有人宇宙活動大全

JAXA

TSUKUBA SPACE CENTER

私たちが宇宙を目指す理由

この激動の時代だからこそ、人類は、共通の目標に向かって手を取り合う必要があると考えています。宇宙探査は、各国がビジョンを共有し、技術と知見を結集させて取り組むことのできる持続的なテーマであり、国際協調による人類の発展のための重要な舞台となります。また、探査の取り組みは、分野を横断する最先端技術の結集によって様々なシナジー効果を生み出し、宇宙関連技術のみではなく異分野の課題に対しても目覚ましいブレイクスルーを創出しています。宇宙への入り口はこれまでにないほど開かれており、これまでにない視点による発想や失敗を恐れずに進み続けるためのエネルギーを必要としています。今後、有人宇宙活動が月面・火星へと拡大していく中で、私たちとともに「宇宙」という共通のテーマに向かって進む仲間が増えることを期待しています。

JAXA 特別参与・宇宙飛行士　若田光一

JAXA 有人宇宙開発を支える宇宙飛行士たち

5回目のISS滞在に挑戦中！実はこれまで船外活動をしたことが無いので、今度こそ！頑張ることを祈っています！(2022年10月現在)

若田光一
WAKATA Koichi
1963年埼玉県生まれ
— Keyword —
和

古川聡
FURUKAWA Satoshi
1964年神奈川県生まれ
— Keyword —
継続は力なり

星出 彰彦
HOSHIDE Akihiko
1968年東京都生まれ
— Keyword —
夢の実現

油井 亀美也
YUI Kimiya
1970年長野県生まれ
— Keyword —
他人に優しく、自分に厳しく

大西 卓哉
ONISHI Takuya
1975年東京都生まれ
— Keyword —
One for all, all for one

金井 宣茂
KANAI Norishige
1976年東京都生まれ
— Keyword —
未来にひらく「きぼう」のトビラ

現在選抜中！

JAXA“有人宇宙技術”が見据える次のステージ

世界で急速に変化する情勢の一つ<ニュースペースの台頭>は、民間企業による宇宙ビジネスの可能性を私たちに見せてくれました。民間でできることは民間に任せるべき時代です。一方、私たちは、短期間で利益回収のできない“長期的”な開発、民間企業ではリスクをとりにくい“ハイリスク”な開発を先導することで、人類の活動領域を拡大し、科学技術貢献による日本としての国際的な存在感を高めるとともに、新たな市場・産業を創出していくべきだと考えています。私たちが今まで培ってきた国際宇宙ステーションを中心とした有人活動の成果－JAXA が持つ有人宇宙の技術力を活かしながら、これからの技術者、研究者、また、民間企業が活躍できる場を、常に模索していきたいと思います。

有人宇宙技術部門 理事・佐々木 宏　　大切にしている言葉 “Men for others”

与圧モジュール

内部が1気圧に保たれ、ISS船内で用いる物資を搭載。

サービスモジュール

HTV-Xが宇宙空間を飛行するための機能を集約。

八角形の理由

HTV-X のサービスモジュール（SM）の新画は、側面へのスラスタや太陽電池などの搭載しやすさ・内部空間の広さを考慮し、円形や四角形などではなく、八角形を採用しています。

姿勢制御の方法

HTV-X は、SM に付い た合計 24 基のスラスタの配置と噴射の仕方を工夫し、姿勢制御を行います。「こうのとり」では、姿勢制御用と軌道制御用のスラスタを分けていましたが、HTV-X では 1 種類に統一し、シンプルな設計としています。

スラスタ

スラスタの噴射で発生するカの方向が機体の中心からずれていると、で回転させる力を生み出す。

国際宇宙ステーションまでの道のり

HTV-X は、スラスタと呼ばれる小型のロケットエンジンを用いた制御（マヌーバ）により ISS に接近します。H3 ロケットから分離後、複数回のマヌーバにより ISS の約 500m 真下まで接近します。その後、機体に搭載されたセンサを用いて ISS を直接補足し、精密な位置制御を実施することで ISS のロボットアームでつかめる位置に到着します。

