



資料46-1
 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
 ISS・国際宇宙探査小委員会
 (第46回) 2022. 2. 18



国際宇宙ステーション(ISS) 長期滞在ミッション報告

2022年2月

星出彰彦 JAXA宇宙飛行士





飛行記録



Crew-2ミッション期間中の記録	
Crew-2ミッション期間	199日（2021年4月23日打ち上げ、11月9日帰還）
ISS補給船数	8機 （米国4機、ロシア4機）
船外活動回数	7回 （米国4回、ロシア3回）
星出宇宙飛行士実施 利用ミッション数	127テーマ（うちJAXA実験：40テーマ※1） （※JAXA利用ミッション数：48テーマ※2）
飛行・ISS滞在日数・船外活動時間の累計記録	
ISS滞在日数（累計）	331日（日本人宇宙飛行士第2位に）※3
宇宙飛行日数（累計）	340日（日本人宇宙飛行士第3位に）
船外活動時間（累計）	28時間17分（日本人宇宙飛行士第1位に）

※1 星出宇宙飛行士が実施したJAXA利用ミッション数は、インクリメント65及び66期間。

※2 JAXA利用ミッション数は、インクリメント65期間。クルータイムを使用しない、観測ミッションや設置のみのミッションを含む。

※3 ISSでの総滞在日数で、日本は米国、ロシアに次ぐ第3位

なお、各国の状況、およびその他の日本人宇宙飛行士の記録についてはこちらをご覧ください：<https://humans-in-space.jaxa.jp/data/>



取り組み概要



👤 「夢は、実現できる」をミッションテーマとして、

👤 国際宇宙探査、国の課題解決型研究、商業化の促進に資するミッション等を実施。

👤 日本人2人目のISS船長としてミッションの成果最大化に貢献。

「探査／科学／民間利用のスクラムで新しい時代を切り拓く」

探査

・ 超長期有人宇宙滞在技術・探査技術獲得の推進

科学

・ 国の課題解決型研究・学術研究の推進

民間利用

・ 民間利用オープンイノベーションの推進

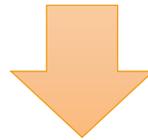
上記3領域の「きぼう」利用を支える基盤技術にも取り組んだ

「ISS船長としての活躍／ISSのアップグレードに向けた船内・船外活動」

- ・ 安全確保を含め船長としての統括任務を全う
- ・ 新型太陽電池アレイの架台取り付け
- ・ 「きぼう」の新型画像取得処理装置の設置

「人材育成・教育、SDGsへの貢献」

- ・ ロボットプログラミング競技会 等
- ・ GIGAスクールとの連携によるISSからの特別講座



地球低軌道における利用の拡大
国際宇宙探査に向けた技術開発、国際協力の促進

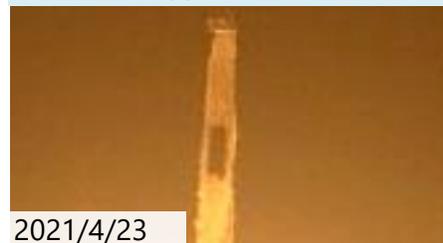
国際宇宙ステーション (ISS) での長期滞在ミッション

長期滞在概要



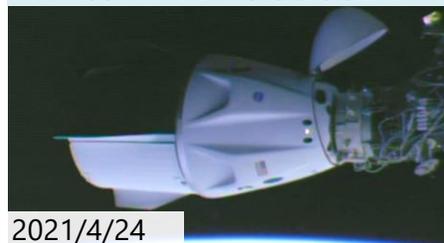
米国有人往還機として宇宙滞在最長の199日17時間44分を記録

米民間のクルードラゴンでの打ち上げ



2021/4/23

ISSドッキング、約200日の宇宙滞在



2021/4/24

ISS船長就任 (約5か月)



帰還



2021/11/9

主なミッション概要



船長としてISSの安全運用をけん引



ISSアップグレードに係る作業



将来探査や地上の健康維持につながる民間連携等による実験



アジア太平洋地域の宇宙プロジェクト・アウトリーチ活動



活動成果



「ISS船長としての活躍／ISSのアップグレードに向けた船内・船外活動」

1. ISS船長
2. 船外活動
3. 画像取得処理装置2の設置

「探査／科学／民間利用のスクラムで新しい時代を切り拓く」

4. 袋型培養槽技術の実証実験
5. 細胞生物学3テーマ
6. 高品質タンパク質結晶生成実験
7. 静電浮遊炉（ELF）
8. KIBO宇宙放送局
9. 超小型衛星の放出（J-SSOD#17, 19）

