

概要

我々の研究グループでは、準天頂衛星の後継機への搭載を見据え、高精度な慣性計測技術の開発を進めている。準天頂衛星は、測位精度の向上や安定した通信環境の提供を目的とし、特に次世代機では外乱抑制技術の強化が求められている。その実現には、衛星の姿勢や運動を正確に把握することが必要不可欠であり、そのための手段として、高精度な慣性計測が重要である。慣性計測とは慣性系からのずれ、すなわち加速度を計測することで対象の姿勢や運動を把握する技術である。本研究では、軌道上での高精度な慣性計測の実現を目指している。

軌道上での慣性計測技術の鍵として、浮遊質量を用いた慣性計測技術の実証を構想している。従来の慣性計測では試験質量が機械的に支持されているが、本方式では計測対象を浮遊させているため、機械系の熱雑音を排除し、高精度な慣性計測が可能となる。この技術は、周囲筐体との距離が一定になるように、浮遊させた試験質量の位置や姿勢を非接触で計測・制御することが必要となる。

浮遊質量を用いた慣性計測技術は準天頂衛星等の測位精度向上や編隊飛行の外乱抑制の役割を果たすほか、宇宙空間での重力波観測に向けた開発ステップとして位置付けられ、先鋭的な宇宙科学実験を達成する上で重要な役割を果たすと期待される。

本技術の実現には非接触浮遊する試験質量の位置制御も同時に求められるため、非接触状態で試験質量の相対位置を読み取るセンサ及び、試験質量の位置を修正するアクチュエータを開発する必要がある。加えて、地上開発段階においては、微小重力環境の模擬した試験質量を用意することが容易ではない。さらに、準天頂軌道上等と比べて、地上環境は地面振動等に由来する外乱が卓越するため、地上で軌道上の静謐環境を模擬することは容易でない。そのため、慣性計測技術の実証には限定的な複数の試験を段階的に実施していく必要がある。

これまでに地上試験系の要求分析及び、非接触状態で相対位置を読み取る静電容量センサと試験質量の位置を修正する静電アクチュエータの開発に取り組んできた（乗本雄真「日本天文学会 2024 年春季年会 V223a」,「修士論文(法政大学 2024)」)。現在、これらセンサとアクチュエータを統合した状態で期待通りの機能を保持するか検証することが求められている。以上より、地上環境での慣性基準センサの制御機能試験として、ねじれ振り子に取り付けられた試験質量の 1 自由度制御試験を実施する試験構想に至った。

本論文では、浮遊質量の衛星慣性計測に向けた試験検証の活動として、宇宙環境を模擬した試験装置であるねじれ振り子の設計・構築や供試体となる静電容量センサと静電アクチュエータ等の評価結果、慣性基準センサの制御機能試験結果と今後の展望を報告する。