



# 油井亀美也宇宙飛行士の 国際宇宙ステーション長期滞在（初フライト）

国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構  
国際宇宙ステーションプログラムマネージャ

三宅 正純

2015年4月24日(金)  
2015年4月24日(金)

A





# 油井宇宙飛行士を取り巻く“Next”



## Next 世代 宇宙飛行士の登場

ISS開発フェーズからISS運用発展フェーズへ、飛行士技術継承



## きぼう利用環境は、Next フェーズへ

微小重力を強みに、成果最大化（健康医療、材料研究、観測）



より超長期の宇宙滞在活動に向けて、Next ステップに  
米露の1年長期滞在ミッション実施、国際宇宙探査への動き





# Next世代の宇宙飛行士“油井亀美也”



## もっている宇宙飛行士！

### 操縦技術がスゴイ！

抜群の空間認識能力でミッションを遂行



### 天体オタク

子どもの頃、夜通し空をみてました



## ストイックすぎる宇宙飛行士！

### 自分の限界を知る男

テストパイロットの経験の賜物



### まじめ、親しみやすい

Twitter、ブログ(宙亀日記)で多くの情報を発信



赤：一般の印象  
青：JAXA職員からの声  
緑：本人ブログより





# 宇宙飛行士 油井亀美也の道なり



## ISS搭乗員認定に向けた訓練

- 地上サバイバル訓練
- 船外活動訓練
- T-38操縦訓練
- ロボットアーム操縦訓練
- ISSモジュール運用訓練 など

## 技量の維持・向上



ロシア語没入訓練



NOLS訓練



NEEMO訓練

## 長期滞在ミッションに向けた訓練

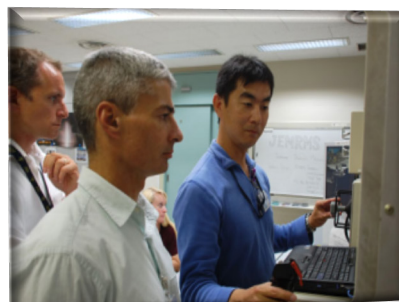
- ソユーズ操縦訓練
- 緊急対処訓練
- 水上/冬山サバイバル訓練
- 実施予定の実験訓練
- ISSモジュール運用訓練 など



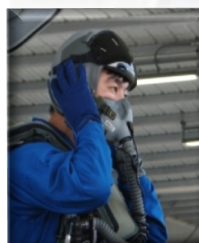
ソユーズシミュレーション訓練



**2015年5月27日**  
**初のISS長期滞在ミッション**  
**開始(予定)**



ロボットアーム操縦訓練



T-38操縦訓練

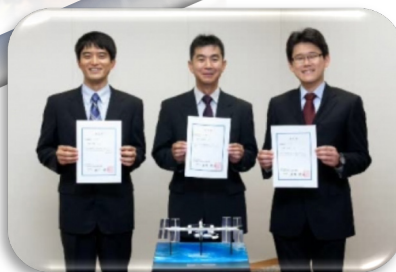


船外活動訓練

**2008年8月**  
**「きぼう」**  
**利用開始**



**2009年2月**  
**JAXA宇宙飛行士**  
**候補生として選抜**



**2011年7月 ISS搭乗宇宙飛行士に認定**



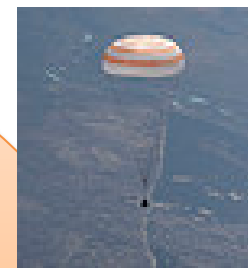
**2012年10月**  
**ISS長期滞在クルーに任命**





# 油井宇宙飛行士の長期滞在概要

ISS長期滞在  
約6カ月程度



2015年5月27日  
打上げ予定(43S)  
(カザフスタン共和国  
バイコヌール宇宙基地)



油井 亀美也  
(ソユーズ レフトシーター)



オレグ・コノネンコ  
(ソユーズコマンダー)



