

資料6-2

科学技術・学術審議会
研究計画・評価分科会
宇宙開発利用部会
(第6回)H24.11.8

星出宇宙飛行士の国際宇宙ステーション 長期滞在ミッション実施状況について

2012年11月8日

宇宙航空研究開発機構
有人宇宙環境利用ミッション本部
上野 精一



1. 報告事項



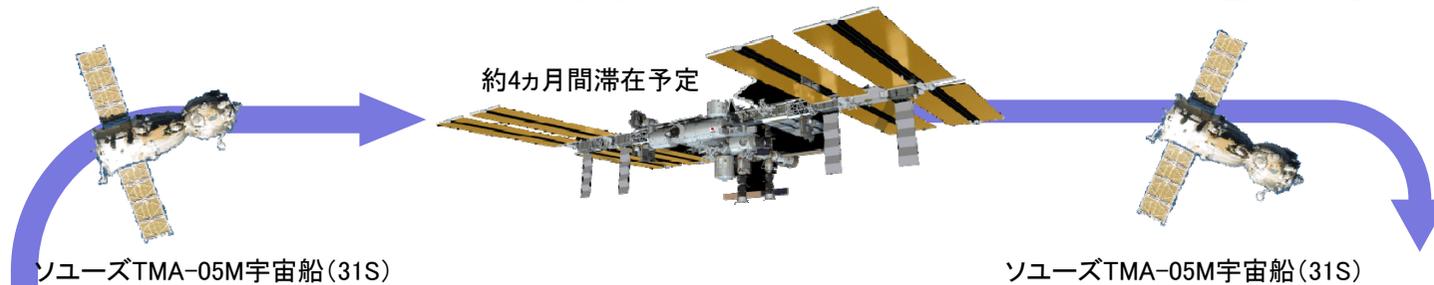
- 平成24年7月15日（日本時間）に打ち上げられ、現在国際宇宙ステーション（ISS）に長期滞在中の、星出宇宙飛行士のミッション実施状況について報告する。

参考：平成24年7月4日 第18回宇宙開発委員会にて下記を報告した

- ・ 打上げ準備状況、
- ・ ISSへの飛行計画、
- ・ 星出宇宙飛行士の実施予定作業、 等

2. ミッション実施状況概要

- 星出宇宙飛行士は、国際宇宙ステーション(ISS)の第32次/第33次長期滞在クルー(フライトエンジニア)として、米国のサニータ・ウィリアムズ宇宙飛行士、ロシアのユーリ・マレンチェンコ宇宙飛行士とともにソユーズ宇宙船(31S/TMA-05M)に搭乗し、カザフスタン共和国バイコヌール宇宙基地から2012年7月15日午前11時40分(日本時間:以下同)に打ち上げられた(添付1)。
- 7月17日11時51分にISSにドッキング後、同日16時23分に入室し、ISSでの長期滞在を開始した。
- ISS滞在中には、「こうのとりの3号機」関連作業、小型衛星放出、JAXA実験ミッション、3回にわたる船外活動など、約4カ月間に渡る長期滞在ミッションを実施した。今後、打上げ時と同一のソユーズ宇宙船にて、11月19日にISSから分離し、カザフスタン共和国に帰還する予定。



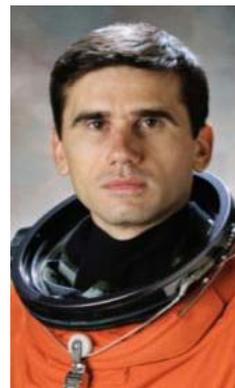
*:以下、写真/CGは全てJAXA/NASA提供



2012年7月15日 打上げ(31S)



サニータ・ウィリアムズ



ユーリ・マレンチェンコ



星出彰彦



2012年11月19日 帰還予定(31S)

3. 星出宇宙飛行士の実施した主な作業(1/2)

① 「きぼう」の運用／利用

➤ 「こうのとりの」3号機関連作業

- 「こうのとりの」3号機のISSへの結合作業や、船内・船外物資（実験装置、小型衛星、補給品等）の移送等を行った。（第2回宇宙開発利用部会（平成24年9月6日）で報告済み）

