

Solar-Cに向けた駆動機構(回転駆動機構・焦点調節機構)の開発状況

清水敏文*、渡邊恭子、西塚直人(JAXA宇宙科学研究所)、小原新吾(JAXA研究開発本部)、
中山聡、田島崇男、平田晋吾(三菱プレシジョン)、原弘久、勝川行雄、石川真之介、宮川健太、石川遼子、
鹿野良平、坂東貴政、常田佐久(国立天文台)、今田晋亮(名古屋大学) * shimizu@solar.isas.jaxa.jp

概要

次世代太陽観測衛星SOLAR-Cに搭載される大型望遠鏡～光学磁場診断望遠鏡(SUVIT)～の国内開発に向けて、軌道上環境で数10万から数1000万回以上動作する長寿命・高信頼性の駆動機構の国内開発を進めている。

- ・ 偏光計測のために 波長板連続回転駆動機構 ～光学素子を回転させる駆動機構
- ・ 高解像度実現のために 焦点調節機構 ～光学素子を直進運動させる駆動機構

開発する機構は、科学的に要求される回転・直進運動を行うことができること以外に、下記を考慮している。

- 1) 要求駆動回数以上、確実に駆動可能なこと
- 2) アウトガス条件が厳しい高精度スペース望遠鏡において使用可能なこと
- 3) 駆動により発生する微小擾乱をできるだけ抑えること

回転駆動機構は、実現の目処が見えるところまで到達し、焦点調節機構についても試験に向けて試作品の製作中である。

この開発は、SOLAR-Cに必要な要素技術の開発が主目的だが、今後宇宙から観測を行う他のミッションの観測機器への展開が可能な基盤技術として開発を進めている。

背景(国内外の動向、国内開発の必要性)

SOLAR-C SUVIT観測

- 偏光観測のために一定連続回転する波長板 → 回転駆動機構
- 回折限界(0.1")の観測のためにピント合わせ → 焦点調節機構

可動機構部の今までの国内実績

- ミッションライフを通じて1000万回以上確実に動作する宇宙用駆動機構は国内では経験がない。
- 国内開発品実績は、数回から数万回以下。
- 「ひので」では特徴ある焦点観測装置(駆動機構を多数使用)はNASA供給品として実現させ大きな成果を上げている。

ミッションを進める上での戦略

- 駆動機構を手に入れることで、科学に直結する焦点面装置部分を日本が主導的に担当できるようにする。
- 高精度偏光計測の実現がミッション目的にとってクリティカルである。連続回転駆動機構は偏光計測性能を決めるものとして重要である。

万が一の動作不良がミッション喪失につながるこのようなクリティカル機器を国産で調達できるよう、高い信頼性を持つ駆動機構を開発することは、SOLAR-Cにおける高精度スペース望遠鏡の設計・国際分担・開発スケジュールに柔軟さをもたらすだけでなく、他のミッションへの展開が可能な基盤技術を持つことになる。

波長板連続回転駆動機構

回転駆動機構(BBM2号機)



薄肉大口径(3インチ径)の玉軸受を使用し最大Φ68mm開口が可能。新規に設計した中空のDCブラシレスモータでロータ駆動。位置検出用にロータリ光学エンコーダ(黒色のディスク)を搭載。上端のリングはロータに取り付けた回転体ダミー。

現在TRL=5(エンジニアリングモデルの相当環境での検証)まで到達。2014年に飛翔予定の観測ロケット実験CLASPの波長板モーターとして搭載され、宇宙環境での実証(TRL=6)の予定。

動作寿命試験

- 回転動作を真空環境下で実施。
- MAC系オイル・グリースを玉軸受の潤滑材に使用した場合、>10,000,000回転まで加速試験条件下で実証。軌道上動作条件(40rpm)では約2年に相当。
- さらに寿命を延ばすために改善すべき事項が分解調査で明らかに。改善処置後に、再度動作試験を実施予定(2013.9～)。
- 固体潤滑(MoS₂)の場合、許容できない回転トルク変動が真空中動作直後に発生。分解調査の結果、本機構に適さないと結論。
- フライト相当の部材を使用し、ベアリング効果や回転時のアウトガス発生レートをTQCMで計測。取得データはフライト品アウトガス設計に利用される。

擾乱特性計測

- 回転時に発生する擾乱(カトルク6成分)を測定した。
- Fx, Fy: $1.64 \times 10^{-3} \text{ N}$ @40rpm、スタティックアンバランスによる。
- Mz: $6.50 \times 10^{-3} \text{ Nm}$ @40rpm、コギングトルク/トルクリップルによる。

アウトガスレート計測

一様性回転性能評価

- 高精度で一様回転するための制御ロジックを新規開発。
- CLASPで達成すべき偏光観測精度(Lα線を用いた彩層・遷移層磁場の測定のために、0.1%以内)で、連続回転することを光学実験で確認した。
- 直線偏光した可視光を、1/2波長板付き回転機構を通し、回転で生ずる強度変動を記録し、理想回転からのずれを評価。
- CLASP運用条件(12.5rpm)での連続回転
- 測定される偏光度のスケールエラーは0.1%以内という優れた値を達成していることが確認された。

真空チャンバ内写真



キスライ台での擾乱計測

焦点調節駆動機構



製作中の機構試作機の外観。レンズダミーを搭載している。

要素技術評価のための機構試作機

- H23概念検討を実施、クリティカルとなる技術要素を抽出。「ボールねじ+ステッピングモータ」方式を選定。
- 駆動困難な不具合を発生させず、コンタミ管理が極めて厳しい環境で使用することを考慮した設計。
- ボールねじは、現在国内メーカーで製作中。今後当方の寿命性能試験の結果を反映して、信頼性を高める取り組みを予定。潤滑はMAC系グリース。
- 潤滑剤が曝露するボールねじ部は、ベローズで閉鎖として、発生アウトガスの望遠鏡外部への排出を可能とした。
- 現在、試作機を製造中。
- H25から真空環境下での寿命性能試験およびアウトガス性能計測をISASにて開始予定。

動作設計仕様

Step size	< 0.3mm
Stroke	-30 ~ +30 mm
# of steps	>200 steps
Weight of moving parts	< 2.5 kg
# of operations	> 20,000