

資料92-2

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92回) R6.11.22

商業デブリ除去実証(CRD2) の実施状況について

CRD2: Commercial Removal of Debris Demonstration

2024年11月22日
国立研究開発法人 宇宙航空研究開発機構
研究開発部門

理事 稲場典康
プロジェクトマネージャ 山元透



1. 商業デブリ除去実証(CRD2)について
2. CRD2フェーズIの実施状況について
3. CRD2フェーズIIの実施状況について

• スペースデブリ問題

- 観測されカタログ化された軌道上物体数は30,000個以上
- 観測できない10mmクラスは約90万個、1mmクラスは約1億個との推定あり
- JAXA衛星の衝突回避運用準備回数は増加傾向(2022年度:34回、2023年度:162回)

• JAXAの取り組み

宇宙空間の状況把握(SSA)

- JAXA SSAシステムの実運用(政府SSAシステムと接続)
- 観測・分析・JAXA衛星の衝突回避運用
- SSA分野の研究開発

宇宙利用に関する国際標準作りへの貢献

- 国際標準整備への貢献
- JAXA標準・ガイドラインの制定・維持
- スペースデブリのリスク評価支援ツール等の整備

スペースデブリの脅威・リスクに対処するための研究開発

- 観測・環境モデル・除去技術の研究開発
- **商業デブリ除去実証プロジェクト(CRD2)**



本日のご説明対象

商業デブリ除去実証(CRD2)の構成

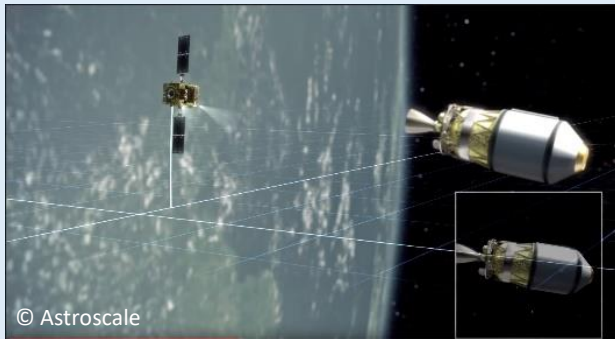
商業デブリ除去実証

(Commercial Removal of Debris Demonstration: CRD2)

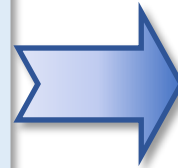
目指す姿:「**デブリ除去を起点に新規宇宙事業を拓き、民間事業者が新たな市場を獲得する**」

- 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存在し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 2023年度打上げ キー技術実証



- ・ 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 II 2027年度 デブリ除去技術実証 打上げ予定



- ・ 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

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

- 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

メリット:事業化を強くサポート

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)のはざままで葛藤し、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

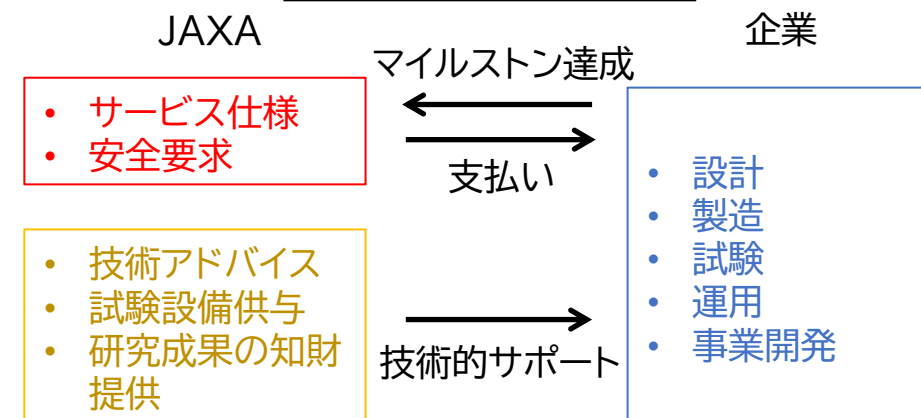
事業者が低コスト化・競争力確保の工夫を開発仕様・管理/技術標準に入れ込める

事業者が開発プロセスに自己の裁量を活かせる

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





CRD2 フェーズI 経緯

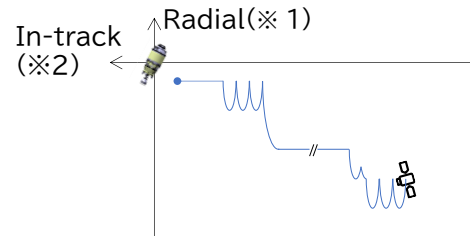
- 2018年12月 宇宙基本計画工程表に「スペースデブリの除去・低減に関する研究開発・実証」の「関連技術実証」として記載された
- 2020年3月 技術提案方式による契約相手方選定の結果、株式会社アストロスケールが選定され、契約締結
- 2021年7月 マイルストーン1(基本設計相当)達成
- 2022年3月 マイルストーン2(詳細設計相当)達成
- 2023年9月 マイルストーン3(開発完了相当)達成
- 2024年2月 ADRAS-J打ち上げ





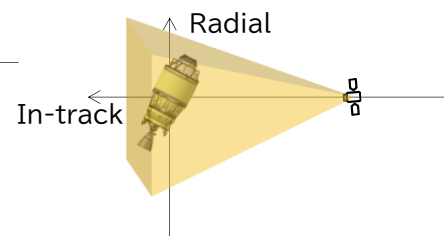
サービス仕様

- サービス仕様書にて下記4サービスの仕様を規定



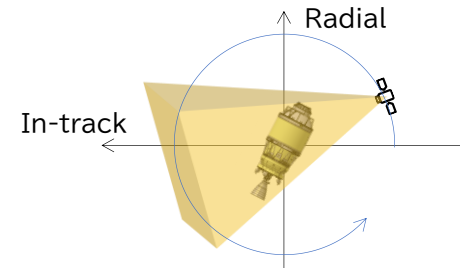
(1)デブリ接近計画に対する実績の確認サービス

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。

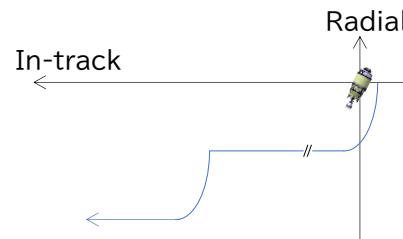


(2)対象デブリの定点観測サービス

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。

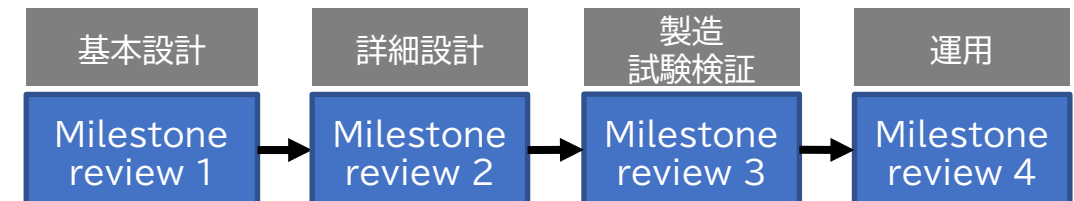
※1 Radial: 天頂方向
※2 In-track: 軌道速度方向

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)





