

東京都産業労働局「未来を拓くイノベーションTOKYOプロジェクト」  
令和元年度採択案件

# 「宇宙ごみ除去技術の開発 及び 実証衛星の開発・運用」

第3回評価書  
【概要版】

令和3年3月

## (1) 本事業の背景と課題

- 宇宙空間では約4,500機の人工衛星が運用されており、これらの衛星から取得される情報は、通信放送、気象予測、航空管制など、私たちの生活に深く関わる分野で幅広く利用されています。
- 一方、宇宙空間の利用が進むにつれ、「宇宙ごみ(以下、「デブリ」)」の問題が顕在化しつつあります。デブリとは、寿命が尽きたり故障したりした衛星など回収されないまま宇宙空間に残された不要物を指します。
- 宇宙空間には、すでに2万個以上のデブリが浮遊しており、これらのデブリが人工衛星等に衝突して損害を与える危険が高まっています。このままデブリが増え続ければ、宇宙空間の利用そのものが難しくなる可能性もありますが、解決策は未だ見つかっていません。

## (2) 本事業で開発する技術・サービス

- 本事業では、デブリを安全に回収する「デブリ除去サービス」の実現を目指し、デブリへの接近・捕獲技術の開発や技術実証衛星の打上げを行います。
- また、将来的な事業化を見据え、グローバルでの販路拡大、共同研究開発、顧客や顧客衛星の安全性審査・リスク調査等にも取り組みます。

## (3) 本事業により期待される波及効果

- デブリの捕獲・除去は技術的な難易度が極めて高く、デブリに着目した研究開発は世界でもわずかです。
- わが国が蓄積してきた高度な技術やノウハウを活用してデブリ除去の技術が実現すれば、国内の宇宙産業の活性化や宇宙産業におけるわが国の国際競争力向上が期待されます。

