

資料63-1

科学技術・学術審議会
研究計画・評価分科会
宇宙開発利用部会
(第63回)R3.12.13

商業デブリ除去実証(CRD2) フェーズIについて

2021年12月13日

国立研究開発法人 宇宙航空研究開発機構

理事 張替正敏

商業デブリ除去実証チーム長 山元透



1. はじめに(本日の報告内容)



2020年度に開発に着手し、2022年度打ち上げを予定している「商業デブリ除去実証フェーズI」の状況を報告する

1. はじめに
 2. 商業デブリ除去実証の概要
 3. 商業デブリ除去実証フェーズIの概要
 4. 実証衛星開発の状況
 - 4.1. パートナー企業における実証衛星開発の状況
 - 4.2. JAXAによる技術支援の状況
 5. まとめ
- (参考)デブリ除去に対する各国の取り組み
- (参考)内閣府ガイドラインにかかる動き
- (参考)商業デブリ除去実証フェーズIIの状況

2. 商業デブリ除去実証の概要

スペースデブリ問題と対応の概要



持続的な宇宙開発にとって喫緊の課題

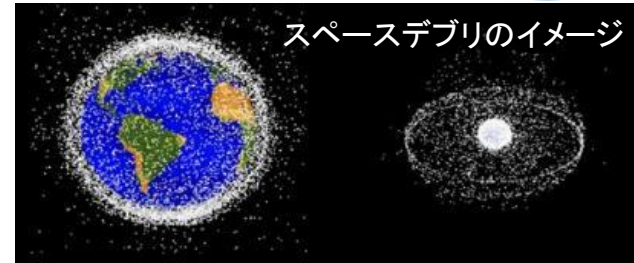
- 追跡できる比較的大きなスペースデブリは約23,000個
- ISS、宇宙機等の衝突回避運用は年間100回以上
- 小さなデブリでも衝突すれば破壊につながる
 - ✓ 10mmクラスは50~70万個、1mmクラスは1億個以上
 - ✓ 小さなデブリは発見・追跡も困難で効果的な対策がない

『デブリを衝突させない』ことが重要

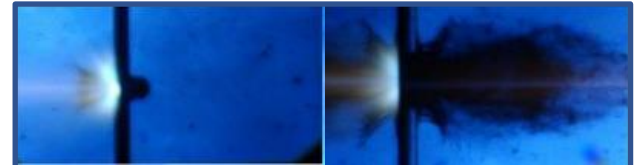
- JAXAでは総合的な取り組みの一つとして大型宇宙デブリの除去技術を研究開発している
 - * JAXAのデブリ対策: 観測、防御、除去、国際ルール

日本が取り組む意義

- 宇宙機の急激な増加に伴い、デブリ対策の重要性は増し、規制を求める声が大きくなっている。
- 日本は国際的なガイドライン作りを先導・貢献している。
- **世界初のデブリ除去**により技術優位性を獲得し、同時にデブリ対策の**国際議論を先導**する。

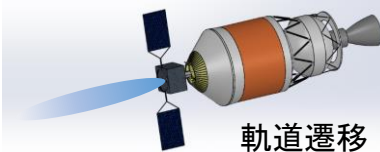
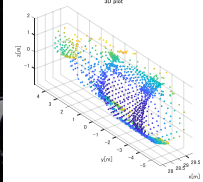
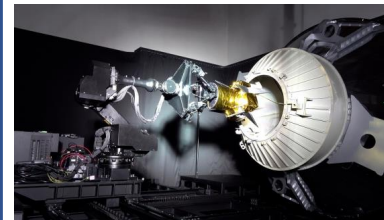


スペースデブリのイメージ

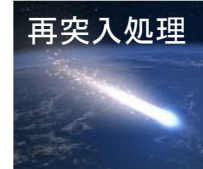


4.3mmの板に、2.3mmの弾(デブリ)を約5km/secでぶつけた実験

接近・捕獲



軌道遷移



再突入処理

宇宙デブリに接近・捕獲して軌道遷移し、地球に再突入処理をするイメージ

2. 商業デブリ除去実証の概要

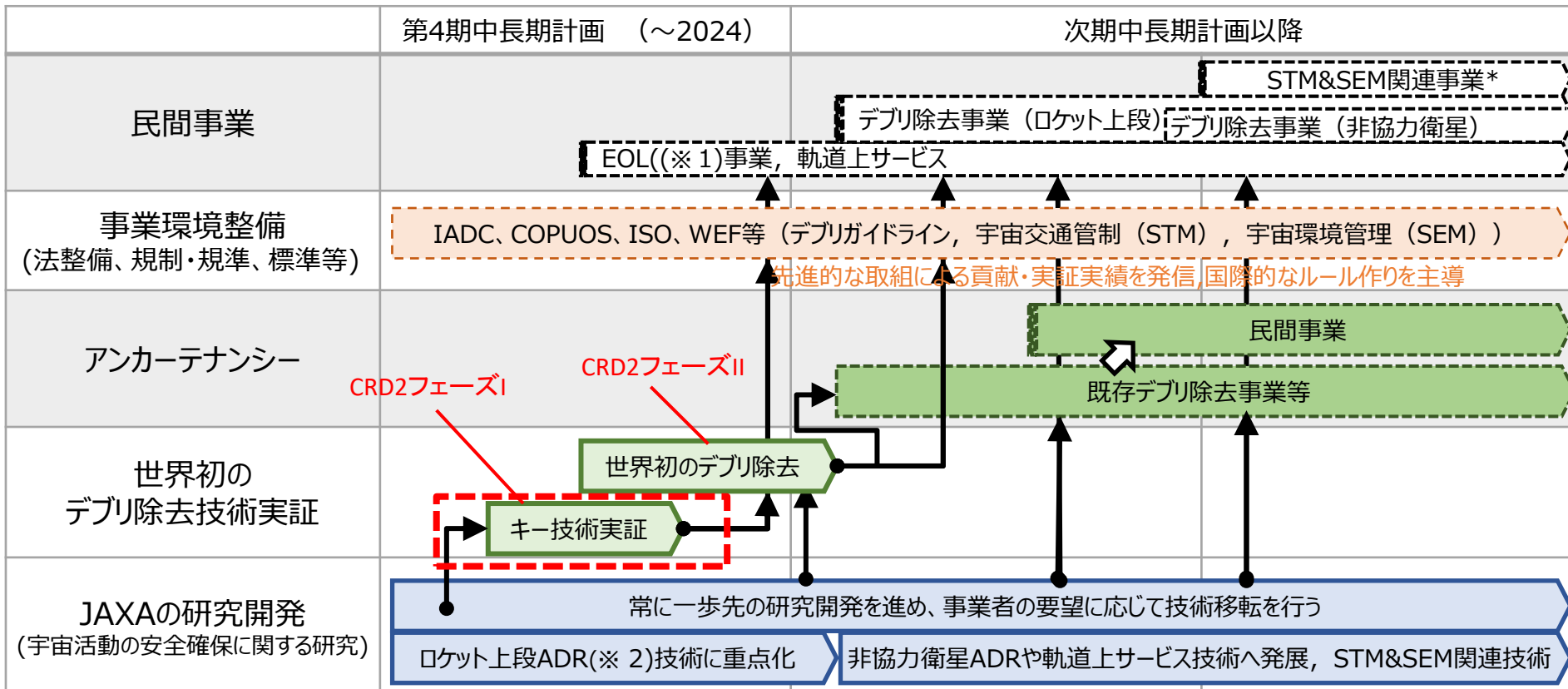
意義・目的



意義・目的

- スペース・デブリ対策の事業化を目指す民間事業者等と連携し、新たな市場の創出と我が国の国際競争力確保に貢献する取組を行う
- 大型のロケットデブリを対象とした世界初の低コストデブリ除去サービスの技術実証を目指す