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



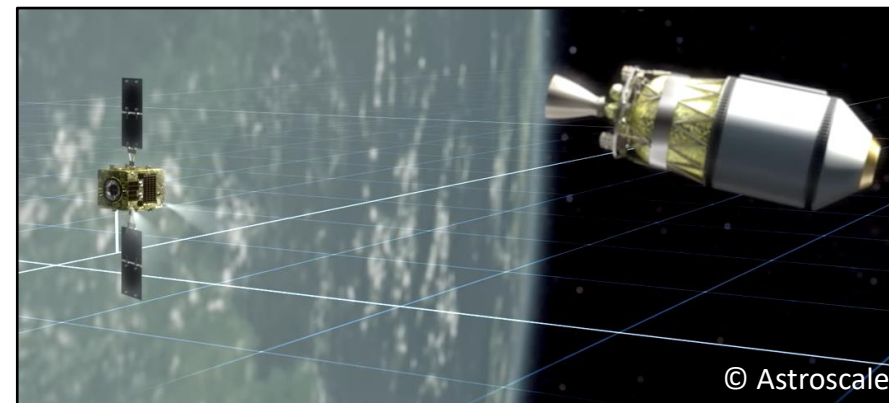
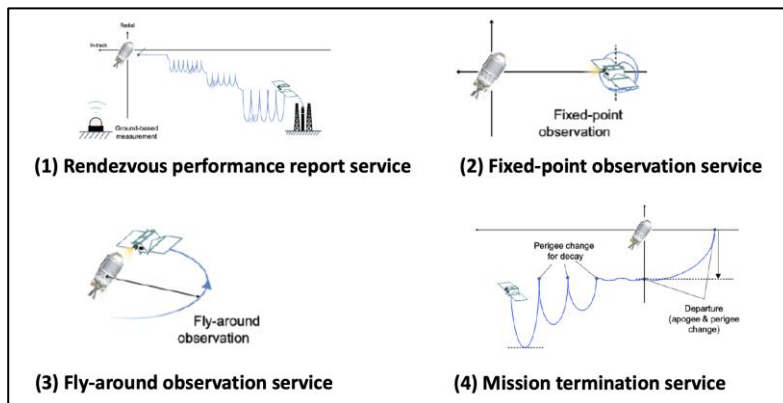
Services for JAXA

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



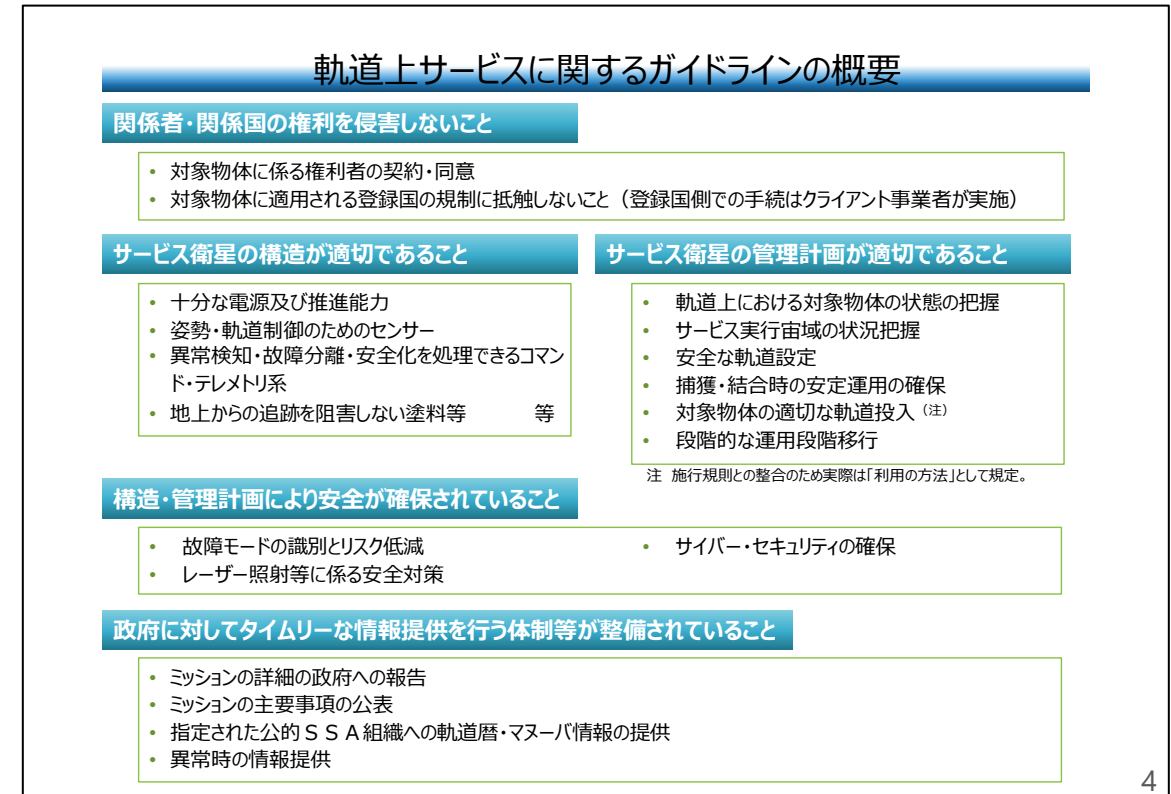
Astroscale Missions

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





- 本プロジェクトは、本邦において民間事業者が軌道上サービスを実施する初の機会となることが想定されたため、これを契機として、内閣府殿により、「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」が制定された(2021年11月)
 - 本ガイドラインの検討に先立ち、JAXAは民間事業者にとって実現可能な設計解の検討を行い、その知見に基づいて、JAXAにおける具体的技術要求として「JERG-2-26 軌道上サービスミッションに係る安全基準」を準備し貢献
 - また本ガイドライン検討の中では、JAXAはJERG-2-26を含む技術のほか、規制、法務等の多岐にわたるJAXA専門家が検討に参加、知見を提供し、現実的なガイドライン制定に貢献
- これにより、軌道上サービスを行う衛星に対する新たなガイドラインに沿った許可申請と許可取得プロセスの第一例となった。
- また、上記プロセスにおける規制当局との関わりを通じて、軌道上サービスを行う衛星の管理許可を取得するという産業界の経験が蓄積できた。