➤ 小型衛星放出（添付2）

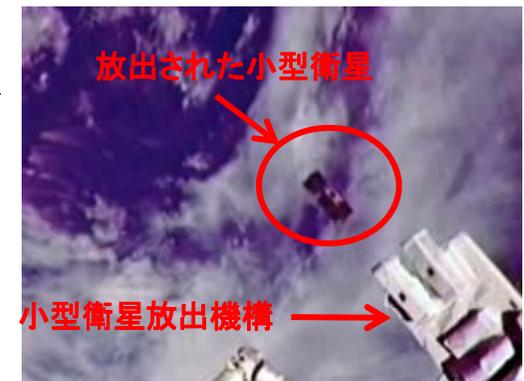
- 星出宇宙飛行士（エアロック操作及び衛星放出コマンド入力）と、筑波宇宙センターの運用管制チーム（ロボットアーム操作）が連携して「こうのとりの」3号機で輸送された5機の小型衛星を放出した（平成24年10月4-5日）。
- 日本の公募衛星3機は通信を確立し、現在実験を実施中。

➤ JAXA実験ミッション等の実施

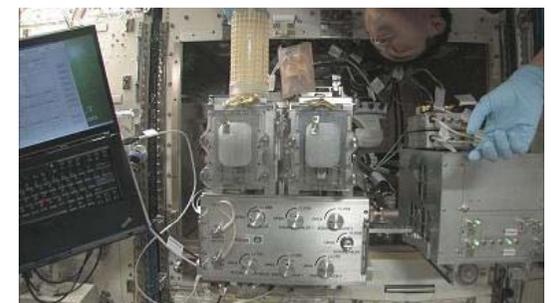
- 滞在期間を通じ、科学実験・技術実証ミッションなどの「きぼう」利用活動を行った（添付3）。
- 特にメダカを用いた水棲生物実験では、「こうのとりの」3号機で輸送された装置の組立・点検や、ソユーズ宇宙船で輸送されたメダカの移し替え等を行い、実験を開始した。



曝露パレット移送の様子



小型衛星放出の様子



メダカを移し替える星出飛行士

3. 星出宇宙飛行士の実施した主な作業(2/2)

② ISSの運用

➤ 船外活動(EVA)の実施(添付4)

- ISSの電力系及び冷却系に発生した故障の修理のために、計3回のEVAを実施し、成功裡に完了した。星出飛行士の安定的で確実性と能率の高い船外活動作業はNASAからも高い評価を受けた。
- 日本人宇宙飛行士として初となるISS長期滞在中のEVAの実施。船外機器のEVA設計や運用ノウハウ等、将来の有人宇宙開発に資する知見を得ることができた。
- 星出飛行士のEVA時間は計21時間23分となり、日本人最長となった。また、日本人宇宙飛行士のISSでのEVA時間は計約41時間となり、これは米露に次ぐ世界第3位である。(STS-114ミッション時に野口飛行士が3回計20時間5分のEVAを実施。なお、4位はカナダの約40時間)



船外活動の様子



ISSに係留中のドラゴン補給船

➤ その他

- 高いロボットアーム操作技量を活かし、ISSロボットアームを用いて米国ドラゴン補給船運用1号機の把持・結合(10月10日)及び分離作業(10月28日)に成功した。
- 欧州補給船(Automated Transfer Vehicle: ATV)3号機「エドアルド・アマルディ」のISSからの分離作業(9月28日)を支援した。



ATV分離作業の支援の様子

4. 帰還に向けた準備状況(1/2)

① 帰還概要

- ソユーズ宇宙船はカザフスタン共和国中部の草原地帯に落下。
- 到着地点での簡単な医学検査の後にヘリでクスタナイ(予定)に運ばれ、日本人宇宙飛行士はそこからNASA宇宙飛行士と共にヒューストンに搬送される。





4. 帰還に向けた準備状況(2/2)



② 運用準備状況

- アメリカ航空宇宙局(NASA)・ロシア連邦宇宙局(Federal Space Agency: FSA)と調整し、着陸地点(カザフスタン共和国)、モスクワ管制室、及びヒューストンへの飛行機内におけるJAXA要員による支援体制を整えている。
- これら要員と日本国内との情報連絡体制を構築するとともに、異常事態が発生した場合の対応についても確認している。

