

SOLAR-B 可視光望遠鏡の完成

SOLAR-B 推進室 末松芳法

宇宙航空研究開発機構の第 22 号科学衛星 SOLAR-B (2006 年夏打上予定) に搭載する可視光望遠鏡が国立天文台・クリーンルームにて完成した(宇宙研/国立天文台/三菱電機)。可視光望遠鏡(以下、OTA)は、ULE 軽量化主鏡及び副鏡からなるアプラナティック・グレゴリアン反射望遠鏡(口径 50cm、主鏡・副鏡間距離 1.5m)を主体として、排熱鏡、2 次絞り鏡といった熱設計上重要な視野絞りを内部にもち、焦点面観測装置に瞳径 30mm でコリメート光を送る色消し・低温度感度のコリメートレンズ系、磁場観測を可能にする偏光変調装置、像安定化のための可動斜鏡システムを持つ複雑な光学システムである。OTA は米国 NASA/ロッキードマーチン製作の焦点面観測装置(FPP)と結合されて、回折限界性能で太陽大気の 3 次元大気構造、特に磁場構造を今まで地上では達成が難しかった高精度(空間分解能 0.2-0.3 秒角、偏光精度 1/1000 以下)で、連続観測(1 年の内 9 ヶ月間は完全日照の高度約 600km 太陽同期極軌道)するものである。

OTA は、当然のことながら、衛星打上後の軌道上で光学性能を発揮しなければならず、設計・製作のみならず地上望遠鏡とは違った試験の難しさがある。このため、打ち上げ環境を模擬する振動・衝撃・音響試験以外の試験設備をプロトモデル(機械環境・熱試験モデル)の段階から適宜準備し、国立天文台・クリーンルーム完成後に全て移設した。フライトモデルの組立は、2003 年 11 月より開始された。OTA 主構造は、プロトモデルで性能実証済みの超低膨張 CFRP トラスである。フライト用の光学系はそれぞれ、完璧に仕上がり、主鏡・副鏡以外は、単体で振動・衝撃試験、熱光学試験(真空下で温度を与え干渉計にて光学性能を測定する)を行い、必要性能を満足することを確認した。OTA の組立は、望遠鏡上下反転機能、干渉計昇降機能の付いた振動に強い鉄骨のやぐらで行う。光学系の OTA への組込みは、鉛直軸を基準とするプロトモデル組立で確立された方法で行い、副鏡の位置、傾き調整は、特製のシャック・ハルトマン装置を用い、デフォーカス、コマ収差の追い込みを行った。

この後、OTA 上向き(+1G)、下向き(-1G)での干渉計測定を行い、両者の平均を取ることで構造の重力変形を打ち消し無重力状態での波面誤差を求めた。結果、rms 波面誤差は 18.2nm と予定バジェット 26.5nm をはるかに上回る仕上がりとなった。波長 500nm でのストレール比 0.949(0.8 以上が回折限界)という、口径 50cm 望遠鏡としては驚異的な光学性能に仕上がっており、全観測波長(388 - 668nm)で回折限界を満たしている。軌道上で太陽観測時の熱変形に伴う光学性能評価は、OTA を真空チャンバーに入れ、軌道上温度分布を模擬し干渉計で波面誤差を測定することで行った。波面に影響する熱変形は主鏡支持によるものが主であるが、設計で予想される範囲内に納まっていることが確認できた。可視光望遠鏡は唯一焦点調節機構を FPP の入口に持つが、調節機構の使用は軌道周回程度の時間では想定されておらず、デフォーカスの温度感度評価も試験目的の一つで、これも許容内に収まることが確認できた。ロケット(M-V)打上時の振動・衝撃・音響により OTA 光学系が変動を受けないことは、プロトモデルで既に確認されており、フライトモデルでも製品保証の意味で今後行う予定である。また、衛星の姿勢変動による像のぶれを補正する可動斜鏡システムの閉ループ制御試験も完了しており、実験室環境における 20Hz 以下の制御帯域における像ぶれの残差は、太陽面角度に換算して 0.001-0.002 秒角(1 値)であり、優れた像安定化性能を持つことを確認している。