チェル・リングリン



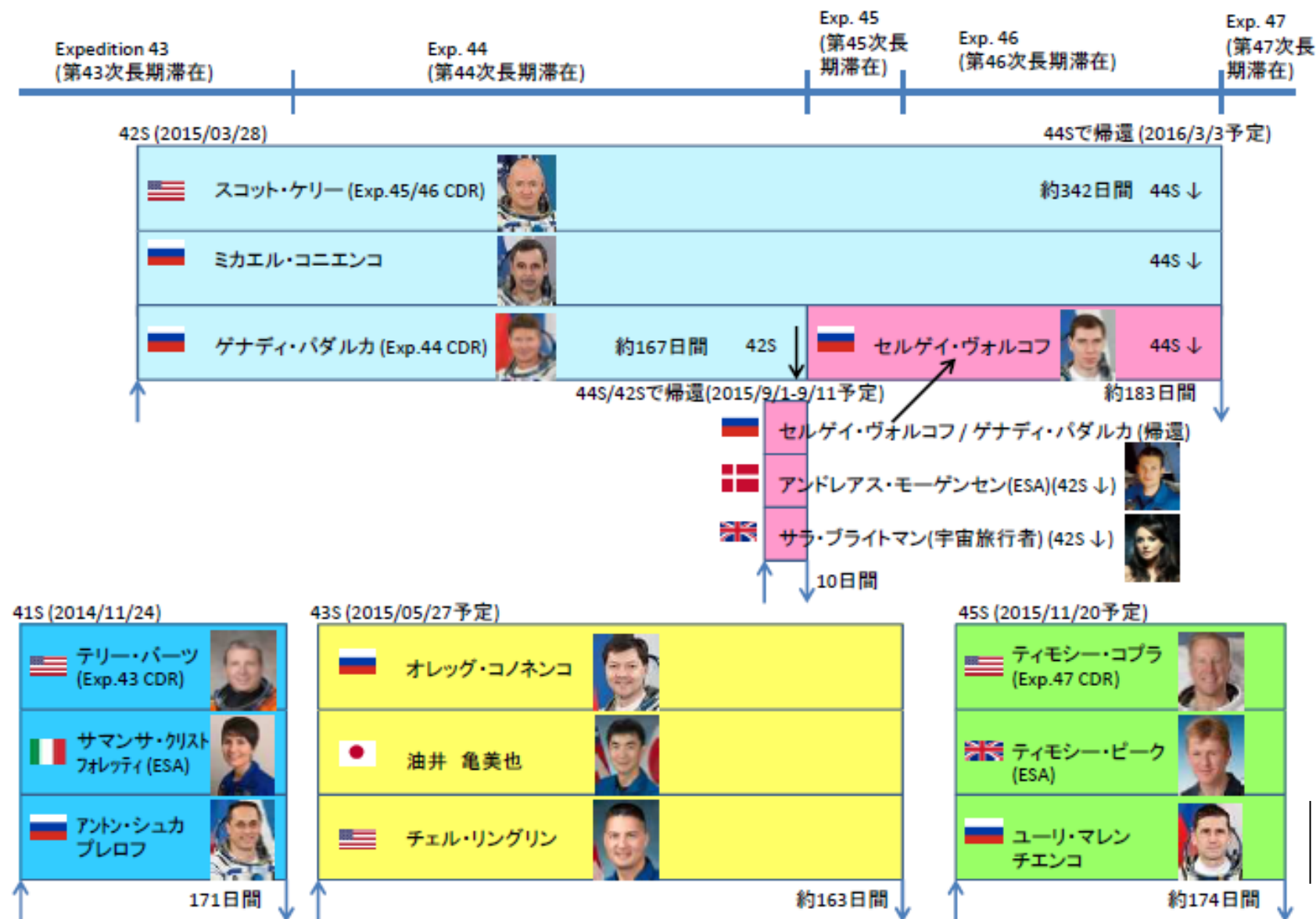
2015年11月頃帰還予定  
(カザフスタン共和国)

- 今回のISS長期滞在が初の宇宙飛行(日本人飛行士としては5人目、通算6回目)
- ソユーズ宇宙船を操縦するコマンダーの補佐役「レフトシーター」(※)を担当

※不測の事態に対して、ソユーズ宇宙船コマンダーに代わり、ソユーズ宇宙船を操縦する役割を担う。



# ISS長期滞在のクルーサイクル





# 油井宇宙飛行士の活動概要

## ■ 油井宇宙飛行士の滞在中に想定される実験例

### <科学実験>

- 小動物飼育装置の軌道上機能検証(その後、老化加齢研究や疾病研究に使用)
- 植物の重力応答解明実験(継続)、細胞の長期被ばく影響観察実験(継続)
- 燃焼実験(燃焼のメカニズムを解明)、流体现象解明実験(マランゴニ対流実験)
- 長期滞在リスク低減を目的とした宇宙医学実験(頭蓋内圧の評価手法研究、自律神経活動変化他)

### <産業競争力強化、技術開発>

- 高品質なタンパク質結晶生成実験(創薬研究、民間利用)
- 創薬ニーズに対応した低温結晶化技術・大型結晶化技術
- 継続的な超小型衛星放出
- 長期曝露による材料・機器等の宇宙環境耐久性評価
- 宇宙放射線計測技術開発(船内リアルタイムモニタ技術、船外環境計測)

### <科学観測(船外)>

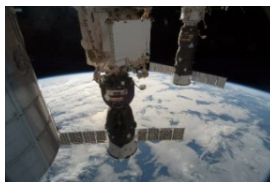
- 高エネルギー電子、ガンマ線観測装置(CALET)の初期検証・観測
- 宇宙浮遊物の捕獲/有機物等の長期曝露実験
- 突発的X線天体现象の観測(継続観測中)

### <その他>

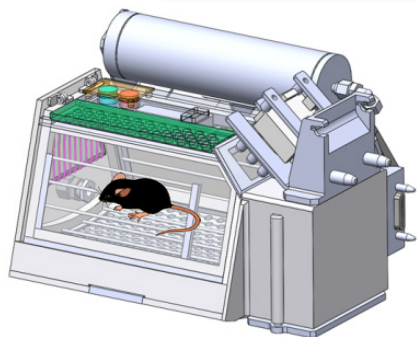
- 子供たちとの交信イベント
- アジア地域とのコラボ教育実験
- 軌道上からの情報発信

