

令和6年度宇宙産業技術情報基盤整備研究開発事業 (SERVISプロジェクト)のうち宇宙交通管理等の共 通基盤及び人的基盤の強化に資する調査事業

成果報告書

目次

1. はじめに	3
2. 宇宙交通管理等に関する調査、分析および官民対応の検討	5
2-1. 軌道混雑化への対応や宇宙交通管理等に係る最新動向調査	6
2-2. 欧州等の海外有識者へのヒアリング	105
2-3. 調査検討会(宇宙交通管理等に係る産業政策に関する調査検討会)の開催	111
2-4. まとめと今後の課題	135
3. 宇宙産業の人的基盤強化に効果的な施策の検討、実施	138

1. はじめに

- 本調査の背景と実施事項

本調査の背景と実施事項

● 本調査の背景

- 各国政府、民間プレイヤーによる宇宙開発利用、ビジネスが急速に拡大する中、人工衛星の増加とこれに伴うスペースデブリの発生により、軌道上が人工物体で急速に過密状態になってきている。こうした状況は、持続的な宇宙活動や我が国宇宙ビジネスの振興等において様々な問題を生じさせ得る一方、宇宙状況把握(SSA: Space Situational Awareness)、軌道上サービス(OOS: On-Orbit Servicing)等の新たな事業領域や、宇宙交通管理(STM: Space Traffic Management)等の新たな共通基盤領域を生み出しているとも言える。
- また、これら宇宙開発利用領域、ビジネス領域の拡大に伴い、宇宙産業における人材基盤の強化も喫緊の課題となっているが、未だ発展途上段階にあり、スタートアップ等の新規プレイヤーに期待される割合も大きい業界構造である中、宇宙産業への人材流入の強化や流動性の確保にはまだ業界全体としての課題も多く残る。

● 本調査における実施事項

- 軌道混雑化への対応や宇宙交通管理等に係る最新の国内外の動向について調査・分析を行うとともに、我が国宇宙産業振興への影響を踏まえた官民の対応について検討を行った。調査に当たっては、欧米の有識者等に対するヒアリングも実施するとともに、調査検討会を開催し、調査・分析結果等に関する議論を行った。
- 加えて、将来的な民間主体での業界人材基盤強化を促す観点も踏まえ、宇宙産業において業界共通的、協調的に取り組むことで効果が期待できる人的基盤強化策について、検討、試行した。

2. 宇宙交通管理等に関する調査、分析および官民対応の検討

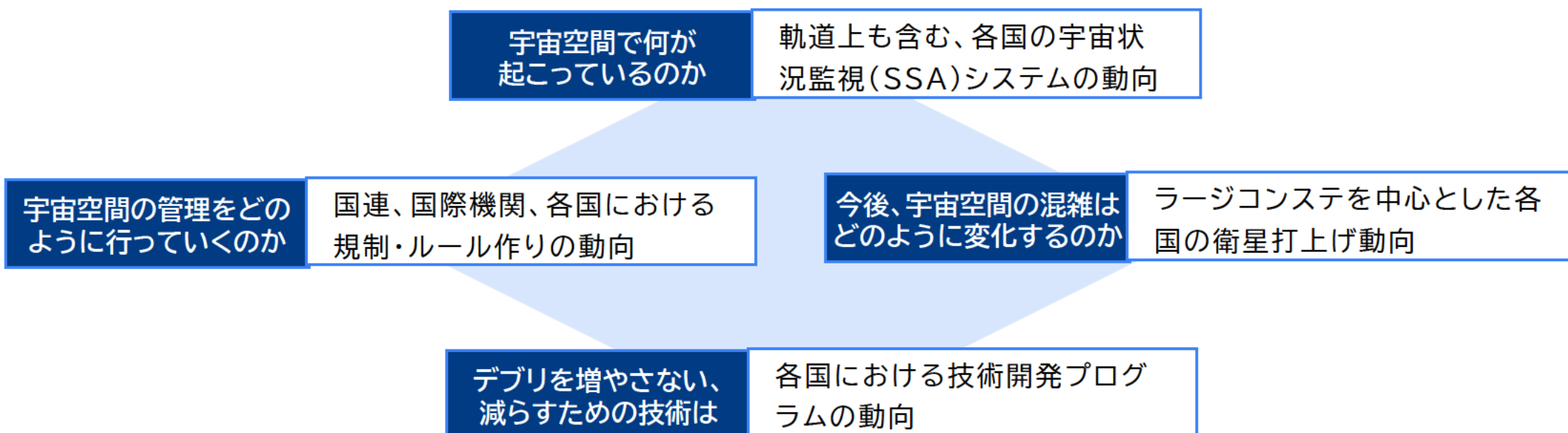
- 軌道混雑化への対応や宇宙交通管理等に係る最新動向調査
- 海外ヒアリング
- 調査検討会の開催
- まとめと今後の課題

2-1. 軌道混雑化への対応や宇宙交通管理等に係る 最新動向調査

2-1-1 調査方針

調査方針

- 軌道混雑化への対応や宇宙交通管理等の状況の把握・対応方針の検討に当たっては、(1)SSA等による宇宙空間で何が起きているのか、(2)衛星打上げにより今後、宇宙空間はどのように変化していくのか、(3)デブリ等の軌道上物体を増やさない、あるいは減らすための技術の開発の状況は、そして(4)これらの状況を踏まえた宇宙空間の管理に関する法制度・ルール作りはどのようになされているのか、の4点を網羅的に把握・整理することが必要である。
- これら4点は、国際組織、各国政府、そして民間企業がそれぞれ取り組んでいることから、本調査では各項目の実施主体を明確にしつつ、整理・分析を行い、我が国の官民対応の検討に資する情報としてとりまとめた。



2-1-2. 宇宙空間で何が起こっているのか

- 軌道上も含む、各国の宇宙状況監視(SSA)システムの動向
 - SSAとは
 - 政府機関によるSSAの取組み
 - 民間事業者によるSSAの取組み

2-1-2. 宇宙空間で何が起こっているのか

【概要】SSA(Space Situation Awareness)とは

SSA(宇宙状況把握)とは

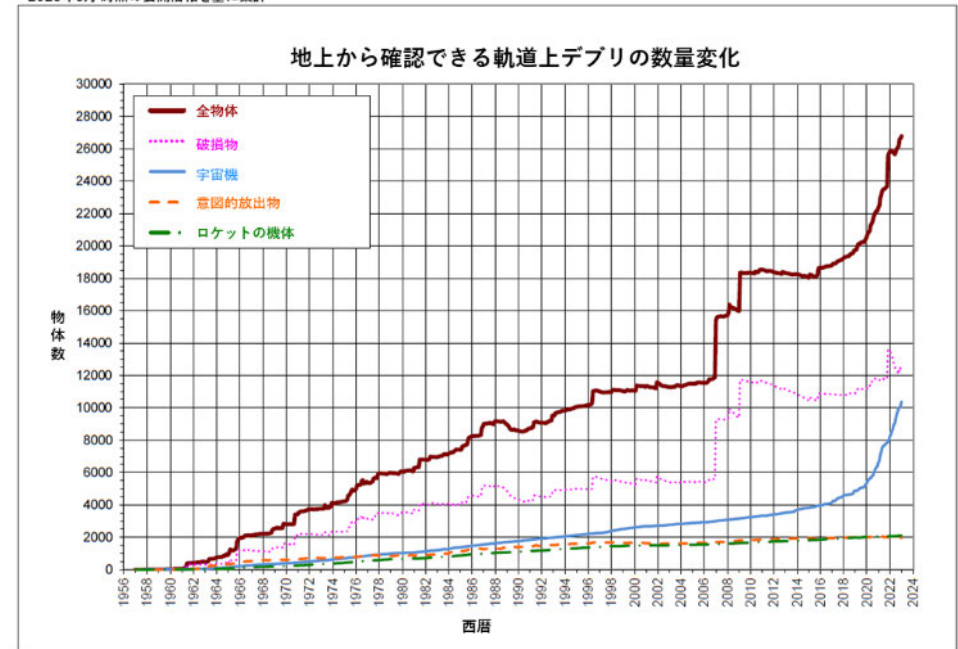
- スペースデブリや人工衛星などの宇宙物体が周回する軌道を把握することで、宇宙空間を安全かつ安定的に利用することを目指す取り組みのこと。

近年の動き

- 低軌道での運用中の人工衛星やスペースデブリが増加したことにより、重要性が高まっている。
- 主に政府機関が実施していたが、民間事業者の技術レベルの向上などの要因により、近年では民間事業者によるSSAサービスも登場している。
- これまでは地上に設置された光学望遠鏡やレーダーによって宇宙物体を観測していたが、人工衛星によって宇宙物体を宇宙から観測するシステムも構築されはじめている。

軌道上物体数の推移

2023年3月 時点の公開情報を基に集計



出所)<https://track.sfo.jaxa.jp/project/ssa.html>
(最終閲覧2024年9月25日)

2-1-2. 宇宙空間で何が起こっているのか

【概要】政府機関によるSSAの取り組み

- 米国では長年、国防総省がSSAシステムの運用を担ってきたが、2018年の米大統領令SPD-3により、民生および商業向けサービスについては商務省への移管の方針が出され、TraCSS(Traffic Coordination System for Space)と呼ばれるシステムの開発が進められてきた。
- TraCSSでは、民間企業との連携を重視している。民間企業の情報提供能力を評価する複数プロジェクトの実施を経て2024年9月末にサービスイン(フェーズ1.0開始)した。
- フェーズ1全体(フェーズ1.0～1.4)を通して、ベータユーザを「Space-Track.org」からTraCSSのインタフェースに徐々に移行していく計画(2025年末までの移行完了を予定)。
- 欧州では、EU-SST (Space Surveillance and Tracking)のSST Service Provision Portalを通じて、当初、EU加盟国に対してのみ一連のサービスが無料で提供されていたが、2023年以降、EU域外へのサービス提供も開始された。
- 英国ではEU離脱等の影響もあり、国防省とUKSA(宇宙機関)とでNSpOC(National Space Operations Centre)が設立され、安全保障目的と商業目的とのデュアルユースである宇宙領域把握(SDA)システムの構築を推進している。政府の認可を受けた衛星運用者と政府部門に対して、SSA/SDAサービスの提供を開始済である。

組織・システム	開始年	国	機関	現況
CSpOC(Combined Space Operations Center)	2005年	米国	国防総省	運用中
TraCSS	2024年	米国	商務省	開発中(一部運用開始)
EU-SST	2014年	欧州	EU	運用中
NSpOC	2024年	英国	国防省、UKSA	開発中(一部運用開始)

※宇宙空間での物体同士の衝突予測実施の時期である。

2-1-2. 宇宙空間で何が起こっているのか

【概要】民間事業者によるSSAの取組み

- SSAに関しては米国を中心に民間企業の活動も活発化している。また、地上のセンサ・レーダーだけでなく、軌道上に衛星を打上げ、観測を行う企業も出現している。
- 民間顧客も増えつつあるものの政府機関がメインカスタマーであり、研究開発等の資金の獲得やサービス提供契約など様々な形態で政府機関との関わりを持っている。
- LeoLabsのように個社で地上のレーダ網を拡充している企業や、NorthStarやScoutのように軌道上での観測を行うSSA衛星を計画している企業もある。

企業	国	観測装置	現況
LeoLabs	米国	フェーズドアレイレーダ	運用中
ExoAnalytics	米国	光学望遠鏡	運用中
Slingshot	米国	光学望遠鏡	運用中
Kratos	米国	RFアンテナ	運用中
NorthStar	カナダ	SSA衛星	開発中
Scout	米国	SSA衛星	開発中
Star Signal Solutions株式会社	日本	他社の衛星（スタートラッカを利用）	開発中
富士通株式会社	日本	他社のレーダ・光学望遠鏡	運用中
日本電気株式会社(NEC)	日本	他社製光学望遠鏡・フェーズドアレイレーダ ※自社でもセンサ開発	運用中
株式会社IHIエアロスペース	日本	光学望遠鏡	運用中
スカパーJSAT株式会社	日本	SSA衛星	開発中
株式会社インフォステラ	日本	電波情報監視設備	開発中

(1) CSpOC(米国)

概要

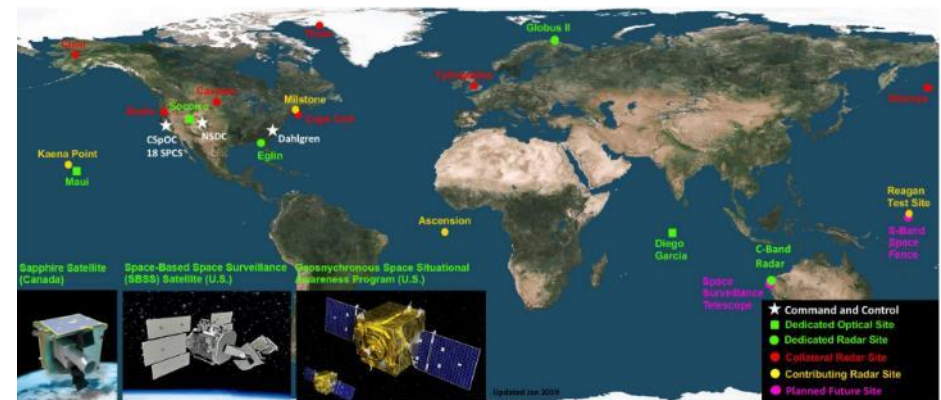
- 米国の宇宙監視ネットワークから得られた情報を集約し、ウェブサイトを通じて民間事業者に提供している。
- CSpOCが提供しているサービスは、以下の3つに分かれている。¹
 - Basic: 衛星カタログ情報、TLE、衛星の落下・再突入予測
 - Emergency: 異常解決(状態ベクトル、画像分析)、接近解析・衝突回避(通知メール、CDM)
 - Advanced: 打上げ接近解析、打上げ初期軌道決定、廃棄／End-of-Life(EOL)支援(接近通知メール、CDM)ほか

産業界との関わり

- 事業者には運用する衛星を18 SDS (18th Space Defense Squadron)に登録することを推奨している。
- 顧客が米国政府組織以外であり、かつSSASharing Agreement を締結していない場合、18 SDS の承認後、追加確認のためにUSSPACECOM に要求が転送され、審査される。

出所)1、<https://www.space-track.org/documentation#/odr>(最終閲覧:2024年9月18日)

米国の宇宙監視ネットワーク



出所)<https://swfound.org/media/206348/weeden-us-policy-and-capabilities-for-ssa.pdf>
(最終閲覧2024 年9 月17 日)

(2)TraCSS(米国)

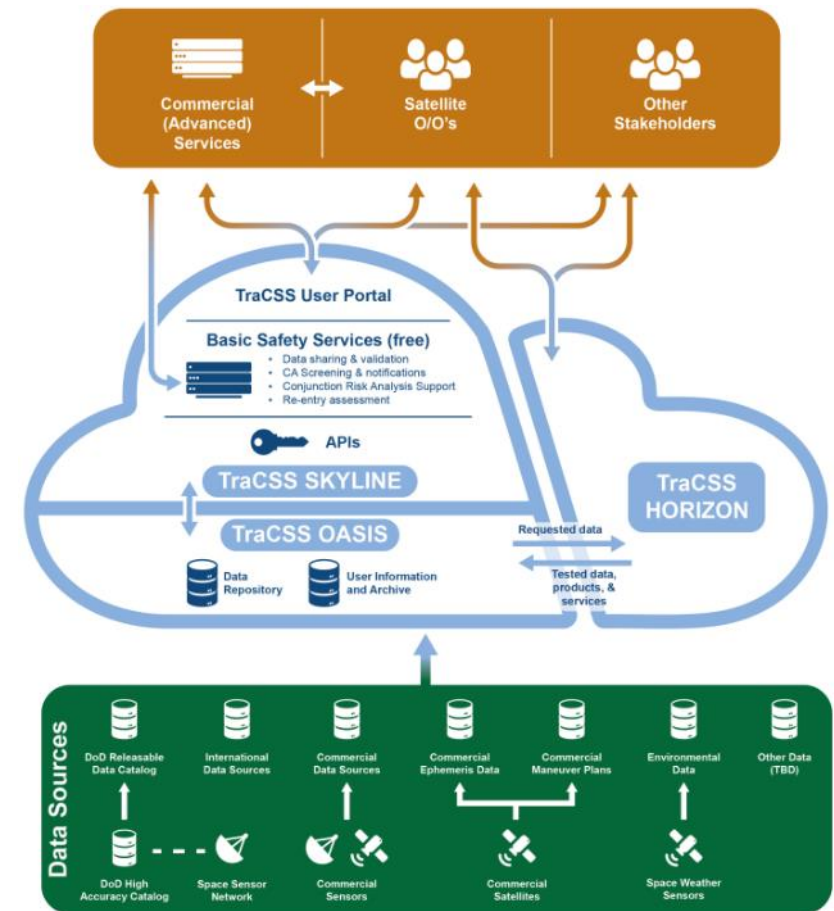
概要

- Space Policy Directive-3(2018年)により、民生・商用向けSSAサービスが国防総省から商務省への移管が進められTraCSSが開発されている。
- 「OASIS」(データリポジトリ)、「SKYLINE」(SSAアプリケーションサービス)、「HORIZON」(R&D環境及び試験・統合環境)の3つの機能を有する。
- 2024年9月末にサービスイン(フェーズ1.0開始)した。
- 9事業者(NOAA、Maxar、Telesat、Intelsat、Georgia Tech、Planet Labs、Eutelsat、Oneweb、Iridium、Aerospace Corporation)の約1000機の衛星を対象として、ベータ版サービスを提供

産業界との関わり

- 民間企業の能力を積極的に活用する方針となっており、軌道決定サービスがCOMSPOC社に、低軌道のSSAデータおよびサービスがLeoLabsとSlingshot Aerospaceとに発注されている。¹

TraCSSのシステムイメージ



出所) <https://www.space.commerce.gov/wp-content/uploads/2023-04-12-SSA-RFI-update.pdf>
(最終閲覧:2024年9月17日)

出所)1. <https://www.space.commerce.gov/office-of-space-commerce-initiates-tracss-pathfinder-projects/>(最終閲覧:2024年9月18日)

2-1-2. 宇宙空間で何が起こっているのか

政府

(3) EU-SST(欧州)

概要

- 加盟機関が収集したSSAデータをカタログ化して、専用のポータルを通じてSSAのデータおよびサービスを欧州のユーザに提供している。¹
- 基盤となる処理機能はドイツSSAセンターが担当し、衝突回避サービスはフランスとスペインが、再突入分析サービスとフラグメンテーション分析サービスをイタリアがそれぞれ担当している。²

産業界との関わり

- 2023年から2025年にかけての優先事項として、産業界に関わるものとしては以下が挙げられている。
 - ✓ SST サービスの国際ユーザへのオープン化
 - ✓ 商用センサおよびデータ提供におけるEU エコシステムの強化および向上
 - ✓ 民生および防衛の能力のシナジーの養成

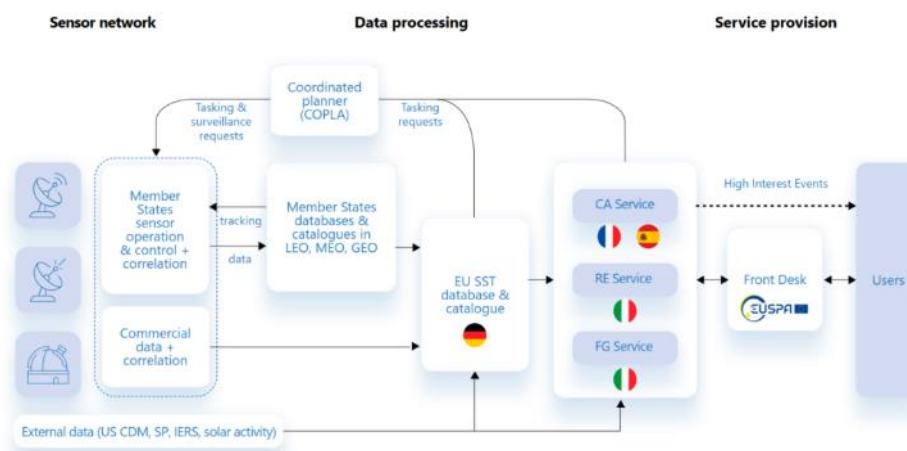
出所)1、<https://www.eusst.eu/services/>(最終閲覧:2024年9月18日)
 2、<https://www.eusst.eu/about-us/>(最終閲覧:2024年9月18日)

EU-SSTのセンサネットワーク



出所)<https://www.eusst.eu/about-us/>(最終閲覧2024年9月17日)

EU-SSTのアーキテクチャ



出所)<https://www.eusst.eu/about-us/>(最終閲覧2024年9月17日)

(4) NSpOC(英国)

概要

- 2024年4月、国防省とUKSAによってNSpOC※が創設された。¹
- UKSAがベータ版を運用している「Monitor My Space」を通じてSSAサービスを提供することが予定されている。

産業界との関わり

- 2023年4月に発出されたRFIは、RSO(Resident Space Object)の追跡能力と、静止軌道の潜在的な特性評価または近隣監視の能力を可能にすることが目的とされた。²
- 同年7月、UKSAはガイダンスを制定し、デュアルユースのSDAシステムを支えるユーザおよびシステム要件を整理した。³ 要件は今後も定期的に見直される。
- 英国は外国企業を誘致して英国でライセンス取得を促す方針であり、本サービスも英国でのライセンス取得の誘因とすることが意図されていると考えられる。

※National Space Operation Centre

出所)1、<https://www.raf.mod.uk/our-organisation/squadrons/1-space-operations-squadron/>(最終閲覧:2024年9月17日)

2、<https://www.contractsfinder.service.gov.uk/Notice/1d37dbb2-cbaf-4664-a182-866ea7978308>(最終閲覧:2024年9月18日)

3、<http://www.govwire.co.uk/news/ministry-of-defence/guidance-space-domain-awareness-requirements-57317>(最終閲覧:2024年10月16日)

デュアルユースの全体像

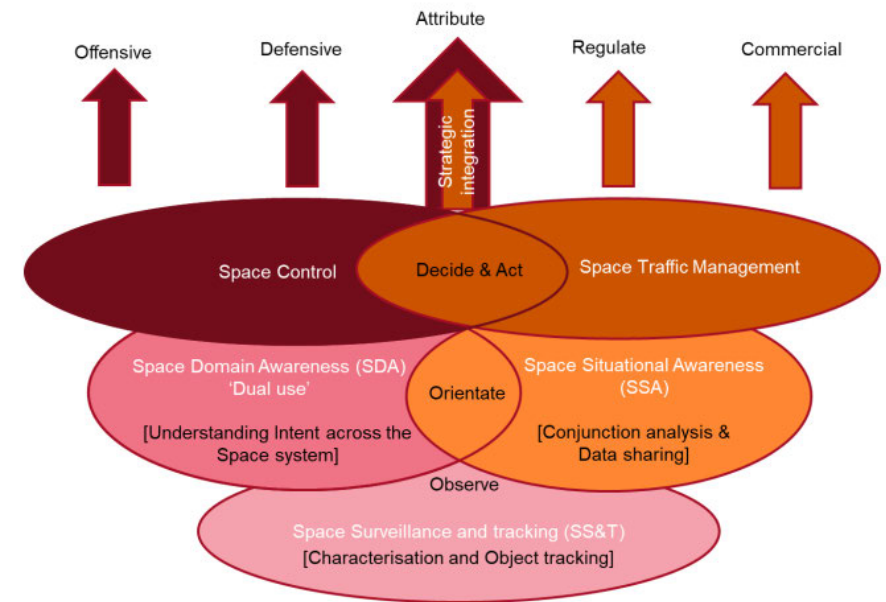


Figure 2: Scope and boundaries of SDA

出所)<https://www.ukspace.org/new-space-domain-awareness-study-published/>(最終閲覧2024年9月17日)

(5)RSSS(ロシア)

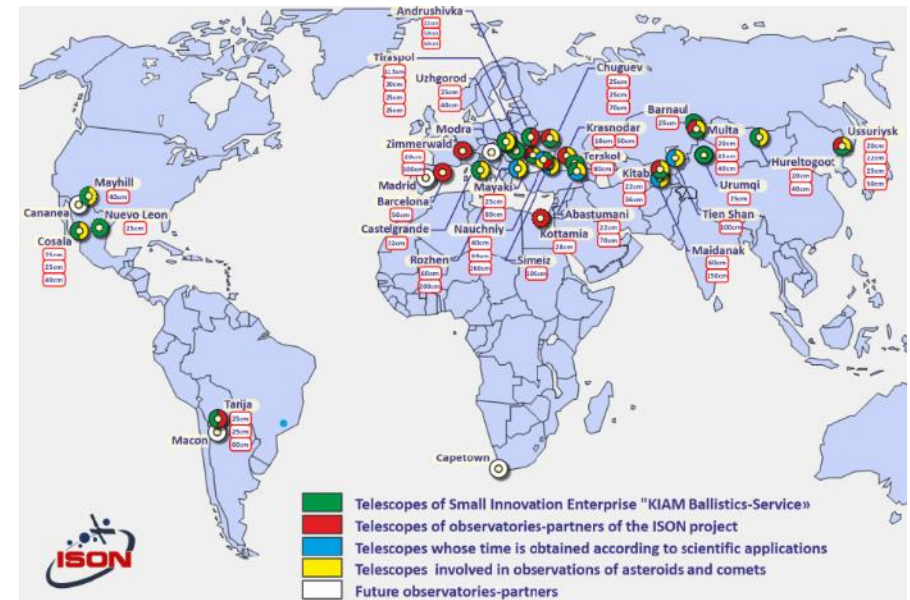
概要

- ロシア宇宙監視システム(RSSS)は、ロシア宇宙庁が運営する、地上のフェーズドアレイレーダや電子光学望遠鏡により構成されているシステムである。
- 軍事部門では821st Main Centre for Reconnaissance of Situation in Spaceがデータの処理を行っている。

産業界との関わり

- 民生部門ではAutomated Warning System on Hazardous Situations in Outer Space(ASPOS OKP)がデータの処理・提供を行っている。
- 世界17か国に配備された100の光学顕微鏡により観測ネットワークを構築するInternational Scientific Optical Network(ISON)という国際宇宙プロジェクトをロシアは主導しており、ASPOS OKPはISONから得られたデータも利用している。¹

ISONを構成するセンサの位置



出所)

<https://www.unoosa.org/documents/pdf/copuos/stsc/2020/tech-63E.pdf>(最終閲覧2024年9月17日)

出所)1、<https://www.unoosa.org/documents/pdf/copuos/stsc/2020/tech-63E.pdf>(最終閲覧2024年9月17日)

(1) LeoLabs(米国)

概要

- 運用しているレーダーはフェーズドアレイレーダーである。
- 米国テキサス州、アラスカ州、ポルトガル、コスタリカ、オーストラリア、ニュージーランドにそれぞれレーダーを設置・運用しているほか、アルゼンチンにもレーダー設置を進めている。
- 機械学習アルゴリズムを用いてデータを処理し、観測後2分で測定値が利用可能であり、リアルタイムでのアラート提供、マヌーバの検知が可能としている。¹

政府機関・政策との関わり

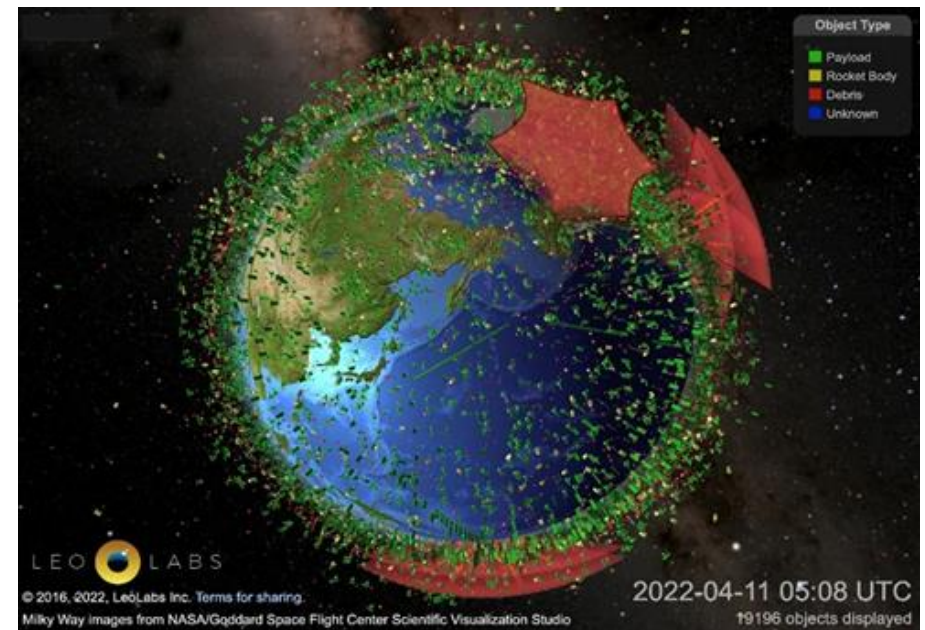
- 2022年9月、米商務省の宇宙交通管理システム開発支援プロジェクトにおいて、追跡および連動アラートデータ製品を提供する契約を獲得した。²
- 2024年1月に、TraCSSに関するプロジェクトにおいて、米商務省に低軌道のSSAデータおよびサービスを提供する契約を締結した。³

出所)1、<https://leolabs.space/radars/>(最終閲覧:2024年9月18日)

2、<https://www.prnewswire.com/news-releases/leolabs-awarded-contract-from-the-us-department-of-commerce-to-support-space-traffic-management-prototype-301620999.html>(最終閲覧:2024年9月18日)

3、<https://www.space.commerce.gov/office-of-space-commerce-initiates-tracss-pathfinder-projects/>(最終閲覧:2024年9月18日)

LeoLabsの利用画面イメージ



出所)<https://prtimes.jp/main/html/rd/p/000000001.000101792.html>(最終閲覧:2024年9月17日)

(2)ExoAnalytics(米国)

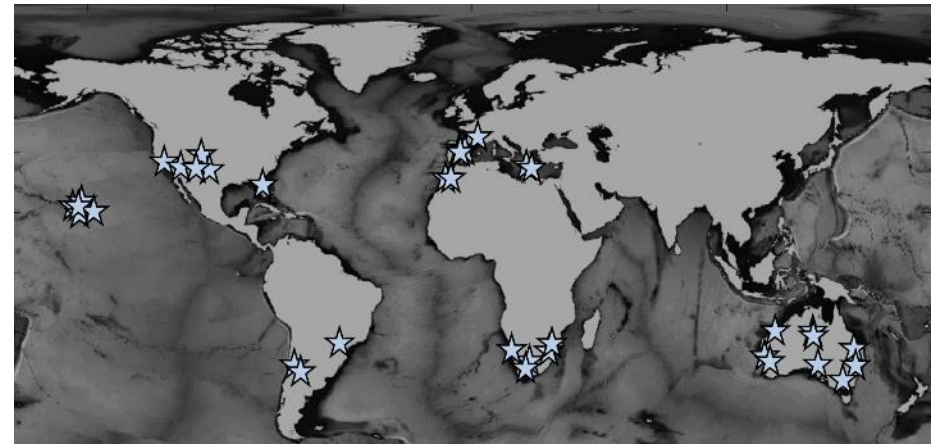
概要

- 光学望遠鏡ネットワーク ExoAnalytic Global Telescope Network(EGTN)を運用している。
- 自社のソフトウェアであるExoAnalytic Space Operations Center (ESpOC)が情報の収集、ネットワークの指揮制御を行っている。¹
- 2019年、軌道上SSAサービスの提供を目指すNorthStar社とパートナーシップを締結した。気象条件の影響を受けやすい光学観測の欠点を補うことを意図している。
- 2021年、地上ベースの光学センサシステムHARRIER Systemを開発した。

政府機関・政策との関わり

- HARRIER SystemはSBIR/SBTTプログラムの支援を受けており、空軍のセンサがダウンした際のSSA観測をカバーするものである。²

EGTNを構成する光学望遠鏡の位置



出所)<https://exoanalytic.com/space-domain-awareness/>(最終閲覧:2024年9月17日)

出所)1、<https://exoanalytic.com/company/leadership/william-therien/>(最終閲覧:2024年9月17日)

2、<https://www.sbir.gov/awards/166349>(最終閲覧:2024年9月18日)

(3) Slingshot(米国)

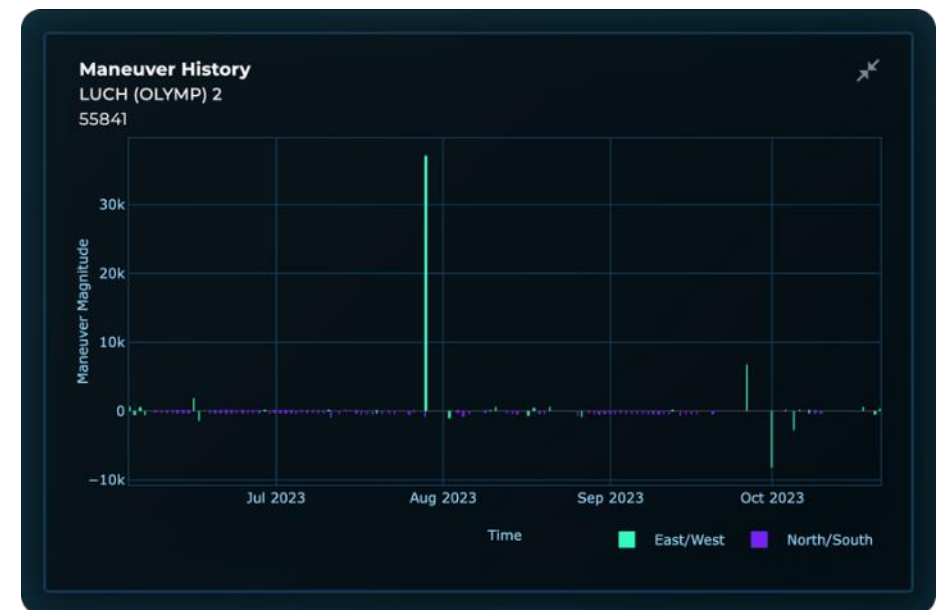
概要

- 光学望遠鏡ネットワーク Numerica Telescope Network (NTN)を運用している。
- 世界各地に20か所以上、150基以上の光学望遠鏡を運用し、昼間においても衛星追跡サービスを提供している。
- 非常に暗い物体や異常な挙動を示す物体を検知可能だとしている。
- 遅延時間は10分未満であるとしている。

政府機関・政策との関わり¹

- 2022年、Strategic Funding Increase (STRATFI)プログラムにおいて、米宇宙軍から2500万ドルの契約を得ている。
- 2023年、LEOのSSAデータとサービスをTraCSSに提供する契約を得た。

Slingshotのマヌーバレポートイメージ



出所)<https://www.slingshot.space/solutions/data-insights#space-object-tracking-data>(最終閲覧:2024年9月17日)

出所)1、<https://www.slingshot.space/about>(最終閲覧:2024年9月17日)

(4)Kratos(米国)

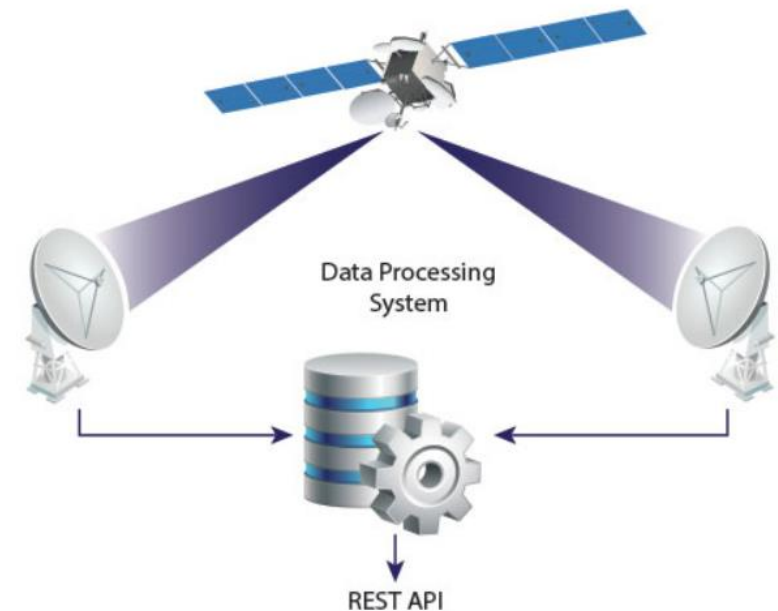
概要

- RFアンテナによるネットワークを運用している。
- 世界各地に20か所以上、140基以上のアンテナを運用している。¹
- RFにより、気象条件・地理的制限や近接する物体同士など、従来のレーダや光学望遠鏡では観測できない情報を得られるとしている。²

