

令和 4 年 6 月 2 日現在

機関番号：12601

研究種目：研究活動スタート支援

研究期間：2019～2021

課題番号：19K23480

研究課題名（和文）超小型高速光通信衛星実現に向けた微小擾乱の基礎研究

研究課題名（英文）Study on Microvibration Effects for Small/Nano Laser Communication Satellite

研究代表者

細沼 貴之（Hosonuma, Takayuki）

東京大学・大学院工学系研究科（工学部）・特任研究員

研究者番号：40850524

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 1,800,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、光通信衛星システムの指向精度向上に向けて、超小型衛星における衛星内アクチュエータ振動等による指向精度の劣化の影響を、シミュレーションと実験の併用によって評価し、下記の点を明らかにした。

従来の超小型衛星では、擾乱による指向精度の劣化が技術的課題となることは少なかったが、本研究の応用先として想定している光通信では、要求される指向精度に対し、振動擾乱が無視できないほどの影響を及ぼすことが明らかになった。

で明らかにした振動擾乱の主要な周波数・振幅の大きさを基に、姿勢制御と組み合わせて用いる駆動鏡が備えるべき特性を明らかにし、駆動鏡を用いて構造振動擾乱を抑制できることを確認した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

理学観測や深宇宙探査、地球観測ビジネス等、種々の高度なミッションへと超小型衛星の適用範囲が拡大したことに伴い、超小型衛星の通信速度に対する要求値が増加し続けている。将来の通信速度に対する要求値に対応するための手段として、通信手段を電波から光に切り替えることは有望であるが、光通信で高い通信速度を得るためには高い指向精度を達成することが必要になる。本研究は、超小型衛星で高い指向精度を達成するにあたっての課題の1つである、微小擾乱の影響について評価し、その対策を検討したものであり、超小型光通信衛星の実現に向けた基礎をなす研究である。

研究成果の概要（英文）：In order to improve the pointing accuracy of optical communication satellite systems, the effects of degradation of pointing accuracy of nano-satellites due to vibration of actuators in the satellite were evaluated with a combination of simulation and experiment, and the following points were clarified.

Although the degradation of pointing accuracy due to disturbances has not been a technical problem for conventional nano-satellites, it is found that vibration disturbances have a non-negligible effect on the required pointing accuracy for optical communications, which is the intended application of this research.

Based on the major frequencies and amplitudes of the vibration disturbances identified in , the requirements on the specification of the tip-tilt mirror are specified. It is confirmed that the structural vibration disturbances can be suppressed by using a tip-tilt mirror.

研究分野：宇宙機力学・制御工学

キーワード：微小擾乱 超小型衛星 光通信

1. 研究開始当初の背景

理学観測や深宇宙探査，地球観測ビジネス等，種々の高度なミッションへと超小型衛星の適用範囲が拡大したことに伴い，超小型衛星の通信速度に対する要求値が増加し続けている．下の図1 左下に例示する様に，技術実証を目的とした 2010 年の衛星に対し，災害観測を目的とした 2019 年の衛星では 20000 倍もの通信速度向上が求められている．オンデマンド SAR 観測や全天の系外惑星探査等，今後も高い通信速度が必要となるミッションが予定されている．