## ■ 「きぼう」及びISSシステムの機能維持

- ロボットアーム操作による、補給船のドッキング作業
- ISSの運用に重要な機器の交換・メンテナンス



## 船内利用



**老化・加齢のメカニズム  
研究や疾患・治療の実験  
環境を提供**

### 小動物飼育装置

地上の高齢者に類似した生物影響が加速する特徴を利用して、無重力下の老化加速と地上疾患との間で生命情報の相関性データを獲得、**疾病研究、新薬研究などに活用**

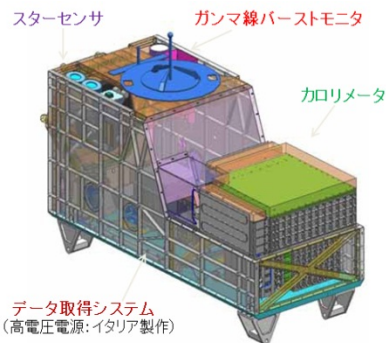


**工業的付加価値の高い  
高融点材料の特性研究**

### 静電浮遊炉

世界で唯一、金属から絶縁体まで幅広く対応。2000℃を超える未踏の高温融体の熱物性データを計測。無重力ならではの無容器・深過冷却で、新機能材料創製に貢献。

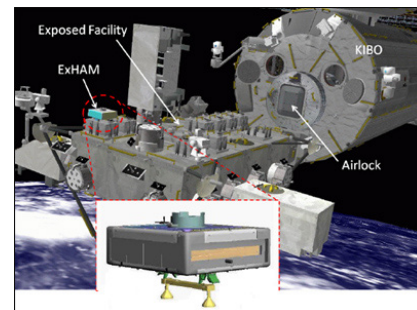
## 船外利用



**最新の検出器で、暗黒物質  
発見と宇宙線の起源解明**

### 高エネルギー宇宙線観測装置 (CALET)

過去にない高エネルギー宇宙線の長期観測を実現。宇宙線の起源や暗黒物質(ダークマター)観測に貢献



**宇宙機器材料の品質保証  
(Qualified by KIBO)**

### 簡易曝露実験装置 (ExHAM)

宇宙用材料の耐久性を実証できる環境を提供。国際競争力をもった、宇宙用材料開発に貢献。

国の科学技術戦略・施策に貢献  
宇宙利用技術の獲得と産業競争力強化  
民間企業の宇宙利用の拡充・本格化



# 超長期の宇宙滞在活動に向けて



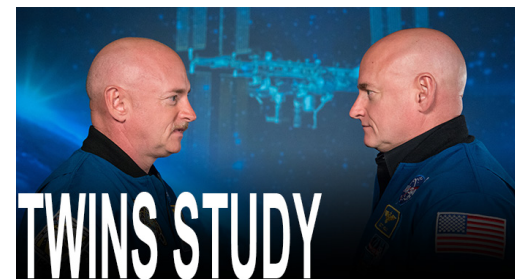
## 米露宇宙飛行士、1年間にわたるISS長期滞在ミッションを開始(2015年3月～)

- より長期間の宇宙滞在がヒトの身体にどのような影響を与えるかを調べる。ISS参加極による戦略的計画のもと、実施。
- 将来の月・小惑星・火星への有人探査に向けて貴重な知見獲得を目指す。
- 日本も、データシェアや共同研究等で参加。

| Investigations       | NASA                                                                                                                                                      | Roscosmos                                                                                               | JAXA                                                                            | ESA                                                        | CSA                                                      |
|----------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|
| Functional           | <ul style="list-style-type: none"> <li>Field Test</li> <li>Functional Task Test</li> </ul>                                                                |                                                                                                         |                                                                                 |                                                            |                                                          |
| Behavioral Health    | <ul style="list-style-type: none"> <li>Cognition</li> <li>Neuromapping</li> <li>Sleep Monitoring</li> <li>Journals</li> <li>Reaction Self Test</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Pilot-T</li> <li>Interactions-2</li> <li>Content</li> </ul>      | <ul style="list-style-type: none"> <li>Biological Rhythms (48 Hours)</li> </ul> |                                                            |                                                          |
| Visual Impairment    | <ul style="list-style-type: none"> <li>Fluid Shifts</li> <li>Ocular Health (MedB1.10)</li> </ul>                                                          |                                                                                                         | <ul style="list-style-type: none"> <li>IPVI</li> </ul>                          | <ul style="list-style-type: none"> <li>Energy</li> </ul>   |                                                          |
| Metabolism           | <ul style="list-style-type: none"> <li>Biochemical Profile</li> <li>CardiOx</li> <li>Integrated Immune</li> <li>Salivary Markers</li> </ul>               | <ul style="list-style-type: none"> <li>Morze</li> <li>Neyroimmunitet</li> </ul>                         |                                                                                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>Immuno-2</li> </ul> |                                                          |
| Physical Performance | <ul style="list-style-type: none"> <li>Sprint</li> <li>Hip QCT</li> </ul>                                                                                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>Korrektisia</li> <li>Motokard</li> <li>Profilaktika-2</li> </ul> |                                                                                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>EDOS</li> </ul>     | <ul style="list-style-type: none"> <li>T-Bone</li> </ul> |
| Microbial            | <ul style="list-style-type: none"> <li>Microbiome</li> </ul>                                                                                              |                                                                                                         | <ul style="list-style-type: none"> <li>Myco</li> </ul>                          |                                                            |                                                          |
| Human Factors        | <ul style="list-style-type: none"> <li>Fine Motor Control</li> <li>Habitability</li> <li>Training Retention</li> </ul>                                    | (Russian crewmember participation only)                                                                 |                                                                                 |                                                            |                                                          |

出典:

[http://www.nasa.gov/sites/default/files/files/NAC\\_Research\\_SubCom\\_International\\_2014Sept12.pdf](http://www.nasa.gov/sites/default/files/files/NAC_Research_SubCom_International_2014Sept12.pdf)



双子の宇宙飛行士を使った比較実験



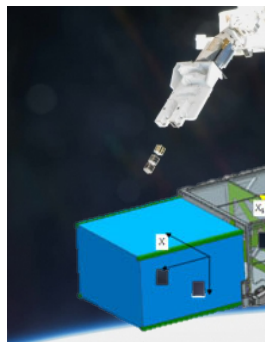


# NEXTに向けた革新的な技術の創出

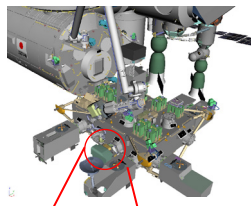


## NEXTを見据えて、現在JAXAで進めている研究開発

### きぼう船外利用機会の多様化 ～宇宙利用のゲートウェイ～



50kg級衛星放出



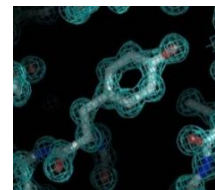
200kg級の  
ペイロード搭載  
(船内貨物打上)

### 健康医療への貢献に向けて



タンパク質結晶生成技術

低温結晶化、大型結晶化の技術開発に着手。  
創薬対象や構造精度の拡大に取り組む。



エピゲノム疾患研究に貢献

宇宙環境で顕著に現れる  
エピゲノム変化の解析し、  
地上の加齢性疾患等との  
相関を解析。



### 超長期滞在に向けた技術実証～テストベット「きぼう」～



- ・リアルタイム 宇宙放射線計測モニタ技術の実証
- ・船外での放射線環境モニタリングや
- ・宇宙放射線防護材(軽量化)や予測技術の研究



- ・水/空気再生技術の研究、実証  
(補給量の半減化、小型化、  
メンテナンスフリー化)



