

V134a 南極 10 m テラヘルツ望遠鏡主鏡パネルの基本設計

小野寺唯, 中井直正, 瀬田益道, 永井誠, 石井峻, 新田冬夢, 今田大皓, 菅谷元典, 長崎岳人, 荒井均 (筑波大学), 宮本祐介 (茨城大学), 栗田光樹夫 (京都大学)

我々は南極ドームふじ基地にて High-Z のサブミリ波銀河の探査を行うため、口径 10 m 級のテラヘルツ望遠鏡を開発している。昭和基地から 1000 km 内陸のドームふじ基地は標高 3800 m、平均気温が約 -55°C 、最低気温 -80°C という寒冷な高地である。そのため水蒸気が非常に少なく、冬季には地上で唯一テラヘルツ帯の観測可能なサイトである。ドームふじは晴天率が高く平均風速は 6 m/s と天候は穏やかであるが、1.5 THz まで観測するためには主鏡鏡面精度は $7\ \mu\text{m}$ 以下に留める必要がある。この値を、夏と冬の温度差 ($\sim 35^{\circ}\text{C}$) の過酷な環境、輸送、電力の制約下で満たすことが必要である。

望遠鏡の主鏡は分割鏡を採用し、パネル一枚当たりの誤差配分は、温度変化による変形誤差 $< 2.2\ \mu\text{m}$ 、熱勾配による変形誤差 $< 0.5\ \mu\text{m}$ 、重力変形誤差 $< 2.1\ \mu\text{m}$ 、加工精度 $< 1.5\ \mu\text{m}$ で、質量は $< 30\ \text{kg}$ に抑えることを目標とし、FEM 解析を用いて以上の仕様を満たすパネルの検討を進めた。熱変形の制限から分割鏡は 5 周に分け 1 枚の直径は約 1400 mm である。この分割であればテラヘルツ観測を行う冬期の寒暖差 $\pm 15^{\circ}\text{C}$ での変形は $1.7\ \mu\text{m}$ 以下であり、仕様値 $2.2\ \mu\text{m}$ を満たす。強度を保ちながらの軽量化のため、パネルは肉抜きを施し裏面はリブ構造とした。これにより質量は約 25 kg まで落とすことができる。パネルを 3 点で支持した場合でも重力による変形誤差は $2.1\ \mu\text{m}$ 内に収まる。アンテナはトラス構造を基本としており、主鏡パネルはアクチュエータでトラスの頂点に接続しパネル間の歪みを調整する。パネルの支持数 3 点の場合は支持点数が 5 点の場合と比べて、主鏡部全体での軽量化が可能で、制御も比較的容易になり、アンテナ全体の使用電力の軽減にも繋がることを期待される。