

**大学宇宙工学コンソーシアム UNISEC
理事会・総会・活動報告会**

Space Robotics Study Group 活動報告

東北大学	柰原 聡文
東京科学大学	中西 洋喜
東京大学	五十里 哲
名古屋大学	稲守 孝哉

発足背景

【背景】

- 近年、**宇宙インフラは必要不可欠な社会基盤**となり、民間による宇宙開発・利用・探査活動が急速に加速するに従い、重要人工衛星技術として、通信、測位、観測に並び、新たに「**軌道上サービス技術**」が追加されました。この「軌道上サービス技術」は、地球周回軌道と月・惑星探査の中間領域における**高度宇宙活動を実現する結節点技術**となる。
- 「軌道上サービス技術」は、将来の高度な軌道上活動を支える、**宇宙状況把握技術、デブリ除去・低減技術、寿命延長技術（燃料補給／軌道変換・維持）、修理・交換・製造組立技術等**を指しており、その中枢をなす最重要技術が「**宇宙ロボティクス**」技術です。しかしながら、当該技術領域はこれまで世界的に軌道上実証事例が乏しく、学術的な認知度や民間活動水準が決して高くない状況であり、早急な**学術基盤の確立とコミュニティの活性化、人材育成の強化**が求められています。

【目的】

- UNISECコミュニティ内の宇宙ロボティクス技術分野の人的連携強化
- 国内外の宇宙ロボティクス分野の学術コミュニティの連携強化
- 宇宙ロボティクスに関連する非宇宙系技術領域との連携強化
- 研究開発予算獲得に向けた連携、等

Space Robotics Study Group 活動報告

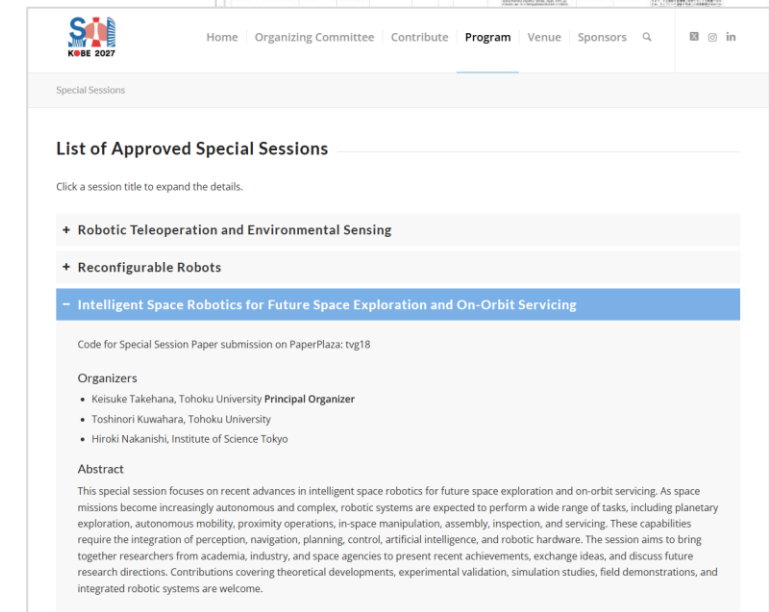
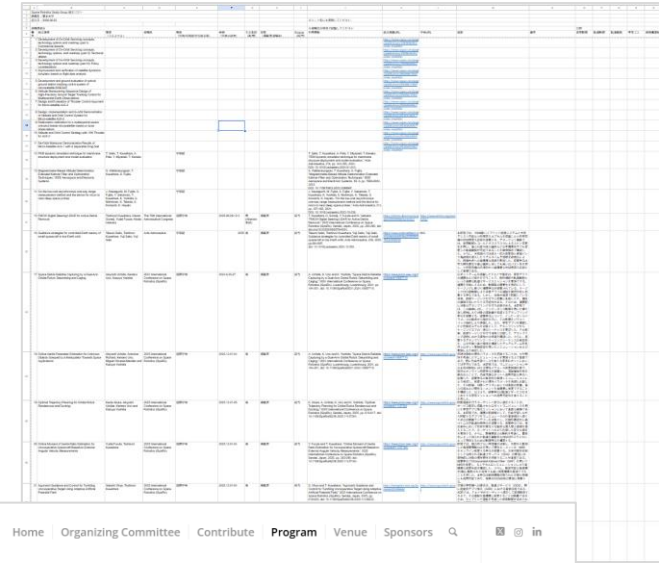
活動履歴

- 2025年1月25日 宇宙ロボット・タスクフォース 発足
- 2025年12月1－4日 [iSpaRo: Intl. Conference of Space Robotics](#), Sendai 共催
- 2025年12月12日 **Space Robotics Study Group 発足**
- 2026年1月 東北大学スペースクロスステック研究センター 設置
 - 軌道上サービス技術の研究開発を推進
- 2026年4月～
 - 加盟団体間で関連論文リスト、および参加者名簿の取り替わし
- [iSpaRo2026](#) への論文投稿
- 宇科連2026でのOSの設置 「軌道上ロボティクス」
- ロボティクス・メカトロニクス講演会2026登壇
- 日本ロボット学会学術講演会（RSJ）論文投稿
- [SII: International Symposium on System Integration](#) へのSpecial Sessionの提案・採択 締切：8/7
- 7/24 東北大学生の東京科学大学 中西研究室の見学
- 7/25 東北大学生・教員の東京大学 船瀬・五十里研究室の見学



活動計画

- iSpaRo2026での連携機関の国際的な拡大、DLR等関連研究機関への訪問
- UNISEC内学術交流の加速
- 2026年度UNISEC WS
 - 合同ワークショップ・勉強会等の企画
- [SII: International Symposium on System Integration](#), Special Session 開催
 - Intelligent Space Robotics for Future Space Exploration and On-orbit Servicing
 - Kobe, Japan, Jan. 11-14, 2027
- 国外機関との学術交流活動の展開
- 主要研究開発項目
 - Space Robotics
 - Formation Flight
 - Planetary Robotics
 - Space Exploration, 他



SII 2027 Home Organizing Committee Contribute **Program** Venue Sponsors

Special Sessions

List of Approved Special Sessions

Click a session title to expand the details.

- + Robotic Teleoperation and Environmental Sensing
- + Reconfigurable Robots
- Intelligent Space Robotics for Future Space Exploration and On-Orbit Servicing**

Code for Special Session Paper submission on PaperPlaza: tvg18

Organizers

- Keisuke Takehana, Tohoku University **Principal Organizer**
- Toshinori Kuwahara, Tohoku University
- Hiroki Nakanishi, Institute of Science Tokyo

Abstract

This special session focuses on recent advances in intelligent space robotics for future space exploration and on-orbit servicing. As space missions become increasingly autonomous and complex, robotic systems are expected to perform a wide range of tasks, including planetary exploration, autonomous mobility, proximity operations, in-space manipulation, assembly, inspection, and servicing. These capabilities require the integration of perception, navigation, planning, control, artificial intelligence, and robotic hardware. The session aims to bring together researchers from academia, industry, and space agencies to present recent achievements, exchange ideas, and discuss future research directions. Contributions covering theoretical developments, experimental validation, simulation studies, field demonstrations, and integrated robotic systems are welcome.

