

観測衛星用高速ステアリングミラーの開発

東京科学大学 未来産業技術研究所
進士忠彦

1. はじめに

日本政府の令和5年「宇宙基本計画」¹⁾では、1) 宇宙安全保障の確保、2) 国土強靱化・地球規模課題への対応とイノベーションの実現、3) 宇宙科学・探査における新たな知と産業の創造、4) 宇宙活動を支える総合的な基盤の強化の4本柱が示されている。宇宙産業の市場規模を2020年の4兆円から2030年代早期に2倍の8兆円にすることを目標にしている。

国土強靱化・地球規模課題への対応において、観測衛星によるリモートセンシングが具体的なアプローチとして示されている。巨大地震による大災害、線状降水帯による豪雨と河川の氾濫、地球温暖化による異常気象は、日本ではすでに特別なことではない。残念ながら打ち上げに失敗したが、全地球規模の陸域を継続的に観測し、蓄積した平時の画像や災害発生時の画像を防災・災害対策等を含む広義の安全保障に活用する先進光学衛星 (ALOS-3)²⁾や、世界の温室効果ガス濃度の分布状況とその時間的変動を継続的に監視するとともに、海面水温等を効率的に把握する温室効果ガス・水循環観測技術衛星 (GOSAT-GW)³⁾が開発されている。宇宙科学・探査の分野では、NASAの進める観測衛星ナンシー・グレイス・ローマン宇宙望遠鏡⁴⁾のプロジェクトがある。ダークエネルギーやダークマターの謎に挑むとともに、太陽系外惑星を探し、またその姿を捉えることを目指している。

これらの観測衛星では、より広範囲の高精細画像情報を取得するため、光学機器や観測技術の向上が求められ、搭載ミッション機器に高い指向性が要求されている。ところが、図1の観測衛星に用いるジャイロやフライホイールなどの回転機械から発生する内部擾乱は、観測機器の指向安定性を劣化し、高精細画像取得の妨げとなる⁵⁾。また、取り付け精度、軌道上の重力の変化、熱変形、経年変化等も高い指向性の確保のためには無視できない問題であり、衛星、観測機器の大型化によってこれらの問題はますます顕在化している。

観測衛星では、図1の高速ステアリングミラー⁶⁾を用いて、検出された姿勢誤差に応じて、ミラーを傾け、画像を補正することが行われている。高精細な画像を取得するためには、低周波数域の比較的大きな振動振幅から、高周波数域の微小振動まで対応する必要があり、高速ステアリングミラーは、可動角度が広く、高分解能で、高応答な駆動が求められる。また、広範囲の画像取得のため、ミラーの大口径化も求められる。さらに、精密機器でありながら、打ち上げ時の激しい振動に耐え（ロンチロック）、厳しい環境条件下でもメンテナンスフリーで長期間安定した駆動が求められる。さらに、高速ステアリングミラーは、画像補正以外にも、衛星間のレーザー通信のためのビームの指向性向上や、宇宙以外の産業機器ではレーザー加工機、レーザー計測などのビーム走査にも用いられている。

学術データベース (Web of Science)⁶⁾を用いた高速ステアリングミラー (fast steering mirror) の文献調査で、2024年9月末までの過去10年間に437件がヒットした。そのほぼ半分の215件が中国、その約半分の107件が米国での研究であり、積極的な研究開発を行っている。日本からの発表は中国の10分の1以下の14件で、研究開発はそれほど活発とは言えない状況である。