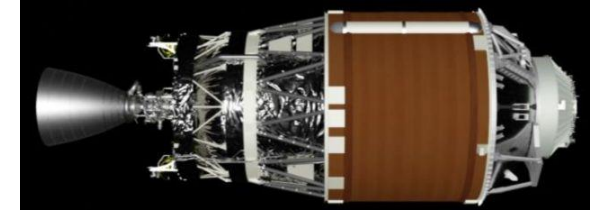


4

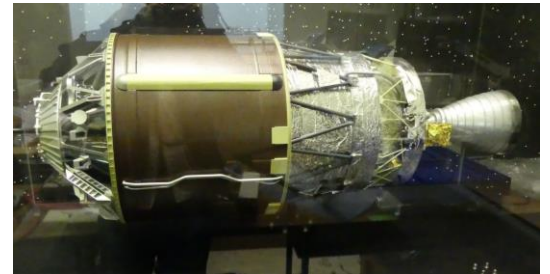
宇宙政策委員会 第95回会合 参考資料9
令和3年11月30日 内閣府宇宙開発戦略推進事務局



- ランデブ・近傍運用や、衛星開発にかかる技術アドバイスを、計200件以上提供
- ターゲット情報の集約・観測・提供
 - H2A15号機上段機の製造者であるMHI殿からCRD2の衛星設計に必要なターゲットにかかる情報を整理頂き、入手する契約を締結、CRD2事業者に限りこれを共有し、衛星設計に利用
 - ターゲット姿勢の地上観測結果の情報を提供
- 一般的な衛星環境試験設備の他、研開部門の特殊な試験設備を、試験ノウハウと共に多数供用(擾乱計測設備、迷光試験設備、恒星模擬装置、急減圧試験装置、GPS信号シミュレータ等)
- 軌道上サービス技術実証プラットフォーム“SATDyn”の開発・運用
 - 2台のロボットアームと10m×7mのXYステージで構成される大型モーションシミュレータ設備
 - センサ・搭載計算機ハードを用いた近傍運用の統合的検証試験(DOLT/DCLT)等に用いた
 - 様々なスケールの精密なターゲット模型も制作(1/1部分モデル、1/5、1/10、1/30全体モデル)
- 研究成果の知財提供(LiDAR/赤外カメラ模擬シミュレータ、スラスタプルームの与えるカトルクデータ、画像によるターゲット運動推定・予測ツール)



