

軌道上サービス技術が拓く宇宙インフラの将来展望

東北大学 グリーン未来創造機構 グリーncロステック研究センター / 工学研究科 航空宇宙工学専攻 次世代インフラ研究部門 宇宙インフラ工学分野
教授 栗原 聡文 / Professor Dr. -Ing. Toshinori Kuwahara

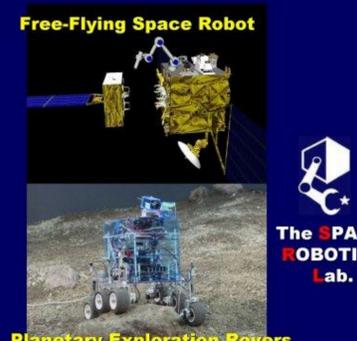
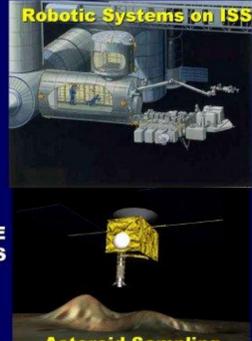
1. 東北大学における小型人工衛星の研究開発実績



栗原 聡文 / Toshinori Kuwahara, Dr. -Ing.
東北大学大学院工学研究科
航空宇宙工学専攻
宇宙探査工学分野 准教授
株式会社ElevationSpace 共同創業者/取締役

- 大学宇宙工学コンソーシアム UNISEC* 理事
- 株式会社中島鉄工所 技術顧問

研究内容:
小型宇宙システムによる宇宙開発利用の高度化
*UNISEC: University Space Engineering Consortium

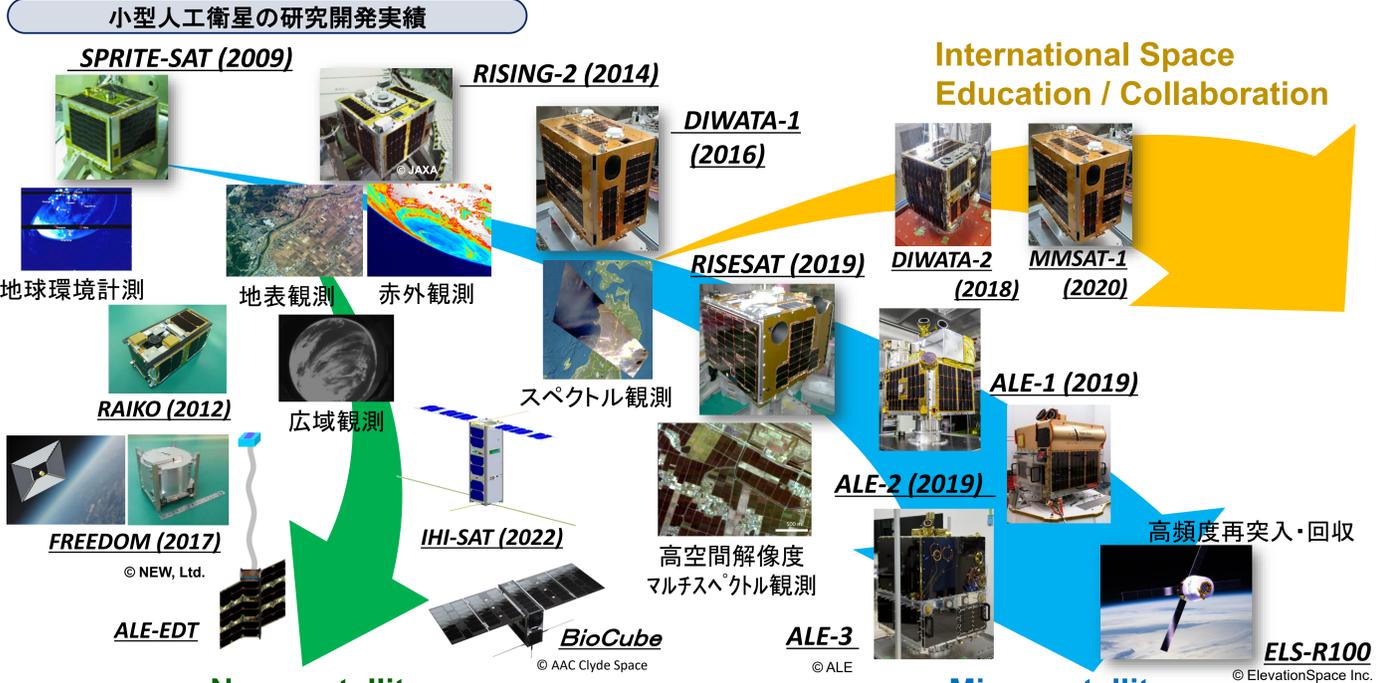



Free-Flying Space Robot
Planetary Exploration Rovers

Robotic Systems on ISS
Asteroid Sampling

The SPACE ROBOTICS Lab.

