プラットフォーム外観の変化（上は 2J/A フライト後、左下は 2015 年 1 月、右下は 2015 年秋(実験を終えた実験装置 2 基を廃棄済み)）



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

(4) ロボットアーム(JEMRMS)

ロボットアーム(JEMRMS)は、船外実験プラットフォームでの実験で、実験装置の交換など人間の代わりに作業を行う「腕」となる部分で、「親アーム」とその先端に取り付けられる「子アーム」(HTV 技術実証機で運搬)で構成されています。それぞれ6個の関節を持ち、宇宙飛行士が船内実験室のロボットアーム操作卓を使って(あるいは地上の管制官が)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。

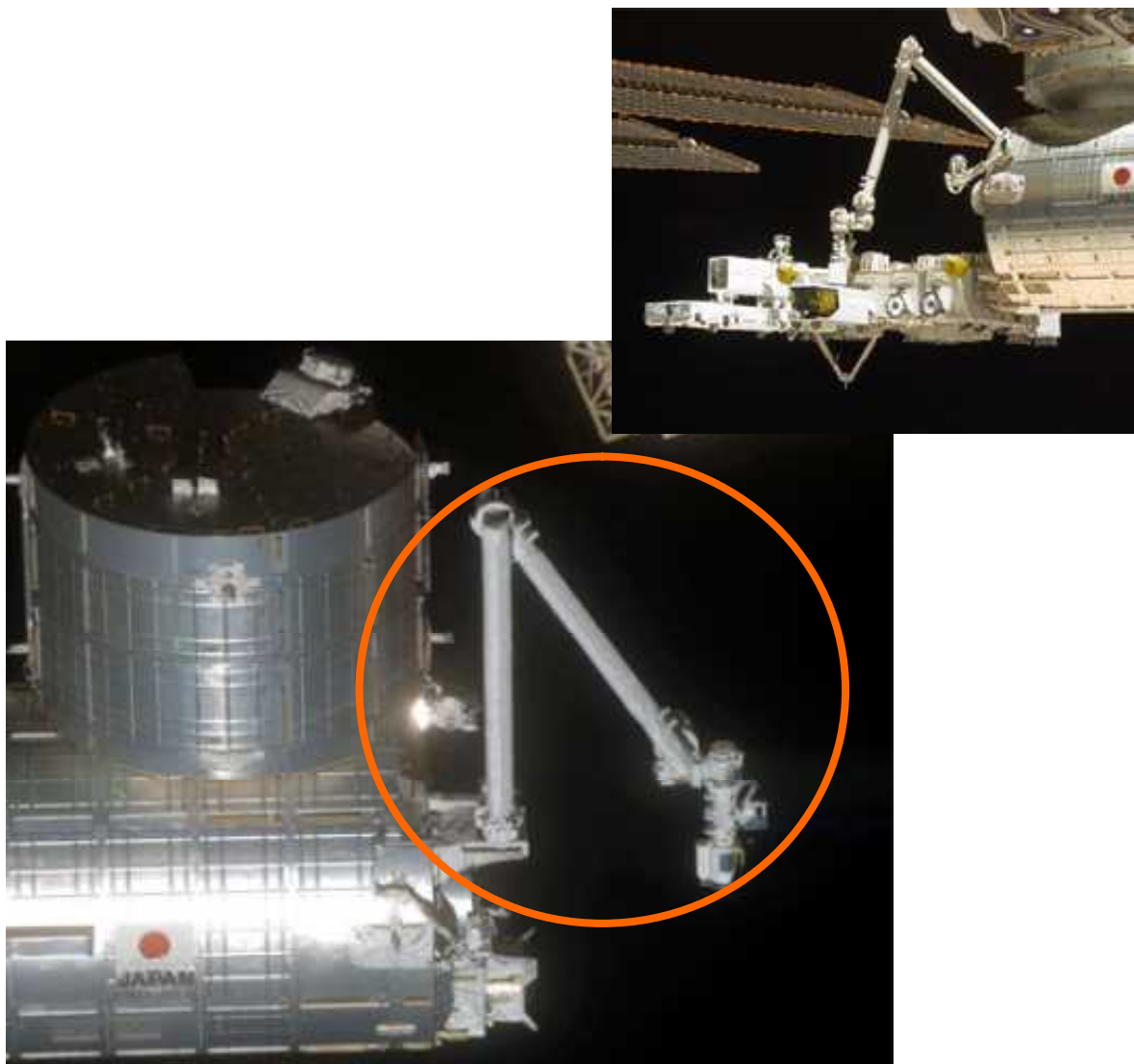


図 1-9 「きぼう」ロボットアーム



図 1-10 「きぼう」ロボットアームワークステーション
<http://iss.jaxa.jp/library/photo/iss018e044184.php>

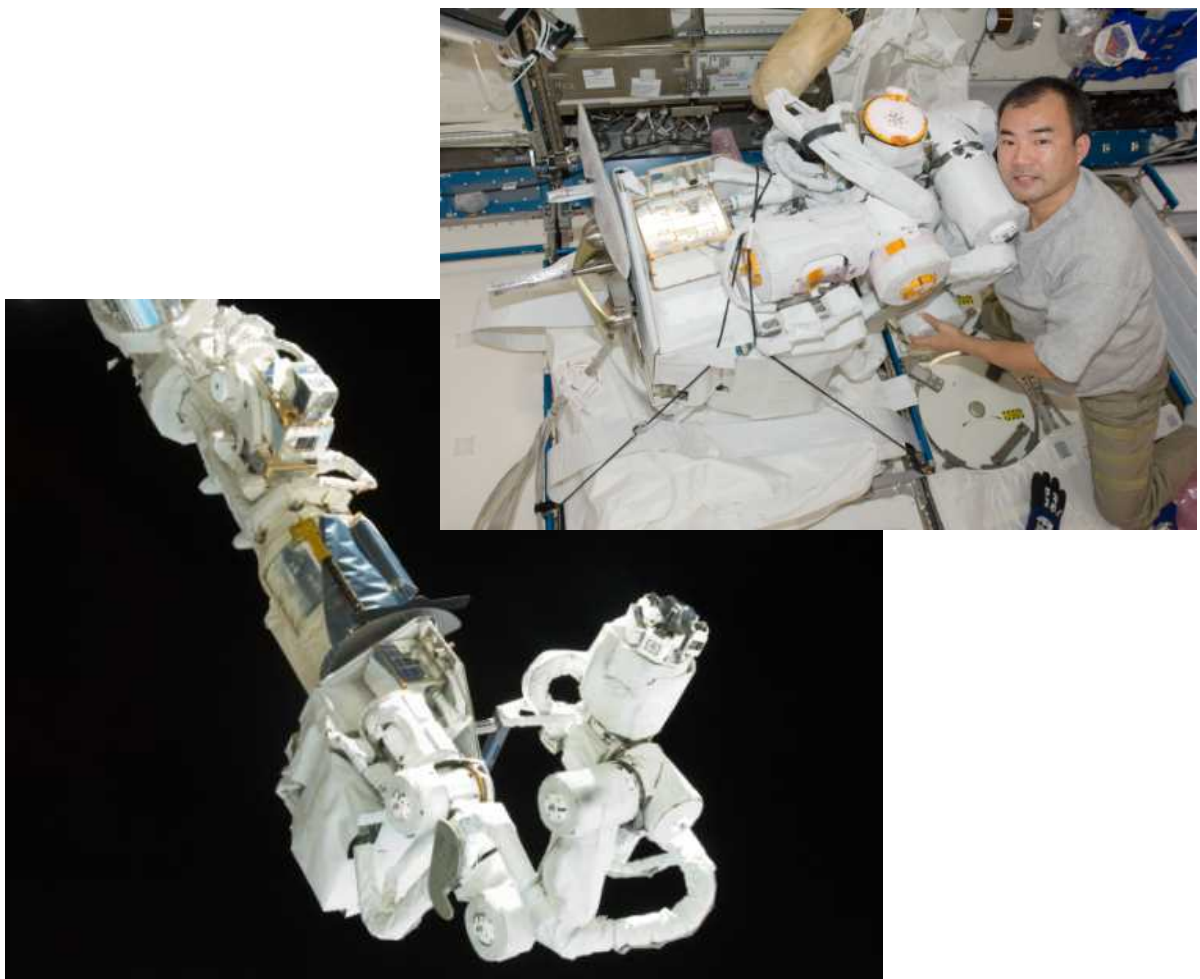


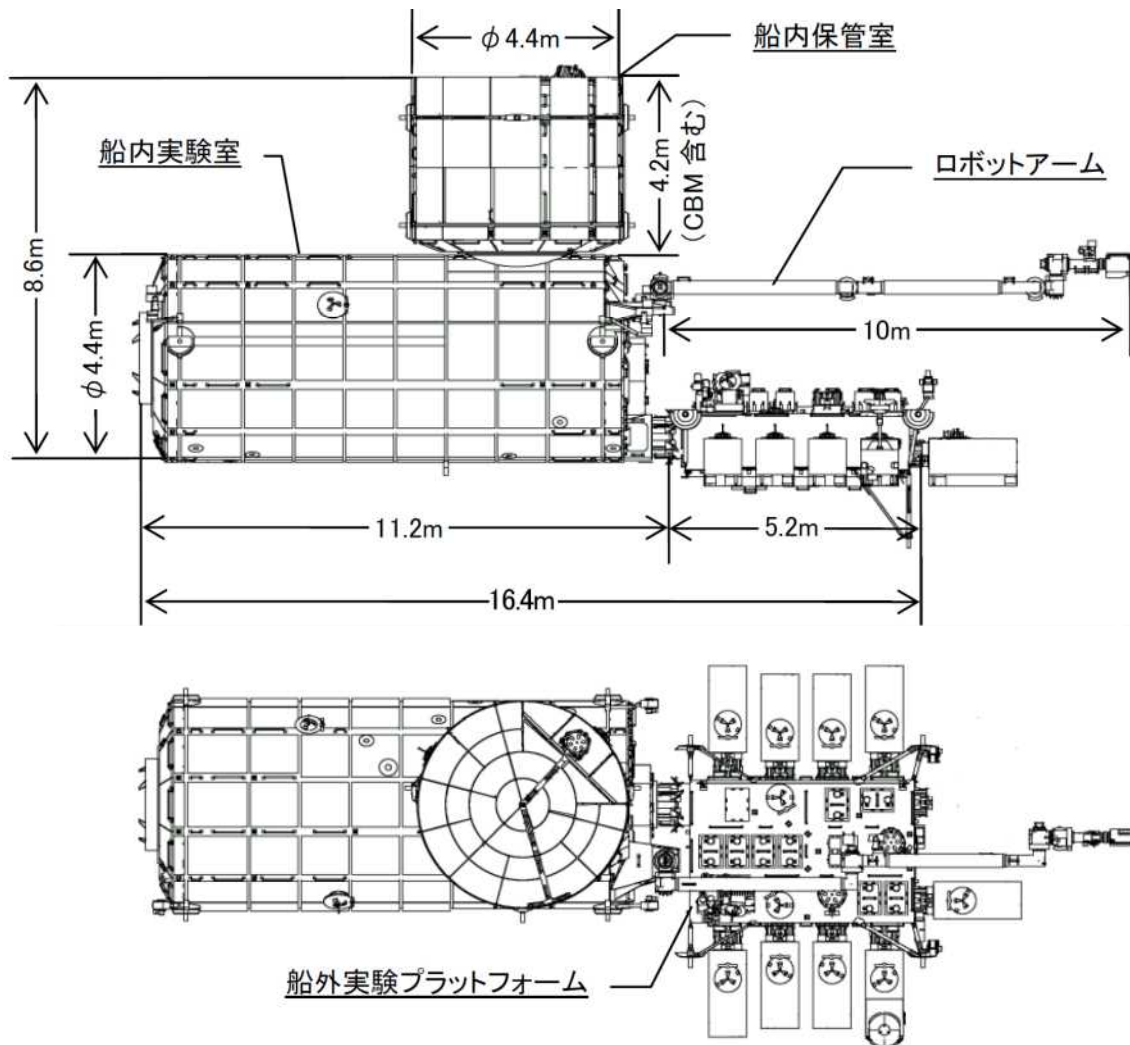
図 1-11 「きぼう」ロボットアームの先端で把持された子アーム(2010 年 3 月)
<http://iss.jaxa.jp/library/photo/iss022e019988.php> (中央の写真)
<http://iss.jaxa.jp/library/photo/iss022e090362.php>

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以下の表に示します。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(こちらに掲載 <http://iss.jaxa.jp/kibo/library/fact/>)を参照ください。

表 2-1 「きぼう」日本実験棟を構成する各要素の主要諸元

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



CBM: Common Berthing Mechanism、共通結合機構

図 2-1 「きぼう」の寸法図

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。

表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。

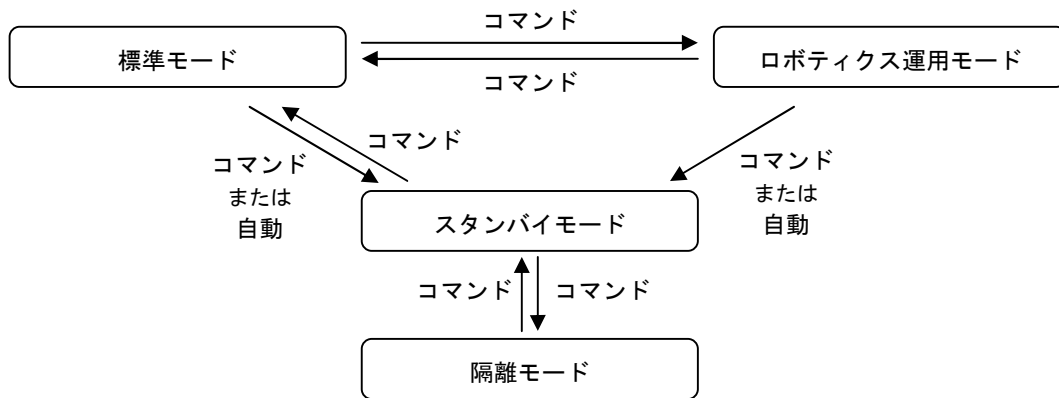


図3-1「きぼう」運用モードの遷移

表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

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。

2016 年 5 月現在、船内実験室に設置されている JAXA 関連のラックは以下のとおりです。

- 電力(EPS)ラック-1(A 系)
- 電力(EPS)ラック-2(B 系)
- 情報管制(DMS)ラック-1(A 系)
- 情報管制(DMS)ラック-2(B 系)
- 空調／熱制御(ECLSS/TCS)ラック-1(A 系)
- 空調／熱制御(ECLSS/TCS)ラック-2(B 系)
- 「きぼう」のロボットアーム(JEMRMS)制御ラック
- ワークステーション(WS)ラック
- 衛星間通信システム(ICS)ラック
- SAIBO ラック(実験ラック)
- RYUTAI ラック(実験ラック)
- KOBAIRO ラック(実験ラック)（「こうのとり」2 号機で運搬）
- 多目的実験ラック(MSPR)（実験ラック）（「こうのとり」2 号機で運搬）
- 多目的実験ラック 2(MSPR-2)（実験ラック）（「こうのとり」5 号機で運搬）
- 「きぼう」の保管ラック 2 台

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



図 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

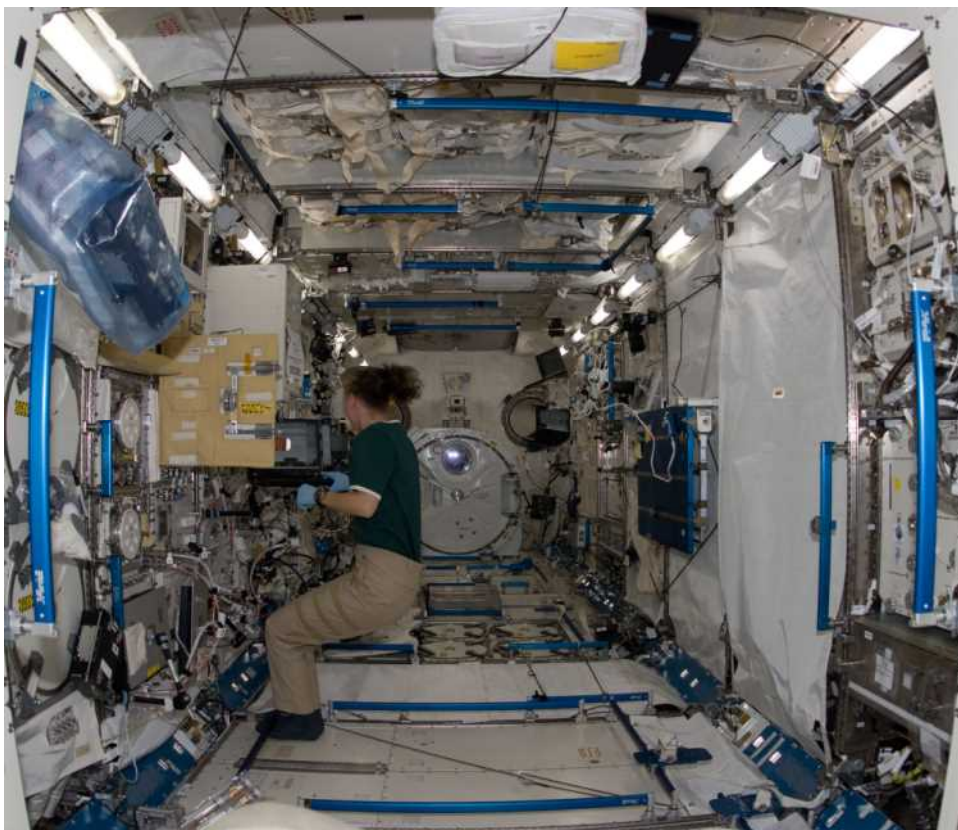


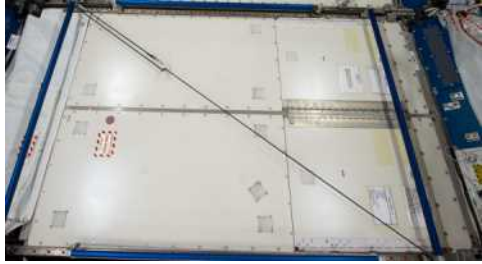
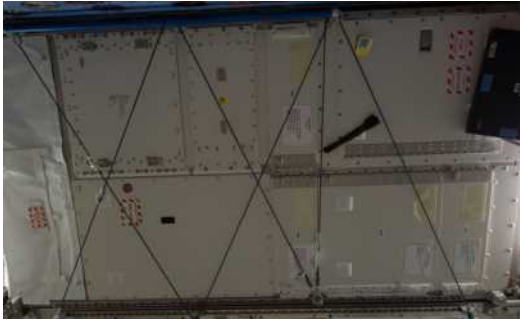
図 4-2 船内実験室(2010 年 10 月時点)

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 4.1-1 「きぼう」システムラックの機能

◆ 電力ラック EPS(Electrical Power System) Rack 	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。 このラックは床面に 2 台設置されています。
◆ 情報管制ラック DMS(Data Management System) Rack 	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。 このラックは天井に 2 台設置されています。
◆ 空調/熱制御ラック ECLSS/TCS(Environment Control and Life Support System / Thermal Control System) Rack 	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。 このラックは床面に 2 台設置されています。

◆ ワークステーションラック

WS(Work Station) Rack



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

◆ 衛星間通信システムラック

ICS(Inter-Orbit
Communication System) Rack



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

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

※「きぼう」のロボットアーム (JEMRMS) 制御ラックは、4.2.5 項を参照ください。

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。

*) ロシアのモジュールを除きます。

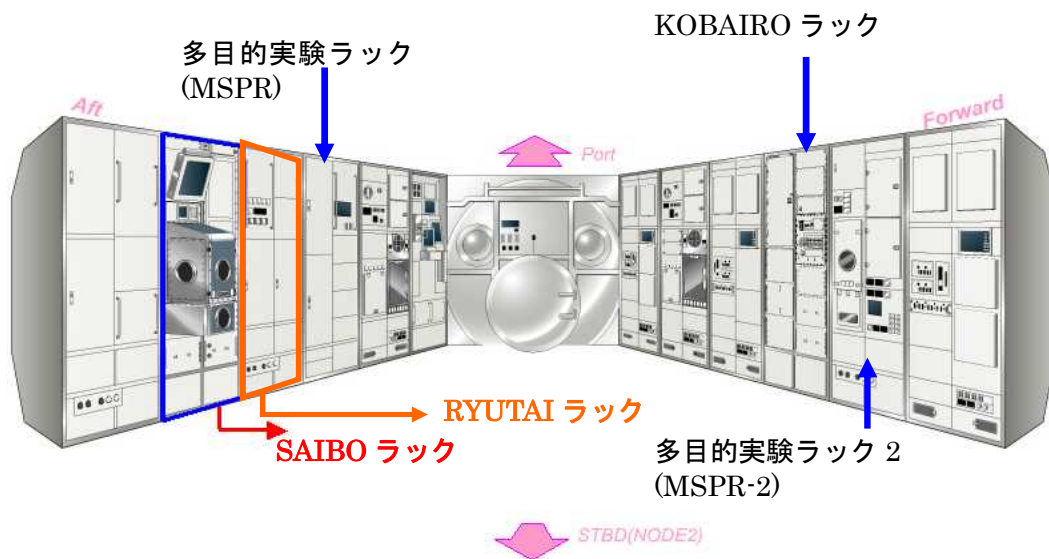


図 4.2-1 船内実験室のラックの配置

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わる実験を行う実験ラックです。

SAIBO ラックには、以下に示す実験装置が搭載されています。

軌道上の SAIBO ラック(右の写真)

向かって右側に CBEF、左側に CB を収容



■ 細胞培養装置(CBEF)

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

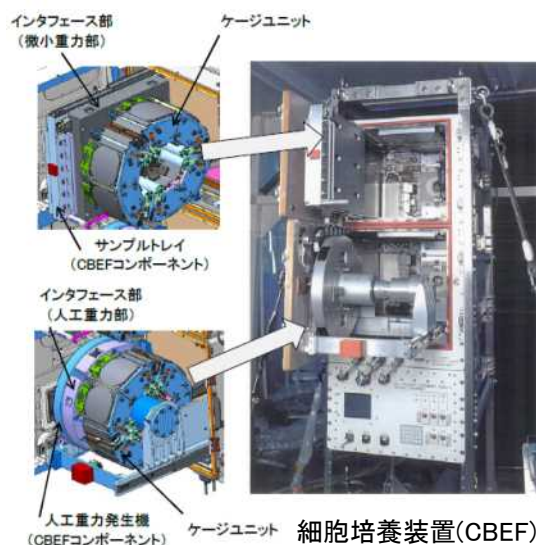


細胞培養装置(CBEF)

■ 小動物飼育装置(MHU)

小動物飼育装置 MHU(Mouse Habitat Unit)は、マウスを1 ケージに1 匹ずつ入れて個別に長期間(30 日間：装置を交換すれば 30 日間以上も可能)、飼育・観察できます。ケージに装備したビデオカメラにより地上でライブ観察ができる他、水と餌を与えられるようになっており、糞尿の除去も可能です。細胞培養装置(CBEF)に各ケージを設置することで微小重力環境と人工重力による比較が可能です。

小動物飼育装置(MHU)



■ 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)

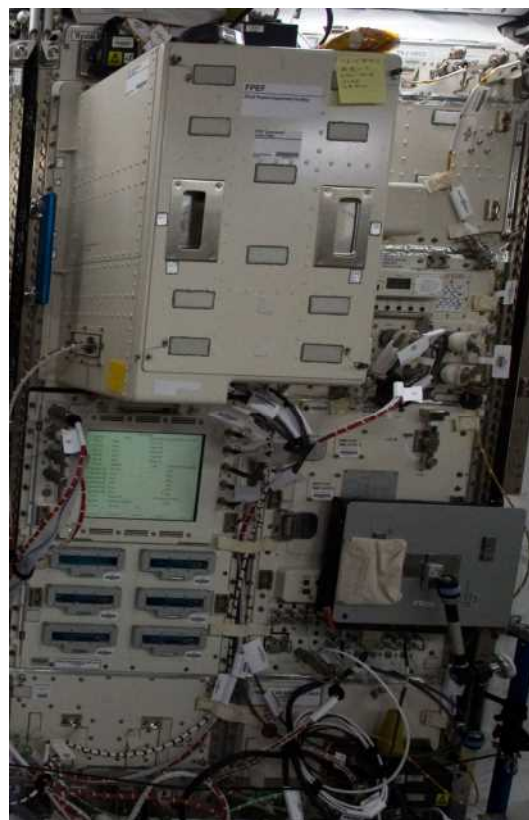


4.2.2 流体(RYUTAI)ラック

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

RYUTAI ラックには以下に示す実験装置が搭載されています。

軌道上の RYUTAI ラック(右の写真)



■ 流体物理実験装置(FPEF)

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

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

■ 溶液・タンパク質結晶成長実験装置(SPCF)

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

■ 画像取得処理装置(IPU)

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

4.2.3 勾配炉(KOBAIRO)ラック

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

軌道上の KOBAIRO ラック(右の写真)
<http://iss.jaxa.jp/library/photo/iss026e022417.php>

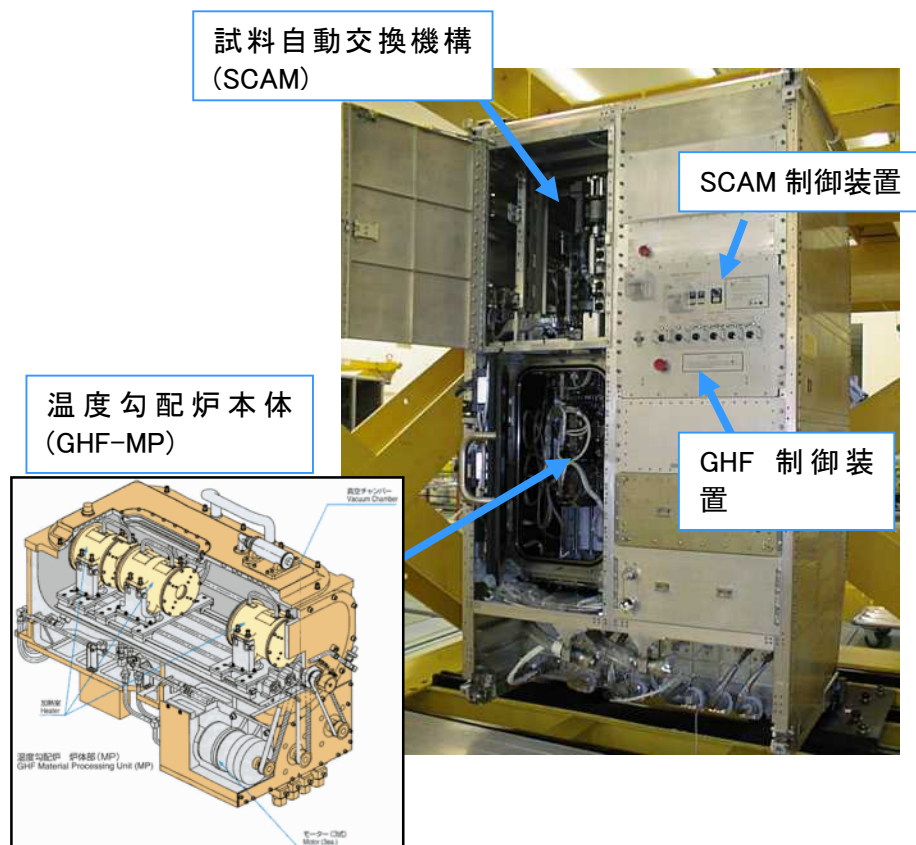


図 4.2.3-1 勾配炉ラックの構成

4.2.4 多目的実験ラック(MSPR)