③ 安全確認状況

- 星出飛行士が搭乗するソユーズ宇宙船の帰還に関して、次の安全確認を行った。
 - NASA及びFSA等から取得した情報に基づき、星出飛行士が搭乗するソユーズ宇宙船に安全上の懸念事項がないことを確認した。
 - NASA主催の審査会に出席し、審査プロセスが適切に履行され、ソユーズ宇宙船の健全性、NASA及びFSAの地上支援・回収体制の整備、搭乗員の訓練及び健康状態について、問題のないことを確認した。



5. 今後の予定

- 平成24年11月19日にカザフスタン共和国に着陸した後、ヒューストンに移動し、45日間程度のリハビリテーションを行う。
- リハビリテーション終了後、日本に帰国し成果報告等を行う予定。

【添付資料】

- 添付1. ソユーズ宇宙船打上げ及びISS入室
- 添付2. 小型衛星放出ミッション概要
- 添付3. 星出宇宙飛行士の実施したJAXA利用ミッション
- 添付4. 船外活動の概要

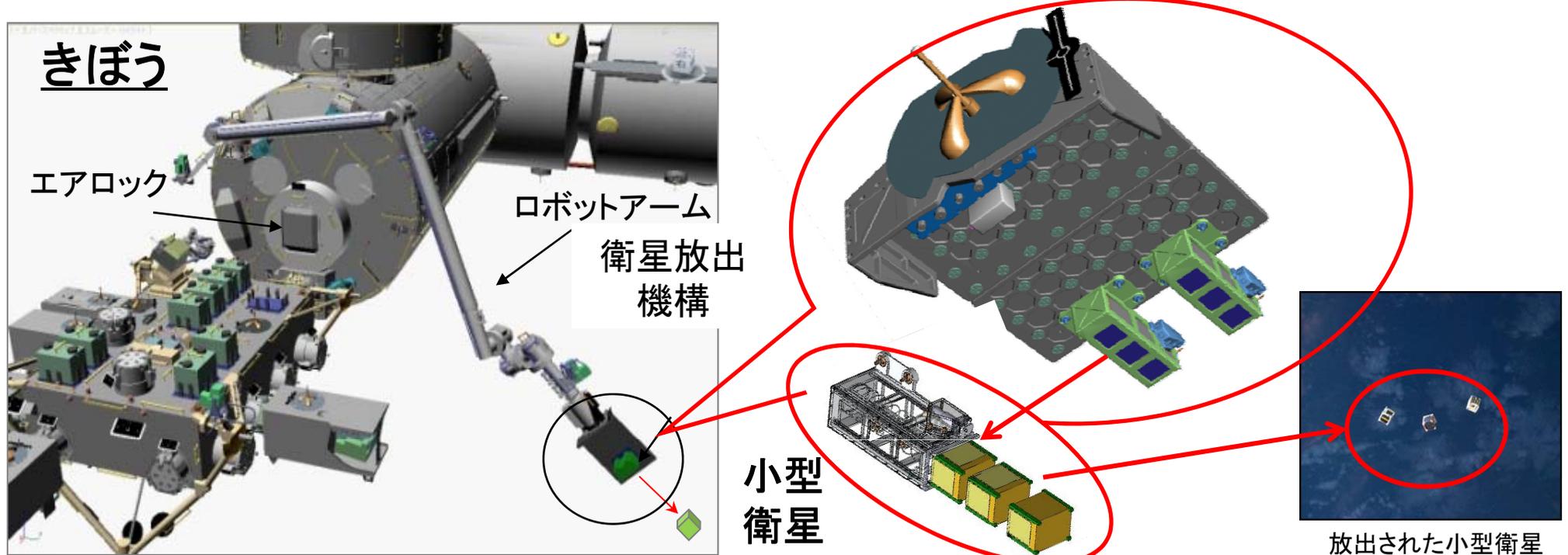
- (1) 星出宇宙飛行士の搭乗したソユーズ宇宙船(31S/TMA-05M)は、カザフスタン共和国バイコヌール宇宙基地から、ソユーズロケットにより、計画通り打ち上げられた【図1①】。
- (2) ソユーズ宇宙船はロケットから分離され、低軌道(高度約202km×261kmの楕円軌道)に投入された【図1②】。
- (3) 低軌道投入後、3回の軌道変更マヌーバ及びISS接近マヌーバを行い、ISSにドッキングした【図1③】。
- (4) ISSのハッチが開けられ、星出宇宙飛行士ら3名の宇宙飛行士がISSに入室した【図1④】。