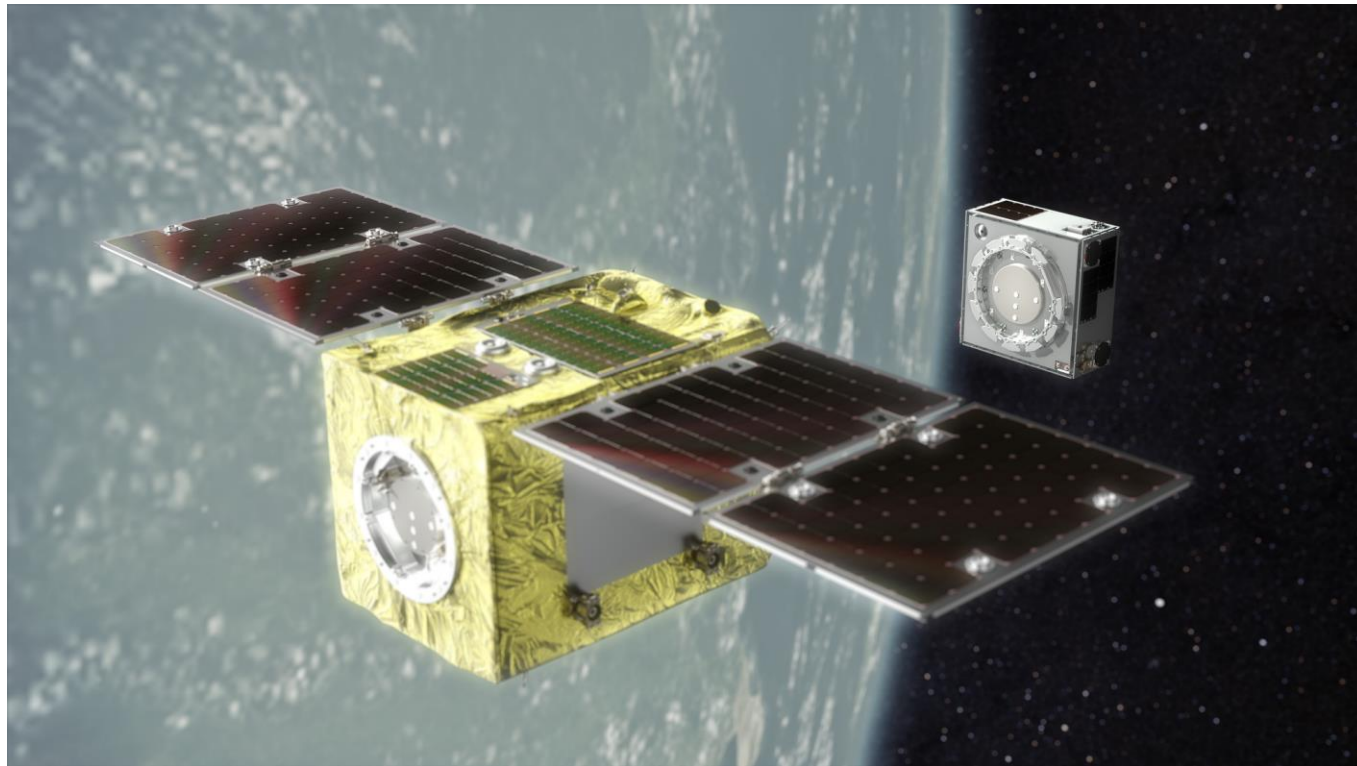
# 本事業の概要

事業者名	株式会社アストロスケール
都内所在地	東京都墨田区錦糸1-17-2
代表者名	小山 貴義
本事業の統括責任者	岩井 隆(Program Manager)
本事業の実施期間	令和2年1月～令和5年3月(3年3カ月)
プロジェクトメンバー	Astroscale Singapore Pte. Ltd.、大手損害保険会社

# 本事業の実施内容

宇宙空間にあるデブリ除去を行う軌道上サービスの実現を目指し、デブリ除去技術実証衛星「ELSA-d(End of Life Service by Astroscale - demonstration)」による技術実証や、実際のデブリへの接近・捕獲技術の開発を行う。

デブリ除去技術実証衛星「ELSA-d」のイメージ



# 本事業終了時点(令和4年度)の達成目標



## 目標①

**模擬デブリ  
捕獲の実証**

**小型軽量衛星により模擬デブリに接近して、1.5N  
(※)以上の力で把持できる**



## 目標②

**実デブリへの  
接近技術の開発**

**実デブリを観察し、形状・運動状態を判定のうえ、  
1.5m以内に接近して画像を取得できる**



## 目標③

**実デブリの  
捕獲技術の開発**

**実デブリを観察し、形状・運動状態を判定のうえ、接  
近して1.5N以上の力で把持できる**

※ ある質量を持つ物体を支えるために必要な力を示す単位。1N(ニュートン)は、1kgの物体に加速度 $1\text{m/s}^2$ を生じさせる力の大きさに相当する。

# 令和2年度の実施計画

大項目	小項目	令和2年度計画				令和2年度目標
		1Q	2Q	3Q	4Q	
目標①	模擬デブリ捕獲の実証	衛星打ち上げに向けた試験	射場への出荷準備		射場への移動	小型衛星を射場出荷用コンテナに格納
目標②	実デブリへの接近技術の開発	耐環境評価	インターフェース(※1)基板初期設計(ハードウェア)		アルゴリズム(※2)設計(ソフトウェア)	実デブリの1.5m以内に接近して画像を取得する機能をシミュレーションで確認
目標③	実デブリの捕獲技術の開発	設計要求検討・BBM(※3)設計		BBM製作・評価		実デブリを1.5N以上の力で把持する機能をシミュレーションで確認

※1 インタフェース:コンピュータで異なる機器・装置の間を接続して、交信や制御を可能にする装置。

※2 アルゴリズム:コンピュータによる計算処理において、最も効率的な計算の方法や手順。

アルゴリズムを適切に改良することで、処理速度を100~1,000倍に高速化することも可能とされる。

※3 BBM(Bread Board Model):新規技術要素を有する開発において、設計の実現性を確認するために製作・試験されるモデル。

# 令和2年度下期 取組状況と成果①

## (1) 達成目標に関する取組と成果

大項目	小項目	令和2年度下期目標	令和2年度下期の取組と成果	評価
目標①	模擬デブリ捕獲の実証	小型軽量の衛星射場出荷準備を完了し、射場出荷用コンテナに格納される(※1)	<ul style="list-style-type: none"> <li>小型軽量の衛星射場出荷準備を完了し、令和2年12月までに射場出荷用コンテナに格納された。</li> </ul>	○
目標②	実デブリへの接近技術の開発	センサ及びアルゴリズムの試作を継続し、実デブリの1.5m以内に接近して画像を取得する機能をシミュレーションで確認	<ul style="list-style-type: none"> <li>センサについては、搭載予定の地上民生用コンポーネントを複数台入手し、その宇宙環境耐性・性能を比較した。</li> <li>アルゴリズムについては、デブリを捕獲する際に接触するポイントの1.5m手前まで接近するシミュレーションを実施した。</li> </ul>	○
目標③	実デブリの捕獲技術の開発	メカトロニクス及びアルゴリズムの試作を継続し、実デブリを1.5N以上の力で把持する機能をシミュレーションで確認	<ul style="list-style-type: none"> <li>End Effector(※2)、センサ、衛星システムとのインタラクションの検討と、ロボットアームシステムの力学特性の評価を実施した。</li> </ul>	○

※1 COVID-19の影響により主衛星の製造・試験に遅れが生じており、打ち上げ事業者である‘Roscosmos’との調整をふまえ、機能目標①における令和2年度及び令和3年度の間目標及び達成時期を変更した。