目指す姿: 「**デブリ除去を起点に新規宇宙事業を拓き、民間事業者が新たな市場を獲得する**」



*)衝突回避サポート(観測(監視), 予測, 回避), EOLサポート, 軌道変更など

※1 EOL: End-Of-Life (本資料では、故障した衛星を運用軌道から除去するサービスを指す)

※2 ADR: Active Debris Removal

2. 商業デブリ除去実証の概要 プログラム構成



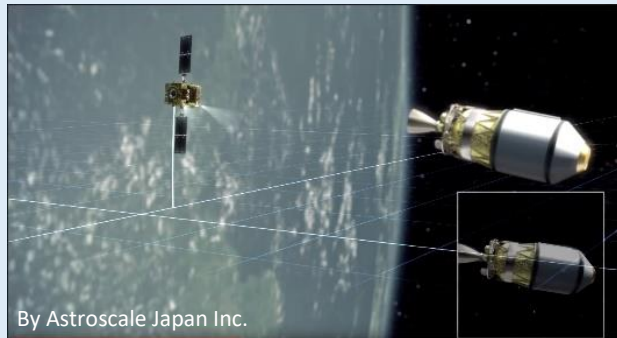
商業デブリ除去実証

(Commercial Removal of Debris Demonstration: CRD2)

- 除去効果が大きく、技術的に高度な我が国由来の大型デブリ除去を2段階(フェーズIとII)で実施
- デブリ対策に関する世界的な議論を先導し、市場の開拓につなげる
- フェーズ I では、非協力ターゲットであるデブリへの接近、近傍制御を行い、世界的にも情報の少ない軌道上に長期間放置されたデブリの運動や損傷・劣化がわかる映像を取得する

Phase I キー技術実証

2022年度打上げ

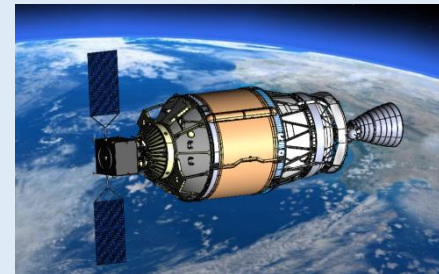


- 非協力的ターゲットへのランデブ、近傍制御、映像の取得

Phase I partner, Astroscale Japan Inc.

Phase II デブリ除去技術実証

2025年度
以降打上げ



Re-entry

- 非協力的ターゲットへのランデブ、近傍制御、映像の取得
- 大型デブリ(ロケット上段)の除去、リエントリ

2. 商業デブリ除去実証の概要

民間事業者の事業化を後押しする新たな試み



新たな試み

メリット: 事業化を強くサポート

- JAXAは衛星ではなく、「サービス」と「研究開発成果」を調達する
 - JAXAは「衛星開発仕様」と「設計基準」ではなく、「サービス仕様」と「安全要求」を設定
 - 企業は「サービス仕様」と「安全要求」を満足する衛星を設計・製造・試験・運用する
 - JAXAはJAXAの管理・技術標準を安全以外は適用せず、企業は自身の管理標準・技術標準の適用を提案できる
- マイルストン・ペイメント
 - 事前に定義された全4回のマイルストンの達成毎に、あらかじめ定められた金額が、段階的に支払われる
- 企業とのパートナーシップ型契約
 - JAXAと企業の両者が資金を拠出する
 - JAXAサービスの他に、企業も自身で必要な技術実証ミッションを設定・実施できる
 - JAXAは技術アドバイス、試験設備供与、研究成果の知財提供により、企業を技術的にサポートする

事業者がコスト削減圧力(支払い金額は固定のため低コスト化が利益増加に直結)と信頼性・品質向上圧力(サービス成功しないと全額は支払われない)のはざまに葛藤し、自己裁量により競争力ある開発プロセスを設定・獲得できるよう制度で誘導