ISS

ISS軌道高度：約400km

500m

12km

ロケットから分離

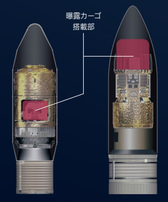
300km

HTV-X

200km

「こうのとり」との比較

HTV-X では「こうのとり」の推進・電気モジュールをサービスモジュール（SM）に統合し、機体全体に配置されていたスラスタや太陽電池パネルを集約。また、重いる圧モジュールを下部に配置し機体の軽量化を図るとともに、曝露カーゴ搭載部を最上部に設けることで空間の制約を緩和しています。



新型宇宙ステーション補給機 HTV-X

HTV-X は、国際宇宙ステーション（ISS）への物資補給を担ってきた「こうのとり」の技術を活かし、輸送能力、運用性を向上させた新たな無人補給機です。実験機器や生活物資などを輸送するほか、ISS 離脱後には最大 1 年半、軌道上にとどまり実証ミッションを行うことができます。

ミッションマーク

SM の八角形をベースとし、地球から ISS、その先の月へと向かう HTV-X の姿々とした姿により、日本の技術の“自信”や“誇り”を表しています。また、全 9 回のミッションを完遂した「こうのとり」の遺伝子を受け継ぐ意味を込めて、「こうのとり」9 機のミッションカラーの星を忍ばせました。

技術実証ミッションプラットフォームとしての活用

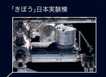
ISS への物資輸送後、HTV-X は技術実証のためのプラットフォームとして活用できます。また、ISS 退役後の地球低軌道における有人宇宙活動やゲートウェイへの物資補給にも活用・発展させていきます。

自動ドッキング技術実証（JDOCX）

「こうのとり」/HTV-X で採用した「ランデブ・キャプチャ方式」は、宇宙機は ISS に到着後、宇宙飛行士のロボットアーム操作でつかまえられて ISS に係留されます。無人運用期間が大半のゲートウェイの物資補給や低軌道での自在な宇宙活動の発展には、自動でドッキングする技術の獲得が重要です。HTV-X による物資補給の機会を活用し、「安全に衛突する技術」である自動ドッキング技術を獲得します。

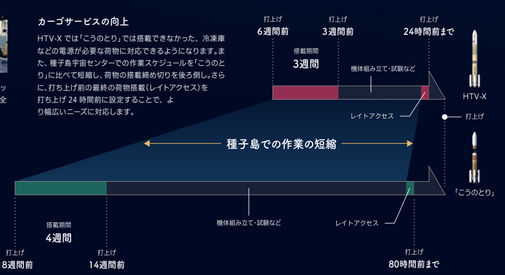
HTV-X

「きぼう」日本実験棟



カーゴサービスの向上

HTV-X では「こうのとり」では搭載できなかった、冷凍庫などの電源が必要な荷物に対応できるようになります。また、種子島宇宙センターでの作業スケジュールを「こうのとり」に比べて短縮し、荷物の搭載締め切りを後ろ倒しさらに、打ち上げ前の最終の荷物搭載（レイトアクセス）を打ち上げ 24 時間前に設定することで、より幅広いニーズに対応します。



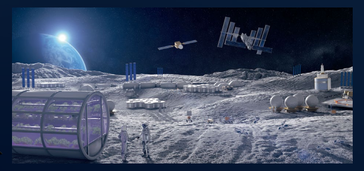
月周回有人宇宙拠点Gateway居住棟

アルテミス計画とゲートウェイ計画

NASA が提案する有人月探査プログラムの総称を「アルテミス計画」と呼んでいます。2025 年以降を目標に月面に人類を送る計画を皮切りに、ゲートウェイ計画を通じて月への物資輸送や拠点の建設、そして持続的な月での活動をめざします。「アポロ計画」の由来であるギリシャ神話の太陽神アポロンの双子・月の女神アルテミスから名付けられました。日本も参加するゲートウェイ計画では、2024 年頃から建設を開始し、複数のモジュールから成る“月を周回する宇宙ステーション”を組み立てます。

日本人は月に行けるのか？

可能性は十分にあります。現在、JAXA が実施している宇宙飛行士の募集要項にも、月面での活動を見据えた搭乗要件が含まれています。また、アルテミス計画への日本の貢献によって、日本人宇宙飛行士による月面探査の機会獲得も目標としています。