MHI殿より提供を受けた「適度に簡略化」した3D形状情報をもとに作成した3DCGモデル

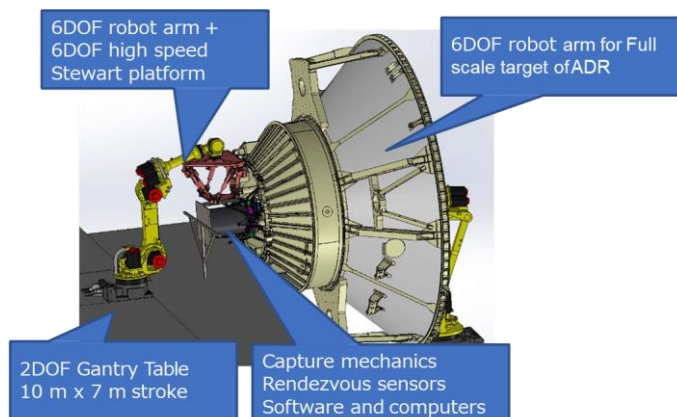


1/10スケールモデル模型

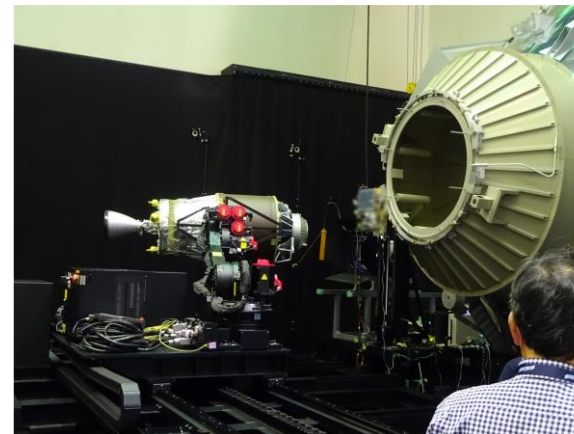


1/1PAF/PSSモデル模型

SATDyn : SATellite Dynamics test platform for on-orbit servicing technology



軌道上サービス技術実証プラットフォーム SATDyn

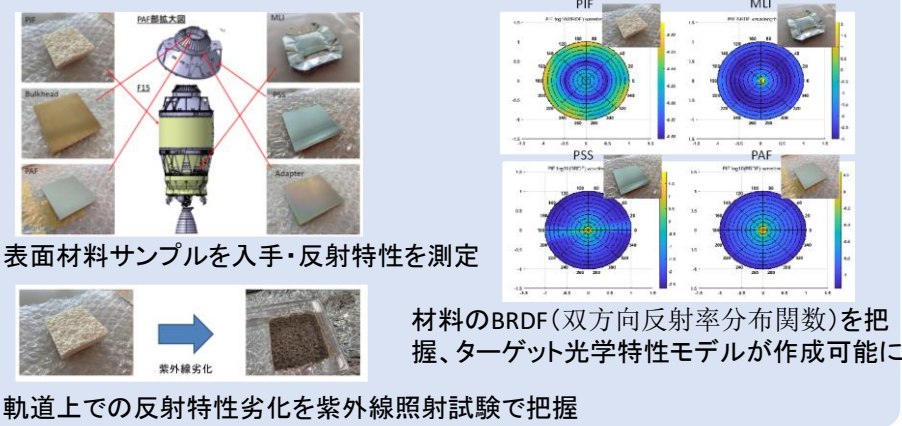


SATDynにおける近傍運用のDCLT試験



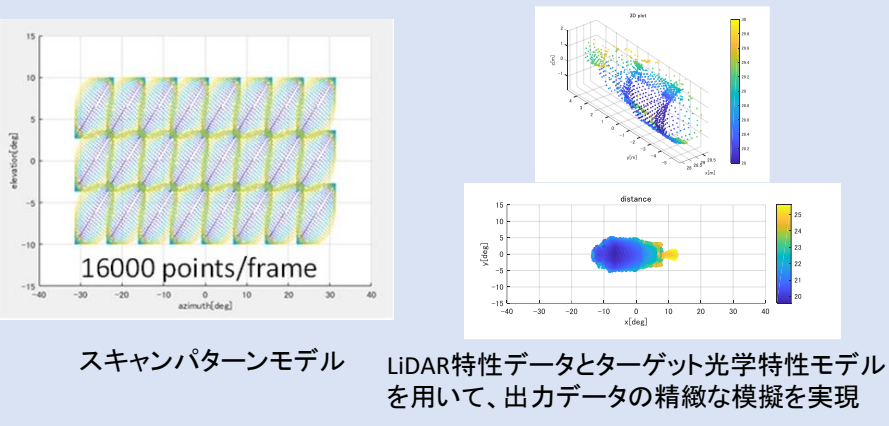
(A) 非協力的ターゲットの光学特性モデリング

ランデブ用光学リフレクタ等の反射特性が既知かつ良好なマーカ等が存在しない非協力的ターゲットの光学特性を定量的に把握



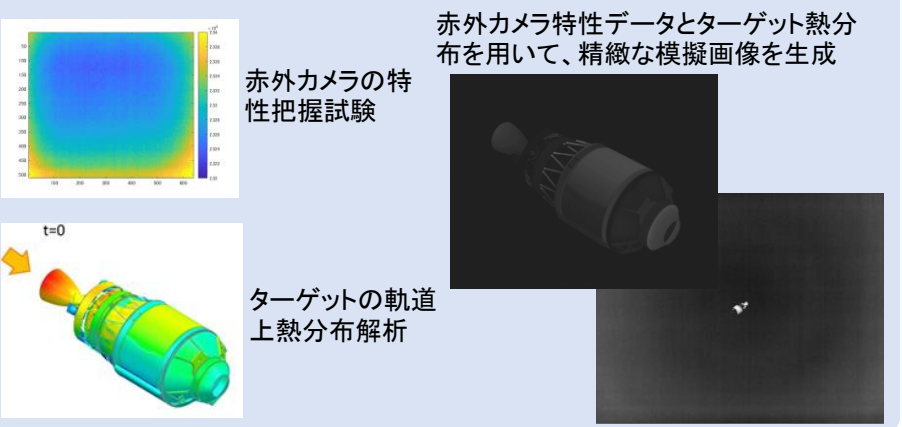
(B) LiDAR模擬データ生成シミュレータ研究

全フェーズに渡るフルスケール模型でのLiDAR航法試験が困難、精緻な模擬データを生成するシミュレータが航法検証に必須



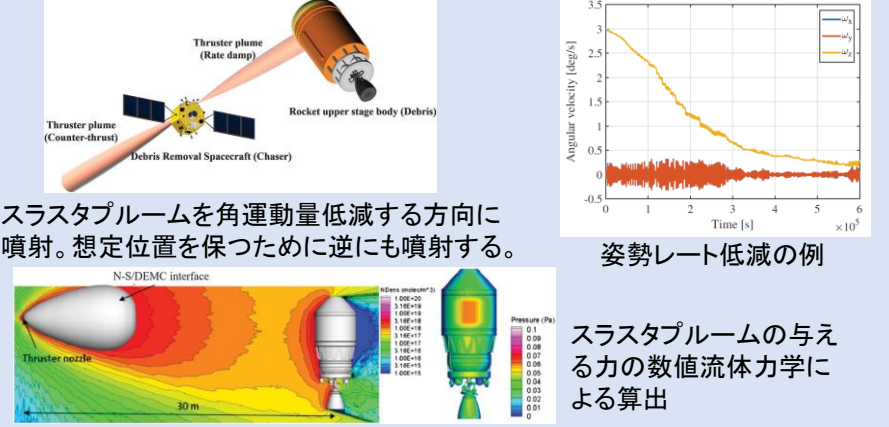
(C) 赤外カメラ画像模擬データ生成シミュレータ研究

軌道上環境を模擬した地上での航法試験が困難、精緻な模擬画像データを生成するシミュレータが航法検証に必須



(D) ターゲットのスラスタプルームによる運動低減研究

ターゲット姿勢運動が想定より速いケースにおいて、積極的に運動を低減し、ミッション実施可能とするオプション手段を提供



ADRAS-J

- Demonstration satellite for CRD2 Phase I
- Designed, manufactured, tested, launched, operated and owned by Astroscale Japan
- Full-range Rendezvous and Proximity Operation (RPO) capability for non-cooperative targets



3,700mm x 810mm x 1,200mm
150kg

実証成果①:打ち上げ、ランデブー、近接接近



• 打ち上げ

- アストロスケール社ADRAS-J衛星は2024年2月18日に RocketLab 社 Electron ロケットにより打ち上げられた
- ロケット投入軌道は、ターゲットデブリとの相対的な軌道面、高度、離心率、位相について厳密に調整され、投入軌道誤差は小さかった
- これにより、ADRAS-Jの初期軌道制御の制御量は小さくなり、搭載推進薬の消費を節約することができた



• ランデブー・近接接近

- ADRAS-Jは非協力的ターゲットに対する相対航法の手法として Angles-Only Navigation (AON) を用いてターゲットに接近
- アストロスケールとJAXAが協力し、AONの結果を並行して解析
- AONは、非協力RPOの技術課題である絶対航法と搭載光学センサーによる相対航法のギャップを、橋渡しすることに成功
- 「地表からターゲットデブリまで」の「フルレンジ非協力RPO技術」を実証



フルレンジ非協力RPO



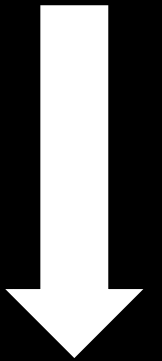
※ AON: Angles-Only Navigation (ターゲット輝点の方角情報のみから相対軌道を推定する航法技術)

※ RPO: Rendezvous and Proximity Operations (ランデブー及び近傍運用)

実証成果②：定点観測サービスの実施(2024年5月23日撮影、距離50m)



地心方向



実証成果③：周回観測サービスの実施(2024年7月16日撮影、距離50m)





「サービス仕様」の設定意図である「フルレンジ非協力RPO技術の実証」が、民間の軌道上サービス事業者により達成された

※ RPO: Rendezvous and Proximity Operations
(ランデブ及び近傍運用)

✓ success

(1) デブリ接近計画に対する実績の確認サービス

- 地表からターゲットデブリまでの近接接近までをカバーする非協力フルレンジRPO技術の実証が達成された

✓ success

(2) 定点観測サービス

- 軌道上サービスの近傍運用で必要となるターゲットの非協力的物体に対する高精度な相対位置保持制御能力の実証が達成された

✓ success

(3) 周回観測サービス

- 軌道上サービスの近傍運用で必要となるターゲットの非協力的物体に対する高精度な周回能力、特定部位へのアクセスのために周り込む能力、高精度な相対6自由度制御能力の実証が達成された