東北大学活動紹介

軌道上サービス技術の研究開発への取り組み

● 宇宙探査領域

小惑星探査



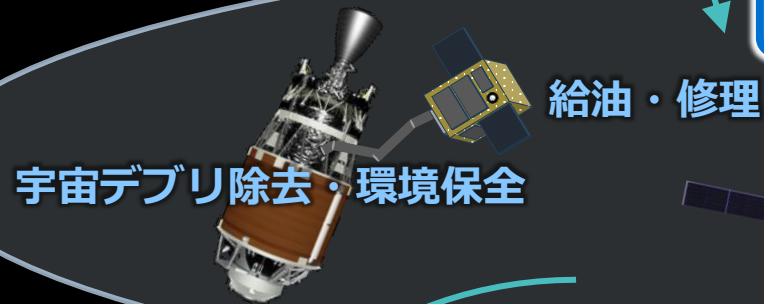
月・惑星探査



● 新規宇宙活動領域

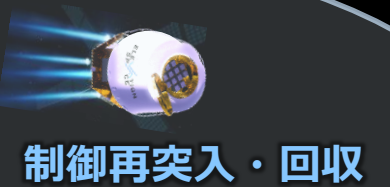
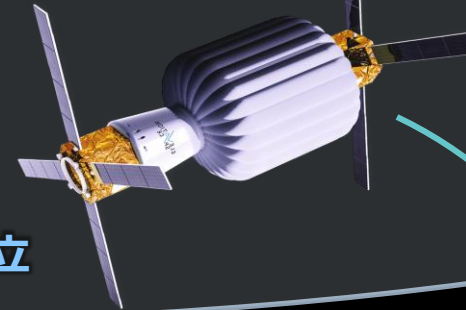
小型高性能軌道上サービス技術

ロボティクス深宇宙探査



有人宇宙開発

宇宙実験・培養・製造・組立



● 従来地球近傍領域

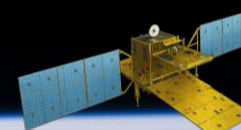
通信



測位



観測



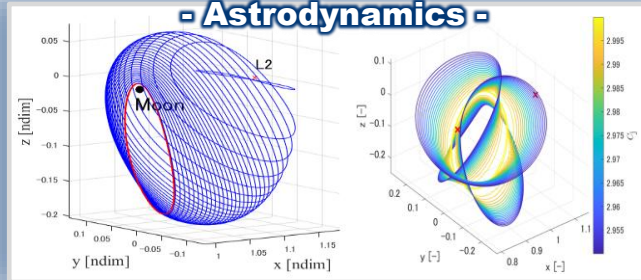
「小型高性能軌道上サービス技術」は新規宇宙活動領域の**“結節点技術”**である。

東北大学活動紹介

宇宙インフラ工学研究室 研究領域

宇宙航行力学

- Astrodynamics -



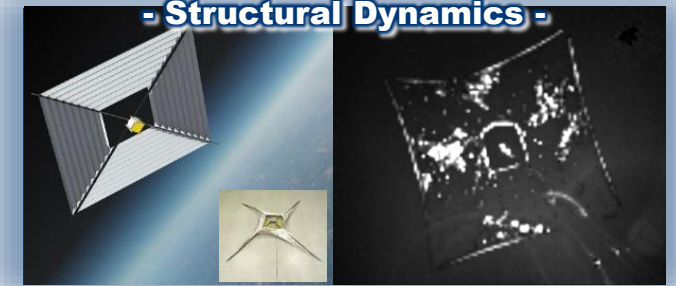
姿勢力学

- Attitude Dynamics -



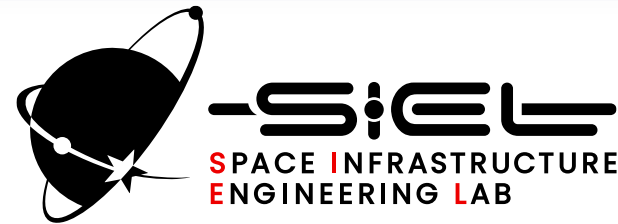
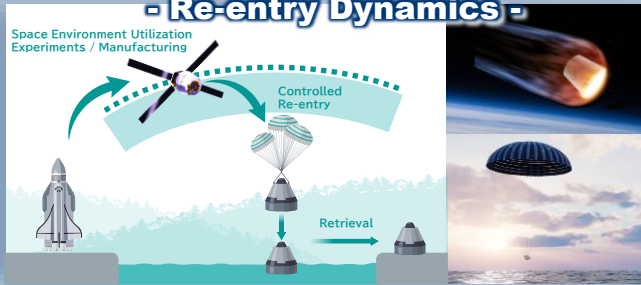
構造力学

