

宇宙活動法の見直しに向けた要望

2024年10月
株式会社BULL



0. 株式会社BULLについて

株式会社BULLは栃木県 宇都宮市発の宇宙スタートアップであり、
宇宙デブリの発生「防止」に資する事業を主軸としている

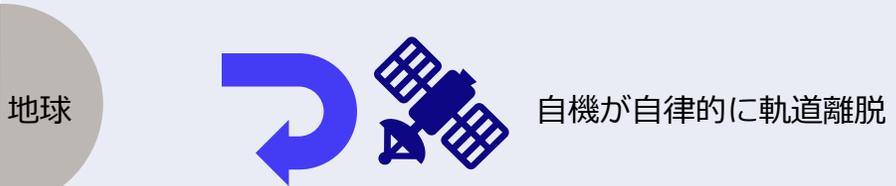
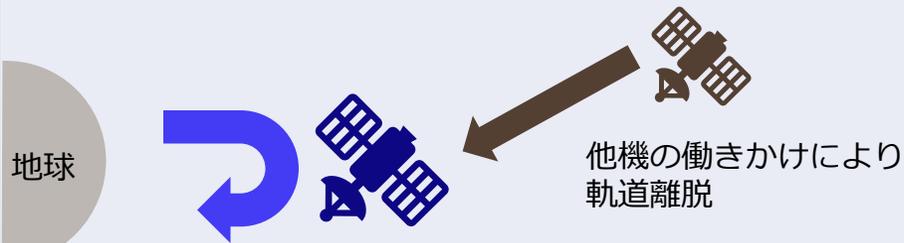
社名	株式会社 BULL
代表	宇藤 恭士
創業	2022年11月7日
事業	宇宙デブリ対策事業、軌道利活用関連事業
社員数	28名 *2024年8月末時点（社員・アルバイト・インターン含む）
所在地	本社 栃木県宇都宮市中央3-1-4 栃木県産業会館3階 研究所 栃木県宇都宮市豊郷台1-1 帝京大学 宇都宮キャンパス 栃木県宇都宮市平出工業団地43-40
連携先	東京海上日動火災保険株式会社様

事業理念	Mission 天体への（再）突入技術を活かし、 宇宙利用サービスを安価・簡潔に提供 Vision 地球内外の惑星間の行き来を「当たり前」に Value 拙速を貴び、闘牛のように目的を完遂する
政府との 取組み	<ul style="list-style-type: none">• JAXA様と「JAXA宇宙イノベーションパートナーシップ（J-SPARC）」にて「スペースデブリ拡散防止装置のイプシロンSロケットへの搭載に向けた共創活動」を実施中• 文部科学省様の中小企業イノベーション創出事業（SBIRフェーズ3）に採択



0. 宇宙デブリ対策のアプローチの大別

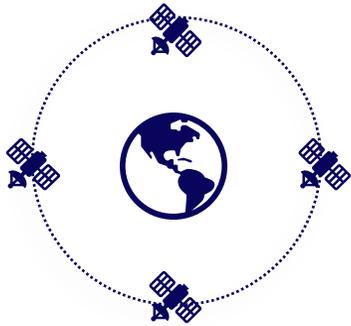
宇宙デブリ対策については、宇宙デブリの発生防止をする予防的なPMDと既存の宇宙デブリを除去するADRの2つの方向性があると理解。**弊社はPMDを推進**

項目	PMDデバイス技術	ADR技術
主な目的	衛星のミッション終了後に軌道寿命を短縮すること	既に存在するデブリを軌道上から積極的に除去すること
方法	ドラッグセイルなどの受動的軌道離脱技術を使用	デブリを物理的に捕捉して除去する技術を使用
有効性	広範囲で採用されれば、長期的にデブリを減少させる効果がある	既存のデブリを効果的に除去することで、将来的なリスクを軽減
短期的な衝突リスク	軌道離脱装置の展開により増加する可能性がある	最小限の増加、直接デブリを除去するためリスク低
長期的な効果	数十年にわたりデブリの蓄積を防ぐ	高リスクのデブリを除去することで、長期的なデブリの増加を抑制
適用範囲	すべての将来のミッションに適用可能	特定のデブリ（高リスクな大きなデブリ）に限定される
技術的課題	軌道離脱中の衝突リスクがある	精密な追跡および除去技術が必要
影響する高度	低軌道の衛星に特に重要	500～1000 kmの高リスクなデブリに最も効果的
コストと拡張性	低コストで、小型衛星にも適用可能	高コストで、高度な技術（宇宙タグや捕捉システムなど）が必要
イメージ	 <p>地球 自機が自律的に軌道離脱</p>	 <p>地球 他機の働きかけにより軌道離脱</p>