政府機関・政策との関わり

- 米国宇宙軍のプログラムである Geolocation Global Support Services において、2012年に1300万ドル以上³、2019年に3900万ドル⁴の契約を獲得している。

Kratosのサービスイメージ



出所)<https://www.kratosdefense.com/systems-and-platforms/space-systems/military-and-government/space-domain-awareness/tracking-and-maneuver>(最終閲覧:2024年9月17日)

出所)1、<https://www.kratosdefense.com/systems-and-platforms/space-systems/military-and-government/space-domain-awareness>(最終閲覧:2024年9月18日)

2、<https://ir.kratosdefense.com/news-releases/news-release-details/kratos-announces-space-domain-awareness-services-assess>(最終閲覧:2024年9月18日)

3、<https://www.defensedaily.com/u-s-space-force-plans-new-contract-for-geolocation-global-support-services/space/>(最終閲覧:2024年9月17日)

4、<https://ir.kratosdefense.com/news-releases/news-release-details/kratos-awarded-39-million-sole-source-contract-24-hour-space>(最終閲覧:2024年9月17日)

(5)NorthStar(カナダ)

概要

- 衛星によるSSA、および衝突回避情報提供サービスを開発中である。
- 計24機のSSA衛星によるコンステレーション Skylarkを構築する計画である。
- 2024年1月に4基の Skylark衛星を打ち上げた。¹
- 気候・地理的条件に左右されない観測が可能であり、地上ベースのセンサーが取得した情報と統合可能としている。

政府機関・政策との関わり

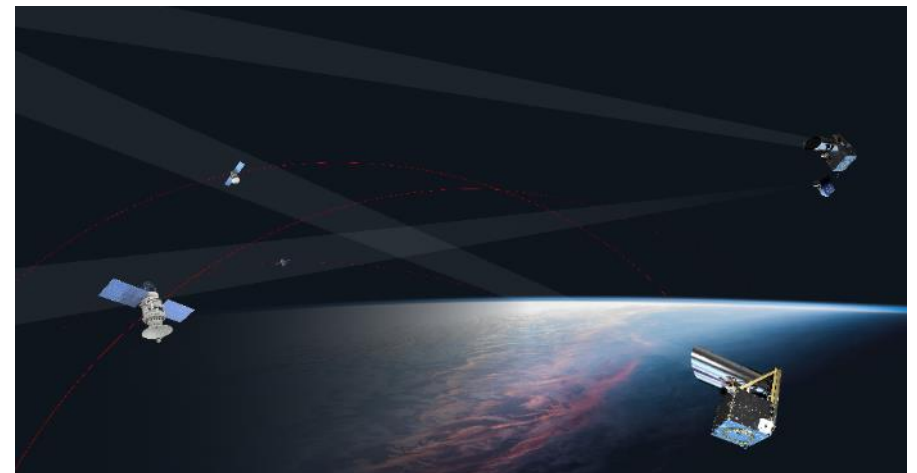
- 2023年、ルクセンブルク国家宇宙計画 LuxIMPULSEにおける契約を通じて、ルクセンブルク政府の資金提供を受けた。²
- 2024年、サウジアラビア宇宙庁との間でパートナーシップを締結した。³

出所)1、<https://northstar-data.com/successful-launch-of-northstar-1-space-based-ssa/>(最終閲覧:2024年10月21日)

2、<https://northstar-data.com/ja/luximpulse-%E3%81%AF%E3%80%81northstar-earth-space-%E3%81%A8-%E5%AE%87%E5%AE%99%E3%81%AE%E6%8C%81%E7%B6%9A%E5%8F%AF%E8%83%BD%E6%80%A7%E3%82%92%E5%90%91%E4%B8%8A%E3%81%95%E3%81%9B%E3%82%8B-ssa/>(最終閲覧:2024年9月17日)

3、<https://northstar-data.com/ja/%e3%82%b5%e3%82%a6%e3%82%b8%e5%ae%87%e5%ae%99%e5%ba%81%e3%81%a8-northstar-earth-space%e3%81%8c-%e5%ae%87%e5%ae%99%e3%81%ae%e6%8c%81%e7%b6%9a%e5%8f%af%e8%83%bd%e6%80%a7%e3%82%92-%e9%ab%98%e3%82%81/>(最終閲覧:2024年9月17日)

Skylarkのイメージ図



出所)Start of the production<https://www.thalesgroup.com/en/worldwide/space/press.release/start-production-skylark-constellation-of-the-Skylark-constellation> | Thales Group(最終閲覧:2024年9月17日)

(6) Scout(米国)

概要

- 衛星搭載用光学カメラやセンサーを開発しており、長距離での宇宙領域認識向け装置のほか、近接操作向けの装置を開発している。
- 2024年3月、SpaceXにより打ち上げられた試験機 Sparrowが宇宙空間での画像撮影に成功した。¹

政府機関・政策との関わり

- 米空軍研究所のプログラムAFWERXを通じ、2021年にフェーズⅠ、2023年にフェーズⅡの資金を獲得している。²
- 2022年には、米宇宙コマンドが提供した軌道事象・接近・以上に関するデータセットに基づきデータ製品を生成する協定を締結した。³
- 2024年、米宇宙システムコマンドの SDA Tools Applications and Processing Lab Apollo Accelerator Cohort 4に選出された。⁴

Scoutが開発する衛星(Raven)



出所)<https://www.scout.space/product>(最終閲覧:2024年9月17日)

出所)1. <https://www.scout.space/post/scout-space-sparrow-successfully-captures-first-in-space-image>(最終閲覧:2024年10月21日)

2. <https://www.scout.space/post/scout-space-awarded-afwerx-phase-ii-to-develop-autonomous-satellite-software-suite>(最終閲覧:2024年9月18日)

3. <https://www.scout.space/post/scout-usspacecom-sign-agreement-to-share-space-situational-awareness-services-data>(最終閲覧:2024年10月21日)

4. <https://www.scout.space/post/scout-space-joins-u-s-space-system-command-s-space-domain-awareness-tap-lab-accelerator>(最終閲覧:2024年9月18日)

(7)Star Signal Solutions (日本)

概要

- 東京都調布市に拠点を置く、JAXAに所属していたメンバーが設立したスタートアップ企業である。¹
- 軌道上物体の観測、軌道解析を行い、宇宙での衝突事故回避ナビ(SaaS型の「サテナビ S-CAN」)を開発・提供している。¹
- 既存の衛星に搭載されているスタートラッカの画像を独自の技術で処理し軌道上物体を把握する。スタートラッカを4台配備すると、±100kmにある90%以上の物体の軌道が把握可能だとしている。²

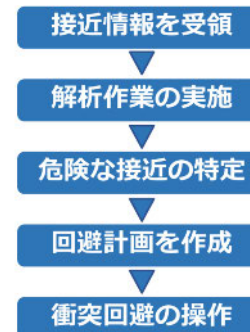
政府機関・政策との関わり

- JAXAベンチャーに認定されている。
- つくば市が主催するSTARTUP INCUBATION PROGRAM 2022において、プレシードプログラムに採択されている。¹

衝突事故回避ナビのシステム概要

衝突回避の全作業を自動化、最も効率的な回避を実現

Before



After



出所) <https://www.utokyo-ipc.co.jp/story/star-signal-solutions/> (最終閲覧: 2024年10月17日)

出所)1、<https://www.utokyo-ipc.co.jp/story/star-signal-solutions/> (最終閲覧: 2024年10月17日)

2、<https://www.youtube.com/watch?v=AsfOap4gWdI> (最終閲覧: 2024年10月17日)

(8) 富士通（日本）

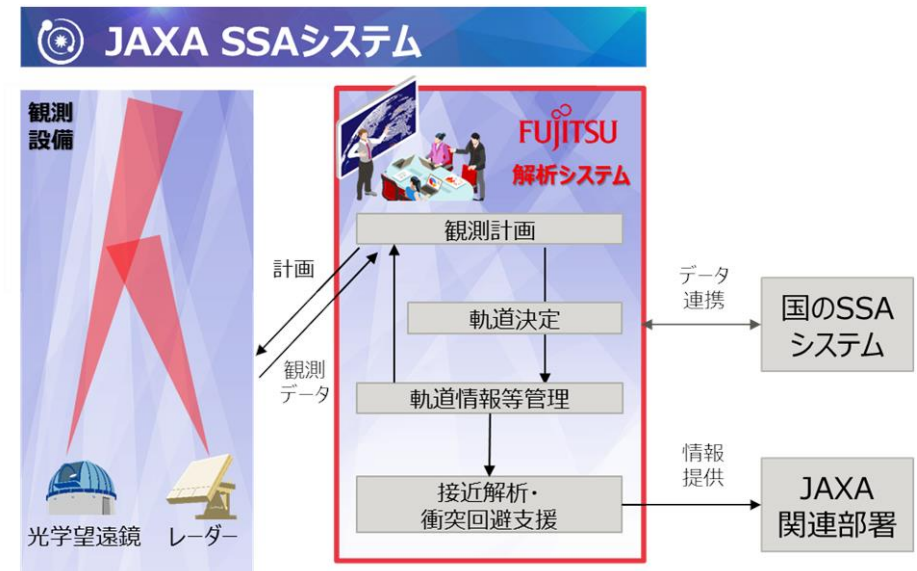
概要

- 自社で観測アセットは保有していないものの、JAXAのSSAシステムの構築支援を行っている。2022年4月、デブリの軌道解析システムを構築し稼働を開始したことを発表した。¹
- 観測計画の策定や観測データの処理などの定常的な作業は自動で行い、解析運用者の作業が処理結果の確認と緊急時の対応に集約されている。¹
- JAXAのSSAシステムのほか、防衛省が運用管理しているSSAシステムとの連携が可能な機能を搭載している。¹

政府機関・政策との関わり

- 1990年代初頭にJAXAがスペースデブリ対策に関する検討を開始した当初からスペースデブリに関するシステムを構築してきた。¹
- 防衛省の宇宙状況監視運用システムの開発維持、運用役務も担務し、JAXA-防衛省連携を支援。²
- 政府系組織のSSAにおけるデータ解析を実施。センサーデータの精度評価や校正等も支援。

JAXA SSAシステム概要



出所) <https://pr.fujitsu.com/jp/news/2022/04/5.html>

出所) 1、<https://pr.fujitsu.com/jp/news/2022/04/5.html> (最終閲覧: 2025年2月6日)
 2、https://www.cas.go.jp/jp/seisaku/keizai_anzen_hosyo_sc/dai5/siryou4.pdf (最終閲覧: 2025年2月6日)

(9) 日本電気(NEC) (日本)

概要

● NEC ComSpOCの説明

- NEC ComSpOCと呼ばれるSSAシステムを構築している。¹
- 軌道解析及び異常分析、CDMの発出が行われており、自社衛星の運用支援のために利用されている。¹
- システムへの観測データは商用センサーネットワークから供給される。全ての機能は商用技術に基づいているとしている。¹
- NEC衛星オペレーションセンターにおいて、SSAシステムから得られる各種情報の解析と地球観測衛星の運用操作とを同時に行っている。

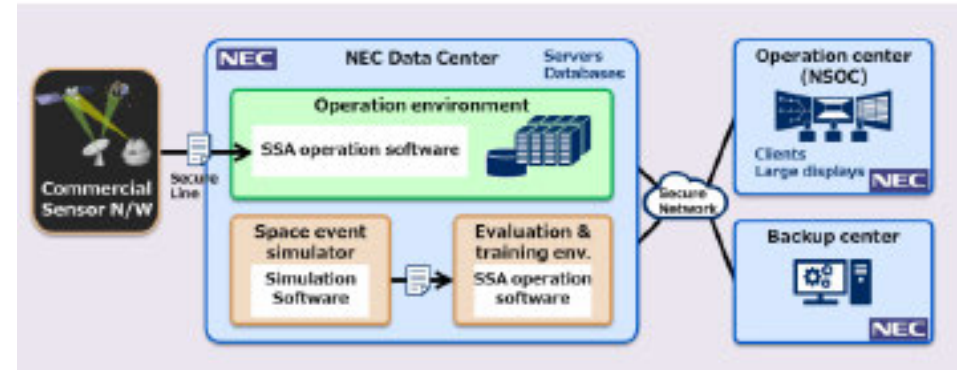
● SSAレーダーの説明

- SSAレーダー² SLR等、電波、光学両方の観測用センサー開発の実績を有する。

政府機関・政策との関わり

- NEC ComSpOCは他機関と共同研究等の実績がある
- SSAレーダーはJAXAに対して種子島SLR、スペースデブリ観測レーダー、SSAレーダーを納入した実績がある。

NEC ComSpOCの概要



出所、) <https://amostech.com/TechnicalPapers/2019/Space-Situational-Awareness/Mori.pdf> (最終閲覧: 2025年2月12日)

SSAレーダーの概要

上齋原スペースガードセンター (レーダー)



出所、) <https://track.sfo.jaxa.jp/project/ss.html> (最終閲覧: 2025年2月18日)

出所) 1、) <https://amostech.com/TechnicalPapers/2019/Space-Situational-Awareness/Mori.pdf> (最終閲覧: 2025年2月6日)

2、) <https://track.sfo.jaxa.jp/project/ss.html> (最終閲覧: 2025年2月12日)

(10) IHIエアロスペース（日本）

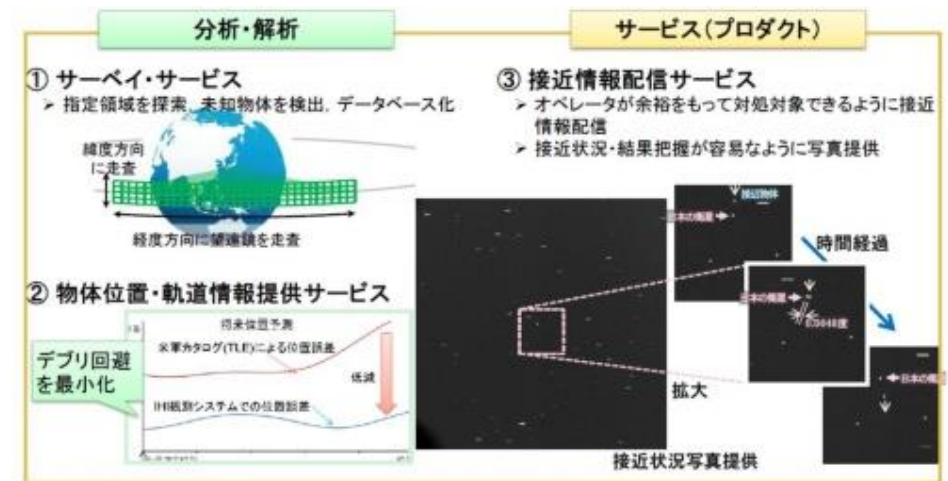
概要

- 2015年度より、民生向けのSSAデータプロバイダーとしてのサービスを行っている。¹
- 2か所に設置された光学望遠鏡を用いて、静止軌道について以下のサービスを提供している。¹
- サーベイ・サービス
- 物体位置・軌道情報提供サービス
- 接近情報配信サービス
- 物体分析サービス

政府機関・政策との関わり

- 2021年度にはSSAデータサービス契約を航空自衛隊と締結している。¹
- 防衛省向けを想定し、IHIとノースロップ・グラマンが小型・高機動人工衛星に関して協業している。²

IHI SSAサービスの概要



出所)

<https://xtech.nikkei.com/atcl/nxt/column/18/02438/050800004/>(最終閲覧:2025年2月18日)

出所)1、<https://xtech.nikkei.com/atcl/nxt/column/18/02438/050800004/>(最終閲覧:2025年2月6日)

2、https://www.ihl.co.jp/all_news/2022/aeroengine_space_defense/1198210_3479.html(最終閲覧:2025年2月6日)

(11)スカパーJSAT（日本）

概要

- 宇宙事業において、アジア最大の民間衛星運用事業者として、衛星通信や地球観測に関するサービスを提供している企業である。
- 宇宙環境を守るSpace Sustainabilityに関連する取り組みとして、静止軌道上から光学望遠鏡により周辺状況を把握するGSOM(静止軌道設置型光学望遠鏡)をはじめとしたSSA(宇宙状況把握)事業を推進している。今後、これらの分野でのサービス提供に向けて投資を積極的に行い、事業拡大を目指している。¹
- NTT株式会社との合併で、宇宙RANや宇宙データセンタを含む新たな宇宙統合コンピューティング・ネットワーク事業を目指す「株式会社Space Compass」を設立し²、光データリレーサービスにより宇宙観測データの大容量・準リアルタイム伝送を目指している。
- 社内スタートアッププログラムから、世界初のレーザーを使ったスペースデブリ除去衛星を設計・開発する「株式会社Orbital Lasers」を設立した。³

政府機関・政策との関わり

- 防衛省Xバンド通信衛星(きらめき)のPFI事業の受託や防衛省をはじめとした官公庁向けに衛星通信回線の提供などを行っている。⁴

出所) 1、https://www.skyperfectjsat.space/ir/library/jsat_report/2023/assets/pdf/2023report.pdf(最終閲覧:2025年2月7日)

2、https://www.skyperfectjsat.space/news/detail/ntt_space_compass.html(最終閲覧:2025年2月13日)

3、https://www.skyperfectjsat.space/news/detail/_orbital_lasers.html(最終閲覧:2025年2月13日)

4、<https://www.skyperfectjsat.space/ir/files/pdf/373d308becf34287ac6baecc80a566bd.pdf>(最終閲覧:2025年2月7日)

スカパーJSATの将来構想



出所)

<https://www.skyperfectjsat.space/ir/files/pdf/373d308becf34287ac6baecc80a566bd.pdf>(最終閲覧:2025年2月13日)

(12) インフォステラ（日本）

概要

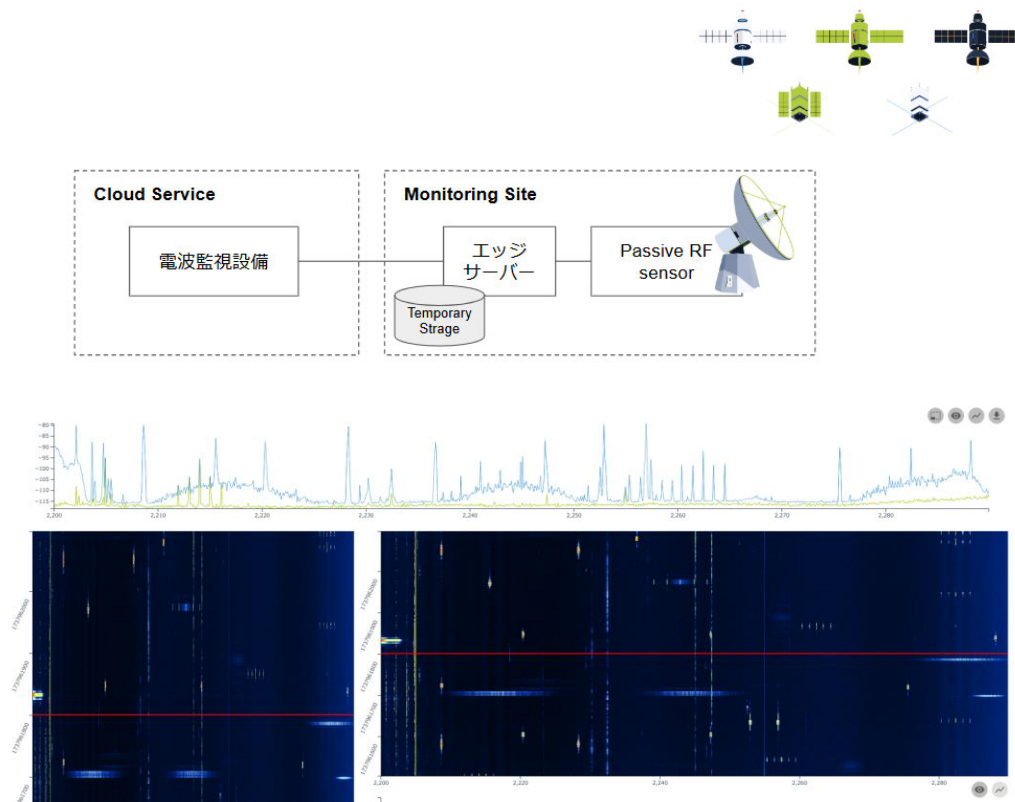
- 主事業として、地上局ネットワークを衛星運用者に提供している。StellarStationというクラウドプラットフォームを通じて世界中で28サイトのアンテナを利用可能である。
- これまでのRFやアンテナに関する知見をもとに、SDA（Space Domain Awareness）領域の事業を開発中。¹
- 国内外の地上のアンテナを用いて宇宙空間の電波情報を収集するためのシステム、および、電波情報の解析ツールを開発中。

政府機関・政策との関わり

- J-Startup認定企業である。
- 2023年度と2024年度、JAXAから電波環境調査を受託した。

出所) 1, <https://www.infostellar.net/jp>（最終閲覧: 2025年2月12日）

電波情報監視設備の概要



出所) インフォステラ社提供資料

中国におけるSSAの動向

● 中国におけるSSA¹

- 中国は国際的なデータ共有活動には参加していないが、機密性の高い独自の監視ネットワークを運用している。
- 自国のLEO衛星コンステレーションを衝突から守るため、混雑化しているLEOの監視を重要視しており、LEO用SSA衛星の開発に注力している。
- さらに、LEO用SSA衛星の自律的な運用を実現するためのテストを実施している。
- 2018年のIDA(国際開発協会)レポートでは、国内のSSA能力への投資を増やすことに戦略的な関心を有しているが、SSAデータを処理し、自国のソフトウェアを使用してSSAプロダクトを開発する能力については不明であり、米国ほど成熟しているとは考えられないと記されている。

● 独自のネットワーク網構築の動き²

- アジア太平洋宇宙協力機構(APSCO: Asia Pacific Space Cooperation Organization)において、加盟国に対しSSAのデータと情報を共有するように働きかけている。
- APSCOのAPOSOS(Asia-Pacific Ground-based Optical Space Objects Observation System)の開発をリードし、APSCO加盟国の光学望遠鏡を用いた地上宇宙物体観測ネットワークの構築を目指している。

出所)1、<https://www.airuniversity.af.edu/CASI/Articles/Article-Display/Article/3980318/chinas-different-approach-to-space-situational-awareness/>
(最終閲覧:2024年12月6日)

2、<http://www.apsco.int/html/comp1/content/GBSOON/2018-07-05/44-180-1.shtml>(最終閲覧:2024年12月6日)

2-1-2. 宇宙空間で何が起こっているのか

中国におけるSSAの動向

● SSA衛星

- 中国はSSA用に少なくとも10機の衛星をLEOに打ち上げている。さらに、軌道上にある詳細不明の衛星もSSAタスクを実行しているとされている。¹
- 中国のSSA衛星には、ShiyanとShijianといった技術実証衛星、そして吉林リモートセンシングコンステレーションを運用しているChangguang Satellite Technology（長光衛星技術有限公司）や宇宙資源会社Origin Spaceなどの民間企業の衛星も含まれている。¹
- 実データなどの情報からSJ-15またはCX-3によりSSAを実施していたことが確認されている。²

確認及び推測されている中国のSSA衛星²

Name (NORAD)	Orbit to Orbit	Sensor	Launch Date	Status
Specific Confirmation				
BanXing-1 (33392)	LEO to LEO	Optical	2008	Deorbited
ChuangXin-3 (39209)	LEO SSO to LEO and LEO SSO to GEO	Optical	2013	Operational
ShiJian-15 (39210)	LEO SSO to LEO (maybe also GEO)	Optical and RF	2013	Operational
TianTuo-2 (40144)	LEO to LEO	Optical, Video, and Star Tracker	2014	Operational
BanXing-2 (41834)	LEO to LEO	Visible, Infrared, and RF	2016	Deorbited
JiLin-1 ShiPin 04-06 (43022, 43023, 43024)	LEO SSO to Beyond GEO	Optical and Video	2017	Operational
ShiYan-6 01, 02, 03 (43711, 45859, 48157)	LEO SSO LEO and LEO SSO to GEO	?	2018, 2020, 2021	Operational
YangWang-1 (48841)	LEO SSO to LEO and LEO SSO to Beyond GEO	Optical and Ultraviolet	2021	Deorbited
TianZhou-3 (49222)	LEO to LEO	Optical	2021	Deorbited
JiLin-1-CXK	LEO SSO to LEO/MEO	Optical, Video, and Star Tracker	2019-present	Operational
Real Data				
Unknown 1	LEO SSO to LEO. Spacecraft at 806.6km, inclined 99.82°. Targets in LEO altitudes 323km and 616km.	Optical	by 2014	?
Unknown 2	Circular high LEO/MEO to lower and higher orbits. Spacecraft at 1,600km altitude, inclined 54°. Target 1 at 20,000 km altitude, inclined 30°, ascending node right ascension 0°, and a true anomaly of 40°. Target 2 at 300 km altitude, inclination 45°, ascending node right ascension 358.8°, and true anomaly of 345.2°.	Optical	by 2018	?
Unknown 3	LEO to GEO. Spacecraft at 670km, inclined 54°.	Optical	by 2021	?
Unknown 4	LEO to LEO. Spacecraft at 550km altitude and target at 580km altitude, both inclined 53°.	Optical	by 2022	?
General Capability				
Unknown 5	LEO to LEO	RF	by 2011	?
Unknown 6	MEO to high MEO or to lower MEO/LEO	RF	by 2020	?
Unknown 7	GEO to GEO	RF	by 2023	?
Unknown 8	GEO to GEO or MEO to GEO or MEO to MEO	Infrared and Optical	by 2023	?

出所)1、<https://spacenews.com/china-is-building-on-orbit-space-situational-awareness-capabilities-to-navigate-crowded-orbits/>（最終閲覧:2024年12月13日）

2、<https://www.airuniversity.af.edu/CASI/Articles/Article-Display/Article/3980318/chinas-different-approach-to-space-situational-awareness/>（最終閲覧:2024年12月6日）

2-1-2. 宇宙空間で何が起こっているのか

中国におけるSSAの動向

● 中国のSSA能力

- 中国のSSA衛星では光学センサ(赤外線含む)及びRFセンサを使用しており、特にRFセンサは有効範囲が11,800kmにまでと広範囲に達する。¹
- 赤外線センサを活用し、監視・追跡対象である宇宙物体が地球の影に入り条件が悪い環境でも対象を検知する検討が進められている。²

● 中国の定義する宇宙ベースのSSA

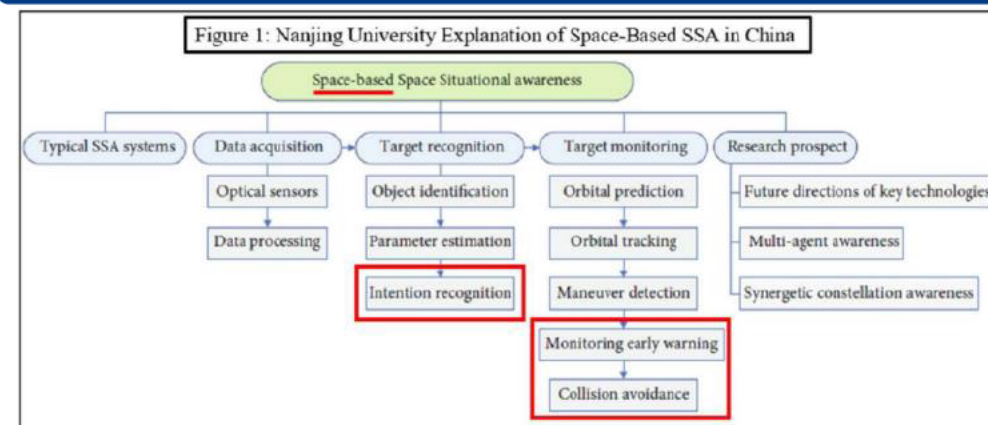
- 宇宙ベースのSSAには、SSA衛星からの宇宙物体のスキャン、追跡、カタログ作成、情報融合、分析、意図の決定、場合によってはマヌーバ決定プロセス、の全ての要素が含まれている。¹

SSAのセンサーの種類¹

Table 1: Summary of Chinese Space-Based SSA Sensor and Mission Discussions

Broad Category	Sub-Category	Missions Discussed	Ranges Discussed
Optical	Visible Light	Scanning; Tracking; Maneuver Detection; Feature Recognition	2km - 1,300km
	Star Tracker		
	Mid-Far Infrared		
	LiDAR		
Radio Frequency	X-Band Radar	Maneuver Detection; Collision Avoidance; Feature Recognition	3km - 11,800km
	Millimeter-Wave Radar		
	SAR and ISAR		

中国の宇宙ベースSSAの定義¹



出所) 1. <https://www.airuniversity.af.edu/CASI/Articles/Article-Display/Article/3980318/chinas-different-approach-to-space-situational-awareness/> (最終閲覧: 2024年12月6日)

2. <https://www.airuniversity.af.edu/Portals/10/CASI/documents/Research/Space/2024-12-02%20China's%20Different%20Approach%20to%20Space%20Situational%20Awareness.pdf> (最終閲覧: 2024年12月6日)

2-1-2. 宇宙空間で何が起こっているのか

APOSOS(Asia-Pacific Ground-based Optical Space Objects Observation System)

概要

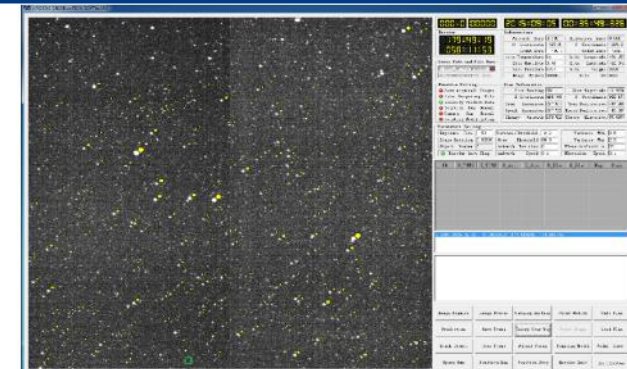
- 加盟国に分散データ処理センターを設置し、宇宙物体の高品質・精密な軌道データの提供を目指すプロジェクトである。
- フェーズ1(2012年～):LEOの宇宙物体を対象とした、加盟国の宇宙アセットの衝突回避及び早期警戒サービスのためのインフラの確立が目的とされた。3か国に計3台の望遠鏡を恒久的に導入(2015年にパキスタンとペルー、2016年にイラン)。2015年にはAPOSOSデータセンターを北京に設立した。
- フェーズ2(2017年～):広視野観測と精密追跡が可能な直径300～500mmの大型望遠鏡を全加盟国に設置予定である。システム完成後は、LEOで直径10cmの小さな物体を検出可能。さらに、MEO(中軌道)、GEO(静止軌道)などの観測のためにシステムを大幅に強化する。

APOSOSの観測網



出所) <http://www.apsco.int/html/comp1/content/APOSOS/2019-03-01/59-261-1.shtml>(最終閲覧:2025年2月18日)

APOSOSの宇宙物体追跡ソフトウェア



出所) <http://www.apsco.int/html/comp1/content/GBSOON/2018-07-05/44-180-1.shtml>(最終閲覧:2024年12月6日)

2-1-2. 宇宙空間で何が起こっているのか

SSAデータについて

- SSAサービスは、観測したデータ(一次情報)を提供するサービス(A)と、観測データなどを基に解析し、衛星運用に必要となる各種データを提供することで衛星運用を支援するサービス(B)とに分類できる。
- Bのサービスを実現するためには、Aのデータに加えてデータを解析する技術が必要であり、各国・各社の技術・ノウハウにより、提供するサービスの種類・レベルが異なることとなる。
- 解析にあたっては、宇宙空間の物体の情報(対象物、軌道等)が不可欠である。これはカタログ情報と呼ばれ、多くのシステムが独自に保有しているが、CSpOCが公開しているカタログ情報に自身の観測情報や他社が公開している情報を追加している。

A. 観測データ(一次情報)提供

- 位置情報
 - 衛星・デブリ位置情報
 - リアルタイム追跡
- その他情報
 - 衛星外観観測
 - 宇宙天気情報

B. 解析結果提供・運用支援

- 打上げ段階
 - 打上げ時接近解析
 - 打上げ後軌道解析
- 定常運用段階
 - 異常運用通知
 - 接近解析・評価
 - 衝突回避支援
 - 軌道変化検知
- 廃棄段階
 - 再突入・軌道離脱運用支援

2-1-2. 宇宙空間で何が起こっているのか

参考:SSAサービスの例

- SSAの主なサービスは以下の通りである。

分類	小分類	サービス	概要
A 観測データ (一次情報) 提供	位置情報	衛星・デブリ位置情報	対象物体の特定時刻における軌道上の位置情報を提供
		リアルタイム追跡	対象物体について、リアルタイムで軌道上の位置情報を提供
	その他 情報	衛星外観観測	光学望遠鏡により観測された衛星の外観や光学的情報を提供
		宇宙天気情報	電離層攪乱状況を把握する際に必要となる宇宙天気情報を提供
B 解析結果 提供 ・運用支援	打上げ 段階	打上げ時接近解析	打上げ計画に基づいた打上げ日時の解析、打上げ直後の適時性を持った接近解析
		打上げ後軌道解析	打上げ後の初期軌道情報を解析
	定常運用 段階	異常運用検知	対象物体の外観や軌道情報の変化から定常運用からの逸脱を検知、情報提供
		接近解析・評価	対象物体と他の物体との衝突について、軌道情報から接近評価を行い情報提供
		衝突回避支援	対象物体と他の物体との衝突リスクから、マヌーバの必要性評価・マヌーバ後の接近解析
		軌道変化検知	軌道上物体の予期されていないマヌーバ・軌道遷移を検知、情報提供
	廃棄段階	再突入・軌道離脱 運用支援	運用終了した衛星を廃棄する際、軌道離脱・再突入時の軌道や時間を解析

2-1-2. 宇宙空間で何が起こっているのか

SSAデータの依存状況と自立性について

- 前述のように多くの観測機器により長年の観測を行ってきたCSpOCが保有するカタログ情報に比肩するものはない状況。
 - 多くのシステムはCSpOCのカタログに独自の情報を付加して運用
- 観測網についても米国や欧州の政府システムは国内外の多数の観測機器による観測網を構築しており、宇宙空間の監視能力が高い。
 - 米国のSSN(Space Surveillance Network):
 - ・ レーダ(Space Fence含む)、望遠鏡、SSA衛星を合わせ計30式程度
 - 日本:
 - ・ 防衛省:レーダ1式、JAXA:レーダ1式、光学望遠鏡1式を合わせ計3式
- 一方で、解析にあたり素性の確かなデータは多ければ多いほど良いこと、観測機器の配置位置の偏在性の問題があること、などから、欧米政府であっても民間企業や他国との国際協力への期待は大きいと想定される。例えば、日本が観測能力を高めて地上から自国上空を中心としたアジア域の観測を担うことや、国や企業のSSAに関連する解析能力を高めて宇宙交通管理に貢献すること、などが欧米の期待として想定される。