- Structural Dynamics -



再突入力学

- Re-entry Dynamics -



宇宙機の運動と制御

推進力学

- Propulsion Dynamics -



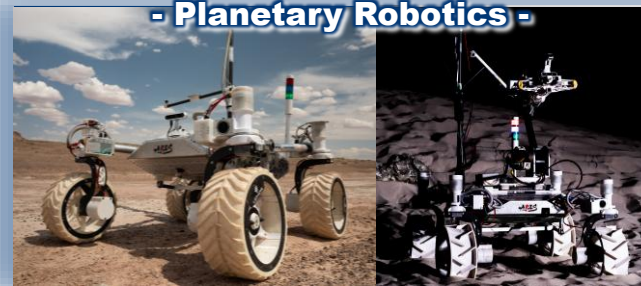
軌道上サービス

- On-orbit Servicing -



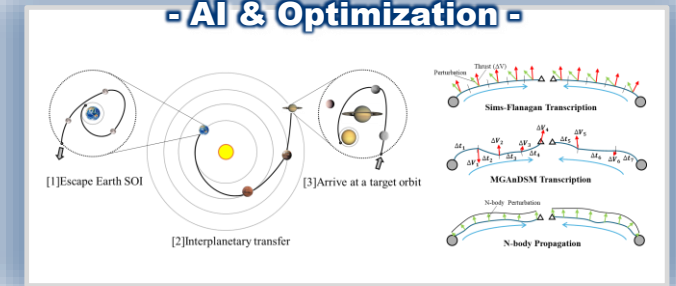
惑星探査ロボティクス

- Planetary Robotics -



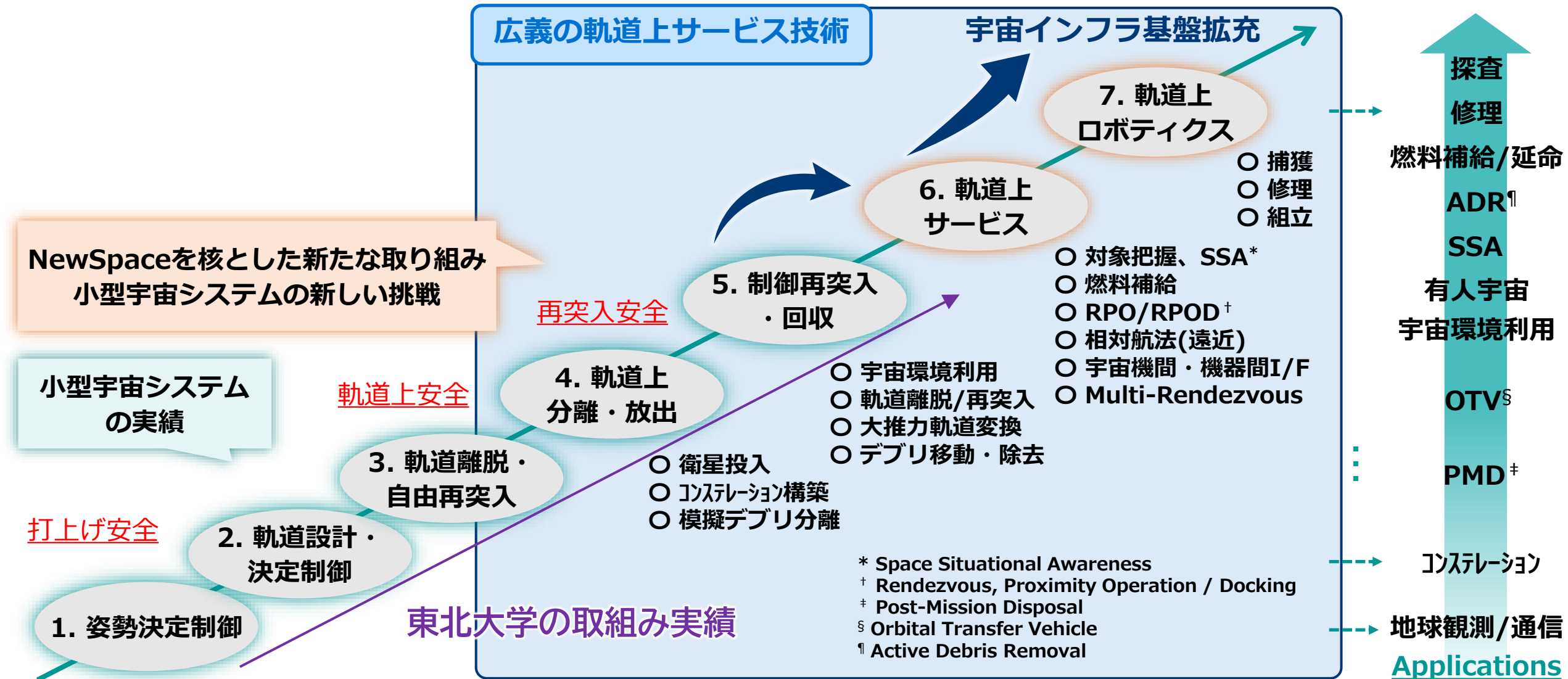
人工知能&最適化

- AI & Optimization -



東北大学活動紹介

東北大学における研究開発・軌道上実証実績と軌道上サービス技術の技術的關係性



東北大学活動紹介

東北大学における研究開発構想



産学連携による「実学」を尊重した高頻度軌道上実証型宇宙工学技術研究開発の実践と社会実装の促進。
宇宙スタートアップとの強力な連携を通し、垂直統合型の宇宙システム技術の構築と利活用を加速度的に推進する。



ロボット技術が拓く先端宇宙システムの研究

◆ ロボットの運動・制御の研究

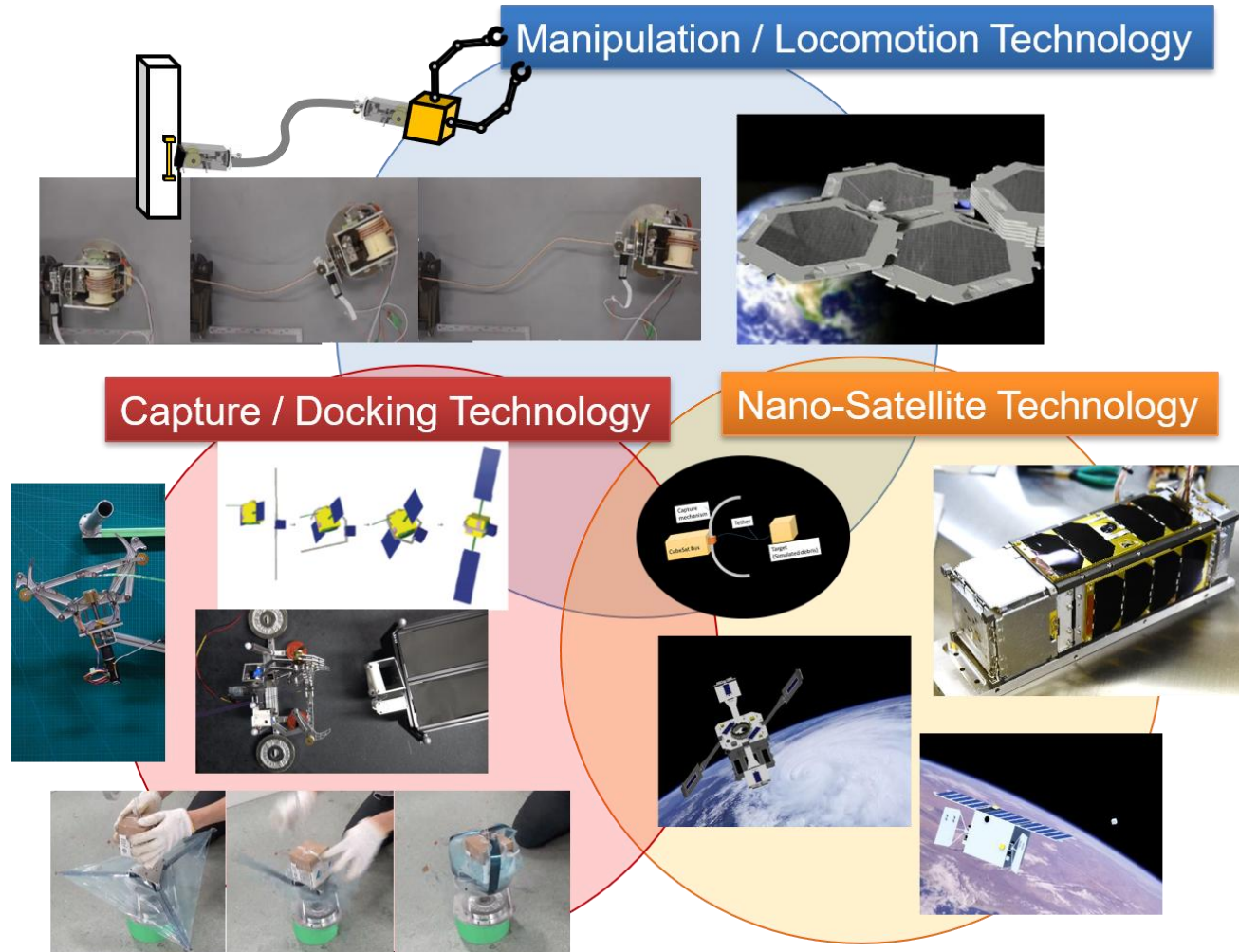
- 浮遊ロボットのダイナミクス
- 非協力宇宙機との接触・安定化・捕獲
- 超小型衛星の運動制御法