今後、全ての技術実証ミッション完了後、「(4)ミッション終了処理サービス」を実施し、マイルストーン4完了となる見込み



CRD2フェーズII 経緯

- 2018年12月 宇宙基本計画工程表に「スペースデブリの除去・低減に関する研究開発・実証」の「大型デブリ除去技術実証」として記載された
- 2023年 6月: ミッション定義審査
- 2023年12月: システム要求審査
- 2024年 4月: 技術提案方式による契約相手方選定の結果、株式会社アストロスケールが選定
- 2024年 6月: システム定義審査
- 2024年 8月: 株式会社アストロスケールと契約締結(8/20)
- 2024年 9月: JAXAにプロジェクトチーム組織を発足



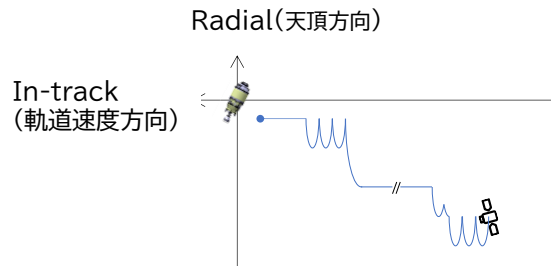


サービス仕様

- サービス仕様書にて下記4種のサービスの仕様を規定

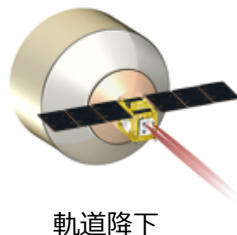
(1) デブリ接近計画に対する実績の確認サービス

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。フェーズIと同様



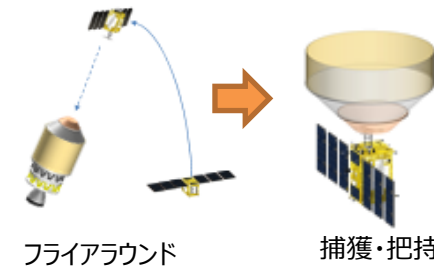
(3) 軌道降下サービス

対象デブリを打上げから1.5年以内にISSよりも低い軌道まで降下させ、降下中の捕獲状況を確認できる所定の画質のターゲットを含む画像を提供するサービス。



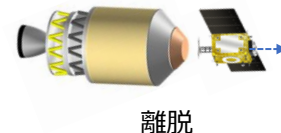
(2) 状況観測サービス (近傍作業、捕獲まで)

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)し、デブリを捕獲・把持、一連の状況における所定の画質・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) 終了サービス

対象デブリを降下後、リリースし近傍から離脱し、一連の状況における画質とデータ量のターゲット連続画像とその実績のエビデンスデータを提供するサービス



安全要求

- 安全に関する主要な要求 (JERG-2-026, JMR-003C)
 - フェーズIと同様

特定の検証要求

- 主に技術難度の高い捕獲システムや電気推進システムに対する検証要求を追加

マイルストーン定義

- マイルストーンは5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
- フェーズIIでは打上げからデブリリリース運用を含め1.5年以上となることから、で軌道降下開始まで(1km降下)をマイルストーン4として新たに定義





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

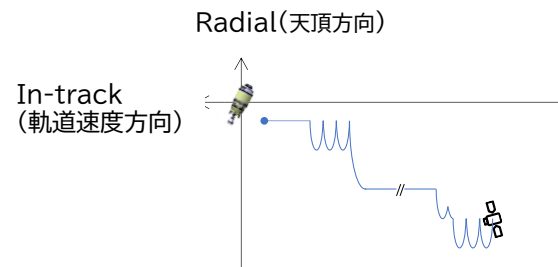
1. デブリ接近計画に対する実績の確認
2. 状況観測サービス（近傍作業、捕獲まで）
3. 軌道降下サービス
4. 終了サービス（リリース・軌道離脱まで）