- ・廃棄物からの水分回収
- ・微生物等の常時  
モニタリング、自動分析



# 2015年度のISS/「きぼう」トピックス



## こうのとりの5号機による物資補給



- 日米大型実験装置の輸送
- 飲料水や食料など、クルーの活動に関わる物資輸送(こうのとりの振り替え)



### 日本のプレゼンス発揮

- 大型、大量の物資輸送能力
- 高い信頼性と確実性  
(4機連続のオンタイム打上・到着)



若田飛行士が  
HTV5のリードCAPCOM  
(宇宙飛行士との交信担当)

## 大西卓哉宇宙飛行士の長期滞在に向けた準備が本格化



- 2016年6月頃から半年間、ISS長期滞在予定



# 参考資料



# 滞在中に実施される実験一覧

Inc44/45 油井飛行士 ISS滞在中に計画されている利用ミッション一覧

※油井飛行士が担当/参加するかは、調整中

| 分野        | テーマ名                                                                      |
|-----------|---------------------------------------------------------------------------|
| 物質・物理科学実験 | 落下実験から生まれた新しい微粒化概念の詳細検証 (Atomization)                                     |
|           | 高プラントル数流体の液柱マランゴニ振動流遷移における表面変形効果の実験的評価 (Dynamic Surf)                     |
|           | 溶液における熱拡散現象のその場観察 (Soret Facet)                                           |
| 生命科学実験    | 高品質タンパク質結晶生成実験 (JAXA PCG)                                                 |
|           | 高品質タンパク質結晶生成 技術実証ミッション (JAXA PCG Demo)                                    |
|           | 無重力ストレスの化学的シグナルへの変換機構の解明 (Cell Mechanosensing)                            |
|           | ISS搭載凍結胚から発生したマウスを用いた宇宙放射線の生物影響研究 (Embryo Rad)                            |
|           | 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)                          |
|           | 植物細胞の重力受容装置の形成分化とその分子機構の研究 (Plant Gravity Sensing)                        |
|           | 宇宙環境における線虫の老化研究 (Space Aging)                                             |
|           | ほ乳類の繁殖における宇宙環境の影響 (Space Pup)                                             |
|           | 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)                           |
| 宇宙医学実験    | 前庭-血圧反射系の可塑性とその対策 (V-C Reflex)                                            |
|           | 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) |
|           | 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)                                   |
|           | 国際宇宙ステーションに滞在する宇宙飛行士の身体真菌叢評価 (Myco)                                       |
|           | 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)                      |
| 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)                                        |
|           | リアルタイム線量当量計測技術の確立 (PS-TEPC)                                               |
| システム検証    | 小動物飼育装置の機能確認 (Mouse Habitat Unit)                                         |
| 船外利用      | 超小型衛星放出ミッション (J-SSOD)                                                     |
|           | 簡易曝露実験装置 (ExHAM) を用いたミッション                                                |
|           | 「きぼう」船外の宇宙放射線環境モニタリング (Free-Space PADLES)                                 |
|           | 高エネルギー電子、ガンマ線観測装置 (CALET)                                                 |
|           | 全天X線監視装置 (MAXI)                                                           |
|           | 宇宙環境計測ミッション装置 (SEDA-AP)                                                   |

## 【小動物飼育装置の機能確認】

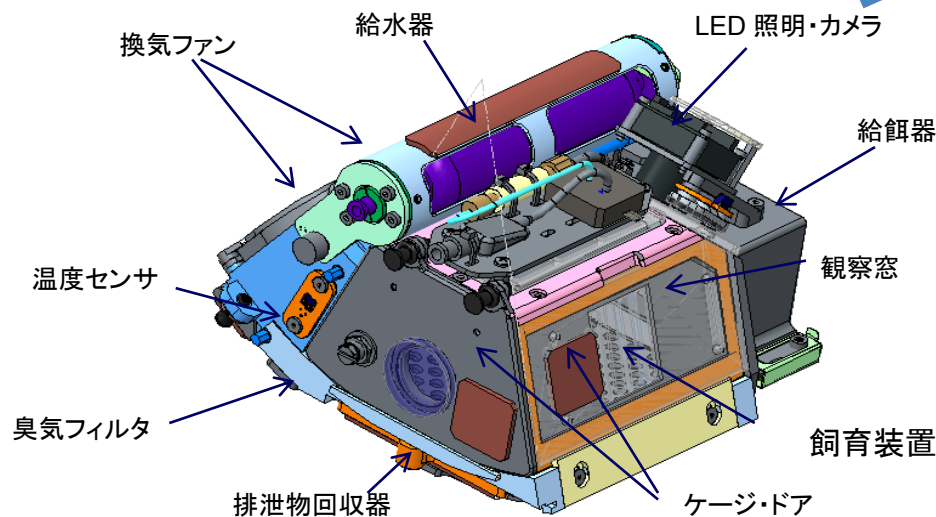
- ・マウスを軌道上で健康に飼育できること。
- ・軌道上でマウスに人工重力を負荷し、ISS初のほ乳類に対する人工重力環境の影響を評価できること。

- 合計12匹のマウスを個別に約30日間飼育可能(各個体の詳細な観察が可能)