2-1-2. 宇宙空間で何が起こっているのか

米国のSSAシステムの概観

- 米国のSSAシステムは、地上の観測機器とSSA衛星により情報を取得している。地上の観測システムは、SSAを主目的とする観測機器(Dedicated)、SSA以外の目的を持つ観測機器(Collateral)、そして要求に応じてSSAシステムに情報提供する観測機器(Contributing)から構成される。¹
- 一部の観測機器については詳細が機密となっている。公表範囲において米本土のほかアラスカ、ハワイ、マーシャル諸島、アリューシャン列島に観測機器が存在する。¹
- 米宇宙軍は、利用可能なデータを増やすため、SSAにTPY-2移動式レーダー、海上Xバンドレーダー、イージス艦レーダーの情報を統合する取り組みを進めている。¹



米国のSSAシステムを構成する観測機器の配置¹

2-1-2. 宇宙空間で何が起こっているのか

米国のSSAシステムの観測機器(1/5)

● 観測機器の概要^{1,2,3}

センサー名	センサーの種類	用途・能力	配置場所
ARPA Lincoln C-band Observables Radar ⁴	Cバンドレーダー	・地球近傍の広帯域レーダー画像撮影 ・レーダー断面積(RCS)測定 ・分解能は0.5m	クエゼリン環礁(マーシャル諸島、米軍)
ARPA Long-Range Tracking and Instrumentation Radar ⁴	VHF,UHFレーダー	・地球近傍・深宇宙の軌道把握 ・RCS測定 ・VHFの分解能は37.5m、UHFの分解能は15m	クエゼリン環礁(マーシャル諸島、米軍)
Cobra Dane	AN/FPS-108(1215-1400MHz)	・地球近傍の軌道把握 ・RCS測定	エアレクソン空軍基地(アラスカ州)
C-Band Space Surveillance Radar System	Cバンドレーダー	・物体特性把握	ハロルド・E・ホルト海軍通信基地(オーストラリア)

出所:1、https://www.meti.go.jp/meti_lib/report/2019FY/000054.pdf(最終閲覧:2025年1月31日)

2、<https://www.gao.gov/assets/gao-16-6r.pdf>(最終閲覧:2025年1月31日)

3、<https://www.gao.gov/assets/gao-23-105565.pdf>(最終閲覧:2025年1月31日)

4、K.R. Roth et al.(1989) "The Kiernan Reentry Measurements System on Kwajalein Atoll, The Lincoln Laboratory Journal, Vol.2, No.2, pp. 247-276

2-1-2. 宇宙空間で何が起こっているのか

米国のSSAシステムの観測機器(2/5)

● 観測機器の概要(続き)^{1,2,3}

センサー名	センサーの種類	用途・能力	配置場所
Eglin ⁴	AN/FPS-85	・地球近傍・深宇宙の軌道把握 ・バスケットボール大の物体を追跡可能	エグリン空軍基地(フロリダ州)
Geosynchronous SSA Program	光学センサー	・GEOのデブリ追跡	宇宙
Globus II	AN/FPS-129	・地球近傍の軌道把握 ・深宇宙の広帯域レーダー画像 ・バスケットボール以下のサイズの物体を監視可能	ヴァルド(ノルウェー、レーダーの管理はノルウェー軍)
Ground-based Electro-Optical Deep Space Surveillance ⁵	光学望遠鏡	・深宇宙の軌道把握 ・物体特性把握 ・バスケットボールほどの物体を監視可能	ディエゴ・ガルシア(イギリス領・基地は米英共同管理)、マウイ島(ハワイ)、ソコロ(ニューメキシコ州)

出所:1、https://www.meti.go.jp/medi_lib/report/2019FY/000054.pdf(最終閲覧:2025年1月31日)

2、<https://www.gao.gov/assets/gao-16-6r.pdf>(最終閲覧:2025年1月31日)

3、<https://www.gao.gov/assets/gao-23-105565.pdf>(最終閲覧:2025年1月31日)

4、<https://www.petersonschriever.spaceforce.mil/About-Us/Fact-Sheets/Display/Article/326217/20th-space-surveillance-squadron/>(最終閲覧:2025年2月4日)

5、<https://www.spaceforce.mil/About-Us/Fact-Sheets/Article/2197760/ground-based-electro-optical-deep-space-surveillance/>(最終閲覧:2025年2月4日)

2-1-2. 宇宙空間で何が起こっているのか

米国のSSAシステムの観測機器(3/5)

● 観測機器の概要(続き)^{1,2,3}

センサー名	センサーの種類	用途・能力	配置場所
Haystack Auxiliary Radar	Kuバンドレーダー	・物体特性把握	ウェストフォード(マサチューセッツ州)
Haystack Ultrawideband Satellite Imaging Radar ⁴	Xバンド、Wバンドレーダー	・物体特性把握 ・0.5ミリの精度で衛星を追尾できる	ウェストフォード(マサチューセッツ州)
Maui Space Surveillance Site	光学望遠鏡(5基)	・深宇宙の軌道把握 ・物体特性把握 ・地球近傍の光学画像	マウイ島(ハワイ)
Millimeter Wave Radar ⁵	Kaバンド、Wバンドレーダー	・地球近傍の広帯域レーダー画像 ・RCS測定 ・両レーダーの分解能は0.28m	クエゼリン環礁(マーシャル諸島、米軍)
Millstone Hill Radar	Lバンドレーダー	・地球近傍・深宇宙の軌道把握	ウェストフォード(マサチューセッツ州)

出所:1、<https://www.meti.go.jp/medi/lib/report/2019FY/000054.pdf>(最終閲覧:2025年1月31日)

2、<https://www.gao.gov/assets/gao-16-6r.pdf>(最終閲覧:2025年1月31日)

3、<https://www.gao.gov/assets/gao-23-105565.pdf>(最終閲覧:2025年1月31日)

4、<https://apps.dtic.mil/sti/pdfs/ADA625766.pdf>(最終閲覧:2025年2月4日)

5、K.R. Roth et al.(1989) "The Kiernan Reentry Measurements System on Kwajalein Atoll, The Lincoln Laboratory Journal, Vol.2, No.2, pp. 247-276

2-1-2. 宇宙空間で何が起こっているのか

米国のSSAシステムの観測機器(4/5)

● 観測機器の概要(続き)^{1,2,3}

センサー名	センサーの種類	用途・能力	配置場所
Meter Class Autonomous Telescope ⁴	光学望遠鏡	・LEO、GEOのデブリ追跡 ・RCS測定 ・GEOの最小検出サイズは13.5cm	アセンション島(イギリス領、NASAと米空軍研究所の共同運用)
Perimeter Acquisition Radar Attack Characterization System ⁵	UHFレーダー(AN/FPQ-16)	・地球近傍の軌道把握 ・RCS測定	キャバリア空軍基地(ノースダコタ州)
Sapphire	光学望遠鏡	・軌道把握	宇宙(カナダ空軍所有、North American Aerospace Defense Commandを通じて米と情報共有)
Space-Based Space Surveillance system	光学望遠鏡	・軌道把握 ・物体特性把握	宇宙
Space Fence	Sバンドレーダー	・LEOの物体観測	クエゼリン環礁(マーシャル諸島、米軍)

出所:1、https://www.meti.go.jp/meti_lib/report/2019FY/000054.pdf(最終閲覧:2025年1月31日)

2、<https://www.gao.gov/assets/gao-16-6r.pdf>(最終閲覧:2025年1月31日)

3、<https://www.gao.gov/assets/gao-23-105565.pdf>(最終閲覧:2025年1月31日)

4、<https://ntrs.nasa.gov/citations/20140002842>(最終閲覧:2025年2月4日)

5、<https://www.spaceforce.mil/About-Us/Fact-Sheets/Article/2197729/perimeter-acquisition-radar-attack-characterization-system/>(最終閲覧:2025年2月4日)

2-1-2. 宇宙空間で何が起こっているのか

米国のSSAシステムの観測機器(5/5)

● 観測機器の概要(続き)^{1,2,3}

センサー名	センサーの種類	用途・能力	配置場所
Space Surveillance telescope	光学望遠鏡	・深宇宙の観測	ハロルド・E・ホルト海軍通信基地(オーストラリア、維持・運営はオーストラリア ⁴)
Target Resolution and Discrimination Experiment ⁵	Lバンド、Sバンドレーダー	・地球近傍・深宇宙の軌道把握 ・RCS測定 ・Lバンドの分解能は15m、Sバンドの分解能は1m	クエゼリン環礁(マーシャル諸島、米軍)
Upgraded Early Warning Radars	UHFレーダー(AN/FPS132)	・地球近傍の軌道把握 ・RCS測定	クリア空軍基地(アラスカ州)、チューレ空軍基地(グリーンランド、米軍)、フライングデールズ(イギリス、英空軍が所有・運営し情報共有)、ケープコッド空軍基地(マサチューセッツ州)、ビール空軍基地(カリフォルニア州)

出所: 1、https://www.meti.go.jp/meti_lib/report/2019FY/000054.pdf (最終閲覧: 2025年1月31日)

2、<https://www.gao.gov/assets/gao-16-6r.pdf> (最終閲覧: 2025年1月31日)

3、<https://www.gao.gov/assets/gao-23-105565.pdf> (最終閲覧: 2025年1月31日)

4、<https://www.ssc.spaceforce.mil/Newsroom/Article-Display/Article/3176471/space-surveillance-telescope-reaches-operational-acceptance-set-to-provide-spac>

5、K.R. Roth et al.(1989) "The Kiernan Reentry Measurements System on Kwajalein Atoll, The Lincoln Laboratory Journal, Vol.2, No.2, pp. 247-276

2-1-3. 今後、宇宙空間の混雑はどのように変化するのか

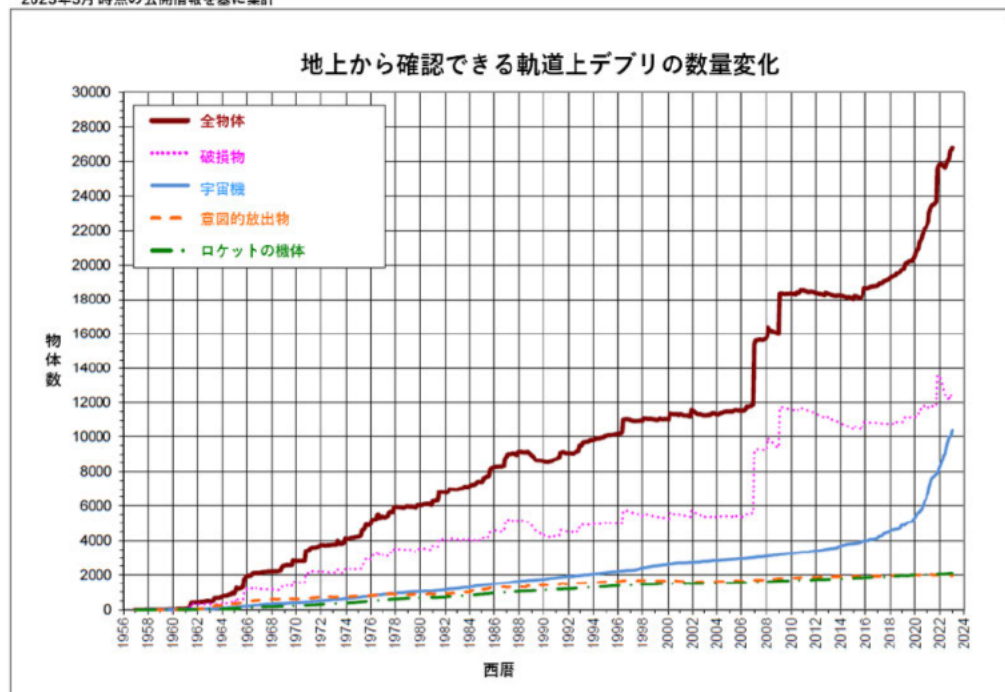
- ラージコンステを中心とした各国の衛星打上げ動向
 - 軌道混雑化の状況
 - 大規模コンステレーションについて

2-1-3. 今後、宇宙空間の混雑はどのように変化するか

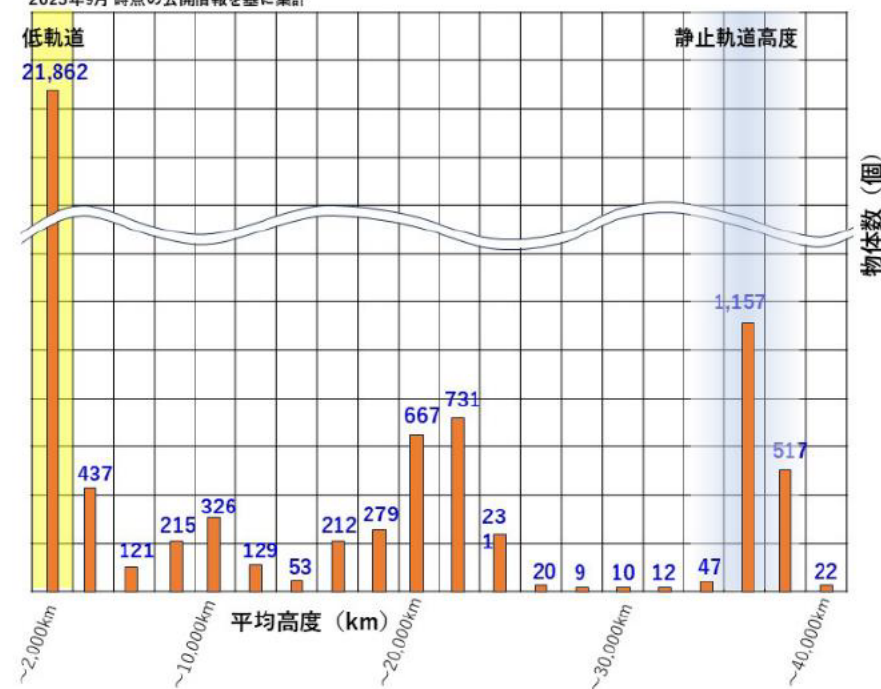
【概要】軌道混雑化の状況

- 軌道上物体の数は右肩あがりに急速に増加しており、近年は特に運用中の宇宙機が増加している。
- 軌道上物体は8割以上が低軌道に集中し、残りは静止軌道を中心に存在している。
- 特に低軌道の物体についての対応が必要となっている。

2023年3月時点の公開情報を基に集計



2023年9月時点の公開情報を基に集計



出所) <https://track.sfo.jaxa.jp/project/ssa.html> (最終閲覧: 2024年9月27日)

2-1-3. 今後、宇宙空間の混雑はどのように変化するのか

【概要】大規模コンステレーションについて

*本調査では、300機以上の衛星により構成されるコンステレーションを大規模コンステレーション(あるいはラージコンステレーション)と定義

概要

- Starlink、OneWeb、Kuiperなど民間企業が低軌道に大規模コンステレーションの構築を進めている。また、中国、ロシア、EUも独自の大規模コンステレーション構築計画を表明している。
- EUのIRIS²が継続困難な状況に直面したように、全プログラムが継続されることはない可能性が高いが、継続されるものだけでも低軌道の混雑は増加していくことが見込まれる。
- 低軌道の混雑化が加速することで、衛星間での衝突やそれに伴い発生する大量のデブリによるケスラーシンドロームなどが、安全な軌道利用を脅かす事態が現実になりえる問題として認識され始めている。
- また、軌道上衛星の不具合や、G60 Starlinkの打上げで打上げロケットが分解し数百個のデブリが生じる事故も起きるなど、配備に伴うデブリの発生も大きな問題となりえる。

名称	事業者	国	基数(予定)	現況
Starlink	SpaceX	米国	40,000超	構築中
Oneweb	OneWeb	英国	600超	構築中
Kuiper	Amazon	米国	3,236	計画中
Lightspeed	Telesat	カナダ*	198	構築中
IRIS ²	EU	欧州	290超	計画中
G60 Starlink	Shanghai Yuanxin Satellite Technology	中国	14,000	構築中
GEESATCOM	Geespace	中国	6,012	構築中
Yinhe	Galaxy Space	中国	1,000超	構築中
Guowang	CASC	中国	13,000	計画中

* LightspeedとIRIS²は300機以下であるが、参考のため調査対象に含めている。

2-1-3. 今後、宇宙空間の混雑はどのように変化するのか

(1)Starlink(SpaceX)

概要

- 米国のSpaceXにより構築されている通信衛星コンステレーションである。
- 2024年現在、7000基以上の衛星が運用されている。¹
- 2022年12月には承認済みの1万2000基に加えて7500基の打ち上げをFCCが認可した。²2万2500基に関しては承認が見送られた。
- 全世界での利用者数は300万人を超えている。³

政府機関・政策との関わり

- FCCから地方部でのネットワーク接続を目的とする補助金約9億ドルを受け取る予定であったが、2022年9月、要件を満たしていないとして却下された。⁴
- 2022年2月の侵攻開始当初から提供してきたウクライナ軍への通信ネットワークについて、2023年6月に米国防総省と契約した。⁵

出所)1、<https://uchubiz.com/article/new36871/>(最終閲覧:2024年9月18日)

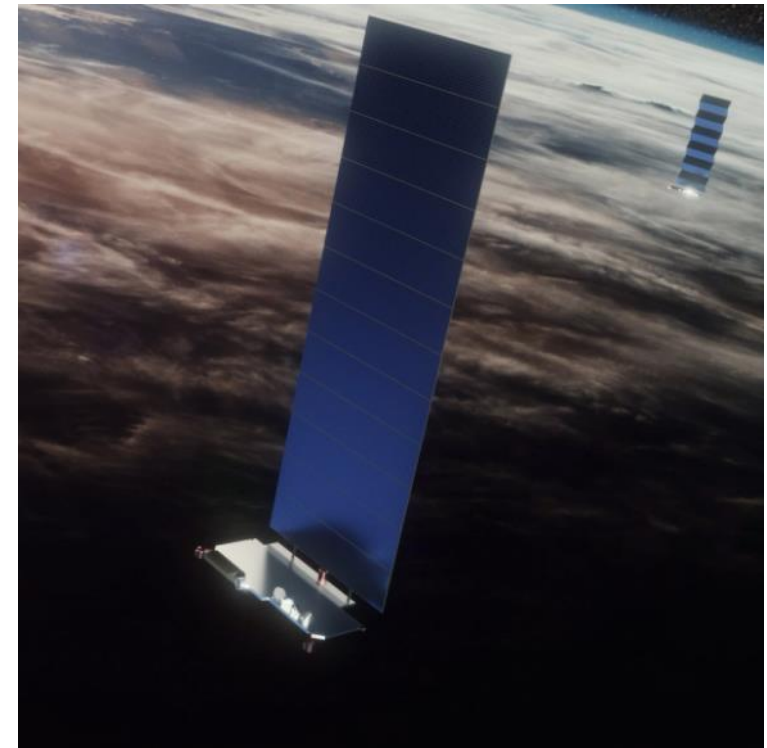
2、<https://spacenews.com/fcc-grants-partial-approval-for-starlink-second-generation-constellation/>(最終閲覧:2024年9月18日)

3、<https://www.satellitetoday.com/connectivity/2024/05/20/starlink-is-now-available-in-indonesia/>(最終閲覧:2024年9月18日)

4、<https://uchubiz.com/article/new7751/>(最終閲覧:2024年9月18日)

5、<https://www.nikkei.com/article/DGXZQOGN020A30S3A600C2000000/>(最終閲覧:2024年9月18日)

Starlinkの衛星イメージ



出所)<https://www.starlink.com/jp/updates>(最終閲覧2024 年9 月18 日)

2-1-3. 今後、宇宙空間の混雑はどのように変化するのか

(2) OneWeb (OneWeb)

概要

- 英国のOneWebにより構築されている通信衛星コンステレーションである。
- 2024年現在、654基の衛星が運用されている¹。
- 2022年、GEO衛星を運用するEutelsat社(フランス)の傘下に入った。²
- IRIS²のアーキテクチャーとの互換性を確保し、2030年に運用を開始する予定である。³

政府機関・政策との関わり

- 2020年3月に連邦倒産法第11章を適用した後、英国政府とBharti Global(インド)のコンソーシアムが買収した。⁴
- 英国海軍は、航海中における乗員の通信手段としてOneWebの端末を設置した。⁵

OneWebのイメージ



出所) <https://www.airbus.com/en/newsroom/news/2021-07-oneweb-is-on-top-of-the-world-after-its-latest-launch> (最終閲覧: 2024年8月2日)

出所) ¹、https://oneweb.net/resources?field_article_type_target_id%5B1731%5D=1731#/pressreleases/eutelsat-group-announces-successful-launch-of-20-oneweb-satellites-3349406 (最終閲覧: 2025年2月12日)

²、<https://oneweb.net/resources/eutelsat-and-oneweb-combine-leap-forward-satellite-connectivity> (最終閲覧: 2024年10月21日)

³、<https://www.airbus.com/en/newsroom/press-releases/2024-12-airbus-awarded-eutelsat-contract-to-build-oneweb-low-orbit> (最終閲覧: 2025年2月12日)

⁴、<https://www.bharti.com/press-release-2020-2021-oneweb-successfully-emerges-from-chapter.html> (最終閲覧: 2024年10月21日)

⁵、<https://oneweb.net/resources/royal-fleet-auxiliary-ship-installs-high-speed-connectivity-military-crews-sea> (最終閲覧: 2024年10月21日)

2-1-3. 今後、宇宙空間の混雑はどのように変化するのか

(3) Kuiper(Amazon)

概要

- 米国のAmazonにより構築されている通信衛星コンステレーションである。
- 2023年10月に2基の試作機が打ち上げられた。¹ 実用機は2024年10～12月に打上げられる予定である。² ミッション毎に数十基の衛星を打ち上げる予定であると取材に回答している³が、打上げロケットの開発遅延による影響が懸念されている。⁴
- 2019年に付与されたライセンスでは、予定されている3236基の衛星について、2026年7月までに予定の半数、2029年7月までに全数の衛星を打ち上げることが義務付けられている。⁵

政府機関・政策との関わり

- 2023年2月、民間SSAに関する米商務省のRFIに回答し、TraCSSにおいて衛星ステータス情報は1日3回以上更新されるべきであること、宇宙天気予報や宇宙天気モデリングとの統合を強く支持することを主張した。⁶

Kuiperアンテナのイメージ



出所) <https://www.aboutamazon.com/news/innovation-at-amazon/what-is-amazon-project-Kuiper>(最終閲覧:2024年9月25日)

出所)1、<https://www.ulalaunch.com/missions/archived-launched/atlas-v-project-kuiper-protoflight>(最終閲覧:2024年10月21日)

2、<https://www.bloomberg.co.jp/news/articles/2024-06-28/SFRSSPT0AFB400>(最終閲覧:2024年10月17日)

3、<https://spacenews.com/beta-project-kuiper-broadband-services-pushed-to-early-2025/>(最終閲覧:2024年10月21日)

4、<https://spacenews.com/amazon-expands-kennedy-space-center-facility-to-accelerate-satellite-deployments/>(最終閲覧:2025年2月12日)

5、<https://starlink.academy/news/project-kuiper-delayed-2025-impact-on-starlink-users/>(最終閲覧:2024年10月21日)

6、<https://amazon-press.jp/Devices/Project-Kuiper/Press-Release/amazon/jp/Devices/2023/Project-Kuiper/>(最終閲覧:2024年9月20日)

2-1-3. 今後、宇宙空間の混雑はどのように変化するのか

(4) Lightspeed(Telesat)

概要

- カナダのTelesatにより構築されている通信衛星コンステレーションである。
- 最初のLEO衛星は2018年1月に打上げられ¹、2023年7月に3基目の試作機が打ち上げられた。²
- 2026年代半ばに最初のTelesat Lightspeed衛星を打ち上げる予定である。³ 合計で198基打ち上げる予定である。¹

政府機関・政策との関わり

- カナダ政府から21億4000万加ドル、ケベック州政府から4億加ドルの投融資など支援を受けている。³
- カナダ軍への能力提供を通じて、北アメリカ航空宇宙防衛司令部(NORAD)やNATOの活動を支援するとしている。⁴

Lightspeed衛星のイメージ



出所) <https://www.telesat.com/leo-satellites/> (最終閲覧: 2024年10月28日)

出所) 1、<https://www.telesat.com/leo-satellites/> (最終閲覧: 2024年10月28日)

2、<https://www.telesat.com/press/press-releases/telesats-leo-3-demonstration-satellite-successfully-launched/> (最終閲覧: 2024年10月28日)

3、<https://www.telesat.com/press/press-releases/telesat-completes-2-54-billion-funding-agreements-for-telesat-lightspeed-satellite-constellation-with-strong-government-backing/> (最終閲覧: 2024年10月28日)

4、<https://www.telesat.com/blog/telesat-lightspeed-secure-resilient-connectivity-architecture-to-ensure-information-superiority-for-canadas-armed-forces/> (最終閲覧: 2024年10月28日)

2-1-3. 今後、宇宙空間の混雑はどのように変化するのか

(5) IRIS²(EU)

概要

- IRIS²※は、欧州委員会、欧州理事会、そして欧州議会が合意したコンステレーションプロジェクトである。
- 経済、環境、安全保障、防衛に不可欠なアプリケーションを支援する政府系ユーザに安全な衛星接続を提供することを目的としており、2024年に初期サービスを提供することを目指していた。¹
- 2024年、プロジェクト費用が計画を上回る120億ユーロと推定されることを受けて、ドイツ政府は計画の見直しを主張したが^{2,3} 12月に2031年初頭までに290基以上の衛星を用いてサービスを開始する契約が締結された。⁴

産業界との関わり

- プロジェクト全体予算の60%は民間部門からの資金提供によること、契約全体の30%以上を小規模事業者と契約することが規定されていたが、具体的な達成方法が示されていないことが懸念されていた。⁵

※Infrastructure for Resilience, Interconnectivity and Security by Satellite

出所)1. https://defence-industry-space.ec.europa.eu/eu-space/iris2-secure-connectivity_en(最終閲覧:2024年10月28日)

2. <https://www.politico.eu/article/iris-2-eu-satellite-project-germany-delay/>(最終閲覧:2024年10月28日)

3. <https://www.handelsblatt.com/politik/deutschland/raumfahrt-streit-um-starlink-alternative-kosten-steigen-stark/100035051.html>(最終閲覧:2024年10月28日)

4. <https://spacenews.com/europe-signs-contracts-for-iris%2%b2-constellation/>(最終閲覧:2025年2月12日)

5. <https://spacenews.com/europe-weeks-away-from-finalizing-sovereign-broadband-proposal/>(最終閲覧:2024年10月28日)

IRIS²衛星のイメージ



出所) <https://www.groundstation.space/business/iris%C2%B2-the-new-eu-secure-satellite-constellation/> (最終閲覧:2024年10月28日)

2-1-3. 今後、宇宙空間の混雑はどのように変化するのか

(6) G60 Starlink (Shanghai Yuanxin Satellite Technology)

概要

- 中国のShanghai Yuanxin Satellite Technologyにより構築されている通信衛星コンステレーションである。
- 2024年8月、最初の18基が打ち上げられた。¹ 18基の衛星は軌道に乗ったものの、打上げに用いた長征ロケットが分解し、700～900個のスペースデブリが発生した。²
- 2025年1月現在、72基が運用されており、2025年末までに約600基、最終的に14000基のネットワークを構築することを目指すとしている。¹

G60衛星を打ち上げた長征ロケット



政府機関・政策との関わり

- 本システムは上海市松江区が主導して構築している。
- 衛星を製作するShanghai Spacecom Satellite TechnologyのシリーズA資金は、上海市政府や中国科学院傘下組織が出資しているファンドが提供した。³

出所) <https://www.sciencealert.com/china-launches-satellites-for-major-network-to-rival-elon-musks-starlink> (最終閲覧: 2024年9月25日)

出所) 1、<https://spacenews.com/china-launches-fourth-batch-of-thousand-sails-megaconstellation-satellites/> (最終閲覧: 2025年2月12日)

2、<https://gigazine.net/news/20240815-chinese-rocket-space-junk/> (最終閲覧: 2024年10月17日)

3、<https://uchubiz.com/article/new38992/> (最終閲覧: 2024年9月25日)

2-1-3. 今後、宇宙空間の混雑はどのように変化するのか

(7) GEESATCOM (Geespace)

概要

- 中国の自動車会社であるGeelyの子会社であるGeespaceが構築している測位衛星コンステレーションである。
- 自動運転の実現のため、センチメートル単位の高精度な測位システムを実現することを目指している。¹
- 2024年9月までに30基が打ち上げられている。自動運転をサポートするフェーズ1では72基の打ち上げを予定している。携帯電話へのサービス提供を目指すフェーズ2では264基、高速LEOブロードバンド通信を提供するフェーズ3では5,676基を追加で打ち上げるとしている。²

政府機関・政策との関わり

- 政府との強い関係は特にみられない。

GEESATCOM衛星



出所) <https://zgh.com/media-center/news/2024-09-06/?lang=en> (最終閲覧: 2024年10月28日)

出所) 1、<https://zgh.com/geespace/?lang=en> (最終閲覧: 2024年10月28日)

2、<https://zgh.com/media-center/news/2024-09-06/?lang=en> (最終閲覧: 2024年10月28日)

2-1-3. 今後、宇宙空間の混雑はどのように変化するのか

(8) Yinhe (Galaxy Space)

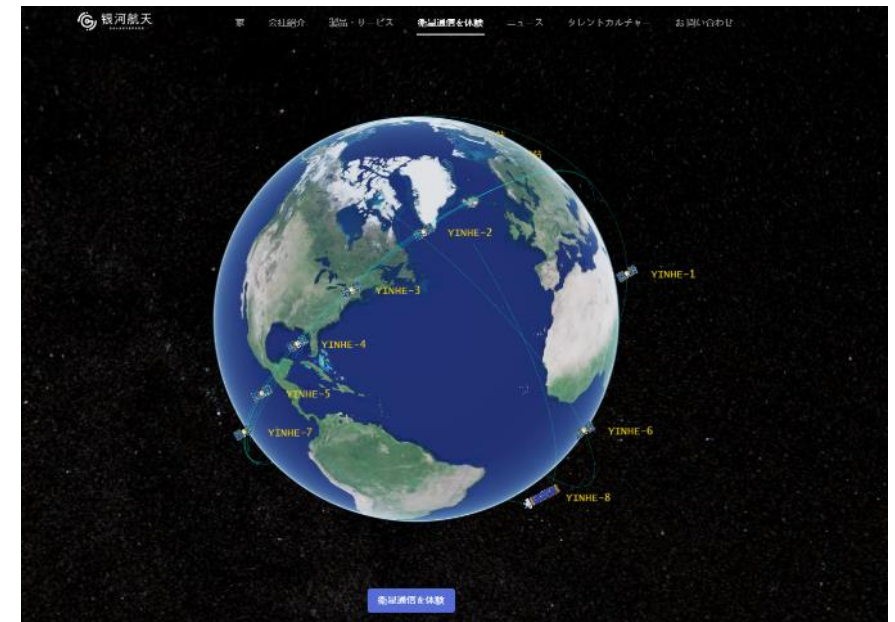
概要

- 中国のGalaxy Spaceにより構築が進められている通信衛星コンステレーションである。
- 2024年9月現在、8基の衛星が打ち上げられている。¹
- 最終的に数千基の通信衛星を打ち上げる可能性があると言われている。²

政府機関・政策との関わり

- リリースにおいては、タイへの進出は一帯一路に沿ったものとしている。また、タイで開催したセミナーには在タイ王国中国大使館の参事官が出席している。³

Yinheのイメージ図



出所) <https://www.yinhehangtian.cn/satellites> (最終閲覧: 2024年9月25日)

出所) 1、<https://www.yinhehangtian.cn/satellites> (最終閲覧: 2024年9月25日)

2、<https://www.jdsupra.com/legalnews/innovations-in-space-chinese-satellite-7389054/> (最終閲覧: 2024年9月25日)

3、<https://www.yinhehangtian.cn/yinheNews/1#content> (最終閲覧: 2024年9月25日)

2-1-3. 今後、宇宙空間の混雑はどのように変化するのか

(9)Guowang (China Satellite Network Group)

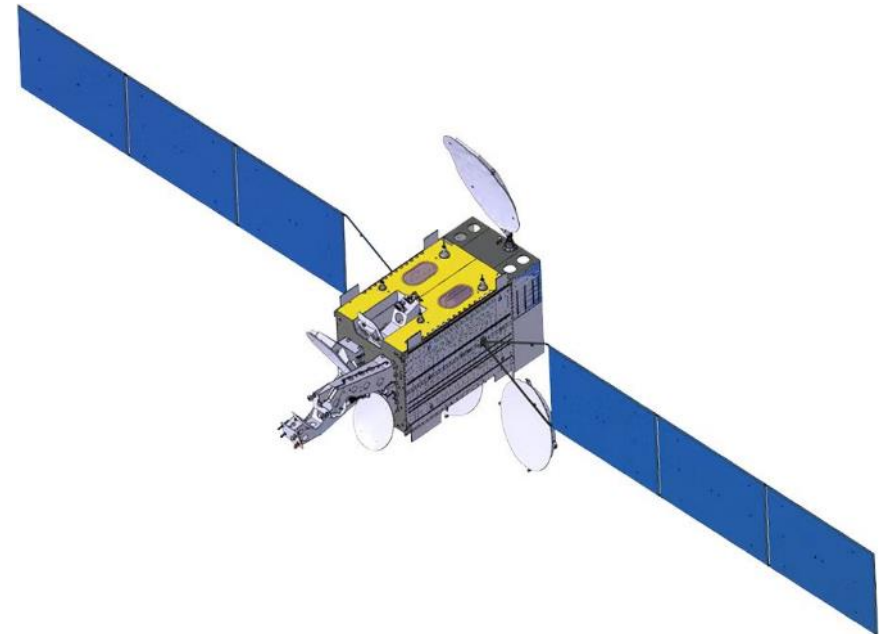
概要

- 中国のChina Satellite Network Groupが構築を進めている通信衛星コンステレーションである。
- CASCがHongyan、CASICがHongyunとしてそれぞれ数百基のコンステレーションを計画していたが、それらが統合された。¹
- 中国がITUに提出した周波数割り当て申請書によれば、合計12,992基の衛星運用が計画されている。²
- 2024年12月に最初の衛星を打ち上げた。ITUの規制により、2032年までに計画の半数を打上げることが義務付けられている。³

政府機関・政策との関わり

- China Satellite Network Group Co. Ltd.は、国有企業を監督する政府機関である国有資産監督管理委員会(SASAC)によって設立された。²

CASCの衛星イメージ



出所)

<http://english.csat.spacechina.com/n931903/c3552212/content.html>(最終閲覧:2024年9月25日)

出所)1. <https://www.jdsupra.com/legalnews/innovations-in-space-chinese-satellite-7389054/>(最終閲覧:2024年9月25日)

2. <https://spacenews.com/china-establishes-company-to-build-satellite-broadband-megaconstellation/#:~:text=China%20establishes%20company%20to%20build%20satellite%20broadband%20megaconstellation,-by%20Andrew%20Jones&text=HELSINKI%20%E2%80%94%20The%20Chinese%20government%20has,a%2013%2C000%2Dsatellite%20broadband%20constellation.>(最終閲覧:2024年9月25日)

3. <https://spacenews.com/china-kicks-off-guowang-megaconstellation-with-long-march-5b-launch/>(最終閲覧:2025年2月12日)

2-1-4. デブリを増やさない、減らすための技術は

- 各国における技術開発プログラムの動向
 - デブリ抑制・低減技術
 - 各国によるデブリ抑制・低減技術の開発支援について

2-1-4. デブリを増やさない、減らすための技術は

【概要】デブリ抑制・低減技術

- デブリ等の軌道上物体を増やさない(抑制)、あるいは減らすため(低減)の技術の開発は様々に行われている。衛星自身に具備し、自発的にデブリになることを防ぐ技術もあれば、第三者により軌道からの離脱を支援してもらう技術もある。
- 軌道上サービスについては将来的なマーケットとなる期待もあり、米国ではISAM(In-space Servicing, Assembly, and Manufacturing)戦略および計画が制定され研究開発が進められており、欧州でも関連技術開発プログラムが推進されている。
- 軌道上サービスが提唱されている主な分野を下表に示す。