ゲートウェイ
©ESA

「きぼう」との大きな違い

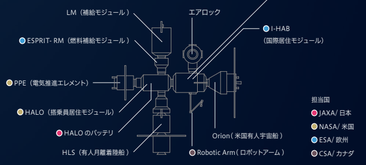
モジュールの役割です。「きぼう」は “実験棟”としての役割を持ち、宇宙飛行士（クルー）がスムーズに実験を行える環境を提供しました。一方、ゲートウェイの I-HAB の役割は “居住棟” です。クルーが安全で快適に過ごすことができる環境の提供を目指しています。

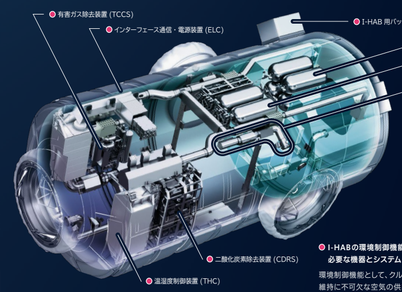
ゲートウェイ計画 3 つの役割

1. **月面・月近傍探査ミッションの支援**
   月面への発着や地球への帰還、また通信の経由地点としての利用
2. **深宇宙環境を利用した科学実験用の拠点**
   太陽系の天体観測、有人活動として科学実験や生理学実験、月面や太陽系天体の探査試料の選別の実施
3. **火星探査へ向けた技術実証**
   深宇宙輸送と居住能力、クルー運用に関する運用、通信困難な環境での遠隔操作技術、宇宙機の維持と燃料補給技術、火星への輸送機の組立・点検などの、実証および確立

ゲートウェイ計画、JAXA と世界の役割分担

ゲートウェイは参加国が担当するモジュールから構成されます。





I-HAB の環境制御機能に必要な機器とシステム

環境制御機能として、クルーの生命維持に不可欠な空気の供給や気圧の制御、温湿度の制御、二酸化炭素や有害ガスの除去技術を提供。また、I-HAB のバッテリやカメラ機能、冷媒循環用のポンプの提供も実施します。

国際宇宙探査センター

JAXA 国際宇宙探査センターでは、月・火星（火星衛星）を対象にした、国際協力による有人宇宙探査活動および無人探査活動を推進しています。ここでは、月極域探査ミッション、有人与圧ローバ、火星衛星探査計画の3つを紹介します。

©JAXA/TOYOTA

キー技術 不整地走行技術

月の地形は起伏が大きく、表面は砂（レゴリス）やクレーター・岩石に覆われています。走行時は、車体が転倒する可能性や、走行不能（スタック）に陥る可能性があります。このような環境での安全な移動を実現するため、転倒防止制御技術や弾性タイヤの開発が進められています。

有人与圧ローバ

宇宙飛行士が一定期間生活をしながら移動できるモビリティで、広域の探査活動の実現を目指します。ローバ内では宇宙服の着用は必要なく、船外活動時に宇宙服を着用します。ローバで得られた技術を、将来の火星探査活動に活かすことも検討されています。

キー技術 1 月面での試料分析

ローバに搭載された掘削機構で月表面や地下の試料を採取します。試料はローバ内部の観測機器によって加熱され、ガス化した揮発性物質の分析を行います。

キー技術 2 重力表面探査技術

重力天体の表面を自在に探査する移動手段として、登坂や障害物乗越に優れたクローラ式を採用しています。将来の月面有人ローバ・建設機械等につながる技術です。

月極域探査機ミッション（LUPEX）

月の南極で、水の存在量、分布、状態などを世界で初めて直接観測し、月面の水が持続的な月面活動を支える資源として利用できるか調査します。

火星衛星探査機計画（MMX）

火星の衛星フォボスからのサンプルリターンを行います。原始太陽系における水・有機物の供給過程や火星衛星の由来の解明、将来の有人火星探査の拠点候補の調査を目的としています。

小天体探査・サンプルリターン技術の拡張・発展

はやぶさ・はやぶさ2により、世界を先導するわが国の小天体探査・サンプルリターン技術を活かし、「太陽系で最重要な未踏域」である火星衛星フォボスからのサンプルリターン探査に挑戦します。