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

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

燃焼実験を行うユーザーに対しては、ワークボリューム内に設置できる燃焼実験チャンバ(Chamber for Combustion Experiment: CCE)と、水棲生物実験装置(Aquatic Habitat: AQH)が用意されています。さらに静電浮遊炉(ELF)を設置する多目的実験ラック 2(MSPR-2)が「こうのとりの5号機」で運ばれました。

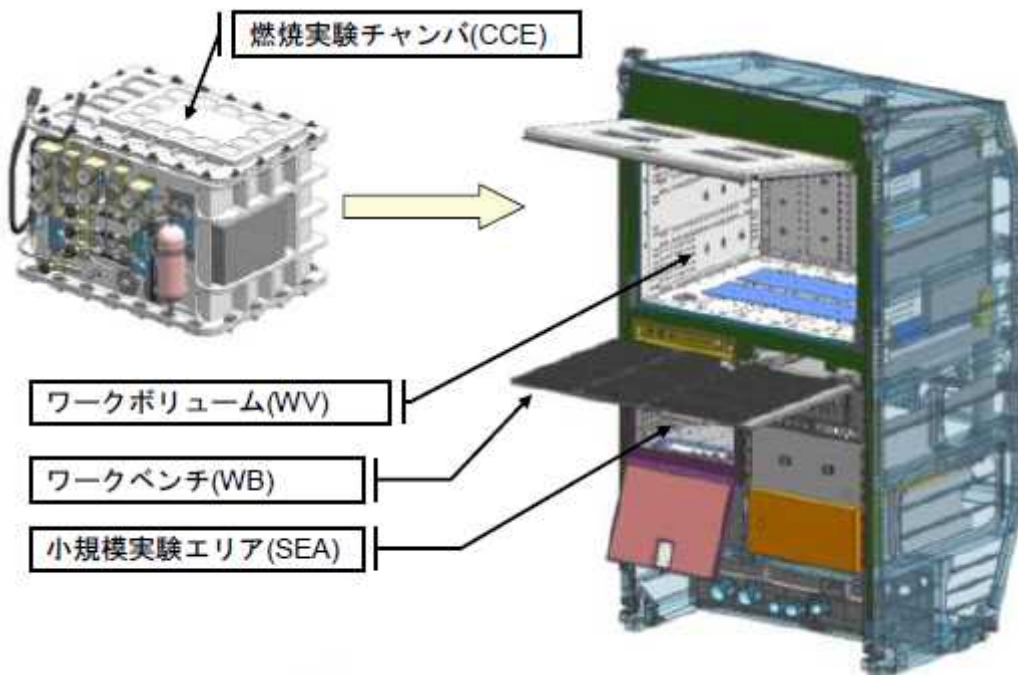


図 4.2.4-1 多目的実験ラック(MSPR)(イメージ図)



図 4.2.4-2 多目的実験ラックの写真(打上げ前)

コラム付録 2-1

実験ラックの役割

ISS 内部は重力がほぼゼロで、宇宙飛行士は浮遊状態にあります。宇宙飛行士から見て、実験装置が引っ込んでいたり、出っ張ったりしていたり、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「こうのとり」(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 (注: シャトルが退役したため、現在では「こうのとり」が唯一の運搬手段です)。

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。

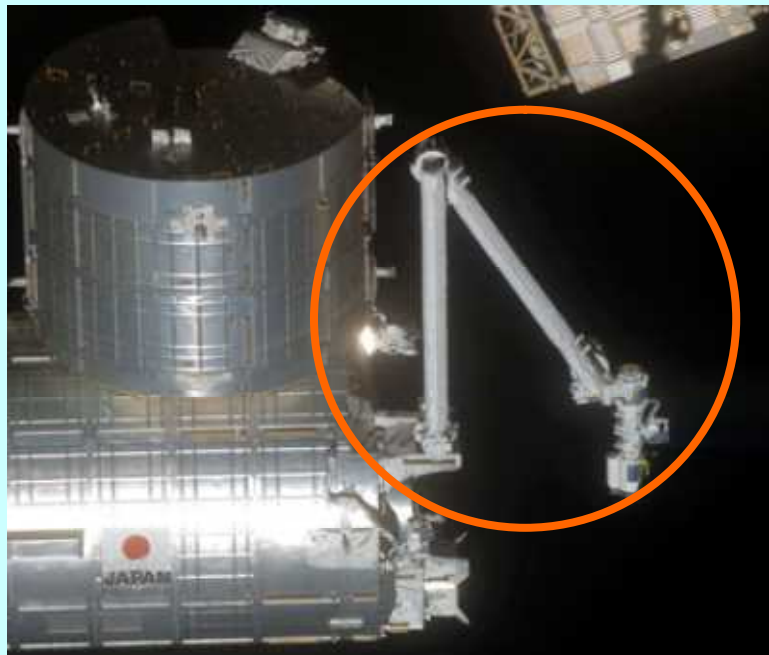
4.2.5 「きぼう」のロボットアーム(JEMRMS)制御ラック

「きぼう」のロボットアームである親アーム、子アームは、共に 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)のテレビモニターで確認しながら作業を進めていきます。

コラム付録 2-2

「きぼう」のロボットアームの軌道上での保存姿勢

保存姿勢とは、ロボットアームの使用を終えたときの収納姿勢です。ロボットアームを使用しない時は、この姿勢に投入されます。



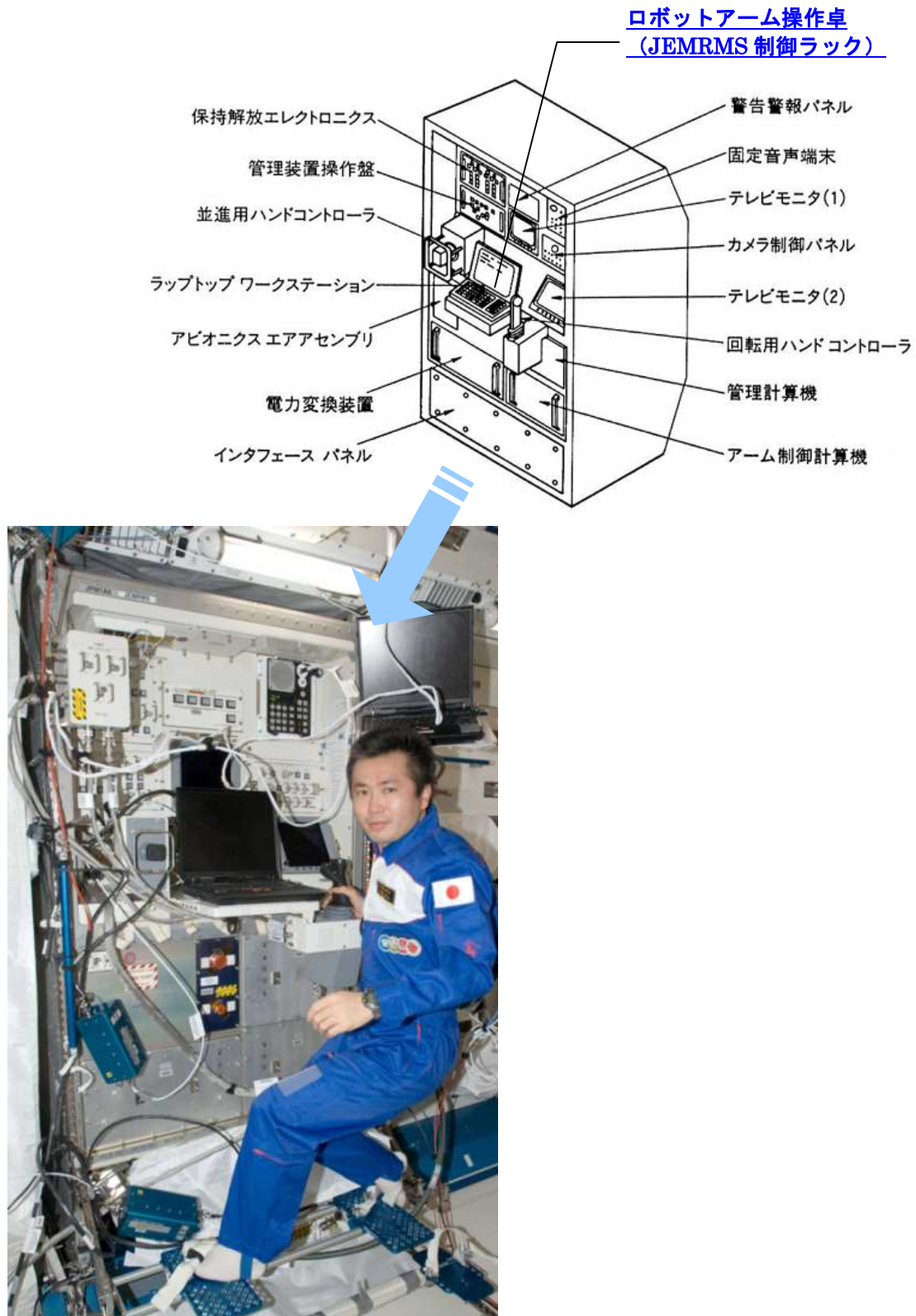


図 4.2.5-1 JEMRMS 制御ラックの構成
<http://iss.jaxa.jp/library/photo/iss020e015807.php>

5. 運用管制

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

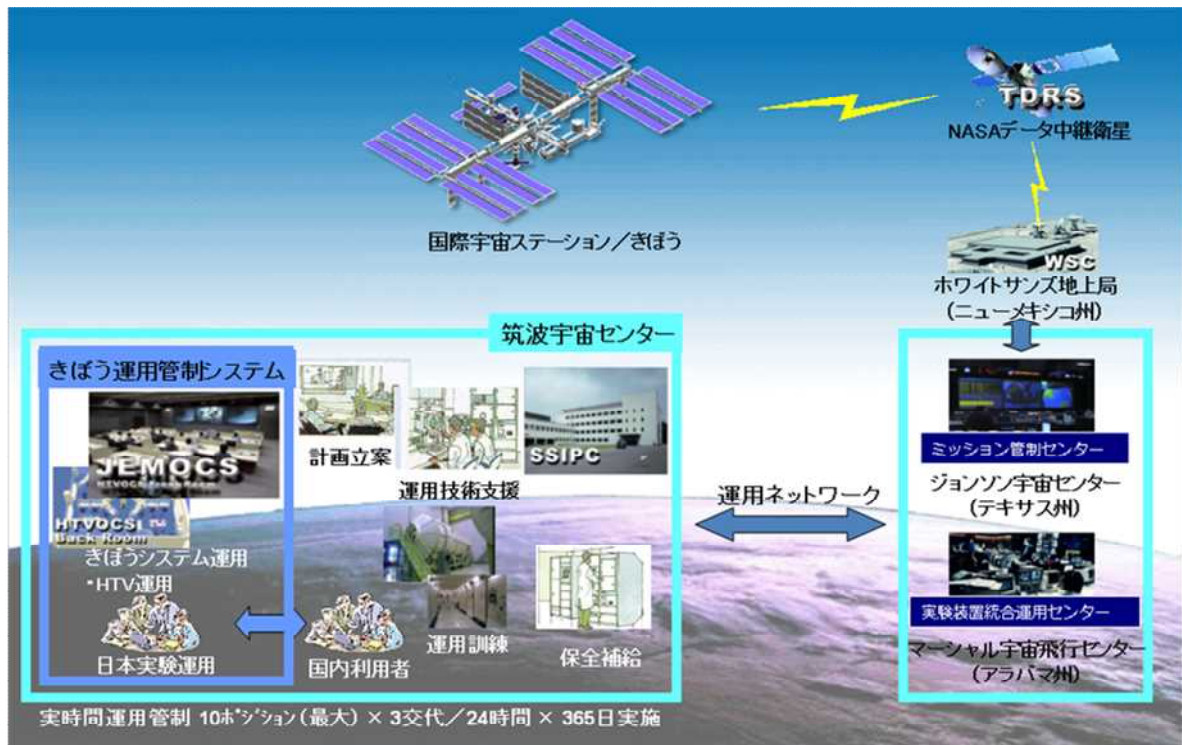


図 5-1 「きぼう」運用システム概要

■ 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「こうのとりのゆりかご」)、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。

【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://iss.jaxa.jp/kibo/system/operation/ocs/>

■ 「きぼう」運用管制チーム

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

■ 「きぼう」実験運用管制チーム

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

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。
- **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。

■ **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。

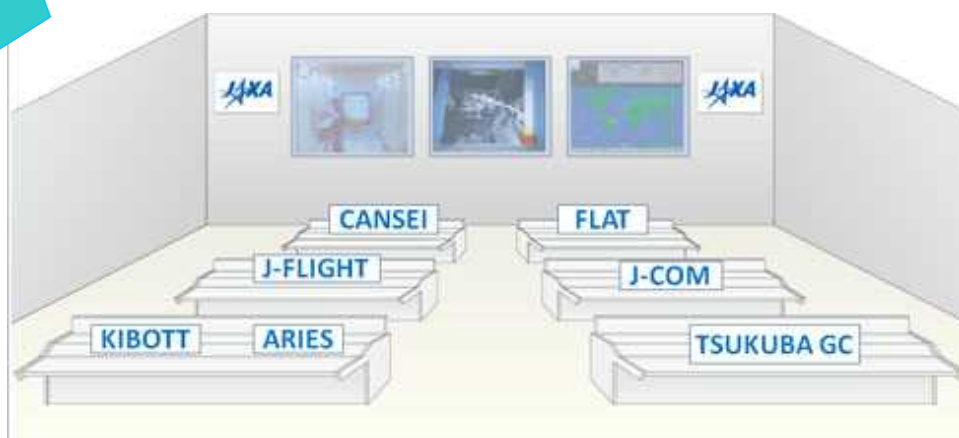


図 5.1-1 「きぼう」日本実験棟の運用管制室の配置図

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。

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ようになります。

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。



図 5.3-1 「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))

付録3 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は、カザフスタン共和国のバイコヌール宇宙基地からソユーズロケット(Soyuz FG)で打ち上げられます。

ソユーズ宇宙船は、NASAのスペースシャトルが退役した後、国際宇宙ステーション(ISS)の長期滞在クルーの往復のための唯一の輸送システムとして使われています。従来のソユーズTMA-M型に代わり、2016年7月からは最新型のソユーズMS型に切り替えられます。

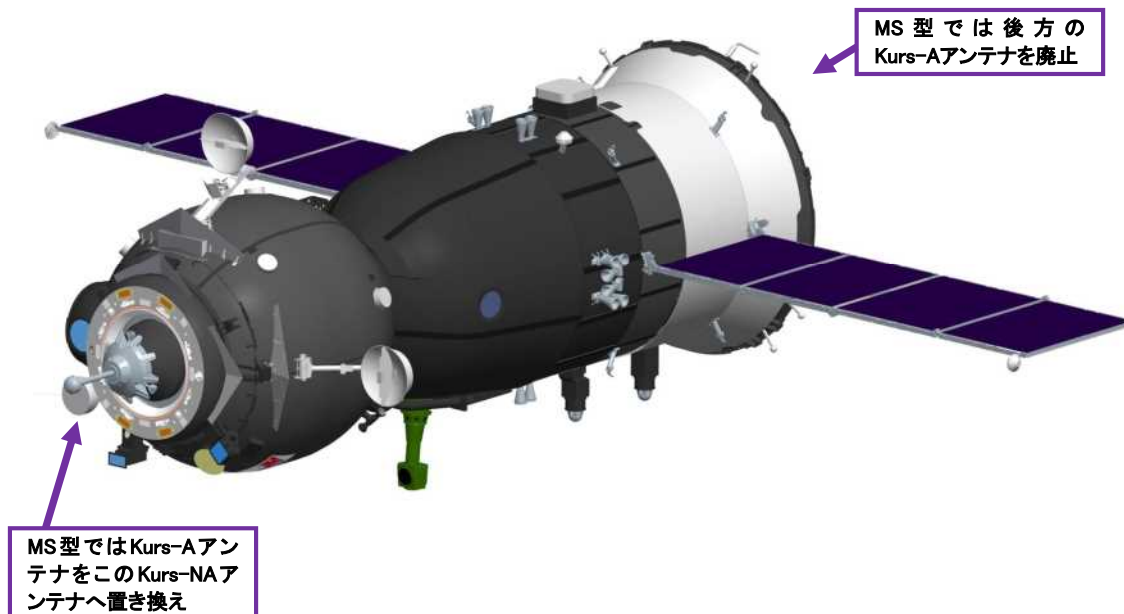


図1 ソユーズMS型の外観

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(デブリ接近時の避難場所として使用)や、宇宙飛行士の病気・怪我などで早期の帰還が必要になった場合の緊急帰還船として、ISSに常時係留[※]します。
※ソユーズ宇宙船の軌道上運用寿命は、200日間であるため、半年毎に新しいソユーズ宇宙船と交換する必要があります。
- 任務を終了した長期滞在クルーの帰還時には、実験試料などの物資約120kgを地上に回収できます。(シャトルが退役した現在、Space X社のドラゴン宇宙船と、ソユーズ宇宙船だけが回収能力を持ちます。)
- 最上部の軌道モジュールには、ISSの不用品や使用済みの品などを搭載して、(大気圏突入時にクルーが搭乗している)帰還モジュールと分離した後、軌道モジュールごと燃焼させて廃棄します(ゴミ処理にも利用可能)。

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。

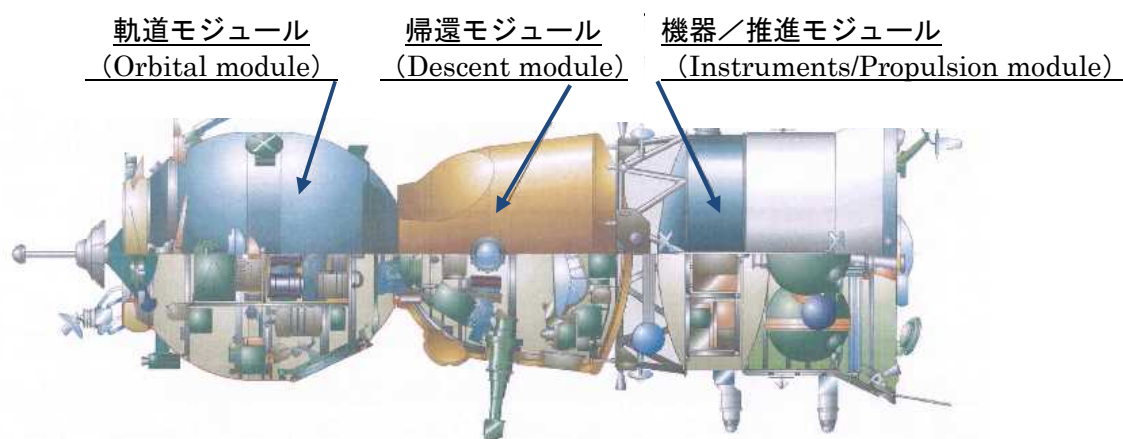
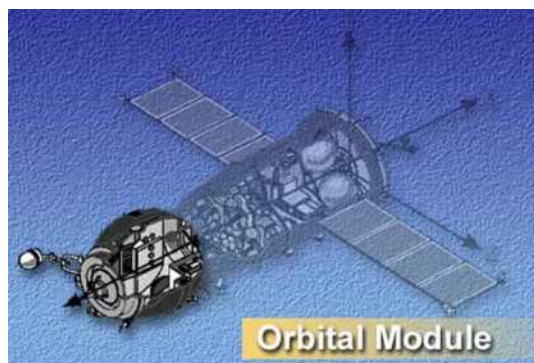


図1-1 ソユーズ宇宙船の構成

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(着替えや食事、トイレ、睡眠スペースとして使用)するモジュールで、ランデブ飛行やドッキング運用に必要な機器類が搭載されています。モジュール内部は約6.3m³ほどの広さで、モジュールの前方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し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、軌道離脱噴射を終了した後に、帰還モジュールから分離して大気圏へ突入し、高熱で分解・燃焼します。



図1.1-1 軌道モジュールの外部と内部の写真

1.2 帰還モジュール

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

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

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

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

帰還モジュールの重量は約2,900kgで、内部は約4m³の広さです。帰還モジュール内部には、搭乗クルー3名のほか、約120kgの回収品を搭載して地上に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。



図1.2-1 帰還モジュールの内部

1.3 機器／推進モジュール

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

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

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



図1.3-1 機器／推進モジュール

1.4 ソユーズ宇宙船の主要諸元

表1.4-1 ソユーズ宇宙船の主要諸元（ソユーズTMA型）

重量	打上げ時重量	最大7,220 kg
	うち、帰還モジュール	約2,900 kg
長さ		6.98 m
直径	軌道モジュール、 帰還モジュール	2.20 m
	機器／推進モジュール	2.72 m
搭乗員数		2～3名
搭載ペイロード重量		100kg以下(3名搭乗時)
回収ペイロード重量		50kg以下(3名搭乗時)
単独飛行可能期間		4日間
飛行可能期間		200日間 (過去最長はソユーズTMA-9の215日間)
飛行可能高度		最大460km (ドッキング時は最大425km)
使用ロケット		ソユーズFG
着陸速度	主パラシュート使用時	最大2.6m/s、ノミナル1.4m/s
	予備パラシュート使用時	最大4.0m/s、ノミナル2.4m/s
推進薬	燃料	非対称ジメチルヒドラジン(UDMH)
	酸化剤	四酸化二窒素(NTO)
太陽電池 パドル	翼端までの長さ	10.7 m
	面積	10 m ²
	発電量	最大1 kW

(RSC Energia社 HP)

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

ソユーズTMAは、2002年10月から2012年4月まで10年間で22機が使われ退役しました。2010年10月から使われるようになった後継機のソユーズTMA-Mはコンピュータをデジタル化し、約70kg軽量化されたためペイロードの搭載量も70kg増加し、120kg搭載できるようになりましたが、構造としての仕様はほとんど同じです。

2016年6月からは新型のソユーズMSに切り替えられますが、MS型の諸元は公開されていません。

1.5 ソユーズ宇宙船の改良

(1)ソユーズTMA

ソユーズTMA宇宙船は、1986年から2002年までの約16年間にわたり、宇宙飛行士をミール宇宙ステーションやISSに運んでいたソユーズTMに改良を加えたもので、2002年から使用を開始し、2012年4月に後継機のTMA-Mと交替して退役しました。

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

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。また新しい再突入制御システムと3軸加速度計を採用したことで、着陸精度が向上しました。

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



図1.5-1 ソユーズTMA帰還カプセルの落下衝撃試験の様子

表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
足のサイズ(cm)	上限	-	29.5 cm

(RSC Energia社HP)

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

(2)ソユーズTMA-M

ソユーズTMAの改良型であるソユーズTMA-Mは、2010年10月8日に初飛行しました。

ソユーズTMA-Mは、外観は従来型から変化していませんが、30年以上前の1974年から使われていた古いアナログ方式のアルゴン-16コンピュータを新しいデジタル方式のTsVM-101コンピュータ(計算能力は30倍に向上)に換装したり、テレメトリシステムのデジタル化が行われるなど、旧式化した36基の機器を19基の新しい機器に換装する改良が行われ、計70kg軽量化されました。その分、搭載ペイロードも50kgから120kgへ70kg増やせるようになりました。また、消費電力の削減や、打上げ準備段階での試験の簡素化が可能になりました。

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

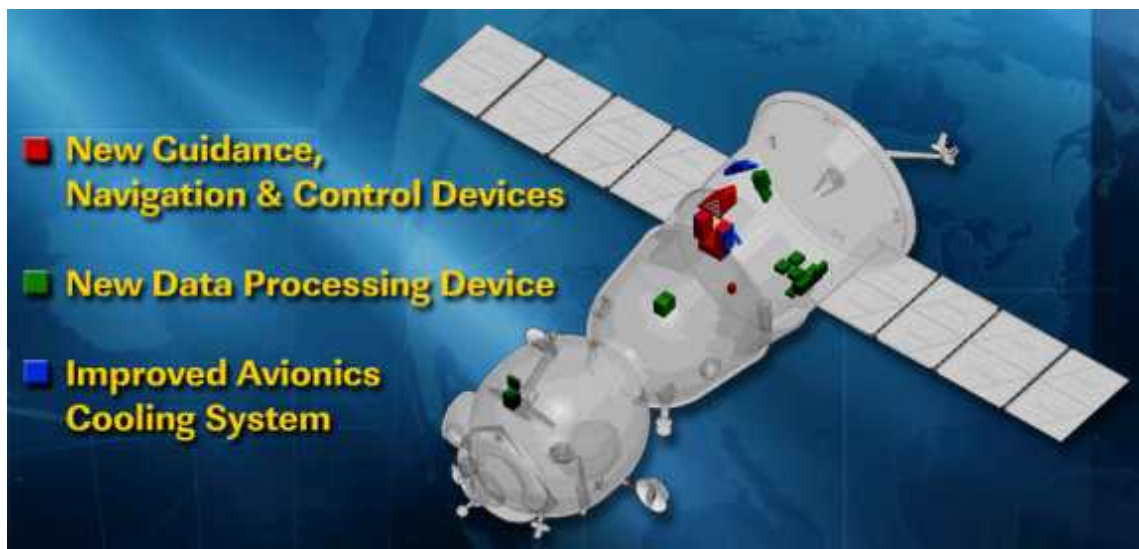


図1.5-2 ソユーズTMA-Mで改良した制御機器 (Roscosmos/RSC Energia)
(計36基の古い機器を19基の新しい機器で更新)