分野	概要
能動的デブリ除去(ADR)	一般的に既存のデブリ(機能を停止した衛星やロケットの上段など。姿勢制御の出来ない物体(unprepared space objects)を含む。)に対してランデブー・接近(RPO)、捕獲技術等を用いて、能動的にデオービットさせ、十分低い軌道まで軌道降下を行ったり、大気への再突入を支援するサービスのこと。
終了サービス(EOL)	クライアントとなる対象物体について、その打上げ前に捕獲用インターフェース等を搭載するなど「サービスを受ける用意ができている(prepared)」物体に対して、デオービット、大気圏への再突入支援を行うサービスのこと。
(PMDデバイスを用いた)自己除去	衛星が衛星の推進を活用して自力でデオービットできない場合に、事前に衛星に装備されたPMDデバイスを用いてデオービットを行うもの
寿命延長	燃料が枯渇した衛星に対して、軌道を維持するためのサービスを提供するもの
燃料補給	燃料が枯渇した衛星に対して、軌道上で燃料を補給するサービスのこと

2-1-4. デブリを増やさない、減らすための技術は

【概要】各国によるデブリ抑制・低減技術の開発支援について

- 米国や欧州において様々なデブリ抑制・低減技術の開発支援プログラムが行われている。
- 米国では宇宙機関のほか国防組織も複数のプログラムを実施している。
- 欧州では宇宙機関が実施するプログラムが多い。
- 期待された技術が開発できず中止となったプロジェクトが存在するものの、燃料補給システムや膜状の構造物を用いた自己除去デバイスについては商用化に至る製品も現れている。

国	機関	プログラム	プロジェクト	実施時期	協業先
米国	NASA	TDM	OSAM-1	～2024年(中止)	Maxer
			OSAM-2	～2023年	Redwire
		SBIR	Foundry for On-Orbit Recycling and Metal Materials Production	～2024年	CisLunar Industries
	DARPA	Phoenix Program		～2015年	合計8社
		RSGS	MEP/MRV	～2025年	Space Logistics
	国防総省	Modularity for Space Systems (M4SS)	ModuLink	～2024年	Motive Space System

2-1-4. デブリを増やさない、減らすための技術は

【概要】各国によるデブリ抑制・低減技術の開発支援について

国	機関	プログラム	プロジェクト	実施年	協業先
欧州	ESA	ADRIOS	Clear Space-1	～2028年	Clear Space(スイス)
		ARTES	Sunrise	～2026年	OneWeb/アストロスケール(英国)
		GSTP	ADEO/ADEO-2	～2018年	HPS Gmbh
	European Commission	HORIZON 2020	EROSS	～2026年	Thales Alenia Space をプライムとしたコンソーシアム
英国	宇宙庁	ETP	GRASP	～2025年	Orbit Fab
日本	JAXA	CRD2	ADRAS-J	～2026年	アストロスケール
		革新的衛星技術実証	DRUMS	～2024年	川崎重工業
			D-SAIL	～2025年	アクセルスペース

2-1-4. デブリを増やさない、減らすための技術は

(1) TDM/OSAM-1, OSAM-2 (米国)

概要

- TDM※は、初期の概念実証テストを支援することで費用対効果の高い革新的な新技術が実用化されることを目指すNASAのプログラムである。¹
- 軌道上の衛星に推進剤を補給する衛星を開発するOSAM-1(2024年度予算2.27億ドル予定、中止)²、軌道上での衛星部品製造・組立技術を実証するOSAM-2(フライトデモに関して、5年間で7400万ドル)に資金を提供した。³⁴

契約企業について

- OSAM-1はMaxar Technologiesが主契約者として進められていたが、同社の業績不振やロボットアームが含まれるシステム「SPIDER」を提供できなかったことが原因でプロジェクト中止となった。⁵
- OSAM-2はRedwireが主契約者である。³

※Technology Demonstration Missions

出所)1、<https://www.nasa.gov/tdm/#.VQb6XUjJzyE> (最終閲覧:2024年10月10日)

2、<https://www.nasa.gov/mission/on-orbit-servicing-assembly-and-manufacturing-1/> (最終閲覧:2024年10月10日)

3、<https://www.nasa.gov/mission/on-orbit-servicing-assembly-and-manufacturing-2-osam-2/> (最終閲覧:2024年10月21日)

4、<https://ntrs.nasa.gov/citations/20220007646> (最終閲覧:2024年10月21日)

5、<https://sorabatake.jp/35721/> (最終閲覧:2024年10月10日)

軌道上組立のイメージ図



出所)<https://www.nasa.gov/mission/on-orbit-servicing-assembly-and-manufacturing-2-osam-2/> (最終閲覧:2024年10月10日)

2-1-4. デブリを増やさない、減らすための技術は

(2) SBIR/Foundry for On-Orbit Recycling and Metal Materials Production (米国)

概要

- 米国の政府機関が実施する、中小企業が行う研究やイノベーションを商業化するために資金を提供するプログラムである。
- NASAのSBIRにて、Foundry for On-Orbit Recycling and Metal Materials Productionが実施された。軌道上において金属をリサイクルして推進剤として使用すること、部品を製造して組み立てることなどのサービスを実現することを目指している。¹

契約企業について

- CisLunar Industries(80万ドル)²とYolo Robotics社に資金提供がなされた。
- CisLunar Industriesは国際宇宙ステーション内の金属廃棄物のリサイクルであるMPaaS、スペースデブリの回収・リサイクルを行うJunkRサルベージサービスなどを開発している。³

CisLunar社の試作機



出所) <https://www.cislunarindustries.com/products> (最終閲覧: 2024年10月11日)

出所) 1. <https://neumannspace.com/cislunar-industries-awarded-a-nasa-sbir-phase-2-grant/> (最終閲覧: 2024年10月18日)

2. <https://www.sbir.gov/awards/196212> (最終閲覧: 2024年10月21日)

3. <https://www.cislunarindustries.com/products> (最終閲覧: 2024年10月21日)

2-1-4. デブリを増やさない、減らすための技術は

(3) Phoenix Program(米国)

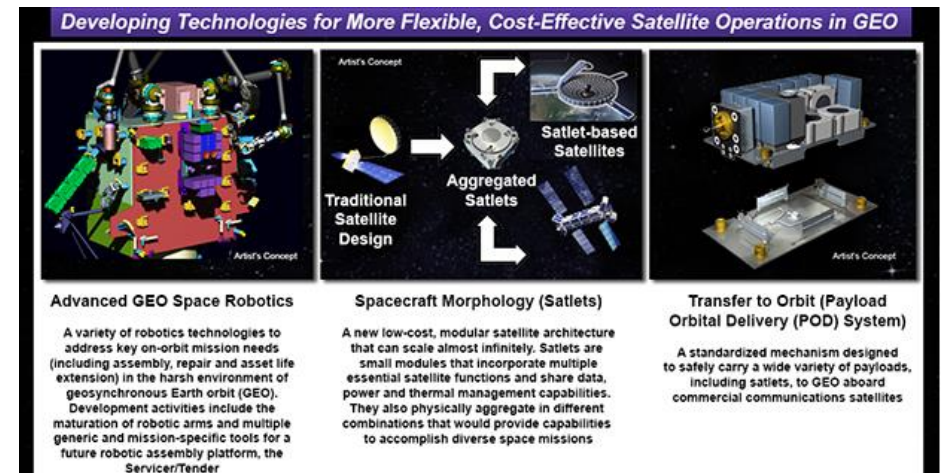
概要¹

- DARPAが実施した、静止軌道上の衛星に対して組立、修理、アップグレード、リサイクルといった機能を提供する技術を開発するプログラムである。主要な目的は静止軌道上の運用終了衛星の再利用だが、本プロジェクトで開発された技術は運用中の衛星のメンテナンスや修理にも役立つ可能性があるとしている。
- フェーズ I では、GEO衛星に対する検査やサービス提供という概念の検証や技術の実現可能性を検討した。
- フェーズ II では、静止軌道ロボティクス、モジュール式衛星アーキテクチャ、GEOへの低コストペイロードシステムの技術開発を行う。

契約企業について

- フェーズ II においては、Busek、Energid Inc.、Honeybee Roboticsなど合計8社と主要契約を結び開発を行っている。

Phoenixの概念図



出所) <https://www.darpa.mil/news-events/2014-04-02> (最終閲覧: 2024年10月10日)

出所) 1、<https://www.darpa.mil/news-events/2014-04-02> (最終閲覧: 2024年10月11日)

2-1-4. デブリを増やさない、減らすための技術は

(4) RSGS/MEP,MEV(米国)

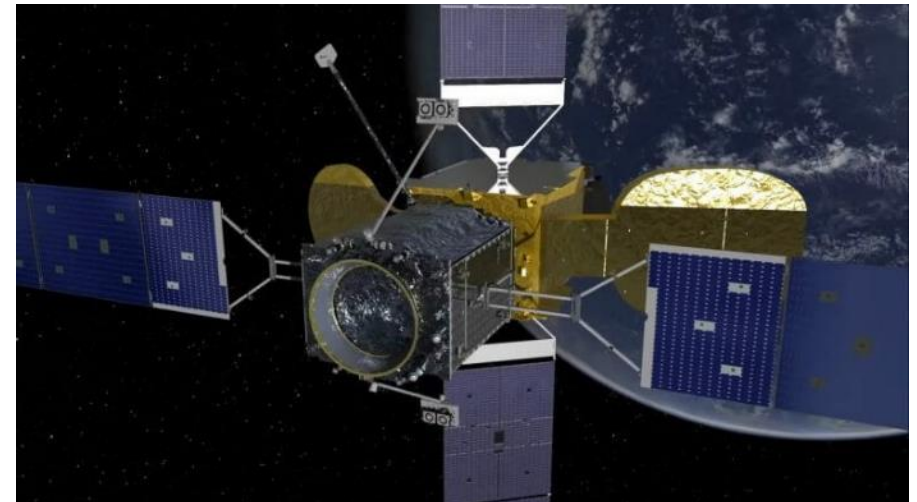
概要

- Robotic Servicing of Geosynchronous Satellite (RSGS)はDARPAが実施したプログラムであり、ロボットアームを搭載した燃料補給衛星であるMEP/MRVの開発に寄与した。2020年度の支援額は32万ドルである。¹
- MEP/MEVは、燃料補給を実施するとともに衛星の姿勢制御や軌道維持を支援し、運用寿命を延ばし長期間のミッションを可能にするシステムである。一基で複数の衛星に対し燃料補給が可能であるとしている。²

契約企業について

- Space Logistics(ノースロップ・グラマンの完全子会社)が開発を担う。RSGS終了後は成果をSpace Logisticsが引き取り、MEP/MEVシステムを商業ベースで開発している。³

MEV-1の想像図(手前)



出所)<https://soraee.info/space/20220325-northrop-grumman.html>(最終閲覧:2024年10月3日)

出所)1、https://www.usaspending.gov/award/CONT_AWD_FA881920C1001_9700_-NONE_-NONE-(最終閲覧:2024年10月21日)

2、<https://www.northropgrumman.com/space/space-logistics-services>(最終閲覧:2024年10月21日)

3、<https://soraee.info/space/20220325-northrop-grumman.html>(最終閲覧:2024年10月3日)

2-1-4. デブリを増やさない、減らすための技術は

(5) M4SS/ModuLink(米国)

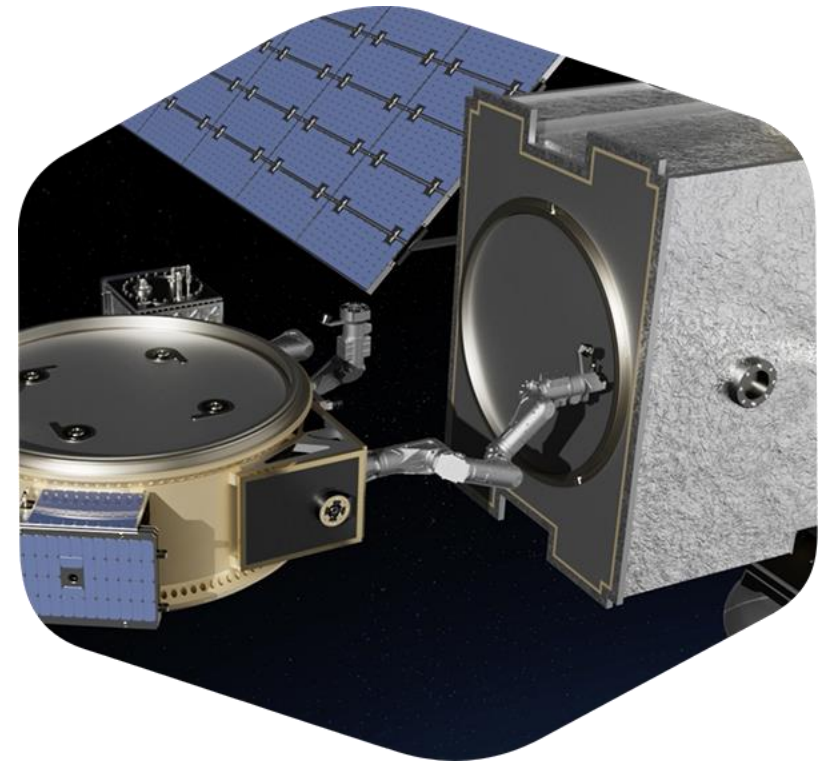
概要

- Modularity for Space Systems(M4SS)は、国家安全保障上に寄与する商用技術を支援することを目的とした国防総省の傘下組織であるDefense Innovation Unit(DIU)が実施するプログラムである。
- 静止軌道以遠で運用される宇宙プラットフォームに対して、アップグレード、燃料補給を実施できる技術の開発を目指している。

契約企業について

- 本プログラムに基づいて、Tethers Unlimited、Maxar Technologies、Motiv Space Systemsが技術開発を行っている。¹
- Motiv Space Systems社は本プログラムでModuLinkと呼ばれる衛星を開発した。衛星の修理と交換、燃料補給、デブリ除去、軌道上組立、衛星軌道の変更が可能であるとしている。²

ModuLinkのイメージ



出所) <https://motivss.com/products-capabilities/robotics/modulink/> (最終閲覧: 2024年10月10日)

出所) 1、<https://www.diu.mil/latest/modularity-for-space-systems-m4ss-press-release> (最終閲覧: 2024年10月10日)

2、<https://motivss.com/products-capabilities/robotics/modulink/> (最終閲覧: 2024年10月10日)

2-1-4. デブリを増やさない、減らすための技術は

(6)ADRIOS/ClearSpace-1(ESA)

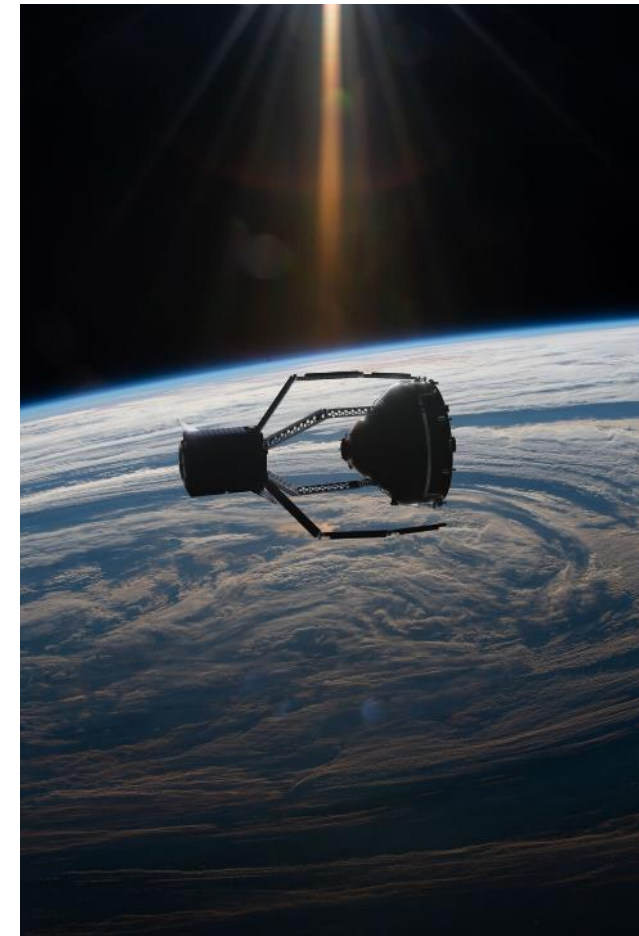
概要

- ESAが行うActive Debris Removal and In-Orbit Servicing(ADRIOS)計画は、スペースデブリを制御して安全に除去する技術の開発を目的としたプログラムである。
- 最初のプロジェクトとして実施されるClearSpace-1では、1基のサービス衛星で1つの対象物体に対し軌道上でランデブーとドッキングを行い、大気圏への再突入まで実証する予定である。
- 2028年の打ち上げを予定している。¹
- 将来的には1基のサービス衛星で複数の物体を除去する技術開発も視野に入れている。

契約企業について

- ClearSpace-1はスイス連邦大学ローザンヌ校から派生したスタートアップであるClearSpace社が率いるコンソーシアムと共同で実施している。プロジェクトの総額は1400万ユーロである。²

ClearSpace-1のドッキングイメージ



出所) https://www.esa.int/Space_Safety/ESA_purchases_world-first_debris_removal_mission_from_start-up(最終閲覧:2024年9月27日)

出所)1、https://www.esa.int/Space_Safety/ClearSpace-1(最終閲覧:2024年9月27日)

2、<https://clearspace.today/clearspace-sa-signs-service-contract-with-esa-to-carry-out-the-first-mission-to-remove-space-debris-in-orbit-in-2025/>(最終閲覧:2024年10月21日)

2-1-4. デブリを増やさない、減らすための技術は

(7)ARTES/Sunrise(欧州)

概要

- ARTES※は、ESAが実施する宇宙を利用した先進的通信システム構築の支援プログラムである。
- 2019年にESAとOneWebが提携して、次世代技術の進展を支援することを目的とするSunriseプロジェクトが発足した。
- 低軌道で役目を終えた人工衛星を複数捕獲し除去する衛星を開発・実証するELSA-Mミッションが行われており、英国宇宙庁とESAはSunriseプロジェクトを通じて1480万ユーロを拠出した¹。2026年頃に軌道上で実証することを目指している。²

契約企業について

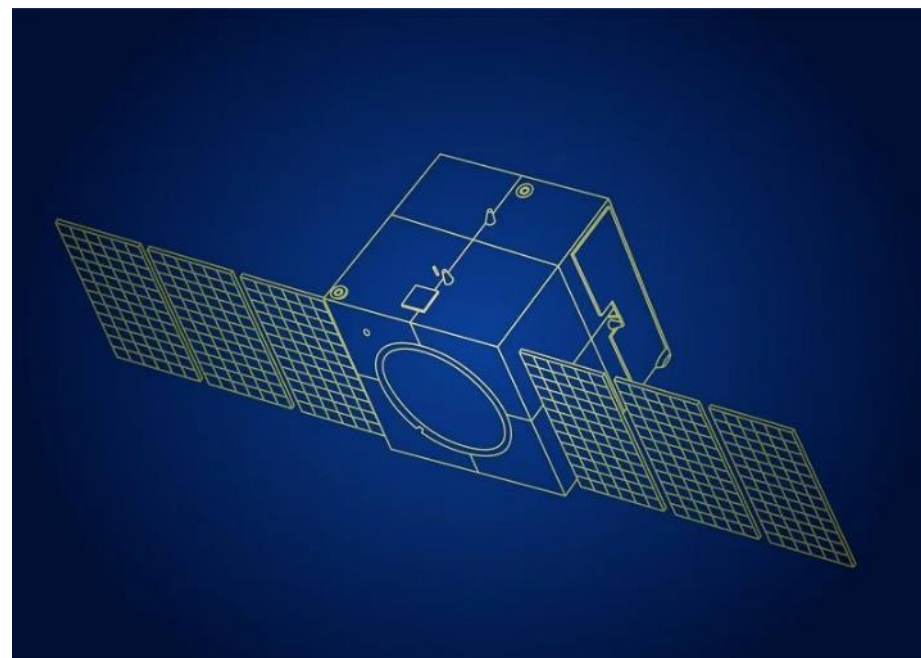
- ELSA-Mミッションは英国アストロスケール社とOneWeb社が提携して実施している。
- アストロスケールはデブリ除去技術を実証する商業ミッションであるELSA-dを実施した。ELSA-dで培われた技術が活用される予定である。²

※Advanced Research in Telecommunications Systems

出所)1、<https://prtimes.jp/main/html/rd/p/000000029.000067481.html> (最終閲覧:2024年9月30日)

2、<https://astroscale.com/ja/astrocales-elsa-d-successfully-demonstrates-repeated-magnetic-capture/> (最終閲覧:2024年9月30日)

ELSA-Mイメージ図



出所)

<https://prtimes.jp/main/html/rd/p/000000029.000067481.html> (最終閲覧:2024年9月30日)

2-1-4. デブリを増やさない、減らすための技術は

(8)GSTP/ADEO,ADEO-2(欧州)

概要

- GSTP※は、最先端の技術を宇宙ミッションで利用可能にするためにESAが設けた技術開発プログラムである。プログラムの年間予算は最大1億2000万ユーロである。¹
- GSTPの支援を受けて、ドイツ航空宇宙センター(DLR)がADEO、ADEO-2を開発している。
- サブシステムが衛星のミッションの終了や故障を認識し、4本のカーボン繊維製アームを展開する。アームにはアルミニウムでコーティングされたポリアミド製の膜を展開するシステムである。²
- 展開した膜によって抗力を生んで衛星を減速させ、大気圏に突入させる。²

契約企業について

- ドイツのHPS GmbHが生産を行っている。カスタマイズ品のほかに既製品も利用可能であり、ホームページから見積もりを請求することも可能である。³

※General Support Technology Programme

出所)1、<https://technology.esa.int/program/general-support-technology-programme>(最終閲覧:2024年10月21日)

2、https://www.esa.int/ESA_Multimedia/Images/2020/06/ADEO-2(最終閲覧:2024年9月30日)

3、<https://www.hps-gmbh.com/portfolio/adeo-deployable-dragsails/>(最終閲覧:2024年10月7日)

ADEO-2



出所)

https://www.esa.int/ESA_Multimedia/Images/2020/06/ADEO-2(最終閲覧:2024年9月30日)

(9) HORIZON 2020/EROSS(欧州)

概要

- 2014年～2020年に総額800億ユーロの規模で実施された研究イノベーション促進プログラムである。¹現在は、2021年～2027年までのHorizon Europeに引き継がれている。
- HORIZON 2020のテーマの一つに宇宙ロボティクス技術に関する戦略的研究クラスター(SRC)があり、LEO/GEO衛星向けの軌道上サービスを開発するプロジェクトであるEROSSに支援が実施された。²
- EROSSプロジェクトは、2026年までに衛星のランデブー、捕獲、ドッキング、燃料補給、パイロード交換の能力を実証するとしている。³

契約企業について

- EROSSプロジェクトは、Thales Alenia Space社がリーダーを務めている。³ Thales Alenia Space社が結んだ初期フェーズの契約は390万ユーロ、開発フェーズの契約は2598万ユーロである。⁴

出所)1、<https://www.eeas.europa.eu/eeas/%E3%83%9B%E3%83%A9%E3%82%A4%E3%82%BA%E3%83%B32020%20ja> (最終閲覧:2024年10月11日)

2、https://cordis.europa.eu/programme/id/H2020_SPACE-27-TEC-2020 (最終閲覧:2024年10月11日)

3、<https://www.thalesaleniaspace.com/en/press-releases/thales-alenia-space-lead-eross-iod-orbit-servicing-project> (最終閲覧:2024年10月11日)

4、<https://www.kratosdefense.com/constellations/articles/thales-alenia-space-led-team-wins-255m-contract-for-leo-in-orbit-refueling-mission> (最終閲覧:2024年10月21日)

EROSSプロジェクトイメージ図



出所)<https://www.thalesaleniaspace.com/en/press-releases/thales-alenia-space-lead-eross-iod-orbit-servicing-project> (最終閲覧:2024年10月11日)

2-1-4. デブリを増やさない、減らすための技術は

(10)ETP/GRASP(英国)

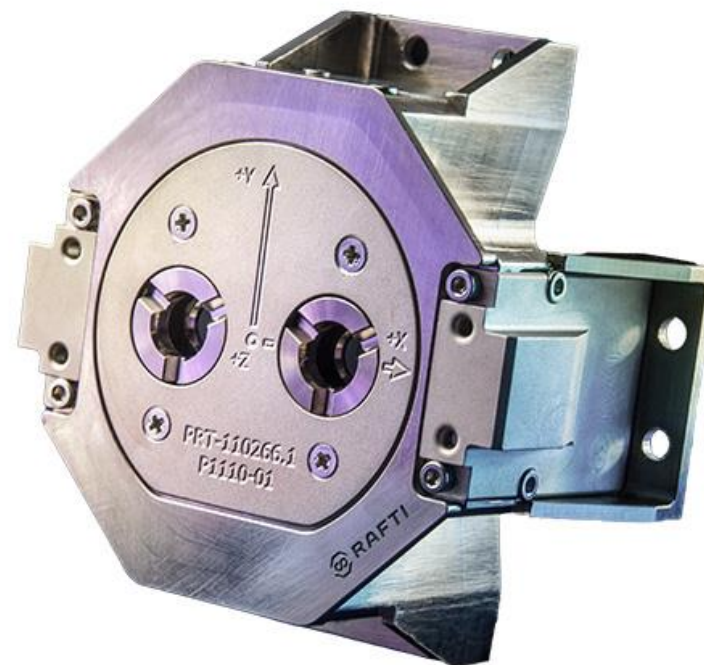
概要

- ETP※は、先進的な技術を開発する目的で英国宇宙庁が行う資金提供プログラムである。
- 対象は軌道上サービスおよび光学システムに関連するテーマとされている。¹
- 全6回の募集が行われる予定であり、2024年10月現在第4回までの募集がなされている²。1プロジェクト当たりの助成額は最大25万ポンドである。³

契約企業について

- 第3回の募集において、Orbit Fab社がGrasping and Resupply Active Solution for Propellants (GRASP)と呼ばれる軌道上燃料補給インターフェースの開発を提案し採用されている。²
- フライトモデルを2025年末までに製作するとしている。⁴

Orbit Fabが開発する機器の例



出所) <https://www.orbitfab.com/refueling-services/> (最終閲覧: 2024年10月4日)

※Enabling Technology Programme

出所) 1、<https://www.gov.uk/government/publications/announcement-of-opportunity-enabling-technologies-programme-call-one> (最終閲覧: 2024年10月4日)

2、<https://www.gov.uk/government/publications/enabling-technologies-programme/enabling-technology-programme-funded-projects-2023-ongoing> (最終閲覧: 2024年10月4日)

3、<https://space.blog.gov.uk/2024/09/17/what-is-the-enabling-technologies-programme/> (最終閲覧: 2024年10月21日)

4、<https://indico.esa.int/event/450/contributions/8917/attachments/5740/9496/01%20GRASP%20Presentation%20Clean%20Space%20Industry%20Days%202023.pdf> (最終閲覧: 2024年10月21日)

2-1-4. デブリを増やさない、減らすための技術は

(11)CRD2/ADRAS-J(日本)

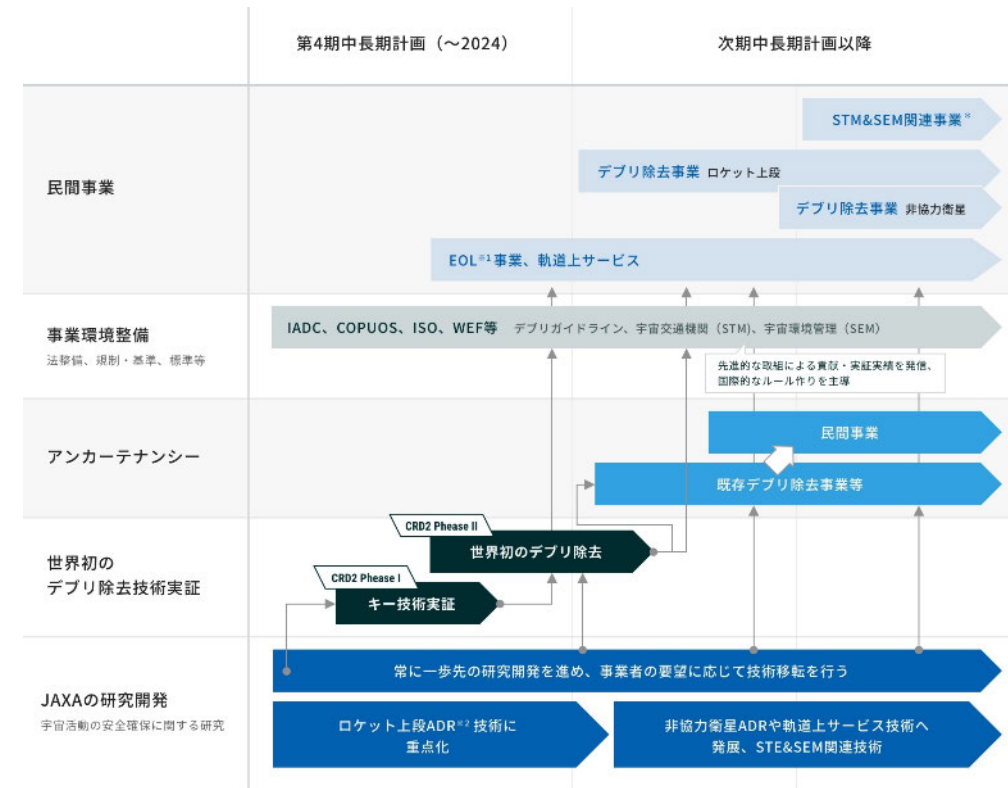
概要

- JAXAが行う能動的デブリ除去(ADR)の技術開発プログラムである。目的として、民間事業への寄与が明示されている。
- スペースデブリに接近し映像を取得するフェーズⅠ、さらなる映像を取得したのちに除去技術の実証を行うフェーズⅡの2段階で構成されている。
- フェーズⅠの衛星(ADRAS-J)は2024年2月に打ち上げられ、デブリへの接近・画像の取得に成功した。¹
- フェーズⅡの衛星は、2026年度以降に打ち上げられる予定である。²

契約企業について

- フェーズⅠ、フェーズⅡともにアストロスケールと契約を締結している。

CRD2の目的



出所) <https://www.kenkai.jaxa.jp/crd2/project/> (最終閲覧: 2024年9月27日)

出所) 1. <https://www.kenkai.jaxa.jp/crd2/news/index.html> (最終閲覧: 2024年9月27日)

2. <https://astroscale.com/ja/missions/cosmic/> (最終閲覧: 2024年9月27日)

2-1-4. デブリを増やさない、減らすための技術は

(12)革新的衛星技術実証/DRUMS,D-SAIL(日本)

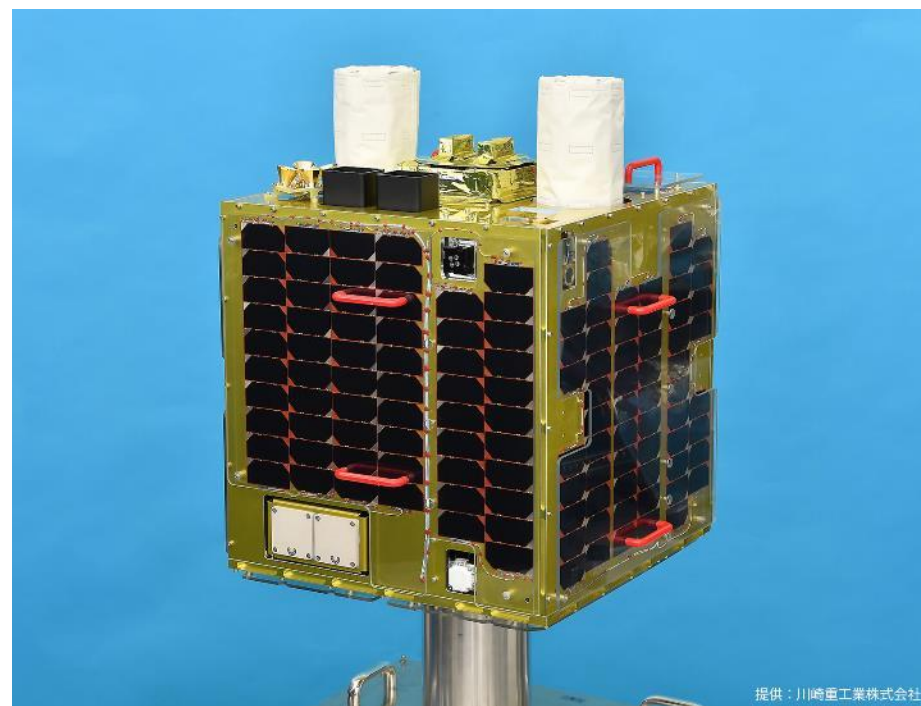
概要

- JAXAが行う、大学や研究機関、民間企業が開発した超小型衛星や部品、機器に宇宙空間での実証機会を提供するプログラムである。5号機まで計画されており、2024年10月現在3号機まで打ち上げられた。
- 2号機には、川崎重工業が開発したデブリ捕獲システムの実証機であるDRUMSが搭載された。疑似デブリに画像認識情報のみで接近し、デブリ捕獲機構の一部を実際に作動させることに成功した。¹
- 4号機には、アクセルスペースが開発する軌道離脱装置であるD-SAILが搭載されることが決定している。²

契約企業について

- アクセルスペースはD-SAILをサカセ・アドテック社と共同で開発した。³サカセ・アドテックが開発する発電・アンテナ機能を有する膜状装置も4号機に搭載されることが決定している。⁴

DRUMS



提供：川崎重工業株式会社

出所)

https://www.kenkai.jaxa.jp/kakushin/interview/02/interview02_11.html(最終閲覧:2024年9月30日)

出所)1、https://www.khi.co.jp/news/detail/20240315_1.html (最終閲覧:2024年10月18日)

2、<https://www.axelspace.com/ja/news/20230227/>(最終閲覧:2024年10月4日)

3、https://www.kenkai.jaxa.jp/kakushin/interview/03/interview03_08.html(最終閲覧:2024年10月18日)

4、<https://www.jaxa.jp/press/2023/02/20230208-1j.html>(最終閲覧:2024年10月18日)

2-1-4. デブリを増やさない、減らすための技術は

【概要】デブリ抑制・低減技術を開発する企業について

国内外の民間事業者が実施するデブリ抑制・低減に関わる技術開発

- 民間事業者においてもデブリ等の軌道上物体を増やさない(抑制)、あるいは減らすため(低減)の技術の開発が様々に行われている。
- アストロスケールやOrbitFab社は複数の国・地域で事業展開を行っている一方、特定の国で事業を展開している企業も多く存在する。
- 衛星運用者がデブリ抑制・低減技術を開発する形態、デブリ抑制・低減技術に注力する形態、デブリ抑制・低減技術に加えて他の天体におけるサービスも開発する形態が存在する。

カテゴリ	企業名	本社所在地
ADR、EOL、寿命延長	株式会社アストロスケール	日本
ADR、燃料補給	Space Logistics	米国
ADR	ClearSpace	スイス
	株式会社Orbital Laser	日本
自己除去	SAST	中国
	Vestigo Aerospace	米国
	株式会社BULL	日本
	株式会社アクセルスペース	日本
デブリ回収、リサイクル	CisLunar	米国
燃料補給、組み立て	Maxar	米国
燃料補給	OrbitFab	米国
無害化処置、制御再突入	三菱重工業株式会社	日本
軌道離脱、衝突回避	株式会社Pale Blue	日本

2-1-4. デブリを増やさない、減らすための技術は

(1)アストロスケール(日本)