◆ 宇宙環境と作業要求に対応する機械の研究

- 宇宙機捕獲機構
- モーフアブルビームやテザーを用いたロボットアーム・脚システム

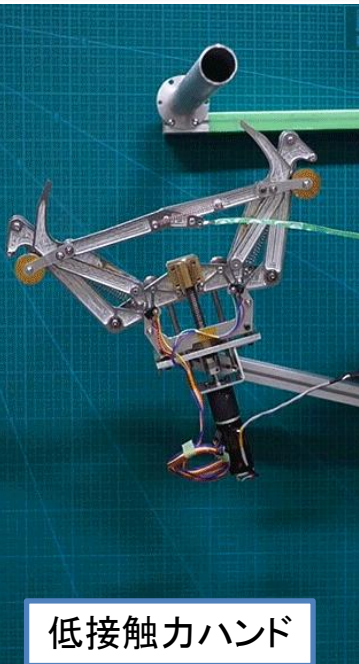
◆ 宇宙機システムの設計開発と運用, 宇宙実証

- 宇宙ステーション船内ロボット実験REX-J
- 超小型衛星バス



軌道上サービス技術（宇宙機捕獲機構）

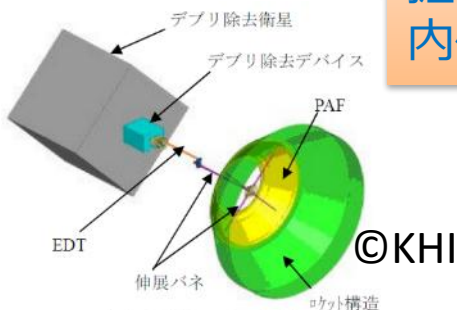
ターゲットの構造を利用した宇宙機捕獲機構



低接触力ハンド



パドル基部の棒構造
握る



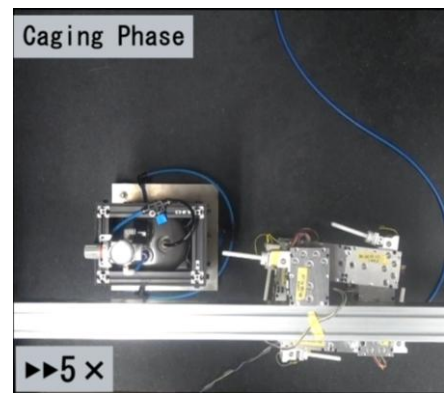
JAXA-KHI ロケットPAF捕獲機構
(特許取得)

太陽電池パドル
(微小把持力限定)
挟む



ヤモリ足裏構造を模倣した太陽電池パドル捕獲機構

アンテナ構造
(微小把持力限定)
握る・挟む



つる植物の運動を模倣した巻付機構

衛星構体・突起・トラス等
包む・つまむ・刺す

大型ノズル
(ロケット・静止衛星)
挟む・内側から突張る

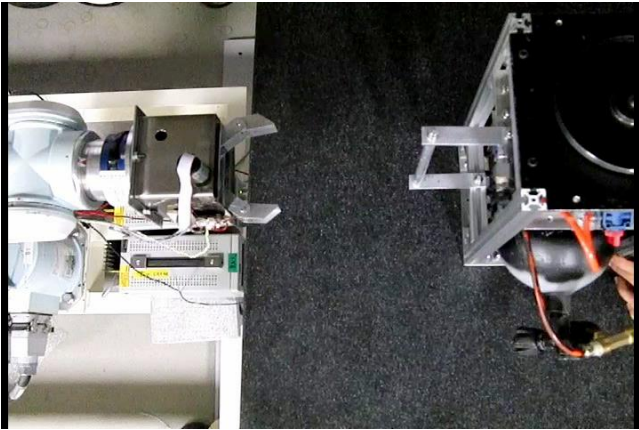


コンバックスばねを用いた包み込み把持機構

©JAXA

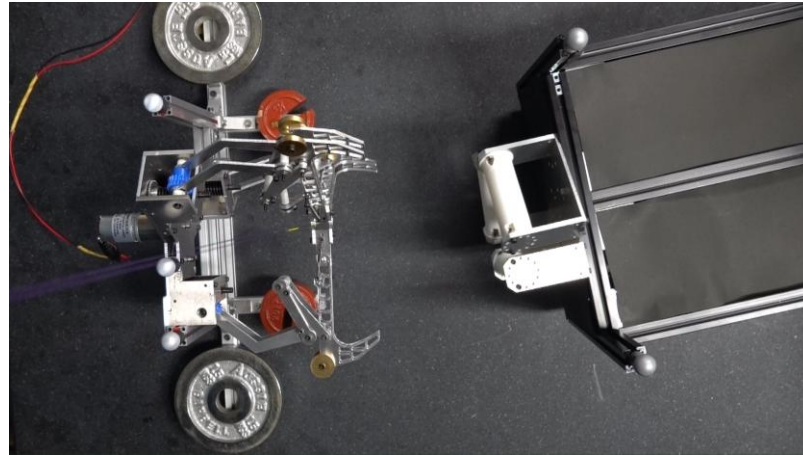
軌道上サービス技術

浮遊ターゲットの接触力相殺

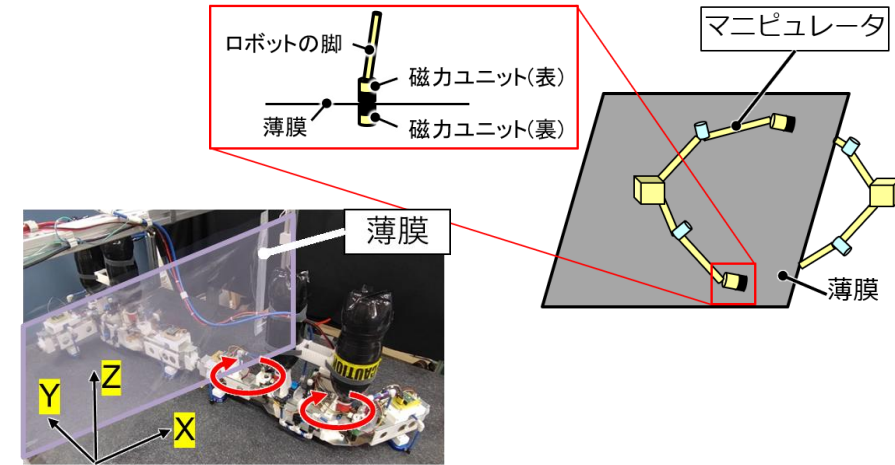


接触時にターゲットの相対運動量を吸収しを相対停止させる

小型軽量ドッキング機構 (次世代サンプルリターン/OTV)



