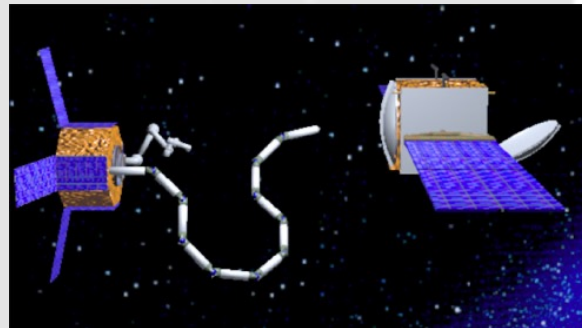


軌道上サービス産業の発展に向けて



東京理科大学
木村真一

軌道上サービス技術とは

IV. 軌道上サービス

- 宇宙機やスペースデブリの増加で軌道環境が悪化する中、各国でデブリ除去・低減の技術開発とルール整備が進展。宇宙における安全保障上重要であることに加え、寿命延長や宇宙天気予報等の新たな市場も期待。加えて、宇宙太陽光発電システムは、将来的なエネルギー源として期待。

軌道上サービスの共通技術、状態監視技術

- 対象へ安全かつ効率的に近づくRPO技術、ロボットアームを制御するマニピュレータ技術、軌道上物体の状態監視等、軌道上サービス共通技術。



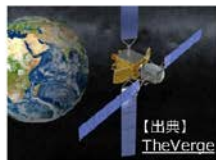
米Maxar社が、衛星の太陽電池パドル展開状態等を約100kmから遠隔検査

重要な技術開発:

- ✓ ロボットアーム・ハンド技術
- ✓ 多様な非協力衛星へ対応するRPO技術、エンドエフェクタ技術等
- ✓ SSA/SDA体制の構築等

燃料補給・修理・交換等の寿命延長技術、軌道上製造組立技術

- 軌道上での寿命延長やミッションの追加や変更を可能とする、燃料補給や修理・交換等の技術。



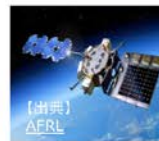
米Space Logistics社が衛星ドッキングによる寿命延長を実証

重要な技術開発:

- ✓ 衛星の寿命延長に資する燃料補給技術

宇宙太陽光発電システム

- 太陽光発電の電力をマイクロ波やレーザに変換し、地上や月面、宇宙機等へ伝送・電力変換して利用する技術。



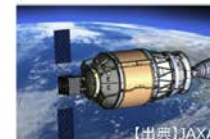
米空軍研究所のSSPIDR、欧SOLARIS等のプロジェクトを通じた検討が進行中

重要な技術開発:

- ✓ 無線電力伝送技術
- ✓ 展開構造機構技術

デブリ除去・低減技術

- 安全で持続的な軌道環境を実現する非協力物体についてのデブリ除去・低減技術。



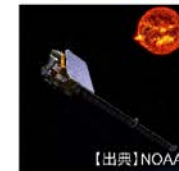
2026年度以降に我が国のCRD2 フェーズIIにてロケット上段除去が予定

重要な技術開発:

- ✓ デブリ除去技術（商業デブリ除去実証(CRD2)）等
- ✓ 衛星等の軌道離脱のための技術

宇宙環境観測・予測技術

- 太陽活動等を捉え宇宙システムの安定利用を実現する宇宙環境観測・予測技術。



米NOAAは2025年に太陽風常時監視衛星打上げを予定

重要な技術開発:

