

# 若田宇宙飛行士長期滞在ミッション概要

2009年1月26日

宇宙航空研究開発機構  
有人宇宙技術部 山口孝夫

# 日本人宇宙飛行士の搭乗計画

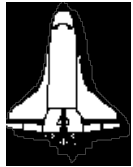
2008年

2009年

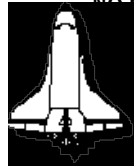
2010年

2011年

2012年



1J/A



1J

船内実験室・ロボット  
アームのISS取付  
2008年6月打上  
(任務完了)



星出飛行士

船内保管室のISS取付  
2008年3月打上  
(任務完了)



土井飛行士



19A



山崎飛行士

多目的補給モジュール取付/取外し  
2010年2月頃打上



Soyuz

Soyuz

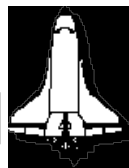


2009年12月頃から6ヶ月間滞在

15A



2J/A



2009年2月12日  
打上予定



2009年2月中旬から約3ヶ月間滞在



若田飛行士



野口飛行士



Soyuz

Soyuz



2011年春頃から6ヶ月間滞在



古川飛行士

# 若田飛行士と飛行・滞在する宇宙飛行士

## 15A搭乗宇宙飛行士



船長  
Lee Archambault



パイロット  
Dominic Antonelli



MS1/EV3  
Joseph Acaba



MS2/EV1  
Steven Swanson



MS3/EV2  
Richard Arnold



MS4  
John Phillips



MS5 (Up) ※1  
**若田 光一**



MS5 (Down)  
Sandra Magnus

## 第18次長期滞在飛行士(2008年10月～2009年4月)



ISS 船長  
Mike Fincke



FE-1  
Yuri Lonchakov



FE-2 ※2  
**若田 光一**

## 第19次長期滞在宇宙飛行士(2009年3月～5月)



ISS船長  
Gennady Padalka



FE-1  
Michael Barratt



FE-2  
**若田 光一**

## 2J/A搭乗宇宙飛行士



船長  
Mark Polansky



パイロット  
Douglas Hurley



MS1  
Chris Cassidy



MS2  
Julie Payette



MS3  
Thomas Marshburn



MS4  
David Wolf



MS5 (Up)  
Timothy Kopra



MS5 (Down)  
**若田 光一**

# 長期滞在中における若田宇宙飛行士の主な任務

## 1. システム運用に係る任務

- ロボティクスシステムの専門技術者として、ISS／シャトルの4種類全てのロボットアーム※を運用。

→ 1回の宇宙飛行でISS／シャトルの全4種類のロボットアーム運用は初めてのケース

※ 宇宙ステーション・ロボットアーム(SSRMS)、シャトル・ロボットアーム(SRMS)、  
特殊目的ロボットアーム(SPDM)、きぼう・ロボットアーム(JEMRMS)

## 2. 実験運用に係る任務

- JAXA軌道上実験主任(JAXAサイエンス・オフィサー)として、きぼう(日本実験棟)の実験運用をとりまとめるとともに、コロンバス(欧州実験棟)及びディスティニー(米国実験棟)での実験運用も実施。

## 3. その他の任務

- クルー・メディカル・オフィサーとして、軌道上の医療機器を使って、各クルーの日常の健康管理を行うとともに、クルーが軌道上で怪我をした場合の救急処置を担当する。
- ISSシステム(米国、ロシア、「きぼう」)の運用・維持管理を実施。

# 長期滞在中における若田宇宙飛行士の主要タスク(その1)

## 1. システム運用、メンテナンス

### (1) きぼうロボットアームによる作業の評価

- 2J/Aミッションで実施される船外パレットから船外プラットフォームへの曝露ペイロード移設作業に必要なロボットアーム操作を事前に行い、作業評価を行う。

### (2) きぼうエアロック運用前準備

- きぼうエアロックを使用可能にするため、打上げ時固定具の取外しなどの準備作業を行う。

### (3) きぼうシステムのメンテナンス及び点検

- きぼう熱制御システムのメンテナンス
- きぼう環境制御システムのメンテナンス
- 軌道上端末のメンテナンス
- きぼう熱制御システム冷却水のサンプル取得
- 非常灯供电システムの動作確認

### (4) NASAシステムの運用、メンテナンス

- 宇宙ステーションロボットアームの2J/A運用準備
- 軌道上ネットワークシステムのメンテナンス
- 軌道上医療システムの点検、自動除細動器の点検、エキササイズ装置のメンテナンス
- トイレ衛生処理用コンパートメントのメンテナンス
- 各種装置の点検、メンテナンス

(軌道上無線システム、VHF通信システム、空気成分分析器、空気循環装置、煙検知器等)

### (5) 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
- 生命維持装置(汚物処理)のメンテナンス

# 長期滞在中における若田宇宙飛行士の主要タスク(その2)

## 2. 実験運用（実験の被験者になる医学実験は除く）

### ＜JAXAの実験＞

- 氷の結晶成長実験
- 先端材料の結晶成長実験
- 放射線による遺伝子損傷の高感度検出実験
- 生物の形態形成における重力影響
- 文化・人文社会科学利用パイロットミッション

### ＜JAXA公募の有償利用＞ 2テーマ

### ＜NASAの実験＞

- 軌道上燃焼実験(SPACE)
- 軌道上加速重量計測実験(SLAMMD)
- 船内空気モニター装置(VCAM)の点検作業
- 軌道上冷凍冷蔵庫(MELFI)への貯蔵品保管作業
- 低温実験用冷蔵庫(GLACIER)制御ソフトウェアの更新作業
- 赤外線地球観測カメラ(AGCAM)制御ソフトウェアの更新作業
- HFR#2ラックガス供給装置の写真撮影と確認作業
- 商用バイオプロセッシング装置(CGBA)の稼動状況確認