概要

- 2013年に日本で設立された企業である。英国、米国、フランス、イスラエルなど、国外にも拠点をもちグローバルに事業を展開している。¹
- SSA、能動的デブリ除去、終了サービス、寿命延長など多岐にわたる分野で事業を展開している。²
- デブリ除去に関する技術を実証する商業ミッションとして、ELSA-dを行った。³

政府機関・政策との関わり

- ADRAS-J(CRD2)では、JAXAと契約してデブリ除去の実証に取り組んでおり、2024年12月にデブリから約15mの距離までの接近に成功した。
- 英国宇宙庁とESAとによって資金提供を受け、ELSA-Mミッションにおいて複数の運用終了機の除去を目指している。
- ELSA-Mの後継ミッションであるCOSMICプロジェクトも英国から受注している。⁴

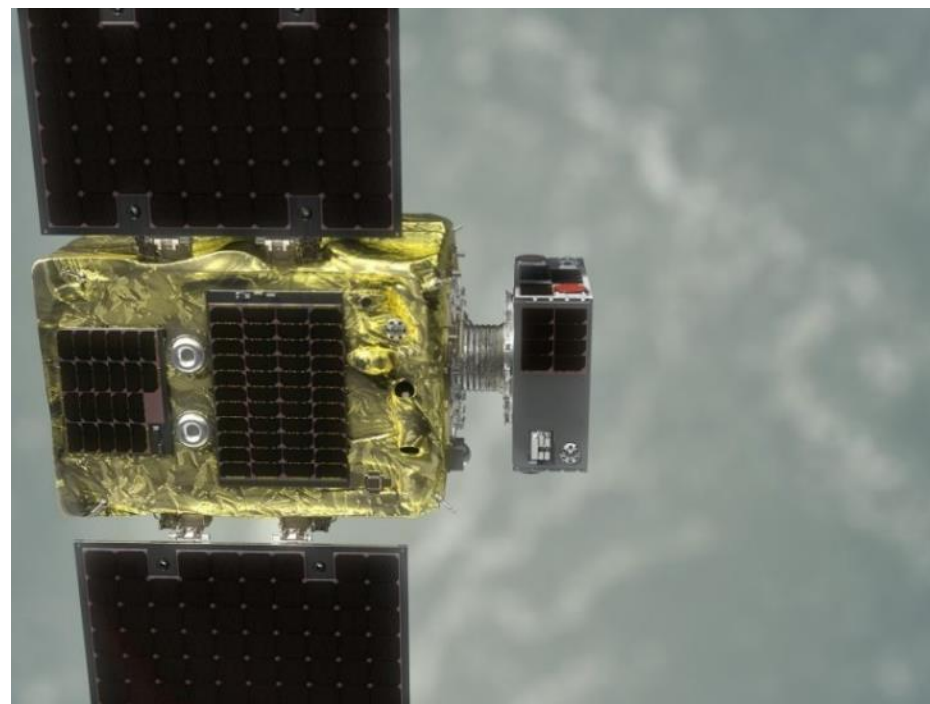
出所)1、<https://astroscale.com/ja/about-astroscale/about/> (最終閲覧:2024年10月21日)

2、<https://astroscale.com/services/> (最終閲覧:2024年10月21日)

3、<https://astroscale.com/ja/astrocales-elsa-d-successfully-demonstrates-repeated-magnetic-capture/> (最終閲覧:2024年10月21日)

4、<https://astroscale.com/ja/missions/cosmic/> (最終閲覧:2024年10月21日)

ELSA-d



出所)<https://astroscale.com/ja/astrocales-elsa-d-successfully-demonstrates-repeated-magnetic-capture/> (最終閲覧:2024年9月30日)

2-1-4. デブリを増やさない、減らすための技術は

(2)Space Logistics(米国)

概要

- 商業衛星サービスを提供する目的で設立された、ノースロップ・グラマンの完全子会社である。
- 燃料補給を実施するとともに衛星の姿勢制御や軌道維持を支援し、運用寿命を延ばし長期間のミッションを可能にするシステムであるMEPやMEV、宇宙でのロボット作業を行うためのシステムで、衛星の修理や宇宙デブリの除去に使用されるMRVを開発している。¹

政府機関・政策との関わり

- MEP/MEVは、DARPAが実施したプログラムであるRSGSの支援を受けて開発された。
- MRVは、MEVで用いられた技術に加えて米国海軍研究所が開発しDARPAが提供したロボットアームパイロードが組み込まれている。¹

MRVのイメージ(左の機体)



出所)

https://news.northropgrumman.com/news/releases/spacelogistics-announces-launch-agreement-with-spacex-and-first-mission-extension-pod-contract-with-optus?_gl=1*122e7re*_ga*MjA1MTYzNDYxNS4xNzI3OTE3ODU2*_ga_7YV3CDX0R2*MTcyOTUwNDM0MS4xLjAuMTcyOTUwNDM0MS42MC4wLjA。(最終閲覧:2024年10月21日)

出所)1、<https://www.northropgrumman.com/space/space-logistics-services>(最終閲覧:2024年10月21日)

(3) ClearSpace(スイス)

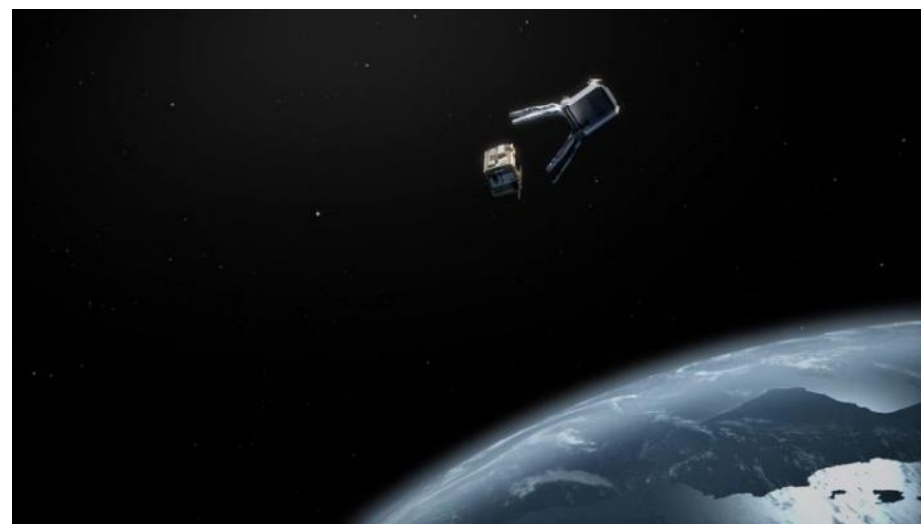
概要

- スイス連邦大学ローザンヌ校から派生したスタートアップである。欧州や英国において事業を展開している。
- アーム状の構造物を用いて対象となる衛星を捕獲し除去するシステムを開発している。¹
- Intelsat、LeoLabs、Orbit Fabのそれぞれと提携している。²

政府機関・政策との関わり

- ClearSpace-1プロジェクトでは、ESAから資金提供を受けた。
- CLEARプロジェクトは、英国宇宙庁との契約によって行われた。低軌道衛星の除去に関する実現可能性調査が成功裏に終わったため、ミッションの予備設計を行うフォローアップ契約も獲得した。³

衛星の捕獲イメージ



出所) <https://clearspace.today/uk/> (最終閲覧: 2024年10月21日)

出所) 1. <https://clearspace.today/uk/> (最終閲覧: 2024年10月21日)
2. <https://clearspace.today/about-clearspace/> (最終閲覧: 2024年10月21日)
3. <https://clearspace.today/uk/> (最終閲覧: 2024年10月21日)

(4)Orbital Laser(日本)

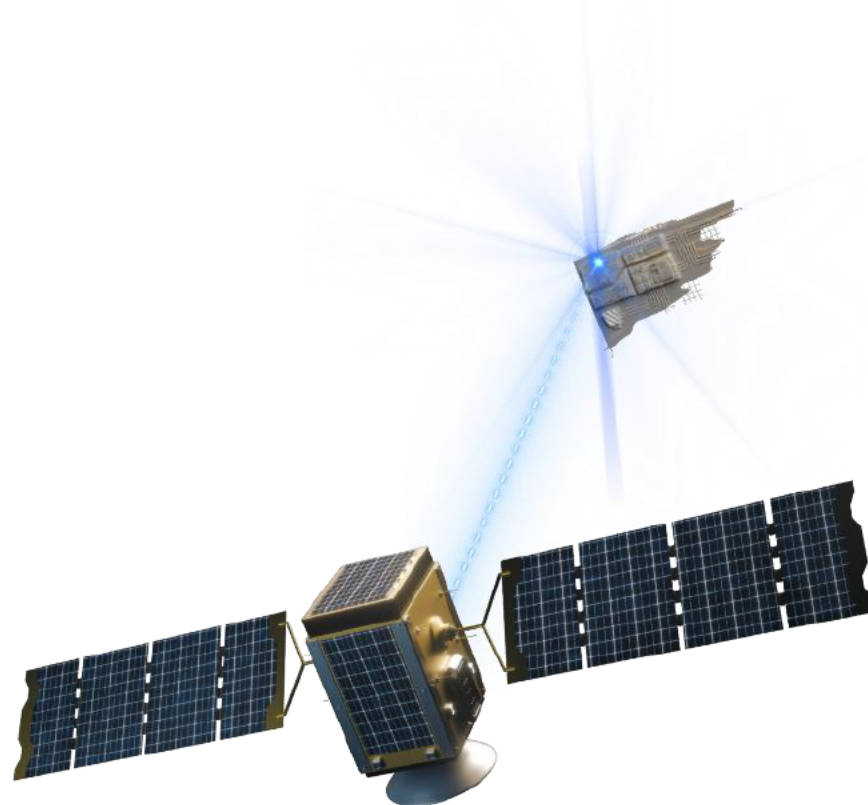
概要

- スカパーJSATからカーブアウトした企業であり、スペースデブリ除去事業と衛星からのレーザーにより地表面観測を行う衛星ライダー事業を行っている。¹
- デブリ除去事業では、レーザー光をデブリに照射することで表面の物質をプラズマ化・気化させるレーザーアブレーション技術を使用する。²
- レーザーアブレーションによりわずかな推力を発生させ、デブリの軌道を変更する。どんな物体にも適用可能である点、回転物体に適用し安全に回転運動を止めることができる点が利点とされている。²

政府機関・政策との関わり

- 2024年10月、地表面の高さを計測する高度計ライダー衛星の研究開発契約をJAXAとの間で締結した。³

開発中の衛星イメージ



出所) <https://www.orbitallasers.com/> (最終閲覧: 2024年10月21日)

出所) 1. <https://www.orbitallasers.com/ourstory/> (最終閲覧: 2024年10月21日)
2. <https://www.orbitallasers.com/business/> (最終閲覧: 2024年10月21日)
3. <https://www.orbitallasers.com/news/news2.html> (最終閲覧: 2024年10月21日)

(5)SAST(中国)

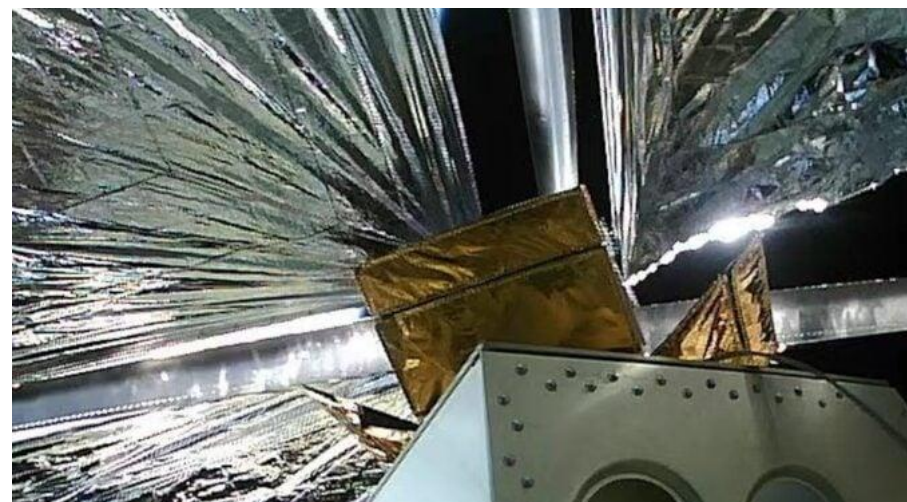
概要

- 中国航天科技集团公司(CASC)の傘下である上海宇宙技術研究院(SAST)が軌道離脱システムを開発している。
- SASTは長征ロケットの開発などを行っている大手の宇宙企業である。¹
- 開発しているシステムは、10 μ m程度の薄い膜を展開し、抗力を生んでスペースデブリを減速させ、大気圏に突入させる。²
- 2022年、長征D2ロケットの上段コンポーネントに取り付けて展開された。約2年後に地球の大気圏に再突入すると予測されている。¹

政府機関・政策との関わり

- CASCは国有企業である。SASTも長征ロケットなどの国家宇宙計画を担っている。

SASTのシステム画像



出所) <https://gizmodo.com/china-tests-drag-sail-for-removing-space-junk-1849164131> (最終閲覧: 2024年10月2日)

出所) 1、<http://www.sast.cn/n1323886/n3333038/index.html> (最終閲覧: 2024年10月21日)

2、<https://gizmodo.com/china-tests-drag-sail-for-removing-space-junk-1849164131> (最終閲覧: 2024年10月2日)

2-1-4. デブリを増やさない、減らすための技術は

(6)Vestigo Aerospace(米国)

概要

- 太陽光を帆に受けて推力を得ることを試みた LightSailプログラムに触発されて2019年に設立されたベンチャー企業である。¹
- 軽量のアームとそれに付随した膜を展開し、抗力を生んで衛星を減速させ、大気圏に突入させる、Dragsailsと呼ばれるシステムを開発している。²
- FCCによって制定された「5年間ルール」に対応可能であるとしている。²

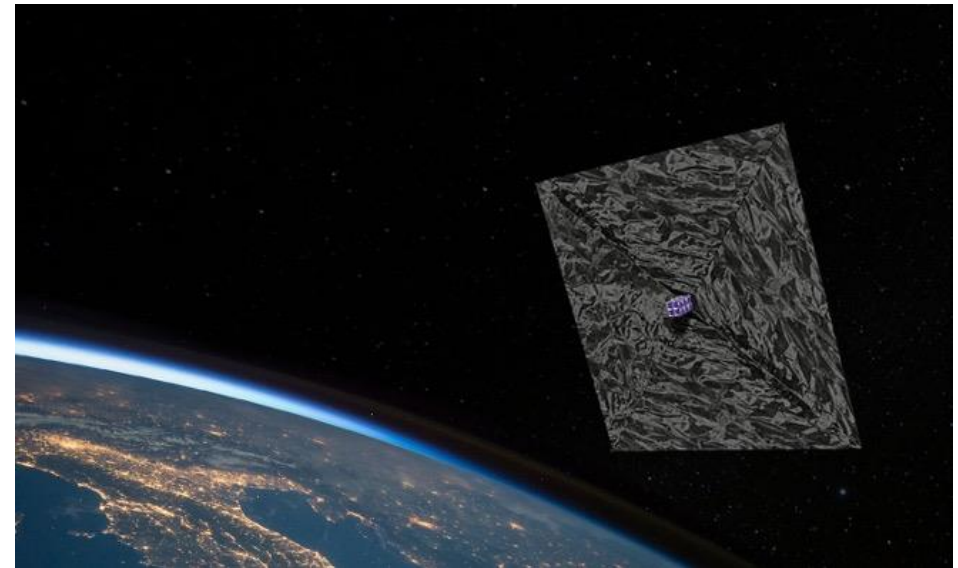
政府機関・政策との関わり¹

- NASAによるSBIRにおいて、2019年にフェーズⅠ、2020年にフェーズⅡをそれぞれ獲得し研究開発を行った。
- 2022年には、製品ラインの商業製造プロセスの確立を目標として、SBIRフェーズⅡの延長契約を獲得した。

出所)1、<https://vestigoaerospace.com/about/>(最終閲覧:2024年10月21日)

2、<https://vestigoaerospace.com/>(最終閲覧:2024年9月30日)

ADEO-2



出所)

https://www.esa.int/ESA_Multimedia/Images/2020/06/ADEO-2(最終閲覧:2024年9月30日)

2-1-4. デブリを増やさない、減らすための技術は

(7)BULL(日本)

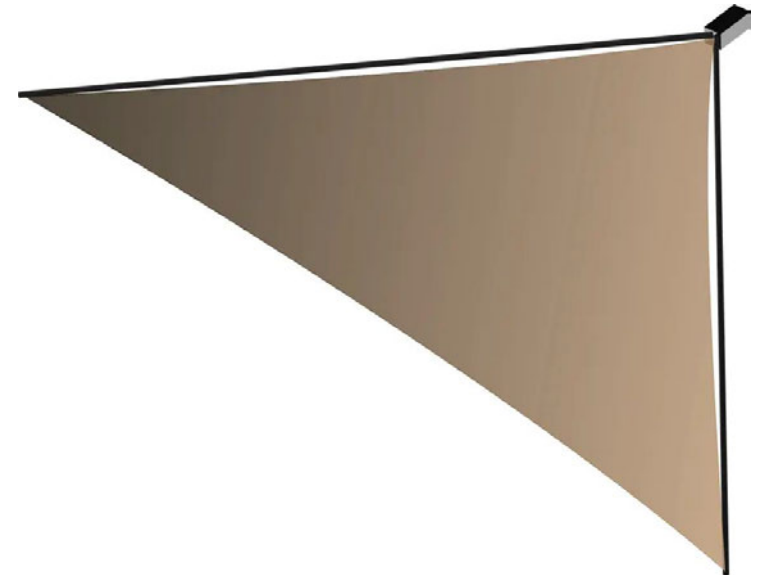
概要

- 栃木県宇都宮市を拠点に、デブリの発生防止(Post Mission Disposal、PMD)装置を開発する企業である。
- 打上前のロケットや人工衛星に予め搭載し、軌道上で構造物を展開させる事で大気抵抗を増大させ、対象物体を迅速に減速・軌道離脱させる。
- 2024年、PMD装置のイプシロンSロケットの上段部へ搭載するための検討をJAXAと行うことを発表した。¹
- ①Ariane 6ロケットへの搭載に関し仏国Arianespace社と²、②Vega-Cロケットへの搭載に関し伊国Avio社と³の間で実現可能性検討をそれぞれ開始済みであり、海外ロケット事業者との連携を見込む。

政府機関・政策との関わり

- 2023年、栃木県のスタートアップ企業グロースサポートプログラムの支援を受けた。⁴
- 文部科学省のSBIRで支援を受けており、2023年にフェーズ3にも採択され衛星等のデブリ化を防止する軌道離脱促進装置の開発・実証を行う。⁵
- 2024年、経済産業省・JETROによるJ-StarX「Europe Long-term Program (France)」に採択。⁶

PMD装置のキービジュアル



出所)

<https://prtimes.jp/main/html/rd/p/000000012.000113020.html>(最終閲覧:2025年2月17日)

- 出所)1、<https://prtimes.jp/main/html/rd/p/000000009.000113020.html>(最終閲覧:2024年10月2日)
 2、<https://prtimes.jp/main/html/rd/p/000000011.000113020.html>(最終閲覧:2025年2月7日)
 3、<https://prtimes.jp/main/html/rd/p/000000014.000113020.html>(最終閲覧:2025年2月17日)
 4、<https://www.pref.tochigi.lg.jp/f03/startup/r5.sgp.html>(最終閲覧:2024年10月2日)
 5、<https://prtimes.jp/main/html/rd/p/000000007.000113020.html>(最終閲覧:2024年10月2日)
 6、<https://prtimes.jp/main/html/rd/p/000000013.000113020.html>(最終閲覧:2025年2月17日)

2-1-4. デブリを増やさない、減らすための技術は

(8) アクセルスペース(日本)

概要

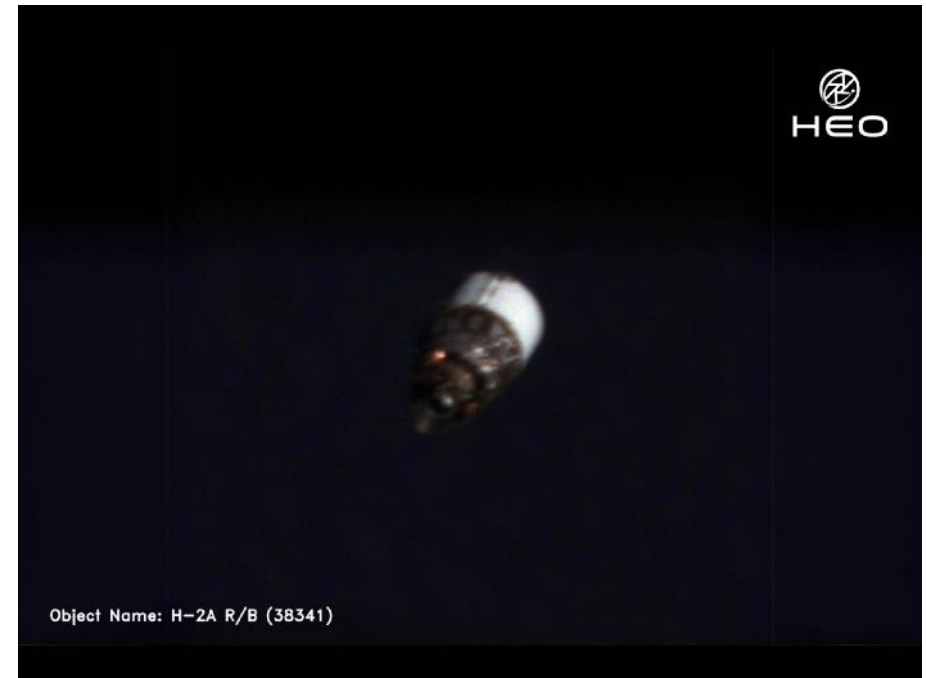
- 2008年に設立された企業で、自社で運用する衛星により取得した画像を用いたサービスであるAxelGlobeや、衛星を活用してサービスを展開したい企業向けのAxelLinerサービスを展開している。¹
- AxelGlobeサービスでは、地上のみならず軌道上を周回する物体を撮影することもできるため、SSAサービスも提供可能である。¹
- 膜状の軌道離脱装置であるD-SAILを開発している。

政府機関・政策との関わり

- D-SAILは、JAXAの革新的衛星技術実証4号機に搭載されることが決定している。
- AxelGlobeは、国土地理院が進める「衛星・AIを活用した地図更新の効率化」に採用された。電子国土基本図の整備・更新に利用される。²

出所)1、<https://www.axelspace.com/ja/services/>(最終閲覧:2024年10月21日)
2、<https://www.axelspace.com/ja/news/axelglobe-gsi/>(最終閲覧:2024年10月21日)

AxelGlobeによる物体画像



出所)<https://www.axelspace.com/ja/services/>(最終閲覧:2024年10月21日)

(9)CisLunar Industry(米国)

概要

- 宇宙空間において利用可能な電力システムと金属加工技術を開発している企業である。¹
- 国際宇宙ステーション内の金属廃棄物のリサイクルであるMPaaS、スペースデブリの回収・リサイクルを行うJunkRサルベージサービスなどを開発している。²
- 軌道上サービスのほか、月面上でのインフラ構築に関する技術も開発している。³

政府機関・政策との関わり

- NASAのSBIRにて、CisLunarが提案するFoundry for On-Orbit Recycling and Metal Materials Productionが採用された。
- 月面でのインフラ構築に向けた検討を行うDARPAのLunA-10に参画した。³

CisLunarの試作機



出所) <https://www.cislunarindustries.com/products> (最終閲覧: 2024年10月21日)

出所) 1、 <https://www.cislunarindustries.com/> (最終閲覧: 2024年10月21日)

2、 <https://www.cislunarindustries.com/products> (最終閲覧: 2024年10月21日)

3、 <https://www.cislunarindustries.com/post/cislunar-industries-secures-lunar-foothold-with-darpa-luna10-award> (最終閲覧: 2024年10月21日)

(10) Maxar(米国)

概要

- 衛星を自社で運用し地球観測、衛星通信などのサービスを提供している企業である。
- 軌道上の衛星に推進剤を補給する衛星であるOSAM-1や軌道上で組み立てを行うアームであるSPIDERの開発のほか、火星での組み立てを行うアームや月面上・火星上での電力・動力源を得るシステムも開発していた。¹

政府機関・政策との関わり

- OSAM-1はNASAのプログラムであるTDMから支援を受けていたが、目標未達となり支援プロジェクトは中止となった。

Maxarが開発したアーム



出所) <https://www.maxar.com/maxar-space-systems/products/robotics-and-support> (最終閲覧: 2024年10月21日)

出所) 1、https://cdn.mediavalet.com/usva/maxar/ioApZbZoAUOwOrXHi7d-7w/_bdDW9r_ska-F1E9rOPicA/Original/60002-handout-osam-1-09-2020.pdf (最終閲覧: 2024年10月21日)

(11) OrbitFab（米国）

概要

- 2018年に設立された、運用中の衛星に燃料を補給するシステムを開発する企業である。RAFTIと呼ばれる専用のインターフェースを搭載した衛星にドッキングして燃料を補給する。¹
- 燃料補給サービスの開始は2025年を予定している。GEO衛星に100kgのヒドラジン燃料を補給するサービスを2000万ドルで提供するとしている。¹
- 2025年には、アストロスケールのGEO衛星に最大1000kgのキセノンを補給する予定である。¹

政府機関・政策との関わり

- 2022年に米国宇宙軍と契約を締結した。2025年に宇宙軍の衛星に燃料を補給する予定である。¹
- 英国宇宙庁が主導するCLEARミッションに参加し、ClearSpaceの衛星にRAFTIを搭載した。今後燃料補給を実施する予定である。²
- ETPプログラムにて、英国宇宙庁の支援を受けた。

軌道上に設置する燃料タンクのイメージ



出所) <https://www.orbitfab.com/news/hydrazine-fuel-price/> (最終閲覧: 2024年10月21日)

出所) 1、<https://www.orbitfab.com/> (最終閲覧: 2024年10月21日)
2、<https://www.orbitfab.com/news/clear-mission/> (最終閲覧: 2024年10月21日)

2-1-4. デブリを増やさない、減らすための技術は

(12) 三菱重工業（日本）

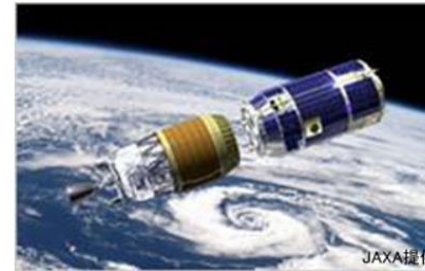
概要

- 三菱重工業（MHI）は、宇宙開発分野で特にH-IIA、H-IIB、H3ロケットの開発・製造・打ち上げにおいて重要な役割を担っている。¹
- ミッション終了後のロケット上段を安全な海域への制御落下（コントロールドリエントリー）も進めており、H-IIBでは全ミッション成功、H3も2号機で成功している。
- ロケット上段の残存推進剤の排出や、指令破壊用火工品の誤爆防止等によりデブリ発生リスクを低減する取り組みをしている。
- ロケット上段の軌道上での挙動モニタや、飛行経路修正により軌道上物体との衝突回避に関する技術開発に取り組んでいる。

政府機関・政策との関わり

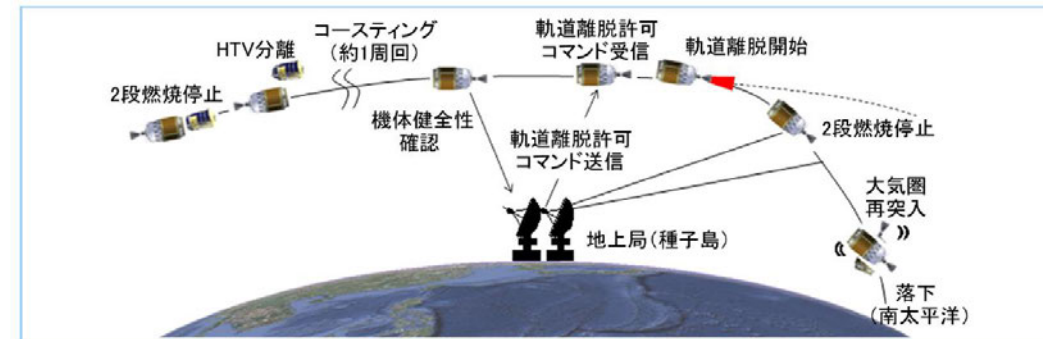
- JAXAと協力し、ロケット上段の制御落下技術の開発・実証をしている。²
- ロケット上段モニタ技術に関してJAXAと共同研究中。

ロケット上段によるコントロールドリエントリー



制御再突入 (Controlled Reentry)

H-IIB : 全ミッション成功
H3 : TF2にて実証



出所) https://www.mhi.co.jp/technology/review/jp/abstractj-48-4-17.html?utm_source=chatgpt.com (最終閲覧: 2025年2月6日)

出所) 1, <https://www.mhi.com/jp> (最終閲覧: 2025年2月6日)
2, https://www.jaxa.jp/press/2024/02/20240217-1_j.html (最終閲覧: 2025年2月12日)

2-1-4. デブリを増やさない、減らすための技術は

(13) Pale Blue (日本)

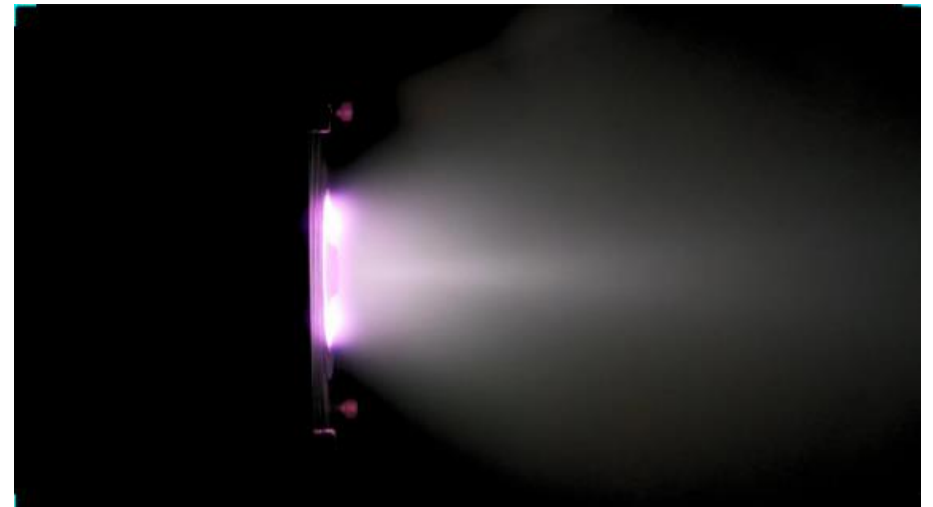
概要

- 2020年に設立された、小型人工衛星向けの推進機(エンジン)の研究開発、製造、及び関連サービスを提供する企業である。
- 3Uキューブサットから700kgの衛星まで、さまざまなミッションに適した高度な電気推進システムを提供している。¹
- 提供するシステムは推進剤として水を使用し、高圧貯蔵を必要としないため、宇宙での推進に安全でコスト効率が高く、持続可能なソリューションをもたらす。¹

政府機関・政策との関わり

- 2023年、文部科学省の中小企業イノベーション創出推進事業(SBIRフェーズ3)に採択され、最大約40億円の規模で人工衛星の軌道離脱及び衝突回避のための超小型水イオンスラスタ及び水ホールスラスタの開発・実証を行っている。¹²³

水ホールスラスタ 試験



出所) https://pale-blue.co.jp/jpn_news/417/ (最終閲覧: 2025年2月6日)

出所) 1、<https://pale-blue.co.jp/> (最終閲覧: 2025年2月6日)

2、https://www8.cao.go.jp/space/taskforce/debris/stm/dai2/siryou3_1.pdf (最終閲覧: 2025年2月6日)

3、https://pale-blue.co.jp/jpn_news/417/ (最終閲覧: 2025年2月6日)

2-1-5. 宇宙空間の管理をどのように行っていくのか

- 国連、国際機関、各国における規制・ルール作りの動向
 - 宇宙空間の管理に関連するルール・法制度の概観
 - 国際機関・各国・地域のルール・法制度について

2-1-5. 宇宙空間の管理をどのように行っていくのか

【概要】宇宙空間の管理に関連するルール・法制度の概観

- 宇宙交通管理に関わるルール・法制度は、国連等の国際機関、各国・地域、そして産業界やアカデミアが参画するコミュニティなど様々なレイヤーで取り組まれている。
- 国際機関のレベルでは、国連においてこれまで2つのガイドラインが制定されており、また宇宙機関が参加しているIADCにおいても国連に先立ちデブリ低減のガイドラインが策定されている。また、ISOにおいては、衝突回避に関する規格等が制定されている。
- 国・地域のレベルでは、デブリの増加や大規模コンステレーションの出現を受け、従来より踏み込んだルール・法制度等を整備する動きがでてきている。米国では、FCCがミッション終了後の大気圏再突入までの期間を25年以内から5年以内に短縮する規則の運用を開始し、ESAでは、ゼロ・デブリ・チャーターというデブリ低減に向けた国際合意を主導している。また、フランスでは大規模コンステレーションに特化した条項を含む形で宇宙活動法を改正した。
- 各国・地域のルール・法制度は、即時に我が国に適用されるものではないが、同様のルール・法制度の制定を要求される可能性もあり、我が国企業に与える影響を分析しつつ、その動向に注視が必要である。また、我が国産業界の支援を意図し、海外に積極的にアピールできるようなルール・法制度を検討していくことも重要である。

国・地域・国際機関	内容等
UN COPUOS	✓ 2007年にスペースデブリ低減ガイドラインを、2018年に宇宙の長期的持続可能性(LTS:Long-term Sustainability)ガイドラインを作成
IADC	✓ 2002年に先進国宇宙機関間で初めての合意となるIADCスペースデブリ低減ガイドラインを策定
ISO	✓ 物体の接近状態が衝突につながる確率の計算方法、軌道上物体の衝突回避ワークフロー等について規定している規格を策定
米国	✓ FCC規則の改正(ミッション終了後の大気圏再突入までの期間を25年以内から5年以内に短縮) ✓ NASAとSpaceXが、両者の衛星が接近した際にSpaceX側が回避行動をとることで合意
欧州	✓ ESAがデブリ低減及び改善のための目標を定めたゼロ・デブリ・チャーターを2023年6月に発表
仏国	✓ 2024年7月にFrench Space Operation Actを大規模コンステレーションに特化した条項を含む形で改定

(1) UN COPUOS | ガイドラインの制定

概要

- 宇宙空間平和利用委員会(COPUOS) は、宇宙空間の研究に対する援助、情報の交換、宇宙空間の平和利用のための実際的方法及び法律問題の検討を行い、これらの活動の報告を国連総会に提出する国連機関である。
- 2007年に国連スペースデブリ低減ガイドラインを、2018年に宇宙の長期的持続可能性(LTS:Long-term Sustainability)ガイドラインを作成した。

具体的な規制内容

- スペースデブリ低減ガイドラインでは、放出されるデブリ数の最小化、ミッション終了後の残留エネルギー除去、低軌道物体の除去、運用が終了した静止軌道衛星の上方離脱などが求められている。詳細についてはIADCスペースデブリ低減ガイドラインを参照することが推奨されている。
- LTSガイドラインでは、国家及び国際的な政府間機関に対して、スペースデブリ低減の基準またはガイドラインを満たして宇宙物体が製造者や運用者によって設計されるよう奨励すべきとしている。

(2)IADC | スペースデブリ低減ガイドライン

概要

- Inter-Agency Space Debris Coordination Committee (IADC) は、宇宙機関同士でスペースデブリに関する活動を調整するための組織であり、NASA、JAXA、ESA、DLRなどが加盟している。
- 2002年に先進国宇宙機関間で初めての合意となるIADCスペースデブリ低減ガイドラインを制定した。スペースデブリ低減ガイドラインは、直近で2025年1月に改定されている。
- スペースデブリ低減ガイドラインに定められた事項を満たすための参考文書として、Support to IADC Guidelinesと呼ばれる補助文書も作成されている。