- ✓ 宇宙環境観測センサ技術
- ✓ 宇宙天気予報の高度化・利用拡大

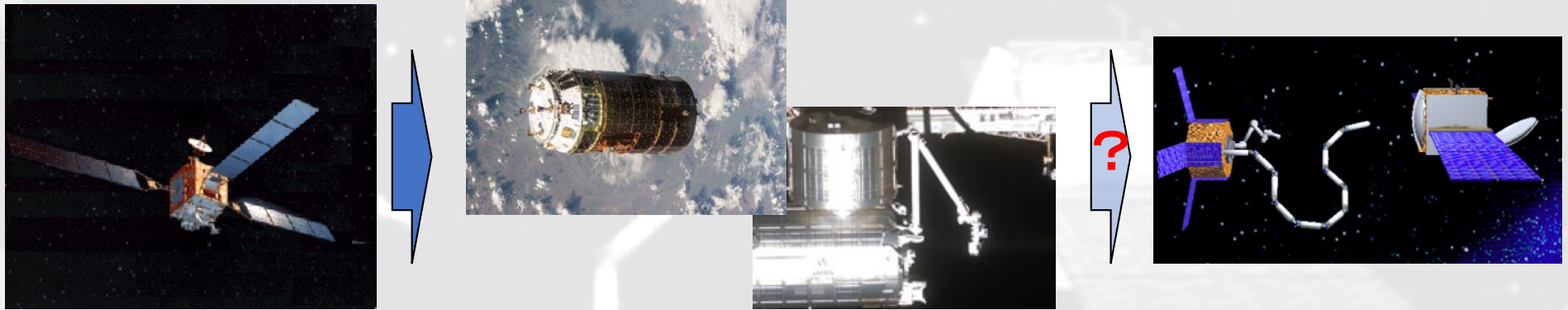
日本は技術試験衛星VII型で 軌道上サービス分野で世界トップに

- 1997年技術試験衛星VII型（おりひめ・ひこぼし）で、
世界初の宇宙ロボット衛星、自律ランデブ・ドッキング
を実現 → 重要インフラ技術で世界トップへ



技術試験衛星VII型での反省

- ・ 獲得した技術は、HTV、JEMRMSなどで活用



- ・ ただ、重要インフラ技術を獲得したが、産業的に大きな展開につなげられなかった。
 - － アプリケーション・事業化シナリオが重要
 - － 国民的共感の醸成

軌道上サービス分野における アプリケーション・事業の顕在化

・ 世界的に軌道上サービス分野のビジネスが顕在化

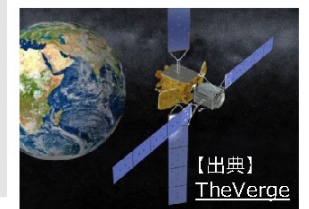
- スペースデブリ対策、燃料補給、軌道変換等
- 市場規模：4年間で約6倍の拡大

Northern Sky Research, In-Orbit Services Report (NSR IOSM) 3rd, 7th edition

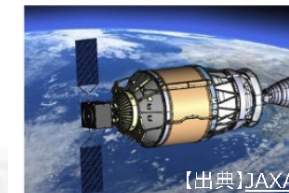
- 日本は世界に先駆けて軌道上サービス関連のガイドライン等を整備

- ・ 2019年12月5日「軌道上サービスミッションに係る安全基準」
- ・ 2021年11月10日「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」

- 日本企業が軌道上サービスビジネスを世界に先駆け推進
- 衛星の製造や修理などさらに拡大の様相



米Space Logistics社
が衛星ドッキングによる寿命
延長を実証



2026年度以降に我が国の
CRD2 フェーズIIにて
ロケット上段除去が予定

今こそ軌道上サービスの事業化へ向けた
取り組みが重要



軌道上サービス分野を発展させる鍵

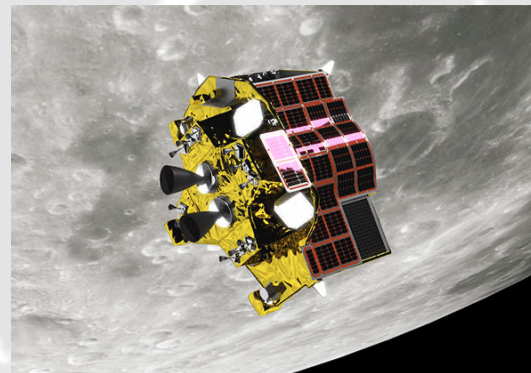
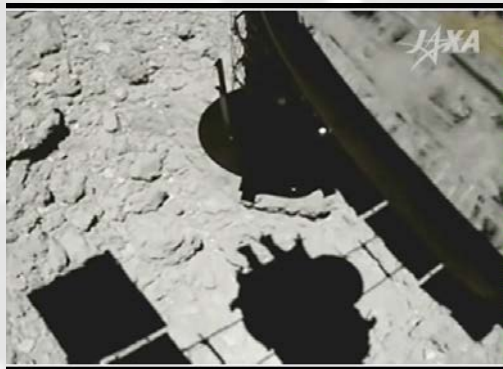
1：アプリケーション・事業化シナリオ

- ・ アプリケーションの具体的事業戦略が重要：
具体的な利用者・需要の分析に基づく市場の開拓
 - 宇宙システムの効率的な物流手段
 - 軌道間輸送機の再使用や航行距離の増強等を可能とする軌道上での燃料補給
 - 軌道上における物体の製造・管理・除去
 - 軌道上の混雑やスペースデブリに対する対策
- ・ 宇宙実証を含めた中長期的な取り組みが重要
- ・ インターフェースの標準化（デファクトスタンダード）や仕組み作りなど、継続的な事業を成立させる仕組み作りも合わせて必要

軌道上サービス分野を発展させる鍵

2：国民的共感の醸成

- ・ カナダでは5ドル紙幣に、カナダの宇宙ステーションロボットアームのイラストが描かれている
- ・ はやぶさ、はやぶさ2、SLIMにも多くの共感
有人と圧ローバーも大きな可能性



軌道上サービスも、このような共感を醸成する可能性

まとめ

- ・ 軌道上サービス技術を活用したアプリケーションが顕在化しつつある今こそ、その事業化へ向けた取り組みが重要と考えられる。
- ・ 軌道上サービス分野を発展させる上では、下記の3つのポイントは重要
 - － アプリケーションの具体的事業戦略
 - ・ 具体的な利用者・需要の分析に基づく市場の開拓
 - ・ 宇宙実証を含めた中長期的な取り組みが重要
 - ・ インターフェースの標準化など、継続的な事業を成立させる仕組み作り
 - － 国民的共感の醸成