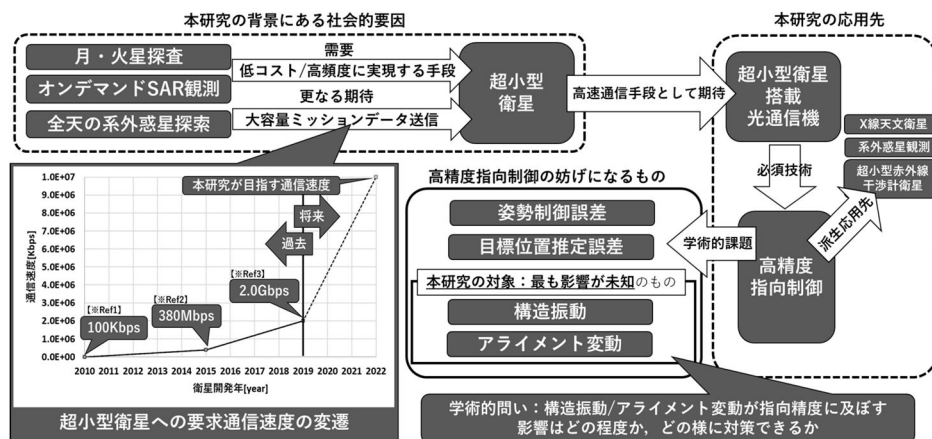


図 1：本研究の背景

通信手段を電波から光に切り替えることで，通信速度を数桁向上させることが可能である．その理由は，電波よりも高い周波数で信号を搬送可能となるためであるが，その反面，光通信で高い通信速度を得るためには高い指向精度を達成することが必要になる．例えば，申請者が NICT と共同で目指している 10Gbps の通信速度を達成するためには， $2\ \mu\text{rad}$ の高精度指向が必要となる．高精度指向の実現にあたっては，衛星構造振動や軌道上の熱環境によるアライメント変動等について考慮することの必要性が大型衛星の結果から示されているのに対して，高精度指向を目指した前例が少ない超小型衛星では，これらの影響は未知である．しかし，大型衛星に対してサイズが小さい超小型衛星では，構造振動の減衰が少なくなる分，大型衛星よりも振動の影響が大きくなる可能性があるため，超小型衛星で高精度指向制御を行うためには，構造振動/アライメント変動の影響を考慮することが必要になる．本研究における学術的な問いは，構造振動とアライメント変動が超小型衛星の高精度指向制御に及ぼす影響はどの程度であり， $2\ \mu\text{rad}$ の指向精度を達成するためにはどのような対策が必要か，という問いである．

2. 研究の目的

本研究の目的は，超小型衛星による 10Gbps 光通信実現に必要な $2\ \mu\text{rad}$ の高精度指向制御に対し，構造振動とアライメント変動が及ぼす影響を定量化し，対策を検討することである．本研究の特徴は 超小型衛星の構造振動，アライメント変動等，他の研究ではあまり取り上げていない衛星姿勢以外の性能劣化要因も考慮した点， 後述する開発中の実衛星を利用した計測や試作制御器ハードウェアをシミュレーションループに取り込んだシミュレータ(HILS)などの実機への適用（出口）を重視した研究方法をとっている点，であると考えられる．また，超小型衛星のサイズは規格化が進んでいるため，本研究で得られた成果は高精度指向を必要とする他の超小型衛星にも適用可能になるという特徴は，本研究成果の汎用性を高めるものと考えられる．

3. 研究の方法

本研究ではまず，申請者の所属研究室にて開発中/開発予定の超小型衛星を対象に，構造振動を実測する．衛星アクチュエータ(Reaction Wheel)駆動中の衛星筐体パネル振動を加速度センサで計測し，振動周波数と振幅について大型衛星との差異を明らかにする．続いて，計測結果を基に構造振動の数学モデルを作成し，シミュレータに取り込む．その上で，構造振動による指向方向精度劣化を既存の小型駆動鏡による補償制御で抑制できることを，シミュレーションにより確認する．

4. 研究成果

本研究では，下記の 2 点を明らかにした．
従来の超小型衛星では，構造振動擾乱による指向精度の劣化が技術的な課題となることは少なかったが，本研究の応用先として想定している超小型光通信衛星では，要求される指向精度に

対し、振動擾乱が無視できないほどの影響を及ぼすことが明らかになった。

で明らかにした振動擾乱の主要な周波数・振幅の大きさを基に、姿勢制御と組み合わせて用いる駆動鏡が備えるべき特性を明らかにし、駆動鏡を用いて構造振動擾乱を抑制できることを確認した。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計1件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 1件）

1. 発表者名 T.Hosonuma, S.Ikari, T.Suzuki, etal
2. 発表標題 Experiment/Simulation-Based Assessment of Microvibration-Induced Pointing Error in 6U Class CubeSat Missions
3. 学会等名 33rd International Symposium on Space Technology and Science (ISTS) (国際学会)
4. 発表年 2022年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------