⇒30日以上 of 長期人工重力実験は世界初

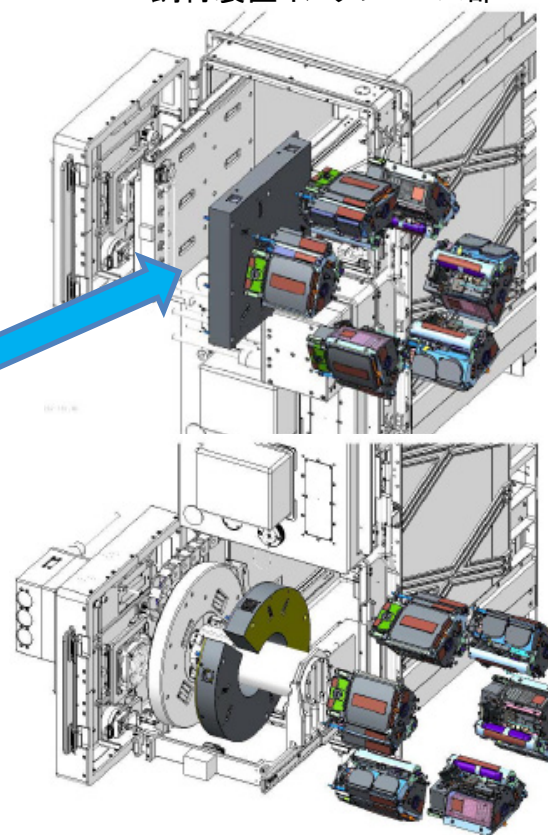
- 軌道上で「1G」と「0G」の飼育が可能

⇒同じ環境(宇宙)での対照実験を通じて、重力の影響を詳細に調査可能。



飼育装置ケージユニット

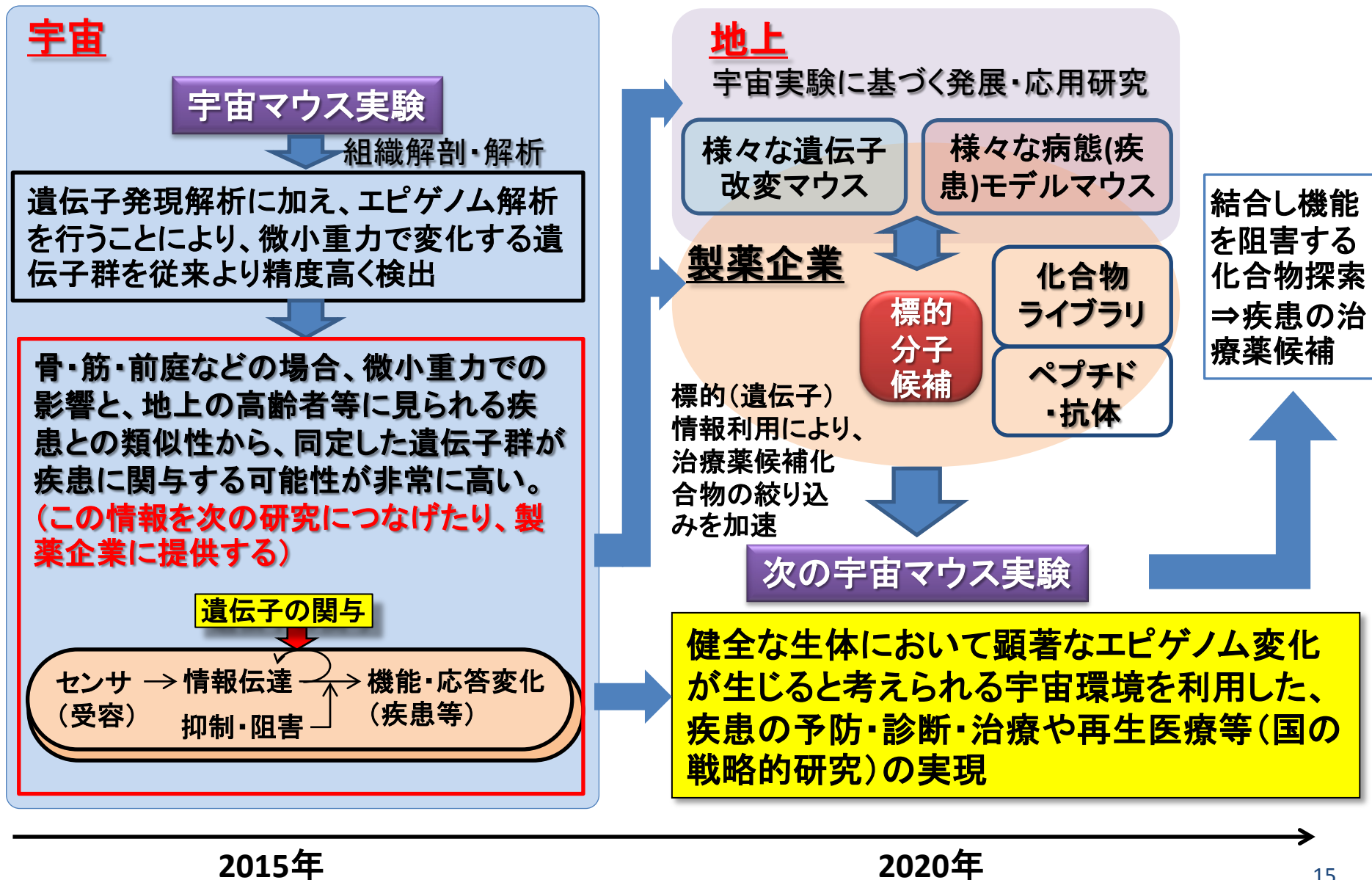
飼育装置インタフェース部



飼育装置インタフェース部

細胞実験装置(遠心機付き恒温槽)

