

修士論文要旨

惑星大気観測のための赤外撮像装置の開発

高橋 香代子

(指導教員：岡野 章一 教授)

平成17年

金星大気は、地表温度・圧力がそれぞれ 735 K・92 気圧と高温高压であることと、自転周期 243 日に比べて極めて速い 4 日で全球を一周する西風 (スーパーローテーション) が存在することに特徴をもつ。従来の可視光観測では、厚い雲層より下部の観測は不可能だったが、近年の赤外撮像技術を用いた窓領域 (K-band) 観測によってリモートセンシングが可能となり、金星大気観測にブレイクスルーをもたらした。また、木星などの他惑星においても、赤外域では太陽光強度が低下する一方で、相対的に熱放射強度が増加し、さらに分子化学反応により生じたオーロラ・大気光発光が存在するため、赤外観測は有効な手段である。惑星大気現象の理解には、様々な時間スケールの変動現象をとらえることが本質的であるが、赤外観測機器の開発の困難性や大型望遠鏡マシンタイムの問題から、これまで惑星の赤外連続観測例は全くと言ってよいほど不足している。

以上の動機に基づき、私は惑星観測用赤外撮像装置の開発を行った。本研究は、ごく初期の構造・熱設計から、物品選定、製作ならびに組み立て、動作・機能試験ならびに総合的な性能評価と、開発のほぼ全行程を実施したことに特長がある。本装置は、内部に平行光束部をもつ 256×256 InSb 2 次元検出器によるイメージング光学系で、波長範囲と空間分解能はそれぞれ $1 - 5 \mu\text{m}$ と $0.43 \text{ arcsec/pixel}$ である。完成後は、東北大学飯舘観測所惑星反射望遠鏡のカセグレン焦点 (F12, $D = 525 \text{ mm}$) に取り付けられる。

レンズは、真空低温サイクル試験により性能が確認された民生品を用いた。一段につき 8 個のフィルター搭載可能なフィルターターレットが二段、平行光束部に配置され、中心波長 2.294、2.329、 $3.414 \mu\text{m}$ の 3 枚のフィルターが搭載された。この際に、フィルター面の法線が光軸に対して 2° 傾くようにターレット上に固定された。デュワーの外側部分は真空チェンバーであり、真空度は $3.5 \times 10^{-6} \text{ torr}$ を達成した。また、内側は断熱と熱輻射遮光のために Radiation Shield とし、光学アライメントずれ防止用に Stress Relief で支持した。冷却には 1 段目 10 W、2 段目 3 W の能力をもつ He 冷凍機を使用し、ここからの振動を抑えるために、冷却パスには OFHC 銅メッシュ線を重

ね合わせたものを用いた。これにより、検出器温度が 32 K、Radiation Shield 温度が 92 K と満足する冷却性能を得た。カセグレン焦点部に取り付けられる装置重量は、エレキ機器など全てを含めて 67 kg となった。そこで、望遠鏡の 2 箇所バランスウエイトを追加し、撮像装置全体をカセグレン焦点部に取り付けられた状態で、望遠鏡を駆動して問題ないことを確認した。

検出器駆動と画像処理用のエレキ機器について動作確認を行った結果、fan-out-board 上におけるバイスラインの断線やジャンパー線の不設置、プリアンプに使用されていた OP アンプの型番違いなどの問題が見出された。この改修後の電気試験と感度見積もりの結果、1 count/sec あたりの光量は 28.9 kR、読み出し時間は 72.1 ms/flame で、最短露出時間は 55 ms となった。また、検出器を冷却した状態で F12 のハロゲン電球光を入射させ、総合的な動作確認を行った結果、ハロゲン電球フィラメントの 2 次元画像の取得に成功した。さらに、低温フラット画像を取得した結果から見積もられたランダムノイズは 7 counts r.m.s.程度となった。これは、観測誤差 202.3 kR r.m.s.に相当する。

本撮像装置と飯館望遠鏡を用いて、最良シーイング時 (1 arcsec) には、内合時の金星直径 (~ 60 arcsec) を約 130 分割、衝時の火星直径 (~ 25 arcsec) を約 58 分割、木星直径 (~ 45 arcsec) を約 100 分割する画像が得られる。特に、金星夜側を 2.295 μm と 2.330 μm の 2 波長で観測することにより、高度 50 - 70km 付近の雲画像と CO 分布を捉えることができる。この場合、1 秒露出で S/N がそれぞれの波長で 77 と 20 の画像データが得られると見積もられた。一方、木星 3.4 μm H₃⁺オーロラ撮像の場合、1 分露出と 5 分露出で S/N はそれぞれ約 33 と約 100 のデータの取得が期待できる。