事業者はJAXAからの技術的サポートを得られる

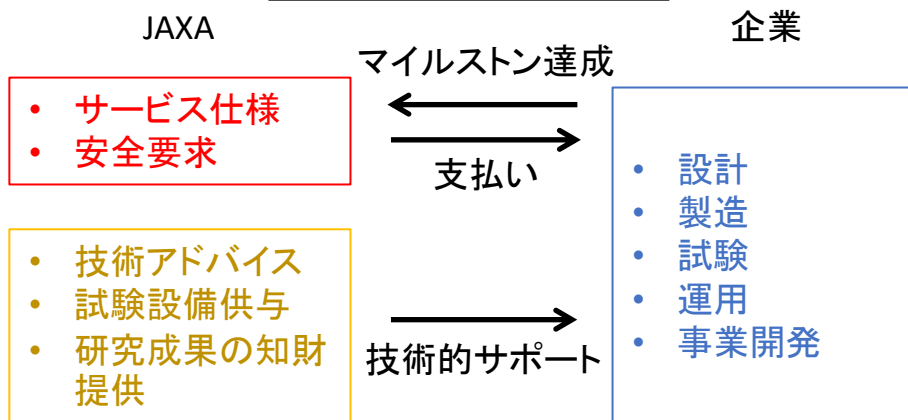
事業者が低コスト化・競争力確保の工夫を開発仕様・管理/技術標準に入れ込める

事業者が非ウォーターフォール型の開発プロセスを適用できる

事業者が技術実証ミッションを独自に企画し実施できる

サービス完了後一括支払いではなく、段階的支払いとすることで、大きな資本力を持たないベンチャー企業の参入障壁を下げられる

パートナーシップ型契約



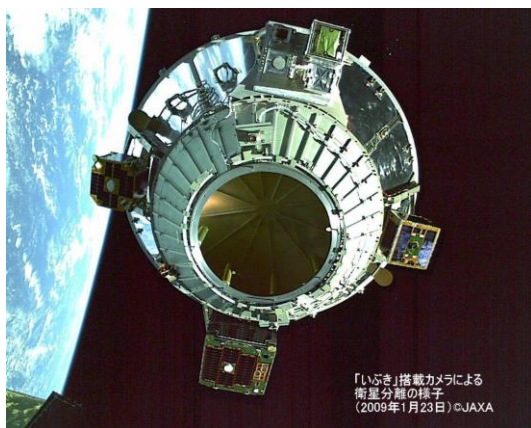
3. 商業デブリ除去実証フェーズIの概要

ターゲットのスペースデブリ



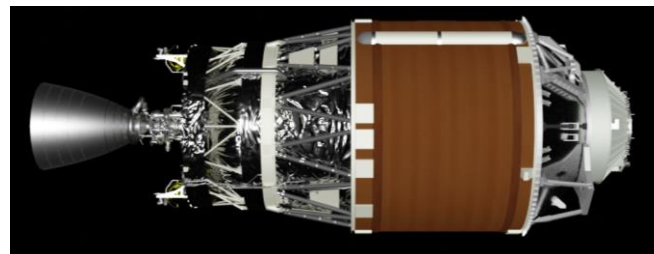
• ターゲットのスペースデブリ

- 下記観点で選定
 - 長期間軌道上に存在する実際の低軌道ロケット上段デブリ
 - 日本のロケット上段デブリ
 - 軌道高度600km程度(技術実証実施におけるデブリ発生リスクを考慮)
- 下記2物体が候補
 - H2A R/B, SSC(※ 1): 33500, International designator: 2009-002J(GOSATを打ち上げたロケット上段)
 - H2A R/B, SSC: 39771, International designator: 2014-029F(ALOS-2を打ち上げたロケット上段)
- 全長約11m、直径約4m、重量約3トン
- 地上からの観測情報等を整理しマイルストーン3までに最終的にターゲットを決定



「いぶき」搭載カメラによる
衛星分離の様子
(2009年1月23日) ©JAXA

ターゲット候補の一つ
SSC: 33500 H2A R/B
(2009年にGOSAT衛
星から分離時に取得
した映像)



SSC: 33500 H2A R/B 想像図
(紫外線の影響で打ち上げ時オレンジ色の
断熱材は濃い茶色になっていると推定)

※1 SSC: Space Surveillance Center
米軍デブリカタログのID番号

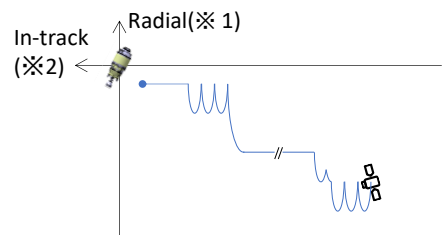
3. 商業デブリ除去実証フェーズIの概要

サービス仕様、安全要求、マイルストーン定義



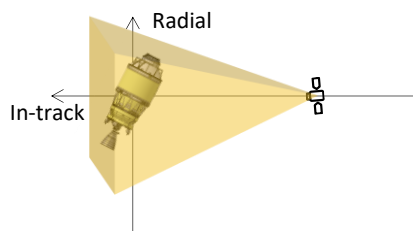
サービス仕様

- サービス仕様書にて下記4サービスの仕様を規定



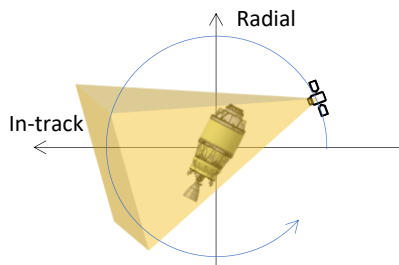
(1)デブリ接近計画に対する実績の確認サービス

デブリ接近計画と対応する実績結果を提供するサービス。接近中の相対軌道・マヌーバ・取得画像等の実績データを提供する。



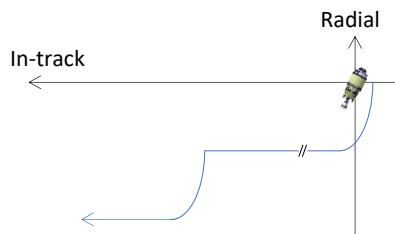
(2)対象デブリの定点観測サービス

対象デブリの軌道座標系(LVLH)上の定点から対象デブリを観測し、所定の画質・データ量のターゲット連続撮像画像を提供するサービス。



(3)対象デブリの周回観測サービス

対象デブリを中心として相対的に周回(フライアラウンド)する運用を行い、所定の画質・データ量のターゲット連続撮像画像を提供するサービス。



(4)ミッション終了サービス

ミッション終了後に、対象に衝突せず、かつ、軌道上残存予測期間25年以内となる軌道に遷移し、その実績のエビデンスデータを提供するサービス。

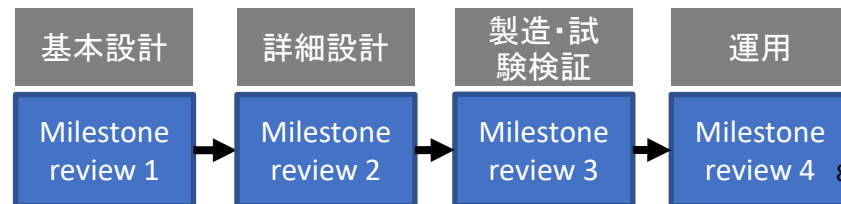
※1 Radial: 天頂方向
 ※2 In-track: 軌道速度方向

安全要求

- 安全に関する主要な要求 (JERG-2-026, JMR-003C)
 - ターゲットとの衝突による意図しないデブリの発生、およびデブリ防止機能の喪失を、「クリティカルハザード」と位置づけ
 - システム全体に対するハザード解析を実施し、識別されたハザード原因に対する、故障許容性を基本とした安全対策をとることを要求
 - 安全領域を予め設定し、意図的な場合を除き当該領域に侵入しない軌道設計とする
 - 安全領域への意図せぬ侵入や接近経路の逸脱に対して、1故障許容設計とする

マイルストーン定義

- マイルストーンは4段階
- マイルストーンの達成毎に、あらかじめ定められた金額を、段階的に支払い
- マイルストーン4に、全額のうち25%以上を割り当て(成功報酬的考え方)



3. 商業デブリ除去実証フェーズIの概要 パートナー企業



- 2020年1月、RFPを経てCRD2フェーズIパートナー企業としてアストロスケールを選定
- 2020年3月に契約締結、プロジェクトを開始



4.1. パートナー企業における実証衛星開発の状況

JAXAの要求サービスと企業ミッション



JAXAの要求するサービスに加え、企業が独自のミッションも実施する



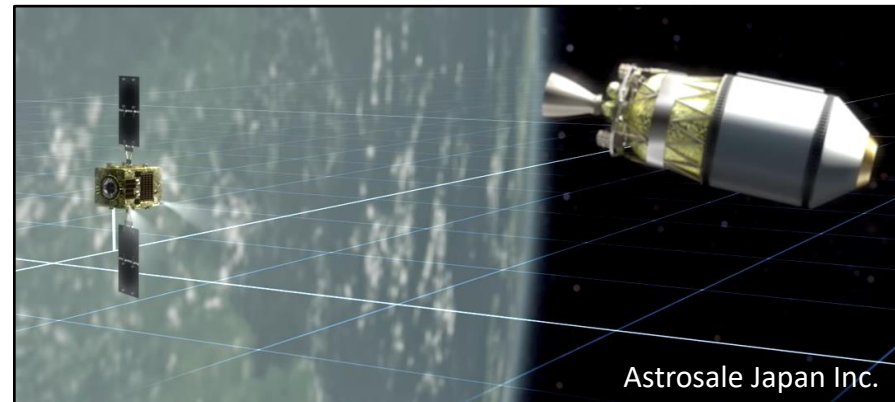
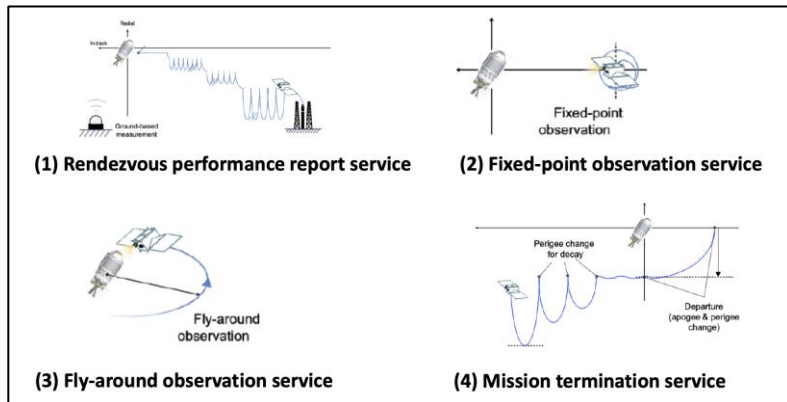
Services for JAXA

