

## 超小型衛星「MAGNARO」を研究開発！ ～宇宙の力を使って複数の衛星を軌道制御する実証実験～

### 【本研究のポイント】

- ・軌道制御においてエンジンも燃料も使わない超小型衛星「MAGNARO」（マグナロ）を研究開発した。
- ・本衛星は、磁気や空気の力といった軌道上で人工衛星が受ける力を利用し、複数の人工衛星の編隊を形成し維持する技術実証実験を行う。
- ・エンジンを使用しないことから、そのスペースに望遠鏡などミッション機器を搭載でき、燃料切れを考慮する必要もないため、長期間の宇宙利用が期待される。

### 【研究概要】

国立大学法人東海国立大学機構 名古屋大学大学院工学研究科の稲守 孝哉 准教授らの研究グループは、軌道制御において宇宙の力を用いる 4.4kg の超小型衛星（キューブサット衛星）MAGNARO (MAGnetically separating NAno-satellite with Rotation for Orbit control) を研究開発しました。

本衛星は、宇宙航空研究開発機構（JAXA）の革新的衛星技術実証 3 号機の実証テーマの一つとして、2022 年 10 月 7 日（金）に内之浦宇宙空間観測所からイプシロンロケット 6 号機により打ち上げられる予定です。本衛星では、地球の磁気力で衛星をスピンさせて、適切なタイミングで二つの衛星を分離することで編隊を形成し、空気の力を使い編隊を維持する技術実証実験を行います。

昨今、複数の衛星を連携させて1つのミッションを行う新しい宇宙利用が増えてきました。今回実証する新しい技術では、宇宙から人工衛星が受ける力を利用するため、エンジンを使用しません。そのため衛星内のスペースに余裕があり、小型の衛星であっても望遠鏡などのミッション機器を搭載することが可能です。さらに、燃料切れを考慮する必要がなくより長期間の宇宙利用が可能となることが期待されます。

## 【研究背景と内容】

昨今、複数の衛星を連携させて1つのミッションを行うコンステレーションやフォーメーションフライトといった編隊飛行による新しい宇宙利用が増加している。その際に重要となるのが、複数の衛星の相対位置を調節する軌道制御技術である。従来の考え方では、宇宙環境による外乱の影響を受けやすい小型の衛星において、エンジンなどの軌道制御機器が必須となるが、電力、質量、スペースの制約が厳しく全ての小型の衛星でエンジンを搭載できるわけではない。複数機の開発や打ち上げが比較的容易な小型の衛星において、その電力、質量、スペースの強い制約から、複数機のミッションに必要なエンジンといった軌道制御機器の搭載が小型の衛星ほどより厳しくなる傾向にある。

稲守 孝哉 准教授らの研究グループでは、宇宙環境からの外乱を抑圧するのではなく、その外乱の特性に着目し理解を深めることで、むしろ宇宙環境を利用して衛星の編隊を形成し維持する、という新しい発想のもと研究を進めてきた。本研究グループでは、これまでの研究成果を軌道上で技術実証するため、超小型衛星 MAGNARO (MAGnetically separating NAno-satellite with Rotation for Orbit control) を研究開発した。

MAGNARO は MAGNARO - Tigris と MAGNARO - Pisics からなり、打ち上げ時には磁気力によりこれらの衛星が接続されている。衛星には磁気トルカ（電磁コイル）が搭載されており、地球磁場と作用させることでトルクを発生させ姿勢をスピンさせる。衛星の機上で自律的に姿勢と軌道の決定を行い適切な分離させ編隊を形成する。さらに、軌道上に僅かに存在する空気分子と衛星との作用により空気抗力を発生させ、姿勢制御で衛星の正面面積を変えて空気抗力を調整することで編隊を維持する。これらの編隊形成や維持における軌道制御において、エンジンや燃料を使用しない軌道上実証実験を実施する予定である。

本衛星は、JAXA の革新的衛星技術実証 3 号機の実証テーマに選定されており、2022 年 10 月 7 日（金）に、JAXA 内之浦宇宙空間観測所からイプシロンロケット 6 号機での打ち上げられる予定である。

