

補助事業番号 2018M-134

補助事業名 平成30年度高精度姿勢制御機能を有した超小型衛星試作モデルの研究開発  
補助事業

補助事業者名 名古屋大学 大学院工学研究科 航空宇宙工学専攻 講師 稲守孝哉

## 1 研究の概要

近年、小型衛星の理学・地球観測への応用が期待され、観測機器を高精度で指向制御・安定化制御させる技術が重要となっている。例えば理学観測のため 35 kg 衛星ながら 1 arcsec という高姿勢安定度が要求されるミッションも出てきている。このような高精度な姿勢安定度を達成するためには衛星にはたらく姿勢外乱トルクを明らかにする必要がある。今回の研究では特に小型衛星で大きな影響のある磁気姿勢外乱トルクに注目し衛星スケールにより姿勢ダイナミクス・運動がどのように異なるのかを明らかにする。さらに小型衛星のプロトタイプモデルを開発し、安価で高度な理学・地球観測の実現に寄与することを目指す。

## 2 研究の目的と背景

本研究では小型衛星での姿勢外乱環境を明らかにしたうえで、理学・地球観測に必要な姿勢制御を達成する事を目指す。特に本研究では①これまで検討されてこなかった形状磁気異方性による磁気外乱トルクの大きさについて評価する。さらに②厳しい質量、電力の制約の中で微小な外乱による姿勢変動を検知し外乱を補償する姿勢決定・制御系を搭載する方法の検討を行う。実際に小型衛星モデルを開発し提案手法を評価する。

## 3 研究内容 ([http://nanosat.nuae.nagoya-u.ac.jp/research\\_nanosat.html](http://nanosat.nuae.nagoya-u.ac.jp/research_nanosat.html))

### 3-1. 磁性体が及ぼす影響の解明

人工衛星における搭載コンポーネントが残留磁気モーメントを持つ場合、地球磁場と作用して外乱トルクを生じる。本研究では仮に磁性体が残留磁気モーメントを持たなかった場合でも非対称形状の磁性体に生じる磁気トルク（形状磁気異方性による磁気トルク）に着目し、該当磁気トルクの大きさの特徴について磁気 FEM 計算ソフト JMAG を用いて検討した。図 1 に超小型衛星 Cubesat のアンテナにより生じるトルクの大きさの検討結果を示す。形状磁気異方性による磁気トルクは磁場強度の二乗に比例して大きくなり、また軌道上の極域などの大きな地球磁場環境下においては残留磁気モーメントによるトルクと同程度の大きさのトルクが生じることが分かった。

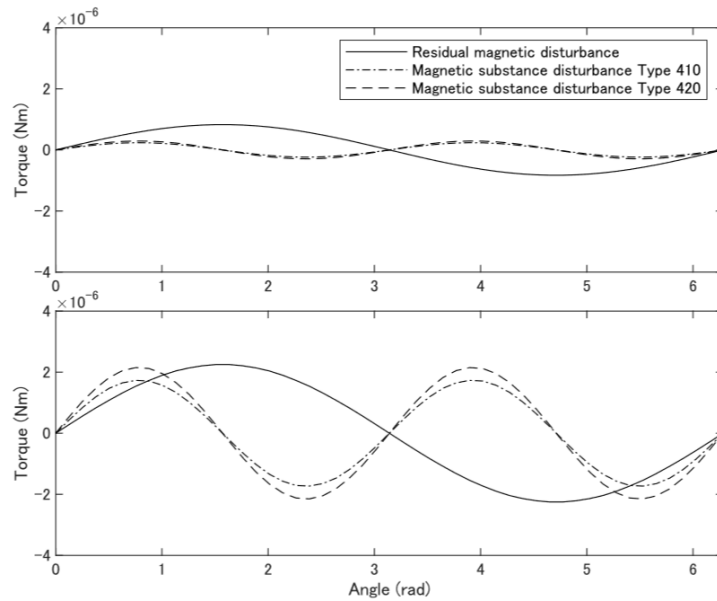


図 1 磁気形状異方性により生じる外乱トルクと残留磁気モーメントによる外乱トルクの比較

### 3-2. 人工衛星試作モデルの開発

3-1 より得られた磁気外乱トルクモデルを用いて、衛星の姿勢運動や軌道運動を模擬する数値シミュレータを開発した。開発した回路モデルを用いて SILS を構成し、小型衛星電子回路モデルを用いたシミュレーションが実施可能な環境を整えた。