膜構造上移動ロボット

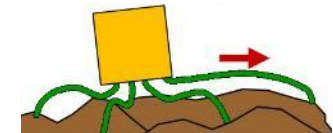


モーファブルビームを利用した趙田自由度伸展式ロボットアーム

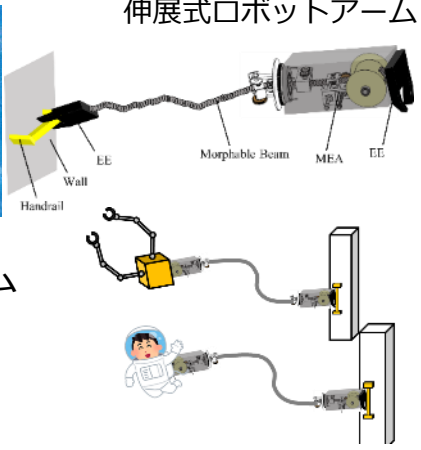
伸展式ロボットアーム



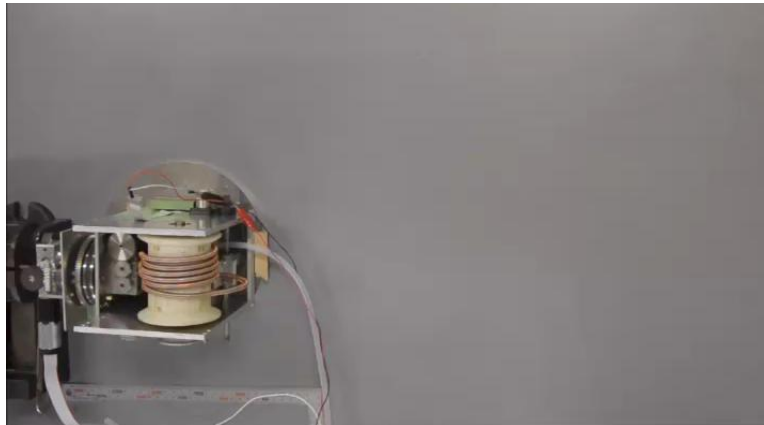
モーファブルビーム



脚型小惑星探索ロボット



船外移動ユニットシステム



形状変化による姿勢・軌道制御(超小型衛星開発)



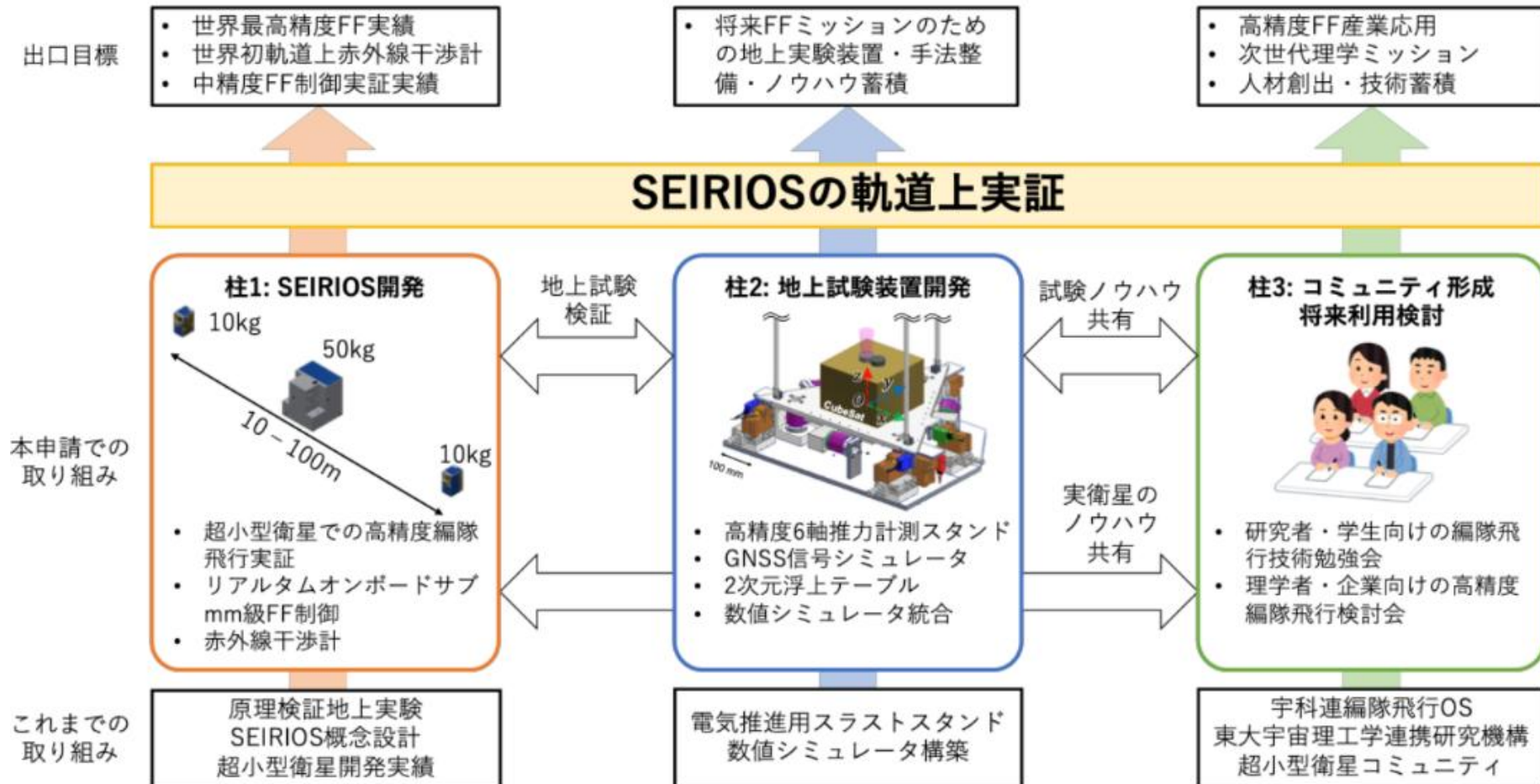
SEIRIOS による超高精度編隊飛行衛星制御技術の獲得 (代表：五十里哲(東大))