今回、軌道上で実証する技術は、軌道制御に宇宙の力を用いエンジンや燃料を使用しないため、衛星内のスペースに余裕があり、小型の衛星であっても望遠鏡などのミッション機器を搭載することが可能である。さらに、燃料切れを考慮する必要がなくより長期間の宇宙利用が可能となることが期待される。

また、本衛星の研究開発にあたっては、宇宙工学における学生の教育にも力を入れる試みが行われた。本衛星では単純に機器を購入し組み合わせたり、各種試験を全て業者等に依頼したりするのではなく、教員の指導のもと学生自らが電子基板といったハードウェアやソフトウェアなどを勉強しつつ理解し宇宙環境を考慮したうえで設計、開発を行った。また開発にあたっては試験の計画立案や予定管理などのマネージメントも学生が行うなど、研究と共に教育の一環としても実施したものである。

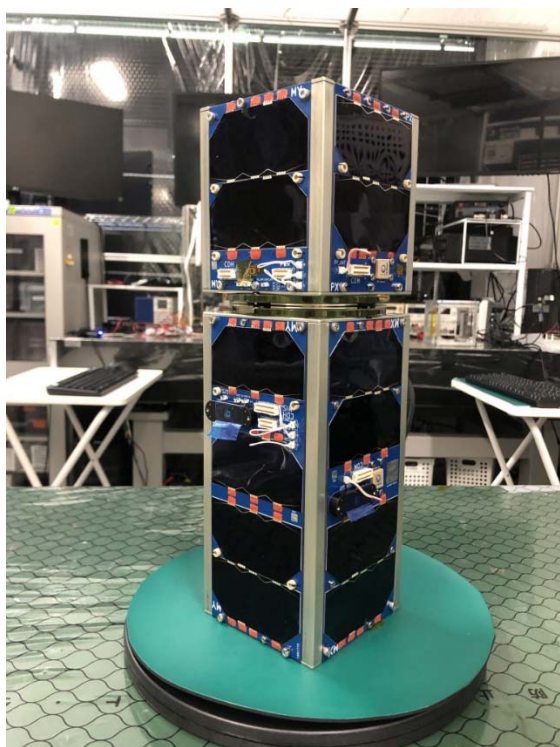


図 1 MAGNARO (MAGNARO -Tigris, MAGNARO - Piscis 結合時)

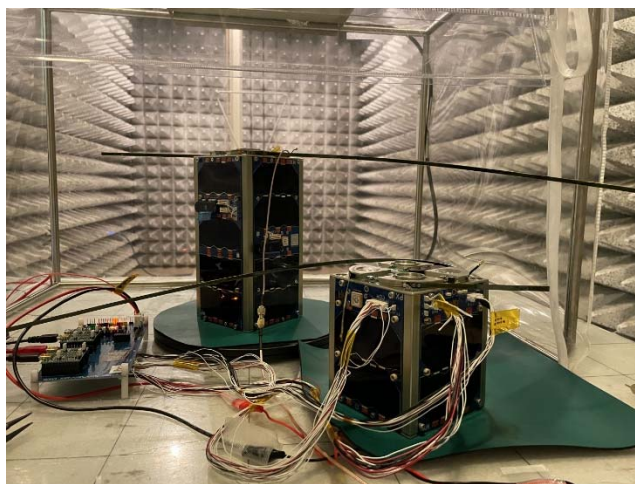


図 2 電波暗室での試験における MAGNARO (MAGNARO - Tigris, MAGNARO - Piscis 分離時)



図 3 振動試験機への MAGNARO の取り付け  
(結合時)