具体的な規制内容

- スペースデブリ低減ガイドラインでは、衛星の運用終了後に破裂をもたらす可能性のあるエネルギーは速やかに枯渇させるべきこと、低軌道の物体は直接再突入か25年以下の軌道に投入されるべきことが記載されている。
- Support to IADC Guidelinesでは、再突入に必要な推進剤の量、再突入の安全性を評価するパラメータ等について記載されている。

(3)ISO | 衝突回避やスペースデブリに関連する規格

概要

- 国際標準化機構(ISO)は、国際取引の円滑化を目的として、各種製品やマネジメントサービスの国際的な規格を制定している非政府機関である。
- TC20/SC13において宇宙分野のデータと情報転送システムに関連する標準化を、TC20/SC14においては、宇宙システム・運用分野における、設計・製造、試験、運用システム、維持管理、材料プロセス、デブリ低減、宇宙利用サービスの標準化を取り扱っている。¹
- SC14のWG3では運用及び地上サポートの分野を取り扱っており、衝突回避のためのリスクの予想、アクション、データ共有についての標準の策定を行っている。また、SC14のWG7は軌道上デブリ調整の分野を取り扱っており、デブリ削減に関する国際規格の制定支援、及び体系化及び国際間調整に関する標準を定めている。²

具体的な規制内容

- TC20/SC13では、ISO 26900にて宇宙機の軌道情報の伝達に使用するためのメッセージフォーマットを、ISO 19389にて宇宙物体の接近情報に関するメッセージフォーマットを規定している。³
- TC20/SC13が策定したISO 26900は2024年に改定され、物体の接近状態が衝突につながる確率の計算方法、軌道上物体の衝突回避ワークフローについて記載された。⁴
- TC20/SC14が策定したISO 24113では、宇宙機器や衛星が宇宙空間で運用される際に生成されるデブリを最小化することを目的とし、設計段階でデブリが最小限になるような要件の提供、運用終了後の衛星の軌道変更及び衛星廃棄についての手順などが記載されている。

出所)1、https://www.sjac.or.jp/pdf/std/std_uchu/20150409.pdf(最終閲覧:2025年2月13日)

2、https://www.sjac.or.jp/pdf/std/std_uchu/20230906.pdf(最終閲覧:2025年2月13日)

3、<https://sma.jaxa.jp/TechDoc/Docs/JAXA-JERG-2-400-HB201G.pdf>(最終閲覧:2025年2月14日)

4、<https://www.iso.org/standard/85529.html>(最終閲覧:2024年10月22日)

(4)米国 | FCCによる大気圏再突入に関する新ルールの適用

概要

- FCC(Federal Communication Commission)は、米国において通信や電波の規制を行う機関であり、衛星への周波数割り当ても担当している。
- 2022年に、低軌道衛星についてミッション終了後の廃棄措置(大気圏再突入等)の期限を従来の25年以内から5年以内に短縮する方針を発表した。なお、ミッション終了とは衝突回避行動(collision avoidance maneuvers)を行えなくなった時点と定義されている。
- 施行まで2年間の猶予期間が設けられた。

具体的な規制内容

- 2024年9月30日以降に打ち上げられる衛星に対しては、ミッション終了後5年以内に廃棄することが求められることから、すでに許可取得済みであっても5年以上の期間を予定していた場合は、2024年3月までの修正申請が求められた。
- 米国外の事業者であっても、米国市場へアクセスする場合には5年ルールの適用対象となる。

(5)米国 | FAAによるロケット上段に関する新ルールの公表

概要

- FAA(連邦航空局)は、民間打上げ事業者に対して打上げ後のロケット上段等の軌道上デブリの処分を義務付ける規則の制定を目指し、2023年9月に規則案を公表している。
- 5mm以上の軌道上のデブリは25年以内に頻繁に使用される領域から除去する必要があるとの認識のもと、FAAの商業打上げライセンスを持つ企業に、5つのアプローチから方法を選択することを求めるもの。
- FAA商業宇宙輸送担当副長官のコールマン氏は今年9月、「軌道上デブリのルールが2025年中に発表されることを期待している」と述べている。

具体的な規制内容

- 5つのアプローチ:
 - 30日以内に、①制御された廃棄、②廃棄軌道への移動、③地球脱出軌道への移動、を行うことを選択、あるいは、④ミッション完了後5年以内のデブリの回収、⑤定められたリスクの基準を満たす場合は、25年以内の大気圏再突入 を選択
- そのほか、ロケット上段の通常オペレーション中に放出されるデブリ量の制限や、計画寿命にわたって10cm以上の宇宙物体と衝突するリスクを1000分の1に抑えること、等の内容も含まれている。

(6)米国 | NASAとSpaceXとの回避行動に関する協定

概要

- 2021年、NASAとSpaceXはお互いの衛星が接近した際の回避行動についての協定を締結した。
- NASAの衛星やその他宇宙アセットがSpaceXのStarlink衛星に接近した場合、Starlink衛星が回避行動をとること、同時に回避行動をとってしまうことを防ぐため、特段の通知がない限りNASAの衛星は回避行動をとらないことが合意された。
- Starlink衛星には飛行する軌道の推定機能、自動操縦機能などが搭載されており、それらのデータをSpaceXはNASAに共有することも合意された。

具体的な規制内容

- NASA以外の組織や事業者については何も規定されていないことから、それらの衛星とStarlink衛星とが接近した場合、協議によって回避行動が決定される。

(7) 欧州 | ゼロ・デブリ・チャーターの発表

概要

- 2023年6月にESAがゼロ・デブリ・チャーターを策定することを発表した。策定段階からAirbus Defence and Space, OHB, Thales Alenia Spaceなどの欧州企業をはじめとして多くの民間企業を巻き込んだ形で検討された。¹
- 2023年11月に内容が発表され、2024年5月時点で12か国と100以上の組織が署名している²が、法的拘束力を持たない合意である。

具体的な規制内容³

- 基本理念として、意図しないデブリの発生は最小化されるべきこと、デブリによる悪影響を可能な限り軽減すべきこと、デブリの数やその影響の理解向上のためには協調的な取り組みを継続する必要があることを掲げている。
- 各自の能力や制約の範囲内で、以下のような共同目標に貢献することを求めている。
- 衝突や粉砕によってデブリが生じる可能性を軌道上に存在する全期間にわたって1/1000以下にすること、低軌道衛星は運用終了後99%以上の成功率で除去されるべきこと、再突入に伴う事故の可能性を1/10000以下にすること
- 低軌道では最低でも5cm、静止軌道では最低でも20cmの大きさの物体について、回避行動を決定するため正確で即時性のある情報にアクセスできること

出所)1、<https://esoc.esa.int/esa-announces-zero-debris-charter-initiative> (最終閲覧:2024年10月22日)

2、https://www.esa.int/Space_Safety/Space_Debris/Twelve_countries_sign_the_Zero_Debris_Charter (最終閲覧:2024年10月22日)

3、https://esoc.esa.int/sites/default/files/Zero_Debris_Charter_EN.pdf (最終閲覧:2024年10月22日)

(8)フランス | 宇宙活動法の改正

概要

- 2024年7月、French Space Operation Act及びその技術的履行規則であるT4SCが改定された。
- 単独で運用される衛星に要求される再突入までの期間が短縮された。
- また、大規模コンステレーションで使用される衛星については、コンステレーションの規模別に規制する条項を設けた。

具体的な規制内容

- 単独で運用される衛星が廃棄後軌道に残存する期間は、運用フェーズが1年未満のシステムについては3年、運用フェーズが1年を超えるシステムについては運用フェーズ期間の3倍または25年のうち短い期間とされた。
- コンステレーションの各衛星については、サービス終了後軌道に残存する期間は1,000機未満のコンステレーションについては5年を、1,000機以上のコンステレーションについては2年を上限とした。

(9) オーストラリア | 宇宙活動関連法の制定

概要

- 2018年、Space (Launches and Returns) Actが制定された。オーストラリア国内で行われる宇宙船の打上げや再突入に関連する活動に関する基準や要件を定めている。
- Space (Launches and Returns) Actで定められた基本的な枠組みを具体的に実施するための手続きとガイドラインに関する規則として、2019年にSpace (Launches and Returns) (General) Rulesが制定された。

具体的な規制内容

- Space (Launches and Returns) Act 第34条2項において、打上げ許可の申請にはデブリ軽減戦略を加えなければならないと規定されている。
- 打上げ事業者が作成するデブリ軽減戦略について、Space (Launches and Returns) (General) Rulesでは国際的に認められたガイドラインまたは基準に基づいて作成すること、依拠したガイドラインまたは基準を明示すること、計画した軽減措置を記述することが求められている。

(10)英国 | 宇宙産業法の制定

概要

- 2018年、宇宙産業法(Space Industry Act)が制定された。英国国内での宇宙活動を規定し、打ち上げ、運用、及び宇宙空間でのその他の活動に関する免許制度を設ける。また、宇宙港の設置や運営に関する規定も含まれている。¹
- 2023年に英国下院の科学・革新・技術特別委員会による「英国宇宙戦略と英国衛星インフラ:打ち上げに関するライセンス制度の見直し」、2024年に英国宇宙庁の「軌道上の責任、保険、課金及び宇宙の持続可能性に関する協議」、科学・イノベーション・技術省の「宇宙規制レビュー2024: 宇宙規制のターゲットレビュー」で英国宇宙産業法の見直しが行われている。²

具体的な規制内容

- 「英国宇宙戦略と英国衛星インフラ:打ち上げに関するライセンス制度の見直し」では、免許付与手続きの合理化等について記載されており、打ち上げライセンスの発行に関わる多数の規制機関間の手続きを改善した。
- 「軌道上の責任、保険、課金及び宇宙の持続可能性に関する協議」では、責任限度額を2段階のプロセスで決定するアプローチを提案した。また、英国の宇宙持続可能性の目標と、その目標を達成するための行動を定義した。
- 「宇宙規制レビュー2024: 宇宙規制のターゲットレビュー」では、規制が完全に導入された場合、宇宙産業界、経済、そして宇宙の恩恵を受ける者へ与える影響を7つ挙げた。

出所)1、https://dl.ndl.go.jp/view/download/digidepo_11117156_po_02760104.pdf?contentNo=1 (最終閲覧:2025年2月6日)

2、https://www8.cao.go.jp/space/committee/31-katsudou_minaosi/k_m-dai1/siryou2-2-2.pdf (最終閲覧:2025年2月6日)

(11)英国 | 複数の軌道上サービス事業者がルール策定を支援

概要

- 2024年12月、英国政府(科学・イノベーション・技術省(DSIT))は、軌道上サービスの提供を目指す企業にランデブ・近接運用(RPO)のルール策定を検討する業務を発注した。
- 受注企業は、アストロスケール(日・英)¹、ClearSpace(スイス)²、D-Orbit(イタリア)³の3社からなるコンソーシアムである。受注金額は691,000ポンド(約1.3億円⁴)である。

具体的な規制内容

- 第1フェーズでは2025年3月までに、民間航空に関する規制やロケット打上げの認可を担当するCAA等の独立規制機関や英国政府と協力して、RPOミッションのコンセプトとそれらの規制や認可のあり方についての提言等をまとめた報告書を作成予定である。
- 第2フェーズでは、RPOミッションの規制枠組みを具体化する取り組みが1年間行われると見込まれている。⁵

出所)1、<https://astroscale.com/ja/space-sustainability-consortium-set-to-unlock-economic-growth-in-uk-space-sector/>(2025年1月27日閲覧)

2、<https://clearspace.today/clearspace-space-sustainability-consortium-dsit-rpo/>(2025年1月27日閲覧)

3、<https://www.dorbit.space/media/5/51.pdf>(2025年1月27日閲覧)

4、1英ポンド=191円で換算

5、<https://spacenews.com/in-orbit-servicers-get-uk-funds-to-help-shape-new-regulations/>(2025年1月27日閲覧)

(12) Zero Debris community

| Zero Debris Technical Booklet

概要

- 2025年1月15日にZero Debris community(ESA含む)によって発行された文書。ゼロデブリ憲章の目標である、2030年までにゼロデブリを達成するための手段として、技術目標や必要となる技術開発等を記載した。¹
- 最新の技術動向や課題と整合性をとるため、定期的にZero Debris communityによってアップデートされる予定である。²
- 発行にはアストロスケールも関わっており、提案されている技術的解決策が科学的エビデンスで立証され、法規制の方向性に沿って宇宙業界全体に普及可能であることを意識して、インプットを行ったとしている。²

具体的な規制内容

- ゼロデブリ達成のための技術目標として、以下の6項目を設定した。¹
 - あらゆる規模の新しいデブリの放出を防ぐ
 - 衝突や分解によるデブリの発生を防ぐ
 - 宇宙交通の監視と調整を改善する
 - ミッション終了後、重要な低軌道及び静止軌道から衛星を速やかに排除する
 - 再突入による地上での死傷者を防ぐ
 - 大気圏や天文観測への影響など、宇宙デブリとその影響についてさらに学び、デブリをより適切に軽減可能にする
- その上で、ゼロデブリ達成のために必要となる4つの技術開発を記載した。¹
 - Zero Debris satellites
 - 耐久性がありミッション終了後安全に廃棄可能な衛星を製造する
 - Launch and deployment
 - 打ち上げおよび宇宙機の展開時にデブリが発生しない手段を開発する
 - Operations and collision avoidance
 - デブリの追跡機能を改善し、衝突回避プロセスと宇宙交通管理を最適化する
 - End-of-life and reentries
 - デブリの軌道離脱および再突入のプロセス(低軌道衛星の場合)が環境に与える影響を軽減する

出所)1、https://www.esa.int/Space_Safety/Technological_to-do_list_to_reach_Zero_Debris_created (2025年1月31日閲覧)

2、<https://astroscale.com/ja/astroscale-welcomes-publication-of-zero-debris-technical-booklet/> (2025年1月31日閲覧)

宇宙交通管理に関わる国際会議の調査

- 国際会議は、宇宙交通管理に関わるルール・法制度を策定するための、国連等の国際機関、各国・地域、そして産業界やアカデミアでの議論の場を提供している重要な機会である。我が国として宇宙交通管理に関わるルール・法制度の情報の収集・発信、ネットワーキングの機会を喪失しないため、前頁までの調査結果を踏まえ、国際会議の概要・参加者、宇宙交通管理との関わりを整理した。
- 具体的には、国際会議によって形成するルールのレベルを、ハードロー、ソフトロー、デファクトの3段階に分類し、それと対比させる形で各国際会議の整理を行った。加えて、各段階の主要な会議について概要、日本からの参加者、代表的な成果、そして宇宙交通管理との関わりを整理・分析した。
- 上記の主要な会議に加え、宇宙交通管理に関わる議題を扱っている会議の概要を整理し、その他の関連国際会議としてまとめた。

2-1-5. 宇宙空間の管理をどのように行っていくのか

ルール形成に関わる国際会議の構造イメージ

国際ルールに影響を
及ぼす要素

各国・地域規制
(米・EU・仏・英 等)

提案・提言・議論・研究

カンファレンス、
ワークショップ、学会等

国際ルールの種別

ハードロー(条約等)

ソフトロー(ガイドライン、
基準、イニシアチブ等)

デファクト

国際会議、ステークホルダー等の例

国連(COPUOS)
国際機関(ITU、ICAO等)

バイ・マルチ・プルリ会合
国際機関(ISO等)
宇宙機関会合(IADC、IOAG等)
各国・地域宇宙機関

国際組織(WEF等)
NGO、コンソーシアム、
業界団体等

2-1-5. 宇宙空間の管理をどのように行っていくのか

代表的な国際会議・ステークホルダー(1)

名称	概要・参加者等	宇宙交通管理との関わり
UNCOPUOS (United Nations Committee on the Peaceful Uses of Outer Space)	・宇宙空間の平和利用を進めるために、地上における人材育成から宇宙空間における環境保全まで、宇宙に関する幅広い分野を議論。 ・宇宙空間の利用に関する条約、国際基準、ガイドライン等を策定。傘下の小委員会での議論内容を承認・調整し、国連総会に報告。 ・各国政府機関とオブザーバが参加する会合であり、我が国からは外務省をはじめとする関係省庁や民間企業・大学が参加。 <成果例> 宇宙関連諸条約、宇宙デブリ低減ガイドライン(Space Debris Mitigation Guidelines)、宇宙空間長期持続可能性ガイドライン(LTSガイドライン)	・宇宙交通管理やスペースデブリ問題の解決、衛星の安全な運用確保に関連したガイドラインやベストプラクティスを作成。 ・宇宙デブリの発生を抑え、宇宙環境の持続可能な利用を推進するための指針である宇宙デブリ低減ガイドラインを策定。さらに、宇宙空間の持続可能な利用を確保するための国際的な指針であるLTSガイドラインも作成。特に宇宙デブリ管理、衝突回避、衛星の寿命管理などの実践を推奨。
ITU (International Telecommunication Union)	・情報通信に関する国際標準の策定などを行う国際機関。国際連合の専門機関の一つ。無線通信部門(ITU-R)、電気通信標準化部門(ITU-T)、電気通信開発部門(ITU-D)の3部門からなる。 ・無線通信規則の改定を通じて、宇宙通信・地上通信の国際ルールを策定。 ・各国政府機関、国際機関、民間企業が参加する会合であり、我が国からは総務省と民間企業が参加。	・宇宙交通管理、宇宙デブリ、および宇宙のサステナビリティに関して、重要な規制とガイドラインを策定。 ・宇宙通信とその持続可能な利用に関する重要なガイドラインとしてITU-R-74を策定。
ICAO (International Civil Aviation Organization)	・国際民間航空が安全かつ整然と発達するように、国際民間航空条約(通称シカゴ条約)に基づき設置された国連専門機関。 ・民間宇宙輸送産業の発展とそれが航空システムに与える課題の検討の必要性を受け、2014年6月に加盟国に対し、民間宇宙輸送の活動状況や近い将来の計画をICAO事務局に提供することを依頼。併せて、事務局を補佐する専門家の派遣を要請。	・2015年、2016年、2017年の3年にわたりUNOOSAと共同でICAO/UNOOSA AeroSPACE Symposiumを開催。トピックの1つとして航空管制と将来の宇宙交通管理との融合について議論。

2-1-5. 宇宙空間の管理をどのように行っていくのか

代表的な国際会議・ステークホルダー(2)

名称	概要・参加者等	宇宙交通管理との関わり
ISO (International Organization for Standardization)	・製品、サービス、プロセス、材料、システムに関する国際規格を制定する組織。 ・各国の加盟団体(標準化機関)、民間企業、大学、専門家等が参加する会合。TC(専門委員会)の一つで、航空機及び宇宙機の分野を担当するTC20および傘下のSC(分科委員会)13やSC14の会合にはSJAC等が参加。 <成果例> ISO 24113:2019(宇宙デブリ低減要件)、ISO 23312:2020(軌道上サービスの標準)	・SC13は、主に宇宙分野のデータと情報転送システムに関する標準化を担当、SC14は宇宙システムと運用に関して、設計・製造、試験、運用システム、維持管理、材料プロセス、デブリ低減、宇宙利用サービスという広い範囲を担当。
IADC (Inter-Agency Space Debris Coordination Committee)	・宇宙デブリに関する研究成果の共有、新しい技術やガイドラインの検討、ワーキンググループの報告、今後の活動計画の策定等を実施。 ・法的拘束力はないが宇宙デブリに関する技術的ガイドラインや運用基準を策定。 ・各国宇宙機関が参加する会合であり、我が国からはJAXAが参加。 <成果例> IADC宇宙デブリ低減ガイドライン(IADC Space Debris Mitigation Guidelines)	・宇宙デブリの低減と管理に関するガイドラインとして、IADC Guidelinesを作成。特に衛星の運用終了後のデブリ低減のための具体的手順と基準を提示。
IOAG (Interagency Operations Advisory Group)	・加盟宇宙機関間の相互運用実現に向け、ミッション運用、宇宙通信、ナビゲーションの相互運用性に関する複数の機関にまたがる共通のニーズを特定するためのフォーラム。 ・各国宇宙機関が参加する会合であり、我が国からはJAXAが参加。	・宇宙システムの相互運用性を確保するための業界標準やガイドラインを策定。 ・Space Operations Sustainability Working Group(SOS WG)などで宇宙交通管理に関連する議論が行われている。

2-1-5. 宇宙空間の管理をどのように行っていくのか

代表的な国際会議・ステークホルダー(3)

名称	概要・参加者等	宇宙交通管理との関わり
WEF (World Economic Forum)	・世界経済、気候変動、社会的インクルージョン、技術革新、持続可能な開発など、幅広いテーマについての議論やパネルディスカッションが行われる会議。 ・各国政府機関、国際機関、民間企業、大学等が幅広く参加。	・宇宙の持続可能性や宇宙交通管理に関するセッションが数年前から開催。特に衛星コンステレーションやデブリ問題、衝突リスク管理に関して議論。
CONFERS (The Consortium for Execution of Rendezvous and Servicing Operations)	・RPOや軌道上サービスの実施のための技術や運用基準を検討・構築していくための民間企業のためのメンバーで構成されるコンソーシアム。 ・産業界主導で軌道上サービスに関する基準等を策定し、宇宙活動を行う企業に対して自主的な遵守を促すとともに、ISOの国際標準に落とし込むことを狙う。 ・我が国からはアストロスケール社が参加。 <成果例> 商業RPO及びOOSのための基本原則(<i>Guiding Principles for Commercial Rendezvous and Proximity Operations and On-Orbit Servicing</i>)、推奨設計及び運用慣行(<i>CONFERS Recommended Design and Operational Practices</i>)	・デブリ除去技術や商業宇宙活動に関する進展や新しい規制、政策についての議論、関連企業の最新技術の発表等を実施。 ・宇宙空間での接近・サービス活動の安全な実施に関する基本原則等を発表。
SSC (Space Safety Coalition)	・宇宙の安全性と長期的な持続可能性に向けた「実践的な」ベストプラクティスの考案と継続的な改善を目的とした組織。宇宙分野の民間企業・関連団体で構成され、欧米企業が中心だがアジアの企業も参加。 <成果例> 宇宙運用の持続性のためのベストプラクティス(<i>Best Practices for the Sustainability of Space Operations</i>)	・衛星運用者や宇宙サービスの提供者が協力し、宇宙ゴミの削減や、衝突リスクの低減に向けたガイドラインやベストプラクティスを策定。 ・宇宙状況認識や宇宙交通管理にも重点を置き、運用基準の確立と共有を促進。
GSOA (Global Satellite Operators Association)	・衛星通信システムの利用促進や規制調整、技術革新の推進を通じて、グローバルな通信ネットワークの拡張や宇宙環境の持続可能な利用に貢献。	・宇宙交通管理や周波数の効率的な利用、デブリ対策などにも関心を持ち、関連会議や政策提案に参加。 ・宇宙安全や持続可能性に関するパネルディスカッションがGSOAの協力のもと行われ、公共・民間のパートナーシップや5G衛星ネットワークなどを議論。

2-1-5. 宇宙空間の管理をどのように行っていくのか

その他の関連国際会議(1)

名称	概要
QUAD (Quadrilateral Security Dialogue)	・QUADは、法の支配に基づく国際秩序を強化し、自由で開かれたインド太平洋を推進する。議題の1つとして宇宙の平和利用やSTM、SSA協力を強化し、衛星データ共有や持続可能な開発、宇宙環境維持の規範策定を協議。
CCSDS (Consultative Committee for Space Data System)	・CCSDSは、1982年設立の宇宙データ通信の国際標準化委員会で、各国の宇宙機関と連携。ISOのクラスAリエゾンとし、技術基準をISO/TC20/SC13へDIS提案できる立場。
IAC (International Astronautical Congress)	・宇宙関係の世界最大級の会議であり、STMを含む宇宙に関するあらゆるトピックについての議論や技術発表、ネットワーキングの場。
Space Symposium	・Space Symposiumは、宇宙産業の発展を支援する非営利団体であるSpace Foundationが主催し、議題の1つとして宇宙デブリ対策や衛星衝突回避、宇宙環境保護を議論。
IAF (International Astronautical Federation)	・世界中の宇宙機関、企業、研究者が参加し、最新技術やイノベーションを共有し、宇宙開発に関する国際的な協力を促進。
IAA (International Academy of Astronautics)	・IAAは、宇宙技術、探査、科学に関する分野で国際的な協力を促進する学術的な機関であり、宇宙業界の専門家が集まり、知識の共有及び未来の技術や探査について議論。
Summit for Space Sustainability	・宇宙の安全保障と持続可能性を促進する国際非営利団体であるSWF(Secure World Foundation)が主催し、STMに関する政策提言や国際協力を推進。2024年7月に東京で「第6回宇宙持続可能性サミット」を開催し、宇宙デブリ除去やSSAを議論。
AMOS (Advanced Maui Optical and Space Surveillance Technologies) Conference	・AMOS会議は、ハワイ州の経済発展を支援する非営利団体であるMEDB(Maui Economic Development Board)が主催する、宇宙関連技術に焦点を当てた世界的な会議。
SSI (Space Safety Institute)	・SSIはAerospace Cooperationが設立し、政府、商業、国際顧客向けに宇宙及び宇宙関連活動の安全性を強化するための独立した技術サポートと評価を提供。

2-1-5. 宇宙空間の管理をどのように行っていくのか

その他の関連国際会議(2)

名称	概要
European Conference on Space Debris	・宇宙環境の持続可能性を確保するために、宇宙デブリの生成抑制、追跡技術、除去方法、及び国際的な協力について議論するプラットフォームを提供。
IOC (International Orbital Debris Conference)	・宇宙デブリに関する最新の研究、技術、政策について議論する国際的な会議。
JAXA Space Debris workshop	・宇宙開発の進展に伴う軌道上環境の悪化や大量の打ち上げ計画を受け、持続可能な宇宙開発利用のために必要な宇宙デブリ対策について、国内外の関係者が議論する国内最大規模の場を提供。
SSA Operators' Workshop	・SpaceNavが主催し、宇宙状況認識(SSA)に関する運用者や専門家が集まり、SSA関連技術、運用手法、課題、政策について議論。
International CNES Conjunction Assessment workshop	・人工衛星や宇宙物体の衝突リスク評価(Conjunction Assessment: CA)に関する国際的なワークショップ。
GNOSIS Conference	・SSA及びSTMIに関連する課題を議論し、解決策を模索するための国際的な会議。
Orbital Uncertainty Working Group	・DSTL(Defence Science and Technology Laboratory)が主催し、軌道上の不確実性(Orbital Uncertainty)に焦点を当て、精度向上やリスク軽減のための技術や方法論を議論。
CNES Workshop on End of Life Satellites and Sustainable Technologies	・衛星の寿命終了(End of Life: EOL)と宇宙環境の持続可能性を向上させるための技術開発に焦点を当てた国際会議。
EUCASS (European Conference for AeroSpace Sciences)	・航空宇宙科学に関するヨーロッパの主要な国際会議であり、航空宇宙分野の最新の技術、研究、開発成果を発表し、専門家や学術機関、産業界のメンバーが集まり、情報交換・議論を実施。
COSPAR(Committee on Space Research)	・COSPARは宇宙空間の科学的研究を促進し、国際的な協力を推進するための国際的な組織であり、宇宙空間における科学研究の調整、情報交換、政策の策定をサポート。
SGC (Space Generation Congress)	・SGACが主催する、若手世代の宇宙分野の専門家が集まる国際的な会議。

2-2. 欧州等の海外有識者へのヒアリング

ヒアリングの目的と主なヒアリング事項

● ヒアリングの目的

- 制度・ルールとして何が規定されているかを把握することは重要であるが、我が国の今後の対応策の検討にあたっては、それらの制度・ルールの狙いや今後の方向性等の情報を把握することが不可欠である。
- そこで、欧米における宇宙交通管理の最新状況を把握するため、特に制度・ルール作りを主導している欧州のキーマンを中心にヒアリング調査を実施した。
- また、Royal Aeronautical Society Headquartersにて開催されたESSI(Earth & Space Sustainability Initiative)に参加し、活動報告等の聴取などの情報収集を実施した。

● 主なヒアリング事項

- ヒアリング事項は、国内外における軌道混雑化への対応や宇宙交通管理等に係る最新動向および各国・組織の狙いとし、具体的には以下のような項目を設定した。
 - 制度・ルール作りについて
 - ・現在のルールメイキングの状況
 - ・EU、米国、英国におけるルールメイキングにおけるリーダーシップの取り方(本当の狙い)
 - ・軌道混雑化への対応や宇宙交通管理に関するそれぞれの立場からの今後の見立て(世界共通のSTM はできるのか等)
 - ・政府と民間事業者との関係
 - 軌道上の事故について
 - ・大型コンステにおける衛星事故のとらえ方
 - 日本への期待 等

ヒアリング先一覧

国・地域	業界等	所属・役職等
英国	アカデミア	Professor/ London Institute of Space Policy and Law
	事業者	UK counsel / D-orbit
	保険	Head of Aviation, Aerospace & Space / Beazley. Ltd
	法曹	Partner/ Field Fisher
	Advocate	Director/ Earth & Space Sustainable Initiative
欧州	宇宙機関	Special Advisor for Political Affairs Directorate of European Legal and International matters / European Space Agency
	国際機関	Defence Industry and Space (DEFIS) Unit B/1 Secure connectivity, Space surveillance and Applications Head of sector (SSA and STM) / European Commission
	国際機関	Counsellor, Mission of Japan to the European Union
米国	法曹	Space Lawyer/ Shareholder of Greenberg Traurig

ヒアリング結果の要点

● 制度・ルール作りについて

- 欧州では、強制力のない世界基準策定、インセンティブ制度、あるいは損害が起きた際のプールをつくる、金融商品を活用する、ルールに一定程度の強制力を持たせるなど、様々なアイデアで議論が活発化している。
- 勢力図としては国連の場を中心とした欧州での議論が主流であるものの、UKも独自のコミュニティを作りつつある。

● 軌道上の事故について

- 軌道上の事故はTPL 保険を掛ければそれ以上は政府補償がつくという考えが英国及び欧州では定着している。
- 商業宇宙ステーションなど、契約者間同士の事故については手当てがない状況であることは共通理解であるが、米国と日本のようにロケット打上げにしか政府補償が付かない制度の場合、軌道上サービスを中心とした産業が欧州に流れる可能性は否めない。

● 日本への期待

- 欧州は日本のルールメイキング参加に強く期待している。理由は、ルールメイキングと同時に、技術開発で勝たねばならないという観点が大きい。
- 日本はCRD2という実績を有する現在継続中のプロジェクトがあり、UKを含む欧州はこの制度をよく把握している。
- 一方で、海外における議論の場で日本人を見かけることは極めて少なく、すぐにでも欧州を中心とした議論により積極的に参画すべき時期に来ていると考えられる。

ESSIにおける主な聴取内容の要点

● 概要等

- ESSI: Leading Global Change through the Earth & Space Sustainability Initiative
- 2025年1月29日にRoyal Aeronautical Society Headquartersにて開催されたクローズド会合
- 主に欧米で構成された会議体であり、国連からは宇宙部長であるアルティ・ホラマイニ氏の基調講演があり、ロンドン保険市場のロイズからはチェアマンであるBruce Carnegie-Brown氏のキーノートスピーチが実施
- 加えて、AmazonのKuiperチーム、ICEYEなど、民間の主要プレイヤーも参加

● 制度・ルール作りについて

- Sustainabilityの定義については1987年にWorld Commission on Environment and Developmentで謳われた「meeting the needs of the present, without compromising the ability of future generations to meet their own needs」が引用された後、The international Court of Justiceでも現在議論されているということが示されていた。
- また、Space Sustainabilityを一步一步進めていくためには、Standardsを定めることが必要であるということが示された後、なぜESSIがここで取りまとめるのかという宣伝が行われた。それだけ、議論をどこがリードするかが定まっていない分野であることを伺わせた。

● 本当の狙い

- EnvironmentはEconomyやSocial Communityと共に培われる、具体的には保険マーケットと一緒に開拓していくべき、産業化を促進すべき、というメッセージが強い。
- 産業化することによってSustainabilityが実現されるということで、Xプライズとの協働も発表され、スタンダード作りのみならず、実務もリードしていくかのような発言も見受けられた。

今後の課題(ヒアリング結果等から得られた示唆等)

- 日本では、2021年5月に内閣府から「軌道上サービスに共通に適用する我が国としてのルールについて」が発表されている。
- これに基づき、2021年11月に「軌道上サービスを実施する人工衛星の管理に係る許可に関するガイドライン」が策定されることで、日本国として国内法の遵守に上記ルールを盛り込んだことになった。これに基づきこれまでアストロスケールが衛星管理許可を取得し実際に日本国内から衛星を運用している。
- 現在、欧州を舞台にSpace Sustainabilityの議論はより一層活発になっているが、世界にある無数のガイドラインはいずれも強制力がなく、時に相互に矛盾している。一方で日本は2021年に策定したルールを国内法履行の際のガイドラインに組み込んだことで国内法制の一部とし、実際にこれに従い衛星を運用している事業者が存在するという世界でも稀にみる実務先行型事例である。日本国内より海外からこの状況は着目されており、今後日本は国際社会においても実例を元に発言力を増すべきだと考えられる。
- 具体的には、ビジネスを行いたい事業者が積極的に国際的な議論の場に必ず顔を出すようにすることはもちろんのこと、関係各省及びアカデミアのご協力も得て、日本の産業を利する国際ルールができるよう活動する必要があるものと考えられる。

2-3. 調査検討会(宇宙交通管理等に係る産業政策に関する調査検討会)の開催

調査検討会の背景・目的

- Starlinkに代表される低軌道コンステレーション等により、軌道混雑化への対応や宇宙交通管理の重要性が増しており、国際機関、国、企業、アカデミアなど様々なレイヤーで管理方法やルール形成についての議論が進められている。
- 軌道上の混雑は、持続的な宇宙活動や我が国宇宙ビジネスの振興等において様々な問題を生じさせ得る一方、宇宙状況把握(SSA)、軌道上サービス等の新たな事業領域を生み出している面もある。
- 我が国では内閣府において宇宙交通管理に関する国際ルール形成についての検討が進められているところであるが、我が国の産業界が新たな事業領域で活躍し、競争環境で勝ち抜くため(あるいは競争不利になるルールが形成されないため)に、**産業界の視点に軸足を置いた検討**を行うことが必要となってきた。



- 軌道混雑化への対応や宇宙交通管理等に関して、有識者および関連事業者等を集め、**我が国の宇宙産業振興の観点から分析、検討を行い**、宇宙交通管理等に係る産業政策の方向性を議論する**調査検討会**を開催する。

調査検討会の概要

- 検討会名称: 宇宙交通管理等に係る産業政策に関する調査検討会
- メンバ: 3名のコアメンバとオブザーバ
 - 最大参加者数50名程度
- 開催回数: 3回

開催日と各回のアジェンダ

#	開催日	議題
第1回	2024年10月	・ 調査検討会の目的および計画 ・ 調査検討会参加者(企業)からのプレゼンテーション ・ 総合討議
第2回	2024年12月	・ 経済産業省における宇宙交通管理 ・ 第1回の振り返り ・ 委員によるプレゼンテーション ・ 総合討議
第3回	2025年2月	・ 第2回の振り返り ・ 宇宙交通管理に対する視点およびアクションの方向性 ・ 国際会議調査報告 ・ 総合討議

調査検討会:メンバ構成(1)

- メンバはコアメンバ(有識者)とオブザーバ(主に関連省庁・企業)から構成。
- 関係者間の相互理解促進・事業推進の課題特定・コミュニティ形成等の目的から、オブザーバにも発表や発言を求める形で運営した。

コアメンバ(有識者)