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

なお、ソユーズTMA-M宇宙船の改良はその後も続けられており、発電能力増強のための太陽電池の改良、デブリ防護能力強化のためのデブリシールドの追加や、航法装置の改良などが2012年から徐々に導入されています。

(3)ソユーズMS

2016年6月からデビューするソユーズMSでは以下の改良が行われています。

- ウクライナ製だったランデブーアンテナKurs-Aをロシア製のKurs-NAに更新(アンテナの数を削減、重量と電力消費量も削減。)
- 無線通信装置の更新(データ中継衛星経由での通信が可能となり、通信可能範囲が大幅に増加。従来はロシア地上局上空でしか通信ができませんし

た。)

- 航法システムの強化（衛星航法システムを搭載し、測位精度も向上）
- 太陽電池パネルの発電能力の強化
- 大型と小型の2種類があった姿勢制御スラスターのサイズを大型1種類にまとめ、配置も変えるなど、信頼性を向上。
- その他、旧式化していた機器を更新。

・ソユーズMSの改良箇所を紹介した参考URL

http://www.energia.ru/en/news/news-2016/news_05-24.html

2. ソユーズ宇宙船のシステム概要

2.1 環境制御／生命維持に関わる装置類

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、帰還時を除けば、普段着で過ごせます。

（ただし、2013年からは6時間でISSにドッキングする特急フライト（急速ランデブー方式）が導入されたため、特急フライト適用時は軌道投入後に与圧服を脱ぐことは止めました。上半身のみスーツを脱いでトイレを使えるようにする程度となっています。）

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）。

2.2 通信（アンテナ）に関わる装置類

ソユーズ宇宙船は、地上及び、ISSとの通信が可能です。新型のMS型機からはロシアのデータ中継衛星を介した通信もできるようになったため、ロシアの地上局の上空でしか地上との通信ができなかった問題が解消されるようになりました。

2.3 電力に関わる装置類

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ー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。

2.4 Kurs自動ランデブ／ドッキングシステム

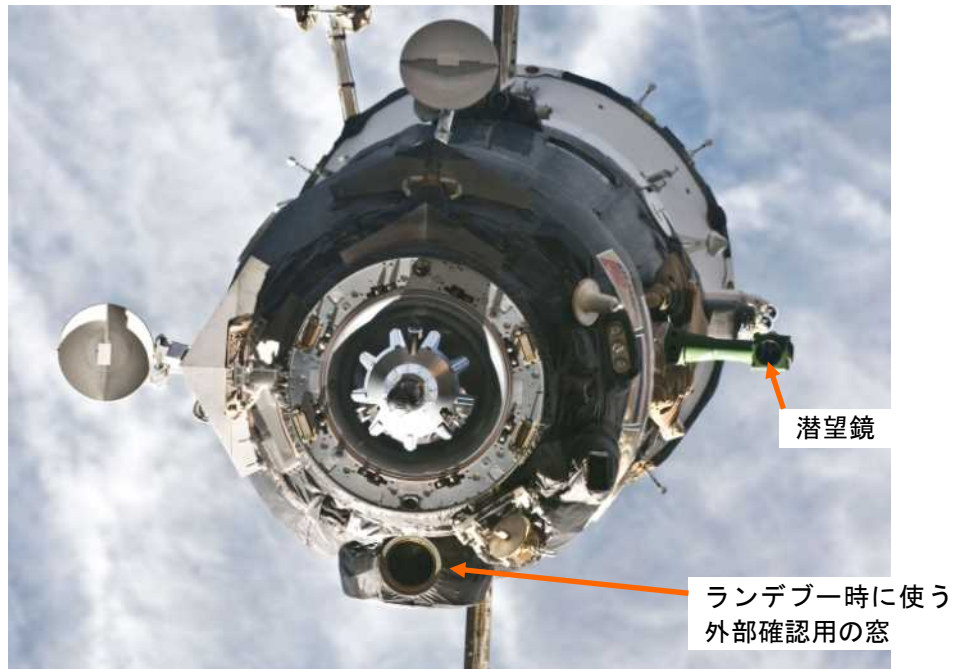
ソユーズ宇宙船は、無人のプログレス補給船でも使われている無線を使用したKurs「クルス」ランデブ／ドッキングシステムを使用しての自動ランデブ／ドッキングが可能です。通常はこのシステムを使用して自動でドッキングを行います。異常を感知した場合は直ちに手動操縦に切り替えてドッキングを行います。

なお、手動操縦に切り替えてのドッキングは珍しいトラブルではないため、ソユーズ宇宙船に搭乗する宇宙飛行士たちは、手動操縦でのドッキングの訓練を十分に実施しています。ソユーズMS及び、プログレスMSからはロシア製で新型のKurs-NAに機種更新され、精度も向上しました。



図2.4-1 ドッキング時の映像(カメラ映像にKursからのデータを重ねて表示)

(接近速度、ISSとの距離、姿勢の変化、時刻などを表示。中心線がドッキングポートの中心からずれるのは、そこにドッキングターゲットがあるためであり異常ではありません)



ソユーズTMA宇宙船を前方から撮影した写真（NASA）



ロシアのレーザー測距計（RSCエネルギー）



潜望鏡訓練の様子（RSCエネルギー）

図2.4-2 Kurs故障時に使う機器類

2.5 ドッキング機構

ソユーズ宇宙船は、プログレス補給船と同じProbe/Drogueタイプのドッキング機構(ハッチを兼ねる)を装備しており、「ズヴェズダ」の後部、「ピアース」(DC-1)下部、「ラスビエット」(MRM-1)下部、「ポイスク」(MRM-2)上部の計4箇所にドッキングすることができます(図3.4-2参照)。



図2.5-1 ソユーズ宇宙船のドッキング機構

2.6 軌道制御エンジン／姿勢制御スラスタ

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が使われます。

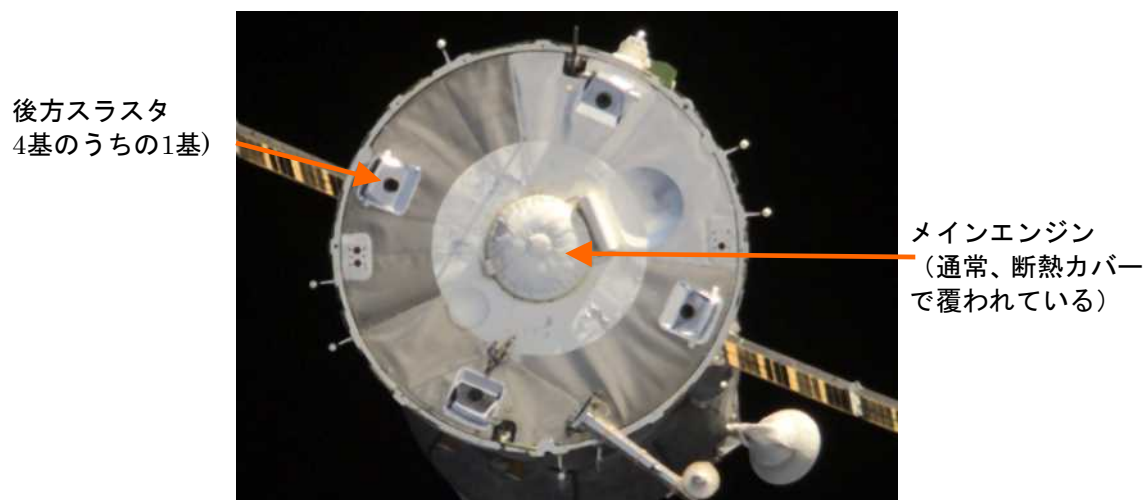


図2.6-1 ソユーズTMA宇宙船後方のメインエンジン

2.7 打上げ時の緊急脱出に関わる装置

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打上げ時には、打上げ90秒前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、この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、4枚の空力安定用のグリッドフィンを展開することで速度を落とし、軌道モジュールと帰還モジュールを切り離した後、約2.5km離れた地点に着地することになります。なお、通常の打上げでは上昇の途中で、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2.7-1 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エネルギー社)



図2.7-2 フェアリング上の空力安定用グリッドフィン
(青丸内:メッシュ状で、緊急時には90度下側へ展開)

2.8 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、飲料水、食料(3人のクルーの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、釣り具などのサバイバルキットを装備しています。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(初期のソユーズ18A, 23, 24号ですぐに救出できない状況を経験し、以後これらの装備が強化されました)。またパラシュートはテントとして使用することができます。

なお、ソユーズTMA-3からは弾道突入で帰還して捜索が遅れた場合などのケースに備えて、イリジウム衛星電話とポータブルな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2.8-1 ソユーズ宇宙船に装備されている防寒服(JAXA HP, ©GCTC)

2.9 Sokol与圧服と専用シート

Sokol(「ソコル」:ロシア語でハヤブサや鷹の意味)与圧服は、打上げ時とドッキング・分離時、帰還時に着用する与圧服で、ある程度の減圧や熱に耐えられます。2013年からは6時間弱でISSに到着することもできるようになったため、その場合はスーツを脱ぐのはドッキング完了後となっています。

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

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

大気圏突入時のGは、通常約4～5G、最大で約10～12Gがかかります。



図2.9-1 ソユーズ宇宙船の座席シートと搭乗姿勢 (NASA)



図2.9-2 (左)大西宇宙飛行士のシートライナーを石膏で型とりする様子 (JAXA)

<https://plus.google.com/101922061219949719231/posts/hL92k67e4iu>

(右)座席にシートライナーを装着した状態(カナダ人宇宙飛行士Chris HadfieldのTwitterより)



図2.9-3 Sokol与圧服を装着する様子

<https://plus.google.com/101922061219949719231/posts/e9Gvvg6w78W>

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

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

野口宇宙飛行士によるソコル宇宙服の紹介 [8分54秒]

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

(2010年5月31日掲載)

古川宇宙飛行士も打ち上げ前にTwitterで以下のように紹介しました。

「ソコル宇宙服は、打上げと帰還のときなどにソユーズ宇宙船内で着る与圧服。万一ソユーズに穴があいて減圧し、ソユーズ宇宙船内が真空になっても、ソコル宇宙服内は約0.4気圧に保たれ、クルーが守られる。」

大西宇宙飛行士のGoogle+での着用方法の紹介記事はこちら (2015年5月16日掲載)

<https://plus.google.com/photos/101922061219949719231/album/6149321786828167889/6149322432663764994>

2.10 ソューズ宇宙船の着陸について

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

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

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

2.11 着地時に使う衝撃緩和用ロケット

ソューズカプセルは、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(このため、降下中に底部の耐熱シールドを分離・投棄)し、地表高度約80cmで4基または6基の固体ロケットモータ(推力各2,500kg)を自動的に噴射させて、着地時の衝撃を緩和します。これにより、エアクションのような効果を生じさせて衝撃を緩和します。

ソューズTMA宇宙船では、この着地時の速度をソューズTM宇宙船の時の2～3m/secから、1～2m/secにまで改善しました。



図2.11-1 ソューズTMA-13が着陸する様子 (NASA HP)

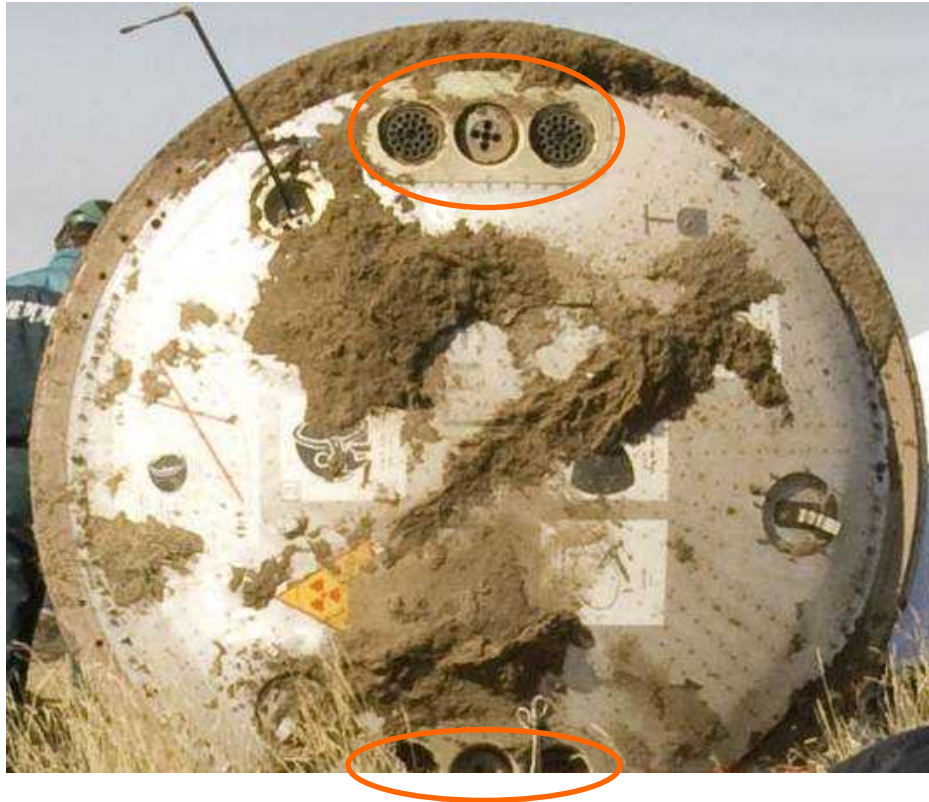


図2.11-2 ソユーズTMA-11の衝撃緩和用ロケット(NASA HPより)

3. 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にドッキングしていましたが、2013年3月のソユーズTMA-08Mから、打上げ当日に4周回でドッキングを行う方式に変更されました。この方法だと、打上げから6時間以内でISSに到着します(トラブルが起きた場合は、従来方式の2日かけての接近に変更されます)。大西宇宙飛行士が搭乗するソユーズMSは初号機であることから2日かけての接近となります。

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、長期滞在任務を終えたクルーを乗せて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(南大西洋上で)軌道離脱マヌーバを実施し、その約30分後に3つのモジュールを分離(だいたいエジプト上空付近)して大気圏に再突入、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。

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

【バイコヌール入りした後の宇宙飛行士の活動】

宙亀日記 バックアップクルーの任務より抜粋

http://iss.jaxa.jp/iss/jaxa_exp/yui/sorakame/20141225.html

バイコヌール宇宙基地への移動は、バスも航空機も全てプライムクルーとバックアップクルーは別々です。それは、万が一の際に、プライムクルーとバックアップクルーを同時に失う事がない様にする為です。

バイコヌールの空港に到着すると、専用のバスに乗り込み移動するのですが、入国の手続きなども特別に済ませてくれますし、移動時にはパトカーの先導もついているので、スムーズに移動できるんですよ。

移動を完了して最初の仕事は、ソユーズ宇宙船に乗り込んで、内部の確認を済ませることです。この確認作業は、プライムクルーとバックアップクルーが交代で行いますので、結構時間がかかり終日行われます。(ソユーズ宇宙船は狭いので、1クルーが乗るだけで一杯です)。休憩場所には軽食や飲み物が用意されています。少し甘やかし過ぎのような気もしますが、これには食中毒の防止という理由があります。食事の安全性を確保する必要があるのです、お医者さんからも、必ず準備されたものを飲食するように厳しく注意されるんですよ。

健康管理といえば、クルーは、病気をISSに持ち込まないために、一般の人々から隔離されています。活動範囲が宿泊先のホテルと訓練を施設内に限られています。

打上げ前日は、打上げに向けた授業で必要な知識を再確認し、夜は伝統の映画「砂漠の白い太陽」を鑑賞。そして打上げに備えて就寝します。

打上げの当日は、本当に長い1日です。朝食、昼食、時間調整の昼寝の後には、非常に忙しく、様々な行事が予定されています。最後にホテルを離れる際は、星の街出発時と同様に、全員が着席します。また、最後の乾杯もあるのですが、そのグラスを割る伝統もあるようです。ホテルを出発した後、プライムクルーは宇宙服への着替えを行います。バックアップクルーは着替えをしませんので、ここではプライムクルーを見守るのみ…プライムクルーは家族とのガラス越しでの短い会話をする時間があります。その後は、全員でロケットへ向かいます。

3.1 打上げ準備

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

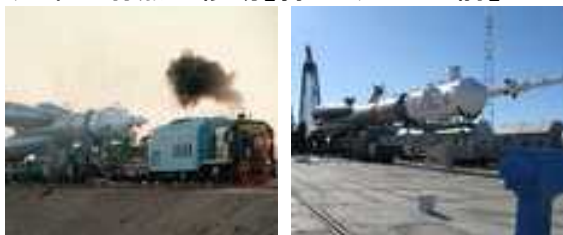
打上げ当日に、ロケットへの推進薬の充填が実施され、打上げの6時間前からカウントダウンが開始されます。

ソユーズ宇宙船の打上げ準備の作業概要を以下に示します。

- ① 宇宙機組立棟でフェアリングに搭載、ロケット組立棟に移動してロケットに結合



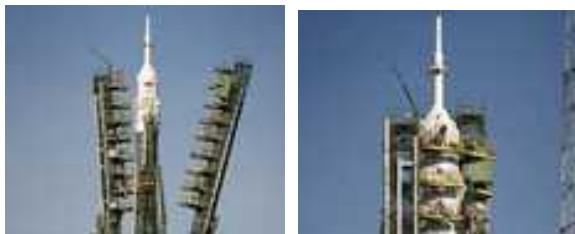
- ② 列車で射点に移動【打上げの2日前】



- ③ 射点に着／垂直に立てられる【打上げの2日前】



- ④ 射点の整備構造物の固定【打上げの2日前】



- ⑤ 打上げリハーサルの実施【打上げの2日前～打上げ前日】

⑥ Go/ No-go決定／推進薬の充填【打上げ当日】



⑦ クルーの搭乗【打上げ当日】



⑧ 整備構造物の展開【打上げ当日(45分前)】



⑨ 打上げ



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

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

【ソユーズ宇宙船の打上げ当日のクルーの様子】大西宇宙飛行士のGoogle+より

これから、ソユーズ打ち上げ前の一連の験担ぎ、その最後を飾る「立ち小便」が始まるのです。50年以上前に、同じ発射台から人類初の宇宙飛行へ飛びたったユーリ・ガガーリン飛行士は、同じく発射台へ向かいながらここで尿意をもよおし、バスを降りて後輪に立ち小便をしたのでした。それ以後、続けられてきた慣習。実際、このあと宇宙船に乗り込むと数時間トイレには行けませんから、極めて現実的な必要性も兼ねていると言えるでしょう。

しかしまあ、どうしても笑いが込み上げてきてしまいます(;´▽`)

先ほど念入りにスペシャリストが縛り上げたソコル宇宙服。

リークチェックを行って気密性が確認されたソコル宇宙服。

その紐を解いて、立ち小便をするクルー。

リークチェック台無しやんwww

けれど、宇宙船に乗り込んでからリークチェックはもう1度行いますし、きつとさっきのは宇宙服に致命的な欠陥がないかどうかを見るためのものだったのでしょう。

穴が開いてしまったりすると、宇宙船では直せませんからね。

次にリークチェックが上手くいかないとすると、それは例えばヘルメットを閉めるときにケーブルが挟まってしまったりとか、グローブがきっちりとロックされていなかったりということが原因、つまりすぐに修正可能な原因のはずです。

だから、ここでソコルの紐を解いてもちっとも問題はないのです。

きっとそうに違いありません！

表3.1-1 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	ソユーズロケットへの推進剤の充填準備開始
6時間前	搭乗クルー Cosmonautホテルを出発
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(サイト254)に到着
5時間前	ソユーズロケット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、搭乗クルーは搭載レコーダを起動
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、与圧服の空気循環開始
2分30秒前	ソユーズロケット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	打上げタワ一分離
	離陸

出典：NASA Expedition 21/22 press kit

3.2 打上げ／軌道投入

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

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

ソユーズ宇宙船の打上げ／上昇シーケンスは以下のとおりです。

- ① 打上げ(第1段、第2段ロケット同時点火)
- ② 約1分58秒後に第1段ロケット(4本)分離
- ③ 約2分40秒後にフェアリング分離
- ④ 約4分58秒後に中核ロケットである第2段ロケットを分離し、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焼終了／ソユーズ宇宙船を分離
- 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

【参考】ESAがユーチューブにソユーズロケットの打上げを詳しく紹介したビデオを掲載しています(11分30秒)。

<http://www.youtube.com/watch?v=AVvgpKt5uCA&feature=youtu.be>



図3.2-1 ソユーズロケットの打上げ／上昇

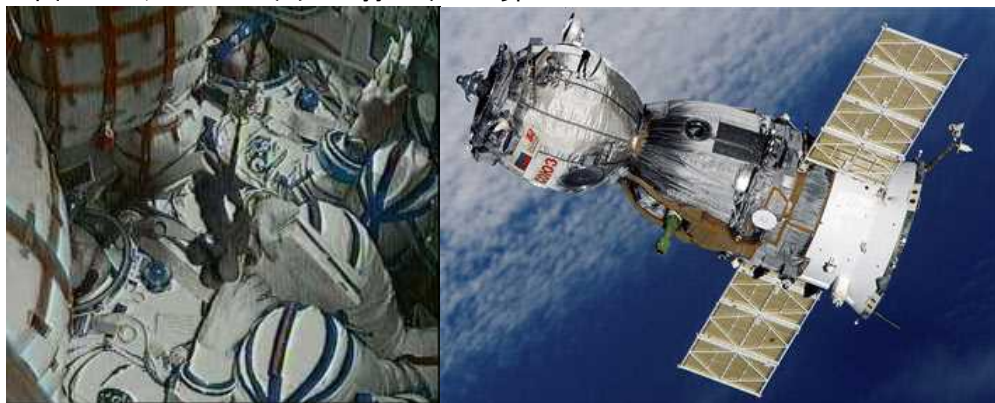


図3.2-2 ソユーズTMA-17上昇時の船内の様子(左)

図3.2-3 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)

3.3 軌道投入後の作業

表3.3-1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。

表3.3-1 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
(打上げ後、2日間かけてドッキングするケース)(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ブローブの展開)</u> ・ 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。 ・ 地上との通信を確立。 ・ 地上の追跡システムから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、「クルス」ドッキングシステム、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> ・ 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。 ・ 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軸を向けヨー回転を開始。)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)	・ 手動による姿勢制御(太陽方向に+Y軸を向けヨー回転)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)。 ・ 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。 ・ 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。 ・ 自動マヌーバでDV1噴射に備えた姿勢に移行。(クルーの操縦は不要) <u>軌道調整マヌーバ(DV1)実施。</u>
Orbit 4 (軌道4周 回目)	・ 自動マヌーバでDV2マヌーバに備えた姿勢に移行。 <u>軌道調整マヌーバ(DV2)実施。</u> ・ 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軸を向けヨー回転: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)	・ 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 (軌道6-12 周回目)	<u>搭乗クルー就寝</u>

DV: Delta Velocity

表3.3-1 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
(打上げ後、2日間かけてドッキングするケース)(2/3)

飛行2日目開始	
Orbit 13 (軌道 13 周回目)	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 ・ 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)	・ 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)	・ 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)	・ 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)	・ 姿勢制御(太陽方向に+Y軸を向けヨー回転)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。 ・ 自動マヌーバで高度調整噴射の姿勢へ移行。 高度調整マヌーバ実施。 ・ 手動による姿勢制御(太陽方向に+Y軸を向けヨー回転: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)	・ 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)	・ 二酸化炭素除去装置のカートリッジ交換 ・ 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)	・ 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)	・ 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)	クルーの就寝

表3.3-1 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
(打上げ後、2日間かけてドッキングするケース)(3/3)

飛行3日目開始	
Orbit 28 (軌道28周 回目)	<u>搭乗クルーの起床、起床後の活動</u> ・ 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)	軌道モジュールと帰還モジュールの圧力確認・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 30 (軌道30周 回目)	Form 2 “Globe Correction”の読上げ ・ 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)	<u>Sokolと圧服に着替え、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> ・ 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)	・ 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>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> ・ 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)	<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> ・ 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)	<u>最終接近およびドッキング</u> ・ 捕捉からドッキングシーケンス完了まで(通常約20分)。 ・ ドッキングインタフェース圧カシールの監視。 ・ 軌道モジュールへの移動、Sokolと圧服を脱ぐ。 ・ 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)	<u>ISSとソユーズ宇宙船の気圧の均等化</u> ・ すべてのモジュール内の圧力確認・報告。 <u>ハッチの開放、ISS船内へ入室。</u> ・ 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 35/36 press kit

3.4 ランデブ／ドッキング

ソユーズ宇宙船は、打上げ後6時間(あるいは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／ドッキングは通常、自動制御で実施されますが、トラブル発生時には、ソユーズ宇宙船の搭乗クルーが、手動で接近／ドッキング操縦を行います。