### ＜ESAの実験＞

- 流体科学実験(FSL)
- 生物学実験
- 植物培養実験



# 長期滞在中における若田宇宙飛行士の主要タスク(その3)

## 3. 実験運用（医学研究実験で被験者の役割も果たすもの）

### ＜JAXAの実験＞

- 骨粗しょう症の治療薬を用いた骨量減少や尿路結石予防対策に関する研究（日米共同研究）
- 循環機能や皮膚の遠隔医療診断技術の向上を目指した実験
- 宇宙放射線計測（きぼう船内及び個人被曝線量）

### ＜NASAの実験＞

- 宇宙栄養医学に係る実験（尿・血液サンプルの取得）

### ＜ESAの実験＞

- 無重力が呼吸/血圧制御に与える影響に関する実験
- 無重力での空間認識能力の影響評価に関する実験

### ＜ロシアの実験＞

- 心臓血管機能評価のための軌道上方法論の検証

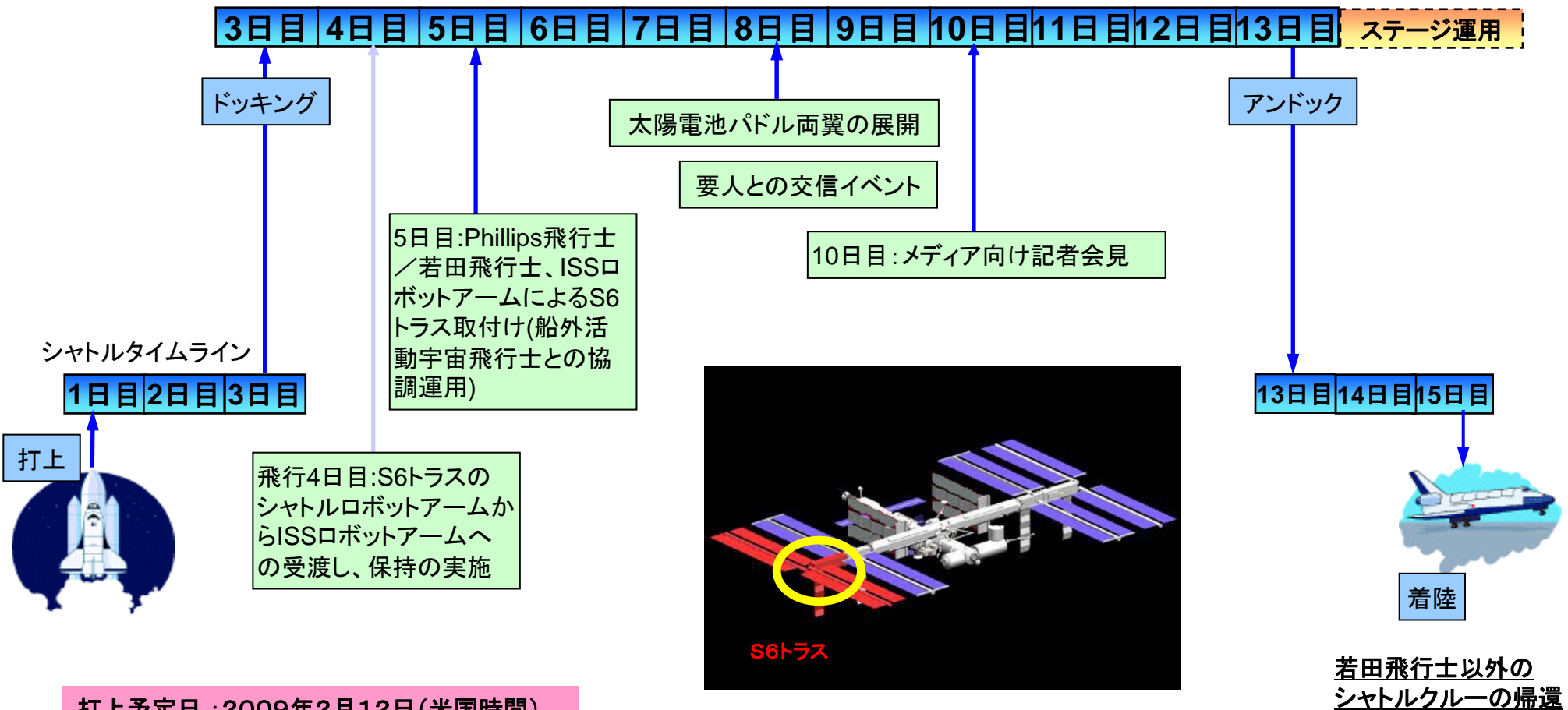
## 4. 広報・普及活動

- (1) 不思議な現象を科学する心を養うことを目的として、微小重力に代表される宇宙環境でなければ結果がわからない不思議な現象を、ユニークな発想で実験的に試してみる活動。
  - 国民の宇宙開発への参加意識や期待感を高めることを狙いとしてJAXAが企画した「おもしろ実験」において、一般公募で10テーマほど選定される予定（2月頃発表）（例：宇宙でコマはどうまわるのか？）。
- (2) 無重力などの宇宙環境への興味や「きぼう」日本実験棟への関心を醸成することを目的として、若田宇宙飛行士と地上とのやり取りを、雑誌やウェブサイトなどに情報を発信する活動。
  - 青少年広報（雑誌、ウェブサイト特集等による応援メッセージの公募及び青少年向け雑誌・ウェブへの掲載）
  - 文字媒体広報（連載企画）（新聞、ウェブサイトに軌道上から定期的メッセージの発信）
- (3) その他：軌道上記者会見、要人との交信イベントなど