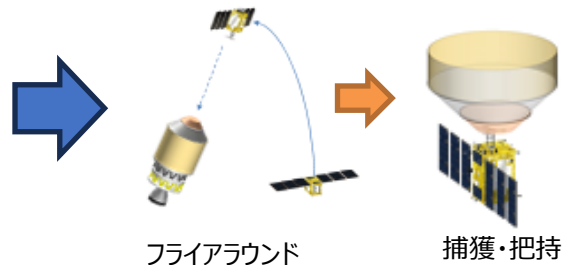
Astroscale Missions

1. エクストラミッション
（軌道離脱後、ADRAS-J2を活用した軌道上サービス実証ミッションを実行）

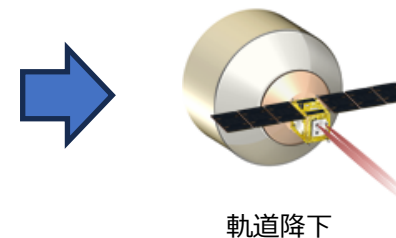
1. デブリ接近計画に対する実績の確認



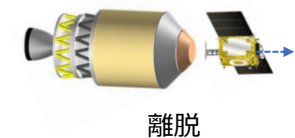
2. 状況観測サービス（近傍作業、捕獲まで）



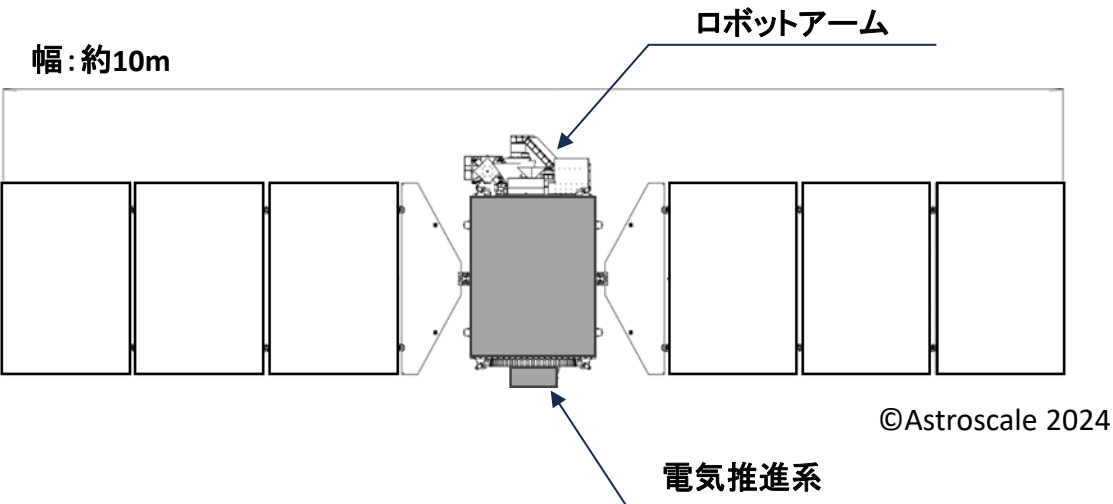
3. 軌道降下サービス



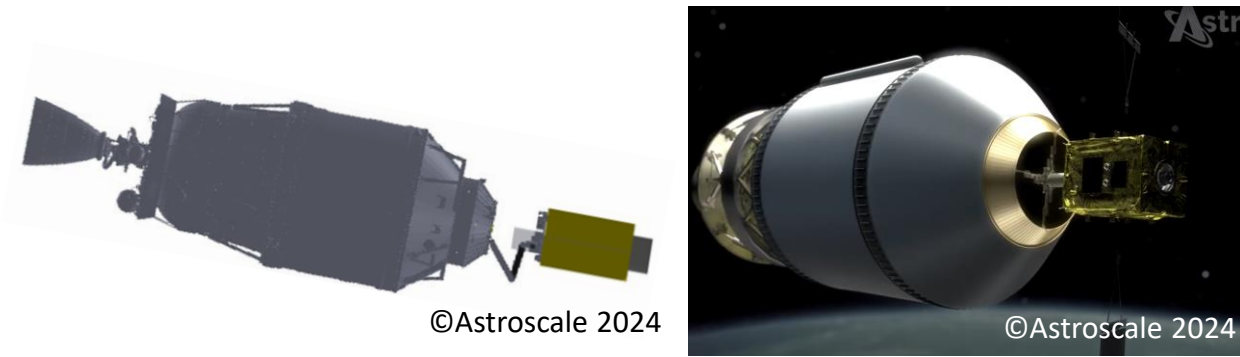
4. 終了サービス（リリース・軌道離脱まで）



実証衛星 ADRAS-J2



図_衛星外観

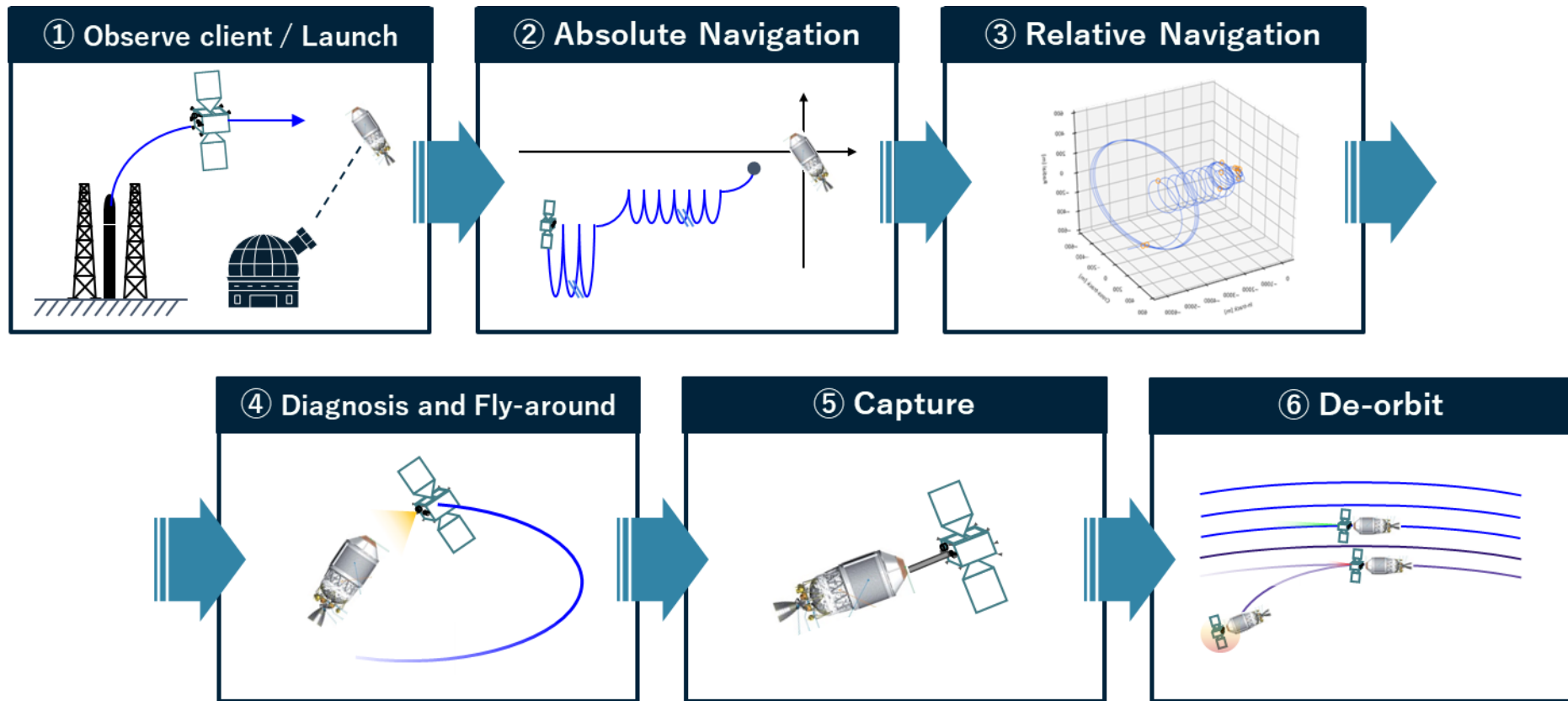


図_捕獲中イメージ

項目	概要
ミッション	ADR - 近接接近 - 近接作業 - 捕獲 - 軌道降下
質量	1 ton以下クラス(wet)
外形寸法	約2,500mm×10,000mm×1,500mm (太陽電池パドル展開時)
推進系	化学推進系、及び電気推進系
主Payload	ロボットアーム (Client捕獲用)



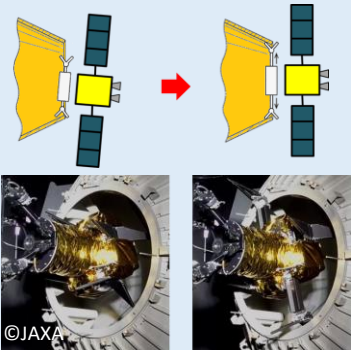
■ Rendezvous and Proximity Operations Technologies





JAXAはフェーズIと同様、技術アドバイス、試験設備供用、知財提供により、事業者の支援を行う(主なものを下に例示)

