

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2回評価書  
【概要版】

令和2年10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、航空管制等、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等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。

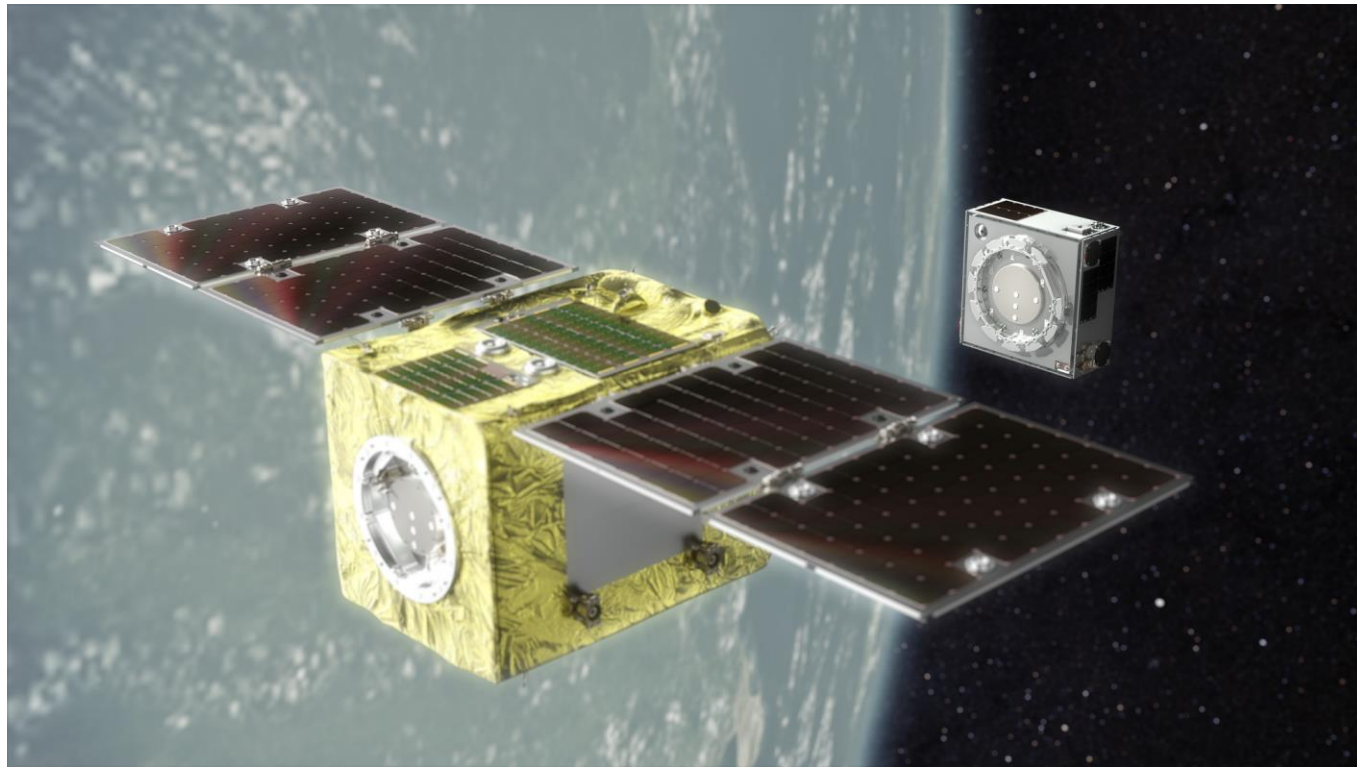
# 本事業の概要

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	ブラッカビー・クリストファー
本事業の統括責任者	岩井 隆
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			衛星打ち上げ初期運用及びデモミッション(※1)	小型軽量の衛星を打ち上げ、初期運用を開始する
目標②	実デブリへの接近技術の開発	耐環境評価				センサ及びアルゴリズムの試作を継続
		インタフェース(※2)基板初期設計(ハードウェア)		アルゴリズム(※3)設計(ソフトウェア)		
目標③	実デブリの捕獲技術の開発	設計要求検討・BBM(※4)設計		BBM製作・評価		メカトロニクス(※5)及びアルゴリズムの試作を継続