# (参考) 宇宙マウス実験による地上社会への還元(案)





## 宇宙線と暗黒物質の謎に迫る、宇宙科学のフロンティアに挑む宇宙線天文台

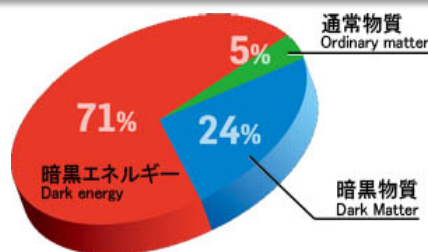
### 【CALET :高エネルギー宇宙線観測】

概要: 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。

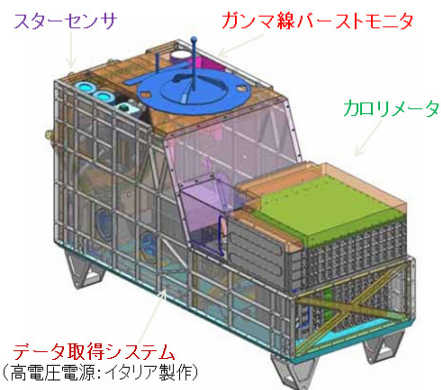
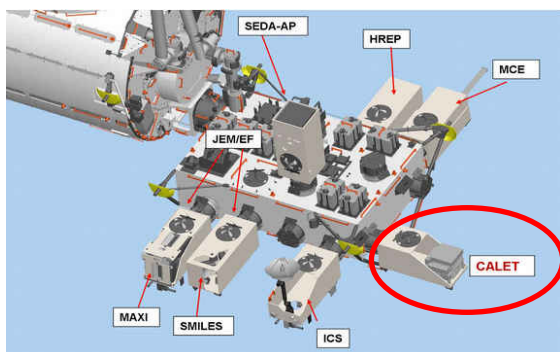
非常に高いエネルギーの電子やガンマ線、陽子・原子各成分を高精度で観測可能。また、ガンマ線バーストの現象の測定や太陽活動の地球環境への影響についても調べる。

期待される成果: ①高エネルギー宇宙線の起源と加速のメカニズム、②宇宙線が銀河内を伝わるメカニズム、③暗黒物質(ダークマター)の正体等の宇宙の謎、の解明を目指す。

星や惑星など、現在観測できる天体は宇宙全体の5%の質量のみ。残り95%は未知の部分。



- 最新の検出・電子技術を用いた検出器を搭載。既存の衛星や天文台では観測困難であった高エネルギー領域を探ることが可能。
- 暗黒物質(ダークマター)の謎が解ければ、宇宙や物質の成り立ちの解明や宇宙の進化の解明が進む。  
(暗黒物質の発見は、ヒッグス粒子(2013年)に続くノーベル賞級と言われている)
- ガンマ線バースト現象を観測し宇宙線の起源に迫る。また、太陽活動の地球環境への影響を調べる。
- JAXA, 早稲田大学のほか、NASA、イタリア宇宙機関との国際協力実験。



# 滞在中に実施される実験 紹介

## 高機能・高性能な材料研究、宇宙塵採取により太陽系や生命の起源の謎に迫る

### 【船外簡易取付機構(ExHAM)による

### 「材料・部品の宇宙環境での耐久性評価」、「宇宙浮遊物の捕獲」実験】

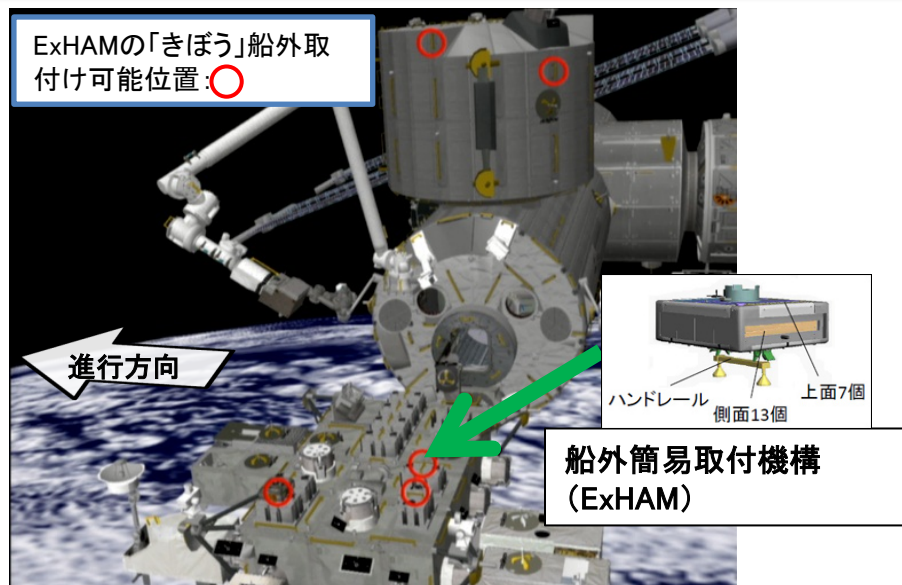
概要: 地上で再現することの難しい宇宙環境を利用することで長期間の曝露による材料の経年変化を調べる。また、ISSに衝突するスペースデブリや宇宙塵などの微粒子を捕獲する。

#### 期待される成果①: 先進的な材料の開発への貢献

宇宙放射線などの過酷な宇宙環境が材料に与える影響を調べ、明らかにすることでより耐性の強い優れた特性を持つ素材を作る手がかりを得ることができる。

#### 期待される成果②: 太陽系、地球生命の起源の解明への貢献

宇宙塵を地球の汚染が無い環境で直接採取することで、彗星や小惑星などの宇宙塵の母天体にに関する情報を取得することで、宇宙の起源や地球生命誕生の原材料が分かる。



#### <ExHAMのメリット>

- きぼうのエアロックとロボットアームを使うことで、船外活動無しで曝露環境実験ができる。
- 日本の「こうのとりのり」や各国の補給船を使用することで、打上げのタイミングをフレキシブルに設定、定期的に地上に回収が可できる。
- 宇宙空間での材料・部品の劣化状態を地上で現物を見ながら評価することができる。