# 15Aフライトでの若田宇宙飛行士の主な任務

(若田宇宙飛行士の打上げフライト)

## ISS組立(S6トラス)に係るロボットアーム操作(船外活動宇宙飛行士との協調運用)





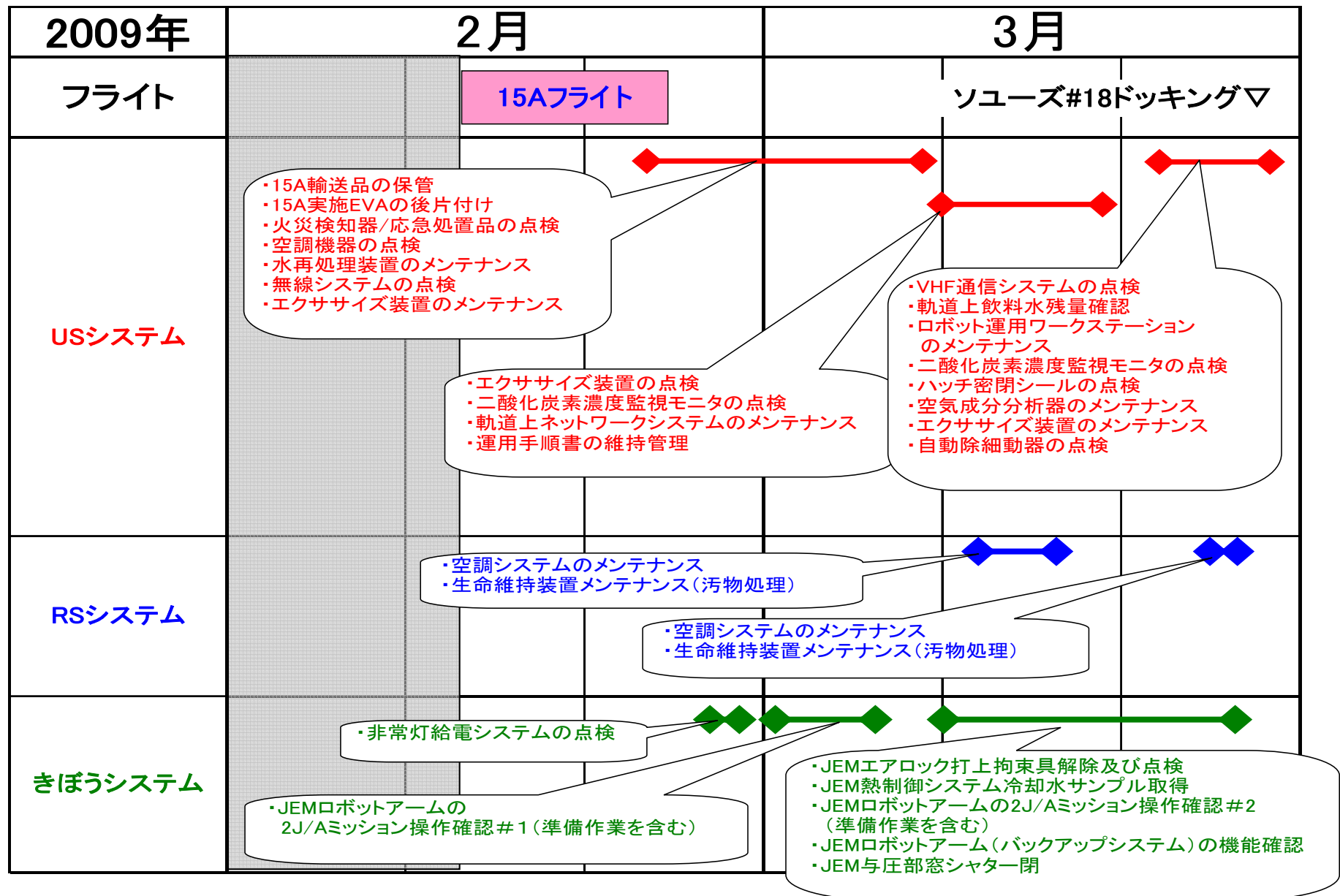
# 日本人初の宇宙長期滞在

- 長期滞在では、無重量等の宇宙環境下で日本人宇宙飛行士による支援が得られるため、きめ細やかでかつ複雑な作業や準備時間を要する作業が可能となり、日本の医学実験や地球観測などにおいて、より高度かつ複雑な実験・観測ができ、社会の発展に資する技術革新や新しい科学、産業等の創出が期待できる。
- 日本人飛行士の長期滞在での活動や地上との連携を通じて、今後の我が国の有人宇宙計画に必要な有人宇宙技術の実証・獲得を行うとともに、複雑なシステムを安全かつ確実に運用する技術の習得を図ることができる。
  - ◆ 日本人による軌道上での「きぼう」の機能・性能や運用性設計等の確認
  - ◆ 日本人飛行士との連携を通じた運用・管制技術や運用要員の技量の向上
  - ◆ 長期的な医学データ取得による知見の獲得（重力、宇宙放射線等の医学的影響）
  - ◆ 健康管理手法（栄養・体力評価、精神心理）の経験・ノウハウの蓄積
- 21世紀は、より多くの国の人々が「宇宙」へ進出し、さらに、人類は国際協力により地球近傍からより遠くへと、その活動の範囲を拡大していく。「きぼう」の運用・利用とともに行われる日本人宇宙飛行士の長期滞在を通じて、人々と宇宙のきずなが強まるとともに、我が国の有人宇宙活動に必要な総合的能力を示すことができる。（国際協力場裏での主要メンバの地位確保）

