

望遠鏡光学系コーティング開発の協力例 Collaborative Effort in Telescope Mirror Coating Development

林 左絵子（国立天文台 TMT プロジェクト／すばる望遠鏡）

Saeko S. Hayashi (TMT Project/Subaru Telescope,
National Astronomical Observatory of Japan)

概要

TMT の望遠鏡光学系（主鏡、副鏡、第3鏡）は、紫外域でも高性能であることが要求されており、特にコーティングの開発が課題となっている。コーティングについてメーカーの試作品などを入手し、望遠鏡サイトでの環境耐性試験を開始した。コーティングそのものの評価をはじめ、治具作成、試験場所についてさまざまな機関との協力により進めている。実用性の高いコーティングを開発できれば、他の望遠鏡にも適用可能である。

Abstract

High performance coating over a wide range of wavelength is essential for the telescope mirrors. In collaboration with institutions and a coating company, we are developing UV-enhanced coating. From this summer, we started environmental test of some of the samples. This report will describe the collaboration, test setup, and show the initial performance of the coating samples.

1. 背景

望遠鏡光学系（主鏡、副鏡、第3鏡など）の光学性能は、その望遠鏡の観測全体の効率を決める大きな要因であることから、より良いコーティング開発が常に重要課題である。マウナケアは紫外域から赤外域の広い波長域で透過率が良いが、これまで赤外域の観測性能向上に重点が置かれてきた。紫外域についても、反射性能の高いコーティングの開発が研究機関やメーカーにより進められ、良いものができつつある。望遠鏡への実装にあたり、環境耐久性や再コーティングに必要な剥離性のテストが必要になってきた。

2. 環境耐久性試験の枠組み

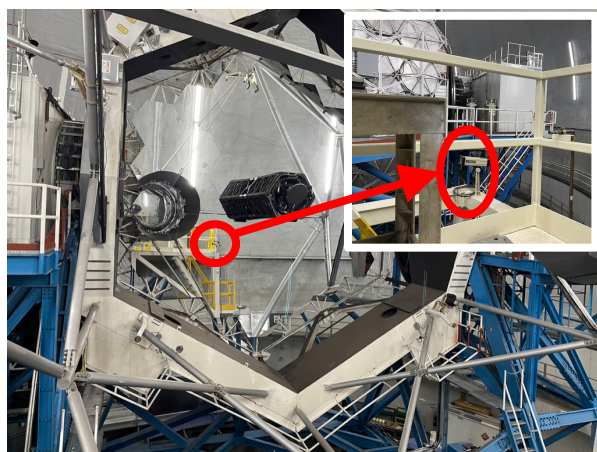
今年から、マウナケアで稼働中の望遠鏡サイトにコーティングサンプルを設置し、観測環境に曝すことを計画した。コーティングの試作品を入手できたことと、すばる望遠鏡の主鏡再蒸着作業に参加するべく林がハワイ島に出張する機会が得られたためである。

TMT の主鏡セグメント（望遠鏡に 492 枚搭載、コーティングのための交換スペア 82 枚、合計 574 枚）は2週間ごとに 10 枚交換することにより、1 枚のセグメントがおよそ2年ごとのサイクルで再コーティングされることを想定している。また望遠鏡に取り付けた状態での CO₂ クリーニングのサイクルも2週間ごとである。通常運用で CO₂ クリーニングを行なっている所として、たとえばジェミニ望

遠鏡（通常、毎週）とケック望遠鏡（通常1つにつき1ヶ月に1度、2台あるのでデイクルーの作業としては2週間ごと）がある。

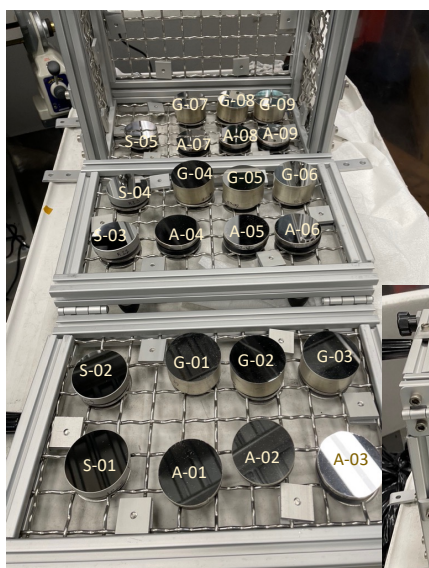
すばる望遠鏡、ケック望遠鏡、ジェミニ望遠鏡の関係者との事前の交渉により、各機関からの協力を得て、サンプル曝露試験を開始することになった。それぞれの機関の主な寄与をリストする。

- すばる望遠鏡：赤外副鏡・第3鏡に使用している銀コーティングのサンプル提供、曝露試験セットアップの組み立て等作業場所提供
- TIO：曝露試験セットアップ、コーティングサンプルへの金具接着、紫外増反射コーティングサンプル(AGC 社作成 銀+UV 高反射膜+保護膜)の提供
- ジェミニ望遠鏡：保護膜付き銀コーティングサンプル（ジェミニ望遠鏡の光学系に使用されているコーティング）の提供、各種サンプルの分光反射特性計測機会の提供(Cary 5000)
- ケック望遠鏡：ケック1で曝露サイトの提供（下の図）、CO2 クリーニングの実行