1. デブリ接近計画に対する実績の確認
2. 対象デブリの定点観測
3. 対象デブリの周回観測
4. ミッション終了処理



Astroscale Missions

1. 対象デブリの検査および診断
2. 対象デブリへの極近傍接近
3. エクストラミッション



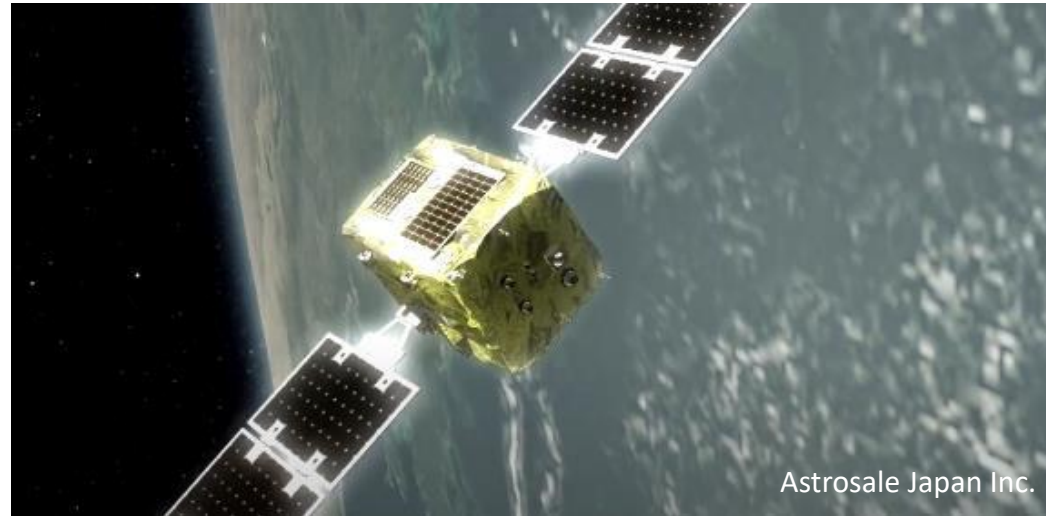
4.1. パートナー企業における実証衛星開発の状況

実証衛星の概要

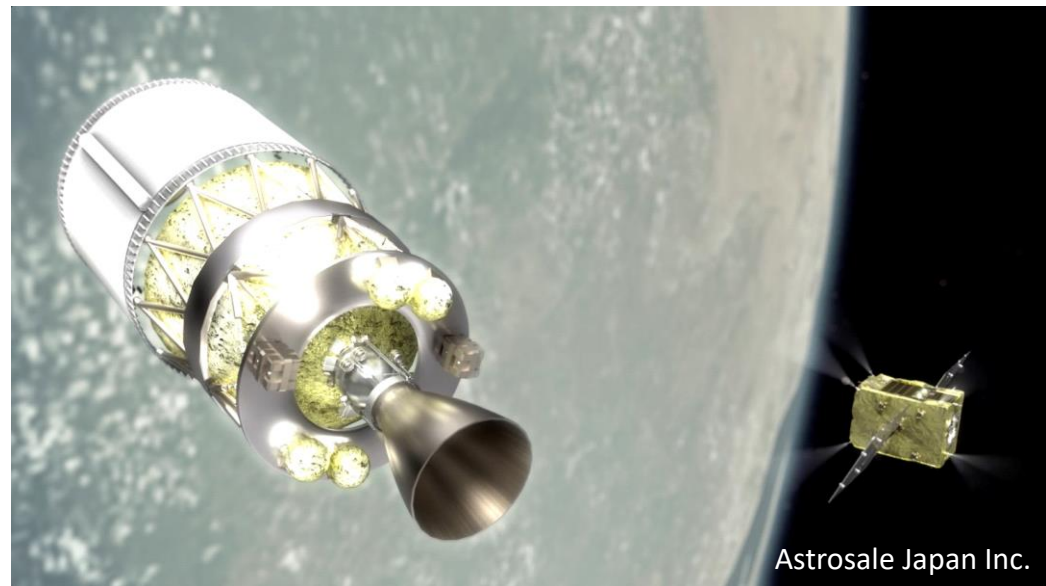


ADRAS-J

- CRD2 Phase Iを実施する実証衛星
- アストロスケールが設計・製造・試験・許認可申請・打ち上げ・運用を実施
- 質量(打ち上げ時WET):約180kg
- 非協力的物体に対するフルレンジ(ターゲット軌道を狙ったロケット打ち上げから極近傍まで)のランデブ及び近傍運用(RPO: Rendezvous and Proximity Operation)能力を有する
- ミッション系コンポーネントとして、ランデブセンサ群のほか、JAXAサービスを行う可視光カメラ、照明を具備
- 2022年度にRocket Lab社Electronロケット、ニュージーランド射点より打ち上げ予定



Astrosale Japan Inc.