1. 宇宙デブリを取り巻くトレンド

宇宙環境の持続性に貢献するサービス提供に向けて、軌道上デブリ環境、法規制やガイドライン、宇宙企業のトレンドを日本のみならずグローバル視点で捉えることが重要

①軌道上デブリ環境



地球周辺軌道における宇宙デブリが持続可能な宇宙活動にとって脅威になりつつある

②法規制・ガイドライン



環境問題の一つである宇宙デブリは、法規制・ガイドラインの影響を大きく受ける。この動向やプレイヤーを把握し、技術開発と連動させていくことが重要である

③宇宙企業の動向



宇宙企業が有する宇宙機(衛星、ロケット)のデブリ化対策の動向を把握することが、今後のマーケット創造にとって重要である

1. 宇宙デブリを取り巻くトレンド

①軌道上デブリ環境

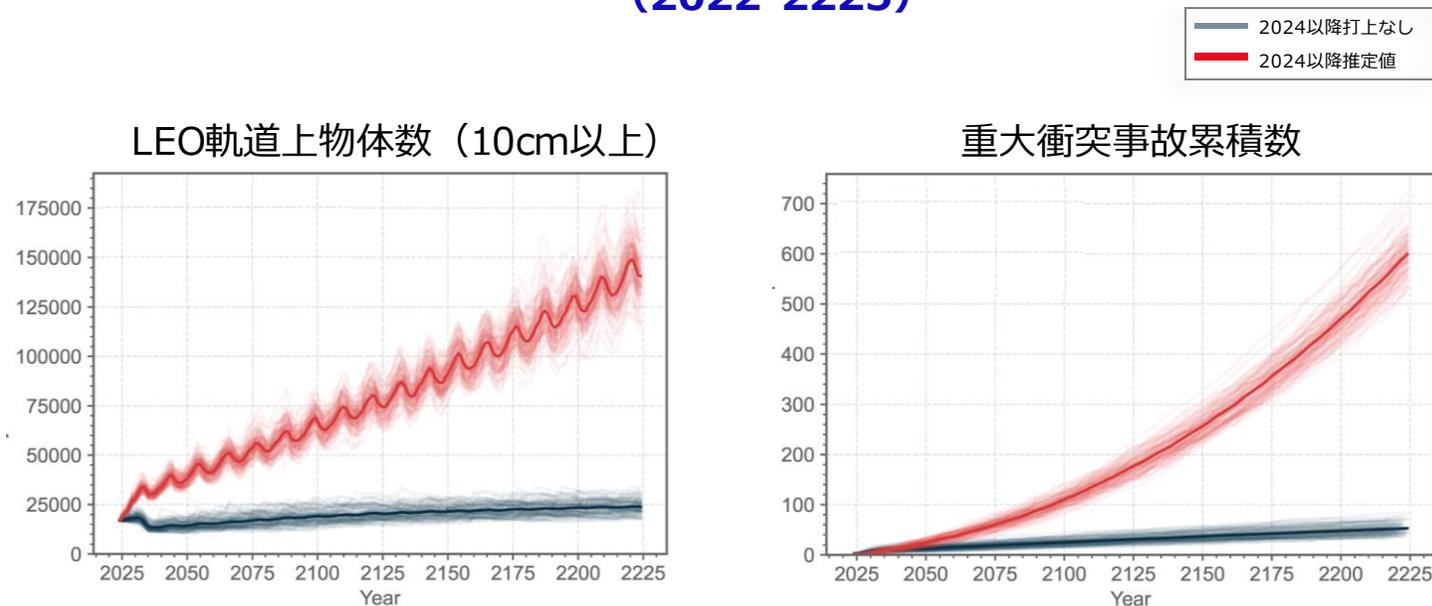
宇宙機の打ち上げ数が大きく増え、軌道上デブリ数が加速度的に増加し、重大衝突事故のリスクが高まる見込み。既存のデブリ除去に加えて、将来打ち上げられる宇宙機の非デブリ化が極めて重要となる