# バックアップチャート

# 【長期滞在中における若田宇宙飛行士の作業スケジュール】

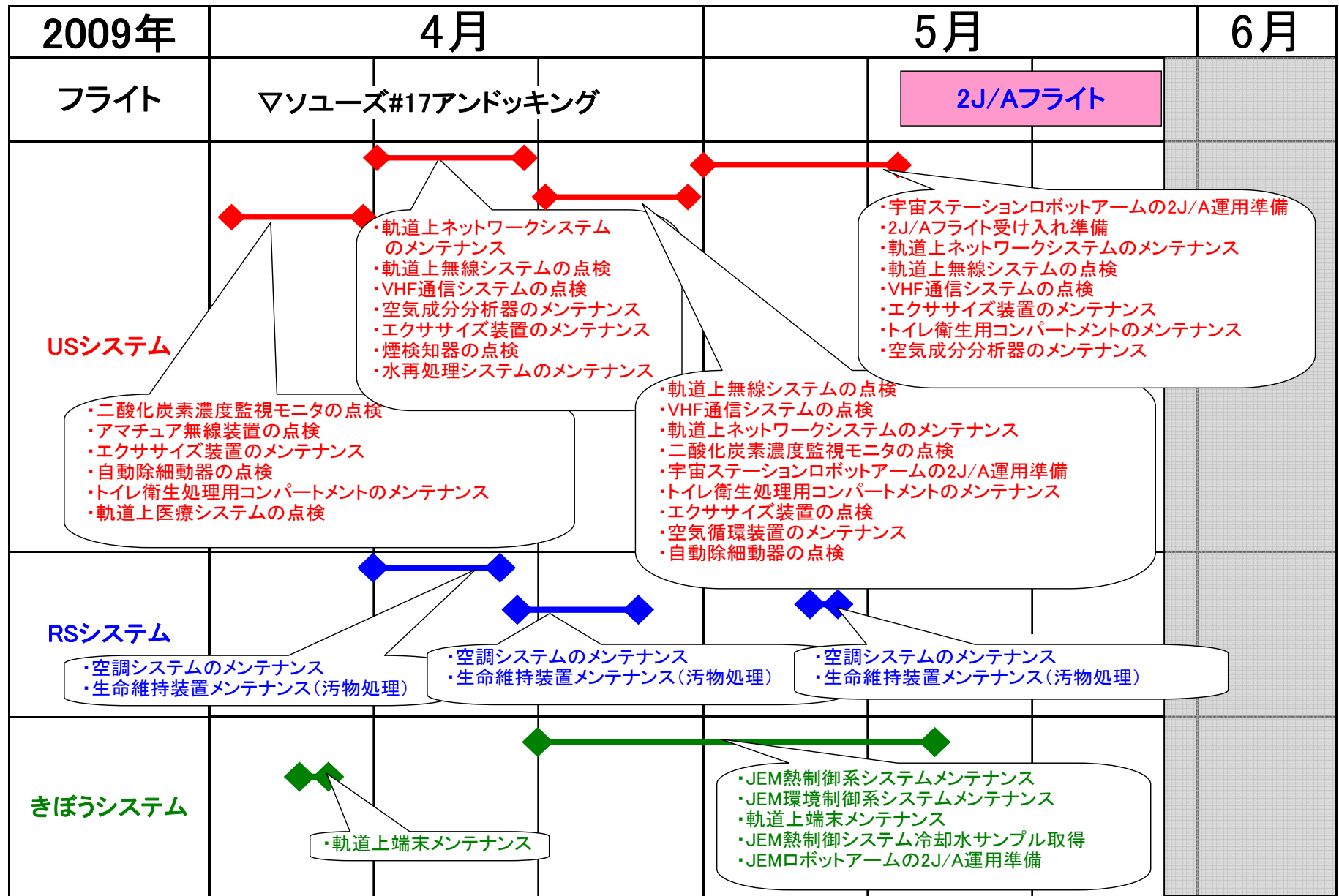
## ISSシステムの運用・維持(その1)