図 4 振動試験後の外観検査の様子



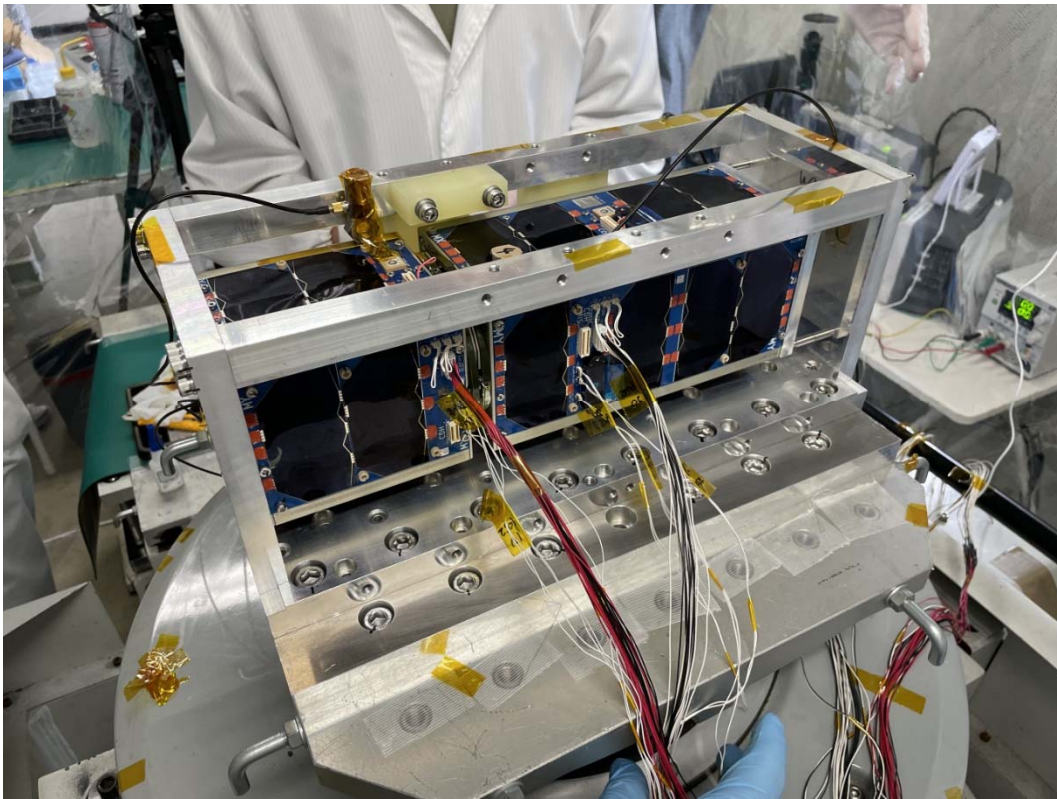


図 5 振動試験後の MAGNARO の動作確認試験の様子

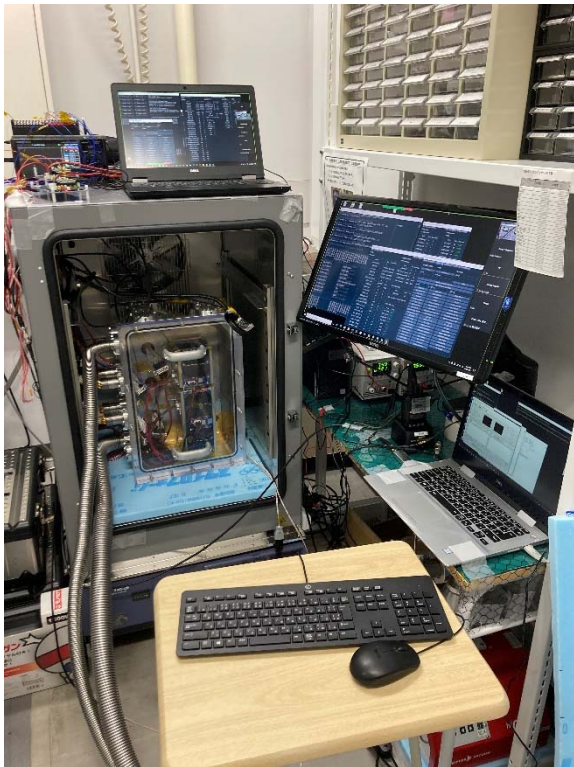


図 6 熱真空環境における動作確認試験の様子



図 7 MAGNARO の動作確認試験の様子

本研究は、令和二年度から始まった国立研究開発法人 科学技術振興機構の研究成果最適展開支援プログラム(A-STEP) 産学共同(育成型)『超小型衛星における回転分離を用いた編隊形成と宇宙実証機の研究開発』の支援のもとで行われたものです。