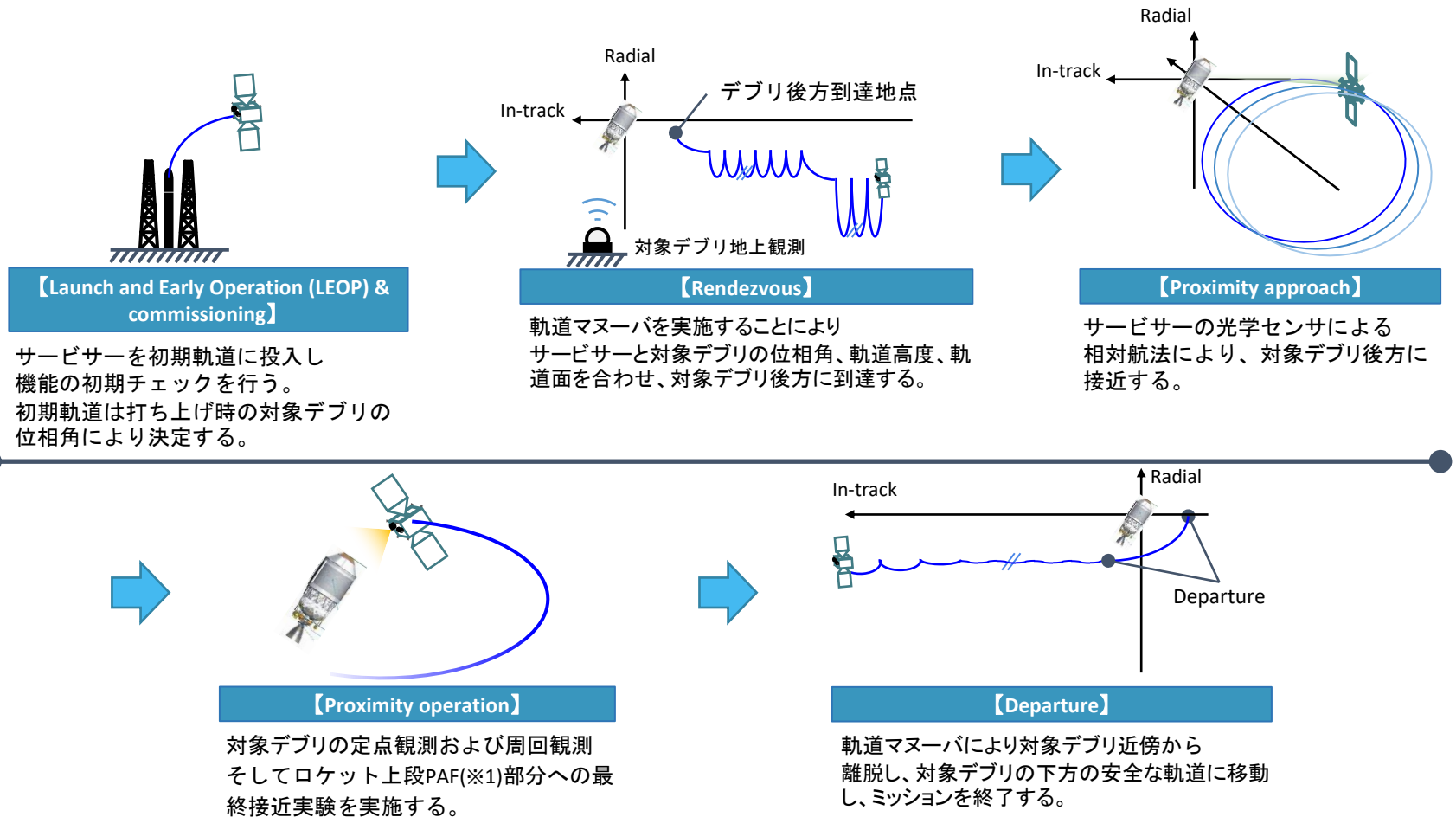


Astrosale Japan Inc.

4.1. パートナー企業における実証衛星開発の状況 ミッションシナリオ



ADRAS-J ミッションシナリオ概要



※1 PAF:Payload Attachment Fitting
ロケット側の衛星を搭載する構造

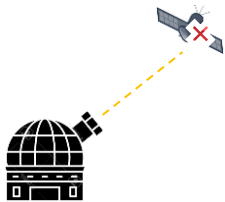
4.1. パートナー企業における実証衛星開発の状況 必要技術



必要技術：非協力的物体に対するフルレンジRPO技術

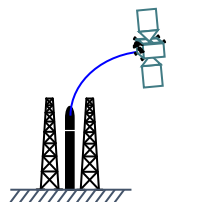
RPO技術 (Rendezvous and Proximity Operations)

①発見・追跡



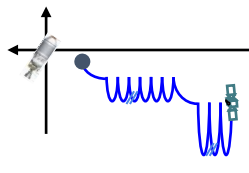
クライアント物体を発見・追跡し、軌道決定する。

②打上げ



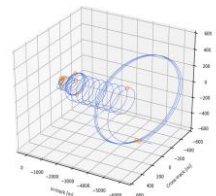
最適な軌道設計と、それに沿った打ち上げタイミングと投入軌道を決定する。

③遠方域接近



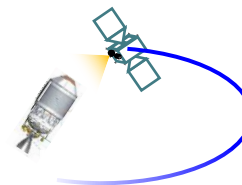
絶対航法と呼ばれ、クライアント物体とサービス衛星の位相角、高度、軌道面などを合わせる。

④近傍接近



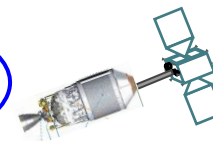
相対航法と呼ばれ、クライアント物体を光の点として捉え、複数センサを用いて接近する。

⑤運動推定・回転



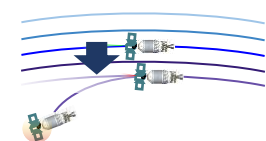
クライアント物体の定点および周回観測。その後相対運動量(回転)を合わせる。

⑥捕獲



捕獲機構にて捕獲。合体重心を推定して姿勢を安定化させる。

⑦軌道離脱



軌道離脱により、高度を下げ、大気圏に再突入させる。必要があれば目標海域へ向ける。

CRD2 Phase I Scope

CRD2 Phase II Scope

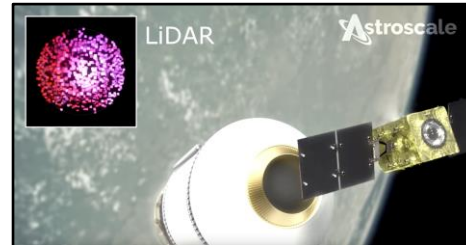
4.1. パートナー企業における実証衛星開発の状況 特徴



ADRAS-Jの特徴

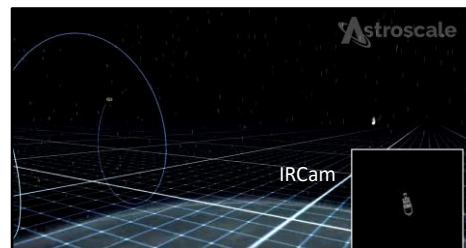
フルレンジRPOシステム

- 非協力物体に接近するフルレンジRPO技術
- 1 Fail Safeによる軌道上安全を確保



事業化に向けた低コスト設計

- 民生品センサの採用
 - RPOを実現するランデブセンサとして民生品センサを採用
 - 最新技術を用いた民生品センサに対し各種試験を実施し、宇宙使用の適合性を検証
- NewSpace企業との連携
 - 打上事業者として、Rocket Labと契約



RPO技術の継承

- ELSA-d成果の活用
 - 世界初となるデブリ捕獲技術の実証プロジェクトであるELSA-dから得られる技術/知見の活用



4.1. パートナー企業における実証衛星開発の状況 開発進捗状況



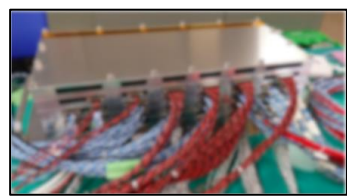
- 2021年7月マイルストーン1を達成
 - 基本設計完了
 - JAXAサービス仕様の充足にかかる基本設計結果を確認
 - JAXAサービス実施における安全にかかる基本設計結果を確認
 - ランデブセンサBBMの機能・性能検証、耐環境試験実施
- 2021年9月 アストロスケールが打ち上げ事業者を選定
 - RocketLab社/Electronにてニュージーランド射点から2022年度打ち上げ予定
- 2021年12月現在、詳細設計作業を実施中
 - BBM(※1)/EM(※2)コンポーネントの単体機能・性能、耐環境試験実施中
 - PFM(※3)構体パネル製造完了

