

真空紫外シュミットカメラの補正板の開発

中村 哲也 [1]; 田口 真 [2]

[1] 立教大・理・物理; [2] 立教大・理・物理

Development of Schmidt correcting plate of FUVI

Tetsuya Nakamura[1]; Makoto Taguchi[2]

[1] Physics, Rikkyo Univ.; [2] Rikkyo Univ.

Variations in the ionosphere such as plasma bubbles and medium-scale traveling ionospheric disturbances have been observed by the ground-based observations. However, it is difficult to take a global image of these phenomena, because the spatial coverage of the ground-based observation is limited. A far ultraviolet imager (FUVI) is proposed to be installed in a geosynchronous satellite. It is expected that FUVI can take an image of OI 135.6nm night airglow and depict time and spatial extent of these phenomena. The intensity of OI 135.6nm airglow is proportional to the square of electron density in the F-layer, but its intensity is only 10R in the middle and high latitudes.

Therefore, an optical layout of a Schmidt camera which has high speed, wide field-of-view and spatial resolution of 100km is adopted for the FUVI optics. A Schmidt camera is free from spherical and coma aberrations. Since the Schmidt camera type has less reflector than an inverted Cassegrain type, it has an advantage in the FUV region where reflectivity is not high. In addition, because a telescope tube can be tightly sealed by a correcting plate, it is possible that inside of the telescope including a detector can be purged by nitrogen gas during ground tests and storage. A spherical surface is easily manufactured with an accuracy better than $\lambda/4$ even in the FUV region, but manufacture of a pure Schmidt correcting plate is quite difficult especially for that can be used in the FUV region where wavelength of light is one-fourth of that of visible light. The material of the correcting plate is MgF_2 , and we started development of polishing process of a MgF_2 plate by combination of diamond grinding and magneto-rheological finishing in order to establish technology to manufacture the FUV Schmidt camera. In the first experiment a plane surface on a MgF_2 plate was manufactured by this process and its surface quality was tested. Then we tried to make a spherical surface with the same process as the plane surface. It is confirmed that the required surface quality was achieved by the magneto-rheological finishing but deteriorated by repeating the finishing process. In the last experiment a spherical surface was manufactured by high-accuracy grinding. The surface was as smooth as one by the magneto-rheological finishing.

The correcting plate has an aspheric surface. It is especially difficult to polish the steep slope and the deep sag of the surface. Then we fabricated a collecting plate of 60 mm diameter which has the same slope and sag as the correcting plate of proposed FUVI by high-accuracy grinding. At the same time we fabricated a null lens system for evaluation of the correcting plate using an optical design software. The null lens system will be combined with the correcting plate, and keeps a parallel ray in the visible region that passes the correcting plate and the null lens system as a parallel ray that can be evaluated by an interferometer. We adjusted the surface of the null lens to standard type. The Fizeau interferometer which have He-Ne laser was applied in the evaluation of the correcting plate. Then we estimated surface the accuracy and roughness by the software.

As a result, the surface accuracy of $\lambda/3$ (PV) and $\lambda/25$ (rms) for 135.6nm was achieved. It is expected that the surface accuracy will be better, if the surface is polished by magneto-rheological finishing. In addition, the surface roughness was $\lambda/100$, which is good enough to be used as the lens for FUVI.

これまで地上観測によって電離圏におけるプラズマバブルや中規模伝搬性電離圏擾乱のような変動が確認されてきた。しかし、地上観測では観測可能な範囲が限られているため、これらの現象の全体像を捉えることは困難である。衛星に搭載される遠紫外線撮像装置 (FUVI) は夜間大気光 OI135.6nm を撮像しこれらの現象の時空間発展を明らかにすることができる。夜間大気光 OI135.6nm の発光強度は F 層電子密度の 2 乗に比例するが、その強度は中低緯度では 10R 程度しかない。

FUVI に要求される性能を満足するために、真空紫外光学系として十分な明るさと広い視野をもち、100km の地上水平分解能をもつシュミットカメラ型式を採用した。シュミットカメラは球面収差とコマ収差を除去できる。主鏡が球面鏡であるため、真空紫外領域で要求される精度の高い面の製作も容易である。また、この型式は逆力セグレン方式と比べて反射面が一枚少ないので鏡面反射率が低い FUV 領域で有利である。さらに、鏡筒を補正板で密閉できるため、地上試験と保管時に窒素パージがしやすい。しかし、シュミットカメラの補正板の製作は波長が可視光の 1/4 の FUV 領域では非常に困難である。なお、補正板の材質には MgF_2 を使用する。

現在、真空紫外シュミットカメラの製造技術を確立するため、ダイヤモンドターニングと磁性流体研磨 (MRF) による MgF_2 の加工試験を進めている。第一回の実験では MgF_2 の平面をこの過程により研磨し、面精度を評価した。磁性流体研磨を繰り返すことにより平面度を向上することができるが、研磨回数を重ねると逆に劣化してしまうことがわかった。次に、 MgF_2 の球面を同様に研磨して、面精度を評価した。このときもまた面精度は向上したが、研磨回数を重ねると劣化してしまった。最後に高精度ダイレクト研削加工を行った。このとき、面精度は磁性流体研磨と同程度の品位に到達した。

シュミット光学系の補正板は非球面であり、研磨は非球面の傾斜が最も急なところ、サグ量が最大になるところが特

に困難となる。そこで FUVI 補正板と同程度の傾斜とサグ量をもち、直径が 60mm の補正板を設計、製作し、FUVI 補正板の製造可能性を調べた。補正板の非球面は高精度ダイレクト研削で加工した。同時に補正板評価のためのヌルレンズも設計し、製作した。ヌルレンズは補正板に入射した可視光の平行光を平行光として出す光学系で、すべての面が球面で構成されている。面評価には He-Ne レーザー光を用いたフィゾー型干渉計を使用し、解析ソフトで面精度と面粗度を測定した。

その結果、面精度は 135.6nm に対し、約 $\lambda/3$ (PV)、 $\lambda/25$ (rms) という値を達成できた。これに磁性流体研磨を加えればさらに高い面精度の加工結果が期待できる。また、面粗度はおよそ $\lambda/100$ であることが確認できた。これは可視波長域における民生用のカメラレンズの面粗度が $\lambda/100$ であることから、今回の 135.6nm に対して実用レベルであると考えられる。