フォボス

MMX

未来へつなぐ、日本の「きぼう」

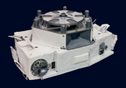
日本は地球低軌道を周回している国際宇宙ステーション（ISS）計画に参加し、日本初の有人宇宙施設「きぼう」日本実験棟で、微小重力、高真空、宇宙放射線などを利用した実験を行っています。「きぼう」には船内と船外の実験エリア、エアロックやロボットアームがあります。地上の「きぼう」運用管制室が、24 時間 365 日「きぼう」の安全・安心な運用を支えます。2008 年から始まった「きぼう」での実験は、様々な分野にわたり、2022 年 10 月までに約 300 件にのぼります。これまでに得られた成果や知見は、私たちの暮らしを豊かにし、日本企業の競争力を高め、さらには有人宇宙探査に向けた技術獲得へとつながっています。

地上で支える スペシャリストチーム

「きぼう」の運用管制では、「きぼう」内外の映像やシステムデータを監視し、適正環境を保ち、実験運用・宇宙飛行士（クルー）を 24 時間体制で支えています。NASA をはじめ、各国の運用管制員やクルーと連携し、リアルタイムで作業進捗を管理しています。

手軽な船外（曝露環境）利用

船外実験プラットフォームの中型曝露実験アダプタ（i-SEEP）は、同時に複数の実験装置の搭載が可能で、宇宙環境での簡易曝露実験や宇宙用機器の実証機会を提供します。地球を撮影する 4 K カメラも搭載しています。

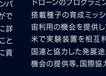


「きぼう」からの超小型衛星放出

エアロックとロボットアームの両方をあわせもつ「きぼう」の特性を活かし、超小型衛星放出機会を提供しています。これまで国内外あわせて 65 機が放出されました（2022 年 8 月時点）。

静電気を利用した材料の高精度熱物性測定

静電浮遊炉は静電気力を利用して、材料を浮かせながら非接触で溶融、物性値取得、冷却できる装置です。金属だけでなくセラミックスやガラスなどの常電しづらい絶縁物の物性値も取得できることが強みで、多種な材料の熱物性の把握に貢献します。



再生医療への貢献に向けた立体培養技術

iPS 細胞など再生医療の実現への期待が高まっていますが、地上で立体的な臓器をつくり出すことはまだ難しいとされています。再生医療に貢献するため、微小重力環境で立体培養の研究開発を行っています。

健康長寿研究への挑戦

微小重力環境では、地上に比べて骨量減少や筋委縮が加速されることから、その特徴を利用して人類の健康長寿の実現につながる研究を行っています。

宇宙ステーションのカメラマン Int-Ball

Int-Ball は、「きぼう」内の静止画や動画の撮影をするための船内ドローンです。筑波宇宙センターから遠隔操作で動きます。本体構造は 3D プリンタで製造されており、現在は後続機「Int-Ball2」の開発が進められています。

新薬創成を目指す高品質タンパク質結晶生成

対流に邪魔されない微小重力環境では、高品質なタンパク質の結晶をつくることができます。この結晶をもとに詳しい立体構造解析を行うことで、様々な疾病の解決等に貢献します。

国際協力の推進

アジア唯一の ISS 参加国である日本は、アジア・太平洋の国・地域に向けて宇宙用ドローンのプログラミング競技会や、宇宙搭載種子の育成ミッション等を通じて宇宙利用の機会を提供しています。また、日米で実験装置を相互利用する仲介や、国連と協力した発展途上国への衛星放出機会の提供等、国際協力を進めています。

学術研究の推進

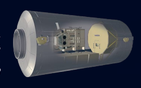
将来のイノベーション創出を目指し、生命科学や物質物理科学、科学観測等の様々な学術研究を行っています。例えば最近では、宇宙滞在時の火災安全性の確保を視野に、固体材料の燃焼への重力の影響を調べる実験を行っています。

ISS その後へ向けた民間利用

低軌道で商業活動が行われる次の時代を見据え、「きぼう」の民間利用を進めています。衛星放出や i-SEEP 利用、タンパク質結晶生成は、技術移管された民間企業がサービスを提供しています。その他、エンタメ分野等、幅広く活用されています。

幻のセントリフュージ（生命科学実験施設）

JAXA（当時 NASDA）が開発を進めていた、ISS の実験施設です。地球の 0.01 ～ 2 倍の重力を模擬し、宇宙環境の影響を研究する予定でしたが、NASA の ISS 計画の見直しに伴い開発中止に。幻のモジュールの一部は、筑波宇宙センター内のどこかに… !?