※1 BBM: Bread Board Model
設計の実現性を確認するために製作・試験される試作モデル。耐環境性なし。

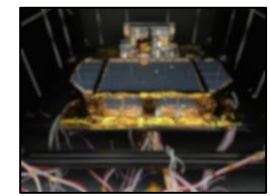
※2 EM: Engineering Model
機能・性能・環境試験に供して設計の妥当性を確認するモデル。部品などの品質と信頼性を除いて打上げ実機とほぼ同一仕様を持つ。

※3 PFM: Proto-Flight Model
設計に問題がないことを確認すると共に打上げ用の実機としても用いるモデル。部品や品質・信頼性もフライト品レベル。

コンポーネント制作・調達



IF系計算機(BBM)



ランデブセンサ群(EM)



構体パネル (PFM)

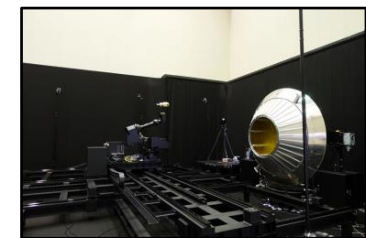
コンポーネント試験



ランデブセンサ (BBM)長距離試験



ランデブセンサ群 (EM)熱真空試験



ランデブセンサ群 (BBM)機能性能試験@JAXA軌道上サービス技術実証プラットフォーム

コンポーネント機能性能・耐環境試験の実施状況 (AS=アストロスケール)

	BBM	EM
PAYLOAD: ランデブセンサ	実施済み (AS)	On Going (AS)
GNC: 航法誘導制御系	BBMなし	実施済み (ベンダー)
EPS: 電源系	BBMなし	購入機器: 実施済み (ベンダー)
		製作機器: 実施済み (AS)
C&DH: データ処理系	購入機器: BBMなし	購入機器: 実施済み (ベンダー)
	製作機器: 実施済み (AS)	製作機器: 実施済み (AS)
COM: 通信系	BBMなし	購入機器: 実施済み (ベンダー)
		製作機器: On Going (AS)
RCS: 推進系	BBM/EMなし	

4.2. JAXAによる技術支援の状況



• 技術アドバイス

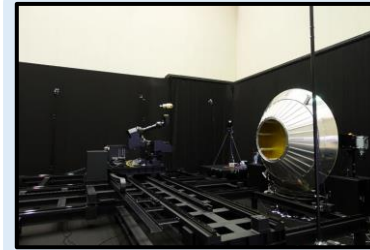
- これまでに138件の技術アドバイスを提供
- ランデブ技術を中心に、運用・電気・機械・光学・耐環境・ターゲット情報等、分野は幅広い

• 試験設備供用

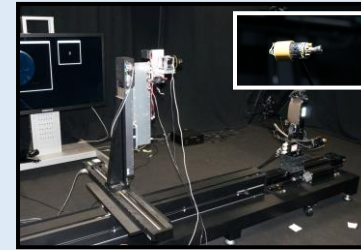
- 10以上の設備を供用
- 設備貸しだけでなく、あわせて試験ノウハウのアドバイスも実施

• 研究成果の知財提供

- 4件の研究成果をADRAS-Jの開発試験・運用に直接利活用



軌道上サービス技術実証プラットフォーム (SATDyn)



光学シミュレータ



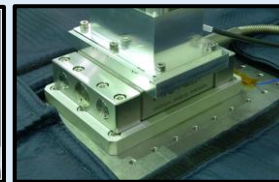
H2A上段精密模型



スターシミュレータ



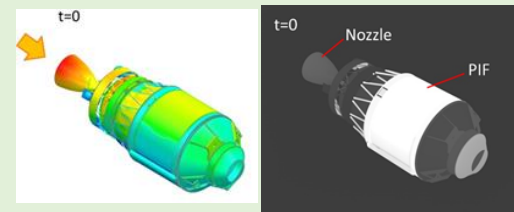
GPSシミュレータ



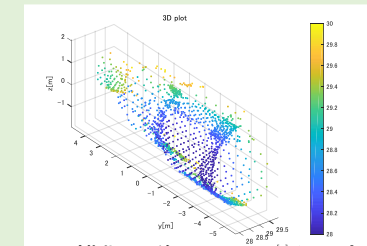
擾乱測定装置



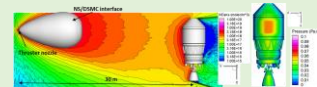
急減圧チャンバ



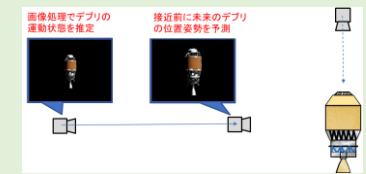
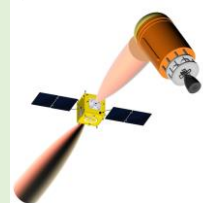
赤外カメラ模擬画像シミュレータ研究 (相対航法機能検証用)



LiDAR模擬画像シミュレータ研究 (相対航法機能検証用)



スラスタプルームによるデブリ運動低減研究



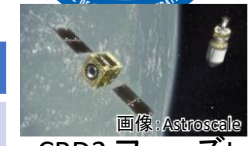
画像によるターゲット運動推定・予測技術研究

5. まとめ



- 「デブリ除去を起点に新規宇宙事業を拓き、民間事業者が新たな市場を獲得する」ことを目指し、民間事業者の事業化を後押しする新たな試みとして、商業デブリ除去実証(CRD2)を進めている
- フェーズIのパートナー企業にはアストロスケールが選定され、2020年3月よりプロジェクトを開始、2021年7月にマイルストーン1を完了
- 現在、機器BBM/EMの試験を含む、詳細設計作業を進めており、年度内にマイルストーン2の審査を実施予定
- JAXAは、マイルストーン審査によるゲート管理と、「技術アドバイス」「試験設備供与」「研究成果の知財提供」による技術支援を、本プロジェクトを推進する車の両輪として、この新しい試みを推進している
- 2022年度の打ち上げへ向け、パートナー企業との連携を強め、新規性ある技術実証と民間事業者の事業化促進を、ともに実現すべく、プロジェクトを進める計画である

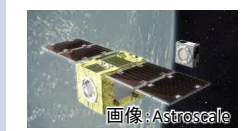
(参考) デブリ除去に対する各国の取り組み



画像: Astroscale
CRD2 フェーズI



CRD2 フェーズII



画像: Astroscale
ELSA-d



DRUMS



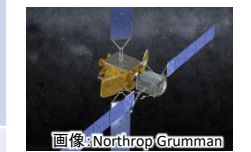
画像: Clearspace

Clearspace-1



画像: SSTL

RemoveDEBRIS



画像: NorthropGrumman

MEV

日本は技術面で優位性を有するほか官民ともに活動は活発。欧州が対抗馬といえるプロジェクト (ADRIOS/Clearspace-1) を実施中。米国はデブリ除去に関する取り組みは活発ではない。