なお、事業全体の目標変更はなく、目標変更に伴う費用増は当社事業費で吸収するため補助金予算申請の変更もない。

※2 ロボットの先端に取り付け、対象物をつかんだり持ち上げたりするための機器。

# 令和2年度下期 取組状況と成果①

目標①に関する主な成果:

令和2年12月末に実証衛星を出荷し、3月22日にカザフスタンの宇宙基地からロシアのソユーズロケットで打ち上げに成功。





# 令和2年度下期 取組状況と成果②

## (2) その他の主な取組と成果

取組内容	主な成果
知的財産	<ul style="list-style-type: none"><li>・ 磁力による捕獲機構に関する特許の国内出願をした。</li><li>・ 複数デブリ除去に関する米国特許の仮出願をした。</li><li>・ 類似特許のサーチを実施した。</li></ul>
マーケティング・ 販路開拓	<ul style="list-style-type: none"><li>・ 当初は参加を予定していたほぼ全ての学会や展示会がCOVID-19の状況により中止・キャンセルとなったため、特段の成果はなし。</li></ul>
その他	<ul style="list-style-type: none"><li>・ 事業の進展に応じて、論文発表、プレスリリース、メディア掲載を随時行った。<ul style="list-style-type: none"><li>・ 論文発表:1件</li><li>・ プレスリリース:6件</li><li>・ 主なメディア掲載:7件</li></ul></li></ul>

# 令和3年度に向けた課題と対応策

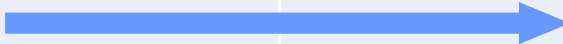
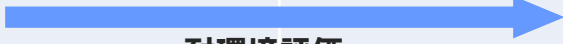
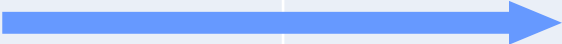
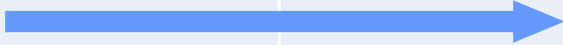


## COVID-19による打ち上げの延期

- COVID-19が原因となって打ち上げサイトにおける打ち上げ事業者作業の大幅な遅れが生じている結果、2度にわたり打ち上げ延期が発表された。

## 課題に対する対応策

- 最新の打ち上げ状況に合わせてスケジュールの見直しを行った。
- 令和3年3月に打ち上げが成功したため、再度のスケジュール見直しは発生せず、修正スケジュールにて以降のプロジェクト推進が可能となり、期日内でのプロジェクト完遂の目処が立った。

# 令和3年度の実施計画

大項目	小項目	令和3年度計画				令和3年度目標
		1Q	2Q	3Q	4Q	
目標①	模擬デブリ捕獲の実証	 <p>小型衛星を打ち上げ後の初期運用を実施</p>				模擬デブリに接近して、1.5N以上の力で把持
目標②	実デブリへの接近技術の開発	 <p>耐環境評価</p>  <p>模擬デブリに接近・捕獲する ミッションを実施</p>				実デブリの1.5m以内に接近して画像を取得する機能を確認
目標③	実デブリの捕獲技術の開発	 <p>要素検証</p>  <p>アルゴリズム評価</p>  <p>システム検証</p>				実デブリに1.5m以内に接近し、1.5N以上の力で把持する性能を机上で確認

## (1) 令和2年度目標の達成状況

- 令和2年度における達成目標は、COVID-19による影響を受け、年度当初に想定していた中間目標が一部変更されたもの、変更後の達成目標はいずれも達成済みであることが確認された。

## (2) 今後の事業にあたって留意すべき事項

- 衛星打上げ後の運用計画のドキュメンテーション化
  - ・ 衛星打上げ後の詳細な運用計画は、運用における失敗の原因や今後の対策を検証するために自社にとって重要であるだけでなく、宇宙利用に関わる他のプレイヤーにとっても貴重な情報と考えられるため、（自社として秘匿すべき情報に十分留意しつつ）技術論文等としてとりまとめ、発信することが期待される。
- 性能目標が想定する事態の明確化
  - ・ 目標②および目標③については、宇宙空間でどのような事態を想定して設定されているかを明確化することが望ましい。
  - ・ 特にADRサービス(※)で想定する実デブリへの接近・捕獲の場合、本事業における達成目標以外にも、どれぐらいの加速度、質量で通用するかといった点も証明する必要がある。
- 実デブリを対象とした捕獲に用いるセンサの検討
  - ・ 現在は、一定の光学特性の模擬に基づいて使用するセンサが選定されているが、新たな光学特性が明らかになった場合等は、選定したセンサの変更を余儀なくされたり、アルゴリズムの改善・修正が必要になったりする場合があることに留意が必要である。

※ Active Debris Removal Serviceの略。「非協力物体(既存のスペースデブリや、事前にマーカーや捕獲インターフェースが取り付けられていない衛星・ロケット上段などの宇宙機)」を除去するためのサービス。