JAXA有人宇宙活動年表

宇宙飛行士 Astronaut

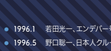
PS：ペイロードスペシャリスト
MS：ミッションスペシャリスト
FE：フライトエンジニア

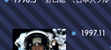
1990

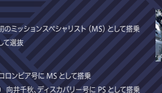
- 1985.8 毛利衛、向井千秋、土井隆雄、ペイロードスペシャリスト（PS）として選抜
- 1992.9 毛利衛、エンデバー号に日本人初の PS として搭乗
- 1992.4 若田光一、日本人クルー候補者として選抜
- 1994.7 向井千秋、コロンビア号にアジア初の女性クルー PS として搭乗

2000

- 1996.1 若田光一、エンデバー号に日本人初のミッションスペシャリスト（MS）として搭乗
- 1996.5 野口聡一、日本人クルー候補者として選抜
- 1997.11 土井隆雄、コロンビア号に MS として搭乗
- 1998.10 向井千秋、ディスカバリー号に PS として搭乗
- 1999.2 星出彰彦、古川聡、山崎（角野）直子が日本人クルー候補者として選抜
- 2000.2 毛利衛、エンデバー号に MS として搭乗
- 2000.10 若田光一、ディスカバリー号に MS として搭乗。日本人初 ISS 建設に参加
- 2005.7 野口聡一、ディスカバリー号に MS として搭乗（事故後スペースシャトル飛行再開第 1 号）

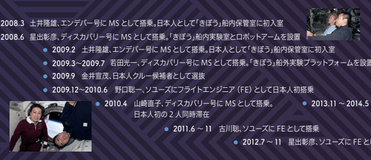






2010

- 2008.3 土井隆雄、エンデバー号に MS として搭乗。日本人として「きぼう」船内保管室に初入室
- 2008.6 星出彰彦、ディスカバリー号に MS として搭乗。「きぼう」船内実験室とロボットアームを設置
- 2009.2 土井隆雄、エンデバー号に MS として搭乗。日本人として「きぼう」船内保管室に初入室
- 2009.3～2009.7 若田光一、ディスカバリー号に MS として搭乗。「きぼう」船内実験プラットフォームを設置。日本人初の ISS 長期滞在
- 2009.9 金井宣茂、日本人クルー候補者として選抜
- 2009.12～2010.6 野口聡一、ソユーズにフライトエンジニア（FE）として日本人初搭乗
- 2010.4 山崎直子、ディスカバリー号に MS として搭乗。日本人初の 2 人同時滞在
- 2011.6 ～ 11 古川聡、ソユーズに FE として搭乗
- 2012.7 ～ 11 星出彰彦、ソユーズに FE として搭乗
- 2013.11 ～ 2014.5 若田光一、ソユーズに FE として搭乗。日本人初の ISS 船長となる
- 2015.7 ～ 12 油井亀美也、ソユーズに FE として搭乗
- 2016.7 ～ 10 大西卓也、ソユーズに FE として搭乗
- 2017.12 ～ 2018.6 金井宣茂、ソユーズに FE として搭乗
- 2020.11 ～ 2021.5 野口聡一、SpaceX クルードラゴン初号機（Crew-1）に MS として搭乗。米国人以外では初めての搭乗
- 2021.4 ～ 11 星出彰彦、Crew-2 に MS として搭乗。日本人 2 人目となる ISS 船長に就任
- 2021.12 ～ 2022.6 JAXA クルー候補者の募集が 13 年ぶりにスタート
- 2022.10 ～ 若田光一、Crew-5のMSとして搭乗。日本人最多5回目の宇宙飛行



ステーション Space station

1990

- 1985「きぼう」の開発に着手
- 1988.9 日本、国際宇宙ステーション計画に参加

2000

- 1997 生命科学実験施設「セントリフュージ」の開発に着手
- 1998.11 国際宇宙ステーションの建設が開始
- 2005.9 セントリフュージのキャンセル

2010

- 2008.3「きぼう」組み立て打ち上げミッション #1、運用開始
- 2008.6「きぼう」組み立て打ち上げミッション #2
- 2009.3「きぼう」組み立て打ち上げミッション #3

2020

- 2019.9 日本、アルテミス計画に参加合意
- 2019.10 ゲートウェイの開発に着手

実験機器 Laboratory equipment

1990

- 1990.1月 地上での落下施実験
- 1990.1月 航空機での落下実験
- 1991.9 日本の宇宙実験の先駆け：「たけさき」1 号機打上げ
- 1992.9 スペースシャトルでの日本の宇宙実験「ふわっと’92」
- 1994.7 第 2 次国際微小重力実験室計画での宇宙でのメダカの産卵