「人材育成・教育、SDGsへの貢献」

10. 「きぼう」ロボットプログラミング競技会 (Kibo-RPC)
11. アウトリーチ活動など
12. GIGA スクール特別講座



シャノン・ウォーカー宇宙飛行士からISSの「鍵」を受け取る星出宇宙飛行士



トマ・ベスケ宇宙飛行士にISSの「鍵」を渡す星出宇宙飛行士



1. ISS船長

日本人2人目となるISS船長の任務を完遂

- ✓ 2021年4月28日～10月5日の約5か月間、ISS船長を務めた。日本人がISS船長を務めるのは若田光一宇宙飛行士に続き2人目。
- ✓ 船長就任中は、複数の船外活動やロシアの新たな多目的実験モジュールの結合を実施。
- ✓ ISSの姿勢が一時的に損なわれる事象や煙の検出などに際しては、船長の下、全てのクルーがそれぞれの役割を存分に発揮し、冷静に対処し、地上チームとも協力して本来の機能を回復。



星出宇宙飛行士らISS第65次長期滞在クルー





2. 船外活動

ISSのアップグレード等に貢献

- ✓ 米国の船外活動として、ISSの新型太陽電池アレイおよび架台の取り付けを実施。また、ロシアの船外活動として、多目的実験モジュール取り付けに伴う作業を実施。
- ✓ 星出宇宙飛行士は、9月12日の船外活動で、ヨーロッパ宇宙機関（ESA）のトマ・ペスケ宇宙飛行士と共に、新型太陽電池アレイの架台取付けや浮動電位測定装置を交換。NASAが実施する船外活動としては、国際パートナーの宇宙飛行士だけで実施する初の船外活動となった。星出宇宙飛行士は、船外活動をリードするEV1（宇宙服の赤線が目印）を担当。



トマ・ペスケ宇宙飛行士と船外活動を行う星出宇宙飛行士

©JAXA/NASA (3枚とも)





3. 画像取得処理装置2の設置



IPU2設置作業を行う星出宇宙飛行士

「きぼう」のリノベーション：新型の画像取得処理装置を設置

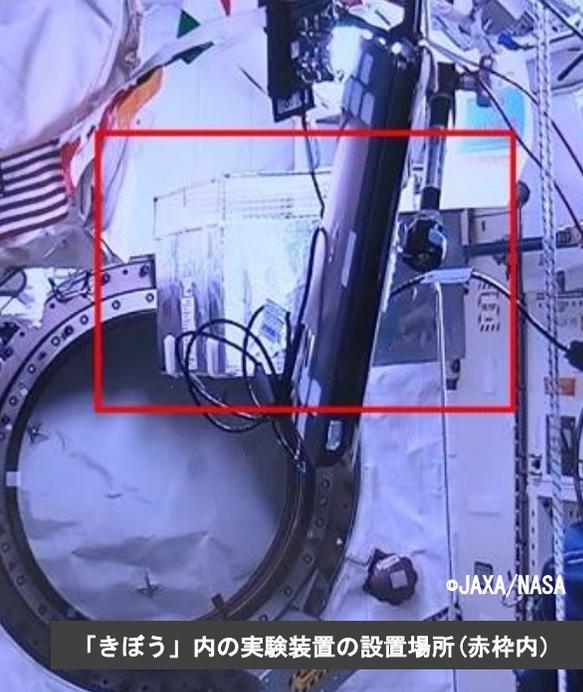
- ✓ 「きぼう」には、流体実験ラックに画像取得処理装置（IPU）が設置されているが、より高性能な画像取得処理装置2（IPU2）を設置。
- ✓ IPU2は、HDMIや光入力に対応し、チャンネル数や記録容量を大幅に増やす等機能を向上。
- ✓ また、イーサネット・ハブ／多重化装置（LEHX）やネットワークストレージといった「きぼう」の通信制御における基幹システムの機能も備え、バックアップとしての役割も担っている。



IPU2設置作業を行う星出宇宙飛行士



4. 袋型培養槽技術の実証実験



©JAXA/NASA

「きぼう」内の実験装置の設置場所(赤枠内)