注: 具体的な実施日は現在調整中。

# 【長期滞在中における若田宇宙飛行士の作業スケジュール】

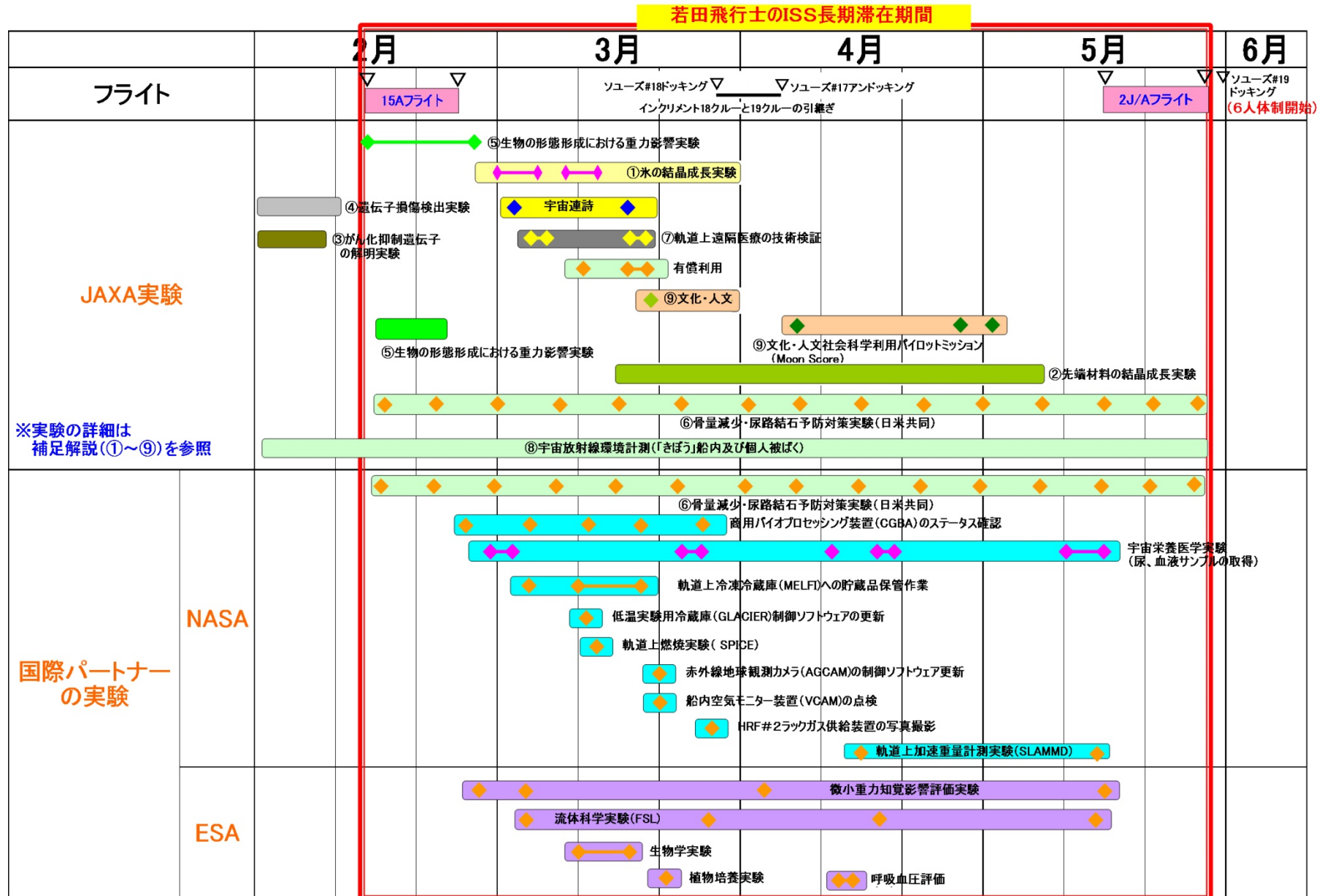
## ISSシステムの運用・維持(その2)



注: 具体的な実施日は現在調整中。

# 【長期滞在中における若田宇宙飛行士の作業スケジュール】

## ISS実験運用



注: 具体的な実施日は現在調整中。

# 若田宇宙飛行士の長期滞在期間中の広報イベントスケジュール

	2月	3月	4月	5月
①要人との交信イベント STS-119、STS-127ミッション期間中に実施	△			△
②軌道上記者会見 日本人記者との日本語による記者会見		△		△
③おもしろ宇宙実験 (土曜日午前中実施) 選定公募10テーマ程度を実施予定 (目薬、宇宙水泳、回転等)			△	△
④公募選定メディアイベント (NASAと実施時期調整中) テレビ局、科学館等とのリアルタイム交信イベント (双方向)		<div><div></div><div>△△△△△△</div></div>		
⑤ドキュメンタリー番組制作 TV局2局によるドキュメンタリー番組制作・放映		<div><div></div><div></div></div>		
⑥青少年広報 雑誌、ウェブサイト特集等による応援メッセージの 公募及び青少年向け雑誌・Webへの掲載		<div><div></div><div></div></div>		
⑦文字媒体広報(連載企画) 新聞、Webサイトに軌道上から定期的メッセージ の発信	<div><div></div><div></div></div>			

注: 具体的な実施日は現在調整中。



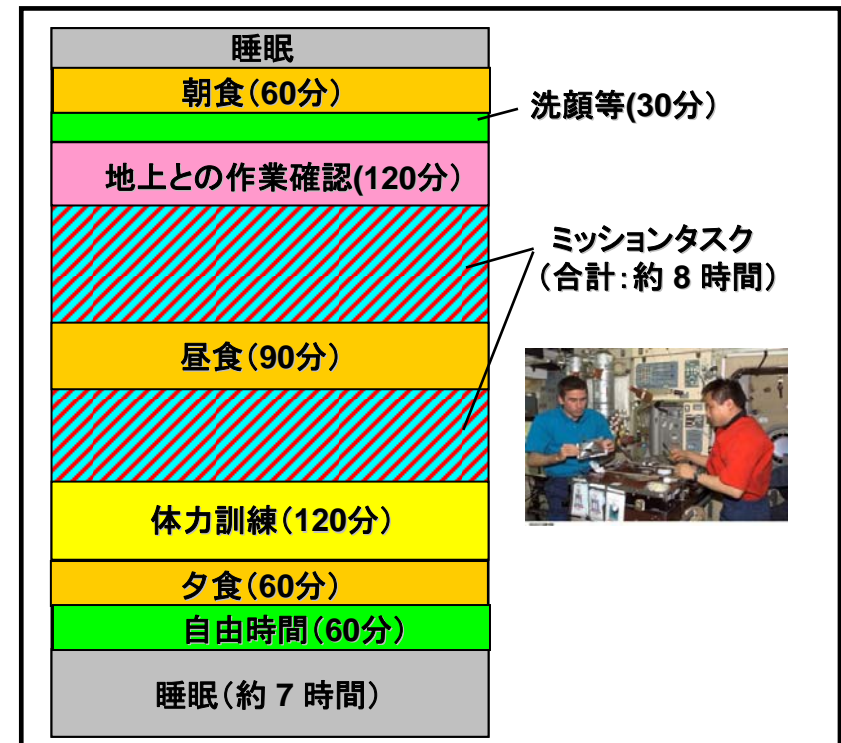
# ISSでの活動スケジュール

ISSでの1週間の活動スケジュール(例)