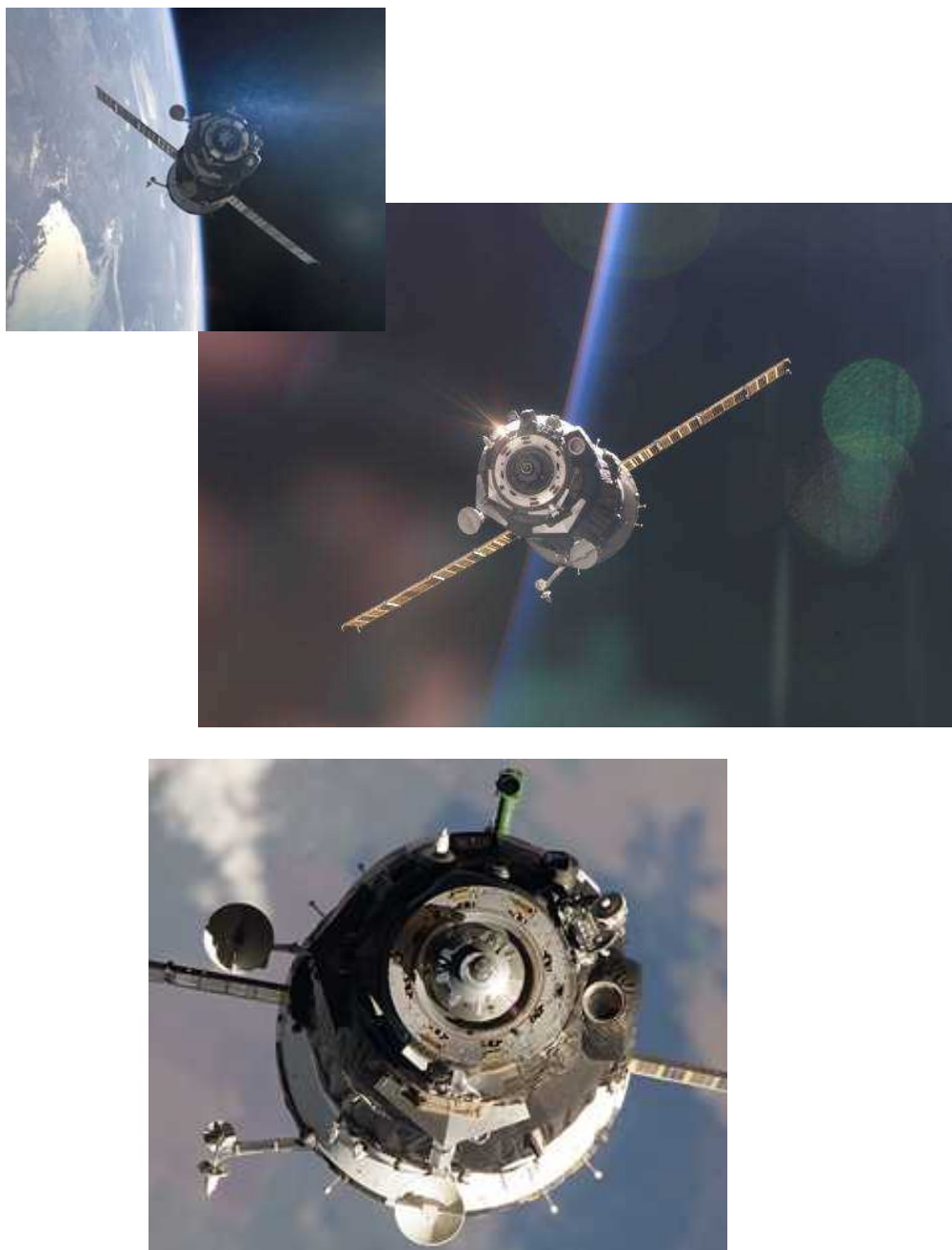


図3.4-1 ISSに接近するソユーズ宇宙船



図3.4-4 MRM1にドッキングしたソユーズ宇宙船(29S) (ESA/NASA)
後方はプログレスM-12M(46P)補給船

3.5 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つのスラスト噴射による再突入飛行の制御(スラスト噴射は着陸の約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、降下速度は秒速230mから秒速80mにまで減速。
- ⑥ 着陸の15分前にメインパラシュート(面積3,281m²)を展開。これにより帰還モジュールの降下速度は秒速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以下の降下速度に減速。

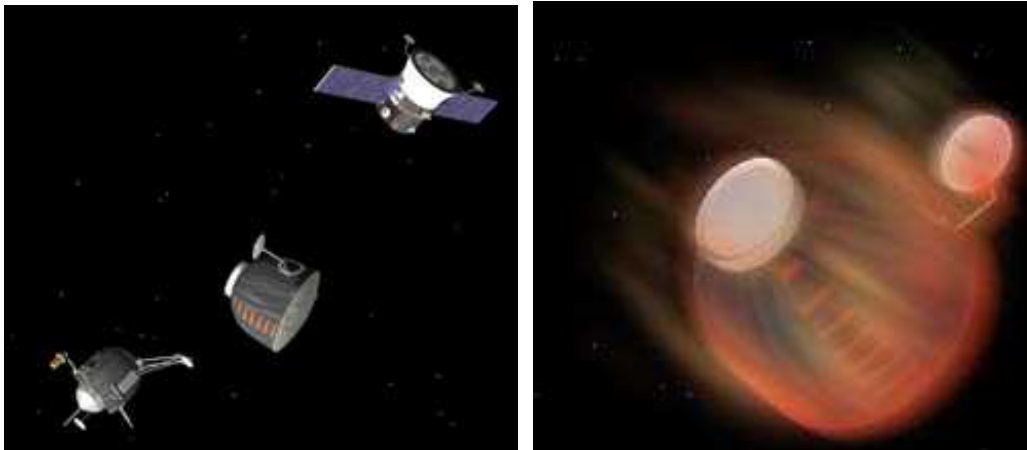


図3.5-1 ソユーズ宇宙船の分離イメージ(左)

図3.5-2 帰還モジュールの再突入イメージ(右)



図3.5-3 メインパラシュートを展開した帰還モジュール(左)



図3.5-4 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3.5-5 ソユーズTMA宇宙船の着陸予定地の例(矢印の方向から帰還)

注:ミッション毎に着陸地は多少移動します。

【ソユーズ宇宙船の軌道離脱に備えた訓練】 古川宇宙飛行士のTwitterより

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

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

そのため、正常な軌道離脱噴射を妨げるような様々な異常事態への対処を訓練する。赤外線を使って地球の縁をとらえるセンサーの故障で、船長が手動でソユーズ宇宙船の姿勢を制御。軌道離脱噴射開始前に、メインで使用するデジタルループが故障しアナログループへ移行。軌道離脱噴射エンジン用燃料タンクを加圧するヘリウム系に漏れが発生。軌道離脱噴射中には、メインの軌道噴射エンジンが停止し、バックアップのエンジンを点火して噴射を継続。その他、帰還モジュール内への酸素漏れ、などなど。3人のクルーで力を合わせて乗り切る。」

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

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

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

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

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

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



図3.5-6 手動揚力コントロールモードでのソユーズ宇宙船帰還時に使う操縦装置
(カナダ人宇宙飛行士Chris HadfieldのTwitterより)

3.6 ソユーズ宇宙船の搜索・回収

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

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

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

ソユーズ宇宙船のカプセルからはVHFビーコンが発信されているため、近くに搜索部隊がいれば、この信号をもとにパラシュート降下中のカプセルを発見し、着地後直ちにカプセルのハッチを開ける準備に移ることができます(2012年の30SからはGLONASS/GPS受信機の搭載を開始したため、帰還地を把握しやすくなりました)。また、カプセルを視認することが可能な距離であれば、クルーとの音声交信も可能です。しかし、ミッション毎に状況が変わり、無線が通じないブラックアウト期間を終えたパラシュート降下中でも音声交信がほとんどできない場合や、ノイズがひどく通信不能になる場合もあります。また現地からの簡易的な衛星中継に使うインマルサット衛星システムでは伝送容量に限りがあるため、衛星中継車が到着するまでは高画質な映像は得られません。

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

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

コラム付録3-1

【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。TMA-10と11の事例は、モジュール分離用の火工品のトラブルが原因であったことが判明し、TMA-12からは再発防止のための改良が加えられました。

回収部隊によるソユーズ宇宙船の搜索・回収は以下の流れで実施されます。

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



図3.6-1 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3.6-2 古川宇宙飛行士を乗せて帰還したソユーズTMA-02Mカプセル (NASA/Bill Ingalls)



図3.6-3 ソユーズ宇宙船から搭乗クルーを引き出している様子
(カプセルが横倒しにならなかったときは、このように梯子を使って引き上げる)



図3.6-4 回収部隊に運ばれる搭乗クルー

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

コラム付録3-2

【帰還直後の転倒の危険性について】

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

ミール時代やISSの初期の頃に比べると、クルーは軌道上でのエクササイズや帰還に備えた医学的な指示が充実してきたお陰で遙かに元気な状態で帰還できるようになりましたが、それでも着陸後数時間は、体を重力に慣らす必要があります。また、立ちくらみの危険性だけでなく、バランス感覚が戻るまではかなりの日数がかかるため、最近のリハビリテーションではバランス感覚を戻すことに重点が置かれています。



図3.6-5 医学検査用エアテント (inflatable medical tent)



図3.6-6 帰還モジュールに搭載して持ち帰った物品の取出し

コラム付録3-3

【帰還後の体の変化・回復状況】

ISSに長期滞在中に帰還したクルーの様子は、プライバシーの問題があるため通常は公表されません。しかし、2013年5月に帰還したカナダのクリス・ハドフィールドの回復状況はCSAのホームページで(本人が同意の上で)公開されているので以下にその貴重な情報を紹介します。彼が地上に帰還したのは5月14日で、その日のうちにヒューストンに戻っています。

5/15：歩くときに時々脚をもつれさせている。背中に痛みがあり、歩いて角を曲がるのが困難な状態で、角にぶつかってしまう。めまいを感じており、階段を上り下りするのはかなり困難。彼が今回の飛行で喪失した骨密度の回復には約1年あるいはそれ以上かかる見込み。彼をうまくリハビリさせていくことで、シニア層へ役立てる重要な知見を得ていく。

5/16：既に彼の歩行能力と平衡感覚は飛躍的に改善してきた。とはいえ、彼が車を運転できる状態に戻るまでには、まだ約3週間かかるとみている。

5/17：重力への適応は日々進んでおり、めまいも消えて歩行もしっかりしてきた。心電図や脳波の測定、MRI検査を実施。

5/31：ジムで毎日2時間のエクササイズを継続している。昨日初めてランニングを実施。重力に完全に慣れると感じるまでおそらく3-4か月かかるだろう。

<http://www.asc-csa.gc.ca/eng/missions/expedition34-35/health.asp>

3.7 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。

ソユーズ宇宙船で帰還した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実施します（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जनや計画マネージャなどが判断します）。（注：野口宇宙飛行士が帰還した2010年6月より、NASA、ESA、JAXAの宇宙飛行士はNASAの専用機でその日のうちに米国ヒューストンへ直接移動するようになりました。）

参考として、米国宇宙飛行士の場合の、長期滞在帰還後のリハビリテーションプログラムの概要を表3.7-1に示します。

コラム付録3-4

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。身体のコンドイ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「表3.7-1：（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」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जन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てることが期待されます。

表3.7-1(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	- 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)

4. ソユーズロケットについて

ソユーズロケットは1965年から、1,000機以上もの打上げを実施してきており、数々の通信衛星、観測衛星、科学衛星、そして有人宇宙船を高い成功率で打ち上げてきました。

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

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

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



図4-1 射点へ列車で運ばれるソユーズFGロケット(NASA)

4.1 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トからなる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)はバーニアスラストで行います。



図4.1-1 ソユーズFGロケットを後方から見た写真(NASA)

表4.1-1 ソユーズFGロケットの主要諸元

ロケット名称	Soyuz FG
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

<http://www.federspace.ru/Rocket1Show.asp?RocketID=32> (注：リンク切れ)
(この諸元は上記英語ページを参照に作成したが、現在英語ページは削除されており、以下のロシア語ページしかない。しかしこの現在のページには諸元データは記述されなくなった)

<http://www.federspace.ru/467/> (ロシア語ページ)

4.2 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。

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。

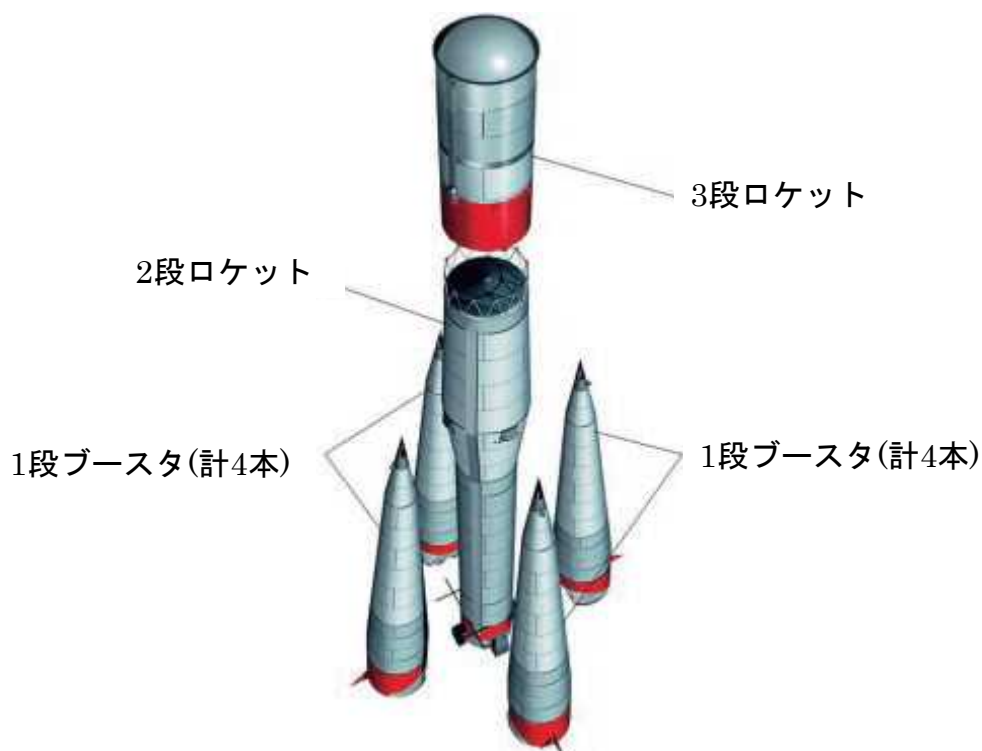


図4.2-1 ソユーズロケットの構成イメージ
(Starsem社のSoyuzユーザーズマニュアルより)

4.3 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4.3-1 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エネルギー社)

4.4 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4.4-1 ソユーズFGロケットの上部(NASA)

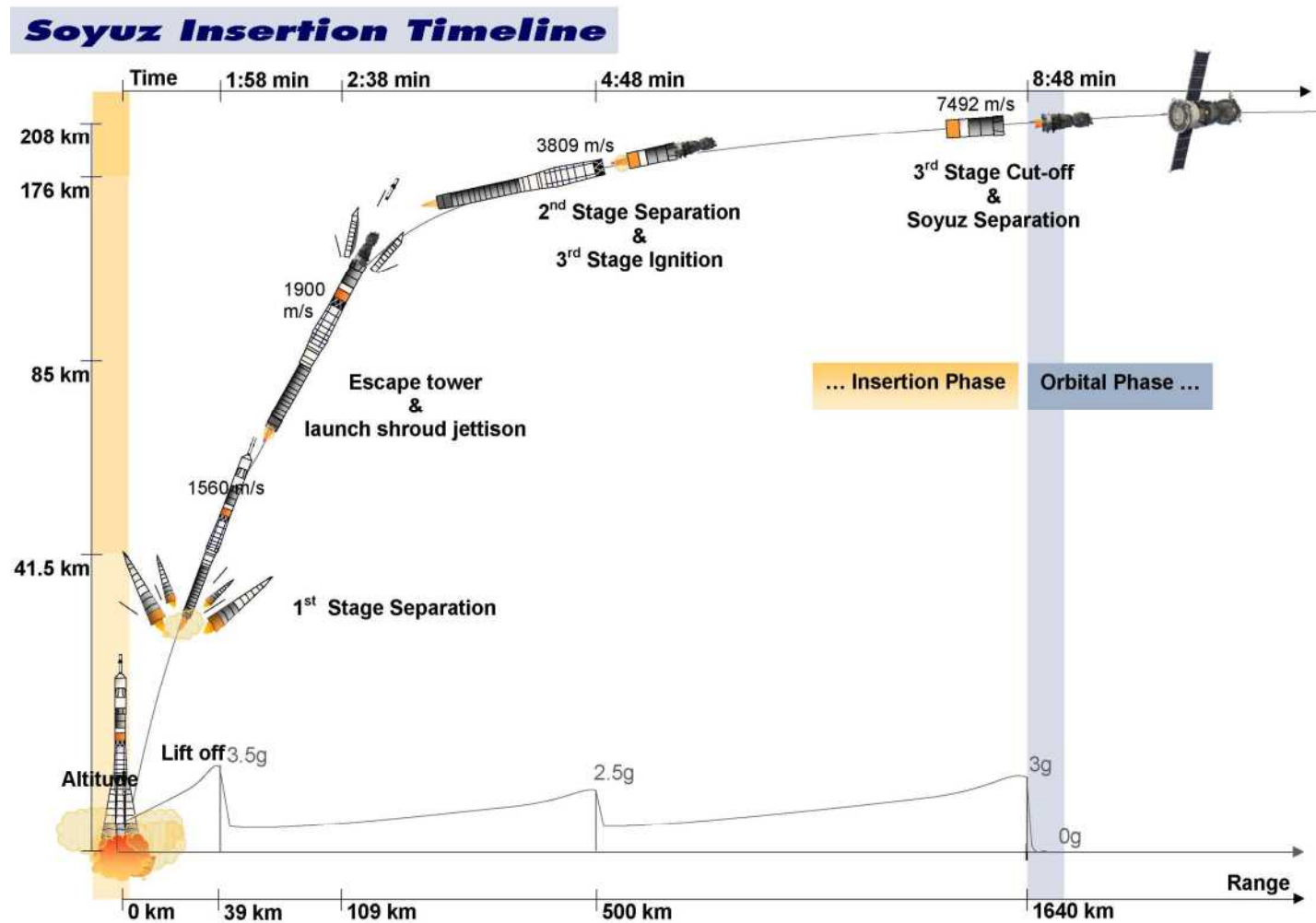


図4.4-2 ソユーズロケットの打上げシーケンスとG環境 (ESA HP)
http://www.esa.int/images/Soyuz_insertion_timeline.jpg

5. 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5-1 バイコヌール宇宙基地と着陸場所の例(NASA HP)

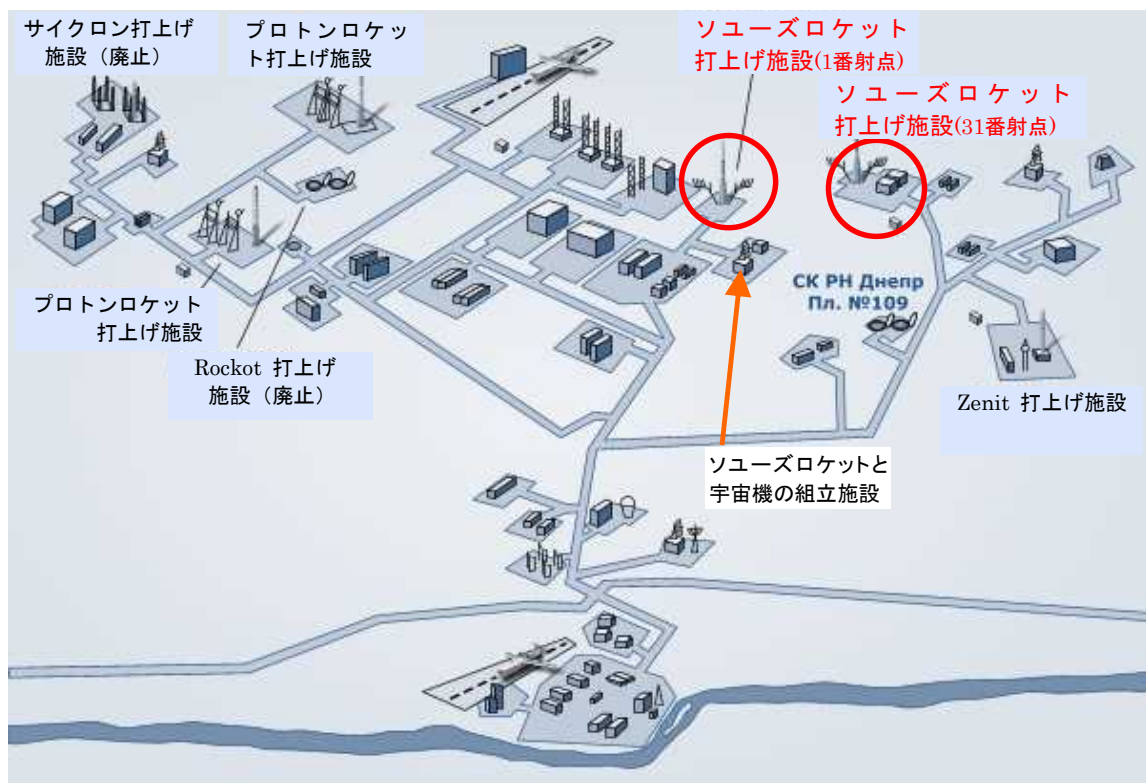


図5-2 バイコヌール宇宙基地のマップ(現在使用されている施設)(Roscosmos)

<http://www.roscosmos.ru/Drom1Show.asp?CosDromID=1> (ページが削除されたためリンク切れになります)

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

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



図5-3 バイコヌール宇宙基地の1番(LC-1/PU-5)射点



図5-4 1番射点でソユーズTMA-17M宇宙船に搭乗する43Sクルー(参考)

<http://iss.jaxa.jp/library/photo/201507230001hq.php>

付録4. 参考データ

1. ISSにおけるEVA履歴

表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3名、スウェーデン人1名、イタリア人1人、+イギリス人1人、および日本人3名が船外活動を実施しています。(2016年5月20日現在)

表 1-1 ISS組立てに関するEVA履歴(1/12) 2016年5月20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: ザーリャとユニティ の結合作業。
2		1998.12.09	7H02m	同上		
3		1998.12.12	6H59m	同上		
4	STS-96 (2A.1)	1999.05.29 ～05.30	7H55m	タミー・ジャーニガン* ダン・バリー	STS	EVAクレーンの設置。
5	STS-101 (2A.2a)	2000.05.21 ～05.22	6H44m	ジェームス・ヴォス ジェフリー・ウィリアムズ	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・マレンチェンコ	STS	ズヴェズダとザーリャ間の配線接続など。
7	STS-92 (3A)	2000.10.15	6H28m	リロイ・チャオ ウィリアム・マッカーサー	STS	Z1トラスとPMA-2の艀装作業など。
8				ピーター・ワイゾフ マイケル・ロベズーアレグリア		
9		2000.10.17	6H37m	リロイ・チャオ ウィリアム・マッカーサー		
10		2000.10.18	6H56m	ピーター・ワイゾフ マイケル・ロベズーアレグリア		
11				ジョー・タナー カルロス・ノリエガ		
12		2000.12.05	6H37m	同上		
13	STS-97 (4A)	2000.12.07	5H10m	同上	STS	P6トラスの結合、艀装作業など。
14	STS-98 (5A)	2001.02.10	7H34m	トム・ジョーンズ ボブ・カービー	STS	デスティニーの艀装作業など。
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 スーザン・ヘルムズ*	STS	デスティニーの艀装、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				クリス・ハドフィールド(CSA) スコット・パラジンスキー		
20	STS-100 (6A)	2001.04.24	7H40m	同上	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。
21	ISS 2-1 (ロシア EVA-1)	2001.06.08	19m	ユーリ・ウサチエフ ジェームス・ヴォス	SM	ズヴェズダの一部を減圧しての船内EVA。Orlan宇宙服使用。

表の年月日は米国時間。

大西宇宙飛行士長期滞在プレスキット

表 1-1 ISS組立てに関するEVA履歴(2/12)

	ミッション	年月日	作業時間	EVAクルー	エアロック	備考
22	STS-104 (7A)	2001.07.14 ～07.15	5H59m	マイケル・ガーンハート	STS	クエストの取り付け、艀装作業など。
23				ジェイムズ・ライリー		
24		2001.07.17 ～07.18	6H29m	同上		
25	STS-105 (7A.1)	2001.07.20 ～07.21	4H02m	同上	クエスト	クエストを初使用。
26						
27	STS-105 (7A.1)	2001.08.16	6H16m	ダニエル・バリー	STS	初期アンモニア充填装置(EAS)の設置、米国の材料曝露実験装置(MISSE)の設置など。
28				パトリック・フォレスト		
29	ISS 3-1 (ロシア EVA-2)	2001.08.18	5H29m	同上		
27	ISS 3-1 (ロシア EVA-2)	2001.10.08	4H58m	ウラディミール・ジェジュロフ	DC-1	「ピアース」(DC-1)初使用。DC-1の艀装。
28	ISS 3-2 (ロシア EVA-3)			ミハイル・チューリン		
28	ISS 3-2 (ロシア EVA-3)	2001.10.15	5H58m	同上	DC-1	NASDAの材料曝露実験装置(MPAC & SEED)の設置。DC-1の艀装。
29	ISS 3-3 (ロシア EVA-4)	2001.11.12	5H04m	同上	DC-1	DC-1の艀装。
30	ISS 3-4 (ロシア EVA-4A)	2001.12.03	2H46m	同上	DC-1	5P分離時に残っていた異物(リング)を除去(予定外のEVA)。
31	STS-108 (UF-1)	2001.12.10	4H11m	リンダ・ゴドウィン *	STS	P6トラスのBGA(ペータ・ジンバル・アセンブリ)への断熱カバーの設置。
32				ダニエル・タニ		
32	ISS 4-1 (ロシア EVA-5)	2002.01.14	6H03m	ユーリー・オヌフリエンコ	DC-1	ロシアのEVAクレーンの移設。アマチュア無線(ARISS)アンテナの設置。
33	ISS 4-2 (ロシア EVA-6)			カール・ウオルツ		
33	ISS 4-2 (ロシア EVA-6)	2002.01.25	5H59m	ユーリー・オヌフリエンコ	DC-1	ズヴェズダのスラストガスの汚染防止機器の設置。
34	ISS 4-3 (US EVA-1)			ダニエル・バーシュ		
34	ISS 4-3 (US EVA-1)	2002.02.20	5H47m	カール・ウオルツ	クエスト	8AのEVAに備えた作業。クエストの機能確認。
35				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	クエスト	S0 トラスの取り付け、モバイル・トランスポーター(MT)の艀装作業など。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				レックス・ワルハイム		
36		2002.04.13	7H30m	ジェリー・ロス		
37				リー・モーリン		
37		2002.04.14	6H27m	スティーブン・スミス		
38	STS-111 (UF-2)	2002.04.16	6H37m	レックス・ワルハイム	クエスト	モバイル・ベース・システム(MBS)の取り付け。SSRMS「カナダアーム2」の手首ロール関節の交換修理。フィリップ・ベリンはフランス人
39				ジェリー・ロス		
40				リー・モーリン		
39	STS-111 (UF-2)	2002.06.09	7H14m	フランク・リン・チャン・ディアズ	クエスト	モバイル・ベース・システム(MBS)の取り付け。SSRMS「カナダアーム2」の手首ロール関節の交換修理。フィリップ・ベリンはフランス人
40				フィリップ・ベリン (CNES)		
41		2002.06.11	5H00m	同上		
42	ISS 5-1 (ロシア EVA-7)	2002.06.13	7H17m	同上	DC-1	ズヴェズダのデブリ防御パネルの設置。 * 印は女性宇宙飛行士
43						
42	ISS 5-1 (ロシア EVA-7)	2002.08.16	4H25m	ワレリー・コルズン	DC-1	NASDAの材料曝露実験装置MPAC&SEEDのパネル1枚を回収。
43	ISS 5-2 (ロシア EVA-8)			ベギー・ウィットソン *		
43	ISS 5-2 (ロシア EVA-8)	2002.08.26	5H21m	ワレリー・コルズン	DC-1	NASDAの材料曝露実験装置MPAC&SEEDのパネル1枚を回収。
				セルゲイ・トレスニエフ		

