

補助事業番号 2020M-176
補助事業名 2020年度 高精度姿勢制御系を有した超小型衛星のフライトモデル研究開発補助事業
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 准教授 稲守孝哉

1 研究の概要

本研究では、質量・スペース・電力の制約が厳しい超小型衛星において高精度な姿勢制御能力を付与することを目的として研究を進めた。特に磁気姿勢トルクに着目し、衛星に搭載した形状磁気異方性による磁気トルクを定式化、磁気トルカによる形状磁気異方性トルクの補償、磁気姿勢制御則の構築を行った。さらに提案手法の超小型衛星への実装を行った。

2 研究の目的と背景

近年、社会の要請から短期間開発、低コストといった特徴をもつ超小型衛星（10 kg級）での高解像度の地球観測が期待されている。観測のためには望遠鏡などの観測機器を高精度で指向・安定化させる技術が重要となる。しかしながら超小型衛星の外乱環境がよく解明されておらず、厳しい質量・スペース・電力の制約のなかで高精度な姿勢制御は困難である。そこで本研究では小型の衛星ほど宇宙環境からの力、特に磁気トルクの影響が大きいことに着目する。本研究では磁気トルカのコアなどの磁性体による形状磁気異方性によるトルクを補償しつつ、磁気トルカで指向制御を行う手法を構築することを目的とする。

3 研究内容

(1) 形状磁気異方性による磁気トルクを定式化と磁気トルク環境の解明

本研究では最初に磁気トルクのコアにはたらく形状異方性による磁気トルクを明らかにした。図1は衛星にはたらく形状異方性による磁気トルクの強度を示したものである。磁性体が残留磁気モーメントを持っていなかったとしても、地球磁場より励起された磁気モーメントにより磁気トルクがはたらくことがわかる。さらにこの磁気トルクにより軌道一周回で得る角運動量を定式化し、初期角速度、軌道パラメータ、磁性体形状・透磁率による角運動量獲得の条件を明らかにした。

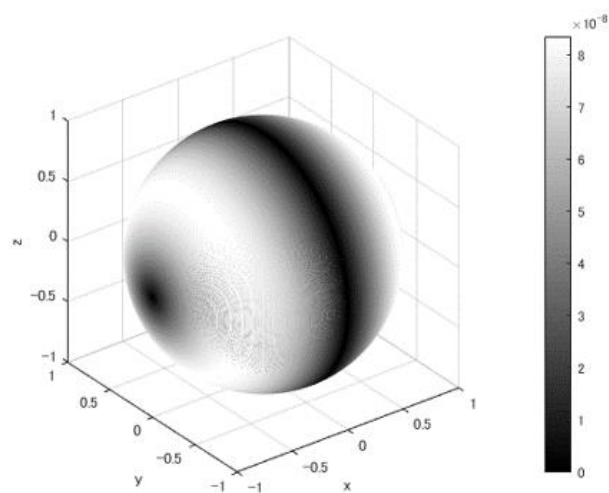


図1 形状磁気異方性トルクのトルク強度

(2) 磁気トルカによる形状磁気異方性トルクの補償

(1)で定式化した形状磁気異方性による磁気トルクのモデルを用いて特徴量を太陽センサーと磁気センサーを用いて軌道上で推定する外乱オブザーバーを構築した。地上で推定が困難な磁気外乱推定を軌道上で高精度に推定することで、磁気トルカにより高精度に外乱補償を行った。磁気トルカを構成するにあたっては衛星構造と一体化させた磁気姿勢アクチュエータを開発しシステムとしてのトータルの質量を低減し衛星質量を 3.5 kg 以下とすることができた (図2)。



図2 衛星構造と一体化させた磁気姿勢アクチュエータ

(3) 提案手法の小型衛星への実装と宇宙システムに実装における課題解決

平成30年度の研究成果で開発したプロトタイプモデル開発の成果から、修正した次のモデルを開発し、CubeSatサイズの超小型衛星への実装を行った (図3)。

4 本研究が実社会にどう活かされるか—展望

本研究は打ち上げが容易な10 kg以下の衛星の外乱環境を理解し姿勢制御精度を改善することを目指した研究である。姿勢制御は光学観測における要素技術の一つでありリモートセンシングなどに資する技術である。さらに地上からの観測が困難な軌道運動する小さな物体の運動を磁気トルクの観点から明らかにすることで磁性を持つデブリ運動の解明など他分野への波及効果が期待できる。



図3 開発した超小型衛星モデル

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が従来サイズの衛星と比較して慣性が小さく、宇宙環境の力、特に磁気力が比較的大きいことに注目して研究を行った。

同様のことは軌道運動でも考えることができる可能性があり、宇宙環境による力の軌道制御への応用などが考えられる。小型の衛星の低コスト、短開発期間という特徴を生かせば複数の衛星を運用することが可能となる。電力・スペース・質量の制約が厳しい小型の衛星でも軌道制御を達成できれば小型衛星による編隊飛行などをより効率的に達成できる可能性がある。

また、今回の研究については衛星モデルを軌道上に打ち上げての技術実証を目指しており、今後の軌道上実証の結果により新たな知見が得られる可能性がある。

6 本研究にかかわる知財・発表論文等

- [1] 岸 信希, 稲守 孝哉, 宮田 喜久子, 川嶋 嶺, Park Ji Hyun : 表面反射特性を考慮した空気抗力による低軌道衛星の衛星運動への影響, 第 64 回宇宙科学技術連合講演会, 3I14, 2020.
- [2] 大月 洋貴, 稲守 孝哉 : 惑星間磁場を用いた小型宇宙探査機の燃料フリー角運動量管理, 日本機械学会 2020 年度年次大会 講演論文集, J19128, 名古屋, 2020

7 補助事業に係る成果物

(項目6と同一)

岸 信希, 稲守 孝哉, 宮田 喜久子, 川嶋 嶺, Park Ji Hyun : 表面反射特性を考慮した空気抗力による低軌道衛星の衛星運動への影響, 第64回宇宙科学技術連合講演会, 3I14, 2020.

- [1] 大月 洋貴, 稲守 孝哉 : 惑星間磁場を用いた小型宇宙探査機の燃料フリー角運動量管理, 日本機械学会 2020 年度年次大会 講演論文集, J19128, 名古屋, 2020

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 : 准教授 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>