日	月～金	土
休み	右記参照	午前: ボランティア サイエンス※  午後: 休み

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

ISSでの平日の活動スケジュール(例)



# 長期滞在中に若田飛行士が実施する主な実験(詳細説明:その1)

## 1. 件名

骨量減少・尿路結石予防対策実験:  
(ビスフォスフォネート剤を用いた骨量減少・尿路結石予防対策に関する研究)

## 2. 目的

骨粗鬆症の治療薬(ビスフォスフォネート)を用いて、長期宇宙飛行の骨量減少と尿路結石リスクを軽減させる。

本実験は、宇宙飛行の骨量減少に対する初の薬剤投与実験(日米共同研究)である。

## 3. 概要

ISS滞在中に毎週経口薬を服用するか、飛行前に静脈注射を1回行うかいずれかの方法で投薬する。

飛行前後に骨密度、骨代謝マーカ、および、尿路結石の検査を行い骨量減少と尿路結石リスクの予防効果を検討する。

## 4. 期待される成果

不動(宇宙飛行、寝たきり)や加齢に伴う骨量減少リスクを軽減。地上より短期間で薬剤効果を確かめられる。

## 5. 若田飛行士の作業

週1回錠剤を飲む。飛行前後に医学データを測定する。

### 宇宙飛行での骨量減少

(J Musculoskeletal Neuronal Interact 2000;1:157-160)

平均骨密度減少率 (%/月)

大腿骨 (n=18) 1.56 ± 0.99

腰椎 (n=18) 1.06 ± 0.63

最大減少2.5%/月

→骨量減少・骨折のリスク

カルシウムバランス(Ca摂取－排出)

(Am J Physiol 1999; 20: 208-218)

宇宙では-250mg /日のマイナスバランス

→尿路結石のリスク

### ビスフォスフォネート

(特徴)

- ・ピロリン酸と類似構造
- ・骨吸収を抑制

(効果)

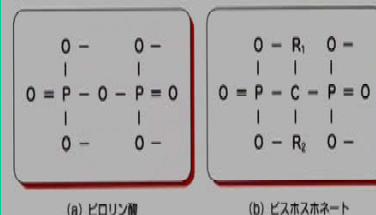
- ・骨密度を年間3～5%増加
- ・骨折発生率を低下

(課題)

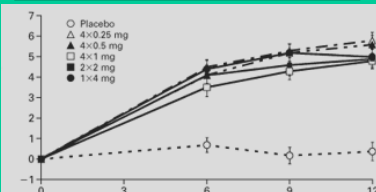
- ・食道障害(30分間横になれない)
- ・低吸収率(30分間食事をとれない)

- ・利点: 骨量減少予防効果
- ・欠点: 消化器系の副作用

経口薬の毎週投与、静注投与



Zoledronate静注による腰椎骨密度変化  
(JBMR 19:1771, 2002)



# 長期滞在中に若田飛行士が実施する主な実験(詳細説明:その2)

## 1. 件名

軌道上遠隔医療の技術検証:  
(軌道上における簡易型生体機能モニターの検証)

## 2. 目的

ホルター心電計とHDTVカメラの実用性を検証し、軌道上の遠隔医療の充実を図る。

## 3. 概要

ISSに長期宇宙滞在する宇宙飛行士の24時間連続心電波形をホルター心電計で記録し、データをダウンリンクさせる。さらに、HDTVカメラを用いて電極装着部位確認と、電極取り外し後の皮膚遠隔診断を試みる。

(データ取得)

飛行前1回、飛行中2回、飛行後1回

## 4. 期待される成果

循環機能や皮膚の遠隔診断技術を向上させ、遠隔地での医療や在宅医療の充実に役立てる。

## 5. 若田飛行士の作業

ホルター心電計で24時間心電図を記録する。HDTVカメラで電極装着部の皮膚を撮像する。

### デジタルホルター心電計

(フクダ電子製FM-180)

- ・小型(65(W)×18(D)×62(H)mm)
- ・軽量(78g)、耐水性、易操作性
- ・PCでデータ送信可
- ・自動解析ソフトで、虚血性変化、不整脈、自律神経機能評価が可能



### HDTVカメラ

(キャノン製、XH-G1)

- ・10Aフライトで搭載済み
- ・画像素子3CCD
- ・最小照度0.4ルクス
- ・約2.3kg(本体のみ)
- ・16.3×18.9×35.0cm
- ・消費電力:約7.1W



## 使用器材



軌道上から地上へ医学データをダウンリンク

# 長期滞在中に若田飛行士が実施する主な実験(詳細説明:その3)

## 1. 件名

宇宙放射線計測(「きぼう」船内および個人被ばく)