現状 ロケット及び人工衛星の打上数推移 (2000-2023)



出典：Space Stats <https://spacestatsonline.com/launches/>
United Nations Office for Outer Space Affairs (2024) – with major processing by Our World in Data
<https://ourworldindata.org/grapher/yearly-number-of-objects-launched-into-outer-space>

将来 ESA Delta-4によるLEO軌道的环境悪化予測 (2022-2025)



要望的な対策、「非デブリ化」の重要度が増す

出典：ESA'S ANNUAL SPACE ENVIRONMENT REPORT, 19 July 2024
https://www.sdo.esoc.esa.int/environment_report/Space_Environment_Report_latest.pdf

1. 宇宙デブリを取り巻くトレンド

②法規制・ガイドライン

欧米では世界に先駆けてデブリ化防止に関する規制強化が進み、関係プレイヤーも様々な対策を模索。今後、規制強化の動きは世界全体でより強まると見込む

EU及び欧州宇宙機関の動向

EU宇宙法*1(立法提案の発表は2024年後半に予定)

- ◆ 提案されているEU宇宙法案は、宇宙交通管理に関する規則を設定し、重要な宇宙インフラの安全を確保するための枠組みを提供する
- ◆ EU宇宙法は、スペースデブリの低減に重点を置いており、宇宙の持続可能性の向上のうえで大きな役割を果たすと見られている

欧州宇宙機関における宇宙デブリに関する取り組み

- ◆ ESA:ブリュッセルで開催されたESA/EU宇宙評議会、12の欧州諸国がESAとともにゼロデブリ憲章に署名*2
- ◆ UKSA:宇宙ゴミを除去するための今後のミッションの燃料補給に関する研究に資金を提供*3

欧州における官民連携や産業界の主な動向*1



- ◆ ESSIは、産学官金の連携のもと、宇宙が将来的にわたり、環境、経済、科学的利益を支えるための活動をすすめるイニシアチブである。Space Sustainabilityの取り組む基準を観点で必要な取組み基準等の検討を行う。



- ◆ Astra Cartaは、持続可能な宇宙活動にむけた官民連携を促すプロジェクトで、国内規制の見直し、宇宙の持続可能性に関する基準の策定、スペースデブリ除去プログラムに対する資金提供を呼びかける。



- ◆ NET ZERO SPACEは、宇宙産業内外のステークホルダーが集まり、軌道環境の保護に対する緊急性を訴えるプラットフォームである。2022年に発足し、宇宙の持続可能性と宇宙交通問題に関する政策立案に取り組む。



- ◆ PARIS PEACE FORUMは、国際協力の分野でスペースデブリ問題が深刻化していることを示すため、年次会議でデブリ問題を議論し、「ネットゼロスペース」などの取り組みを発表。



- ◆ 新ガイドライン「宇宙運用の持続可能性に関するベストプラクティス」の目的は、衝突リスクを低減することである。宇宙交通の安全性を確保するため、軌道上の交通を整備するための規則を導入し、オブジェクトクラスごとに「ギブウェイ(道を譲る)」ルールを定めた。

*1出典 : Main Trends & Challenges in the Space Sector, 12 April 2024、ほか各社HP

*2 https://www.esa.int/Space_Safety/Dozens_of_companies_institutions_and_NGOs_sign_the_Zero_Debris_Charter

*3 <https://www.gov.uk/government/news/new-funding-to-fuel-space-sustainability>

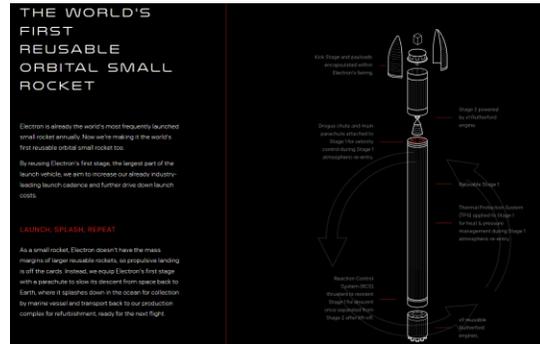
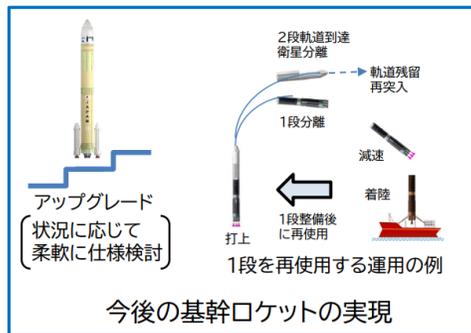
1. 宇宙デブリを取り巻くトレンド