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

大西宇宙飛行士長期滞在プレスキット

表 1-1 ISS組立てに関するEVA履歴(3/12)

	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	クエスト	S1トラスの艀装、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		2002.10.12	6H04m	ピアース・セラーズ		
46		2002.10.14	6H36m	同上		
47	STS-113 (11A)	2002.11.26	6H45m	マイケル・ロペズ-アレグリア	クエスト	P1トラスの艀装、SPDの設置、UHFアンテナの展開など。
48		2002.11.28	6H10m	ジョーン・ヘリントン		
49		2002.11.30	7H00m	同上		
50	ISS 6-1 (US EVA-2)	2003.01.15	6H51m	ケネス・パウアーソックス	クエスト	P1トラスの艀装、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ットに交代された。)
				ドナルド・ペティット		
51	ISS 6-2 (US EVA-3)	2003.04.08	6H26m	同上	クエスト	コロンビア号事故の影響でISS滞在クルーが2名になる前に修理作業等を実施
52	ISS 8-1 (ロシア EVA-9)	2004.02.26	3H55m	アレクサンダー・カレリ	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。
				マイケル・フォール		
53	ISS 9-1 (ロシア EVA-9A)	2004.06.24	0H14m	ゲナディ・パダルカ	DC-1	宇宙服の酸素供給のトラブルで作業しないまますぐに帰還した。
				マイケル・フィンク		
54	ISS 9-2 (ロシア EVA-9B)	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 (ロシア EVA-10)	2004.08.03	4H30m	同上	DC-1	ESAの欧州補給機(ATV)とのドッキングに備えてズヴェズダ後部へ各種機器を設置した。
56	ISS 9-4 (ロシア EVA-11)	2004.09.03	5H21m	同上	DC-1	ザーリヤのポンプパネルの交換、ATVアンテナの設置など。
57	ISS 10-1 (ロシア EVA-12)	2005.01.26	5H28m	リロイ・チャオ	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。
				サリザーン・シャリポフ		
58	ISS 10-2 (ロシア EVA-13)	2005.03.28	4H30m	同上	DC-1	ESAのATVとのドッキングに備えたアンテナの設置(3回目の作業)。
59	STS-114 (LF-1)	2005.07.30	6H50m	野口 聡一(JAXA)	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。
				スティーブン・ロビンソン		
60		2005.08.01	7H14m	同上		
61		2005.08.03	6H01m	同上		
62	ISS 11-1 (ロシア EVA-14)	2005.08.18	4H58m	セルゲイ・クリカレフ	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
				ジョン・フィリップス		
63	ISS 12-1 (US EVA-4)	2005.11.07	5H22m	ウィリアム・マッカーサー	クエスト	P6トラス頂部のFPPの取り外し、投棄、MTの故障したRPCMの交換修理
				バレリー・トカレフ		
64	ISS 12-2 (ロシア EVA-15)	2006.02.03	5H43m	ウィリアム・マッカーサー	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
				バレリー・トカレフ		

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

大西宇宙飛行士長期滞在プレスキット

表 1-1 ISS組立てに関するEVA履歴(4/12)

	ミッション	年月日	作業時間	EVAクルー	エアロック	備考
65	ISS 13-1 (ロシア EVA-16)	2006.06.01	6H31m	パベル・ビノグラドフ	DC-1	エレクトロン(酸素発生装置)の水素排気口の設置、クロムカの回収、ピアース外壁に設置されていたBiorisk実験装置の回収、モービルベースシステム(MBS)のカメラの交換など
				ジェフリー・ウィリアムズ		
66	STS-121 (ULF1.1)	2006.07.08	7H31m	ピアース・セラーズ	クエスト	TUS(Trailing Umbilical System)リールアセンブリの交換準備、センサ付き検査用延長ブーム(OBSS)の足場安定性試験
				マイケル・フォッサム		
67		2006.07.10	6H47m	同上	クエスト	ポンプモジュールの保管、TUS(Trailing Umbilical System)リールアセンブリの交換
68		2006.07.12	7H11m	同上	クエスト	強化炭素複合材(RCC)修理方法の検証、赤外線ビデオカメラの性能試験など
69	ISS 13-2 (US EVA-5)	2006.08.03	5H54m	ジェフリー・ウィリアムズ	クエスト	浮動電位測定装置(FPMU)、材料曝露実験装置(MISSE-3,4)の設置、ラジエータ回転用モータのコントローラ(RJMC)の設置など
				トーマス・ライター (ESA)		ライターはドイツ人
70	STS-115 (12A)	2006.09.12	6H26m	ジョセフ・タナー	クエスト	P1トラスに結合されたP3/P4トラスを起動するための準備
				ハイディマリー・ステファニション・パイパー*		
71		2006.09.19	7H11m	ダニエル・バーバンク	クエスト	太陽電池パドル回転機構(SARJ)の起動準備
				スティーブン・マクリーン(CSA)		マクリーンはカナダ人
72		2006.09.15	6H42m	ジョセフ・タナー	クエスト	P4太陽電池パドル熱制御システム(PVTCS)のラジエータの展開準備、Sバンド通信機器の交換、P3/P4トラスの整備作業など
				ハイディマリー・ステファニション・パイパー*		
73	ISS 14-1 (ロシア EVA-17)	2006.11.22	5H38m	ミハイル・チューリン	DC-1	プログレス補給船のトラブルを起こした自動ドッキング～アンテナ格納の試行と撮影、欧州補給機(ATV)ドッキング用アンテナの移設、ゴルフボールの打ち出しなど
				マイケル・ロペズ-アレグリア		
74	STS-116 (12A.1)	2006.12.12	6H36m	ロバート・カービーム	クエスト	P4トラスへのP5トラスの結合、P5トラスの把持部の移設、外部TVカメラ(External TV Camera Group: ETVCG)の交換
				クリスター・フューゲルサング(ESA)		フューゲルサングはスウェーデン人
75		2006.12.14	5H00m	同上	クエスト	ISSの電力系統の切換、CETAカードの移設
76		2006.12.16	7H31m	ロバート・カービーム	クエスト	ISSの電力系統の切換、PMA-3(与圧結合アダプタ3)へのサービスモジュール・デブリ・パネル(Service Module Debris Panel: SMDP)の仮設置など
				スニータ・ウィリアムズ*		
77		2006.12.18	6H38m	ロバート・カービーム	クエスト	収納に失敗したP6トラスの左舷側の太陽電池パドル(SAW)の収納作業(追加EVA)
				クリスター・フューゲルサング		
78	ISS 14-2 (US EVA-6)	2007.01.31	7H55m	マイケル・ロペズ-アレグリア	クエスト	冷却システムのA系配管の切替え、P6トラス右舷側の初期外部能動熱制御システム(EEATCS)ラジエータの収納、ISSからSSPTSスペースシャトルへの電力供給装置(SSPTS)のケーブル敷設作業#1など
				スニータ・ウィリアムズ*		

大西宇宙飛行士長期滞在プレスキット

表 1-1 ISS組立てに関するEVA履歴(5/12)

	ミッション	年月日	作業時間	EVAクルー	エアロック	備考
79	ISS 14-3 (US EVA-7)	2007.02.04	7H11m	同上	クエスト	冷却システムのB系配管の切替え、P6トラス後方の初期外部能動熱制御システム (EEATCS) ラジエータの 収 納、SSPTSケーブルの敷設作業#2など
80	ISS 14-4 (US EVA-8)	2007.02.08	6H40m	同上	クエスト	P3トラスの断熱カバーの取り外しと投棄、P3トラスの曝露機器結合システム (UCCAS) の展開、SSPTSケーブルの敷設作業#3など
81	ISS 14-5 (ロシア EVA-17A)	2007.02.22	6H18m	ミハイル・チューリン	DC1	プログレス補給船のトラブルを起こした自動ドッキング～アンテナを切断して格納、外部機器の写真撮影と点検
				マイケル・ロペズ＝アレグリア		
82	ISS 15-1 (ロシア EVA-18)	2007.05.30	5H25m	フョードル・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、欧州補給機 (ATV) ドッキング用アンテナの配線引き直し
				オレグ・コトフ		
83	ISS 15-2 (ロシア EVA-19)	2007.06.06	5H37m	同上	DC1	ピアースへのBiorisk実験装置の設置、ザーリヤ外壁へのイーサネットケーブルの敷設、サービスモジュール・デブリ・パネル (SMDP) の設置 (続き)
84	STS-117 (13A)	2007.06.11	6H15m	ジェームズ・ライリー	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・フォレスト	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) ボ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・フォレスト	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 (US EVA-9)	2007.07.23	7H41m	クレイトン・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
				フョードル・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 ウィリアムズはカナダ人
				ダフィッド・ウィリアムズ		
90		2007.08.13	6H28m	同上	クエスト	故障したコントロール・モーメント・ジャイロ (Control Moment Gyroscopes: CMG-3) の交換
91		2007.08.15	5H28m	リチャード・マストラキオ	クエスト	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
				クレイトン・アンダーソン		
92		2007.08.18	5H02m	ダフィッド・ウィリアムズ	クエスト	センサ付き検査用延長ブーム (Orbiter Boom Sensor System: OBSS) の固定機構の設置、外部ワイヤレス計測システム (External Wireless Instrumentation System: EWIS) アンテナの設置など
				クレイトン・アンダーソン		

大西宇宙飛行士長期滞在プレスキット

表 1-1 ISS組立てに関するEVA履歴(6/12)

	ミッション	年月日	作業時間	EVAクルー	Eアロク	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
				ダグラス・ウィーロック		
94		2007.10.28	6H33m	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)外部の艀装
				ダニエル・タニ		
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P5トラスへの取付け、メインバス切替ユニット(Main Bus Switching Unit: MBSU)の船外保管プラットフォーム 2 (External Stowage Platform: ESP-2)への取付けなど
				ダグラス・ウィーロック		
96		2007.11.03	7H19m	スコット・パラジンスキー	クエスト	展開時に破損してしまったP6トラスの太陽電池パドル(Solar Array Wing: SAW)の緊急修理(T-RADの実証試験をキャンセルして修理を実施)
				ダグラス・ウィーロック		
97	ISS 16-1 (US EVA-10)	2007.11.09	6H55m	ベギー・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
				ユーリ・マレンチェンコ		
98	ISS 16-2 (US EVA-11)	2007.11.20	7H16m	ベギー・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
				ダニエル・タニ		
99	ISS 16-3 (US EVA-12)	2007.11.24	7H04m	同上	クエスト	「ハーモニー」(第2結合部)外部の整備、故障した右舷の太陽電池パドル回転機構(Solar Alpha Rotary Joint: SARJ)の点検
100	ISS 16-4 (US EVA-13)	2007.12.18	6H56m	同上	クエスト	右舷側SARJの点検
101	ISS 16-5 (US EVA-14)	2008.1.30	7H10m	同上	クエスト	S4トラスの故障したマスト回転機構(BMRRM)の交換、右舷側SARJの点検
102	STS-122 (1E)	2008.02.11	7H58m	レックス・ウォルハイム	クエスト	コロンバスのペイロードベイからの取外し準備、コロンバス外部への電力・通信インタフェース付グラップル・フィクスチャ(Power and Data Grapple Fixture: PDGF)の取付け
				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 シュリーゲルはドイツ人
				ハンス・シュリーゲル(ESA)		
104		2008.02.15	7H25m	レックス・ウォルハイム	クエスト	コロンバスへの太陽観測装置(SOLAR)と欧州技術曝露実験装置(EuTEF)の取付け、故障したCMGの回収
				スタンリー・ラブ		
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
				ギャレット・リーズマン		
106		2008.03.16	7H06m	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
				マイケル・フォアマン		
107		2008.03.18	6H53m	リチャード・リネハン	クエスト	デクスターの組立て作業#3 運搬した曝露機器のISSへの設置
				ロバート・ベンケン		
108		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
				マイケル・フォアマン		
109		2008.03.23	6H02m	ロバート・ベンケン	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
				マイケル・フォアマン		

大西宇宙飛行士長期滞在プレスキット

表 1-1 ISS組立てに関するEVA履歴(7/12)

	ミッション	年月日	作業時間	EVAクルー	エアロック	備考
110	STS-124 (1J)	2008.6.3	6H48m	マイケル・フォッサム	クエスト	センサ付き検査用延長ブーム(OBSS)のS1トラスからの取外し 「きぼう」船内実験室の取付け準備・窓のシャッターの固定解除 右舷側太陽電池パドル回転機構(SARJ)の関連作業
				ロナルド・ギャレン		
111		2008.6.5	7H11m	同上	クエスト	「きぼう」日本実験棟の整備作業 S1トラスの窒素タンク(NTA)の交換準備 P1トラスの船外テレビカメラの回収
112		2008.6.8	6H33m	同上	クエスト	「きぼう」日本実験棟の整備作業 S1トラスの窒素タンク(NTA)の交換
113	ISS 17-1 (ロシア EVA-20A)	2008.7.10	6H18m	セルゲイ・ヴォルコフ	DC1	ソユーズTMA-12宇宙船の分離ボルト1本の回収
				オレグ・コノネンコ		
114	ISS 17-2 (ロシア EVA-20)	2008.7.15	5H54m	同上	DC1	ロシアモジュール外部の整備作業 Vsplesk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
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* スティーブ・ボーエン	クエスト	右舷側太陽電池パドル回転機構(SARJ)関連の作業
118		2008.11.24	6H07m	スティーブ・ボーエン ロバート・キンブロー	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
119	ISS 18-1 (ロシア EVA-21)	2008.12.22	5H38m	マイケル・フィンク	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
				ユーリ・ロンチャコフ		
120	ISS-18-2 (ロシア EVA-21A)	2009.3.10	4H49m	同上	DC1	ピアースからのストラップの取外し プログレス補給船のアンテナの撮影と点検、ロシアの曝露実験装置(Expose-R)の設置と配線接続、ズヴェズダのめくれた多層断熱材カバーの修正、SKK #9カセットの位置の修正、ロシアセグメント外壁と構造の点検、撮影

大西宇宙飛行士長期滞在プレスキット

表 1-1 ISS組立てに関するEVA履歴(8/12)

	ミッション	年月日	作業時間	EVAクルー	エアロック	備考
121	STS-119 (15A)	2009.3.19	6H07m	スティーブン・スワンソン	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
				リチャード・アーノルド		
122		2009.3.21	6H30m	スティーブン・スワンソン	クエスト	P6トラスのバッテリー交換準備 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
				ジョセフ・アカバ		
123		2009.3.23	6H27m	ジョセフ・アカバ	クエスト	CETAカートの移設 ISSのロボットアームのエンドエフェクタ(把持手)の潤滑作業
				リチャード・アーノルド		
124	ISS-19-1 (ロシア EVA-22)	2009.6.5	4H54m	ゲナディ・パダルカ	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
				マイケル・バラット		
125	ISS-19-2 (ロシア EVA-23)	2009.6.10	12m	同上	SM	ズヴェズダの前方区画を減圧して、2つのドッキングハッチを交換する船内EVA(MRM-2結合準備作業)
126	STS-127 (2J/A)	2009.7.18	5H32m	デイビッド・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・コブラ		
127		2009.7.20	6H53m	デイビッド・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		2009.7.22	5H59m	デイビッド・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バッテリーORUの交換#1
				クリストファー・キャシディ		
129		2009.7.24	7H12m	クリストファー・キャシディ	クエスト	P6バッテリーORUの交換#2
				トーマス・マシュバーン		
130		2009.7.27	4H54m	同上	クエスト	EFへの視覚装置の設置、「デクスター」の断熱カバーの調節、Z1トラスのパッチパネルの切替え、「きぼう」船内実験室外壁へのハンドレールの取付け
131	STS-128 (17A)	2009.9.1	6H35m	ジョン・オリーバス	クエスト	P1トラス上のアンモニアタンク(ATA)の取外し、欧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		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 フューゲルサングはスウェーデン人
				クリスター・フューゲルサング(ESA)		
133		2009.9.5	7H01m	同上	クエスト	S3トラス上部のPASの展開、レートジャイロ・アセンブリの交換、S0トラスの遠隔電力制御モジュールとGPSアンテナの交換、ユニティー(第1結合部)のスライドワイヤの取外し

大西宇宙飛行士長期滞在プレスキット

表 1-1 ISS組立てに関するEVA履歴(9/12)

	ミッション	年月日	作業時間	EVAクルー	エアロック	備考
134	STS-129 (ULF3)	2009.11.19	6H37m	マイケル・フォアマン	クエスト	シャトルで運んだSバンドアンテナ(SASA)の保管、Kuバンドアンテナのケーブル敷設、トランクウィリティーの結合準備、ペイロード/軌道上交換ユニット把持装置(POA)と「きぼう」ロボットアーム先端部への潤滑、S3トラス下側のペイロード取付けシステム(PAS)の展開
				ロバート・サッチャー		
135		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 2基の展開、ワイヤレスビデオ送受信器(WETA)の取付け
				ランドルフ・ブレスニク		
136		2009.11.23	5H42m	ランドルフ・ブレスニク	クエスト	ELC-2に載せて運んだ高圧ガスタンク(HPGT)のクエストへの移送と設置、ELC-2への材料曝露実験装置7(MISSE-7)の取付け
				ロバート・サッチャー		
137	ISS-22-1 (ロシア EVA-24)	2010.1.14	5H44m	マキシム・ソレオブ	DC1	ロシアの小型研究モジュール2(Mini-Research Module 2: MRM2)の整備
				オレグ・コトフ		
141	STS-131 (19A)	2010.4.9	6H27m	リチャード・マストラキオ	クエスト	シャトルで運んだ新しいアンモニアタンク(Ammonia Tank Assembly: ATA)の移動、仮置き、JAXAの微小粒子捕獲実験装置/材料曝露実験装置(MPAC&SEED)回収、S0トラスの(Rate Gyro Assembly: RGA)交換
				クレイトン・アンダーソン		
142		2010.4.11	7H26m	同上	クエスト	S1トラスの古いATAの取外し・仮置き、新しいATAのS1トラスへの設置
143		2010.4.13	6H24m	同上	クエスト	新しいATAへの流体配管の接続、クエスト外壁から外されて一時保管されていたデブリシールド2枚を船内へ回収、古いATAのシャトルへの回収、Z1トラスのKuバンド系の配線作業
144	STS-132 (ULF4)	2010.5.17	7H25m	ギャレット・リーズマン	クエスト	Z1トラスへの冗長系のKuバンドアンテナの設置、「デクスター」への改良型軌道上交換ユニット仮置き場(Enhanced OTP: EOTP)の設置、P6トラスのバッテリー軌道上交換ユニット(ORU)の交換準備
				スティーブ・ボーエン		
145		2010.5.19	7H09m	スティーブ・ボーエン	クエスト	シャトルのセンサ付き検査用延長ブームOBSSのケーブルの噛み込みの修正、P6トラスのバッテリーORU 4個の交換、冗長系のKuバンドアンテナのアンテナ部と支柱のボルトの増し締め
				マイケル・グッド		
146		2010.5.21	6H46m	ギャレット・リーズマン	クエスト	P6トラスのバッテリーORU 2個の交換、非常時用のアンモニア配管の設置、シャトルで運んだ電力・通信インタフェース付グラブル・フィクスチャ(PDGF)の船内への回収
				マイケル・グッド		
147	ISS-24-1 (ロシア EVA-25)	2010.07.26	6H42m	ミカエル・コニエンコ	DC-1	ズヴェズダ後方のATVDocking用TVカメラの交換、MRM1のデータ/Ethernetケーブルをズヴェズダから敷設、MRM1のKurs-Pケーブルのザーリヤへの接続
				フョードル・ユールチキン		

大西宇宙飛行士長期滞在プレスキット

表 1-1 ISS組立てに関するEVA履歴(10/12)

	ミッション	年月日	作業時間	EVAクルー	エアロック	備考	
148	ISS-24-2 (US EVA-15)	2010.8.7	8H03m	ダグラス・ウィーロック	クエスト	S1トラスの故障したポンプモジュールの一部の着脱コネクタ(Quick Disconnect: QD)の解除(QD取り外し時にトラブルが発生したため、予定を変更)	
				トレーシー・カードウェル*			
149	ISS-24-3 (US EVA-16)	2010.8.11	7H26m	ダグラス・ウィーロック	クエスト	故障したポンプモジュールの残りのQDの解除、故障したポンプモジュールのS1トラスからの取外しと、モービルベースシステム(MBS)上への仮置き、予備品のポンプモジュールの移動準備	
				トレーシー・カードウェル*			
150	ISS-24-4 (US EVA-17)	2010.8.16	7H20m	同上	クエスト	予備品のポンプモジュールのS1トラスへの設置、新たに設置したポンプモジュールへの電力・データ通信用コネクタの接続、アンモニア流体配管のQDの接続	
151	ISS-25-1 (ロシア EVA-26)	2010.11.15	6H27m	フョードル・ユールチキン	DC-1	ズヴェズダ右舷側への多目的ワークステーションの設置、ズヴェズダ外部に設置していたロボット実験装置Konturの回収、MRM2(Mini-Research Module 2)とズヴェズダ間、MRM2とザーリヤ間へのストラットの設置、ズヴェズダとDC-1外部での微生物サンプルの採取	
				オレグ・スクリポチカ			
152	ISS-26-1 (ロシア EVA-27)	2011.1.21	5H23m	ドミトリー・コンドラティエフ	DC-1	ズヴェズダ船外への新しい高速データ転送システムの設置、ズヴェズダ船外の故障していたplasma pulse generatorの回収、ズヴェズダ船外から材料曝露実験装置EXPOSE-Rの回収、MRM1(Mini-Research Module 1)へのTVカメラの設置	
				オレグ・スクリポチカ			
153	ISS-26-2 (ロシア EVA-28)	2011.2.16	4H51m	同上	DC-1	ズヴェズダ船外へ観測装置2基を設置、ザーリヤの材料曝露パネル2個を回収	
154	STS-133 (ULF5)	2011.2.28	6H34m	アルヴィン・ドルー	クエスト	故障して仮置きしていたポンプモジュールをESP-2に回収。JAXAのMessage in a Bottleなどを実施。	
				スティーブ・ボーエン			
155		2011.3.02	6H56m	同上	クエスト	LWAPAをシャトルへ回収、SPDMへのカメラの設置、カメラレンズカバーの設置、外部照明の設置など	
156	STS-134 (ULF6)	2011.5.20	6H19m	アンドリュウ・フォイステル	クエスト	STS-134では計4回の船外活動を実施、材料曝露実験装置MISSEの交換	
				グレゴリー・シャミトフ			
157			2011.5.22	8H07m	アンドリュウ・フォイステル	クエスト	P6トラスの熱制御系へのアンモニアの補充、左舷SARJの潤滑作業
					マイケル・フィンク		
158		2011.5.25	6H54m	同上	クエスト	ザーリヤへのPDGFの設置	
159		2011.5.27	7H24m	マイケル・フィンク	クエスト	シャトルのOBSSをISSに移設、ISSでのEVA時間が累計1,000時間を突破、シャトル最後のEVA	
				グレゴリー・シャミトフ			
160	STS-135 (ULF7)	2011.7.12	6H31m	ISSクルー(ロナルド・ギャレン、マイケル・フォッサム)が担当	クエスト	故障したポンプモジュールの回収、RRM実験装置のISSへの設置など	
161	ロシアEVA-29	2011.8.03	6H23m	セルゲイ・ヴォルコフ アレクサンダー・サマクチャイエフ	DC-1	小型衛星の放出、光通信装置の設置	
162	ロシアEVA-30	2012.2.16	6H15m	オレグ・コノネンコ アントン・シュカブレロフ	DC-1	DC-1からMRM-2へのストレラクレーン1の移設	
163	ロシアEVA-31	2012.8.20	5H51m	ゲナディ・パダルカ ユーリ・マレンチェンコ	DC-1	DC-1からザーリヤへのストレラクレーン2の移設、ズヴェズダへのデブリパネルの設置、小型衛星の放出など	
164	US-EVA-18	2012.8.30	8H17m	サニータ・ウィリアムズ* 星出 彰彦 (JAXA)	クエスト	MBSU-1の交換(設置は完了せず)	
165	US-EVA-19	2012.9.05	6H28m	同上	クエスト	MBSU-1の設置(トラブル対応のため追加実施)	

大西宇宙飛行士長期滞在プレスキット

表 1-1 ISS組立てに関するEVA履歴(11/12)