図1 打上げプロファイル



図2. ISS入室後の地上との交信時の星出宇宙飛行士の様子



- エアロックとロボットアームを使い、「船外活動なしで、衛星を放出」(→ISSの中で唯一「きぼう」によってのみ可能)
- 衛星を船内貨物として打上げることで、打上げ時の環境条件(振動、温度等)緩和。
- これにより、他のISS補給船を利用した打上げ機会の拡大等、民間の利用促進につながると共に、小型衛星を活用した人材育成や技術実証、アジア利用などの促進についても期待されている。
- 今回の実証実験で、ロボットアームから衛星を放出する運用手順を確立した。

添付2. 小型衛星放出ミッション概要(2/2)

	JAXA公募衛星			NASA公募衛星	
衛星名	RAIKO	FITSAT-1	WE WISH	TechEdSat	F-1
外観					
サイズ*	2U	1U	1U	1U	1U
開発者	和歌山大/東北大	福岡工業大	明星電気	NASA Ames Research Center(米) /San Jose State Univ(米)	NANORACK社(米) /FPT Univ(ベトナム) /UPPSALA Univ(スウェーデン)
ミッション	<ul style="list-style-type: none"> ①魚眼カメラによる地球撮像 ②カメラ撮像によるISS放出時の相対運動計測 ③スターセンサの宇宙実証実験 ④膜展開による降下実験 ⑤小型衛星可搬地上局の開発及び国際共同受信 ⑥Ku帯ビーコン電波のドップラ周波数計測による軌道決定実験 ⑦Ku帯通信機による高速データ通信実験 	<ul style="list-style-type: none"> ①小型衛星用高速送信モジュールの実証実験 ②高出力LEDによる可視光通信実験 	<ul style="list-style-type: none"> ①地域技術教育への貢献と小型衛星取得データ利用促進 ②超小型熱赤外カメラの技術実証 	<ul style="list-style-type: none"> ①Space Plug-and-Play Avionics (SPA) Hardware/Softwareの実証実験 ②Iridium 又は OrbComm衛星を介した衛星間通信実験 	<ul style="list-style-type: none"> ①磁気計測器実証実験 ②低解像度カメラ実証実験 ③温度センサ実証実験 ④通信実験
	* サイズ: 2U=20×10×10cm、1U=10×10×10cm				
運用状況	通信が確立し、衛星が健全に動作していることを確認。実験を実施中。				衛星からのテレメトリの受信が確認できていない(11/6現在)



