

月面天測望遠鏡 (ILOM) の開発と技術的課題

Development of ILOM (In-situ Lunar Orientation Measurement) Telescope and some technical problems

花田 英夫[1], 坪川 恒也[2], 日置 幸介[3], 浅利 一善[4], 荒木 博志[4], 松本 晃治[3], 岩田 隆浩[5], 高根澤 隆[6], 寺園 淳也[7], ILOM 研究グループ 花田英夫

Hideo Hanada[1], Tsuneya Tsubokawa[2], Kosuke Heki[3], KAZUYOSHI ASARI[4], Hiroshi Araki[5], Koji Matsumoto[6], Takahiro Iwata[7], Takashi Takanezawa[8], Jun-ya Terazono[9], ILOM Research Group Hanada Hideo

[1] 天文台・水沢, [2] 天文台・水沢観測センター, [3] 国立天文台地球回転研究系, [4] 国立天文台・水沢, [5] NASDA, [6] 総研大・数物科学・天文学, [7] (財)日本宇宙フォーラム

[1] Div. Earth Rotation, Nat. Astr. Obs., [2] NAO, Mizusawa, [3] Div. Earth Rotation, National Astron. Obs., [4] National Astronomical Observatory, Mizusawa, [5] NAO, Mizusawa, [6] Div. Earth Rotation, Natl. Astronomical Obs., [7] NASDA, [8] Dep. Astro. Sci., School of Math. & Phys. Sci., Grad. Univ. for Adv. Studies, [9] JSF

<http://www.miz.nao.ac.jp>

月面天測望遠鏡 (ILOM) 計画では、月面での望遠鏡による位置天文観測を 1 ミリ秒角の精度で行い、月の物理ひょう動と自由ひょう動の高精度観測を行う。焦点距離 2m、口径 20cm の写真天頂筒 (PZT) 型望遠鏡を月面に設置するための技術的検討、開発を行っている。極方向と同時に赤道方向の星も観測できるように、鏡筒上部に 45 度傾けた半透鏡を設け、自転速度の観測とともに、他の天文観測用も可能である。これまで、鏡筒の熱モデルの開発、水銀皿の開発、対物レンズの光学解析、鏡筒と水銀皿の熱解析等を行ってきた。

月面天測望遠鏡 (ILOM) 計画では、1) 月の自由ひょう動の観測から月の流体核の存否を明らかにする、2) 自由ひょう動の減衰と月の潮汐変形の観測から月マントルの弾性的性質を明らかにする、3) これらを地球や他の惑星と比較することにより、月の起源と進化を明らかにすることを目的に、月面での望遠鏡による位置天文観測を 1 ミリ秒角の精度で行うことを目指している。また、ある程度方向の制限はあるが、広範囲にわたる他の天文観測も行うことも可能である。

概要は、1) 鏡筒が傾いても星の位置観測に影響を与えにくい写真天頂筒 (PZT) 型望遠鏡を月面に設置し、星の位置を 1 ミリ秒角 (1mas) の精度で観測することによって、月の自転軸の方向をその精度で求める。この PZT 型望遠鏡は、焦点距離約 2m の対物レンズとその半分の位置に置かれた水銀皿とからなる。

2) 自転速度変化観測用に、極方向と同時に赤道方向の星も観測できるように、鏡筒上部に 45 度傾けた半透鏡を設ける。

3) 月面着陸後に鏡筒を鉛直方向に固定するための 3 軸の回転機構を設ける。

4) 位置天文観測以外の目的にも使用できるように、上部の半透鏡を重心の周りで回転し、高度角を 0 度 ~ 約 40 度の範囲で変え、方位角については、月の自転運動によって 0 度 ~ 360 度変化させる。また、上部の半透鏡の透過と反射の波長特性もそれぞれの観測に最適になるように変える。

5) 検出器の CCD についても、位置天文観測用と他の天文観測用の 2 種類を用意し、透過と反射の波長特性が異なる半透鏡で切り分ける。

月面天測望遠鏡の概略の仕様は、1) 口径：0.2m、2) 焦点距離：2m、3) 形式：PZT、4) 分解能：1" ($\lambda = 500\text{nm}$)、5) 検出器：CCD、6) 1 画素の大きさ： $9\mu\text{m} \times 9\mu\text{m}$ (0.8" $\times$ 0.8")、7) 画素数：4,096 $\times$ 4,096、8) 視野：1° $\times$ 1°、9) 積分時間： $t < 100\text{s}$ 、10) 観測星の等級： $M < 13$ 、11) 目標精度：1 画素の 1/1,000 (1mas) である。

これまで、1) 全体的な検討として、測定方式 (PZT、反射望遠鏡 + 水銀皿、反射望遠鏡 PZT) 望遠鏡仕様 (口径、焦点距離等) 設置場所の検討を行い、2) 鏡筒については、CFRP 製熱モデルの開発と熱モデル単体の線膨張係数の測定、3) 対物レンズについては、レイトレーシングによる収差解析、NEO との共用の検討、フレネルレンズの可能性の検討、水銀面と浮遊平面鏡の比較検討、4) 水銀皿については、水銀の接触角の測定、水銀の面精度測定、接触角補償リングの開発、ガラス蓋の収差への影響の検討、温度勾配による影響の検討、水銀皿の熱解析、5) 半透鏡については、波長による反射と透過の切り分け、回転機構の検討、6) CCD については、星像の重心位置決定シミュレーション (ガウス分布の星像) NEO との共用の検討、7) 姿勢制御については、月面レゴリスの特性の検討 (浮遊、耐荷重等)、月面擬似砂上での経年的沈下の測定、真空中での可動部の潤滑の検討、8) その他に、通信回線の検討、データ量の見積り等を行ってきた。

今後の課題として、他の天文観測との共用化、望遠鏡仕様の最適化、光学解析の精密化、鏡筒の熱解析、材質の検討、真空中の精密駆動機構の開発、CCD データ処理アルゴリズムの開発、電力供給方式の開発、テレコマ方式の開発等がある。