③宇宙企業の動向

ロケットと人工衛星それぞれにおいて非デブリ化の取り組みが進められており、各業界のニーズに応じたデブリ化対策に向けた取り組み強化が必要となる

ロケットの非デブリ化の動向

- ◆ 超小型ロケットから大型ロケットまで、多くの打ち上げ機の開発が再利用の可能性を念頭に置くようになり、再利用性は徐々にロケットの基本設計に組み込まれつつある*1
- ◆ 他方、打上能力の低下に対する懸念の声も上がることが想定され、より効率的・効果的なデブリ化防止を目指す動きも生じつつある



人工衛星の非デブリ化の動向

- ◆ JAXA標準のもとで、人工衛星のデブリ化防止が事業者に求められている

「JMR-003 スペースデブリ発生標準」より抜粋
5.3.3 地球低軌道域に対する運用終了後の処置
地球低軌道保護域を通過する宇宙システムについては、運用終了後の地球低軌道保護域滞在期間を可能な限り短くすること。(略)
なお、以下(3)~(5)にて要求する25年の算定開始時点は、システムの特성에応じて以下とする。
① 衝突回避能力を有する宇宙システムについてはミッション終了時点から25年以内とする。
② 衝突回避能力を有しない宇宙システムについては軌道投入時点から25年以内とする。(略)
(5) 展開物、テザー等による軌道寿命短縮
大気抵抗等軌道減衰効果を増強する手段により25年を満足させること。

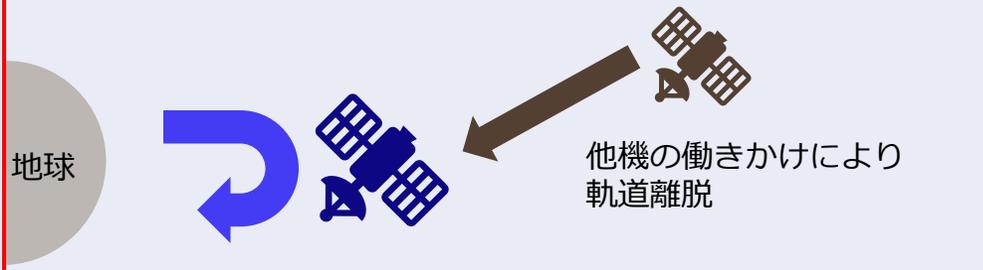
- ◆ 新興企業群をはじめ、スペースデブリに関する問題認識が本格化していない企業もあると見られるため、今後の動向が注目される

*1 出典 : Main Trends & Challenges in the Space Sector, 12 April 2024

(<https://www.pwc.fr/en/industrie/secteur-spatial/pwc-space-team-public-reports-and-articles/main-trends-and-challenge-in-the-space-sector-4th-edition.html>)