## 2. 目的

「きぼう」船内の宇宙放射線環境の計測、及び若田飛行士搭乗時の被ばく線量を計測する。

## 3. 概要

受動型線量計を「きぼう」船内12箇所、に6ヶ月程度設置して宇宙放射線環境を計測し、結果をデータベースとして整備。また、若田飛行士のシャトル搭乗、ISSでの滞在、地上への帰還の全期間受動型線量計を携行し、被ばく線量を測定。

## 3. 期待される成果

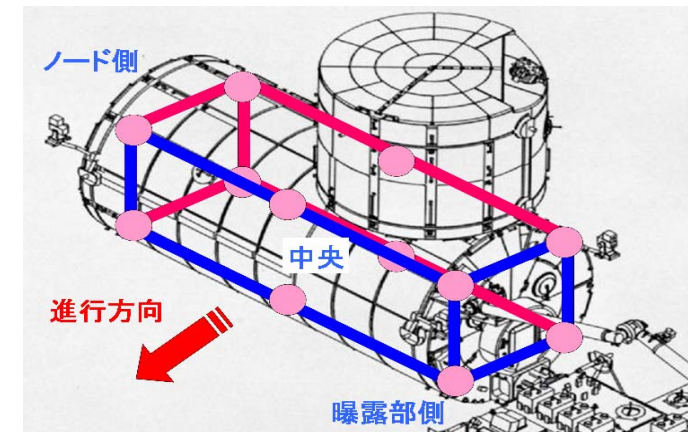
「きぼう」での実験計画立案に必要な宇宙放射線情報を利用者に提供するとともに、将来の有人探査に必要な基礎情報として蓄積、活用。  
宇宙飛行士の長期滞在中における健康管理及びリスク評価への活用。

## 4. 若田飛行士の作業

若田宇宙飛行士が線量計を携帯し、被ばく線量を計測する。  
また船内環境計測用の線量計の取り付けを行う。



受動型線量計



● は Area PADLESの設置位置

# 長期滞在中に若田飛行士が実施する主な実験(詳細説明:その4)

## 1. 件名

氷の結晶成長実験(氷結晶成長におけるパターン形成)

## 2. 目的

微小重力下で氷の結晶を成長させ、なめらかな形をした円盤状結晶から凹凸ができる過程を解明する。

## 2. 実験概要

溶液結晶化観察装置(SCOF)を使用し、結晶の形状や成長速度、結晶周辺の局所的な温度変化を詳細に調べる。

## 3. 期待される成果

結晶成長のメカニズムを解明することで、氷点下の環境で暮らす動植物の生体反応の解明や生きた臓器の保存や冷凍食品の品質保持技術の向上、海氷の生成・消滅や南極の氷床の生成などの自然現象の起こる仕組みの解明などへの応用が期待できる。

## 4. 若田飛行士の活動

実験支援機器(微小重力環境計測など)の起動や実験終了後の実験供試体の取り外しなどを行う。(実験自体は地上からのコマンドにより実施)。

また、故障時や不測事態において、実験が継続できるように対応する。

過程1:円盤成長

形態不安定発生

過程2:樹枝状成長

氷の結晶成長過程



「きぼう」での結晶成長実験



# 長期滞在中に若田飛行士が実施する主な実験(詳細説明:その5)

## 1. 件名

先端材料の結晶成長実験(ファセット的セル状結晶成長機構の研究)

## 2. 目的

酸化物など最先端材料に使われるファセット結晶(平らな面を持つ結晶)の界面の成長過程や形態を詳細に観察し、結晶成長メカニズムを解明する。

## 3. 実験概要

試料溶液を凝固させ、成長したファセット結晶の形態および結晶周辺の温度・濃度場を干渉計と顕微鏡を用いてリアルタイムで観察・計測する。

## 4. 期待される成果

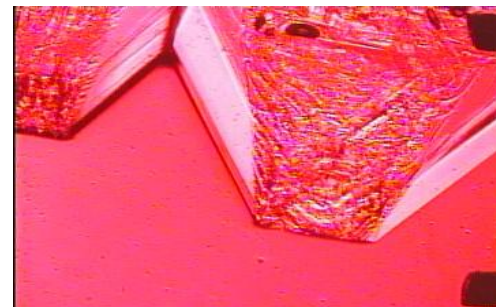
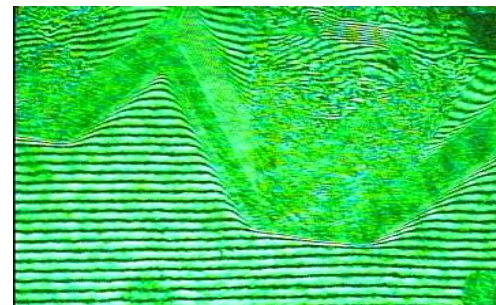
ファセット結晶の代表的なものは酸化物の結晶である。非線形光学材料(※)として数多くの材料が存在する酸化物であるが、その成長のメカニズムの理解はそれほど進んでいない。今回の実験は、複雑なファセット結晶の成長・挙動の理解に貢献する基礎研究であり、半導体やその他の最先端材料の量産化や特性向上につながるものである。

- ・太陽電池パネルで用いられる多結晶シリコンを効率良く製造することができ、クリーンエネルギーの普及に貢献する。
- ・超伝導材料の特性を向上させ、リニアモーターカーなど大量輸送手段の普及や、携帯電話の基地局など情報通信網の拡充に貢献する。