最後に OTA と FPP を結合した最終形状で、実際の太陽を模擬観測(2003 年 10 月クリーンルーム屋

上に完成した 90cm ヘリオスタット使用)し、光学系全系の最終評価となる太陽光試験を 2004 年 8 月に行った。光量調整、フォーカス調整、ケラレ・ゴーストのないこと、人為偏光の確認、偏光観測・速度観測モードの確認などを行ない、FPP 単体ではわからなかった問題点が見つかり、試験は大成功であった。太陽光入射時でも OTA 内の温度はほとんど変わらず、排熱設計、高反射コーティングがうまく働いていることが確認でき、天候にも恵まれ、鏡の重力変形・外部シーイングから思う以上の良データを得ることができた。2005 年 3 月に再度、FPP と結合しての太陽光試験を計画している。

以上、OTA は回折限界性能が確認でき光学系は完璧に仕上がった。今後 OTA は宇宙研に移り、9 月 - 12 月は衛星レベルでの電気・機械系インタフェース試験、12 月 - 2005 年 3 月は国立天文台に戻って OTA 構造最終調整、2005 年 4 月 - 2006 年 6 月は宇宙研で衛星総合試験と、2006 年夏の打上まで衛星レベルでの試験を通して OTA の性能確認が継続される。

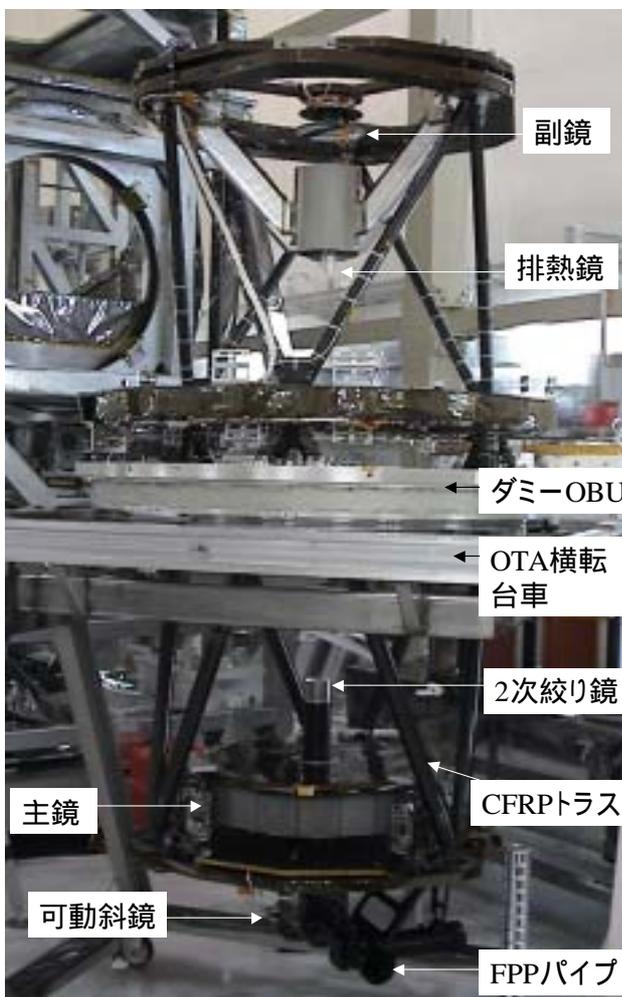


写真 1. 可視光望遠鏡の光学系



写真 2. 太陽光試験のため焦点面観測装置と結合された可視光望遠鏡。

表紙写真



表紙の説明： MLI、ドアが実装される前の SOLAR-B 可視光望遠鏡。軌道上の温度分布を模擬する熱光学試験を行うため、真空チャンバー内に設置しようとしているところ。場所は、国立天文台・クリーンルーム。