添付3. 星出宇宙飛行士の実施したJAXA利用ミッション



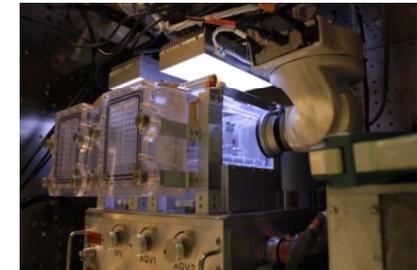
分野		テーマ名	ステータス
科学実験	物質科学	マランゴニ実験	継続的に実施中。良好にデータ取得中。
		微小重力における溶液からのタンパク質結晶の成長機構と完全性に関するその場観察による研究	溶液結晶化観察装置の実験ラックへの組付け完了。現在、2回目の実験が終了(11月2日)。
	生命科学	メダカにおける微小重力が破骨細胞に与える影響と重力感知機構の解析 ※次ページ別添参照	水棲生物実験装置の多目的実験ラックへの組付け完了。10月23日打上げのソユーズ32Sで「メダカ」を輸送し、実験が開始された。
		放射線環境モニタリング	「きぼう」内に線量計を設置し、継続的に実施中。
		植物の抗重力反応機構—シグナル変換・伝達から応答まで	軌道上で発芽させた種子を化学固定し、ドラゴン補給船運用1号機で回収(10月28日)。
	宇宙医学	長期宇宙滞在宇宙飛行士の毛髪分析による医学生物学的影響に関する研究	宇宙飛行士からの毛髪採取を継続的に実施中。最新のサンプルはドラゴン補給船運用1号機で回収(10月28日)。
		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	宇宙飛行士を被験者として継続的に実施中。
		宇宙医学実験支援システムの機能検証	古川飛行士に引き続き、医師でない星出飛行士が操作し、医師でなくても問題なく使用できることを検証中。(11月12日週に検証完了予定)
		国際宇宙ステーション内における微生物の生態に関する研究	サンプル取得を継続的に実施中。最新のサンプルはドラゴン補給船運用1号機で回収(10月28日)。
	技術実証ミッション	小型衛星放出ミッション	10月4日～5日にかけて、放出完了。(衛星詳細は添付2参照)
再突入データ収集装置(i-Ball)放出		「こうのとり」3号機再突入時にデータ取得(第2回宇宙開発利用部会で報告)	
文化・人文社会科学利用	手に取る宇宙～message in a bottle～	10月4日～5日の小型衛星放出時に同時に実施。	
	宇宙でのびやかに暮らそうプロジェクト	10月22日に実施。	
教育利用	教育実験、レポート、ビデオ撮影	教育実験は11月に実施予定。レポート、ビデオは順次実施中。	

星出飛行士による上記の利用以外にも、「きぼう」の船外実験プラットフォームを利用した観測を継続的に実施中。

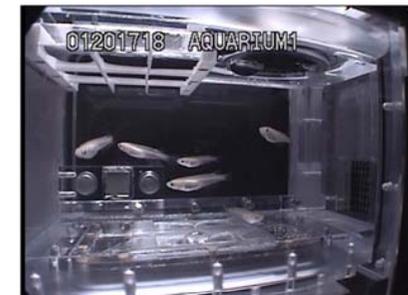
添付3. 別添一水棲生物実験概要

■メダカにおける微小重力が破骨細胞に与える 影響と重力感知機構の解析 (Medaka Osteoclast)

目的	宇宙の微小重力環境において起きる骨量減少に関して、メダカの細胞を用いて宇宙空間における骨代謝について解析する。
概要	ソユーズ宇宙船(32S)で到着するメダカを約2カ月飼育し、微小重力下での破骨細胞活性の変化に関し解析、検討を行う。また、生体内で特に高密度の歯と骨の周囲にある組織と細胞について組織解析と遺伝子発現解析を行い、生物の重力感知機能について検討する。
期待される効果	生物の重力感知機構について解析することにより、重力による骨量減少を解明する。
利用装置	水棲生物実験装置 (Aquatic Habitat: AQH) ※「こうのとりのり」3号機で運搬し、星出宇宙飛行士により組立て、運用が行われている。
代表研究機関	東京工業大学 工藤 明教授

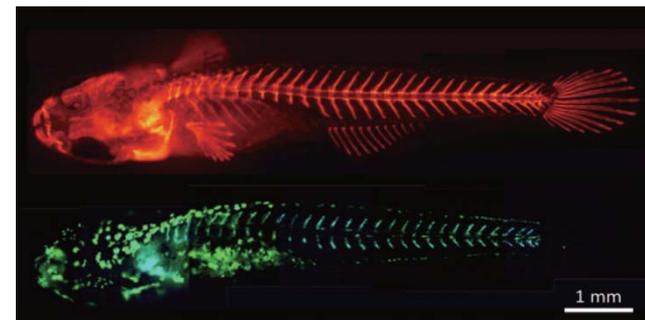


水棲生物実験装置外観



飼育水槽 (地上での試験)

- ・ISSで水棲生物を飼育する実験は今回 **日本が初めて** 行う。
- ・微小重力下での破骨細胞の状態を解析することで、**骨吸収の新しいメカニズムが明らかになる** 可能性がある。
- ・このメカニズムを知ることで、長期宇宙滞在 **宇宙飛行士の健康へのリスク(骨量減少)軽減** が期待される。
- ・さらに、骨量減少は高齢化社会の課題でもあり、この成果は **老人性骨粗鬆症の新たな治療法開発へのきっかけ** となることも期待されている。