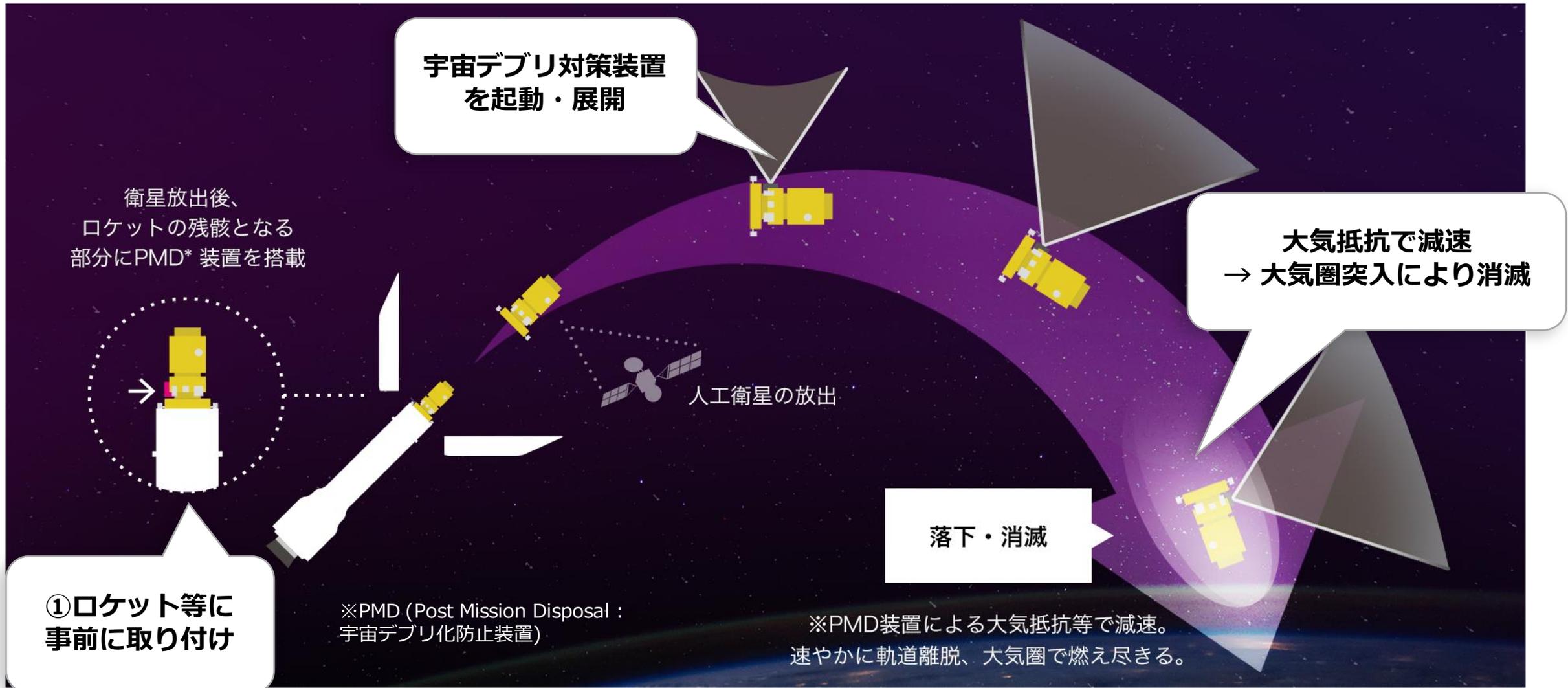
2. 宇宙デブリ対策のアプローチの整理 [再掲]

加速度的に増加する宇宙デブリに対しては、既存デブリの除去のみならず、**将来に向けた発生を防止するPMD (Post Mission Disposal) が重要**となる

項目	PMDデバイス技術	ADR技術
主な目的	衛星のミッション終了後に軌道寿命を短縮すること	既に存在するデブリを軌道上から積極的に除去すること
方法	ドラッグセイルなどの受動的軌道離脱技術を使用	デブリを物理的に捕捉して除去する技術を使用
有効性	広範囲で採用されれば、長期的にデブリを減少させる効果がある	既存のデブリを効果的に除去することで、将来的なリスクを軽減
短期的な衝突リスク	軌道離脱装置の展開により増加する可能性がある	最小限の増加、直接デブリを除去するためリスク低
長期的な効果	数十年にわたりデブリの蓄積を防ぐ	高リスクのデブリを除去することで、長期的なデブリの増加を抑制
適用範囲	すべての将来のミッションに適用可能	特定のデブリ（高リスクな大きなデブリ）に限定される
技術的課題	軌道離脱中の衝突リスクがある	精密な追跡および除去技術が必要
影響する高度	低軌道の衛星に特に重要	500～1000 kmの高リスクなデブリに最も効果的
コストと拡張性	低コストで、小型衛星にも適用可能	高コストで、高度な技術（宇宙タグや捕捉システムなど）が必要
イメージ		