2000

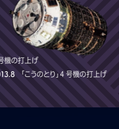
- 1997 ミール宇宙ステーションを利用した宇宙実験を実施
- 2001.3～ ISS での日本初の実験装置搭載（中性子計測実験）

2010

- 2007 ISS ロシアモジュールでのタンパク質結晶生成実験
- 2008.8「きぼう」での宇宙実験開始
- 2009.7「きぼう」でタンパク質結晶生成実験を開始
- 2009.8 X 線で全天を観測する MAXI の設置
- 2012.10「きぼう」から初の超小型衛星放出

2020

- 2015.8 先端材料の物性値を取得する ELF を設置
- 2015.8 暗黒物質や宇宙線加速の謎などを探る CALET の設置
- 2016 船外の実験機会を提供する i-SEEP を設置
- 2016 マイクロ G-LE 環境を提供する MARS 完成
- 2017 4K 画質で地球を捉える船外カメラシステム設置
- 2018 国連連携事業「KiboCUBE」の衛星の初放出
- 2020.1 プログラミング競技会初の軌道上決勝大会
- 2022.4 きぼう船外装置の筑波管制室外からの操作実現
- 2022.5 固体材料燃焼実験開始（宇宙旅行時代の火災安全へ）



輸送機 Vehicle

1990

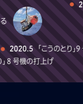
- 1990年代初め 有翼往還機「HOPE」の開発に着手

2000

- 1997 宇宙ステーション補給機（HTV）の開発に着手
- 2000.8 有翼往還機「HOPE」の開発中断

2010

- 2009.9 HTV 技術実証機の打上げ
- 2011.1「こうのとり」2 号機の打上げ
- 2012.7「こうのとり」3 号機の打上げ
- 2013.8「こうのとり」4 号機の打上げ
- 2015.8「こうのとり」5 号機の打上げ
- 2016.12「こうのとり」6 号機の打上げ
- 2017.10 新型宇宙ステーション補給機（HTV-X）の開発に着手
- 2018.9「こうのとり」7 号機の打上げ
- 2018.11 HTV 搭載小型回収カプセルによる日本近海でのサンプル回収成功
- 2019.9「こうのとり」8 号機の打上げ
- 2020.5「こうのとり」9 号機（最終号機）の打上げ
- 2021.7 自動ドッキング技術の開発に着手



もっと知りたい！有人宇宙SNSアカウント

- Twitter @JAXA_JFLIGHT — JAXA きぼうフライトディレクタ / JAXA Flight Directors
- Twitter @HTVX_JAXA — HTV-X 新型宇宙ステーション補給機
- Twitter @HumanSpace_JAXA — Humans in Space/JAXA
- Twitter @JAXA_Kiboriyo — JAXA きぼう利用ネットワーク
- Instagram @JAXA_kibo — JAXA きぼう
- YOUTUBE — JAXA｜宇宙航空研究開発機構
- メールマガジン ISS・きぼうタイムズ — https://humans-in-space.jaxa.jp/mailmagazine/

JAXA 有人宇宙活動大全 2022　■ 企画・監修：国立研究開発法人 宇宙航空研究開発機構 有人宇宙技術部門　ポスターチーム：若月孝夫、山田耕史、早川琢磨、青藤百世 ／ 部署跡統作成：大森動、関出博紗、青藤慧、助川紘輔、酒田日生 ／ 原稿協力：明石恵美、池田貴史、河合優太、戸尾歩、藤岡愛、前田真紀、森田沙織、山本竜也 ／ インタビュー対応：佐々木宏、若田光一、星出彰彦、油井亀美也、金井宣茂、若生礼奈 ／ 有人宇宙技術部門のみなさま　■ 制作：株式会社カンキ　アートディレクション・デザイン：羽鳥徳 ／ ディレクション・入稿進行：■ 画像提供　NASA/NOAA/GSFC/Suomi NPP/VIIRS/Norman Kuring/Arizona State University/JPL-Caltech/University of Arizona/SpaceX/Victor Zelentsov/Alberto Bertolin　2022年11月12日　第 1 刷発行