国際競争力の高い宇宙材料の開発  
きぼうの民間利用の拡大へ



# 滞在中に実施予定の実験 紹介



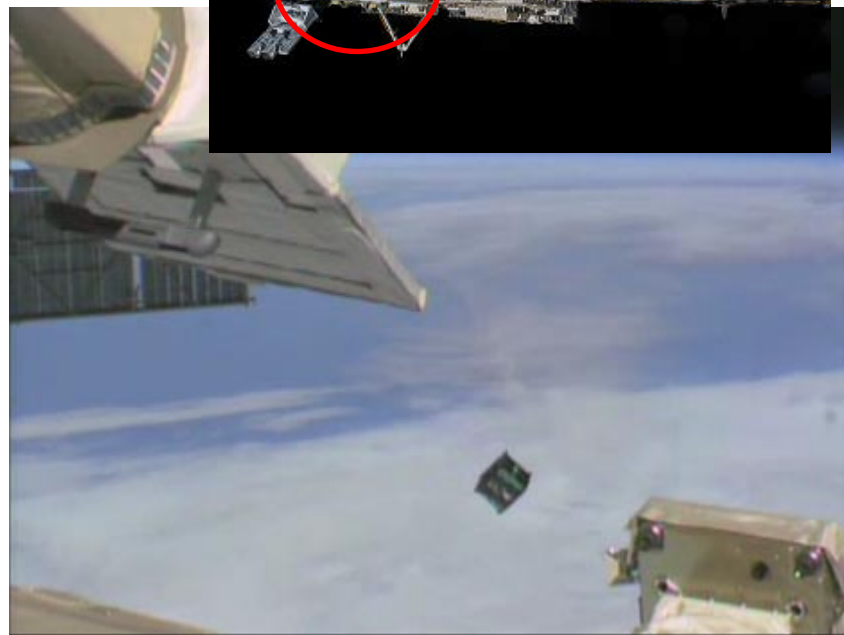
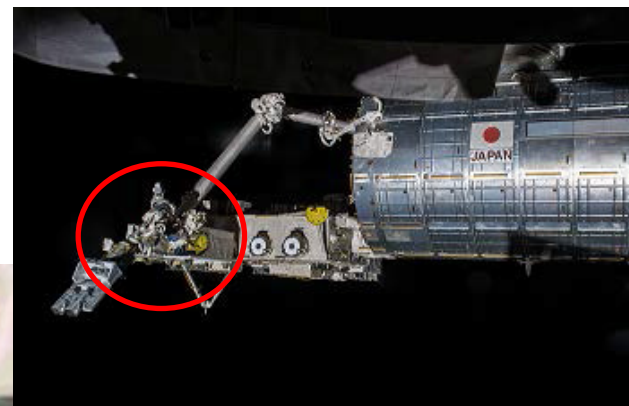
## 【超小型衛星放出 (SmallSat Deploy)】

- ・ロボットアームを使った衛星放出ミッション。
- ・2基の超小型衛星(ブラジルの宇宙機関)を放出予定。
- ・小型衛星放出機構(J-SSOD)を使用した放出は、これが4回目。J-SSODはこれまで10基を放出。

- 日本が、「きぼう」の「エアロック」「ロボットアーム」の組み合わせによる斬新な衛星放出技術を実現。
- 2012年10月に5つの超小型衛星をISSから放出することに成功。ISSから定常的に超小型衛星を放出する技術を獲得。超小型衛星の多様な打上げ機会を提供できるようになった。
- 米国による利用を含めると、これまでに「きぼう」から72基の超小型衛星を放出。