2. PMDを推進する株式会社BULLの取組み

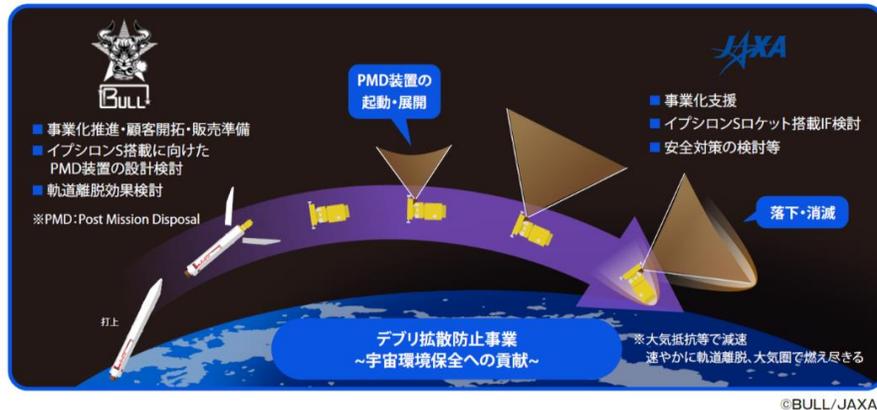
ロケットや人工衛星等の宇宙機に予めPMD装置を搭載することで、
同宇宙機がミッション終了後に迅速に軌道離脱することが可能となる



2. 株式会社BULL製品の搭載候補の例

国内外の複数ロケット事業者との間で製品化に向けた検討を開始
各サイズ・軌道において**宇宙デブリ「防止」に対する幅広いニーズ**を見込む

JAXAとの間でイプシロンSロケット
への搭載に向けた共創活動を開始
(J-SPARC)



LEO軌道における小型ロケットが対象

(2024年6月20日に公表)

Arianespace社との間でAriane 6
ロケットへの搭載に向けた
実現可能性検討を開始



GTO軌道における大型ロケットが対象

(2024年10月4日に公表)

3. 宇宙活動法の見直しに向けた要望①：法制度検討に対する要望

【短期的】 やみくもな規制強化は好ましくないが、足もとの宇宙デブリの状況に鑑みて、**ガイドライン等での具体的な手法を提示する意義が大きい**

例：日欧で実績を有するPMD装置等の搭載 など

【長期的】 今後5~10年を見据え、産業の競争力強化と世界における政策イニシアチブ確保をすべく、**デブリ化防止に対する適切な規制の議論の継続が重要**

法制度の体系と弊社理解

◆法制度の体系は、強制力を有する法律・施行規則のもと、具体的な方法を示すガイドラインで構成されていると理解。現行の状況を踏まえ、**ガイドラインのレベルでの検討から開始するのが妥当**

法制度の体系	概要	規則等
法律	法律 守らなければならない規則	宇宙活動法
施行規則	規則 法を実施する際の規則	宇宙活動法施行規則
ガイドライン	法や規則実施する際の具体的なやり方をガイドする文書 強制力はない	ガイドライン

法規制検討に対する弊社理解

- ◆マーケットが形成されていない場合や、技術成熟度が低い状態においては、強制力のある法律・施行規則に詳細な要件をトップダウン的に定義することは、**事業成立性の観点や、技術選択の余地の確保の観点から現実的ではなく、産業への弊害が大きくなる懸念**
- ◆マーケット創出に対する戦略と可能性のある技術を持つ企業の具体的な取り組みと連携し、**ガイドライン案の作成、関係者とのコンセンサスの形成を通じて、法規制の考え方を整理**することが適切と考える
 - 例：軌道上からの物体放出による事業を企画した企業と連携し、放出条件やリスク評価の考え方を整理した事例
- ◆国内の産業や世界の規制動向を踏まえ、日本が政策的なイニシアチブを確保するために、**適切な議論をリードすることは極めて重要**