柱1

- 世界最高精度の達成
- 軌道上実証による革新的成果を実現

柱2, 3

- 他国を先導する競争力を身に付け、維持する
- 高精度編隊飛行による衛星基盤技術の底上げ



衛星編隊飛行とSpace Roboticsのつながり

● 相対センシング・航法技術

- 相対GPS航法
- 相対航法カメラ
- レーザー距離計
- カルマンフィルタなど

● アクチュエータ技術

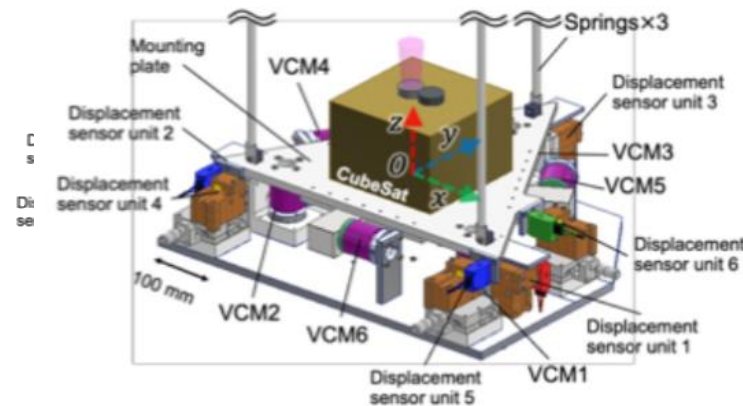
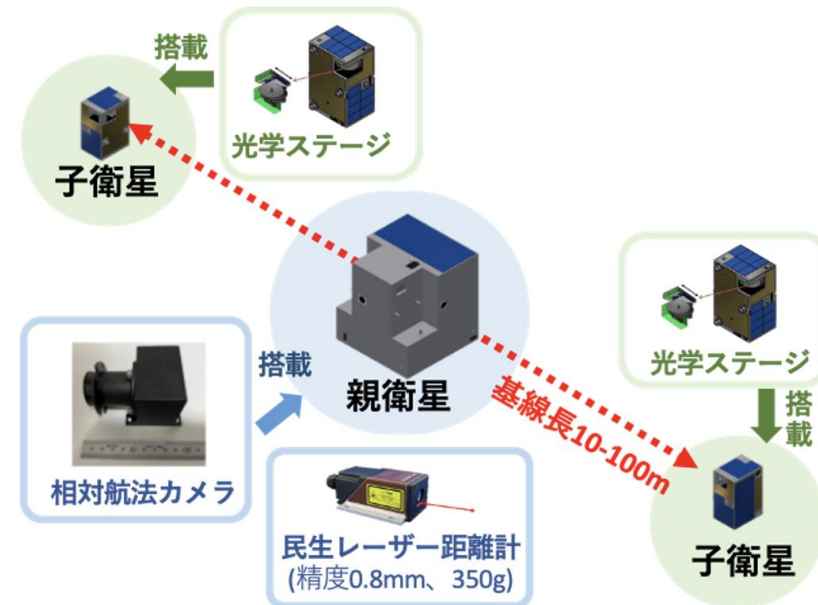
- 推進系
- 内部駆動アクチュエータ
 - Tip/tiltミラー
 - 鏡位置制御スライダ