	ミッション	年月日	作業時間	EVAクルー	エアロック	備考
166	US-EVA-20	2012.11.01	6H38m	サニータ・ウィリアムズ* 星出 彰彦 (JAXA)	クエスト	P6トラスのアンモニア漏れの修理
167	ロシア EVA-32	2013.04.19	6H38m	パベル・ビノグラドフ ロマン・ロマネンコ	DC-1	ズヴェズダへのObstanovkaプラズマ波 観測装置の設置、ATV用のレーザー反 射鏡の交換、Biorisk-MSNキャニスター の回収
168	US-EVA-21	2013.05.11	5H30m	クリストファー・キャシディ トマス・マシュバーン	クエスト	P6トラスのアンモニア漏れの修理のため に追加で実施(PFCSを予備品と交換)
169	ロシア EVA-33	2013.06.24	6H34m	フョードル・ユールチキン アレクサンダー・ミシュルキン	DC-1	ザーリヤの流量調整弁の交換、実験装 置2個の回収と、新たな実験装置1個の 設置
170	US-EVA-22	2013.07.09	6H07m	クリストファー・キャシディ ルカ・パルミターノ	クエスト	Kuバンド送受信機の交換、材料曝露実 験装置MISSE-8の回収、RGB (radiator grapple bar) 2個のトラスへ の設置など ルカは、イタリア人初のEVAを実施。
171	US-EVA-23	2013.07.16	1H32m	同上	クエスト	ルカのヘルメット内で水漏れが発生した ため、作業を早期に打ち切った。
172	ロシア EVA-34	2013.08.16	7H29m	フョードル・ユールチキン アレクサンダー・ミシュルキン	DC-1	MLM用の配線を敷設 7時間29分の作業時間は、ロシアEVAと しての(この時点での)最長記録
173	ロシア EVA-35	2013.08.22	5H58m	同上	DC-1	12月のEVAでHDカメラを設置するのに 備えてレーザ通信実験装置を外して回 収するとともに、指向装置などを設置
174	ロシア EVA-36	2013.11.09	5H50m	オレグ・コトフ セルゲイ・リャザンスキー	DC-1	ソチオリンピックのトーチリレー、 船外実験装置の設置準備作業
175	US-EVA-24	2013.12.21	5H28m	リチャード・マストラキオ マイケル・ホプキンス	クエスト	故障したS1ポンプモジュールの取り外し
176	US-EVA-25	2013.12.24	7H30m	同上	クエスト	新しいS1ポンプモジュールの設置
177	ロシア EVA-37	2013.12.27	8H07m	オレグ・コトフ セルゲイ・リャザンスキー	DC-1	商業用の高精細度ビデオカメラの設置 (失敗)、新たな実験装置の設置 8時間7分の作業時間は、ロシアEVAとし ては過去最長記録
178	ロシア EVA-37a	2014.01.27	6H08m	同上	DC-1	商業用の高精細度ビデオカメラの再設置
179	US-EVA-26	2014.04.23	1H36m	リチャード・マストラキオ ステイブン・スワンソン	クエスト	EXT-2 MDMの交換修理のため急ぎよ 実施
180	ロシアEVA-38	2014.06.19	7H23m	アレクサンダー・スクボルソフ オレグ・アルテミエフ	DC-1	フェーズドアレイアンテナの設置、 MPAC&SEEDの設置フレームを投棄
181	ロシアEVA-39	2014.08.18	5H11m	同上	DC-1	ペルーのCubeSat放出、ESAの曝露実 験装置EXPOSE-R2の設置
182	US-EVA-27	2014.10.07	6H13m	リード・ワイズマン アレクサンダー・ゲルスト(独)	クエスト	US-EVA-24で外したポンプモジュールを 仮置き場所から保管場所へ移動
183	US-EVA-28	2014.10.15	6H34m	リード・ワイズマン バリー・ウィルモア	クエスト	故障していた電力系のSSUの交換、船 外カメラや無線中継機器の移設
184	ロシアEVA-40	2014.10.22	3H38m	マキシム・スライエフ アレクサンダー・サマクチャイエフ	DC-1	不要になった実験装置とアンテナの取り 外し・廃棄
185	US-EVA-29	2015.02.21	6H41m	バリー・ウィルモア テリー・バーツ	クエスト	米国の商業クルー輸送機用のドッキング ポート(IDA)設置に備えた配線敷設作業
186	US-EVA-30	2015.02.25	6H43m	同上	クエスト	配線敷設作業の続き、カナダアーム2の 把持機構の潤滑、ノード3へのPMMと BEAMモジュールの移設準備
187	US-EVA-31	2015.03.01	5H38m	同上	クエスト	米国の商業クルー輸送機用の通信アン テナC2V2を設置
188	ロシアEVA-41	2015.08.10	5H31m	ゲナディ・パダルカ ミカエル・コニエンコ	DC-1	窓ふき、実験装置の回収など

大西宇宙飛行士長期滞在プレスキット

表 1-1 ISS組立てに関するEVA履歴(12/12)

	ミッション	年月日	作業時間	EVAクルー	エアロック	備考
189	US-EVA-32	2015.10.28	7H16m	スコット・ケリー チエル・リングリン	クエスト	カナダアーム2の把持機構の潤滑、商業クルー輸送機のドッキングポートIDA用の配線敷設など
190	US-EVA-33	2015.11.06	7H48m	同上	クエスト	P6トラスのアンモニア冷却ラインを2012年11月1日の修理前の設定に戻す作業
191	US-EVA-34	2015.12.21	3H16m	スコット・ケリー ティモシー・コブラ	クエスト	動けなくなったモビル・トランスポーター(MT)を動けるようにするため、予定外で作業を実施。10月にやり残していたIDA用配線敷設の残作業も実施。
192	US-EVA-35	2016.01.15	4H43m	ティモシー・コブラ ティモシー・ピーク(ESA)	クエスト	電力系の故障したSSU-1Bの交換。コブラのヘルメット内で少量の水漏れが見つかったため、作業は早目に打ち切られた。
193	ロシアEVA-42	2016.02.03	4H45m	ユーリー・マレンチェンコ セルゲイ・ボルコフ	DC-1	2014年8月に設置したESAの材料曝露実験装置EXPOSE-R2の回収、ロシアの材料曝露実験装置の交換、船外の断熱材の修理試験など

注： エアロック欄のSTSはシャトルのエアロック使用。クエストは、米国のジョイント・エアロック「クエスト」使用。DC-1は、ロシアの「ピアース」使用(Orlan宇宙服を使用)。表の日付は米国時間。* 印は女性宇宙飛行士を示す。JAXA HPでもEVA情報を提供しています。http://iss.jaxa.jp/iss/assemble/doc04.html

2. ISS向けソユーズ宇宙船ミッションの飛行履歴

表 2-1 ソユーズ宇宙船ミッションの飛行履歴(1/4)

2016年6月20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・シェパード(NASA) ユリー・キト・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) ユリー・ハトゥーリン(ロシア) デニス・チトー(宇宙旅行者)	世界初の宇宙旅行者デ ニス・チトー搭乗。 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 った。
3S	ソユーズTM-33 (No.207)	2001.10.21	2001.10.23	2002.05.05	ウイクター・アフナシエフ(ロシア) コンスタンチン・コザエフ(ロシア) クラウディ・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	ユリー・キト・ゼンコ(ロシア) ロベルト・ビットーリ(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・ザリョーティン(ロシア) フランク・デヴィエナ(ESA) ユリー・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。 カフ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	ユリー・マレンチェンコ(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・カレリ(ロシア) マイケル・フォール(NASA) ペドロ・デューク(ESA)	長期滞在クルーの交代(第 7次→第8次)。 ペドロ・デュークはTMA-2で 帰還。
8S	ソユーズTMA-4 (No.214)	2004.4.19	2004.4.21	2004.10.24	ゲナディ・パダルカ(ロシア) マイケル・フィンク(NASA) アントレ・カイバース(ESA)	長期滞在クルーの交代(第 8次→第9次)。 アントレ・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	サリサン・シャリホフ(ロシア) リロイ・チャオ(NASA) ユリー・シャキーン(ロシア)	長期滞在クルーの交代(第 9次→第10次)。 ユリー・シャキーンはTMA-4 で帰還。
10S	ソユーズTMA-6 (No.216)	2005.04.15	2005.04.17	2005.10.11	セルゲイ・クリカレフ(ロシア) ジョン・フィリップス(NASA) ロベルト・ビットーリ(ESA)	ロベルト・ビットーリはTMA-5 で帰還。
11S	ソユーズTMA-7 (No.217)	2005.10.01	2005.10.03	2006.04.09	ヴァレリー・トカレフ(ロシア) ウィリアム・マッカーサー(NASA) クレゴリー・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	パヴル・ビノグラトフ(ロシア) ジェフ・ウィリアムズ(NASA) マルコス・ボンテス(ブラジル)	長期滞在クルーの交代(第 12次→第13次)。 マルコス・ボンテスは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・アレクシア (NASA) アニューシャ・アンサリ(宇宙旅行 者)	長期滞在クルーの交代(第 13次→第14次)。 アニューシャ・アンサリは TMA-8で帰還。 過去最長の215日間飛 行。 着陸地の状態が悪く、帰 還を1日延期した。

注: 日付は日本時間(JST)をベースに記述。

大西宇宙飛行士長期滞在プレスキット

表 2-1 ソユーズ宇宙船ミッションの飛行履歴(2/4)

	宇宙船の 名称(機番)	打上げ 年 月 日	ISSとの ドッキング 年 月 日	ISSからの 分離 年 月 日	打上げ時の搭乗クルー	特記事項
14S	ソユーズTMA-10 (No.220)	2007.04.08	2007.04.10	2007.10.21	フョードル・ユールチキン(ロシア) オレグ・コトフ(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	ペギー・ワイトソン(NASA) ユーリ・マレンチェンコ(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。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・ウオルコフ(ロシア) オレグ・コネンコ(ロシア) イ・ソヨン(韓国)	長期滞在クルーの交代(第16次→第17次)。 TMA-11の帰還時トラブルを受けて、7月のEVA-20AでソユーズTMA-12のPyroホルト1本を回収した。
17S	ソユーズTMA-13 (No.223)	2008.10.12	2008.10.14	2009.04.08	マイケル・フィンク(NASA) ユーリー・ロンチャコフ(ロシア) リチャード・ギャリオット(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・ギャリオットは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)	200903.26	2009.03.28	2009.10.11	ゲナディ・パダルカ(ロシア) マイケル・ハレッド(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・デビュナー(ESA) ロバート・サークス(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。
20S	ソユーズTMA-16 (No.226)	2009.09.30	2009.10.02	2010.03.18	マキシム・シュライエフ(ロシア) ジェフ・ウィリアムズ(NASA) ギー・ラベルテ(宇宙旅行者)	ISSに初めて、ソユーズ3機が同時期に結合。 ギー・ラベルテはTMA-14で第19/20次長期滞在クルーと帰還。 19S分離から21Sドッキングまでの間は2名体制。
21S	ソユーズTMA-17 (No.227)	2009.12.21	2009.12.23	2010.06.02	オレグ・コトフ(ロシア) 野口聡一(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
22S	ソユーズTMA-18 (No.228)	2010.04.02	2010.04.04	2010.09.25	アレクサンダー・スクホルソフ(ロシア) トレーシー・カドウェル(NASA) ミカエル・コニエンコ(ロシア)	第23/24次長期滞在 分離トラブルで帰還を1日延期

注: 日付は日本時間(JST)をベースに記述。

大西宇宙飛行士長期滞在プレスキット

表 2-1 ソユーズ宇宙船ミッションの飛行履歴(3/4)

	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
23S	ソユーズTMA-19 (No.229)	2010.06.16	2010.06.18	2010.11.26	フョードル・ユールチキン(ロシア) ダグラス・ウィーロック(NASA) シャノン・ウオーカー(NASA)	第24/25次長期滞在
24S	ソユーズTMA-M (No.701)	2010.10.08	2010.10.10	2011.03.16	アレクサンダー・カレリ(ロシア) オレグ・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 第25/26次長期滞在
25S	ソユーズTMA-20 (No.230)	2010.12.16	2010.12.18	2011.05.24	ドミトリー・コンドラティエフ(ロシア) パオロ・ネスポリ(ESA) キャスリン・コールマン(NASA)	第26/27次長期滞在。 分離後にSTS-134が ドッキングした状態の ISSの撮影を実施。
26S	ソユーズTMA-21 (No.231)	2011.04.05	2011.04.07	2011.09.16	アントン・ホルシenko(ロシア) アレクサンダー・サマクチャエフ(ロシア) ロナルド・ギャレン(NASA)	第27/28次長期滞在
27S	ソユーズ TMA-02M (No.702)	2011.06.08	2011.06.10	2011.11.22	セルゲイ・ヴォルコフ(ロシア) マイケル・フォッサム(NASA) 古川聡(JAXA)	第28/29次長期滞在
28S	ソユーズTMA-22 (No.232)	2011.11.14	2011.11.16	2012.04.27	ダニエル・バーバング(NASA) アントン・シュカフプロフ(ロシア) アナトーリ・イヴァニシン(ロシア)	第29/30次長期滞在
29S	ソユーズ TMA-03M (No.703)	2011.12.21	2011.12.24	2012.07.01	オレグ・コノネンコ(ロシア) アントン・カイバース(ESA) ドナルド・ペティット(NASA)	第30/31次長期滞在
30S	ソユーズ TMA-04M (No.705)	2012.05.15	2012.05.17	2012.09.17	ゲナディ・パダルカ(ロシア) セルゲイ・レビン(ロシア) ジョセフ・アカバ(NASA)	第31/32次長期滞在
31S	ソユーズ TMA-05M (No.706)	2012.07.15	2012.07.17	2012.11.19	サニータ・ウィリアムズ(NASA) ユリー・マレンチenko(ロシア) 星出彰彦(JAXA)	第32/33次長期滞在
32S	ソユーズ TMA-06M (No.707)	2012.10.23	2012.10.25	2013.03.16	ケビン・フォード(NASA) オレグ・ノヴィツキー(ロシア) エウゲネー・タレルキン(ロシア)	第33/34次長期滞在
33S	ソユーズ TMA-07M (No.704A)	2012.12.19	2012.12.21	2013.05.14	クリス・ハットフィールド (CSA) トーマス・マシュパーン (NASA) ロマン・ロマネンコ (ロシア)	第34/35次長期滞在
34S	ソユーズ TMA-08M (No.708)	2013.03.29	2013.03.29	2013.09.11	パベル・ビノグラトフ(ロシア) クリストファー・キャンディ(NASA) アレクサンダー・ミシュキン(ロシア)	第35/36次長期滞在 ここより打上げ当日の ドッキングを開始
35S	ソユーズ TMA-09M (No.709)	2013.05.29	2013.05.29	2013.11.11	フョードル・ユールチキン(ロシア) カレン・ナイバーグ(NASA) ルカ・パルミターノ(ESA)	第36/37次長期滞在
36S	ソユーズ TMA-10M (No.710)	2013.09.26	2013.09.26	2014.03.11	オレグ・コトフ(ロシア) マイケル・ホフキンス(NASA) セルゲイ・リャザンスキー(ロシア)	第37/38次長期滞在
37S	ソユーズ TMA-11M (No.711)	2013.11.07	2013.11.07	2014.05.14	ミハイル・チューリン(ロシア) リチャード・マストラキオ(NASA) 若田光一(JAXA)	第38/39次長期滞在
38S	ソユーズ TMA-12M (No.712)	2014.03.26	2014.03.28	2014.09.11	アレクサンダー・スクボルソフ(ロシア) スティーブン・スワンソン(NASA) オレグ・アルテムエフ(ロシア)	第39/40次長期滞在
39S	ソユーズ TMA-13M (No.713)	2014.05.29	2014.05.29	2014.11.10	マキシム・スライエフ(ロシア) リード・ワイスマン(NASA) アレクサンダー・ケルスト(ESA)	第40/41次長期滞在
40S	ソユーズ TMA-14M (No.714)	2014.09.26	2014.09.26	2015.03.12	アレクサンダー・サマクチャエフ(ロシア) エレナ・セロヴァ(ロシア) ハリー・ウィルモア(NASA)	第41/42次長期滞在

注: 日付は日本時間(JST)をベースに記述。

表 2-1 ソユーズ宇宙船ミッションの飛行履歴(4/4)

	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
41S	ソユーズ TMA-15M (No.715)	2014.11.24	2014.11.24	2015.06.11	テリー・ハーツ(NASA) サマンサ・クリストフォレッティ(ESA) アントン・シュカプレフ(ロシア)	第42/43次長期滞在
42S	ソユーズ TMA-16M (No.716)	2015.03.28	2015.03.28	2015.09.12	ゲナディ・パダルカ(ロシア) スコット・ケリー(NASA) ミカエウ・コニエンコ(ロシア)	第 43/44/45/46 次 長 期滞在。1年間滞在す る2人は44Sで帰還
43S	ソユーズ TMA-17M (No.717)	2015.07.23	2015.07.23	2015.12.11	オレグ・コノネンコ(ロシア) 油井亀美也(JAXA) チエル・リンクリン(NASA)	第44/45次長期滞在
44S	ソユーズ TMA-18M (No.718)	2015.09.02	2015.09.04	2016.03.02	セルゲイ・ウオルコフ(ロシア) アントレアス・モーゲンセン(ESA) アイディン・アムベトフ(カザフスタン)	第45/46次長期滞在 2人は42Sで帰還
45S	ソユーズ TMA-19M (No.719)	2015.12.15	2015.12.16	2016.06.18	ティモシー・コブラ(NASA) ティモシー・ピーク(ESA) ユーリ・マレンチエンコ(ロシア)	第46/47次長期滞在
46S	ソユーズ TMA-20M (No.720)	2016.03.19	2016.03.19	2016.09. (予定)	ジェフリー・ウイリアムス (NASA) アレクセイ・オブチニン (ロシア) オレグ・スクリポチカ (ロシア)	第47/48次長期滞在
47S	ソユーズMS-01 (No.731)	2016.07.07 (予定)	2016.07.09 (予定)	2016.10. (予定)	アナトーリ・イヴァニシン(ロシア) キャスリーン・ルビンズ (NASA) 大西卓哉 (JAXA)	第48/49次長期滞在
48S	ソユーズMS-02 (No.732)	2016.09. (予定)	2016.09. (予定)	2017.02. (予定)	ロバート・キンブロー (NASA) アントレイ・ホリシェンコ (ロシア) セルゲイ・イリジコフ (ロシア)	第49/50次長期滞在
49S	ソユーズMS-03 (No.733)	2016.11. (予定)	2016.11. (予定)			第50/51次長期滞在

注: 日付は日本時間(JST)をベースに記述。

3. ISS長期滞在クルー

2016年6月20日現在

表 3-1 ISS長期滞在クルー(1/7)

Expe dition	長期滞在クルー	▲打上げ日 (GMT)	宇宙滞在時間	EVA回数 (合計時 間)	その他
		▼帰還日 (GMT)			
1	第1次長期滞在クルー (以下は、左記番号で省略) ウィリアム・シェパード(NASA)(軍) 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) ▼2001.03.21 STS-102(5A.1)	140日 23時間38分	実施せず	
2	ユーリー・ウサチェフ(ロシア)(民) ジェームス・ヴォス(NASA) スーザン・ヘルムズ*(NASA)	▲2001.03.08 STS-102(5A.1) ▼2001.08.22 STS-105(7A.1)	167日 6時間40分	1回 (19分)	
3	フランク・カルバートソン(NASA)(軍) ウラディミール・ジェジュロフ(ロシア) ミハイル・チューリン(ロシア)	▲2001.08.10 STS-105(7A.1) ▼2001.12.17 STS-108(UF-1)	128日 20時間44分	4回 (18時間 40分)	
4	ユーリ・オヌフリエンコ(ロシア)(軍) カール・ウォルツ(NASA) ダニエル・バーシュ(NASA)	▲2001.12.05 STS-108(UF-1) ▼2002.06.19 STS-111(UF-2)	195日 19時間39分	3回 (14時間 48分)	
5	ワレリー・コルズン(ロシア)(軍) ベギー・ウィットソン*(NASA) セルゲイ・トレシェフ(ロシア)	▲2002.06.05 STS-111(UF-2) ▼2002.12.07 STS-113(11A)	184日 22時間14分	2回 (18時間 40分)	
6	ケネス・バウアーソックス(NASA)(軍) ドナルド・ベティット(NASA) ニコライ・ブダーリン(ロシア)	▲2002.11.24 STS-113(11A) ▼2003.05.04 ソユーズTMA-1(5S)	161日 1時間14分	2回 (9時間 46分)	
7	ユーリ・マレンチェンコ(ロシア)(軍) エドワード・ルー(NASA)	▲2003.04.26 ソユーズTMA-2(6S) ▼2003.10.28 ソユーズTMA-2(6S)	184日 22時間47分	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
8	マイケル・フォール(NASA)(民) アレクサンダー・カレリ(ロシア)	▲2003.10.18 ソユーズTMA-3(7S) ▼2004.04.30 ソユーズTMA-3(7S)	194日 18時間34分	1回 (3時間 55分)	
9	ゲナディ・パダルカ(ロシア)(軍) マイケル・フィンク(NASA)	▲2004.04.19 ソユーズTMA-4(8S) ▼2004.10.24 ソユーズTMA-4(8S)	187日 21時間17分	4回 (15時間 45分)	
10	リロイ・チャオ(NASA)(民) サリザン・シャリポフ(ロシア)	▲2004.10.14 ソユーズTMA-5(9S) ▼2005.04.24 ソユーズTMA-5(9S)	192日 19時間02分	2回 (9時間 58分)	
11	セルゲイ・クリカレフ(ロシア)(民) ジョン・フィリップス(NASA)	▲2005.04.15 ソユーズTMA-6(10S) ▼2005.10.11 ソユーズTMA-6(10S)	179日 0時間22分	1回 (4時間 58分)	クリカレフは 2回目のISS 滞在。
12	ウィリアム・マッカーサー(NASA)(軍) パレリー・トカレフ(ロシア)	▲2005.10.01 ソユーズTMA-7(11S) ▼2006.04.08 ソユーズTMA-7(11S)	189日 19時間53分	2回 (11時間 40分)	

大西宇宙飛行士長期滞在プレスキット

表 3-1 ISS長期滞在クルー(2/7)

Expedition	長期滞在クルー	▲打上げ日 (GMT) ▼帰還日 (GMT)	宇宙滞在時間	EVA回数 (合計時間)	その他
13	<u>パベル・ビノグラドフ</u> (ロシア)(民)	▲打上げ 2006.03.30 ソユーズTMA-8(12S)	182日 22時間43分	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、 <u>ISSを3 名体制に戻した</u>
	ジェフリー・ウィリアム(NASA)	▼帰還 2006.09.29 ソユーズTMA-8(12S)			
	トーマス・ライター(ESA)	▲打上げ 2006.07.04 STS-121	14次に記載		
14	<u>マイケル・ロペズ・アレグリア</u> (NASA)(軍)	▲打上げ 2006.09.18 ソユーズTMA-9(13S)	215日 8時間22分	5回 (33時間 02分)	ESA 初 の ISS滞在 <u>215日間は ISS最長の 滞在期間</u>
	ミハイル・チューリン(ロシア)	▼帰還 2007.04.21 ソユーズTMA-9 (13S)	171日 3時間54分		
	トーマス・ライター(ESA)	▼帰還 2006.12.22 STS-116			
	サニータ・ウィリアムズ*(NASA)	▲打上げ 2006.12.10 STS-116			
15	<u>フョードル・ユールチキン</u> (ロシア) (民)	▲打上げ 2007.04.07 ソユーズTMA-10(14S)	196日 17時間04分	3回 (18時間 43分)	
	オレグ・コトフ(ロシア)	▼帰還 2007.10.21 ソユーズTMA-10(14S)	194日 18時間02分		
	サニータ・ウィリアムズ*(NASA)	▼帰還 2007.06.22 STS-117			
	クレイトン・アンダーソン(NASA)	▲打上げ 2007.06.08 STS-117			
16	<u>ペギー・ウィットソン</u> *(NASA)(民)	▲打上げ 2007.10.10 ソユーズTMA-11(15S)	191日 19時間07分	5回 (35時間 21分)	ISS初の女 性コマンダ ー誕生
	ユーリ・マレンチェンコ(ロシア)	▼帰還 2008.04.19 ソユーズTMA-11(15S)	151日 18時間23分		
	クレイトン・アンダーソン(NASA)	▼帰還 2007.11.07 STS-120			
	ダニエル・タニ(NASA)	▲打上げ 2007.10.23 STS-120 ▼帰還 2008.02.20 STS-122	119日 22時間28分		
	レオポルド・アイハーツ(ESA)	▲打上げ 2008.02.07 STS-122 ▼帰還 2008.03.27 STS-123	48日 4時間54分		
	ギャレット・リーズマン(NASA)	▲打上げ 2008.03.11 STS-123	17次に記載		
17	<u>セルゲイ・ヴォルコフ</u> (ロシア)(軍)	▲打上げ 2008.04.08 ソユーズTMA-12(16S)	198日 16時間20分	2回 (18時間 43分)	
	オレグ・コノネンコ(ロシア)	▼帰還 2008.10.24 ソユーズTMA-12(16S)	95日 8時間47分		
	ギャレット・リーズマン(NASA)	▼帰還 2008.06.14 STS-124			
	グレゴリー・シャミツ(NASA)	▲打上げ 2008.05.31 STS-124			

注) 名前の後ろの * マークは女性。

下線のクルーはISSコマンダー(指揮官)。(軍)は軍出身者、(民)は民間出身者。

大西宇宙飛行士長期滞在プレスキット

表 3-1 ISS長期滞在クルー(3/7)