また、提案手法の宇宙実証を目指し、10 kg 級超小型衛星の試作電気モデルを開発した(図 2)。本モデルでは電源系、情報処理系、通信系を中心として磁気センサー、太陽センサーの姿勢決定系と磁気トルカによる姿勢制御系を搭載している。放射線の影響で過電流が生じても搭載 FET で電源を OFF し回路を保護する機能を搭載した(図 3)。これにより小型衛星であっても能動的な姿勢制御を達成することができるシステムを実現した。

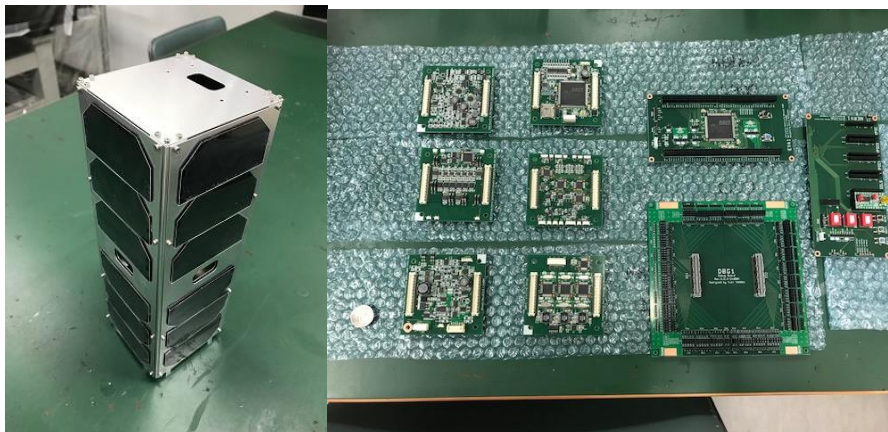


図 2 超小型衛星の構造モデルと電気モデル (ブレッドモードモデル)