小型人工衛星の研究開発実績



Nano-satellites

- SPRITE-SAT (2009)
- RAIKO (2012)
- FREEDOM (2017)
- ALE-EDT

Micro-satellites

- RISING-2 (2014)
- DIWATA-1 (2016)
- RISESAT (2019)
- DIWATA-2 (2018)
- MMSAT-1 (2020)
- ALE-1 (2019)
- ALE-2 (2019)
- ALE-3
- IHI-SAT (2022)
- BioCube
- ELS-R100

地球環境計測 地表観測 赤外観測 スペクトル観測 広域観測 高空間解像度マルチスペクトル観測

International Space Education / Collaboration
高頻度再突入・回収

2. 最先端小型人工衛星技術

小型人工衛星の質量クラス分類



超小型 (CubeSat)
Pico-Satellite (0kg - 1kg)
Nano-Satellite (1kg - 10kg)
Micro-Satellite (10kg - 100kg)
Small/Medium Satellite (100kg - 1000kg)

東北大学の研究開発、運用実績 → 機能の拡充・大型化

ビジネスの活発化

高解像度マルチスペクトル観測技術



大型衛星: プッシュブーム: 衛星は固定姿勢を維持
1次元センサーで地表を走査
露光時間確保のため空間解像度が低い(分解能約30m)

小型衛星: 定点観測: 衛星は観測目標を追尾
2次元センサーで地表を写真撮影
追尾撮影により露光時間の制約無し(分解能約5m)

- 定点指向制御の導入で露光時間を稼ぐ
- 軌道運動からの制約を受けにくいいため高解像度化可能
- ⇒ 大型衛星との協力運用で **低コスト・オンデマンド地球観測** を実現

3. 産学官民連携・国際宇宙教育・宇宙人材育成

小型宇宙システム研究開発プロジェクトを通じた研究開発・人材育成

- プロジェクトミッション検討
- システム概念設計
- システム詳細設計
- 部品調達
- コンポーネント要素技術研究開発
- システムインテグレーション
- 搭載ソフトウェア、制御アルゴリズム設計解析
- 地上動作検証
- 地上環境試験
- 安全設計、安全審査対応
- 衛星納品、打上げ
- 地上局整備
- 初期運用、軌道上キャリブレーション、定常運用
- データ解析評価

衛星ミッションの全ての工程を経験。即戦力となる人材の育成: (システムエンジニア) + (専門分野)