(A) 大型デブリを確実に捕獲・把持する捕獲機構の研究
非協力的ターゲットの特徴(相対位置姿勢誤差大)を踏まえ、小型宇宙機でも大型デブリを確実に捕獲・把持する機構を研究

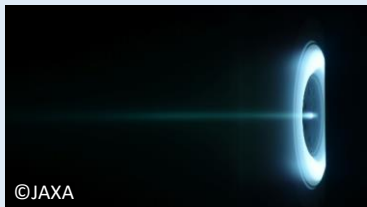


相対位置姿勢誤差が大きくてもターゲットを逃さず、小型の機構でも剛に把持が可能



捕獲機構の試作モデル(捕獲機能性能のほか、宇宙空間での耐環境性能も有)

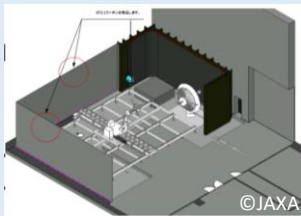
(B) 大型デブリを効率的に大きく高度変化させる推進系の研究
大型デブリを小型宇宙機で軌道変換させるほか、軌道上サービスに必要な軌道変換能力に応えるため、大きいトータルインパルス(数MNsレベル)を小型宇宙機に与えるホールスラストを研究



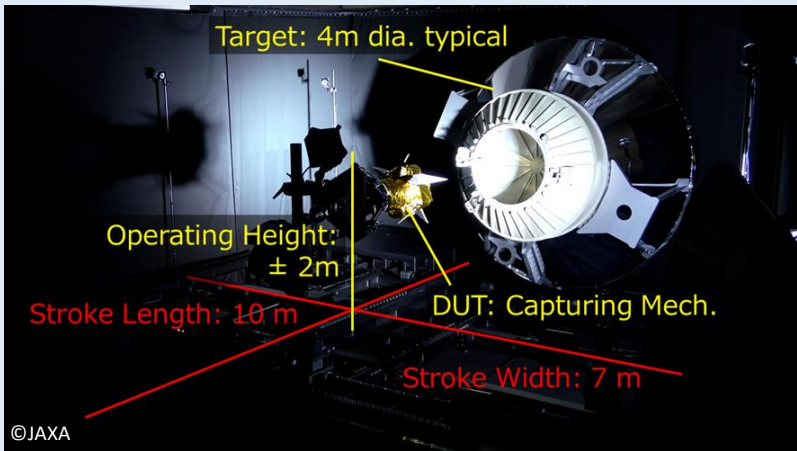
従来の小型ホールスラストでは技術的に困難だった低電力長寿命を、センターカソードを中心とした長寿命化技術、耐高温サイクル技術で課題。スラストヘッドとカソードを一体設計とし、部品点数削減、低コスト化と信頼性を追求

(C) 非協力的ターゲット捕獲システム検証用プラットフォームの研究
航法・誘導・制御・捕獲を統合した捕獲システム全系を地上検証するための技術開発。デブリに対する宇宙機の相対運動を模擬、リアルスケールあるいはサブスケール模型を用いた忠実度の高い検証を実現。

	Robot	DOF	Interface, sampling time	Function
Target	FANUC M900iB	6	Ethernet, 8ms	Orbital motion (if needed)
Target II	Custom Gimbal	3	Ethernet, 20ms	Floating attitude
Gantry rail	Custom rail	2	Ethernet, 10ms, 1ms	relative position
Robot manipulator	FANUC R1000iA	6	Ethernet, 8ms	relative position and attitude
Stewart Platform	Cosmate MB200	6	Ethernet, 2ms	fast acting attitude and position
Motion capture	Optitrak Prime 41 x 10 cameras		Ethernet, 10ms	backup measurement



SATellite Dynamics test platform for on-orbit servicing technology (SATDyn)



実施スケジュール



- 2024年4月に契約相手方企業を選定（アストロスケール社が選定された）
- JAXA内審査（システム定義審査：SDR、経営審査）を経て、2024年8月20日にアストロスケールと契約締結
- マイルストーン1 審査（PDR：基本設計審査相当） FY2024-4Q～FY2025-1Q
- マイルストーン2 審査（CDR：詳細設計審査相当） FY2025-4Q～FY2026-1Q
- マイルストーン3 審査（PQR：出荷前審査相当） FY2027-1Q～FY2025-2Q
- マイルストーン4 審査（デブリ捕獲まで） ～FY2028-1Q
- マイルストーン5 審査（デブリ除去・軌道離脱） ～FY2028-4Q

年度	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028
①フェーズI		▲実証①打上げ(10月)					
	設計・開発	実証・運用					
②フェーズII	▲MDR1	▲MDR2(6月)	▲SDR(6月) ▲経営審査(7月)	▲MS1(PDR)	▲MS2(CDR)	▲MS3(PQR)	▲MS4(捕獲まで) ▲MS5(リリース)
		▲SRR(12月)	▲契約締結(8/20)			▲実証②打上げ	
	フロントローディング技術検討(複数社)	指名RFP	設計・開発			射場作業	実証・運用

まとめ

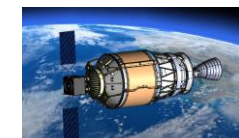
- 商業デブリ除去実証(CRD2)は、2つの目的をもつJAXAの新しい取り組み
 - 拡大するスペースデブリ問題に対応するためのADR技術の獲得
 - 日本企業の商業活動の促進
- CRD2フェーズIプロジェクトの状況
 - 民間の軌道上サービス企業であるアストロスケール社の成長と技術的進歩をともなつて、技術実証ミッション成功が実現
 - フェーズIの成果は、民間企業との新しいパートナーシップ型の枠組みの実装・試行と、フルレンジ非協力RPO技術の実証成功の、両面の価値を創出
 - 事業者独自の技術実証ミッションの実施中
- CRD2フェーズIIプロジェクトの状況
 - 大型スペースデブリ除去技術の実現を通じて、軌道上環境の改善に貢献し、軌道上サービス市場における日本の民間企業の競争力を強化することを目的として、今秋にプロジェクトを開始
- 軌道上サービス技術開発への展開
 - CRD2フェーズIの既獲得技術、フェーズIIの獲得見込み技術は、広く軌道上サービスの基盤的技術として応用可能な成果
 - CRD2獲得技術と、軌道上サービスの宇宙技術戦略とを踏まえて、JAXAの進める研究開発の方針にもフィードバックしていく

(参考)デブリ除去についての各国の取り組み

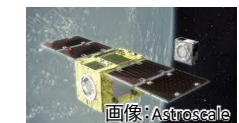
- ・ 日本は技術面で優位性を有するほか、官民ともに活動は活発
- ・ 欧州がCRD2の対抗馬といえるプロジェクト(ADRIOS/Clearspace-1)を実施中
- ・ 米国はデブリ除去に関する取り組みは活発ではない