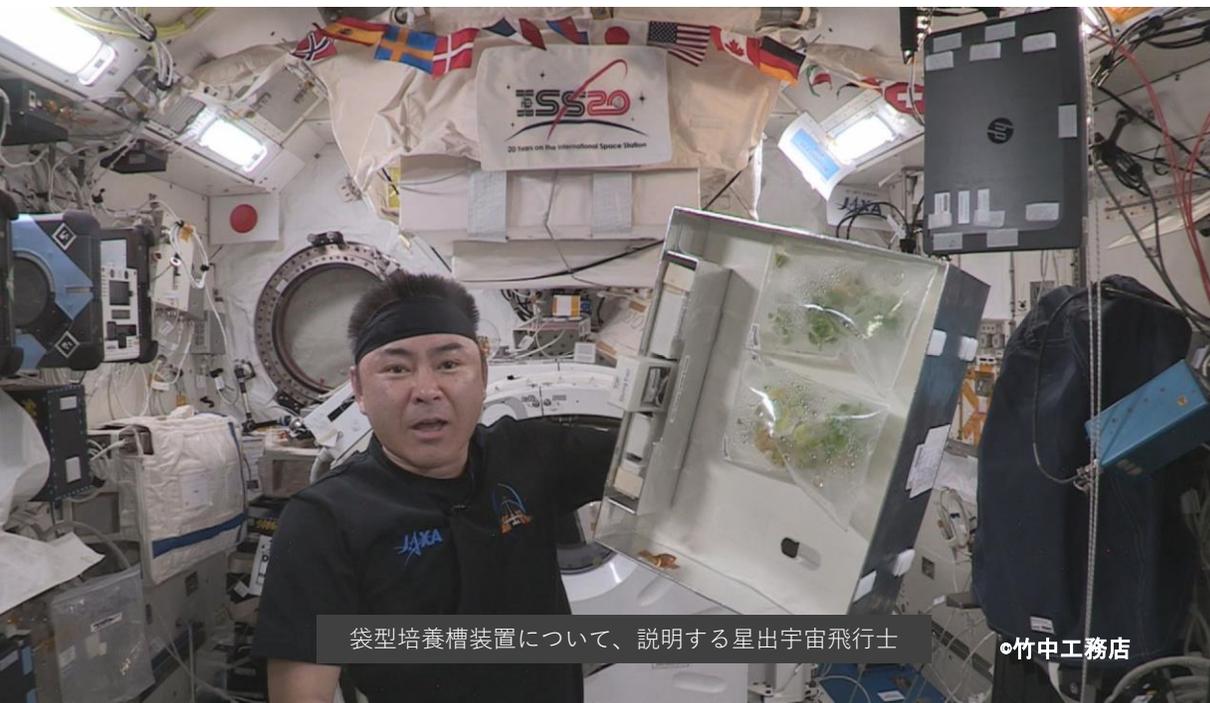


密閉した袋内で栽培されたレタス
(地上に回収する前の様子)

©竹中工務店

将来の国際宇宙探査にもつながる袋型培養槽を使った野菜の栽培技術

- ✓ 竹中工務店、麒麟ホールディングス、千葉大学、東京理科大学と将来の月探査等での長期宇宙滞在時における食料生産に向けた技術実証を目的に、世界初となる宇宙での袋型培養槽技術の実証実験を実施。
- ✓ 将来的に、本技術により、葉菜類の栽培だけでなくウイルスフリーな苗の育成にもつながる等、惑星探査時の長期の宇宙船内滞在時や滞在施設での大規模栽培への活用が期待。



袋型培養槽装置について、説明する星出宇宙飛行士

©竹中工務店





5. 細胞生物学3テーマ



Anti-Atrophy実験サンプルの培養液交換を行う
星出宇宙飛行士

©JAXA/NASA



Cell Gravisensing実験のサンプルを細胞培養装置
(CBEF) にセットアップする星出宇宙飛行士

©JAXA/NASA

重力の感知/地上での健康維持/宇宙での哺乳類繁殖に関する細胞生物学3テーマの実験を実施

Cell Gravisensing

細胞が重力を感知する仕組みを微小重力と人工重力の環境下で細胞を培養し検証。宇宙空間での筋萎縮・骨量減少や地上の寝たきり状態による病態予防・治療法の開発に繋がることが期待される。