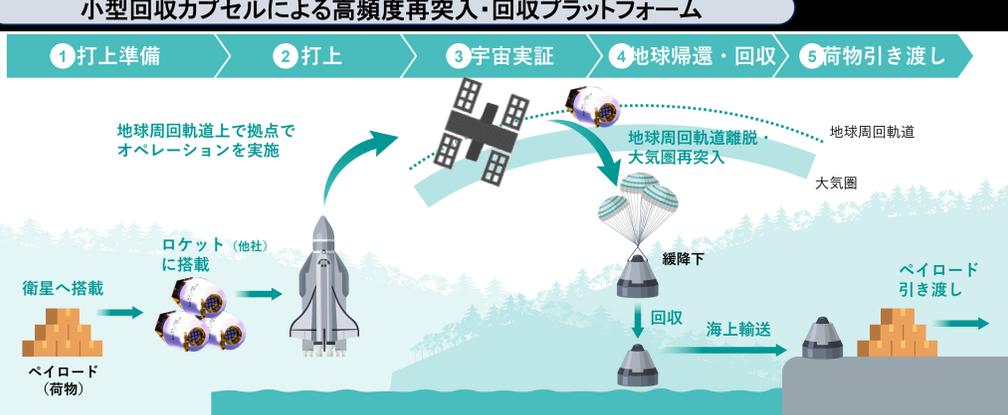
国際宇宙教育と宇宙人材育成



将来の宇宙開発には国際連携と若手人材育成が重要な鍵を握っている

4. 軌道上サービス技術と最先端宇宙インフラの将来展望

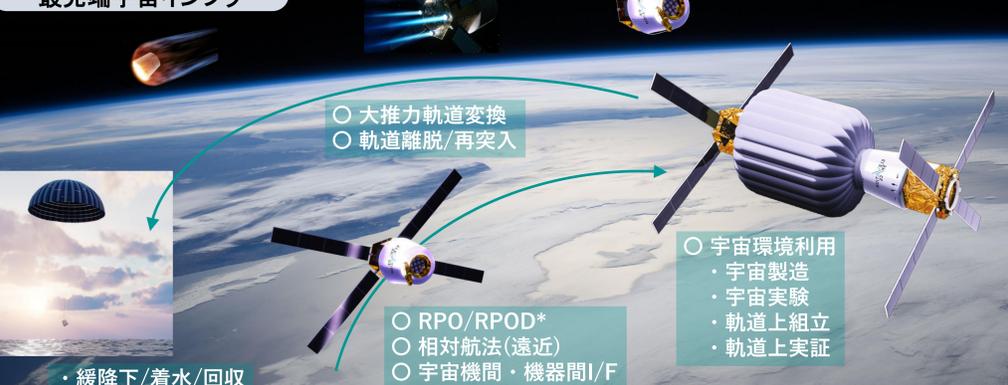
小型回収カプセルによる高頻度再突入・回収プラットフォーム



① 打上準備 → ② 打上 → ③ 宇宙実証 → ④ 地球帰還・回収 → ⑤ 荷物引き渡し

地球周回軌道上で拠点でオペレーションを実施
地球周回軌道離脱・大気圏再突入
大気圏
緩降下
回収
海上輸送
ペイロード引き渡し

最先端宇宙インフラ



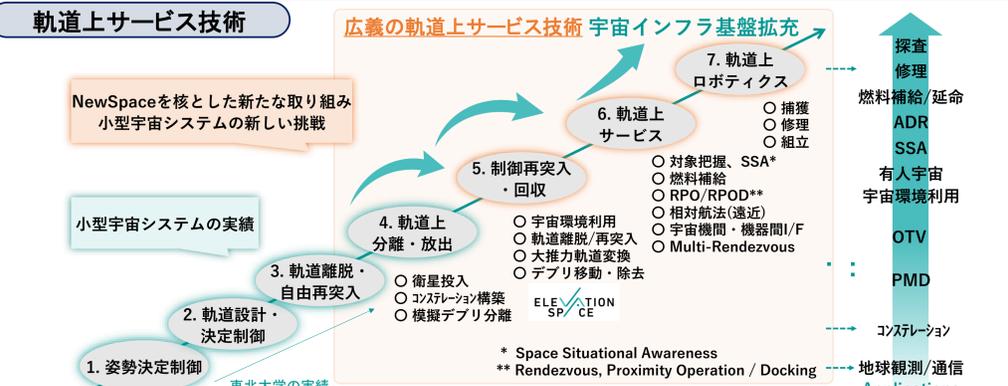
- 大推力軌道変換
- 軌道離脱/再突入
- 宇宙環境利用
 - 宇宙製造
 - 宇宙実験
 - 軌道上組立
 - 軌道上実証
- RPO/RPOD*
- 相対航法(遠近)
- 宇宙機間・機器間I/F

緩降下/着水/回収

* Rendezvous, Proximity Operation / Docking

5. 軌道上サービス技術の研究開発と宇宙実証のロードマップ

軌道上サービス技術



1. 姿勢決定制御
2. 軌道設計・決定制御
3. 軌道離脱・自由再突入
4. 軌道上分離・放出
5. 制御再突入・回収
6. 軌道上サービス
7. 軌道上ロボティクス

広義の軌道上サービス技術 宇宙インフラ基盤拡充

NewSpaceを核とした新たな取り組み 小型宇宙システムの新しい挑戦

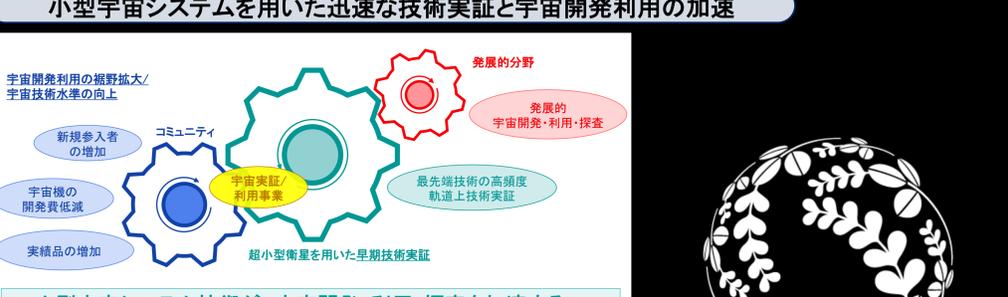
小型宇宙システムの実績

- 宇宙機間・機器間I/F
- Multi-Rendezvous
- RPO/RPOD**
- 相対航法(遠近)
- 宇宙機間・機器間I/F
- 燃料補給
- SSA*
- 捕捉
- 修理
- 組立

探査 修理 燃料補給/延命 ADR SSA 有人宇宙 宇宙環境利用 OTV PMD コンステレーション 地球観測/通信 Applications

* Space Situational Awareness
** Rendezvous, Proximity Operation / Docking

小型宇宙システムを用いた迅速な技術実証と宇宙開発利用の加速



宇宙開発利用の裾野拡大/宇宙技術水準の向上

発展的分野

発展的宇宙開発・利用・探査

最先端技術の高頻度軌道上技術実証

超小型衛星を用いた早期技術実証

小型宇宙システム技術が、宇宙開発・利用・探査を加速する!