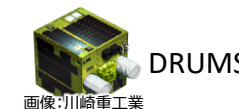
CRD2 フェーズI



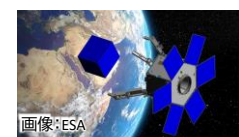
CRD2 フェーズII



ELSA-d



DRUMS



Clearspace-1



ELSA-M



OSAM-1

国・組織	世界のデブリ除去関連の主な動向
日本	技術面で優位性を有し、事業活動も活発。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」を実施中。フェーズIは軌道上の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、フェーズIIは除去までを行う。フェーズIIはアストロスケールがパートナー企業に選定され、FY2023年度に打ち上げ・運用中。フェーズIIもアストロスケールがパートナー企業に選定され、FY2024年度にプロジェクトが発足、基本設計に着手。 ・ 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2021年3月に打ち上げ、実証実験を実施(部分的成功)。同社は文科省SBIRフェーズ3に採択(2023年10月)、衛星デブリ(非協力的かつ大型)へのランデブ・詳細画像撮影を行う予定(最大120億円)。 ・ 川崎重工業が小型模擬デブリへのランデブ等を行う技術実証衛星DRUMSを開発、FY2021年度に打ち上げ、運用中。 ・ スカパーJSAT/Orbital Lasers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。 ・ 内閣府Kプロの研究開発ビジョン(第二次)として「衛星の寿命延長に資する燃料補給技術」が公表(2023年10月)、「協力的衛星への燃料補給技術、非協力的衛星への捕獲技術」の開発に5年間で最大135億円を拠出予定。
欧州	・ ESAが軌道上に存在するデブリ(約110 kg:非協力的かつ小型。衛星搭載アダプタVESPA)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€。2026年~2027年打ち上げ予定であったが、2023年8月にVESPAがデブリと衝突したことを理由に、2024年4月に除去ターゲットの変更(PROBA-1衛星、現在運用中、小型。94kg)と打ち上げ時期の延期(2028年へ)が発表された。同時に衛星開発主体のOHB(独)への変更と、Clearspace 担当範囲のミッション部・運用担当への縮小が発表された。 ・ ESAが同じデブリ(VESPA→PROBA-1)の撮像を行う12Uの Cubesat ミッション e.Inspector を研究中。 ・ アストロスケールUKが、ESA の ARTESプログラムの支援を受け、Oneweb と協力し ELSA-M を開発中。Oneweb衛星等、専用ドッキングプレートを具備する複数の衛星(部分的に協力的、800kg以下)の除去実証を実施予定。2026年目標。 ・ UKSA が COSMIC(UK ADR)プロジェクトを構想。複数の衛星デブリ(非協力的かつ小型)の捕獲・除去を行うミッション。アストロスケールUKおよび Clearspace がそれぞれコンソーシアムを組織し受注を競っている。2027年以降目標。
米国	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、MEV-1、MEV-2が寿命延長サービス実施中。 ・ NASA が 軌道上の Landsat-7(協力的衛星だが、推進系は軌道上推薬補給を前提には設計されていない) への燃料補給技術実証等を行う OSAM-1 の開発を計画、主契約者はMaxar。予算3000億円以上、2026年打ち上げ予定であったが、2024年3月に計画キャンセルが発表された。 ・ アストロスケールUSが米宇宙軍より燃料補給技術開発を受注、約38億円。
中国	・ 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年に打ち上げ。実施結果不明。 ・ 中国空間技術研究院(CAST)の SJ-21 が、運用終了した静止軌道上の測位衛星を墓場軌道に曳航したと推測されるとの報道あり(2022年1月)。

(参考)ターゲットのスペースデブリ

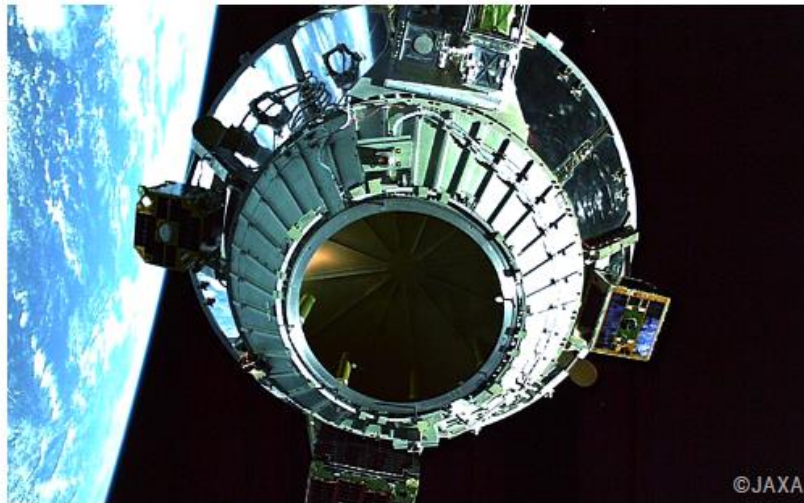
・ターゲットのスペースデブリ

H2A R/B, SSC 33500, International designator: 2009-002J (GOSAT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

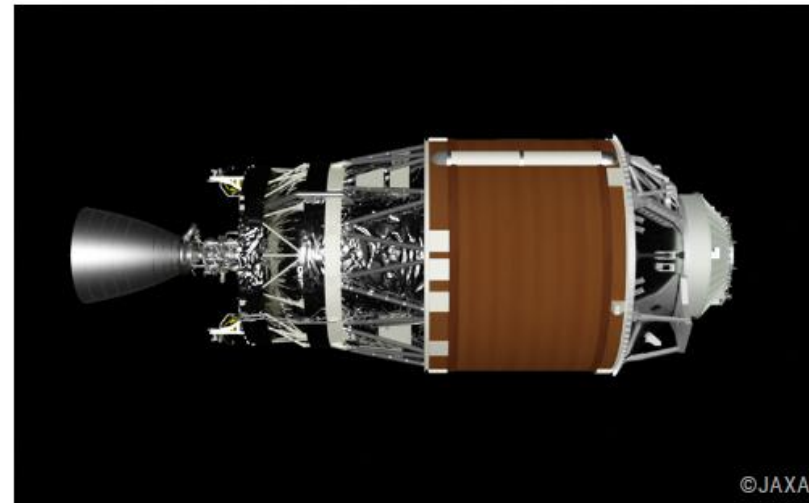
◆下記観点で選定

- ・長期間軌道上に存在する実際の低軌道ロケット上段
- ・軌道高度600km程度(技術実証実施に不測のデブリが発生した場合の影響を考慮)
- ・ターゲットの設計情報の入手性 等



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)