Expedition	長期滞在クルー	▲ 打上げ日 (GMT)	宇宙滞在時間	EVA回数 (合計時間)	その他
		▼ 帰還日 (GMT)			
18	マイケル・フィンク (NASA) (民)	▲ 打上げ 2008.10.12 ソユーズTMA-13(17S)	178日 0時間15分	2回 (10時間 27分)	日本人初のISS滞在
	ユーリ・ロンチャコフ (ロシア)	▼ 帰還 2009.4.8 ソユーズTMA-13(17S)			
	グレゴリー・シャミツ (NASA) (STS-124で2008.05.31に打ち上げられ、STS-126で2008.11.30に帰還)	▼ 帰還 2008.11.30 STS-126	183日 0時間22分		
	サンドラ・マグナス* (NASA) (STS-126で2008.11.15に打ち上げられ、STS-119で2009.3.28に帰還)	▲ 打上げ 2008.11.15 STS-126 ▼ 帰還 2009.3.28 STS-119	133日 18時間18分		
	若田光一 (JAXA) (STS-119で2009.3.15に打ち上げられ、STS-127で2009.7.31に帰還)	▲ 打上げ 2009.03.15 STS-119	20次に記載		
19	ゲナディ・パダルカ (ロシア) (軍)	▲ 打上げ 2009.3.26 ソユーズTMA-14(18S)	20次に記載	実施せず	パダルカは初めて2回ISSコマンドーを担当(第9次に続いて担当)。
	マイケル・バラット (NASA)				
	若田光一 (JAXA) (STS-127で2009.7.31に帰還)	*18, 20次に記載	20次に記載		
20	ゲナディ・パダルカ (ロシア) (軍)	▼ 帰還 2009.10.11 ソユーズTMA-14(18S)	198日 16時間42分	2回 (5時間 6分)	ISS滞在クルー6名体制へ移行。 CSA初のISS滞在
	マイケル・バラット (NASA)	▼ 帰還 2009.7.31 STS-127	137日 15時間05分		
	若田光一 (JAXA)				
	フランク・デヴィン (ESA) ロバート・サースク (CSA) ロマン・ロマネンコ (ロシア)	▲ 打上げ 2009.5.27 ソユーズTMA-15(19S)	21次に記載		
	ティモシー・コブラ (NASA)	▲ 打上げ 2009.07.15 STS-127 ▼ 帰還 2009.9.12 STS-128	58日 2時間50分		
	ニコール・ストット* (NASA)	▲ 打上げ 2009.08.29 STS-128	21次に記載		
21	フランク・デヴィン (ESA) (軍) ロバート・サースク ロマン・ロマネンコ	▼ 帰還 2009.12.01 ソユーズTMA-15(19S)	187日 20時間40分	実施せず	ESA初のISSコマンドー(ベルギー人)。 ニコール・ストットは、シャトルで帰還した最後のISS滞在クルー。
	ニコール・ストット* (NASA)	▼ 帰還 2009.11.27 STS-129	90日 10時間45分		
	ジェフリー・ウィリアムズ (NASA) マキシム・ソレオブ (ロシア)	▲ 打上げ 2009.09.30 ソユーズTMA-16(20S)	22次に記載		
22	ジェフリー・ウィリアムズ (軍) マキシム・ソレオブ	▼ 帰還 2010.03.18 ソユーズTMA-16(20S)	169日 4時間09分	22/23で1回実施 (5時間 44分)	
	オレグ・コトフ (ロシア) 野口聡一 (JAXA) ティモシー・クリマー (NASA)	▲ 打上げ 2009.12.20 ソユーズTMA-17(21S)	23次に記載		

注) 下線のクルーはISSコマンドー(指揮官)。太字はJAXA宇宙飛行士。
(軍)は軍出身者、(民)は民間出身者。

大西宇宙飛行士長期滞在プレスキット

表 3-1 ISS長期滞在クルー(4/7)

Expedition	長期滞在クルー	▲打上げ日 (GMT)	宇宙滞在時間	EVA回数 (合計時間)	その他
		▼帰還日 (GMT)			
23	オレグ・コトフ (軍) 野口聡一 ティモシー・クリーマー アレクサンダー・スクボルソフ(ロシア)	▼帰還 2010.06.02 ソユーズTMA-17(21S)	163日 5時間33分	(上記参照)	
	トレーシー・カードウェル*(NASA) ミカエル・コニエンコ(ロシア)	▲打上げ 2010.04.02 ソユーズTMA-18(22S)	24次に記載		
24	アレクサンダー・スクボルソフ (軍) トレーシー・カードウェル* ミカエル・コニエンコ	▼帰還 2010.09.25 ソユーズTMA-18(22S)	176日 1時間19分	23/24で4回 実施 (29時間 31分)	ISS に 女 性 2 人 の 滞 在 ク ル ー が 揃 っ た の は 初 め て
	ダグラス・ウィーロック(NASA) シャノン・ウォーカー* (NASA) フョードル・ユールチキン (ロシア)	▲打上げ 2010.06.15 ソユーズTMA-19(23S)	25次に記載		
25	ダグラス・ウィーロック (軍) シャノン・ウォーカー* フョードル・ユールチキン	▼帰還 2010.11.26 ソユーズTMA-19(23S)	163日 7時間11分	24/25で1回 実施 (6時間 28分)	11月2日、 ISS で の 有 人 運 用 開 始 か ら 10 周 年 を 達 成。
	スコット・ケリー(NASA) アレクサンダー・カレリ(ロシア) オレグ・スクリポチカ(ロシア)	▲打上げ 2010.10.07 ソユーズTMA-M(24S)	26次に記載		
26	スコット・ケリー (軍) アレクサンダー・カレリ オレグ・スクリポチカ	▼帰還 2011.03.16 ソユーズTMA-M(24S)	159日 8時間43分	25/26で2回 実施 (10時間 14分)	
	ドミトリー・コンドラティエフ(ロシア) キャスリン・コールマン* (NASA) パオロ・ネスポリ(ESA)	▲打上げ 2010.12.15 ソユーズTMA-20(25S)	27次に記載		
27	ドミトリー・コンドラティエフ (軍) キャスリン・コールマン* パオロ・ネスポリ	▼帰還 2011.05.24 ソユーズTMA-20(25S)	159日 7時間18分	(上記参照)	
	アンドレイ・ボリシェンコ (ロシア) アレクサンダー・サマクチャイエフ (ロシア) ロナルド・ギャレン(NASA)	▲打上げ 2011.04.04 ソユーズTMA-21(26S)	28次に記載		
28	アンドレイ・ボリシェンコ (軍) アレクサンダー・サマクチャイエフ ロナルド・ギャレン	▼帰還 2011.09.16 ソユーズTMA-21(26S)	164日 5時間41分	27/28で2回 実施 (12 時 間 54 分)	
	マイケル・フォッサム(NASA) 古川 聡(JAXA) セルゲイ・ヴォルコフ(ロシア)	▲打上げ 2011.06.07 ソユーズTMA-02M(27S)	29次に記載		
29	マイケル・フォッサム(民) 古川 聡 セルゲイ・ヴォルコフ	▼帰還 2011.11.22 ソユーズTMA-02M(27S)	167日 6時間14分	(上記参照)	
	ダニエル・バーバンク(NASA) アントン・シュカブレロフ (ロシア) アナトーリ・イヴァニシン (ロシア)	▲打上げ 2011.11.14 ソユーズTMA-22(28S)	30次に記載		

注) 下線のクルーはISSコマンダー(指揮官)。太字はJAXA宇宙飛行士。
(軍)は軍出身者、(民)は民間出身者。

大西宇宙飛行士長期滞在プレスキット

表 3-1 ISS長期滞在クルー(5/7)

Expedition	長期滞在クルー	▲打上げ日 (GMT)	宇宙滞在時間	EVA回数 (合計時間)	その他
		▼帰還日 (GMT)			
30	ダニエル・バーバンク(沿岸警備隊) アントン・シュカプレロフ アナトーリ・イヴァニシ	▼帰還 2012.04.27 ソユーズTMA-22(28S)	165日 7時間30分	30/31で1回 (6時間15分)	
	オレグ・コノネンコ(ロシア) アンドレ・カイパース(ESA) ドナルド・ベティット(NASA)	▲打上げ 2011.12.21 ソユーズTMA-03M(29S)	31次に記載		
31	オレグ・コノネンコ(民) アンドレ・カイパース ドナルド・ベティット	▼帰還 2012.07.01 ソユーズTMA-03M(29S)	192日 18時間58分	(上記参照) 30/32で1回 (5時間51分)	コノネンコ は 2 回 目 の コ マ ン ダ ー
	ゲナディ・パダルカ (ロシア) ジョセフ・アカバ (NASA) セルゲイ・レビン (ロシア)	▲打上げ 2012.05.15 ソユーズTMA-04M(30S)	32次に記載		
32	ゲナディ・パダルカ (軍) ジョセフ・アカバ セルゲイ・レビン	▼帰還 2012.09.17 ソユーズTMA-04M(30S)	124日 23時間51分	32/33次で 4回実施 (27時間14分)	パダルカ は 3 回 目 の コ マ ン ダ ー
	サニータ・ウィリアムズ* (NASA) ユーリ・マレンチェンコ(ロシア) 星出彰彦(JAXA)	▲打上げ 2012.07.15 ソユーズTMA-05M(31S)	33次に記載		
33	サニータ・ウィリアムズ* (軍) ユーリ・マレンチェンコ 星出彰彦	▼帰還 2012.11.19 ソユーズTMA-05M(31S)	126日 23時間15分	(上記参照)	
	ケビン・フォード (NASA) オレグ・ノヴィツキー (ロシア) エヴァゲニー・タレルキン(ロシア)	▲打上げ 2012.10.23 ソユーズTMA-06M(32S)	34次に記載		
34	ケビン・フォード (軍) オレグ・ノヴィツキー エヴァゲニー・タレルキン	▼帰還 2013.03.16 ソユーズTMA-06M(32S)	143日 16時間14分	実施せず	
	クリス・ハドフィールド (CSA) トーマス・マシュバーン (NASA) ロマン・ロマネンコ (ロシア)	▲打上げ 2012.12.19 ソユーズTMA-07M(33S)	35次に記載		
35	クリス・ハドフィールド (CSA) (軍) トーマス・マシュバーン ロマン・ロマネンコ	▼帰還 2013.05.14 ソユーズTMA-07M(33S)	145日 14時間18分	2回実施 (12時間08分)	カナダ 人 初 の ISS コ マ ン ダ ー
	パベル・ビノグラドフ(ロシア) アレクサンダー・ミシュルキン (ロシア) クリストファー・キャンディ (NASA)	▲打上げ 2013.03.28 ソユーズTMA-08M(34S)	36次に記載		
36	パベル・ビノグラドフ(民) アレクサンダー・ミシュルキン クリストファー・キャンディ	▼帰還 2013.09.11 ソユーズTMA-08M(34S)	166日 6時間14分	5回実施 (27時間40分)	
	フォードル・ユールチキン (ロシア) カレン・ナイバーク* (NASA) ルカ・パルミターノ (ESA)	▲打上げ 2013.05.28 ソユーズTMA-09M(35S)	37次に記載		
37	フォードル・ユールチキン(民) カレン・ナイバーク* ルカ・パルミターノ	▼帰還 2013.11.11 ソユーズTMA-09M(35S)	166日 6時間17分	実施せず	
	オレグ・コトフ(ロシア) マイケル・ホプキンス(NASA) セルゲイ・リャザンスキー(ロシア)	▲打上げ 2013.09.25 ソユーズTMA-10M(36S)	38次に記載		

注) 名前の後ろの * マークは女性を示す。

下線のクルーはISSコマンダー(指揮官)。太字はJAXA宇宙飛行士。

(軍)は軍出身者、(民)は民間出身者。

表 3-1 ISS長期滞在クルー(6/7)

Expedition	長期滞在クルー	▲打上げ日 (GMT)	宇宙滞在時間	EVA回数 (合計時間)	その他
		▼帰還日 (GMT)			
38	オレグ・コトフ (軍) マイケル・ホプキンス セルゲイ・リャザンスキー	▼帰還 2014.03.11 ソユーズTMA-10M (36S)	166日 6時間25分	5回実施 (32時間23分)	
	若田光一(JAXA) ミハイル・チューリン (ロシア) リチャード・マストラキオ(NASA)	▲打上げ 2013.11.07 ソユーズTMA-11M (37S)	39次に記載		
39	若田光一 (民) ミハイル・チューリン リチャード・マストラキオ	▼帰還 2014.05.14 ソユーズTMA-11M (37S)	187日 21時間43分	1回実施 (1時間36分)	日本人初のISSコマンダー
	スティーブン・スワンソン(NASA) アレクサンダー・スクボルソフ(ロシア) オレグ・アルテミエフ(ロシア)	▲打上げ 2014.03.25 ソユーズTMA-12M (38S)	40次に記載		
40	スティーブン・スワンソン(民) アレクサンダー・スクボルソフ オレグ・アルテミエフ	▼帰還 2014.09.11 ソユーズTMA-12M (38S)	169日 5時間05分	2回実施 (12時間34分)	
	マキシム・スライエフ(ロシア) リード・ワイズマン(NASA) アレクサンダー・ゲルスト(ESA)	▲打上げ 2014.05.28 ソユーズTMA-13M (39S)	41次に記載		
41	マキシム・スライエフ (軍) リード・ワイズマン アレクサンダー・ゲルスト	▼帰還 2014.11.10 ソユーズTMA-13M (39S)	165日 8時間00分	3回実施 (16時間28分)	ロシア人女性宇宙飛行士初のISS滞在
	バリー・ウィルモア(NASA) エレナ・セロヴァ* (ロシア) アレクサンダー・サマクチャイエフ (ロシア)	▲打上げ 2014.09.25 ソユーズTMA-14M (40S)	42次に記載		
42	バリー・ウィルモア (軍) エレナ・セロヴァ* アレクサンダー・サマクチャイエフ	▼帰還 2015.03.12 ソユーズTMA-14M (40S)	167日 5時間42分	3回実施 (19時間02分)	ESA女性宇宙飛行士初のISS滞在
	テリー・バーツ(NASA) サマンサ・クリストフォレッティ* (ESA) アントン・シュカブレロフ(ロシア)	▲打上げ 2014.11.23 ソユーズTMA-15M (41S)	43次に記載		
43	テリー・バーツ (軍) サマンサ・クリストフォレッティ* アントン・シュカブレロフ	▼帰還 2015.06.11 ソユーズTMA-15M (41S)	199日 16時間42分	実施せず	ケリーとコニエンコはISSに1年間滞在
	スコット・ケリー(NASA) ミカエル・コニエンコ(ロシア) ゲナディ・パダルカ(ロシア)	▲打上げ 2015.03.27 ソユーズTMA-16M (42S)	45次に記載		
44	ゲナディ・パダルカ (軍) スコット・ケリー ミカエル・コニエンコ	▼帰還 2015.09.12 ソユーズTMA-16M (42S)	168日 5時間08分	1回実施 (5時間31分)	パダルカは4回目のコマンダー、宇宙滞在記録 878 日間を樹立
	オレグ・コノネンコ(ロシア) チェル・リングリン (NASA) 油井亀美也(JAXA)	▲打上げ 2015.07.22 ソユーズTMA-17M (43S)	45次に記載		
45	オレグ・コノネンコ チェル・リングリン 油井亀美也	▼帰還 2015.12.11 ソユーズTMA-17M (43S)	141日 16時間09分	2回実施 (15時間04分)	ケリーは米国の累計宇宙滞在記録を更新 → 520日間
	スコット・ケリー(NASA) (軍) ミカエル・コニエンコ(ロシア)	1年間滞在 ▼帰還 2016.03.02 ソユーズTMA-18M (44S)	340日 8時間43分		
	セルゲイ・ヴォルコフ(ロシア)	▲打上げ 2015.09.02 ソユーズTMA-18M (44S)	46次に記載		

注) 名前の後ろの*マークは女性を示す。下線のクルーはISSコマンダー(指揮官)。太字はJAXA宇宙飛行士。(軍)は軍出身者、(民)は民間出身者。

表 3-1 ISS長期滞在クルー(7/7)

Expedition	長期滞在クルー	▲打上げ日 (GMT)	宇宙滞在時間	EVA回数 (合計時間)	その他
		▼帰還日 (GMT)			
46	スコット・ケリー (軍) ミカエル・コニエンコ セルゲイ・ヴォルコフ	▼帰還 2016.03.02 ソユーズTMA-18M (44S)	ヴォルコフ 181日 23時間48分	3回実施 (12時間44分)	
	ティモシー・コブラ (NASA) ティモシー・ピーク (ESA) ユーリ・マレンチエンコ(ロシア)	▲打上げ 2015.12.15 ソユーズTMA-19M (45S)	47次に記載		
47	ティモシー・コブラ (軍) ティモシー・ピーク ユーリ・マレンチエンコ	▼帰還 2016.06.18(予定) ソユーズTMA-19M (45S)	185日 22時間12分		
	ジェフリー・ウィリアムズ(NASA) アレクセイ・オブチニン(ロシア) オレグ・スクリポチカ (ロシア)	▲打上げ 2016.03.18 ソユーズTMA-20M (46S)	48次に記載		
48	ジェフリー・ウィリアムズ (軍) アレクセイ・オブチニン オレグ・スクリポチカ	▼帰還 2016.09.(予定) ソユーズTMA-20M (46S)			ジェフは 米国の累計宇宙滞在記録を 更新予定 → 約 535 日間
	アナトーリ・イヴァニシン(ロシア) キャスリーン・ルビンズ*(NASA) 大西卓哉(JAXA)	▲打上げ 2016.07.07(予定) ソユーズMS-01 (47S)	49次に記載		
49	アナトーリ・イヴァニシン (軍) キャスリーン・ルビンズ* 大西卓哉	▼帰還 2016.10(予定) ソユーズMS-01 (47S)			
	ロバート・キンブロー(NASA) アンドレイ・ボリシェンコ(ロシア) セルゲイ・リジコフ(ロシア)	▲打上げ 2016.09.(予定) ソユーズMS-02(48S)	50次に記載		
50	ロバート・キンブロー (軍) アンドレイ・ボリシェンコ セルゲイ・リジコフ	▼帰還 2017.02(予定) ソユーズMS-02 (48S)			
	ベギー・ウイットソン*(NASA) オレグ・ノヴィツキー(ロシア) トマ・ベスケ(ESA)	▲打上げ 2016.11.(予定) ソユーズMS-03(49S)	51次に記載		
51	ベギー・ウイットソン* オレグ・ノヴィツキー トマ・ベスケ	▼帰還2017.05(予定)			ベギーは米国の累計宇宙滞在記録を 更新予定 → 550 日間以上
	Alexander Misurkin(ロシア) Nikolai Tikhonov(ロシア) Mark Vande Hei (NASA)	▲打上げ 2017.03.(予定) ソユーズMS-04(50S)	52次に記載		
52	Alexander Misurkin Nikolai Tikhonov Mark Vande Hei	▼帰還2017.09(予定)			
	フョードル・ユールチキン (ロシア) ジャック・フィッシャー (NASA) パオロ・ネスポリ (イタリア)	▲打上げ 2017.05.(予定) ソユーズMS-05(51S)	53次に記載		
53	フョードル・ユールチキン ジャック・フィッシャー パオロ・ネスポリ	▼帰還2017.11(予定)			
	アレクサンダー・スクボルソフ(ロシア) Ivan Vagner(ロシア) Scott Tingle(NASA)	▲打上げ 2017.09.(予定) ソユーズMS-06(52S)	54次に記載		
54	アレクサンダー・スクボルソフ Ivan Vagner Scott Tingle	▼帰還2018.03(予定)			
	セルゲイ・リャザンスキー (ロシア) ランドルフ・プレスニック (NASA) 金井宣茂(JAXA)	▲打上げ 2017.11.(予定) ソユーズMS-07(53S)	55次に記載		

注) 名前の後ろの * マークは女性を示す。下線のクルーはISSコマンダー(指揮官)。太字は JAXA宇宙飛行士。

4. JAXAの現役宇宙飛行士

JAXAの現役宇宙飛行士は、現在以下の7人です。詳しくはJAXAのホームページをご覧ください。<http://iss.jaxa.jp/astro/index.html>

			
若田光一	野口聡一	古川聡	星出彰彦
			
油井亀美也	大西卓哉	金井宣茂	

5. 日本人宇宙飛行士の宇宙滞在記録

2016年5月20日現在

表5-1 日本人宇宙飛行士の合計宇宙滞在記録

	クルー	フライト	飛行回数	宇宙滞在時間	備考
1	若田 光一	STS-72 STS-92 STS-119/STS-127 (第18/19/20次長期滞在) ソユーズTMA-11M/37S (第38/39次長期滞在)	4	8日22時間00分 12日21時間42分 137日15時間05分 187日21時間43分 =347日8時間32分	1回の飛行としての日本人最長記録
2	野口 聡一	STS-114 ソユーズTMA-17/21S (第22/23次長期滞在)	2	13日21時間32分 163日05時間33分 =177日03時間05分	
3	古川 聡	ソユーズTMA-02M/27S (第28/29次長期滞在)	1	167日06時間14分	
4	油井 亀美也	ソユーズTMA-17M/43S (第44/45次長期滞在)	1	141日16時間9分	
5	星出 彰彦	STS-124 ソユーズTMA-05M/31S (第32/33次長期滞在)	2	13日18時間13分 126日23時間15分 =140日17時間29分	
-	大西卓哉 	ソユーズMS/47S (第48/49次長期滞在)	(1)	約4ヶ月間の予定	
6	土井 隆雄	STS-87 STS-123	2	15日16時間34分 15日18時間10分 =31日10時間44分	
7	向井 千秋	STS-65 STS-95	2	14日17時間55分 8日21時間44分 =23日15時間39分	
8	毛利 衛	STS-47 STS-99	2	7日22時間30分 11日05時間38分 =19日04時間09分	
9	山崎 直子	STS-131	1	15日02時間47分	
10	秋山 豊寛	ソユーズTM-11	1	7日21時間54分	
—			18	総計1,071日10時間44分	合計時間には大西宇宙飛行士の滞在予定は含めない

注：秒処理の関係で誤差が生じる場合があります。

表5-2 日本人宇宙飛行士の1回の飛行での最長飛行記録

2016年5月20日現在

	クルー	フライト	宇宙滞在時間	備考
1	若田 光一	ソユーズTMA-11M/37S (第38/39次長期滞在)	187日21時間43分	
2	古川 聡	ソユーズTMA-02M/27S (第28/29次長期滞在)	167日06時間14分	
3	野口 聡一	ソユーズTMA-17/21S (第22/23次長期滞在)	163日05時間33分	
4	油井 亀美也	ソユーズTMA-17M/43S (第44/45次長期滞在)	141日16時間09分	
5	星出 彰彦	ソユーズTMA-05M/31S (第32/33次長期滞在)	126日23時間15分	
-	大西卓哉 	ソユーズMS/47S (第48/49次長期滞在)	約4か月間の予定	

6. 各国の宇宙滞在記録

表 6-1 宇宙滞在の国別記録(45S帰還時点)

	国	合計滞在時間	人数	備考
1	ロシア (旧ソ連を含む)	2万5578日10時間43分	119人	注:2016年3月2日に44Sで帰還したクルーの滞在までの記録。軌道上に滞在しているクルーの日数は含めていない。
2	米国	1万8107日22時間42分	334人	同上
3	日本	1071日10時間44分	10人	秋山氏の飛行を含む
4	ドイツ	658日23時間25分	11人	
5	イタリア	627日5時間13分	7人	
6	カナダ	506日3時間34分	9人	ギー・ラリベルテ氏の飛行を含む
7	フランス	432日4時間33分	9人	

表 6-2 宇宙滞在の国別記録(47S帰還時の予定データ)

	国	合計滞在時間	人数	備考
1	ロシア (旧ソ連を含む)	2万5578日10時間43分 +184日×2(46S) +116日(47S)= 2万6062日	119人 +46S で新人1人	注:47S帰還時点で軌道上にいる48Sクルーの記録は含まない。
2	米国	1万8107日22時間42分 +184日+116日(47S) = 1万8407日	334人 +47Sで 1人	注:この時点で軌道上にいる48Sクルーの記録は含まない。 米国人宇宙旅行者の記録を含む
3	日本	1071日10時間44分 +116日(47S)= 1187日	10人 +1人	秋山氏の飛行を含む
4	ドイツ	658日23時間25分	11人	
5	イタリア	627日5時間13分	7人	
6	カナダ	506日3時間34分	9人	ギー・ラリベルテ氏の飛行を含む
7	フランス	432日4時間33分	9人	

注:軌道を周回した民間の宇宙旅行者も含む。

高度100km以上でも弾道飛行した者は除外(軌道飛行のみをカウント)

注:人数の欄は延べ人数ではないため、初飛行以外はカウントアップしない。

7. 日本人宇宙飛行士の船外活動(EVA)記録

2016年4月30日現在

表7-1 日本人宇宙飛行士の船外活動(EVA)記録

	クルー	フライト	EVA 回数	EVA記録(米国時間)	備考
1	星出 彰彦	ソユーズTMA-05M/31S (第32/33次長期滞在)	3	US EVA18 2012年8月30日 8時間17分 US EVA19 2012年9月 5日 6時間28分 US EVA20 2012年11月1日 6時間38分 計21時間23分	
2	野口 聡一	STS-114/LF-1	3	EVA#1 2005年7月30日 6時間50分 EVA#2 2005年8月 1日 7時間14分 EVA#3 2005年8月 3日 6時間01分 計20時間05分	
3	土井 隆雄	STS-87	2	EVA#1 1997年11月24-25日 7時間43分 EVA#2 1997年12月 3日 5時間00分 計12時間43分	
—					

8. 各国の宇宙飛行士の船外活動(EVA)記録

表8-1 各国の宇宙飛行士の船外活動(EVA)記録 2016/4/30 現在

	国	フライト／クルー	回数	EVA時間
1	アメリカ			総計約2,786時間
2	ロシア (旧ソ連含む)	(カザフスタン、ウクライナを含む)		総計約1,226時間
3	日本	STS-87／土井 隆雄 STS-114／野口 聡一 第32/33次長期滞在／星出 彰彦	2 3 3	計12時間43分 計20時間05分 計21時間23分 総計約54時間11分
4	カナダ	STS-100／クリス・ハドフィールド STS-115／スティーブン・マクリーン STS-118／ダフィッド・ウィリアムズ	2 1 3	計14時間50分 7時間11分 計17時間47分 総計 39時間48分
5	スウェーデン	STS-116、STS-128 ／クリスター・フューゲルサング	3+2	18時間14分(STS-116) 13時間40分(STS-128) 総計 31時間54分
6	フランス	1988年ミール ／Jean-Loup Chretien 1999年ミール(ESAクルー) ／Jean-Pierre Haignere STS-111／フィリップ・ペリン	1 1 3	6時間00分 6時間19分 計19時間31分 総計 31時間50分
7	ドイツ	1995-1996年ミール(ESAクルー) ／トーマス・ライター 第13/14次長期滞在 ／トーマス・ライター STS-122(ESAクルー) ／ハンス・シュリーゲル 第40/41次長期滞在(ESAクルー) ／アレクサンダー・ゲルスト	2 1 1 1	8時間22分 5時間54分 6時間45分 6時間13分 総計 27時間14分
8	スイス	STS-103／Claude Nicollier (ESAクルー：ハッブル修理ミッション)	1	8時間10分
9	イタリア	第36/37次長期滞在(ESAクルー) ／ルカ・パルミターノ	2	7時間39分
10	イギリス	第46/47次長期滞在(ESAクルー) ／ティモシー・ピーク	1	4時間43分
11	中国	神舟7号／翟志剛と劉伯明	1	0時間22分 総計 0時間44分