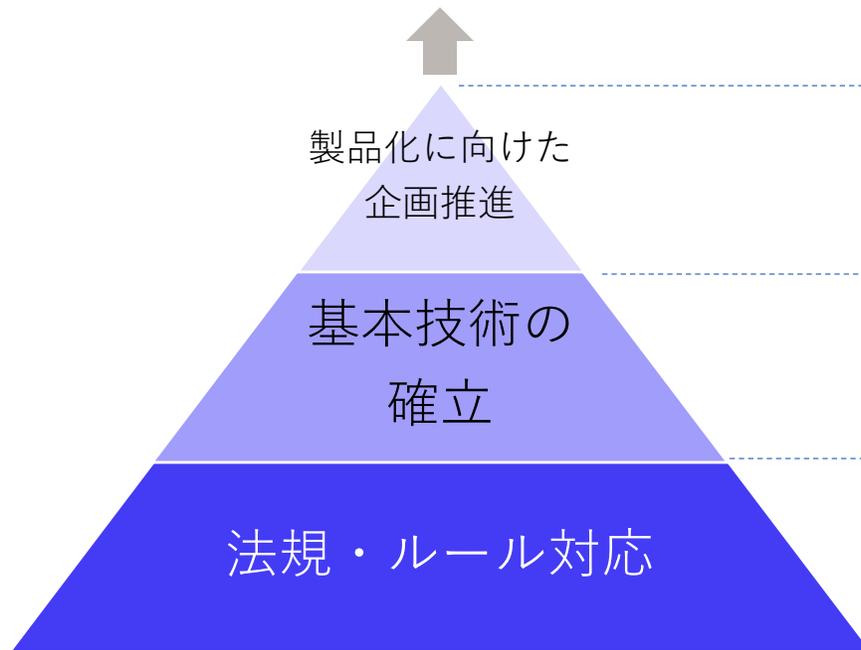
3. 宇宙活動法の見直しに向けた要望②：国プロ等の進め方に対する提案

新たに宇宙環境を支える市場の創出には、**技術に加えて法規・ルール形成を同期**させる形で**国プロ等の設計**がより有意義なものと理解

新たに宇宙環境を支える市場の創出には、製品化に向けた企画推進と基本技術の確立に加えて、法規・ルールへの対応が必要となる

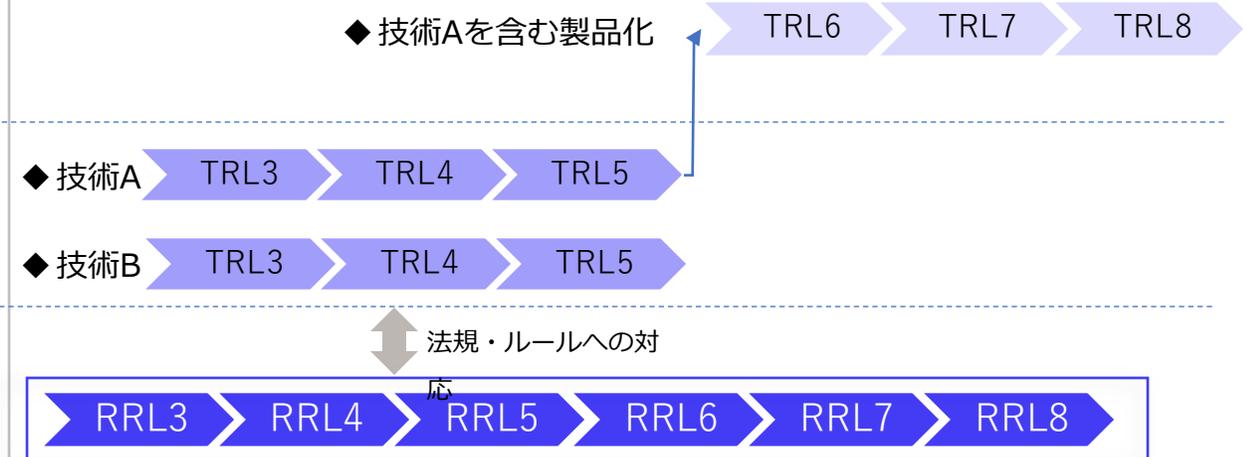
製品化においては、基本技術の確立・実証とあわせて、**法規・ルールへの対応に向けた技術検証（どのような法規・ルールに適合すべきか）を段階的に進める**ことが求められる。RRLという概念を仮に想定

新たに宇宙環境を支える市場の創出



製品化に向けた研究開発と実証プロセス

TRL (Technology Readiness Level : 技術成熟度)
RRL (Regulation Readiness Level : 規制成熟度)



※新たな宇宙環境を支える法規・ルールの形成・成熟



この度は貴重な機会を頂き、
誠に有難うございました。

株式会社BULL

代表取締役／CEO 宇藤 恭士

WEBサイト : <https://bull-space.com/ja>