● アルゴリズム

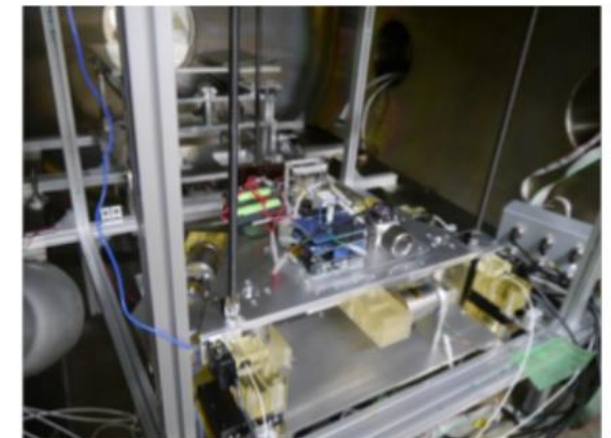
- 航法・誘導・制御
- 自律化
- FDIR・衝突回避

● 地上実験装置

- 空気式浮上テーブル
- スラストスタンド
- 数値シミュレータ



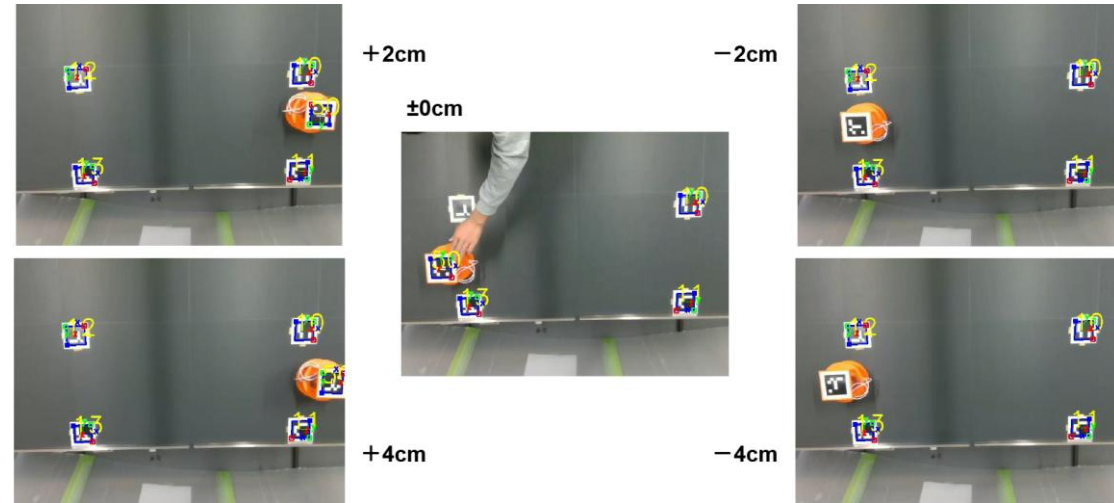
開発する6軸推力計測ステージの概略図



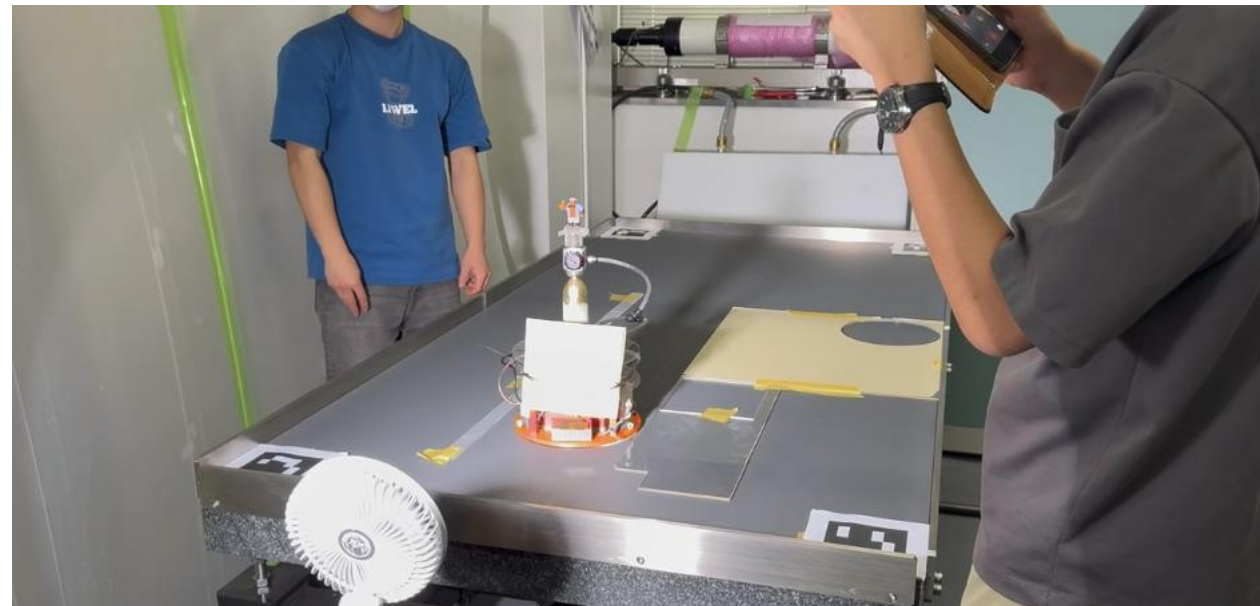
現在開発中のステージ

空気式浮上テーブル

浮上テーブル上での重心移動による横方向推力の制御実験



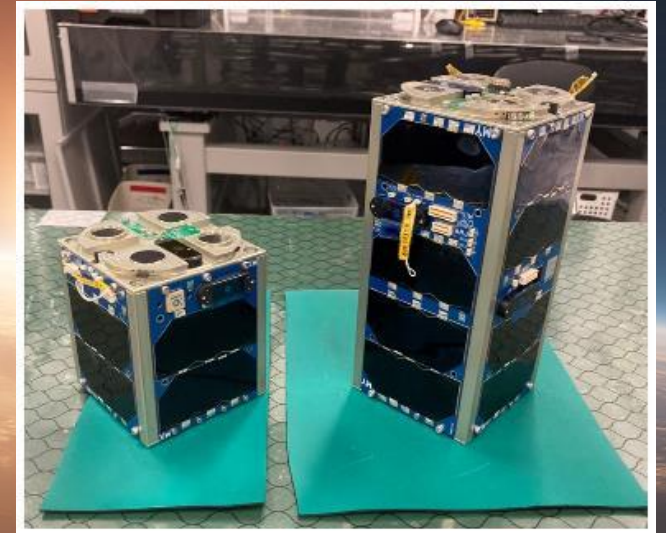
ファンからの風に抗うように
位置制御を行う実験
(学部1年生のゼミ体験実験)



2026年度 UNISEC年次社員総会

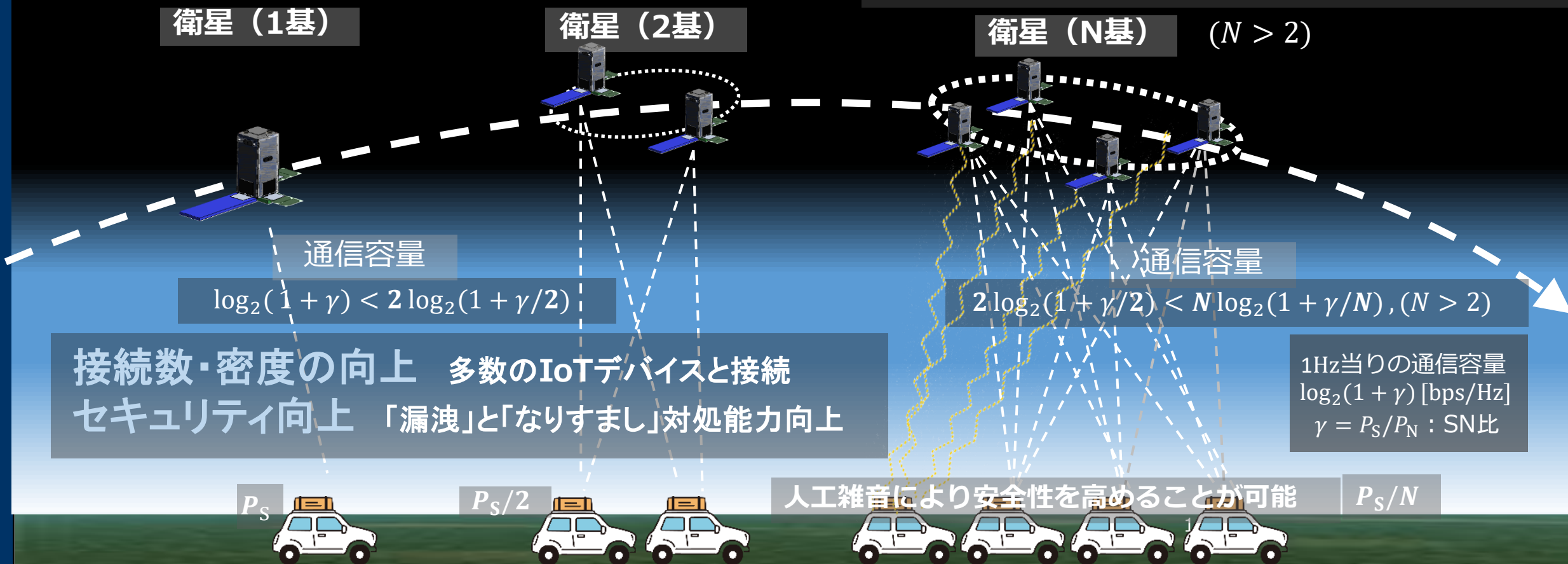
超小型衛星編隊飛行の実証と宇宙MIMO通信への応用

2026年7月25日
東京大学
武田ホール



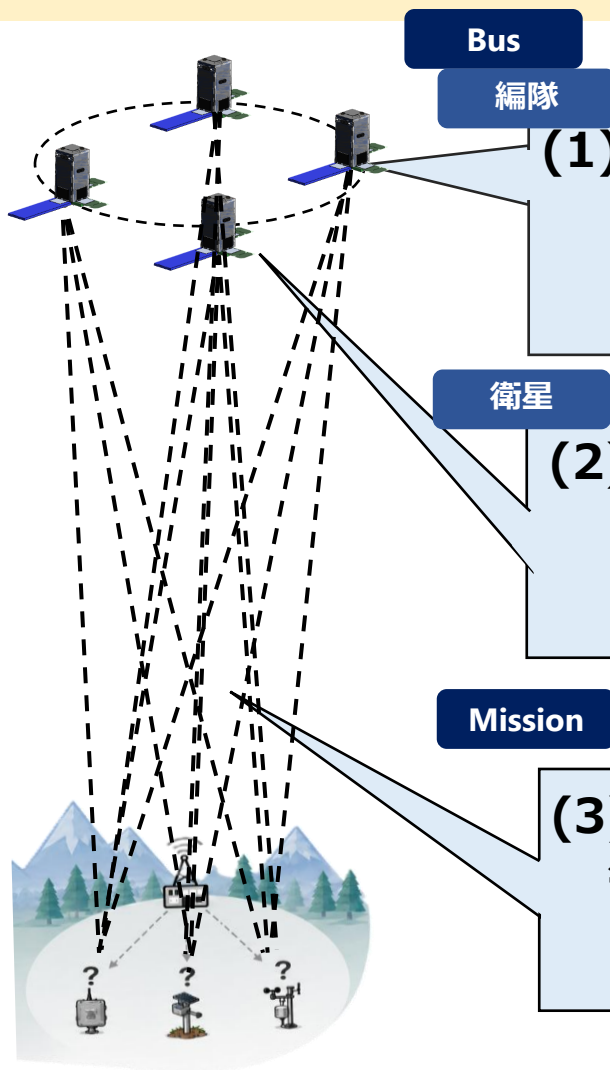
稲守孝哉
名古屋大学
工学研究科
航空宇宙工学専攻

LoS - MIMO (Multi-Input Multi-Output)
通信容量の増大・周波数の利用効率の向上



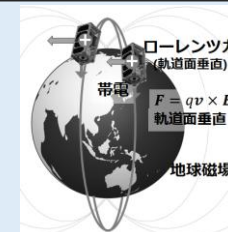
IoTデバイス通信において、編隊飛行により接続数・密度とセキュリティを向上
地上IoTデバイスの配置により衛星の配置の変更が必要