Anti-Atrophy

天然の抗筋萎縮物質(バイオ素材)への微小重力環境での有効性を検証。筋萎縮に有効な薬剤・機能性食材の開発に貢献し、将来の有人活動を拡大。

Space Embryo

哺乳類が宇宙で子供を作れるのかを解明すべく、哺乳類の受精卵が微小重力下でも正常に胚盤胞(=細胞の分化が始まり内部に空間ができた段階)まで発生できるのかを検証。



軌道上でのSpace Embryo実験を見守る関係者の様子

©JAXA





JAXA PCGサンプルが入ったバッグを手に持つ
星出宇宙飛行士

©JAXA/NASA



タンパク質溶液と結晶化溶液を充填、
結晶化開始まで凍結保存される容器

©JAXA



6. 高品質タンパク質結晶生成実験

不安定なタンパク質の結晶化向上に向けた凍結融解法、試料輸送用の新規容器の技術実証実験

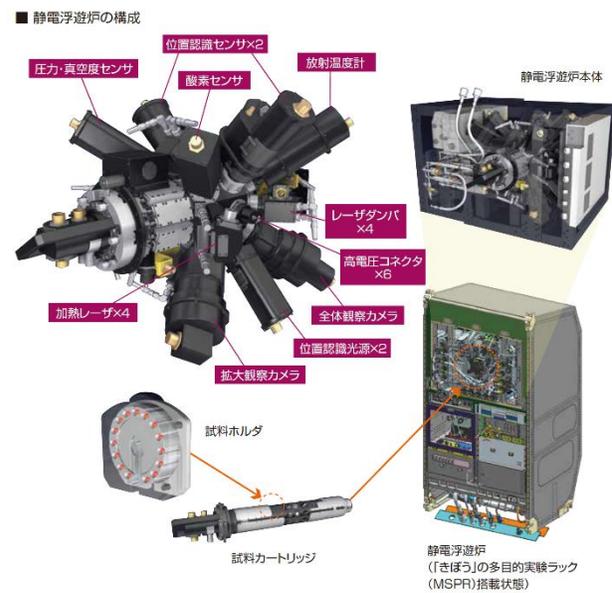
- ✓ JAXAが開発した「凍結融解法」は、結晶化の開始直前までタンパク質サンプルを凍結状態で保管し、軌道上で解凍、結晶化開始操作を行うことで、不安定なタンパク質が壊れてしまう可能性を極限まで低減。
- ✓ また、従来NASAの冷蔵輸送サービスに頼っていた打上げ・帰還時のサンプル温度維持 ($20 \pm 2^\circ\text{C}$) について、このとり7号機 (2018年) 搭載の小型回収カプセル技術を高度化・小型化し、新たな温度維持輸送容器として「試料輸送用真空断熱容器」を開発し、実証実験も実施。



試料輸送用真空断熱容器へのタンパク質実験サンプルの格納を行う星出宇宙飛行士

©JAXA/NASA





7. 静電浮遊炉 (ELF)

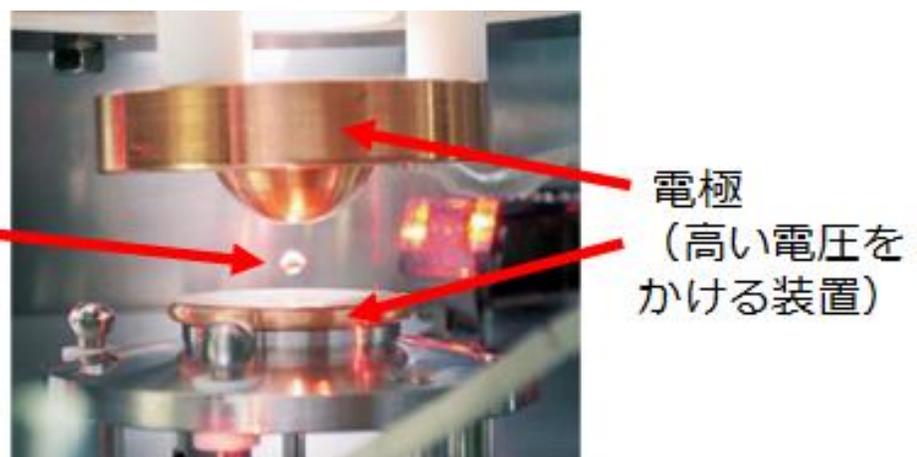
「浮かせて調べる」無容器処理技術を用いた材料研究

静電浮遊法を用いた鉄鋼材料プロセスの基礎研究
 —高温融体の熱物性と界面現象— (Interfacial Energy)