**超小型衛星の多様な打上げ機会の提供、  
民間企業によるISS利用促進に貢献**

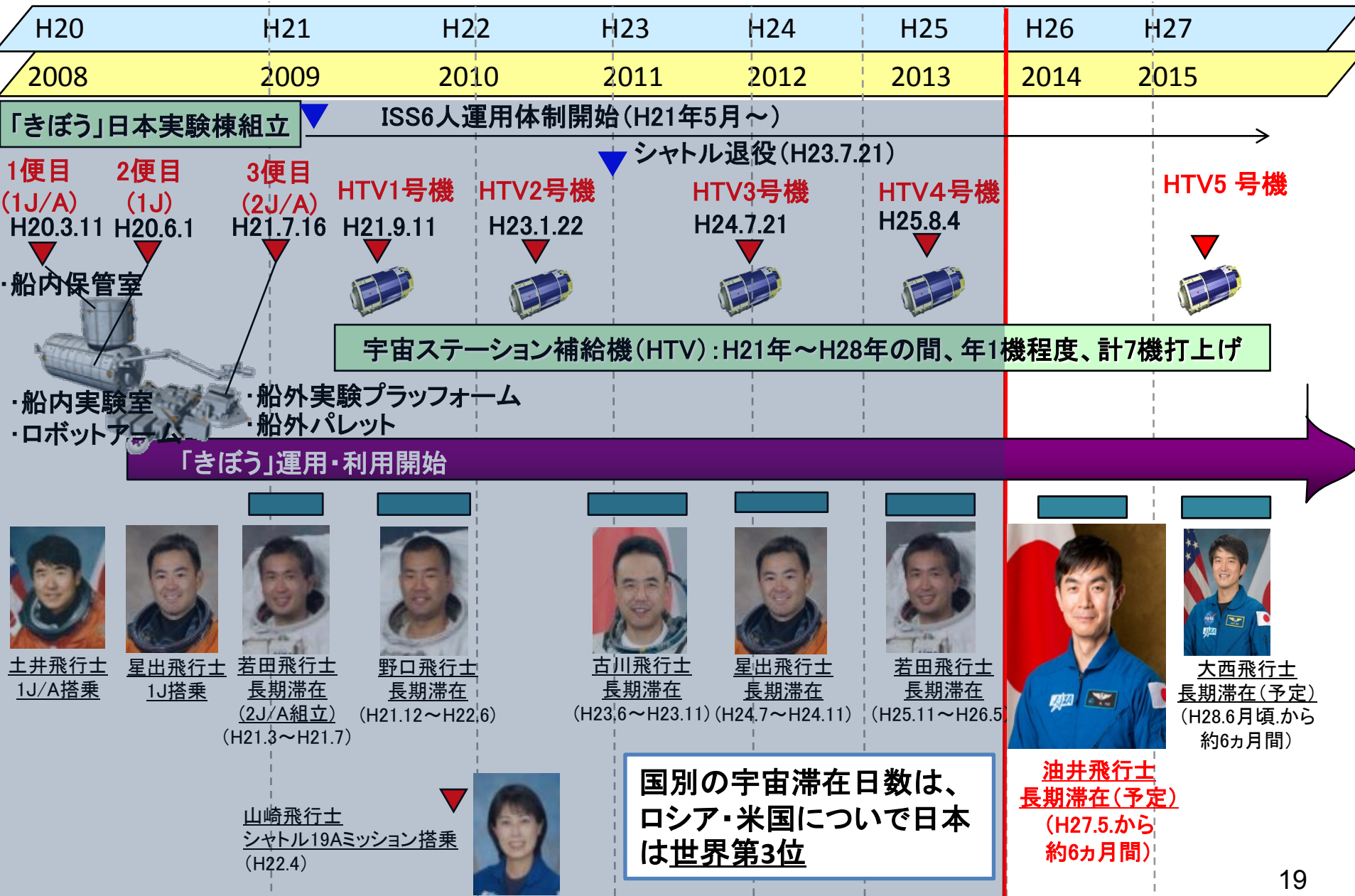


2015年2月5日に放出された、ブラジル宇宙機関の超小型衛星





# 日本人宇宙飛行士の長期滞在



国別の宇宙滞在日数は、  
ロシア・米国について日本  
は世界第3位

# JAXAの宇宙飛行士



若田 光一

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(宇宙実験・観測フリーフライヤ回収)
- ・2000年10月(ISS組立)
- ・2009年3月-7月(第18/19次長期滞在)
- ・2013年11月-14年4月(第38/39次長期滞在)  
第39次ISS船長



野口 聡一

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)
- ・2009年12月-10年6月(第22/23次長期滞在)



古川 聡

専門: 医学(外科)

資格: 2001年1月ISS搭乗宇宙飛行士に認定  
2006年2月MSに認定

飛行実績:

- ・2011年6月-11月(第28/29次長期滞在)



星出 彰彦

専門: 航空宇宙工学

資格: 2001年1月ISS搭乗宇宙飛行士に認定  
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)
- ・2012年7月-11月(第32/33次長期滞在)



油井 亀美也

専門: 航空機操縦(パイロット)

資格: 2011年7月ISS搭乗宇宙飛行士  
に認定

現在: 第44/45次長期滞在に向けて訓  
練中(2015年5月から約6か月間  
の滞在予定)



大西 卓哉

専門: 航空機操縦(パイロット)

資格: 2011年7月ISS搭乗宇宙飛行士に認定  
現在: 第48/49次長期滞在に向けて訓練中  
(2016年6月頃から6か月間の滞在予定)



金井 宣茂

専門: 医学(潜水医学)

資格: 2011年7月ISS搭乗宇宙飛行士に認定  
現在: ISS搭乗に向けて訓練中

MS: Mission Specialist(搭乗運用技術者)



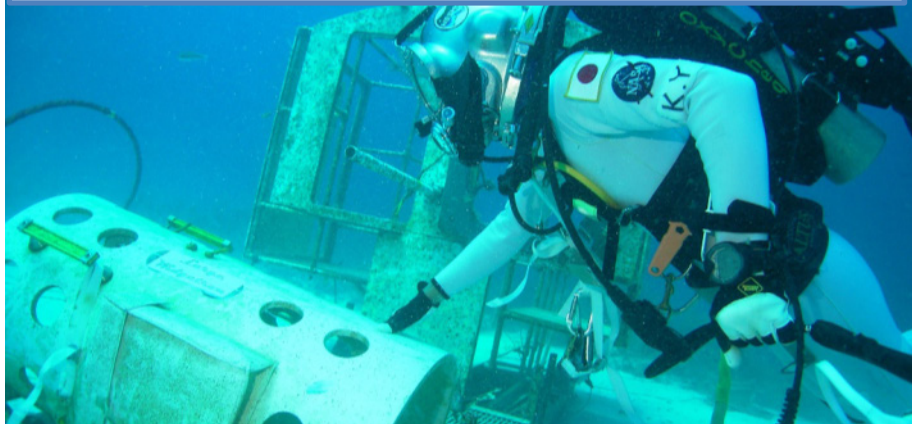
向井 千秋

現在: JAXA特任参事



# 長期滞在に向けた訓練例

2012年6月 極限環境ミッション訓練 (NEEMO)



海底実験室を利用することで、軌道上に最も酷似した隔離環境を実現。閉鎖環境における異文化対応、自己管理、チームワーク及びリーダーシップなどの能力向上が目的。

2013年6月 水上サバイバル訓練



ソユーズ宇宙船が着陸する際に、海などの水上に不時着したことを想定した訓練。

2012年9月 野外リーダーシップ訓練 (NOLS)



野外リーダーシップ・集団行動資質向上を目的とした訓練。

2014年1月 冬季サバイバル訓練



ソユーズ宇宙船が着陸する際に、山などに不時着したことを想定した訓練。





# ミッションキーワード: 挑む



## ・宇宙のパイロット油井

ISSは、民間利用や宇宙探査に向けた新しい技術獲得への挑戦など、その利用方法は次のステージに移行しつつある。

油井飛行士は、ISSのNEXT STEPに挑む、テストパイロット。

## ・宇宙飛行士の技術継承、将来への挑戦

JAXA宇宙飛行士の技術等が、次の世代へと着実に継承し、さらに日本の有人宇宙開発に挑戦し続けていくアイコン。