下線はISSでのEVA

注： カザフスタンとウクライナを旧ソ連から外して整理する例もあるが、カザフスタン人のタルガット・ムサバイエフ(8回/計42時間36分)と、ウクライナ人のオレグ・コノネンコ(3回/計18時間27分)とセルゲイ・ヴォルコフ(3回/計18時間35分)は通常、ロシア宇宙飛行士として扱われるためここではロシアに含めている。

注： 米露のEVA時間は、http://www.worldspaceflight.com/bios/eva/eva_stats.php を参考にした(分単位での積算までは考慮していない)。

注： 分・秒処理等の累積の関係で時間・分単位で誤差が生じる場合があります。

付録 5 略語集

略語	英名称	和名称
ACBM	Active Common Berthing Mechanism	アクティブ側共通結合機構
AED	Automated External Defibrillator	自動体外式除細動器
AL	A/L Airlock	エアロック
AMS	Alpha Magnetic Spectrometer	アルファ磁気スペクトロメータ
AOS	Acquisition of Signal	信号捕捉
APFR	Articulating Portable Foot Restraint	関節付きポータブル・フット・レストレイ ント
AQH	Aquatic Habitat	(JAXA)水棲生物実験装置
AR	Atmosphere Revitalization	空気浄化(ラック)
ARED	Advanced Resistive Exercise Device	ISS の筋カトレーニング装置
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
BEAM	Bigelow Expandable Activity Module	ビゲロー社の商業インフレータブルモ ジュール(実験用)
Biorhythms	Biological Rhythms	長期宇宙飛行時における心臓自律神 経活動に関する研究(JAXA)
BRT	Body Restraint Tether	宇宙飛行士身体固定用テザー
CALET	CALorimetric Electron Telescope	高エネルギー電子・ガンマ線観測装 置
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
CATS	Cloud Aerosol Transport System	(曝露部の米国パイロード)
CB	Clean Bench	クリーンベンチ(「きぼう」の実験装置)
CBCS	Centerline Berthing Camera System	センターライン・バーシング・カメラ・システ ム
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「シービス」
CIR	Combustion Integrated Rack	(NASA)燃焼実験ラック
CMOS	Complementary Metal Oxide Semiconductor	相補型金属酸化膜半導体
COLBERT	Combined Operational Load Bearing External Resistance Treadmill	ISS のトレッドミル
COTS	Commercial Orbital Transportation Services	商業軌道輸送サービス
Crew PADLES	Crew Passive Dosimeter for Lifescience Experiments in Space	個人被ばく線量計測装置(JAXA)
CRS	Commercial Resupply Service	(ISS への)商業補給サービス

大西宇宙飛行士長期滞在プレスキット

略語	英名称	和名称
CSA	Canadian Space Agency	カナダ宇宙庁
CsPINs	Gravity-regulated Growth and Development in Cucumber	植物の重力依存的成長制御を担うオーキシン排出キャリア動態の解析 (JAXA)
CTB	Cargo Transfer Bag	物資輸送用バッグ
CWC	Contingency Water Container	水バッグ
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)
DCM	Display and Control Module	(EMU)表示制御モジュール
DCSU	Direct Current Switching Unit	直流切替ユニット
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	環境衛生システム
ELC	EXPRESS Logistics Carrier	エクスプレス補給キャリア
ELF	Electrostatic Levitation Furnace	静電浮遊炉
ELM-ES	Experiment Logistics Module-Exposed Section	「きぼう」船外パレット
ELM-PS	Experiment Logistics Module-Pressurized Section	「きぼう」船内保管室
EMCS	European Modular Cultivation System	(ESA の実験装置)
EMU	Extravehicular Mobility Unit	船外活動ユニット(宇宙服)
EPF	External Payload Facility	コロンバス曝露ペイロード施設
EPM	European Physiology Module	欧州生理学実験ラック
EP-MP	Exposed Pallet - Multi-Purpose	HTV 多目的曝露パレット
EPO	Education Payload Observation	JAXA の文化/人文社会科学利用
ERA	European Robotic Arm	ヨーロツパロボットアーム
ES 細胞	Embryonic Stem cells	胚性幹細胞
ESA	European Space Agency	欧州宇宙機関
ESP	External Stowage Platform	船外保管プラットフォーム
ESR	European Stowage Rack	ヨーロツパの保管ラック
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
ExHAM	Exposed Experiment Handrail Attachment Mechanism	簡易曝露実験装置
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
FE	Flight Engineer	フライトエンジニア
FGB	Functional Cargo Block	基本機能モジュール(ザーリヤ)
FHRC	Flex Hose Rotary Coupler	フレックス・ホース・ロータリ・カプラ
FLAT	Fluid and Thermal Officer	フラット「きぼう」管制チーム
FPEF	Fluid Physics Experiment Facility	流体物理実験装置「きぼう」の実験装置
Free-Space PADLES	Free-Space Passive Dosimeter for Lifescience Experiments in Space	「きぼう」船外の宇宙放射線環境モニタリング
FRGF	Flight Releasable Grapple Fixture	グラブル・フィクスチャ
FSL	Fluid Science Lab	(ESA の実験ラック)

大西宇宙飛行士長期滞在プレスキット

略語	英名称	和名称
GCEM	Group Combustion Experiment Module	液滴群燃焼実験供試体
GCTC	Gagarin Cosmonaut Training Center	ガガーリン宇宙飛行士訓練センター
GHF	Gradient Heating Furnace	温度勾配炉
GLIMS	Global Lightning and Sprite Measurement Mission	(MCE)スプライト及び雷放電の高速測光撮像センサ
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
GVS	Galvanic Vestibular Stimulation	前庭感覚電気刺激
HDTV-EF	High Definition TV Camera-Exposed Facility	(MCE)船外実験プラットフォーム用民生品ハイビジョンビデオカメラシステム
HTV	H-II Transfer Vehicle	宇宙ステーション補給機「こうのとり」
ICS	Inter-orbit Communication System	(JEM)衛星間通信システム
IDA	International Docking Adapter	国際ドッキングアダプター
IELK	Individual Equipment Liner Kit	(ソユーズ宇宙船のシート)
IMAP	Ionosphere, Mesosphere, upper Atmosphere, and Plasmasphere mapping	(MCE)地球超高層大気撮像観測
IMAP/EUVI	IMAP/ Extreme UltraViolet Imager	IMAP/極端紫外線撮像装置
IMAP/VISI	IMAP / Visible and Infrared Spectral Imager	IMAP/可視・近赤外分光撮像装置
IMMT	ISS Mission Management Team	ISS ミッションマネージメント
IP	International Partner	国際パートナー
IPU	Image Processing Unit	画像取得処理装置「きぼう」の実験装置
IPVI	Intracranial Pressure & Visual Impairment	無重力での視力変化等に影響する頭蓋内圧の簡便な評価法の確立
IREDD	Isolated Resistive Exercise Device	(CHeCS)筋カトレニング機器
i-SEEP	IVA-replaceable Small Exposed Experiment Platform	中型曝露実験アダプター
ISLE	In Suit Light Exercise	(プリブリーズの方法)
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 Crystal Growth	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
J-SSOD	JEM Small Satellite Orbital Deployer	小型衛星放出機構
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
KOS	Keep Out Sphere	進入禁止域 (ISS から半径 200m)
Lab	United States Laboratory Module	「デスティニー」(米国実験棟)
LBNP	Lower Body Negative Pressure	下半身陰圧負荷装置
LEE	Latching End Effector	(SSRMS)ラッチング・エンド・エフェクタ

大西宇宙飛行士長期滞在プレスキット

略語	英名称	和名称
LiOH	Lithium Hydroxide	水酸化リチウム
LOS	Loss Of Signal	可視範囲からでること
LVLH	Local Vertical Local Horizontal	水平・垂直
MAXI	Monitor of All-sky X-ray Image	全天 X 線監視装置 (JAXA)
MBS	Mobile Base System	(MSS) モービル・ベース・システム
MBSU	Main Bus Switching Unit	メインバス切替装置
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
MCE	Multi-mission Consolidated Equipment	(JAXA) ポート共有実験装置
MCS	Motion Control System	姿勢制御系 (ロシアの宇宙機)
MED-2	Miniature Exercise Device	小型エクササイズ装置
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
METOX	Metal Oxide	
MHU	Mouse Habitat Unit	小動物飼育装置
MISSE	Materials on International Space Station Experiment	ISS での材料曝露実験装置
MLM	Multipurpose Laboratory Module	(ロシア) 多目的研究モジュール「ナウカ」
MMA	Microgravity Measurement Apparatus	微小重力計測装置
MPEP	Multi-Purpose Experiment Platform	親アーム先端取付型プラットフォーム
MPLM	Multi-purpose Logistics Module	(ISS) 多目的補給モジュール
MRM-1	Mini Research Module-1	(ロシア) 小型研究モジュール「ラスヴェット」
MRM-2	Mini Research Module-2	(ロシア) 小型研究モジュール「ボイスク」
MSG	Microgravity Science Glove Box	微小重力研究グローブボックス
MSPR	Multi-purpose Small Payload Rack	多目的実験ラック
MSS	Mobile Servicing System	ISS のロボットアームシステム
MT	Mobile Transporter	(MSS) モービル・トランスポーター
NASA	National Aeronautics and Space Administration	米国航空宇宙局
NBL	Neutral Buoyancy Laboratory	無重量環境訓練施設
NEEMO	NASA Extreme Environment Mission Operations	NASA 極限環境ミッション運用
NET	No Earlier Than	～以降
NOLS	National Outdoor Leadership School	野外リーダーシップ(訓練)
NORS	Nitrogen/Oxygen Recharge System	窒素/酸素補給システム
NTA	Nitrogen Tank Assembly	窒素タンク・アセンブリ
OAST-Flyer	Office of Aeronautics and Space Technology Flyer	(STS-72)
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
Orb	Orbital (Sciences Corporation)	オービタル社の補給フライト
ORU	Orbital Replacement Unit	軌道上交換ユニット

大西宇宙飛行士長期滞在プレスキット

略語	英名称	和名称
OSC	Orbital Sciences Corporation	オービタルサイエンス社
PAO	Public Affair Office	広報(広報イベント)
PAO	Public Affair Officer	広報担当オフィサー
PBA	Portable Breathing Apparatus	(ISS 内の)非常用酸素マスク
PCBM	Passive CBM	パッシブ側共通結合機構
PCG	Protein Crystal Growth	タンパク質結晶生成実験(JAXA)
PCRF	Protein Crystallization Research Facility	タンパク質結晶生成装置(JAXA)
PCS	Portable Computer System	ラップトップ・コンピュータ
PDGF	Power & Data Grapple Fixture	電力・通信インタフェース付グラブル・フィクスチャ
PEU	Plant Experiment Unit	植物実験ユニット
PFCS	Pump and Flow Control System	ポンプ流量制御装置
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
PICA	Phenolic Impregnated Carbon Ablator	(耐熱材)
PLT	Payload Laptop Terminal	ペイロードラップトップターミナル
PM	Pressurized Module	「きぼう」の船内実験室
PMA	Pressurized Mating Adapter	(ISS) 与圧結合アダプター
PMM	Permanent Multipurpose Module	恒久結合型多目的モジュール
POCC	Payload Operations Control Center	ペイロード運用センター
POIC	Payload Operations Integration Center	ペイロード運用統合センター
PROX	Proximity Communication System	近傍通信システム
PS-TEPC	Position Sensitive Tissue Equivalent Proportional Chamber	リアルタイム線量当量計
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)筋カトレニング機器
REX-J	Robot Experiment on JEM	(MCE) EVA 支援ロボット実証実験
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
RRM	Robotic Refueling Mission	(NASA)ロボット燃料補給ミッション
RSC Energia	RSC Energia	(ロシア)ESC エネルギア社
RYUTAI	RYUTAI Rack	流体実験ラック(JAXA)
SAFER	Simplified Aid For EVA Rescue	EVA 時のセルフレスキュー推進装置
SAIBO	SAIBO Rack	細胞実験ラック(JAXA)
SAW	Solar Array Wing	(ISS) 太陽電池ウイング
SCAM	Sample Cartridge Automatic Exchange Mechanism	(GHF)試料自動交換機構
SCAN Testbed	Space Communications and Navigation Testbed	(NASA)衛星間通信実験装置
SCOF	Solution Crystallization Observation Facility	溶液結晶化観察装置(JAXA)
SEDA-AP	Space Environment Data Acquisition equipment - Attached Payload	宇宙環境計測ミッション装置(JAXA)
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
SFU	Space Flyer Unit	宇宙実験・観測フリーフライヤー
SIMPLE	Space Inflatable Membranes Pioneering Long-term Experiments	(MCE)宇宙インフレイタブル構造の宇宙実証
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

大西宇宙飛行士長期滞在プレスキット

略語	英名称	和名称
SMILES	Superconducting Submillimeter-Wave Limb-Emission Sounder	超伝導サブミリ波リム放射サウンダ (JAXA)
SPCF	Solution/Protein Crystal Growth Facility	溶液・タンパク質結晶成長実験装置 (JAXA)
SPDM	Special Purpose Dexterous Manipulator	(MSS)「デクスター」
SPHERES	Synchronized Position Hold Engage and Reorient Experimental Satellites	(NASA の実験装置)
SpX	Space X	スペース X 社の補給フライト
SSCC	Space Station Control Center	宇宙ステーション管制センター
SSIPC	Space Station Integration and Promotion Center	宇宙ステーション総合推進センター (JAXA TKSC)
SSRMS	Space Station Remote Manipulator System	ISS のロボットアーム
STS	Space Transportation System	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)
T2	TVIS-2	2 台目の振動分離機構付きトレッドミル
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
UPA	Urine Processor Assembly	尿処理装置
U.S. LAB	United States Laboratory Module	「デスティニー」(米国実験棟)
UT	Universal Time	世界標準時
V-C Reflex	Vestibulo-Cardiovascular Reflex	前庭—血圧反射(前庭—心血管反射) (実験テーマ)前庭・血圧反射系の可塑性とその対策
VELO		(ロシアの)サイクル・エルゴメーター
VHF	Very High Frequency	超短波
VLF	Very Low Frequency	超長波
VOA	Volatile Organic Analyzer	(ISS) 揮発性有機物分析装置
VR	Virtual Reality	バーチャル・リアリティ
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(UPA+WPA)
WS	Work Site	(MT の)作業場所
zenith		天頂

付録 6 新たに出てくる ISS 用語の解説

●CST-100「スターライナー」

CST(Crew Space Transportation)-100(100 は高度 100km のカーマンラインから来ている)は、ボーイング社が開発中の商業有人宇宙機で、有人打上げ対応型のアトラス V ロケットで打上げ、最大 7 人を ISS へ運ぶことができます(クルーの人数は 5 人(パイロット 1 人+乗客 4 人)、要求があれば 7 人まで搭乗可能)。クルーの人数を減らせば貨物も混載可能です。帰還時はパラシュートで陸上に降下し、エアバッグを使って着地時の衝撃を緩和します。

CST-100 は溶接組立てではなく、1 つの大きな金属から削り出しなどの金属加工で作られます。直径は約 4.5m で、最大 10 回の再使用が可能な設計です。2017 年 12 月に無人での初飛行が成功すれば、2018 年 2 月に有人での試験飛行(2 人が搭乗して ISS へ飛行)を行う予定です。

NASA はボーイング社とスペース X 社の 2 社と 2014 年 9 月に CCtCap (Commercial Crew Transportation Capability)契約を結んでおり、2017 年末までに ISS への有人輸送サービスを提供できるように開発を両社に求めています。

<http://www.nasa.gov/press/2014/september/nasa-chooses-american-companies-to-transport-us-astronauts-to-international/>



図 1 CST-100 のイメージイラスト (Boeing 社)

<http://www.boeing.com/boeing/defense-space/space/ccts/index.page>



図 2 アトラス V ロケットに CST-100 を搭載したイメージ図(NASA)

<http://www.nasa.gov/content/boeing-finishes-commercial-crew-space-act-agreement-for-cst-100atlas-v/>

●有人型ドラゴン宇宙船

スペース X 社が開発中の有人型ドラゴン宇宙船は、ドラゴン V2 あるいはドラゴン 2 と呼ばれており、最大 7 人が搭乗可能です。ファルコン 9 ロケットで打上げ、緊急脱出時に備えてカプセルの外周に 8 基装備したスーパードラコエンジンを噴射して減速・降下し、着地するコンセプトです(異常時にはパラシュートでの降下に切り替え可能)。ただし初期段階では無人のドラゴン補給船と同様に、パラシュートで降下して着水する方式を採用する予定です。このカプセルは最大 10 回の使用が可能な設計です。



図 3 ドラゴン V2 のイメージ (Space X)



図 4 ドラゴン V2 のモックアップ (Space X)

<http://www.spacex.com/news/2014/09/16/nasa-selects-spacex-be-part-americas-human-spaceflight-program>

・ドラゴン V2 の打上げから ISS へのドッキング、帰還・着陸までを紹介した 2 分 10 秒間の動画

https://www.youtube.com/watch?v=Cf_-g3UWQ04

●IDA(国際ドッキングアダプター)

IDA(International Docking Adapters)は、米国の商業クルー輸送機(CST-100と有人型ドラゴン宇宙船)がISSにドッキングする際に使用する国際標準のドッキング装置です。シャトルがISSにドッキングする際に使用していたノード2前方のPMA-2と、ノード2上部に移設されるPMA-3にIDAを設置することで、2箇所のドッキング場所が利用できるようになります(冗長系として2箇所が必要)。2基のIDAは、2015年の2回のドラゴン輸送船で運ばれて、ロボットアームを使って設置される予定でしたが、SpX-7の打上げ失敗でIDA-1が失われました。このため、予備品を使って3基目を製造する予定です。2016年7月のSpX-9でIDA-2が運ばれる予定です。

現在、ドラゴン補給船が使用しているCBMへのバーシング方式では、ロボットアームを使って離脱しますが、有人機の場合は緊急帰還時に素早く対応できないといけなことから、ドッキング機構を使つての結合・離脱が必要となります。

CST-100と有人型ドラゴン宇宙船だけでなく、NASAのオリオン宇宙船や、ロシアの宇宙機、中国の神舟宇宙船でもこの国際標準インタフェース(International Docking System Standard(IDSS)で規定)が採用されるため、今後は緊急時のレスキュー対応が容易になります。細かい点では各国で開発中のドッキング機構はそれぞれ異なる点がありますが、最低限のインタフェースは合うような設定となっています。



図5 SpX-7で運搬するために準備された国際ドッキングアダプター1(IDA1)
(NASA/Cory Huston)

●BEAM(Bigelow Expandable Activity Module)

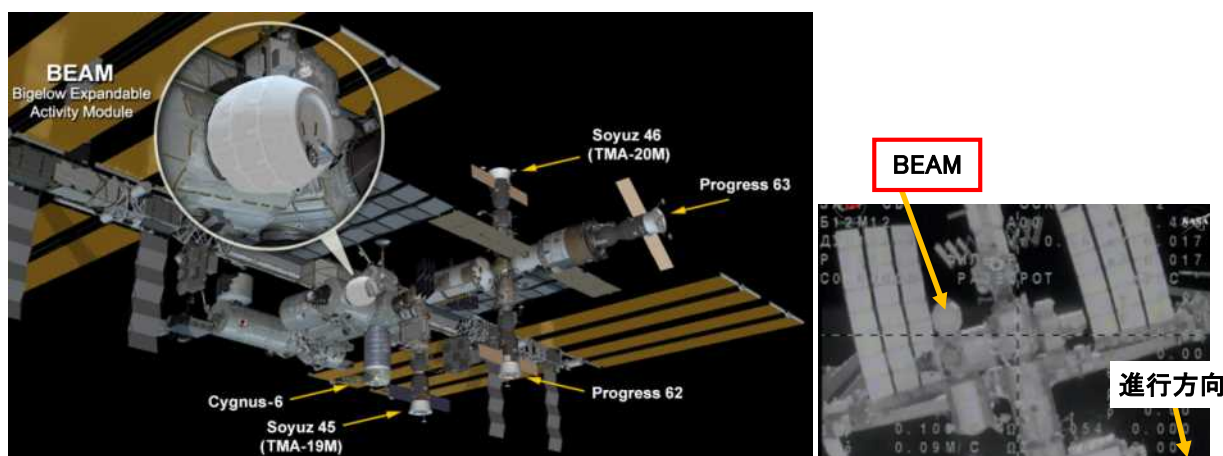
BEAMは2013年1月にNASAがISSへの設置を発表したビッグロー・エアロスペース社のインフレーター方式の試験用モジュールで、2016年4月にSpace X社の8機目のドラゴンによる補給フライト(SpX-8)で運ばれました。ドラゴンのトランク部に曝露貨物として収納されて打ち上げられ、ロボットアームを使ってノード3の後方側の共通結合機構(CBM)に設置されました。5月30日に空気を注入して膨らませることで広い空間(直径を2.4mから3.2mに、高さを1.7mから3.7mまで膨張)を得ました。重量は1,360kg。このモジュールは試験用の機体(2年間、他の金属製モジュールとの比較を行ったり、耐久性を確認したのち廃棄する予定)のため、宇宙飛行士がこの中で生活することはしませんが、空気漏れや放射線等のデータの取得や内部の確認のために時々内部に入ります。

ビッグロー社は商業用宇宙ホテルの開発を進めており、ジェネシスという実験用のインフレーターモジュールを2006年と2007年に2機打ち上げており、デブリとの衝突耐性や放射線の防護能力に関しては金属製のモジュールよりも優れた性能が確認されています。同社は、商業用のより大型のB330、あるいはB2100モジュールを使用した宇宙ホテルの開発や、深宇宙探査用の居住モジュールの開発につなげるため、ISSでの実証試験を行います。

<http://bigelowaerospace.com/beam/>



図6 2015年3月12日に初公開されたBEAMの実機(打上げ時の収納状態)(NASA)



<https://blogs.nasa.gov/spacestation/2016/05/28/beam-fully-expanded-and-pressurized/>

図7 ISSのノード3後方に取り付けられたBEAMのイメージ図(NASA)

右は45SがISSから分離した時に、ISSを地球方向側から撮った写真に写ったBEAM

●NREP(NanoRacks External Payload Platform)

NREP は ISS で利用可能な初の商業曝露プラットフォームで、アメリカの NanoRacks 社が所有する装置です。こうのとりの 5 号機(HTV5)で既に ISS に運ばれており、2016 年に船外に設置した後は、「きぼう」のエアロックとロボットアームを使って試料の交換を行う予定です。

ペイロード(基本は 10×10cm、深さ 40cm のサイズ)には電力と通信インタフェースを提供し、基本的には 1 年後にドラゴン補給船に搭載して試料を回収する流れです。

最初のペイロードとしては、フロリダ工科大の実験用のデジタル画像センサを約 90 日間宇宙環境に曝す試験が行われる予定とされています。

<http://nanoracks.com/external-platform-customers-prepping-for-iss/>



図 8 NREP の外観写真 (NanoRacks 社)

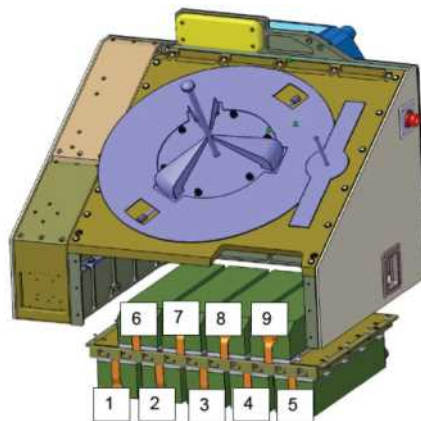


図 9 NREP へのペイロード搭載説明図 (NanoRacks 社)

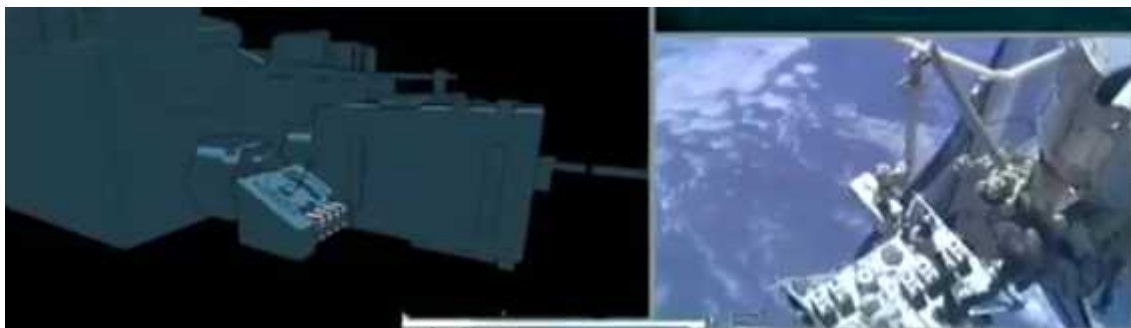


図 10 NREP の設置場所と設置イメージ (NanoRacks 社)

●アトラス V ロケットで打上げられるシグナス補給船及び、改良型アンタレスロケット

オービタルサイエンス社が請け負っている ISS への商業貨物補給フライトは、アンタレスロケットを使ってシグナス補給船を打上げていますが、2014 年 10 月 29 日に運用 3 号機(Orb-3)の打上げに失敗しました。同社はこれを受けてアンタレスロケットの 1 段エンジンとして使っていたロシアの NK-33 エンジン(米国で AJ-26-62 エンジンに改修)の使用は止める決断をし、代替エンジンとしてロシアの RD-181 エンジンを採用することになりました。しかし切り替えのためには約 1 年半を必要とするため、その間の補給を賄うために、アトラス V ロケットを購入して 2015 年 12 月にシグナス補給船 4 号機(OA-4)を打上げることになりました。アトラス V 401 型の打上げ能力はアンタレスロケットよりも大きいため、打上げ可能な貨物重量を約 35%増やせます(改良型のアンタレスで打ち上げる OA-5 の飛行が遅れたため、2016 年 3 月にアトラス V でもう 1 機 OA-6 を打上げました)。

また、RD-181 エンジンを搭載した新しいアンタレスロケットは 2016 年 8 月に OA-5 で飛行を再開する計画です。こちらから従来使う予定だったアンタレスロケットよりも打上げ重量が 20%増やせるため、当初、8 号機まで使って貨物輸送サービスを行う計画でしたが、7 号機までで運べる見込みとなり、スケジュールの遅れはこの輸送量の増強で肩代わりできると考えられています。



図 11 Orb-3 打上げ用のアンタレス 130 ロケット (Orbital 社)