不純物と溶けた鉄鋼が接する境界面で起こる現象を解明。高品質の鉄鋼製品の生産に貢献。

新奇機能性非平衡酸化物創製に向けた高温酸化物融体のフラジリティの起源の解明 (Fragility)

高温酸化物液体の密度及び粘性測定から、Fragility (ガラスになりやすさ) の謎を究明。



静電浮遊炉 (Electrostatic Levitation Furnace: ELF) :
 試料表面の微量な静電気と電極間に働くクーロン力を利用して試料を浮遊させ、レーザー加熱により非接触で溶融・凝固することができる装置。



8. 民間参画の推進～KIBO宇宙放送局

遠隔操作・双方向通信技術の実証・事業化

- ✓バスキュール、集英社とJAXAが共同で「KIBO DISCOVER PROJECT」を始動。8月2日から9月3日まで、ISS可視予報サービス「#きぼうを見よう」と連動した「スペース大作戦」を実施。文部科学省の協力の下、全国の児童・生徒に夏休みの機会にISSを見上げるよう呼びかけ、8月2日と3日のTwitterイベントでは各約1万人が参加。
- ✓9月3日にKIBO宇宙放送局×ONE PIECE宇宙冒険特番「この星で、きぼうを見よう ~WE ARE ONE~」が放送され、軌道上の星出宇宙飛行士が出演。375万人が視聴。





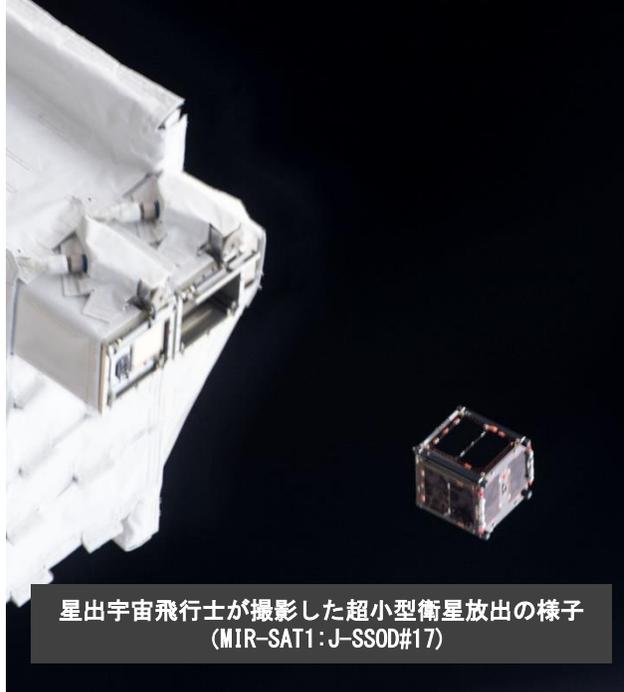
9. 超小型衛星の放出 (J-SSOD#17, 19)

超小型衛星6基を放出

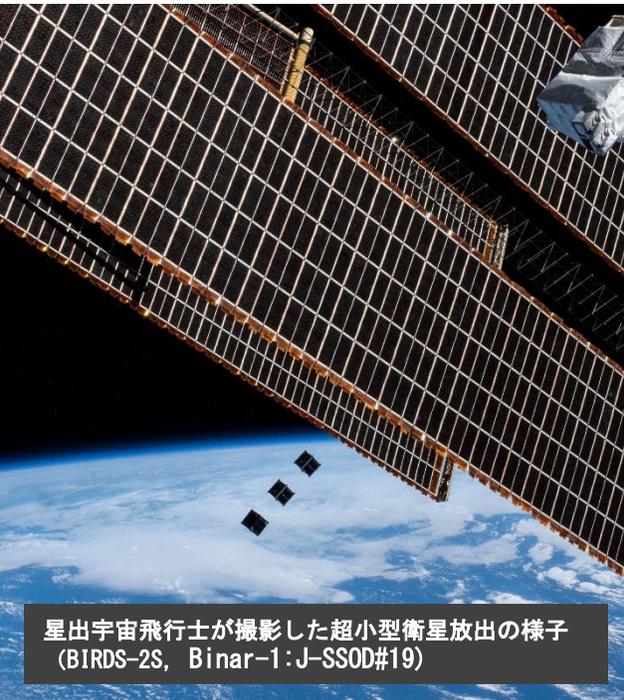
- ✓ 「きぼう」の小型衛星放出機構を用い、6月22日、第3回KiboCUBEの選定機関である Mauritius Research and Innovation Council と衛星放出事業者の衛星、合計2基を放出。
- ✓ また、10月6日、戦略的パートナーである九州工業大学の枠組みで開発したフィリピン大学と衛星放出事業者の衛星、合計4基を放出。
- ✓ これらの活動は、新興国の宇宙参加を促し、SDGsにも貢献。