## 5. 若田飛行士の作業

実験供試体の装置への取付けなどの準備作業を実施。

また、故障時や不測事態において、実験が継続できるように対応する。



※ファセット結晶の酸化物  
二酸化テルル ( $\text{TeO}_2$ ):  
音響工学変調機器等への応用

ニオブ酸リチウム ( $\text{LiNbO}_3$ ):  
圧電効果、電気光学効果、非線形光学効果等を利用した表面弾性波フィルタ、圧電素子(アクチュエータ)、光変調器等の実用化



# 長期滞在中に若田飛行士が実施する主な実験(詳細説明:その6)

## 1. 件名

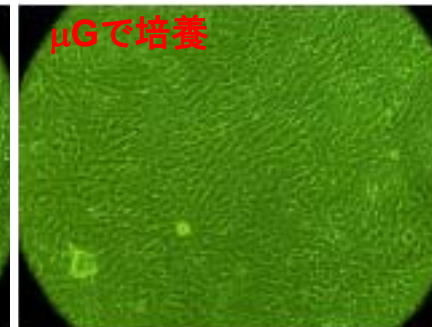
生物の形態形成における重力影響(両生類培養細胞による細胞分化と形態形成の調節)

## 2. 実験の目的

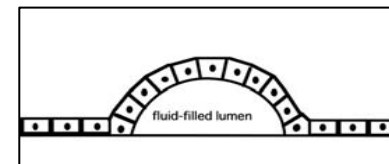
組織形成と遺伝子の働きを重力環境と微小重力環境で比較することで、生物の組織形成における重力の影響について手がかりを得る。

## 3. 実験概要

腎臓由来細胞と比較用の肝臓由来細胞を15Aフライトで打ち上げ、「きぼう」内の細胞培養実験装置に移し、微小重力と人工重力(1G)の状態です10日間培養する。ドーム形成の状態についてクリーンベンチの顕微鏡観察を行った後、サンプルを薬剤処理して、冷凍冷蔵庫に保管し、2J/Aで実験サンプルを回収。回収後は、遺伝子の働きや、ドーム形成に関わる遺伝子群に違いがあるかどうかを分析する。



アフリカツメガエル腎臓由来の細胞を通常の重力条件下(1G)と模擬微小重力条件下( $\mu$ G)とで培養した際の形態比較。赤い丸で囲んだ部分がドーム状の構造体。



ドーム構造体の模式図

## 4. 期待される成果

アフリカツメガエルの腎臓由来細胞は、地上の重力環境では盛り上がったドーム構造を作るが、地上で微小重力状態を模擬した試験では形成せず、働きが活性化される遺伝子、抑制される遺伝子があることがわかってきた。

本実験の結果、生物が宇宙で生き、世代交代をする時代に向けて、生物の発生、分化、形態形成が宇宙でも正常に起こるのか、地球上では眠っていた遺伝子が宇宙環境において活性化されるのかなど、生命現象と重力との関係について理解が進む。

将来的には、組織の形成メカニズムの理解が進むことで、臓器再生の実現に貢献することが期待される。



細胞実験ユニット

## 5. 若田飛行士の作業

15Aフライト2日目 : 時間変化の比較用サンプルをシャトル内で薬剤処理。

15Aフライト4日目 : サンプルを「きぼう」内の細胞培養実験装置に移し、実験を開始。

平成21年2月下旬 : クリーンベンチの顕微鏡観察を行った後、サンプルを薬剤処理して、冷凍冷蔵庫に保管。

平成21年5月 : 2J/Aで実験サンプルを回収。

その他、故障時や不測事態において、実験が継続できるように対応する。

# 日本人宇宙飛行士の飛行実績と訓練状況

 <p>向井 千秋</p> <p>専門：医学（外科） 資格：PS／現在退役 飛行実績： ・1994年7月（微小重力実験） ・1998年10月（脳神経実験） 現在：JAXA宇宙医学生物学生物学研究室室長</p>	 <p>古川 聡</p> <p>専門：医学（外科） 資格：2006年2月MSに認定 現在：第28/29次長期滞在に向けて訓練中 （2011年春頃から6ヶ月間の滞在予定）</p>
 <p>土井 隆雄</p> <p>専門：航空宇宙工学 資格：1996年5月MSに認定 飛行実績： ・1997年11月（船外活動） ・2008年3月（船内保管室の取付け）</p>	 <p>星出 彰彦</p> <p>専門：航空宇宙工学 資格：2006年2月MSに認定 飛行実績： ・2008年6月（船内実験室の取付け）</p>
 <p>若田 光一</p> <p>専門：航空宇宙工学 資格：1993年8月MSに認定 飛行実績： ・1996年1月（SFU回収） ・2000年10月（ISS組立） 現在：第18/19次長期滞在に向けて準備中</p>	 <p>山崎 直子</p> <p>専門：航空宇宙工学 資格：2006年2月MSに認定 現在：19Aフライト搭乗に向けて訓練中</p>
 <p>野口 聡一</p> <p>専門：航空宇宙工学 資格：1998年4月MSに認定 飛行実績： ・2005年7月（船外活動） 現在：第20次長期滞在に向けて訓練中 （2009年末頃から6ヶ月間の滞在予定）</p>	 <p>毛利 衛</p> <p>専門：材料及び高真空科学 資格：1998年4月MSに認定／現在退役 飛行実績： ・1992年7月（第一次材料実験） ・2000年2月（立体地形図作製） 現在：日本科学未来館 館長、JAXA非常勤</p>

MS: Mission Specialist(搭乗運用技術者)、PS: Payload Scientist/Specialist(搭乗科学技術者)

SFU: Space Flyer Unit(宇宙実験・観測フリーフライヤ)