国・組織 世界のデブリ除去関連の主な動向

技術面で優位性を有するほか官民ともに活動は活発。

- デブリ除去に**必要な要素技術を1国で保有**：「ランデブ技術」「宇宙ロボット技術」「電気推進技術」
- **JAXAが大型デブリ除去技術実証**を目指す「**商業デブリ除去実証：CRD2**」を立ち上げ。第一段階として軌道上に長年存在するH-IIAロケット上段デブリ（約3トン：**非協力的かつ大型**）へのランデブ・詳細画像撮影を行う**フェーズIプロジェクト**を開始。**アストロスケール**をパートナー企業に選定し**FY2022年度に実証衛星打ち上げ予定**。JAXAは**CRD2フェーズII（大型デブリ除去）をFY2025年度以降打ち上げを目指し研究中**。
- **アストロスケール**が小型模擬デブリ（**部分的に協力的かつ小型**）の捕獲を行うデブリ除去技術実証衛星（**ELSA-d**）を**打上げ運用中**。2020年6月、米国法人を通じ**軌道上サービス企業Effective Space Solutionsを買収**。2021年10月、英国法人が**UKSAのデブリ除去研究プログラムに採択（*1）**。
- **川崎重工業**が小型模擬デブリへのランデブ等を行う衛星**DRUMS**を開発、FY2021年度に**打上げ運用中**。
- **スカパーJSAT**がレーザーを使う方式の宇宙ごみ除去衛星の開発事業に着手。

日本

軌道上に存在するデブリ（約110 kg：**非協力的かつ小型**）の除去を行う **ADRIOS/Clearspace-1** を立ち上げ、スイス企業 **Clearspace** と契約。総額1億€。**2025年打上げ予定**。

- デブリ除去の要素技術実証衛星 **RemoveDEBRIS**を2018年に打上げ実験実施。捕獲用ネット、鋳、航法センサの**部分技術実証を実施（システム技術実証ではない）**。
- **UKSAが英国企業を対象にデブリ除去の研究プログラム実施中**（デブリ除去研究に2021年度80万 £（*1がこの半分を獲得）、デブリ除去含むデブリ対策研究に2020年度100万 £、2021年度120万 £）

欧州

デブリ除去を目的とした活動は活発ではない。

- **Northrop Grumman**が静止衛星の軌道制御を代替する延命サービスをIntelsat社と契約、2020年に Mission Extension Vehicle-1 (MEV-1)によりIntelsat IS-901へのドッキングに成功。**推薬補給、修理、部品交換などの軌道上サービスに事業拡大構想あり**。
- LEO衛星推薬補給ミッションとして進められてきたRestore-Lを**OSAM-1** (short for On-orbit Servicing, Assembly, and Manufacturing 1)と名称変更し継続中
- **軌道上サービスの技術標準作成**へ向けた民間中心のコンソーシアム**CONFERS**が活動中。

米国

中国運載火箭技術研究院がデブリ除去技術試験衛星Aolong-1 を2016年に打上げ。実施結果不明。

中国

(参考) デブリ除去に対する各国の取り組み デブリ除去に係るベンチマーク分析



- ADRIOS/Clearspace-1 は“ADR demonstration”を実施するとしているが、実質的には、いわゆる End-Of-Life (EOL) サービスの技術実証といえる
 - ターゲットはVegaロケット上段アダプタ(VESPA) : 約110kg
 - ESA文書 (CS-ESA-SOR-TD-005 Clearspace-1 SOR)によると、Clearspace社の直近の想定ビジネスモデルは故障衛星 (最大860kg: oneweb, starlink, IRIDIUM first, IRIDIUM Next, Telesat, AstroCast等) の除去サービス
 - デブリ関係の学会等にて、「デブリ増殖の抑制に効果的」とされている「混雑軌道にある大型デブリの除去」の意味でのADRを、直接的には指向していない(効果的な除去ターゲットリスト上の大型デブリ質量は、概ね 3ton~9ton)
- **ADRIOS/Clearspace-1の実質的な競合相手は、CRD2ではなく、アストロスケール社のEOLサービスである**



ELSA-d

(アストロスケール社のEOLサービスへ向けた実証衛星)

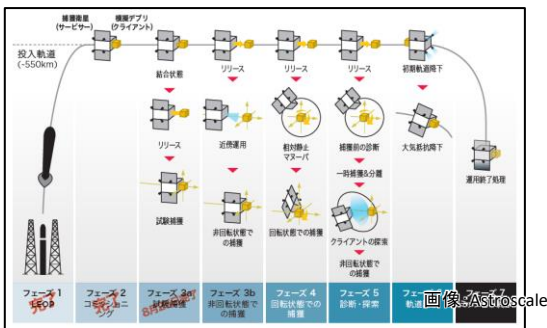


Clearspace-1

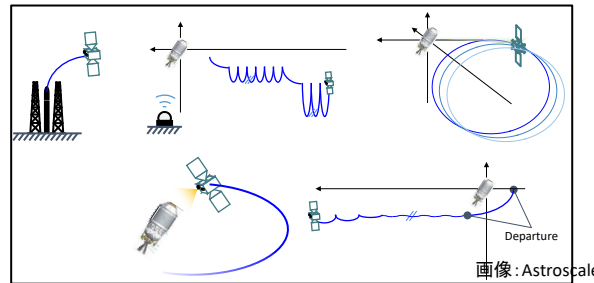
(参考) デブリ除去に対する各国の取り組み デブリ除去に係るベンチマーク分析



- アストロスケール社のほうが早くEOL サービスの能力を実証する (アストロスケール社:2023年、Clearspace社:2025年)**
 - 近傍ランデブ・捕獲(部分的に協力的な模擬デブリ相手)の実証: 2021年度 ELSA-d
 - 遠方ランデブの実証: 2023年 CRD2 Phase I
 - ロケット能力と衛星マヌーバ能力を一体で最適設計する遠方ランデブ軌道設計
 - 軌道面が流れる前に大 ΔV マヌーバを打つ機体能力・コンパクトなLEOP運用
 - 衝突しないことを保障するランデブ誤差解析・モンテカルロ解析能力
 - 絶対航法から相対航法への接続
- 環境改善効果が期待できる「混雑軌道にある大型デブリの除去」の意味での Active Debris Removal: ADRは、実質的には世界に競合プロジェクトがなく、JAXAの CRD2は先行・独走している**
- CRD2は、ASJ社のEOLサービスインを加速させ、同時に、ADRの世界初の技術実証達成を目指す、世界的にも先行的な取り組みとなっている**



ELSA-d 運用コンセプト (近傍のみ)



CRD2 Phase I 遠方運用コンセプト

(ターゲットを狙った衛星打ち上げ・遠方ランデブ含む)