1基から複数基の衛星を分離・展開し、これまでにない
基数（質量）×精度（＝配置の柔軟性）の編隊飛行技術を宇宙実証



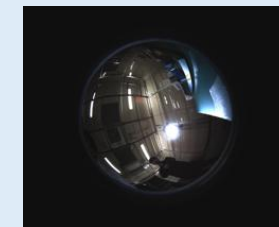
(1) 宇宙環境下での姿勢運動を利用した推進剤フリー軌道制御
による半永久的な衛星編隊飛行制御 **【基数（質量）】**

課題(1-1) 磁気トルクによる複数基衛星の3次元編隊形成
課題(1-2) 姿勢アクチュエータ磁場による宇宙プラズマ環境下
での帯電現象を用いた軌道面外の衛星編隊維持



(2) サブシステム間の相互作用を駆使したコンパクトな
Software DefinedによるPico級衛星の高機能化 **【精度】**

課題(2-1) 360度特殊光学系によるSoftware Defined編隊飛行センサー
課題(2-2) Software Defined PPT推進機



(3) 宇宙MIMO通信を目的とした拡張性と相乗効果を重視した衛
星作製と衛星編隊飛行の宇宙実証

課題(3-1) 衛星作製とドローンの飛行運動を活用した6次元広可動域HILS
課題(3-2) 航法・誘導システムの構築と宇宙実証準備



概要 姿勢⇒軌道運動 編隊飛行技術試験衛星 MAGNARO

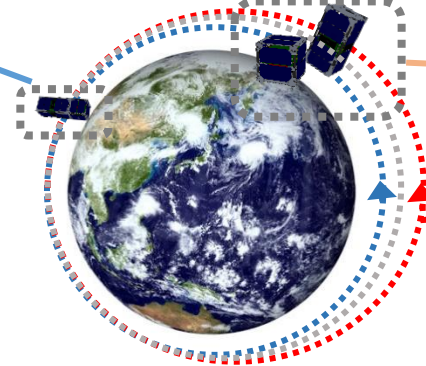
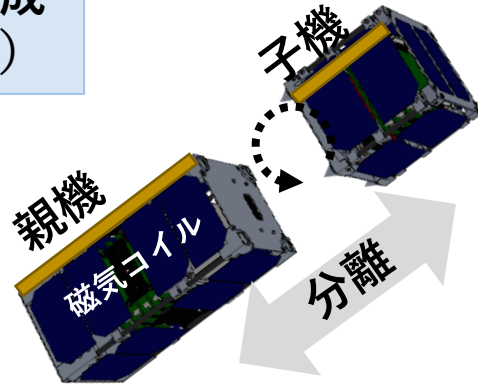
(MAGNARO -Tigris, MAGNARO-Piscis)

MAGnetically separating NANosatellite with Rotation for Orbit control

宇宙環境により生じる力を用いた複数機衛星による編隊飛行の技術実証

①編隊形成 (磁気力)

姿勢スピン
(2Hz)



②編隊維持 (空気力)

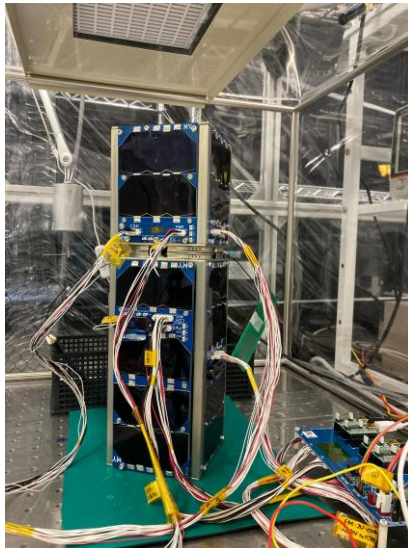
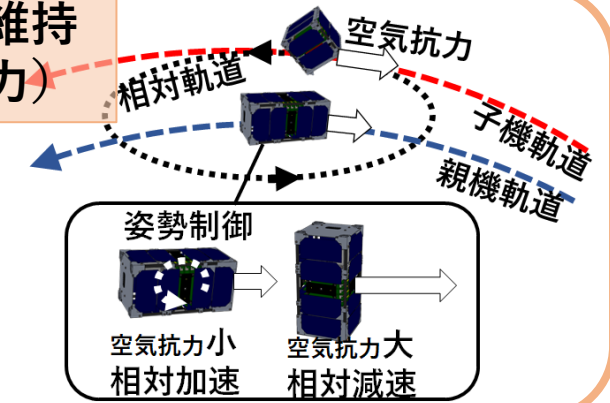


図1 結合時外観

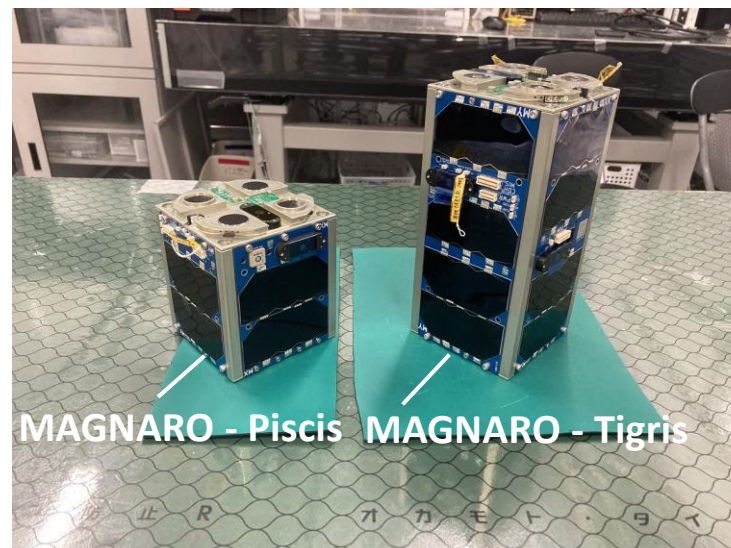


図2 分離時外観



図3 地上試験

活動展望

- 参加希望団体の皆様への声かけと組織の拡大
- 情報の整理・集約・発信
 - 参画機関・参画者情報のデータベース化
 - 国内外連携機関とのネットワーク構築
 - 参画機関の最新の研究内容・研究テーマ・開発プロジェクト等に関する情報共有
- 相互見学、交流の促進
- ワークショップ・勉強会等の実施（UNISEC WS 2026 @東京理科大学、定期/不定期）
- 国内外共通学会への参加、学術論文の相互引用強化・共同執筆等、学術活動の連携強化
- iSpaRo2026での連携機関の国際的な拡大促進、DLR等関連研究機関の見学訪問
- SII 2027での宇宙ロボティクス・スペシャルセッションの開催
- 国際共同研究への展開、国際共著論文の執筆
- 関連分野における産学連携活動の展開
- 将来展望
 - UNISEC 内での活動予算の配算
 - UNISEC AcademyでのSpace Roboticsの講義の開催
 - IAA Space Robotics Study Groupの設置検討、UNCOPUOS等への提言発信、等々

Space Robotics Study Group

Announcement

- [SII 2027: International Symposium on System Integration](#), Special Session 開催
 - Intelligent Space Robotics for Future Space Exploration and On-orbit Servicing
 - Kobe, Japan, Jan. 11-14, 2027