構成員	所属・肩書等
鈴木 一人 (座長)	・ 東京大学公共政策大学院 教授
新谷 美保子	・ TMI総合法律事務所 パートナー(弁護士)
吉原 徹	・ JAXA 安全・信頼性推進部 システム安全・軌道利用安全推進ユニット ユニット長

オブザーバ(関連省庁等)

構成員・組織
内閣府
総務省
外務省
文部科学省
防衛省
JAXA

調査検討会:メンバ構成(2)

オブザーバ(関連企業等)

カテゴリ	構成員・組織
SSA/SDA	日本電気株式会社(NEC)
	富士通株式会社
	Star Signal Solutions株式会社
	株式会社インフォステラ
軌道上サービス	株式会社アストロスケール
	株式会社BULL
	株式会社Orbital lasers
	株式会社Pale Blue
	株式会社Cosmobloom
衛星開発・運用	スカパーJSAT株式会社
	株式会社アクセルスペース
	株式会社Synspective
	株式会社QPS研究所
	株式会社アークエッジ・スペース
	日本電気株式会社(NEC)(再掲)
	株式会社パスコ

カテゴリ	構成員・組織
輸送	三菱重工業株式会社
	株式会社IHIエアロスペース
	インターステラテクノロジズ株式会社
	スペースワン株式会社
	将来宇宙輸送システム株式会社
	株式会社SPACE WALKER
保険	東京海上日動火災保険株式会社
	三井住友海上火災保険株式会社
その他	学校法人日本大学

第1回検討会での関連意見:①「成長促進的」な宇宙交通管理

<全般>

- 許可の厳格化による衛星開発や打上げの遅延、軌道制約(低高度選択)、追加機能搭載による質量増加・コスト増・開発スケジュール増が**ビジネス制約となる可能性**
- **制度設計と、技術開発及びサービス開発と、予想されるビジネス開発のスケジュールを連携させる必要**
- 事業者が独自かつ**個別に取り組むべきものではなく**、制度に関する情報収集や海外へのロビー活動、必要な技術開発・サービス開発等について、**産業として協調して取り組むべきもの**(②にも記載)
- **技術と規制の両輪で先行したものが**、moral high ground(道徳的高地)に立ち**プラットフォームとして参入障壁を築ける分野**
- 宇宙交通管理による**安全な宇宙環境整備は、産業基盤の維持・発展には不可欠**
- 必要な国内の産業強化(予算、技術、製造能力、リソース)や期間にも配慮しながら、**官民が一体となり推進していくことが必要**

第1回検討会での関連意見:①「成長促進的」な宇宙交通管理

<全般(前ページからの続き)>

- 産業を阻害しないが日本の技術が使ってもらえる状況、宇宙環境をサステナブルにするためには**日本の技術を使わなければならない状況を作るのが勝ち筋**
- **ルールメイキングと産業政策をセットで進めるべき**
- **自国の活動を妨げずゆっくりついていくのか、先進的な規制をしつつ技術開発するのは官民が慎重に議論すべき**

<技術・データ・実効性担保>

- 必要な制度等の拡充タイムラインを示し、必要な技術やサービスを特定。それら技術は、**国の技術戦略に反映し、開発を促す**。それら**技術やサービスの充実度・成熟度(国内・海外)によって、制度更新を実施するかどうか判断**
- **日本がプレゼンスを発揮するためにはバーゲニングパワーが必要であり、その源泉はデータ・技術である**

第1回検討会での関連意見:①「成長促進的」な宇宙交通管理

<SSA(Space Situational Awareness)・衝突防止>

- 衛星の運用費増加・軌道上寿命の縮小、ロケットのローンチウィンドウへの大幅な制約等による悪影響の懸念
- データフォーマットの標準化についても積極的に参加すべき
- SSAは国のみならず、民間のサービスプロバイダーを育成する観点も含めて議論が進んでいくと良い
- GEO(Geostationary Earth Orbit)でも頻繁に回避を実施してきた実績がある
- 衝突確率の通知が前年比2倍程度に増えている実感がある
- 価値のある情報を衛星から取得するためには衛星がよい軌道に乗っていて、そこからデータを取得することが必要
- 輸送事業者としてもSSAに関するデータを取得し、共有できる方法がないか検討してきたい

第1回検討会での関連意見:①「成長促進的」な宇宙交通管理

<デブリ抑制・防止／軌道上サービス>

- 破砕事例も発生し、衛星コンステレーション事業者も衝突回避行動をとる頻度が上昇しており、そのコスト増による経済的リターンが低下
- スペースデブリ除去についてはどの国も技術開発に予算がついている一方、その後どのようにエコシステムを回すのか、誰が予算を出すのかが曖昧である
- (スラスタをつけることを求められるが)スラスタがついていてもPMD(Post Mission Disposal)として機能していないことが多い
- 運用の自由さ・高度を担保する技術をいかに安く簡単に手に入るかが要求されている

第1回検討会での関連意見：①「成長促進的」な宇宙交通管理

<ファイナンス>

- 資金面の課題を解決しなければ産業として発展しない
- 英国の検討では、サステナビリティに加えて、保険が適用しやすい環境と投資が集まる環境が含まれており、我が国でもファイナンシャルな観点を含めてよいのではないか
- （宇宙空間の事故に対して）保険の実効性を持たせることが重要

第1回検討会での関連意見:②「グローバル市場」の持続的成長

<全般>

- 軌道上サービスのガイドラインの意義は、**きちんと実例を作ったこと**
- **規制を作るのかコンセプトを投げるのかどちらを目指すのか**検討が必要
- 産業振興としてルール形成を行うためには**産業を新たに作るという考えも必要**
- ルールを作る側になる重要性。自社に望ましいビジネス環境の創出。**フォロワーではなく、ルールメイカーへ**
- 自国が選好する規範・ルールを浸透させる上では、グローバルに展開する**競争力のある民間企業の存在と役割が重要(政府と民間企業の連携)**
- **新興国への展開も見据えた日本としてのSTM(Space Traffic Management)インフラの構築とスタートアップを含む民間能力の活用**
- デブリ監視及び設計・開発・打上げ・運用・廃棄の一連のライフサイクルを通じて宇宙活動の持続可能性を高める取り組みを推進する施策を導入し、**日本を「宇宙環境対策先進国」へ**
- 米国・欧州においても政策検討と関連する開発が進行中の分野であり、国際的な協調体制の構築に向けた**積極的な情報収集や国内の関連ステークホルダーの巻き込み**を期待

第1回検討会での関連意見:②「グローバル市場」の持続的成長

<全般(前ページからの続き)>

- 事業者が独自かつ個別に取り組むべきものではなく、制度に関する情報収集や海外へのロビー活動、必要な技術開発・サービス開発等について、産業として協調して取り組むべきもの(①にも記載)

<技術・データ・実効性担保>

- 宇宙交通管理のインフラについて日本国内で成功モデルを築くことができれば、データ・システムが共通に活用可能であるため国外輸出も可能
- 国際的なデブリ規制や衝突回避の基準に日本の規制が後れを取る場合、日本企業の海外参入の際の障壁として機能してしまう恐れ
- ルールを策定する際に技術的成熟度を考える必要がある
- 技術的なバックグラウンドや蓄積があるからこそ(技術標準やガイドラインが)作れる

<SSA・衝突防止>

- 回避行動は自社判断。回避行動による二次被害に関するルールメイキングや法整備について議論を期待

第1回検討会での関連意見:②「グローバル市場」の持続的成長

<デブリ抑制・防止／軌道上サービス>

- **ロケット上段の再突入**について、25年以下よりも短くすべきとの議論が存在。国際的な統一ルールが検討される場合には、**各国の事業レベルを考慮し必要な施策を検討したうえでの慎重な判断が必要**
- **輸送サービスにおいては価格が命であり、ロケット上段の再突入に関する規制は価格にダイレクトに影響する**
- **デブリ予防策の考え方が重要**である

<ファイナンス>

- ファイナンシャルの側面において **議論を日本がリードし他国に売り込んでいく**というのは1つの方向性

第1回検討会での関連意見:③「経済安全保障」の確保

<技術・データ・実効性担保>

- 軌道上情報の適切な把握は今後、死活的に重要。他国の民間サービスへの依存は、経済利益の義務的な流出を招き、競争分野では情報制限により事業自体の継続性に著しい支障が生じる恐れ
- 無人の宇宙物体との衝突を解析するツールの整備、サービスの提供(実軌道データの評価や軌道観測設備の設置等)の実現に向けた検討が必要

<SSA・衝突防止>

- CDM(Conjunction Data Message)通知が遅延または未発報によりSSA運用に影響をきたすケースがあり
- CDM発報回数増大。近年他衛星との接近事象が急増しており、その多くはStarlink衛星。SpaceX社とのコミュニケーションが必要な状況
- 情報共有によって、自社ビジネスのリスクを下げる選択が可能(デブリ発生確率の高い軌道情報、衝突リスク情報、衝突回避方法情報)
- 宇宙交通情報を他国に依存すると、経済的利益流出を招くほか、競争分野では情報制限により事業の継続に支障をきたす恐れ
- TraCSSをはじめとして諸外国とのデータ共有がどこまでできるようになるのが肝要

第2回検討会での関連意見:委員プレゼンにおける主な意見

<国際動向・連携>

- 欧州ではEU、ESA、そしてEUSPAという複数の組織があり、更にこれらに参加している各国との調整を行う必要があり、ルール策定に時間がかかる。日本は(他国の状況に気を配りつつ)独自の取り組みを進めてデファクトスタンダードを作っていくのが良い方策ではないか
- 日本は今回のように身軽に産業界と政府とが集まって決めるべきことを決められる点で有利である。
- フランスは欧州のロケットの射場を自国で保有しており、宇宙分野においてヨーロッパの中で最大規模のプレイヤーであるところも強気に出られる背景だろう。
- 英国の動向とEUの動向とは別物であると認識したほうが良い。英国は実際にプロジェクトを実施した経験が乏しいため、日本は実務経験があることをアピールすると連携の余地がある。

<その他>

- フランスの宇宙活動法は策定されてから時間が経っているが、いまだに参照される良い法律である。ただ、直近の改正は厳格すぎるため日本にそのまま落とし込むべきではない。
- 軌道離脱できない場合の罰金を国内法で特定の国だけ導入すると、他の国の利益になってしまうため、導入は難しい。

第2回検討会での関連意見:総合討議における主な意見(1/4)

<SSAサービス/事業>

- いかに公共財的性格を持つSSAサービスを構築しつつ民間事業者が利益を得られる分野を残していくかが鍵である。
- SSAを構築する際には、データのフォーマットが共通化されていると事業者としてはありがたい。
- 商用SSAと防衛とのシナジーも狙うべきではないか。場合によっては民間SSAのデータを国が購入する状況があると、業界が回っていくのではないか。
- データの量という側面で民間SSAが重要である。
- 長期の観測データから分かってくることもあり、アーカイブデータも重要である。
- 日本にはアマチュア天文家が多く、そういった方々と連携できる枠組みを作ればSSAデータの量を増やせる可能性があるのではないか。
- 自社で多数のセンサーを保有することで精度を上げようとしているが、経済性に課題がある。
- SSAによって軌道決定の精度が上がるという議論があると面白い。
- 膨大なデータに素早くアクセスできることが有効であるため、同時にデータ格納、データの新鮮さ、推定精度の良さも重要になる

第2回検討会での関連意見:総合討議における主な意見(2/4)

<自立性の確保>

- 他国から提供された情報の正確性を検証できる程度、例えば破碎事故等のイベントを独自に確認できる程度のSSAの能力は保持しておくべきである。
- Trust, but verifyというスタンスが重要である。他国から共有された情報はあるものの、それをverifyできる能力があるのかないのかで状況は大きく異なってくる。
- 複数機のロケットを製造しようとするコンポーネントが足りないという問題がある。国内のサービスを利用できることがSSAに限らずコンポーネントについても重要である。
- 素性の正しいデータを入手すること、そしてそれを解析できる能力を自国で持つことは非常に重要である。
- 経済安全保障のためには、国内に事業者がいることが重要であり、そのためのマネタイズの仕組みを作ることが必要であろう。全ての仕組みを国が作る必要はないが、一定の支援は必要である。
- 少なくとも自国が打上げ・運用している衛星のデータは取得できる状況が必要である。

第2回検討会での関連意見:総合討議における主な意見(3/4)

<国際協力・連携・ルールメイク>

- 保険は不要であるという認識が国内外にあることも課題であり、軌道上の事故が起こり得ることの発信も日本としての情報発信の1つかと認識している。
- 海外の人を招いて、ルールメイキングについての議論を戦わせる場を設けてほしい。
- 英国と組めば英連邦に加盟する南半球の国々とも組めるのではないか。アジアの3分の1を国内事業者で観測し、残りは政府が他国とネットワークを形成してデータを収集してはどうか。
- 英国と連携する際、宇宙分野においては実業を日本が持っているので、不利な契約とならないよう気を付けてほしい。

<地理的優位性の活用>

- 日本は極東という地理的優位性があるが、それ以上の優位性を持つためAPAC発のモデルができるとよい。
- 日本としては地理的優位性を生かしたSSAについて、伸ばしていく価値がある。
- SSAにおいて日本には観測範囲の観点で地理的優位性はあるため、取り組みをアジア太平洋に広げることが重要である。

第2回検討会での関連意見:総合討議における主な意見(4/4)

<STMに関わる事業者の支援>

- 日本国として得ていくべき技術なるべく早く特定したうえで、事業者が使用する際のインセンティブもあると導入しやすいのではないかと。
- ロケット事業者も含めたアンカーテナシーのような仕組みができるとよい。
- コンステレーション事業者にはデブリ回避などの経験がどんどん蓄積されているはずであるため、それをどうベストプラクティスとして共有していくかを考える必要がある。
- 軌道環境の改善を外需獲得につながる大きな枠組みとして進めていければよい。
- 国としてどこまで取り組むかを周知していただくと、それが根拠となり銀行やベンチャーキャピタルから資金を獲得できる。
- STMに必要な全ての能力を保有する企業はないため、どのアクターが旗振り役になるかを明確にするとインセンティブになっていくのではないかと。

第3回検討会での関連意見:アクションの方向性についての主な意見

- 「成長促進的」な宇宙交通管理にルールを含めたことはとても良いことだと考える。軌道上サービスの例のようにカッティングエッジなミッションほど適切なルールがないと世界に認められない。成長を持続させていくという長期的な視点からは、適切なルールに基づいたマネジメントが必要である。
- 日本は実務・ルールメイクを自国で行っていることを認識し、産業界も自信を持って国際会議に参加してほしい。
- ルールがないと企業が安心して行動することができずルールが伴って初めて市場として機能する。
- SSA能力の獲得と実装はもちろんのことではあるが、どれだけの能力を持つべきかを判断していく必要がある。SSAの構築はコストを伴うため、どこに焦点を絞るか判断していく必要がある。
- 国際的なサステナビリティの議論については、これまで米国での議論が中心だったものの、政権交代により見通しが立たなくなっている。日本としては自信を持って発信しつつ、唯我独尊的になるのではなく、いかに合意を作っていくかが課題となる。米国では同じ政策が続くわけではないことを踏まえて対応していく必要がある。
- 国際的なルールメイキングを行う上で、ルールの性質・合意の仕方は多様であるため、どのような仲間と組んでいくのかが重要と考える。

第3回検討会での関連意見:国際会議についての主な意見

<コミュニティへの参加>

- ガイドライン自体はIADCのWGで作成されているが、IADC外部にも様々な関係者がいることを認識する必要がある。関係者の空気感をどうとらえて具体的なガイドラインにしていくかは、**カンファレンスなど様々なステークホルダーの交流(コミュニティ)の中で方向性が決まっていく**。IADCやISO(ガイドライン等を議論する場)のみではなく様々なカンファレンス等に参加し、**コミュニティ内で存在を認知してもらうことが重要**である。
- **会合の参加者の多くは知り合い**で、コミュニティができて議論が進んでいる。日本から積極的に国際会議に参加する必要がある。
- 日本は行政官が参加しているが数年すると担当者が変わってしまうため、**コミュニティにコミットし続けられないことが大きな問題**である。ジョブローテーションがない専門家となると、どうしてもアカデミアや弁護士などの政策決定の外側にいる人が中心となる。**会議に参加し続け、参加者同士での交流が深まることで言説が一種のパワーを持つ**ようになる。
- 欧米では企業を代表して長期間同じ人が会議に出席するパターンがある。行政官はローテーションが避けられないのであれば、**企業含め同じ参加者を出し続ける継続性を意識すべき**である。
- ルール形成の重要性をとり上げてもらったことはありがたい。**国際会議は産業界が参加するマルチの場も含めムラ社会なので参加している個人が重要**である。
- 国際会議へのかかわり方については、**1人の人間が顔なじみになるまで参加することが重要**である。欧米ではロビイストがいるが、日本ではなかなか難しい。経済産業省の標準化を支援している局で支援プログラムを実施しているので、企業はそのようなプログラムも活用して積極的に参加できるとよい。

第3回検討会での関連意見:国際会議についての主な意見

＜国際会議に対応できる／技術とポリシーの知見を持った人材の育成＞

- 国際会議において、**官だけでなく民・アカデミアも関与しながらデファクトに関与していく必要があり、そのために人材育成が必要である。人材育成をするというイメージ・ビジョンが共有されていることが重要**である。
- 国際会議に参加するにあたっては、**どれだけその議論・とりまとめに貢献できるか、汗をかけるかということも重要**である。そのためには**知識に加えて立ち回りも必要であり、技量を持った人材を育成することが重要**である。ルール作りが長期的にみて企業活動に重要であることについて**マネジメント層の理解醸成も必要**である。
- 技術とポリシーとの両側面に知見を持つ**ハイブリット人材は非常に貴重**である。
- 技術とポリシーをどうすり合わせていくか、**長期的に宇宙における政策と技術とを理解できる人間をいかに育てていくかが重要**である。

第3回検討会での関連意見:国際会議についての主な意見

<技術的な裏付けの担保>

- 現場で活用できるデファクトをどう作っていくかが重要である。ポリシーガイドラインが先行して技術検討がおざなりになると後で現場が苦勞するため、技術的な裏付けを持ったポリシーをセットすることが重要である。
- SpaceX、Onweb、イリジウムが作成したガイドラインはデファクトになり得るものである。このようなガイドラインを作成する議論の場においてはNASAのガイドブックが引用されているので、宇宙機関の役割も重要である。

第3回検討会での関連意見:総合討議における主な意見

<SSAについて>

- SSAの能力を向上する際には、どのようなセンサーをどこに配置するかといったことにも関係してくるため、場合によっては他国と連携する必要がある。例えば、インドネシアは東西に広い国土を持つため4周回分のパスを観測可能といった強みがあるが、日本では同様のことはできない。日本だけで能力向上しようとするこのあたりは課題となってくる。
- SSAの目的として、衛星の軌道か、ローテーションか、材質かどこまでの情報を取得するかが明確化される必要がある。位置、軌道を的確に把握していくことがまずは重要である。広範な観測を行うため、地上ベースだけではなく宇宙ベースの観測も行っていく必要がある。
- 政府のSSA能力をどの方向性に構築していくのかをまず明確にする必要がある。
- 自立性も監視能力も高いものが良いと思いがちだが最善とは限らないので、どこへ向かっていくべきか検討する必要がある。
- 欧米にはすでにそれぞれのSSAシステムがある中で、日本がなぜ構築するのが問われる。他国が保有していない能力を日本がどう持っていくかも連携の観点からは重要ではないか。
- 昨今では国際協力の難易度が上がっていることを念頭に置く必要がある。現在の国際的な状況が所与ではなくなってきており、日本独自の優位性が必要である一方、ある程度の自立性も重要と認識している。
- この半年でSSAを巡る環境が変わってきていると感じている。グローバル・統合という話がここ数年盛んであったが、ここ半年で自立性がテーマとして復権してきている。

2-4. まとめと今後の課題

まとめと今後の課題(1/2)

- 本調査では、軌道混雑化への対応や宇宙交通管理等に係る最新の国内外の動向について調査、分析を行うとともに、我が国宇宙産業振興への影響を踏まえた官民の対応について検討を行った。また、調査検討会を開催し、調査結果等に関する議論を行った。
- その結果、今後の宇宙交通管理において、以下の3つの視点が重要であることを確認した。

①「成長促進的」な宇宙交通管理

- ・ (ア)衛星生産抑制とそれに伴うロケット打上げ減少や軌道離脱のための余分な燃料確保等、企業活動を制限することによる「成長抑制的」な宇宙交通管理ではなく、(イ)新たな市場を生み出すようなルールや技術開発、ファイナンス含めたビジネス化等、企業活動を促進することによる「成長促進的」な宇宙交通管理を目指す。

②「グローバル市場」の持続的成長

- ・ 我が国宇宙産業は、内需のみならず外需も含めて成り立つものであり、グローバル市場が持続的に成長していく視点が重要である。

③「経済安全保障」の確保

- ・ 国際連携は効果的に進めつつも、我が国の宇宙活動の自立性確保の観点から、例えば宇宙状況把握のデータを一国に頼るなど、過度な依存は避ける必要がある。

まとめと今後の課題(2/2)

- 今後は、前ページのような3つの視点を持ちながら、以下のような具体的なアクションにつなげていくことが重要である。

1. SSA能力の獲得と実装

- ・ 関係省庁間での連携と官民一体での取組により、我が国SSA能力の①獲得と②実装を加速していく。
- ・ また、今後も他国が取得したデータを利用し続けていく実態を踏まえると、それらのデータに対する検証能力を有することも重要(Trust but Verify)。

2. 国際的なサステナビリティの議論への積極参加

- ・ デブリ規制など宇宙のサステナビリティの議論は、今後、民間事業者の競争力に大きな影響を与えうる。①多国間での国際的な議論への積極的な参画と、②二国間での国際連携を追求していく。
- ・ その際、それぞれの議論が与えうる影響の大きさを見極めつつメリハリをもって対応していくことと、我が国はすでに世界に誇り得る取組を行っていることを自信を持って発信することが重要であると考えられる。

3. 宇宙産業の人的基盤強化に効果的な施策の検討、実施

3. 宇宙産業の人的基盤強化に効果的な施策の検討、実施

人材マッチングイベントの開催

1_1 人材マッチングイベントの開催

- 日時: 12月7日(土)13:00-17:00
- 場所: Tokyo Innvation Base
 - 東京都千代田区丸の内3丁目8-3
- 後援: JAXA
- 協力: 学生団体
 - ASE-Lab.
 - SDF(宇宙開発フォーラム実行委員会)
 - Space Launch in 九州 実行委員会
 - TELSTAR(宇宙広報団体)

【採用候補者数】

当日参加者 403名(事前参加登録者492名のうち)



画像出典: Workmill「未来を変える小さな一歩」
(<https://workmill.jp/jp/webzine/tib.20240712/>)

3. 宇宙産業の人的基盤強化に効果的な施策の検討、実施

人材マッチングイベントの開催

1_2 人材マッチングイベントの開催

【参加企業数】

宇宙関連企業20社

【参加企業名】

- 株式会社アークエッジ・スペース
- 株式会社アストロスケール
- 株式会社アクセルスペース
- 株式会社ElevationSpace
- 株式会社本田技術研究所
- 株式会社IHI
- 将来宇宙輸送システム株式会社
- インターステラテクノロジズ株式会社
- 株式会社ispace
- 株式会社日本低軌道社中
- 三菱電機株式会社
- 日本電気株式会社
- 株式会社QPS研究所
- Space BD株式会社
- SPACE COTAN株式会社
- 株式会社スペースデータ
- 株式会社スペースシフト
- 株式会社Tellus
- 株式会社ワープスペース
- 横河電機株式会社

3. 宇宙産業の人的基盤強化に効果的な施策の検討、実施

人材マッチングイベントの開催

1_3 人材マッチングイベントの開催

【プログラム内容①】

- 交流エリア(13:00～17:00)参加企業20社と採用候補者の交流エリア
 - 13:00～16:00 展示ブース
宇宙関連企業20社の人事担当者がブースを設置し、採用候補者とのカジュアルな対話の場を提供。直接的な質問や情報収集を通じて、企業と候補者間の相互理解を促進。
 - 16:00～17:00 個別相談
一人15分の枠で、出展企業と候補者が個別に話し合える濃密な相談機会を提供。事前予約制を基本とし、当日参加者にも柔軟に対応。

3. 宇宙産業の人的基盤強化に効果的な施策の検討、実施

人材マッチングイベントの開催

1_4 人材マッチングイベントの開催

【プログラム内容②】

- ピッチエリア(13:00～16:00)宇宙産業に対する知見を深めるためのエリア

- ステージセッション

宇宙産業の最新トレンドや動向を解説する特別セッションを実施。各業界の第一線で活躍する登壇者が、宇宙業界の現状と未来を多角的に紹介。

- ✓ インプットセッション「宇宙産業の現在地と未来 - 宇宙産業で働くとは - 」

登壇者:一般社団法人SPACETIDE 代表理事兼CEO 石田真康 氏

- ✓ パネルセッション①「異業種から宇宙への参入 - 宇宙ビジネスの可能性 - 」

登壇者:株式会社スペースデータ 代表取締役社長 佐藤航陽 氏

登壇者:Forbes JAPAN 執行役員Web編集長 谷本有香 氏

- ✓ パネルセッション②「宇宙ビジネスをプロデュース - 成長産業に期待すること - 」

登壇者:インキュベイトファンド代表パートナー 赤浦徹 氏

登壇者:一般社団法人SPACETIDE 代表理事兼CEO 石田真康 氏

- 参加企業ピッチセッション

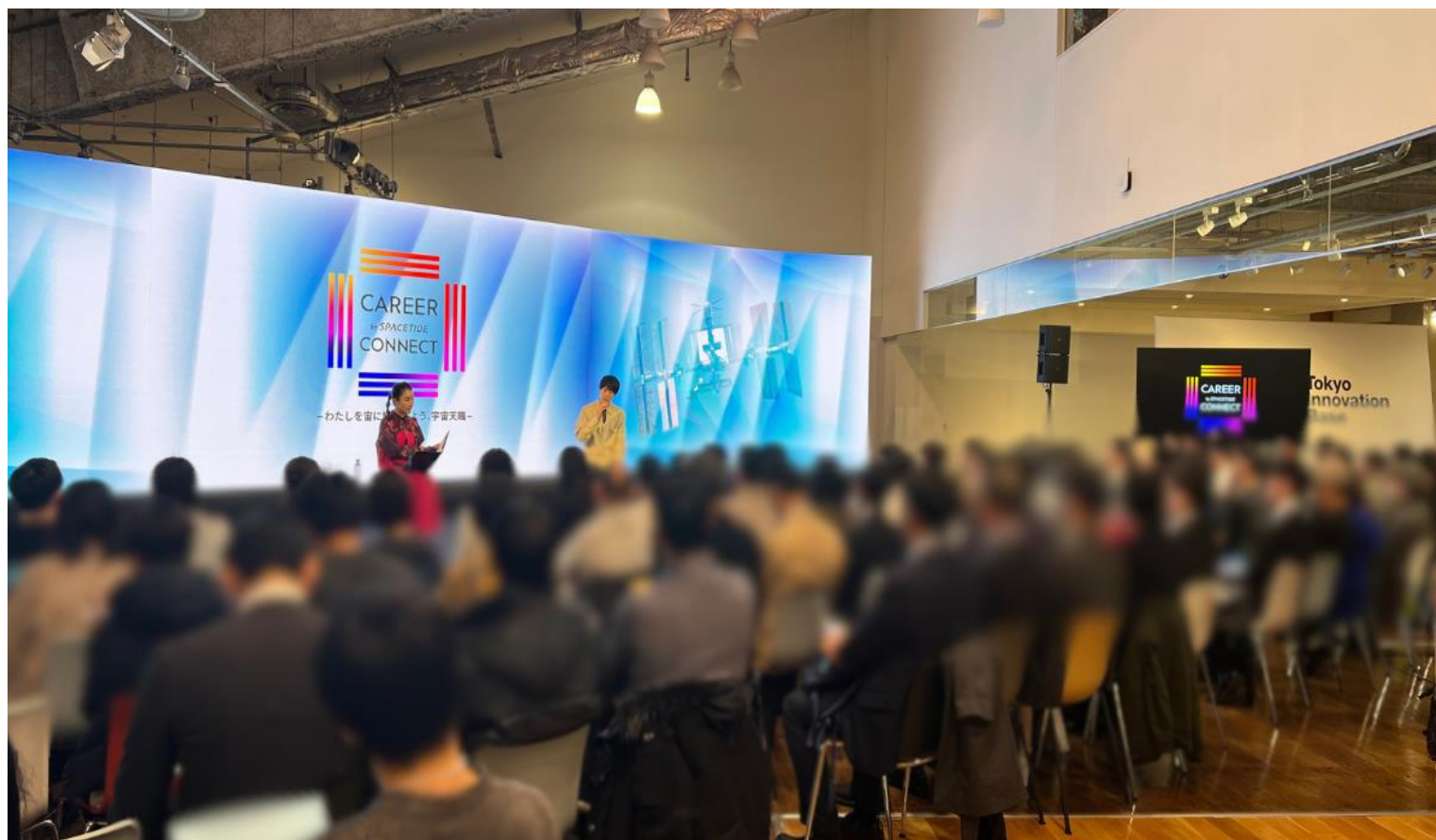
参加企業20社が3分間のピッチを行い、自社の特徴や魅力を紹介。候補者の理解を深め、展示ブースでの交流や会話のきっかけを創出。

3. 宇宙産業の人的基盤強化に効果的な施策の検討、実施

人材マッチングイベントの開催

1_5 人材マッチングイベントの開催

【当日会場の様子】



3. 宇宙産業の人的基盤強化に効果的な施策の検討、実施

人材マッチングイベントの開催

1_6 人材マッチングイベントの開催

【集客方法①】

- 参加登録ウェブページ
イベント専用の参加登録ページを構築し、SNSを中心に広く情報を周知した。また、メール配信も活用した。その結果、492件の参加登録が集まった。
- プレスリリース
全国紙および業界メディアに向けてプレスリリースを発信した。宇宙産業のトレンドと本イベントの意義を強調した内容で、メディアの参加者も多く確認できた。業界関係者のみならず、一般層からの注目も集め、宇宙業界以外からの参加が大多数であった。
- メールマガジン
業界関係者(SPACETIDEフォロワー)向けに発信しているメールマガジンにてイベント情報を掲載し、配信した。

3. 宇宙産業の人的基盤強化に効果的な施策の検討、実施

人材マッチングイベントの開催

1_7 人材マッチングイベントの開催

【集客媒体】

-イベント告知サイト-

-プレスリリース-

-メールマガジン-

一般社団法人SPACETIDE
プレスリリース：2024年11月11日

12/7(土)開催 宇宙業界に特化したキャリアイベント『SPACETIDE Career Connect』第3回の参加申し込み開始

日本の宇宙産業を代表する大手企業やスタートアップ20社が集結。参加者150名を突破。

一般社団法人SPACETIDE（本社：東京都港区、代表：石田真康、以下「SPACETIDE」）は、3回目となる宇宙業界に特化したキャリアイベント『SPACETIDE Career Connect』を、2024年12月7日（土）にTokyo Innovation Base（TiB）で開催します。

本イベントは、宇宙ビジネスの最新動向や異業種から転職した方の体験談、実際に働く人々のライフスタイルなど、いろいろな角度から宇宙業界の今を知ることができるイベントとして設計しました。日本の宇宙産業を代表する大手企業やスタートアップ20社が集結し、参加者と交流いただける場を用意しました。

<イベント概要>
『SPACETIDE Career Connect』第3回—わたしを宙に解放しよう、宇宙天職—
日時：2024年12月7日(土)13:00 - 16:00 (12:30～開場)

■タイムテーブル

【企業出展ブースエリア】
宇宙関連企業20社が集結し、各社の人事担当者と直接話ができます
13:00-16:00 出展企業と自由に交流
16:00-17:00 個別面談 事前予約者のみ参加可能
※11月26日(火)18時までにPeatixでの参加登録をお済ませください。参加登録をされた方に、後日予約方法についてご案内いたします。
※当日に空きがある場合のみ、事前予約なしでご案内できる可能性もございます。

参加企業一覧
株式会社アークエッジ・スペース / 株式会社アストロスケール / 株式会社アクセルスペース
株式会社Elevation Space / 株式会社本田技術研究所 / 株式会社IHI / 株式会社日本宇宙輸送システム株式会社
インテラテック / ロジック株式会社 / 株式会社ispace / 株式会社日本低軌道社中 / 三菱電機株式会社
日本電気株式会社 / 株式会社QPS研究所 / Space BD 株式会社 / SPACE COTAN株式会社
株式会社スペースデータ / 株式会社スペースソフト / 株式会社Tellus / 株式会社ワークスペース
横河電機株式会社

3. 宇宙産業の人的基盤強化に効果的な施策の検討、実施

人材マッチングイベントの開催

1_8 人材マッチングイベントの開催

【集客方法②】

- SNS等でのオーガニック投稿や広告
X(旧Twitter)およびFacebookを活用し、イベント情報や関連コンテンツを配信した。オーガニック投稿と広告配信からの登録者はそれぞれ全体登録者の36%、10%であった。
- 参加企業や協力団体、業界キーパーソンからのSNS等での発信・集客協力
参加企業のアクセルスペース、将来宇宙輸送システムなど計6社が投稿発信、アークエッジ・スペース、スペースデータの2社がシェア。協力団体の3団体にX投稿発信、業界キーパーソンであるスペースデータ佐藤氏のX、Facebook発信による集客協力。
- チラシおよびポスター
都内の主要イベント会場や大学キャンパス、公共施設にチラシやポスターを掲示した。特に学生層への認知向上に効果があり、イベント当日の参加者アンケートでは「チラシ・ポスターで知った」と回答した割合は1.5%であった。

3. 宇宙産業の人的基盤強化に効果的な施策の検討、実施

人材マッチングイベントの開催

1_9 人材マッチングイベントの開催

【集客方法②】

-SNS投稿-



-SNS投稿シェア-



-広告配信-



-チラシ・ポスター-



3. 宇宙産業の人的基盤強化に効果的な施策の検討、実施

就職・転職候補者等の宇宙産業、宇宙関連企業の採用等への理解・関心の増進に資する取組の検討、実施

2_1 採用イベント特設ウェブページ

【コンテンツ企画設計】

コンテンツ企画設計 検討項目

1. 宇宙ビジネスへの参入障壁を下げる

宇宙ビジネスが「難しい」「専門的すぎる」という先入観を払拭し、異業種の方々に親近感を持てる内容とする。

2. リアルな宇宙ビジネス業界のイメージを伝える

現場のリアルな話題を共有し、宇宙ビジネスへの理解を深めること内容とする。

3. SPACETIDEでなければ実現出来ない出演者のキャスティング

CXOの出演や異業種から転職した社員等の出演。

実施コンテンツ企画コンセプト

①note: 異業種転職者インタビューと企業紹介

- ・異業種からの成功例を紹介し、読者に「自分もできる」というイメージの訴求。
- ・実際の宇宙ビジネスの生の声を伝えることで、転職候補者の漠然とした不安を軽減。
- ・各企業の事業をジャンルに分け理解しやすいように説明。

②YouTube: 動画コンテンツ

1. 宇宙ビジネス初心者への入門動画(約40分の内容を2本に分けて公開)
 - ・初心者向けの基礎知識や最新トピックの解説、業界理解の促進。
2. 異業種転職者への一問一答動画(約20分の内容を2本に分けて公開)
 - ・異業種から転職した経験や理由、個々の人柄を簡潔なコメントで表現し、視聴者に具体的なイメージを伝える。
3. スタートアップのCXO座談会(約60分の内容を2本に分けて公開)
 - ・宇宙ビジネス業界のリーダーたちの生の声を届けることで、業界の魅力や必要な人財像を可視化。