星出宇宙飛行士が撮影した超小型衛星放出の様子
(CUAVA-1: J-SSOD#19)



星出宇宙飛行士が撮影した超小型衛星放出の様子
(MIR-SAT1: J-SSOD#17)



星出宇宙飛行士が撮影した超小型衛星放出の様子
(BIRDS-2S, Binar-1: J-SSOD#19)



衛星放出機構取付作業中の星出宇宙飛行士
(J-SSOD#17)



挨拶を行う星出宇宙飛行士



プログラム実行中のAstrobee



10. 「きぼう」ロボットプログラミング競技会 (Kibo-RPC)

星出宇宙飛行士参加のもと、アジア・太平洋地域の学生たちがプログラミング技術を競う

- ✓ 宇宙飛行士をサポートするために開発されたISS船内ドローンであるInt-Ball (JAXA) と Astrobee (NASA) をプログラミングする技術を競うべく、日米協力の枠組み (JP-US OP3) の下、NASAと協力しアジア太平洋地域の学生向けにKibo-RPCを実施。
- ✓ アジア・太平洋の11の国および地域から286チーム、905人が参加し、星出宇宙飛行士滞在中に第2回軌道上決勝大会を開催。星出宇宙飛行士は、軌道上から準備や各チームのサポートを行い、Crew Awardを発表。



The Best Achievement Onboard Award, 1st Place Winner
Indentation Error / Thailand
優勝を喜ぶタイ代表チームのメンバー





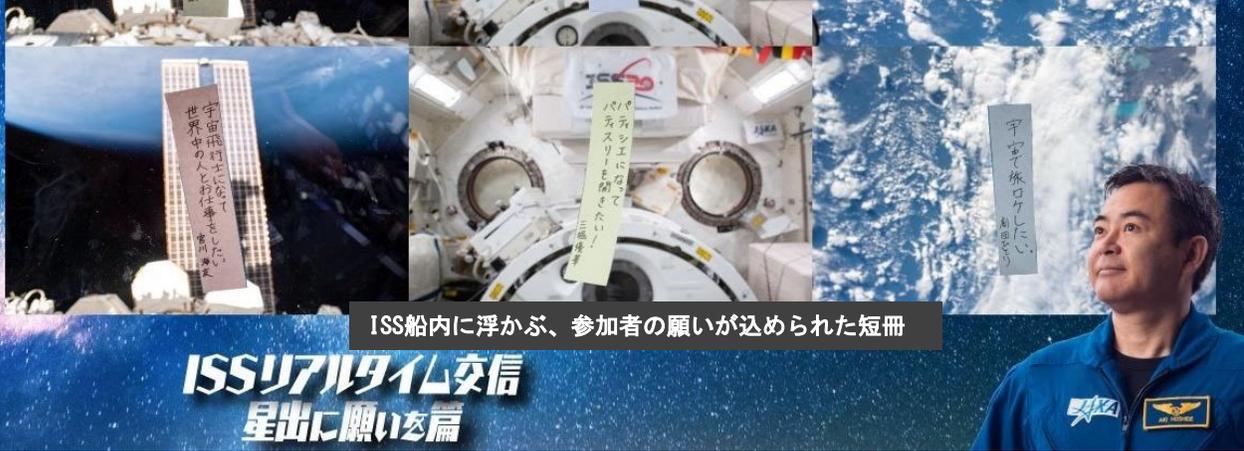
11. アウトリーチ活動など

子供から大人まで多くの人々と交流

- ✓7月7日のISSリアルタイム交信「星出に願いを篇」など、複数の交信イベントで地上と交流。
- ✓東京2020聖火リレー・スペースアンバサダーとして、ISSから聖火ランナーを務めるなど東京2020聖火リレーの盛り上げにも協力。