EOLサービスのフルレンジ技術実証

(参考)内閣府ガイドラインにかかる動き

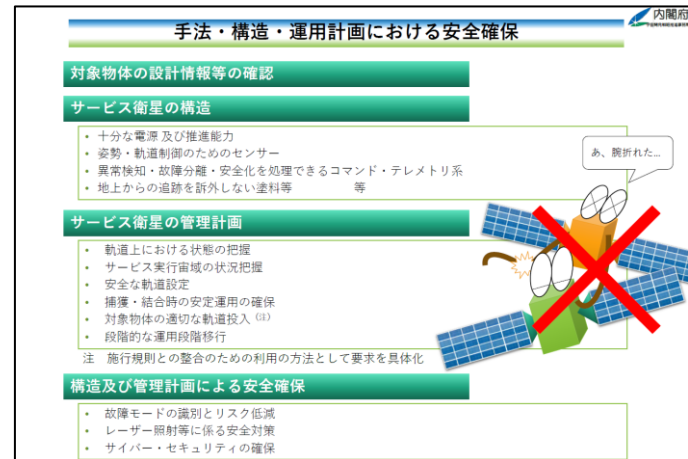


- 2018年11月15日、いわゆる宇宙活動法、「宇宙船等の打上げ及び管理に関する法律(平成28年法律第76号)」が日本で施行。
- 2020年、**JAXA CRD2プロジェクト開始、民間企業による活動活発化を大きな契機として**、内閣府は、従来の宇宙機運用ガイドラインに加えて、軌道上でのサービスミッションに適用するための補足的な要件の検討を開始。JAXAのほか、複数の民間企業が検討に参加。
- 2021年11月、「軌道上サービスを実施する人工衛星の管理に係る許可に関するガイドライン」制定 (https://www8.cao.go.jp/space/application/space_activity/documents/guideline_oosgl.pdf)
- ガイドライン(国が許可を与えるベースとなる「考え方」中心の記述)に対する、具体的技術要求としては、JAXAでは既にシステム安全手法に基づく故障許容性をベースとした内容である「JERG-2-26軌道上サービスミッションに係る安全基準」を制定、CRD2 Phase IIに適用済み。

- **先行的事例としてベストプラクティスを積み上げるだけでなく、内閣府殿・JAXAを中心に、将来の標準化に資する観点で積極的に海外に新ガイドライン案、JERGを紹介している。**

➤ 新ガイドライン案について、2021年9/29にGlobal Satellite Servicing Forum (GSSF)、10/6にEuropean Operations Framework (EOF)の第二回ワークショップ、11/10にCONFERSのTechnical Working Group (TWG)で紹介済み。

➤ JERG-2-026 は、各国宇宙機関を中心に紹介を行っている。



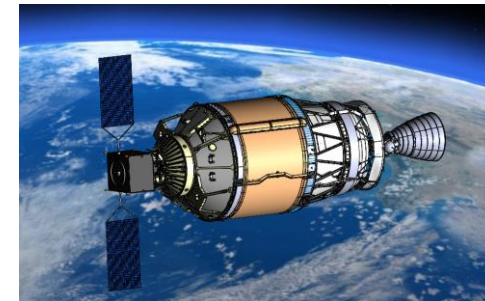
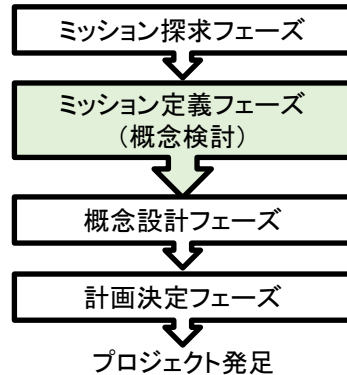
「軌道上サービスを実施する人工衛星の管理に係る許可に関するガイドライン(案)の概要について」, 令和3年7月12日、内閣府資料より抜粋

(参考) 商業デブリ除去実証フェーズIIの状況

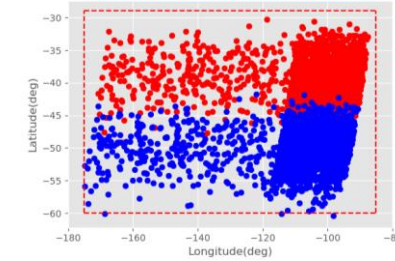
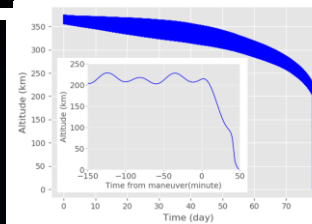
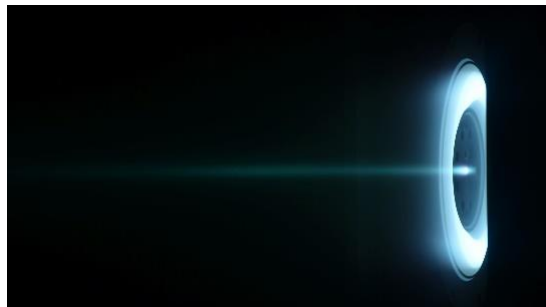
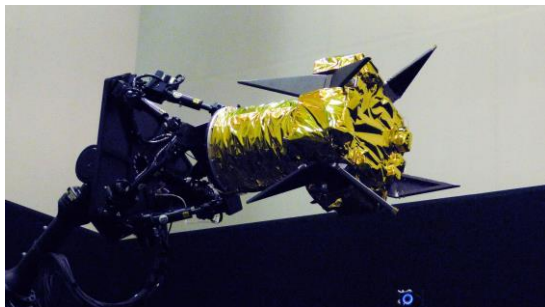
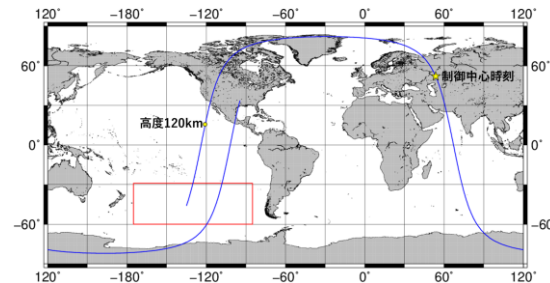
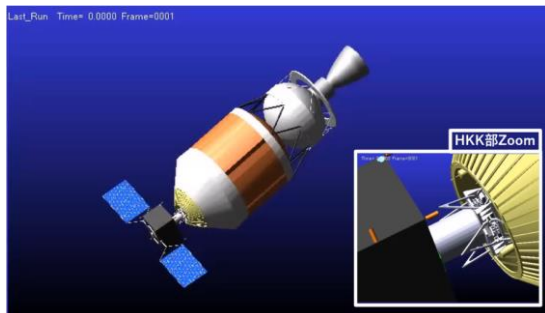


- 宇宙基本計画工程表: 2025年度以降打ち上げ
- 2021年6月、「ミッション定義フェーズ」へ移行
- 概念検討の公募発出、2社選定
 - 2021年度末まで、概念検討を実施
- キー技術について、JAXA研究開発部門で研究を実施中:

※ JAXAにおけるプロジェクト立ち上げまでのプロセス



Phase II ミッションイメージ



ロケット上段デブリ捕獲機構の研究
(上: 機構シミュレーション、
下: 捕獲機構試作モデル)

上: デブリ捕獲システムの動作試験 (SATDyn)
下: 1kW級高トータルインパルス
電気推進器の研究

小さいマヌーバ量での安全な再突入廃棄の研究
(上: 想定再突入軌道と想定落下海域、
左下: 軌道高度の時間履歴、
右下: 破片の落下誤差解析 (モンテカルロシミュレーション、弾道係数=10 (赤), 200 (青) kg/m²)