コンテンツの効果と期待されるゴール

- ・異業種で獲得したスキルや経験が宇宙ビジネス業界でも活かせるという理解向上。
- ・宇宙ビジネス業界で働く人々の認知拡大、業界イメージの向上。
- ・転職の際の選択肢の一つとして宇宙ビジネスを選択出来る機運醸成。

3. 宇宙産業の人的基盤強化に効果的な施策の検討、実施

就職・転職候補者等の宇宙産業、宇宙関連企業の採用等への理解・関心の増進に資する取組の検討、実施

2_2 採用イベント特設ウェブページ

【note掲載コンテンツ】

インタビューや企業紹介、イベント告知等14記事を公開。

主なコンテンツを下記に列記する。

インタビューコンテンツ

1. 安藤 史華(一般社団法人SPACETIDE /コミュニケーションチーム プログラムマネージャー)
2. 長谷川 祐輝(将来宇宙輸送システム株式会社/基盤部設計基盤Gr エンジニア)
3. 有吉 由妃(株式会社QPS研究所 /コミュニケーションデザイン課長)
4. 永作 俊(株式会社スペースシフト/ 事業開発部セールスエンジニア)



不安と葛藤を乗り越えて。宇宙ビジネスに飛び込んだ国際線CAの転職ストーリー



未知の領域に挑戦! 大手自動車メーカーからロケット開発の世界に飛び込んだ技術者の転職ストーリー



強いミッションに惹かれた。宇宙ビジネスに飛び込んだコミュニケーション担当の転職ストーリー



地球の変化を観測できる衛星データに惹かれた。宇宙ビジネスに飛び込んだエンジニアの転職ストーリー

キャリアイベント出展企業紹介コンテンツ

1. 衛星・探査サービス／2. 輸送・宇宙滞在／3. 宇宙データ活用・軌道上サービス／4. 宇宙総合



『SPACETIDE Career Connect』出展企業紹介 -衛星・探査サービス-



『SPACETIDE Career Connect』出展企業紹介 -輸送・宇宙滞在編-



『SPACETIDE Career Connect』出展企業紹介 -宇宙データ活用・軌道上サービス



『SPACETIDE Career Connect』出展企業紹介 -宇宙総合編-

3. 宇宙産業の人的基盤強化に効果的な施策の検討、実施

就職・転職候補者等の宇宙産業、宇宙関連企業の採用等への理解・関心の増進に資する取組の検討、実施

2_3 採用イベント特設ウェブページ

【YouTube掲載コンテンツ】

Youtubeにて宇宙ビジネス入門動画や、スタートアップCXOの座談会、各社の異業種からの転職者インタビューなど、SPACETIDEでなくては実現が難しい出演者とコンテンツ内容にて動画を制作し公開。

キャリアイベント後も継続的に宇宙ビジネスへの転職意欲醸成を狙い、4つの動画を公開。

動画ーコンテンツー覧

1. 宇宙ビジネス入門_宇宙天職サロン CAREER CONNECT10宇宙ビジネスこと始め(前編)
2. 宇宙ビジネス入門_宇宙天職サロン CAREER CONNECT10宇宙ビジネスこと始め(後編)
3. BEYOND WORDS 宇宙天職一問一答(その1)
4. BEYOND WORDS 宇宙天職一問一答(その2)
5. 宇宙ビジネスCXO座談会「宇宙ビジネスでのキャリアの可能性とは？」(前編)
6. 宇宙ビジネスCXO座談会「宇宙ビジネスでのキャリアの可能性とは？」(後編)

「宇宙ビジネス入門_宇宙天職サロン CAREER CONNECT10宇宙ビジネスこと始め」

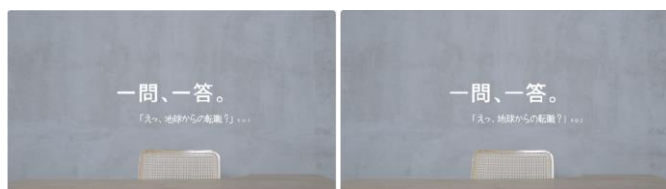


【出演者】

話し手: 石田 真康 (一般社団法人SPACETIDE 共同設立者 兼 CEO)

聞き手: 安藤 史華 (一般社団法人SPACETIDE Communication Team Program Manager)

「BEYOND WORDS 宇宙天職 一問一答」



【出演者】 岩佐 康平
株式会社アークエッジスペース
先端研究開発事業部

三浦 隆宏
株式会社アストロスケール
Mechatronics Engineer

David Vaca
ispace株式会社
General Affairs Associates

片山 俊大
株式会社スペースデータ
執行役員 CMO

安藤 史華
一般社団法人SPACETIDE
Communication Team
Program Manager

宇宙ビジネスCXO座談会「宇宙ビジネスでのキャリアの可能性とは？」



【司会】 金澤 誠
SPACETIDE CAREER CONNECT
アドバイザー

【ゲスト】 濱田 牧子
株式会社アクセルスペースホールディングス
取締役 / CHRO

北原 明子
株式会社ワープスペース
取締役副社長 CFO

伊藤 圭太
Space BD 株式会社
事業グループ統括・COO

3. 宇宙産業の人的基盤強化に効果的な施策の検討、実施

宇宙系企業の人事責任者コミュニティ発展型イベント

3_1 宇宙系企業の人事責任者コミュニティ発展型イベント

【概要】

- 日時:2024年11月22日(金)15:00-18:00
- 場所:ビジョンセンター東京虎ノ門
 - 東京都港区虎ノ門2丁目4-7 T-LITE
- 形式:現地参加とオンライン参加のハイブリッド

【企画】

株式会社アクセルスペースホールディングスの濱田取締役CHROと企画段階から設計の協力を依頼。
また、人事責任者コミュニティ発展型イベントの際にも積極的な発言をいただいた。

3. 宇宙産業の人的基盤強化に効果的な施策の検討、実施

宇宙系企業の人事責任者コミュニティ発展型イベント

3_2 宇宙系企業の人事責任者コミュニティ発展型イベント

【参加者プロフィール】

宇宙系企業7社、アカデミア2校、JAXA

参加形式	参加組織名(五十音順)
現地	株式会社IHIエアロスペース
現地	株式会社ispace
現地	株式会社Pale Blue
現地	株式会社アークエッジ・スペース
現地	株式会社アクセルスペースホールディングス
現地	株式会社アストロスケール
現地	学校法人立命館
現地	国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構(JAXA)
現地	日本電気株式会社
オンライン	新居浜工業高等専門学校

3. 宇宙産業の人的基盤強化に効果的な施策の検討、実施

宇宙系企業の人事責任者コミュニティ発展型イベント

3_3 宇宙系企業の人事責任者コミュニティ発展型イベント

【議題】

議題は以下の通り。第1回～3回までのワークショップでは主に採用に関する現状や共通課題を共有したが、今回は採用については特定トピック(キャリアイベント、高専との意見交換)に絞って実施。加えて、ポスト採用(人材開発&管理)における現状、及び課題の共有を行った。

議題(大項目)		議題(小項目)
導入:本日の目的		
採用	①第3回キャリアコネクトについて	共有:最新の登録状況
		共有:各社の募集人材の分析結果(事前アンケートの分析)
		議論:当日にむけた意見交換
	②各社と新居浜高専との意見交換	共有:高専における宇宙工学教育の取り組み紹介
		共有:各社より高専卒業生の採用事例や活躍状況に関する紹介
		議論:各社と高専の今後の連携の在り方について
ポスト採用	③人材開発&管理に関する意見交換	ワーク:人材開発&管理においてどのような課題に直面しているか?
		共有:各社の課題共有
		議論:業界としての共通課題の特定

3. 宇宙産業の人的基盤強化に効果的な施策の検討、実施

宇宙系企業の人事責任者コミュニティ発展型イベント

3_4 宇宙系企業の人事責任者コミュニティ発展型イベント

【当日の会場／オンライン参加の様子】



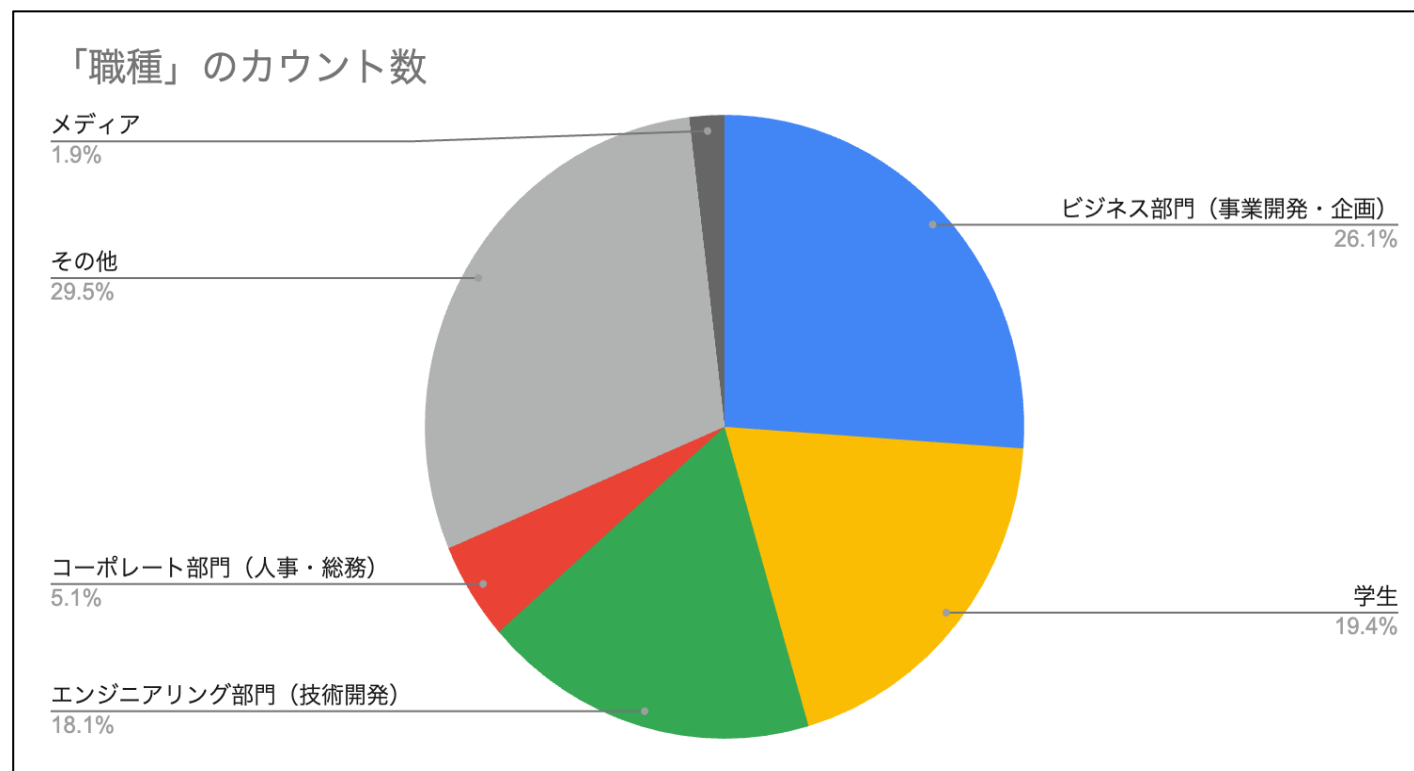
3. 宇宙産業の人的基盤強化に効果的な施策の検討、実施

検討、実施結果のとりまとめ、効果分析

4_1_1 人材マッチングイベントに関する効果分析 イベント参加者(採用候補者)へのアンケート

【参加者属性】

本調査は、プライバシー保護の観点からアンケート回答を任意としたため、一部の項目において回答が集中しない傾向(「その他」の回答)が見られた。



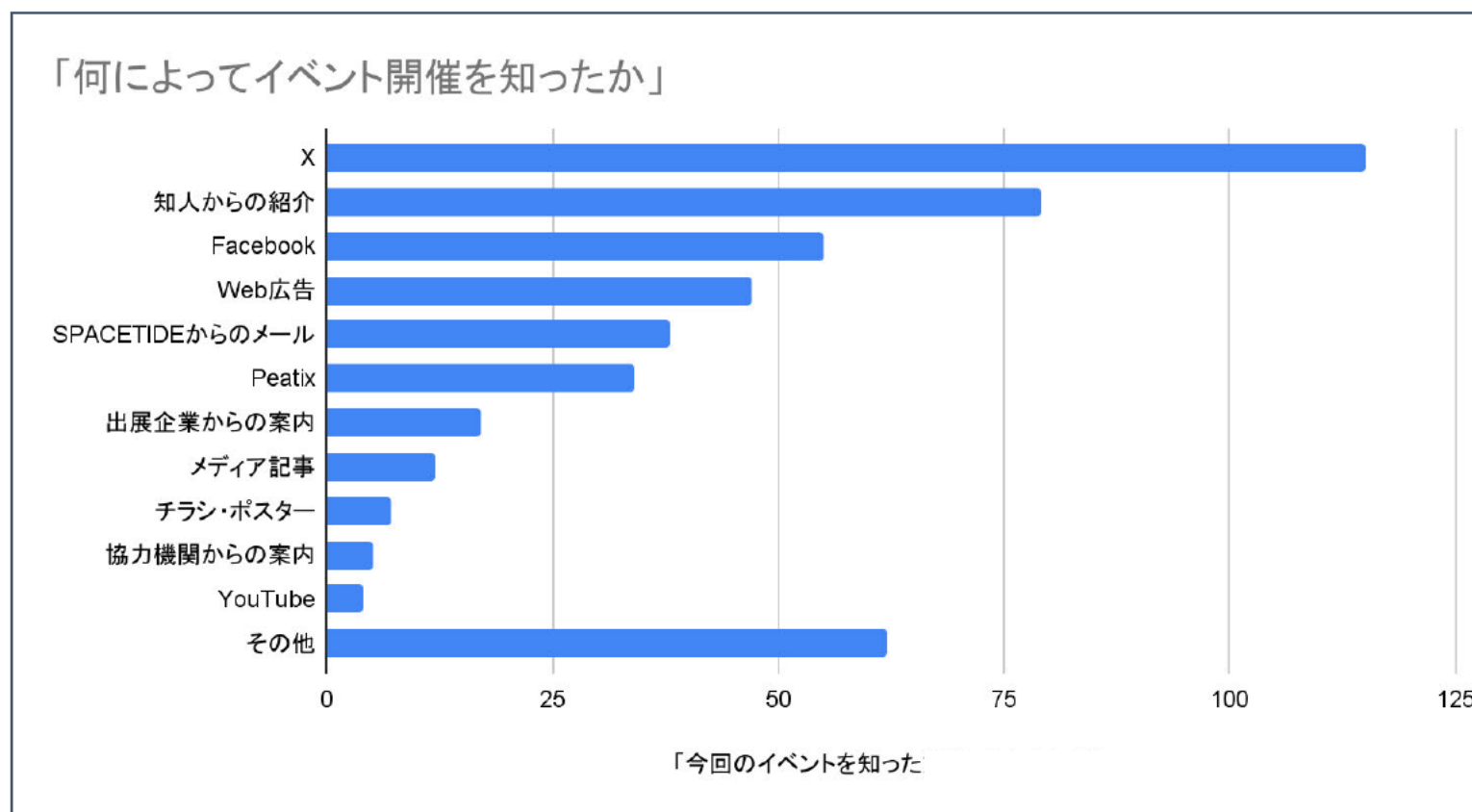
3. 宇宙産業の人的基盤強化に効果的な施策の検討、実施

検討、実施結果のとりまとめ、効果分析

4.1.2 人材マッチングイベントに関する効果分析 イベント参加者(採用候補者)へのアンケート

【何によってイベント開催を知ったか】

X、Facebook、Web広告など、特にSNSを使用した集客方法が有効であった。イベント開催を知ったきっかけは、集客方法(1. 人材マッチングイベントの開催【集客方法①】、【集客方法②】)も参照。



3. 宇宙産業の人的基盤強化に効果的な施策の検討、実施

検討、実施結果のとりまとめ、効果分析

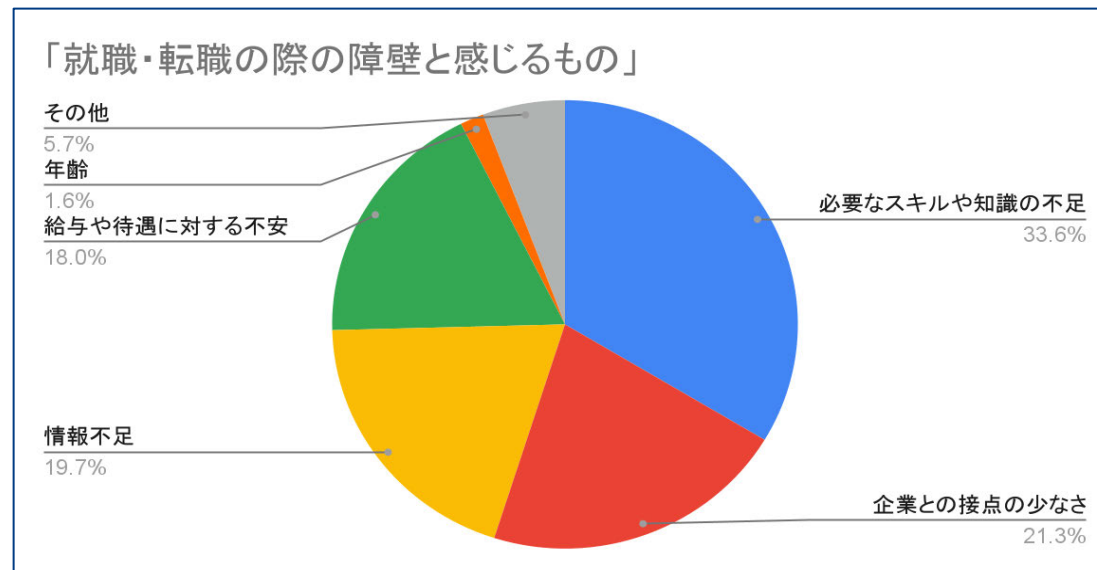
4_1_3 人材マッチングイベントに関する効果分析 イベント参加者(採用候補者)へのアンケート

【宇宙産業への就職障壁の特定】

「必要なスキルや知識の不足」が一番大きい要因で33.6%、「企業との接点の少なさ」「情報不足(業界や企業に関する情報が少ない、まとまっていない)」「給与や待遇に対する不満」がそれぞれ約20%を占めた。

「その他」のコメントは以下。

- 学歴／エンジニア職・理系ではないことへの不安／文系の人に参加できるインターンの少なさ
- 宇宙産業そのものに対する発展性(10年働いて、その会社が生き残るかどうかややはり心配)／いくつかの企業では事業の将来性とロバスト性がかなり不透明／米中企業との圧倒的な資金差の中で日本企業としての勝ち筋が見えない。BtoG主体のビジネスモデルが、持続・拡大可能は難しいのではと思ってしまう。
- 勤務地が首都圏にまとまり地方に少ない



3. 宇宙産業の人的基盤強化に効果的な施策の検討、実施

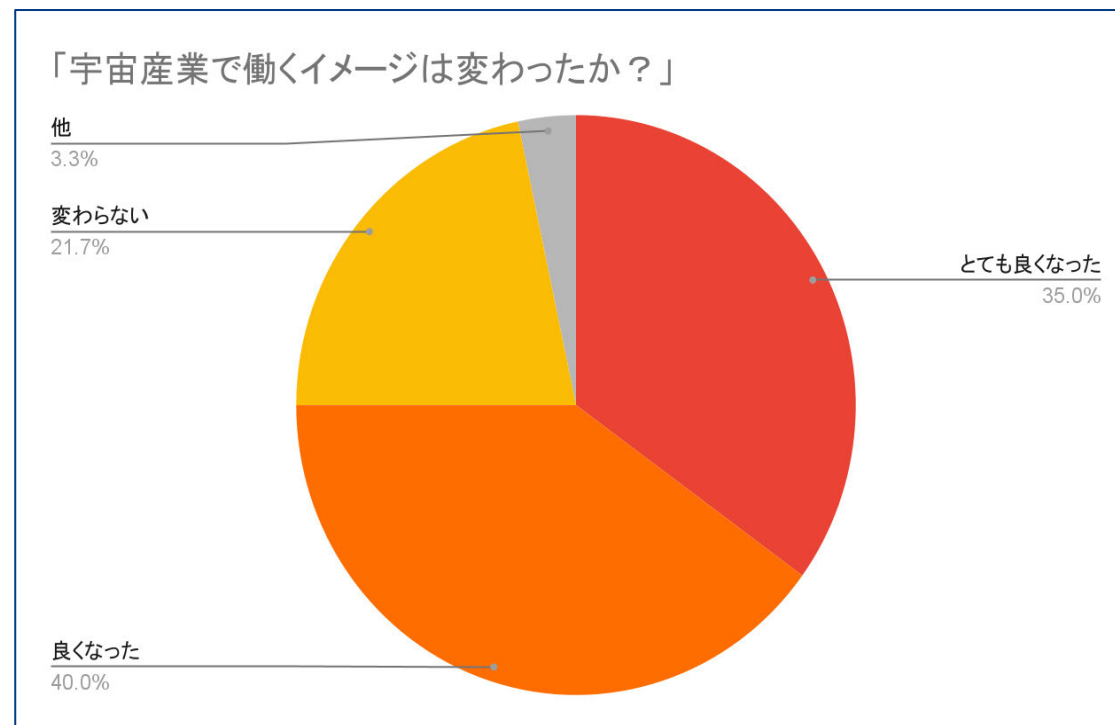
検討、実施結果のとりまとめ、効果分析

4_1_4 人材マッチングイベントに関する効果分析 イベント参加者(採用候補者)へのアンケート

【宇宙産業への就職障壁を取り除くことができたか】

イベントを通して「宇宙産業で働くイメージが向上した」と回答した割合が75%に上った。

「今後の自分のキャリアを考えるきっかけとなった」「今回参加したおかげで、この業界に関われる可能性を感じることができた」というコメントが寄せられた。



3. 宇宙産業の人的基盤強化に効果的な施策の検討、実施

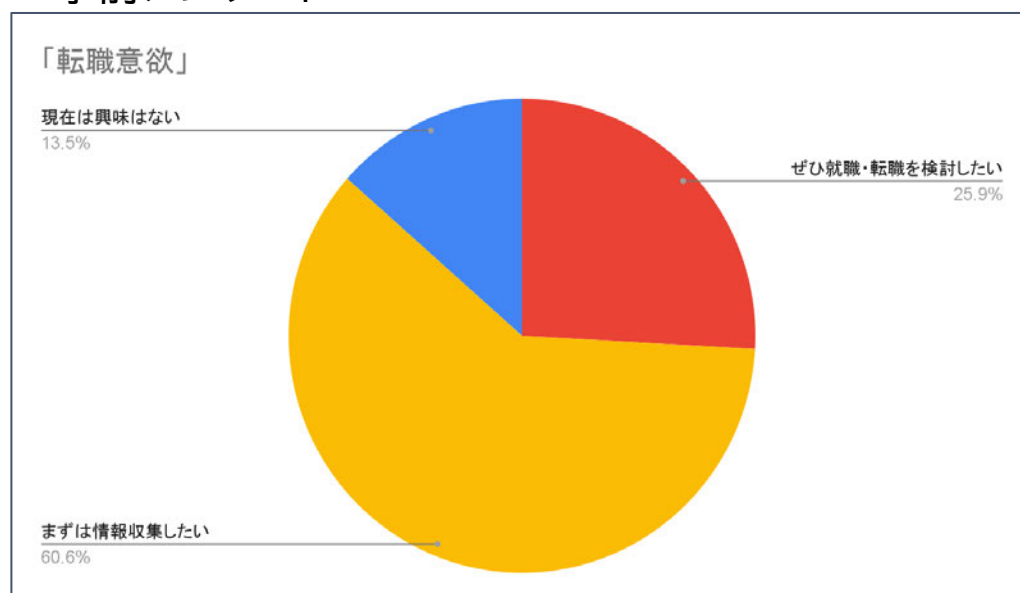
検討、実施結果のとりまとめ、効果分析

4_1_5 人材マッチングイベントに関する効果分析 イベント参加者(採用候補者)へのアンケート

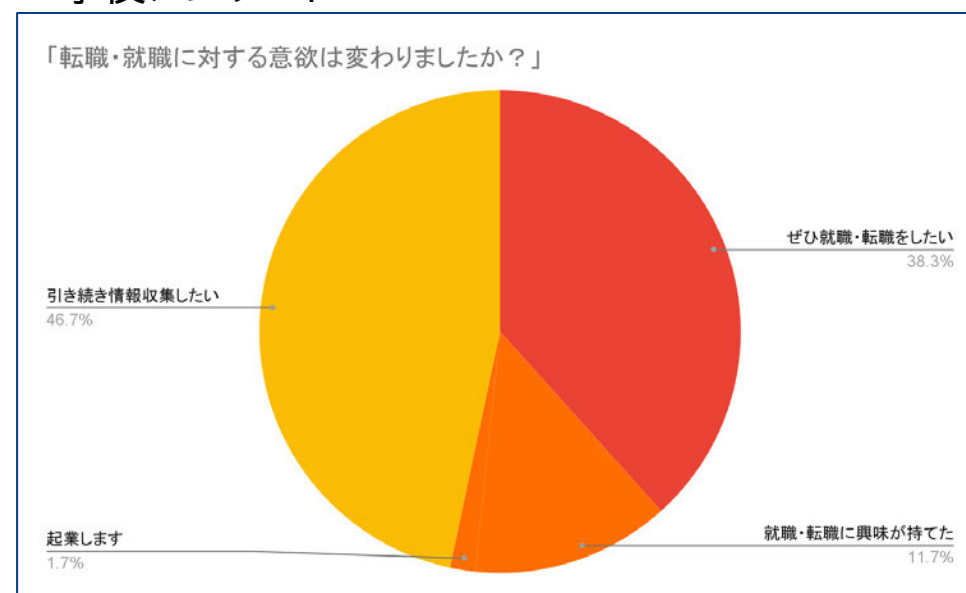
【宇宙産業に就業することに対するイメージがどう変わったか】

「ぜひ就職・転職を検討したい」と回答する割合が、イベント後に12.4%アップし、全体でも「就職・転職に興味を持てた」「起業します」などの前向きな回答に変わった。「以前転職活動をしていたのですが、宇宙産業に対して興味が湧きました。まずは今回出展していた企業を中心に、情報を集めてみようと思います。」とのコメントも寄せられた。

<事前アンケート>



<事後アンケート>



3. 宇宙産業の人的基盤強化に効果的な施策の検討、実施

検討、実施結果のとりまとめ、効果分析

4_1_6 人材マッチングイベントに関する効果分析 イベント参加者(採用候補者)へのアンケート

【宇宙産業の具体的な企業に関する理解が深まったか】

アンケートに寄せられたコメント

- 新しく応募したい企業も見つかりましたので大変満足しております。
- 出展企業ピッチでは、20社の企業様の説明を聞くことができ、それぞれが持つハードウェアやソフトウェアの強みなど、大きな特色があり、非常に強い関心を持つことができました。

【宇宙ビジネスの実態に関する理解が深まったか】

アンケートに寄せられたコメント

- 若い人が多かったが、年齢の高い人、女性、海外からの人多様性に富んだ人、そしてその多くの人が参加していたことは驚きだった。
- 参加者も企業も若くとても活気に溢れていたのが印象的！講演ではグローバル経済圏の終焉、宇宙ビジネスのプラットフォームの独占が行われようとしていることに対しての危機感等、課題もひしひしと伝わってきた。
- 出展各社は(宇宙産業なので当然かも知れないが)既に一般的なスタートアップの人員規模ではなくなっているのも実感できた。
- インプットセッションおよびパネルセッションともに、宇宙ビジネス初心者でも宇宙ビジネスの魅力を深く理解することができる内容であり、地球規模でのスケールの大きさにより自分の世界観が変わるほどの有益なセッションでした。
- これからの宇宙関連ビジネスの盛り上がりを感じました。若い人たちが多く活気があった

3. 宇宙産業の人的基盤強化に効果的な施策の検討、実施

検討、実施結果のとりまとめ、効果分析

4_2_1 人材マッチングイベントに関する効果分析 イベント参加企業へのアンケート

【年間の採用人数】

ー平均25名(3～70名)

※回答14社

	0-19名	20-39名	40-59名	60-79名	80-99名
企業数	7社	3社	3社	1社	0社

【イベントにおいて面談した候補者の数】

ー平均40名(10～90名)

※回答17社

	0-19名	20-39名	40-59名	60-79名	80-99名
企業数	4社	6社	4社	1社	2社

【面談した候補者のうち、実際に選考に進んで頂きたいと感じた参加者の数】

ー平均4名(2～5名)

※回答15社

	1名	2名	3名	4名	5名
企業数	0社	3社	3社	1社	8社

【イベント全体の満足度】

ー4(5段階評価中)

3. 宇宙産業の人的基盤強化に効果的な施策の検討、実施

検討、実施結果のとりまとめ、効果分析

4_2_2 人材マッチングイベントに関する効果分析 イベント参加企業へのアンケート

【人材マッチング以外の副産物】

全体に関して

- 直近の採用に必ずしも繋がらなくとも多くの参加者に対して、企業認知を広められたのは今後の母集団形成に寄与すると思う
- 地方(北海道、九州)拠点企業だと地元周辺での採用のみだと限界がある。こうして東京周辺の候補者にアピールできたことで、UターンやIターン採用に今後繋がっていく可能性がある
- YouTube企画などで宇宙産業以外の層にアピールができたのは良かった

ステージエリアでのピッチに関して

- 参加企業やピッチ会場など、それぞれレベルが高く、良い環境でアピールができた
- また簡単な会社説明をしたことで、ブースにお越しただけのきっかけになり、前回に比べてブースに来ていただけた印象

ブースエリアに関して

- 採用観点だけでなく、事業/製品に対する説明やアンケート取得を行ったことで、会社を知ってもらえるきっかけになった

3. 宇宙産業の人的基盤強化に効果的な施策の検討、実施

検討、実施結果のとりまとめ、効果分析

5 宇宙系企業の人事責任者コミュニティ発展型イベントに関する効果分析

【参加企業ヒアリング結果】

人材育成プログラム作成の希望

- 業界未経験者の採用が多いため、採用後の初期研修の段階で宇宙業界に関するインプットを行っているが、自社でのナレッジの限界を感じており、業界横断的な団体によって初期研修のプログラムのようなものがあると、非常にありがたいと思います。

人事責任者コミュニティの要望

- 企業間の交流も企画していただけるとありがたいと思っていたところ、ぜひ参加させていただきたい
- メンバーレベルでの人事同士が交流できる場もあるといいと思いました。それぞれの課題感を共有して解決策を模索できたらありがたい。
- スタートアップは事業ステージによってやること・なすべきことが変わってくるため、事業ステージ別に各社がどういった課題があって、それに対してどういう取り組みをされたのかが知れたらよい

3. 宇宙産業の人的基盤強化に効果的な施策の検討、実施

検討、実施結果のとりまとめ、効果分析

6 まとめと課題

【まとめ】

本調査では、宇宙産業の人的基盤強化を目的として、以下の施策を実施した。

1. 人材マッチングイベント:403名の参加者と20社の宇宙関連企業が参加し、企業認知度の向上と交流機会の提供を実現。
2. WEB告知の活用:異業種転職者インタビューや企業紹介を通じて、宇宙業界への理解を促進。
3. 人事責任者コミュニティの形成:業界の共通課題(採用・人材育成・研修)について議論し、今後の施策の方向性を検討。

<イベント参加者へのアンケート結果>

- 75%の参加者が宇宙業界で働くイメージが向上
- 「就職・転職を検討したい」と回答した割合がイベント後に12.4%増加
- 最大の就職障壁は「スキル・知識不足(33.6%)」

<企業側から得られた本取組の意義価値に関する意見>

- 採用候補者とマッチングの機会、企業認知度向上に効果的
- 地方企業の採用機会の拡大(Uターン/ハターンの可能性)に効果的
- 異業種層へのリーチが広がる効果を確認

3. 宇宙産業の人的基盤強化に効果的な施策の検討、実施

検討、実施結果のとりまとめ、効果分析

6 まとめと課題

【課題】

- 就職障壁の解消と業界全体の認知向上

宇宙業界への就職を阻害する要因として、業界の将来性やビジネスモデルの安定性に関する理解不足やそれによる不安が挙げられる。これを払拭するため、業界団体や関連機関と連携し、業界の成長性やキャリアの魅力を広く発信する取り組みを業界全体で強化・推進することが重要である。

- 研修プログラムの整備、持続的なキャリア支援体制の確立

宇宙業界への新規参入者や異業種からの転職希望者には、宇宙業界に関する知識、スキルが不足している傾向がある。宇宙関連産業の人材確保を促進するため、それら知識、スキルの獲得に向けた支援策を整備することが重要である。特に、エンジニア職や新卒者・転職者などそれぞれのニーズを踏まえた研修プログラムの整備を推進することが効果的ではないか。また、採用後の定着支援やキャリア成長の仕組みを整えることも重要。

- 本資料に関するお問い合わせ先

株式会社 三菱総合研究所

先進技術・セキュリティ事業本部

[担 当]

内田 敦 a-uchida@mri.co.jp

未来を問い続け、変革を先駆ける

MRI 三菱総合研究所

二次利用未承諾リスト

令和6年度宇宙産業技術情報基盤整備
研究開発事業（SERVISプロジェクト）
のうち宇宙交通管理等の共通基盤及び
人的基盤の強化に資する調査事業 成
果報告書

株式会社三菱総合研究所

頁	図表番号	タイトル
9		軌道上物体数の推移
12		米国の宇宙監視ネットワーク
13		TraCSSのシステムイメージ
14		EU-SSTのセンサネットワーク
14		EU-SSTのアーキテクチャ
15		デュアルユースの全体像
16		ISONを構成するセンサの位置
17		LeoLabsの利用画面イメージ
18		EGTNを構成する光学望遠鏡の位置
19		Slingshotのマヌーバレポートイメージ
20		Kratosのサービスイメージ
21		Skylarkのイメージ図
22		Scoutが開発する衛星（Raven）
23		衝突事故回避ナビのシステム概要
24		JAXA SSAシステム概要
25		NEC ComSp0Cの概要
25		SSAレーダーの概要
26		IHI SSAサービスの概要
27		スカパーJSATの将来構想
28		電波情報監視設備の概要
30		確認及び推測されている中国のSSA衛星
31		SSAのセンサーの種類
31		中国の宇宙ベースSSAの定義
32		APOSOSの観測網
32		APOSOSの宇宙物体追跡ソフトウェア
36		米国のSSAシステムを構成する観測機器の配置
43		軌道混雑化の状況
45		Starlinkの衛星イメージ
46		OneWebのイメージ
47		Kuiperアンテナのイメージ
48		Lightspeed衛星のイメージ
49		IRIS2衛星のイメージ
50		G60衛星を打ち上げた長征ロケット
51		GEESATCOM衛星
52		Yinheのイメージ図
53		CASCの衛星イメージ
58		軌道上組立のイメージ図

(様式2)

59	CisLunar社の試作機
60	Phoenixの概念図
61	MEV-1の想像図（手前）
62	ModuLinkのイメージ
63	ClearSpace-1のドッキングイメージ
64	ELSA-Mイメージ図
65	ADEO-2
66	EROSSプロジェクトイメージ図
67	Orbit Fabが開発する機器の例
68	CRD2の目的
69	DRUMS
71	ELSA-d
72	MRVのイメージ(左の機体)
73	衛星の捕獲イメージ
74	開発中の衛星イメージ
75	SASTのシステム画像
76	ADEO-2
77	PMD装置のキービジュアル
78	AxelGlobeによる物体画像
79	CisLunarの試作機
80	Maxarが開発したアーム
81	軌道上に設置する燃料タンクのイメージ
82	ロケット上段によるコントロールドリエントリ
83	水ホールスラスト試験
139	Workmill「未来を変える小さな一歩」
143	当日会場の様子
154	当日の会場／オンライン参加の様子