未来へとつなぐタスキ

- ✓4月26日、軌道上記者会見にて野口宇宙飛行士からクルードラゴン宇宙船運用初号機（Crew-1）と2号機（Crew-2）のメインカラー、青と赤のタスキを受け取った。
- ✓日本人同士の軌道上同時滞在は、2010年の野口、山崎宇宙飛行士以来11年ぶり。長期滞在同士は初。



ISS船内に浮かぶ、参加者の願いが込められた短冊

ISSリアルタイム交信
星出に願いを篇



ミライの宇宙を創造しよう!
ISSリアルタイム交信イベント

小学校高学年向けイベント



野口宇宙飛行士から、タスキを受け取る星出宇宙飛行士



12. GIGAスクール特別講座

全国の児童とリアルタイム交信
GIGAスクール特別講座～君も宇宙へ！～

- ✓7月6日、文部科学省が推進するGIGAスクール構想の一環として、全国の児童（主に小学校高学年）を対象としたISSでのリアルタイム実験を含む「宇宙の水と食事」をテーマとした特別講座を実施。
- ✓YouTubeライブを通じた出題に児童がGoogle Formを用いて回答する双方向の取り組みを行った。
- ✓星出宇宙飛行士は軌道上からコーヒーと牛乳で水玉実験を行い、児童からの宇宙での食器のアイデアについてコメントするなど、児童とのリアルタイム交流を実現。



児童から寄せられた様々な宇宙での食器のアイデア



軌道上でコーヒーと牛乳の水玉実験を行う星出宇宙飛行士



オンラインで参加した児童と講師役の油井亀美也JAXA宇宙飛行士ら





未来の宇宙飛行士に向けて



JAXA

夢は、
実現できる。

ISS EXPEDITION
AKIHIKO HOSHIDE

日本代表、国際宇宙ステーション代表の船長として。地上のチームと、宇宙へ。

JAXA
AKIHIKO
HOSHIDE

@Aki_Hoshide @JAXA_jp @JAXA_JFLIGHT @JAXA_Kiboriyo @jaxa_kibo 国際宇宙ステーション長期滞在ミッション astro-mission.jaxa.jp/hoshide/

18

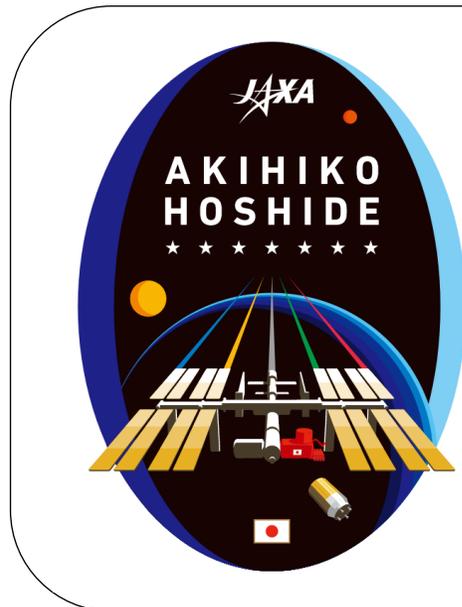


(参考) プロフィール



星出 彰彦

- 1968年東京都生まれ。
- 2008年6月スペースシャトル「ディスカバリー号」に搭乗してISSへ。「きぼう」日本実験棟船内実験室のISS取り付け作業等に参加。2012年7月ソユーズ宇宙船に搭乗してISSへ向かい、約4カ月の長期滞在で小型衛星放出や3回の船外活動等を行った。
- 今回でISS長期滞在は2回目、日本人宇宙飛行士としては10回目のISS長期滞在となった。



- ロゴマークの楕円形は、ISS船長を務める星出宇宙飛行士のチームワークに対する考え方の根幹がラグビーにあることを象徴しています。
- 進み続けるISSは、五色の線で表現した世界（地球）ISSでのミッションが寄与することと同時に、その先の月や火星へのミッションのためであること、7つの星は、日本人宇宙飛行士たちと挑戦することを表しています。
- また、「このとり」は、100%のミッションを達成した世界に誇る日本の技術力の象徴として、これからもJAXAが「きぼう」や「このとり」後継機のHTV-Xを通じてISS計画に貢献していく意気込みを示しています。