蛍光タンパク質で骨芽細胞(赤)と破骨細胞(緑)が識別できるようにした遺伝子組換え(トランスジェニック)メダカを用いて、骨代謝を解析する。

①船外活動実施クルー

星出宇宙飛行士、ウィリアムズ宇宙飛行士

②実施時期／時間

- 1回目：2012年8月30日、8時間17分
- 2回目：2012年9月 5日、6時間28分

③主な作業内容

- 1回目：故障し作動を停止している電力切替装置*(Main Bus Switching Unit: MBSU)#1の取外しと、正常なスペア品の設置

*:ISSシステムへの電源の分配を行っている装置。(＃2～4は正常)

➔ボルトが規定通りに回らず、スペア品を取り付けたものの、時間内に締結を完了できなかった。

➢2回目

1)電力切替装置(MBSU)#1の取付作業(継続)

➔計画通り完了。取り付けられたMBSU#1は地上からの操作で正常に起動した。

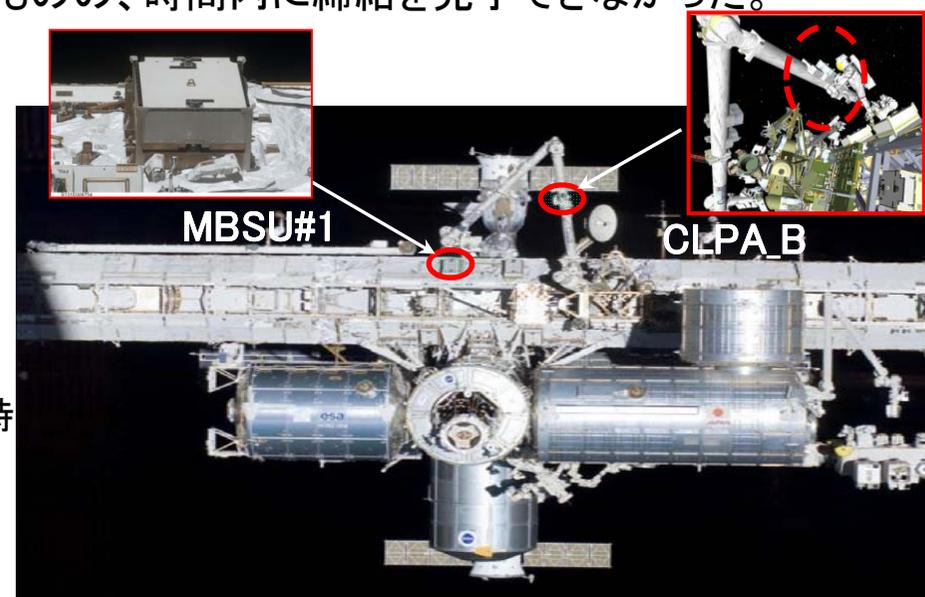
2)ISSロボットアーム・ステーション共通カメラ／照明装置(CLPA)B*の交換

*:ISSロボットアームに設置され、ビークル等のドッキング時に視野を確認するためのカメラ・照明装置

➔2台あるうちの1台(B系)のフォーカス機能が故障したため、取外しとスペア交換作業を行い、計画通り完了した。



EVA実施状況



添付4. 第3回目の船外活動の概要

①船外活動実施クルー

星出宇宙飛行士、ウィリアムズ宇宙飛行士

②実施時期／時間

➤2012年11月1日～2日、6時間38分

③主な作業内容

➤8基ある太陽電池パネルの内1基(下図2B)の機器冷却システムの冷媒(アンモニア)が漏洩(2007年12月頃以降)し徐々に減少している。本年6月以降漏洩量が増大し、このまま推移すると2013年3月にはこの太陽電池からの電力が供給されない事態に至るため、原因究明・応急処置のために漏洩が疑われるラジエータを切り離し、現在使われていない予備のラジエータにつなぎ替える。

➔計画通り完了。冷却系を予備ラジエータにつなぎ替え、展開後正常に機能していることを確認した。今後2～3ヶ月かけて、リーク量の継続調査を行うと共にリーク箇所の特定をしていく予定。