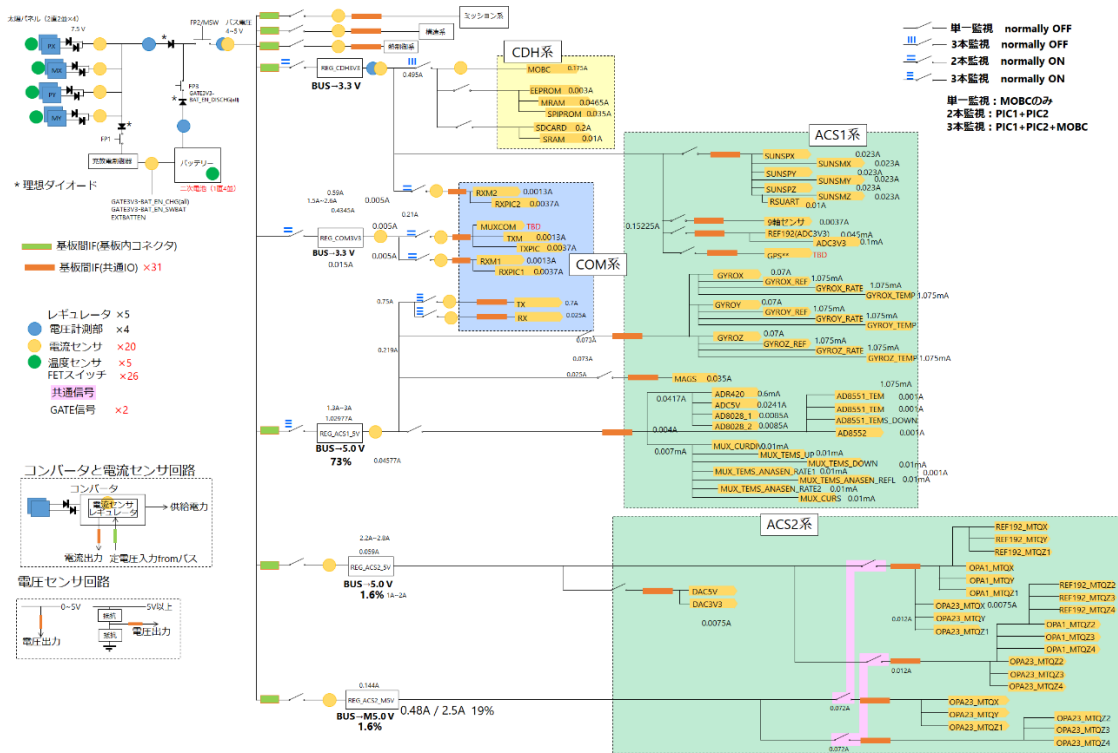


図 3 研究開発した電子基板モデルの電源系統図

#### 4 本研究が実社会にどう活かされるかー展望

本研究では衛星スケールにより姿勢ダイナミクス・運動において特に磁気外乱トルクの影響が大きくなることについて明らかにした。今後、得られた知見より小型の安価な衛星で高精度の姿勢制御を達成し、安価で高解像の地球画像を得る事ができる事を達成しリモートセンシングや理学観測の要求に応える事を目指す。今後はフライトモデル開発を進め、提案手法の技術実証を目指す。

#### 5 教歴・研究歴の流れにおける今回研究の位置づけ

本研究では小型衛星の姿勢外乱が従来サイズの衛星と異なる事に注目して研究を行った。従来の大型衛星の運動に基づいた研究が多いなかで、衛星スケールにより姿勢運動がどのように異なるのかに注目している点で特色ある研究である。これにより高精度な姿勢制御を達成する事は、リモートセンシングや理学観測からの要請に応えるものと考えている。また、今回の研究については今後の研究開発の重要な準備段階として位置付けており、次のステップとして提案手法を搭載したフライトモデルの開発、さらに打ち上げ後の技術実証と研究開発を進める予定である。

## 6 本研究にかかわる知財・発表論文等

Takaya Inamori, Phongsatorn Saisutjarit, Nobutada Sako, Yutaka Terao, and Shinichi Nakasuka, Magnetic attitude disturbance caused by asymmetrical magnetic substances in LEO satellites, Journal of aerospace engineering, article in press.

山田裕己, 稲守孝哉, 寺尾悠: 相対軌道制御能力を有した磁気デバイスによる宇宙機ドッキング, 第62回宇宙科学技術連合講演会, 1122, 久留米, 2018.

## 7 補助事業に係る成果物

### (1) 補助事業により作成したもの

Takaya Inamori, Phongsatorn Saisutjarit, Nobutada Sako, Yutaka Terao, and Shinichi Nakasuka, Magnetic attitude disturbance caused by asymmetrical magnetic substances in LEO satellites, Journal of aerospace engineering, article in press.

山田裕己, 稲守孝哉, 寺尾悠: 相対軌道制御能力を有した磁気デバイスによる宇宙機ドッキング, 第62回宇宙科学技術連合講演会, 1122, 久留米, 2018.

(上記論文)

### (2) (1) 以外で当事業において作成したもの

特になし.

## 8 事業内容についての問い合わせ先

所属機関名: 名古屋大学 (ナゴヤダイガク)

住 所: 〒464-8603

名古屋市千種区不老町 名古屋大学大学院工学研究科 航空宇宙工学専攻

担 当 者: 講師 稲守 孝哉 (イナモリ タカヤ)

担 当 部 署: 大学院工学研究科 (ダイガクインコウガクケンキュウカ)

E - m a i l : inamori@nuae.nagoya-u.ac.jp

U R L : <http://nanosat.nuae.nagoya-u.ac.jp/index.html>