※1 デモミッション:スペースシャトルや人工衛星が、本格的なミッション(飛行)の前に行う試験的な飛行。

※2 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。

※3 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。

※4 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。

※5 メカトロニクス:「メカニクス(機械技術)」と「エレクトロニクス(電子技術)」とを掛け合わせた用語で、「電子技術を応用して機械を制御する技術」を指す。

# 令和2年度上期 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年度上期目標	令和2年度上期の取組と成果	評価
目標①	模擬デブリ捕獲の実証	小型(1m×1m×1.5m以下)、軽量(230kg±10%以下)の衛星を製造し、地上におけるシステム試験を完了(※)	<ul style="list-style-type: none"> <li>左記の目標達成のため、以下を実施した。</li> <li>ELSA-d衛星の打上げに係る5つのレビュー及びマイルストーンを実施し、全て合格。</li> <li>ELSA-d衛星の12の衛星試験を実施し、全て合格。</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基本構想を一つに絞り込み、試作を開始	<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、宇宙環境耐性・性能を比較して基本構想を確認し、試作を開始した。</li> <li>アルゴリズムについては、アルゴリズムを試作し、その妥当性を確認するためのシミュレーターで検証・分析し、基本構想を確認した。</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基本構想を一つに絞り込み、試作を開始	<ul style="list-style-type: none"> <li>デブリ把持後の大気圏への再突入までの運用、把持失敗時の運用、今後の技術開発の展開を重視して、捕獲システムのメカトロニクス及びアルゴリズムの基本構想をまとめた。</li> </ul>	○

※ 打上げにあたって主衛星に製造・試験に遅れが生じているため、打上げ事業者である‘Roscosmos’(露)との調整の結果、打ち上げ延期が決定。これに伴い、令和2年度上期中の打上げが困難となったため、目標①に関する中間目標を変更した。

# 令和2年度上期 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に必要な書類の作成を完了した（令和2年10月16日に出願完了）。<ul style="list-style-type: none"><li>• 弁理士との出願クレーム調整</li><li>• 明細書及び付随する図の作成</li><li>• 類似特許のサーチ</li></ul></li></ul>
マーケティング・ 販路開拓	<ul style="list-style-type: none"><li>• COVID-19の状況により、当初参加を予定していたほぼ全ての学会や展示会が中止、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>• 事業の進展や機会に応じて、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：2件</li><li>• 主なメディア掲載：11件</li></ul></li></ul>



# 令和2年度下期に向けた課題と対応策

## 課題① コロナ禍による打ち上げの延期

- COVID-19により、打ち上げサイトにおける打ち上げ事業者の作業に大幅な遅れが生じた。
- これにより、二度にわたって打ち上げ延期が発表された。

## 課題①に対する対応策

- 現在のところ打ち上げは令和3年予定で、当社の社内作業のスケジュールの見直しを余儀なくされている。
- このため、目標①における令和2年度中間目標及び達成時期を変更した。

## 課題② コロナによる展示会のキャンセル

- COVID-19の影響で、世界的に学会・展示会の延期・中止・オンライン化等が相次いでおり、予定していた展示会の開催が不透明である。

## 課題②に対する対応策

- 令和2年度については、外部環境に左右されやすい広報関連の取組を減らし、自社で主体的に進められる目標②および目標③の開発に優先的に取り組む。
- 社外広報については、学会や展示会に代わる代替手段を検討する。

# (参考)令和元年度までに生じた課題への対応状況

## サプライヤーとの調整

- センサの組立品について、実績のある企業に外注委託予定であったが、当該社と委託について協議をしたところ、技術的検討の進捗状況の遅れから、当社の希望する対応が困難との結論となった。
- メカトロニクスの組立品について、実績のある企業に外注委託予定であったが、当該社と協議をしたところ、スケジュール的に令和元年度中の納入が困難との結論となった。

## 課題に対する対応状況

- センサ及びセンサ用光学系については、単体環境試験を令和2年12月まで実施予定。
- 画像処理開発は、アルゴリズムの基本構想をまとめ、試作を開始。
- ミッション拡張部(※)は、アルゴリズムを当社が開発し、搭載・試験を外注業者に委託。
- 概念設計をもとに5社に提案要請を行い、1社を選定。
- 令和元年度の概念設計、開発課題の抽出、作業計画を立案し、部分試作を開始。

※ ミッション拡張部:光学センサと衛星搭載計算機の間に入り、画像処理を行ってデータ量を圧縮するためのユニット。  
ミッション拡張部を構成する要素の開発や試験にはノウハウを有する技術者と高価な専用ツールが必要なため、本事業では社外に委託して実施。

## (1) 令和2年度上期目標の達成状況

- 令和2年度上期における達成目標は、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

- デブリ除去サービスの市場規模について
  - ・ 想定する市場規模について、現状では世界の軍事・商用・科学衛星及び有人ロケットの打ち上げ回数は、年間100回程度である。
  - ・ 将来的な打ち上げ回数の増加は、スペースX等の民間ロケットの動向等に左右されるため、他社の開発ペース等最新の動向を踏まえて、継続的に市場規模の見直しを図ることが望ましい。
- 把持失敗時の運用に関して
  - ・ 目標③(実デブリを対象とした捕獲技術の開発)について、捕獲システムのメカトロニクス及びアルゴリズムの基本構想において最も難しいのは、「把持失敗時の運用」と考えられる。
  - ・ 特に、把持する際に宇宙ゴミを弾いてしまうこと等が想定され、こうした場合にどのようにバックアップするかが重要である。