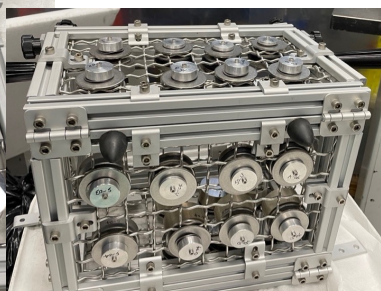


3. 環境耐久性試験のセットアップ

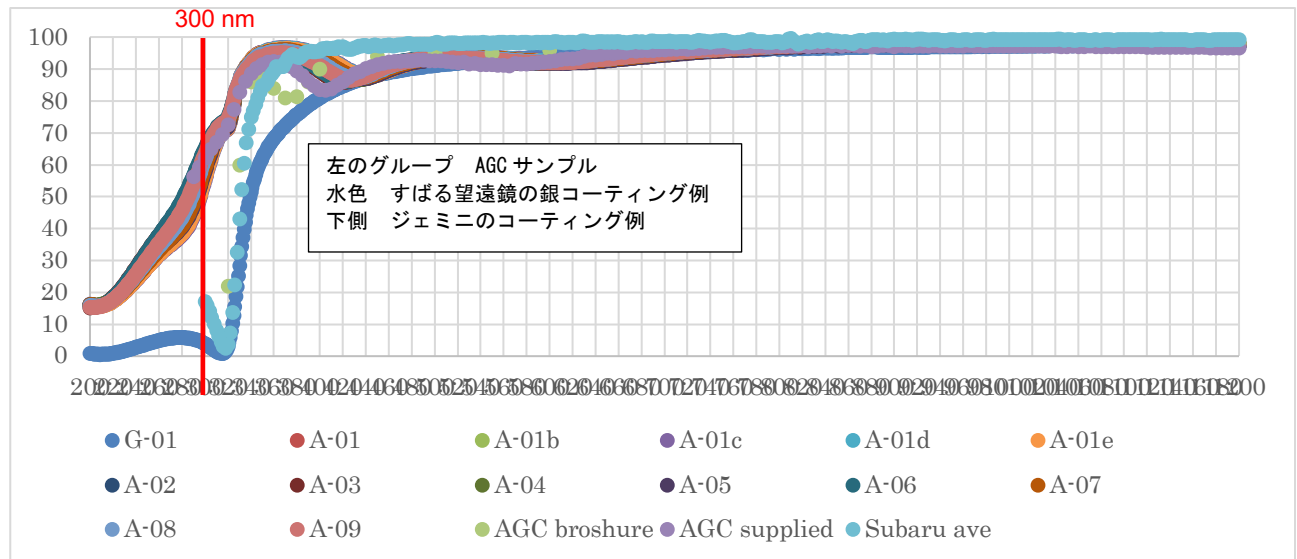
コーティングサンプルを、ある向きに固定して望遠鏡環境に曝すための駕籠を作った。主鏡、副鏡、第3鏡の向きを代表するため、上向き、下向き、横向きの3種類である。材料を集め、TIOのモンロピアラボで仮組みを行った。またコーティングサンプルをこの駕籠に固定する金具の接着もここで行った。すばる望遠鏡提供のサンプルのみ、最終的には別方法で固定した。



左と下の図が、駕籠の最終組み立て後にサンプルを仮同架した様子。ラベルの頭文字 A, G, S はそれぞれ、AGC, Gemini, Subaru Telescope を表す。通常は駕籠を閉じた状態で望遠鏡環境に曝し、CO2 クリーニング時にはパネルを開いてアクセスしやすくする。



反射性能は、サンプルをそれぞれ 1 年、2 年、5 年後に回収し、ヒロのジェミニ望遠鏡山麓施設にある分光反射測定装置 Cary5000 による測定で評価する。このためまず山頂に持って行く前にも、Cary5000 で測定した。



マウナケアの望遠鏡サイトでのコーティング劣化の主な要因としては、大気中の水蒸気や硫黄を含む物質との反応に加え、周辺土壌から舞い上がる微細な酸性火山灰との反応、特にこの火山灰と水蒸気の混合物との反応が考えられる。CO₂ クリーニングにより火山灰などの固体汚染物質が乾燥している状態であれば、そこそこ除去できるが、いったん湿気を被ると CO₂ クリーニングでは除去できずコーティングに付着し、ピンホールなどの欠陥を進行させてしまう。このピンホールから内部に入り込んだ汚染物質により銀が劣化していくと予想している。

4. 今後

コーティングについて、環境耐久性試験に加え、TMT への実装に必要な課題は主に次の 2 つである。

- 望遠鏡に取り付けたままでの清掃方法 CO₂ クリーニングに加えて、他にも有効な方法がないか。分割鏡の隙間が 2.5 mm 未満ときわめて狭いため、水洗いのセットアップが大変難しい。セグメントの縁まで洗い切るためには、隣のセグメントに影響が出てしまう。別の方法を模索中。
- 再コーティング時に古いコーティングを剥がす方法 ジェミニ望遠鏡のコーティングについては、剥離方法が確立している。しかし廃液の輸送などのコストやリーク時の周辺環境への影響を考えると、剥離に使用する薬品を極力抑えたい。また紫外域増反射膜を施したコーティングの剥がし方も開発が必要である。剥離方法についても、スタディを始めたところである。

追記：

- コーティング自体の開発にあっては、広い範囲での高反射率を目指すものの、紫外域か赤外域かのトレードオフはある。また保護膜についても、観測波長全体で透明というわけにもいかないため、こちらもトレードオフの項目になる。
- 実験室での加速試験。特定の膜と水蒸気や硫黄を含む物質の反応は、実験室レベルでも確認できる。今後、TMT 用コーティングを最終的に選定する際、そのような試験も並行して行いたい。