

惑星大気イメージング観測のための近赤外線撮像装置の開発

Development of a near-infrared camera for imaging observation of planetary atmosphere

坂野井 健[1], 岡野 章一[1], 三澤 浩昭[2], 森岡 昭[2]

Takeshi Sakanoi[1], Shoichi Okano[2], Hiroaki Misawa[3], Akira Morioka[4]

[1] 東北大・理, [2] 東北大・理・惑星プラズマ大気

[1] PPARC, Grad. School of Sci., Tohoku Univ., [2] PPARC, Tohoku Univ., [3] Planet. Plasma and Atmos. Res. Cent., Tohoku Univ., [4] Planet. Plasma and Atmos. Res. Cent., Tohoku Univ.

<http://pparc.geophys.tohoku.ac.jp/>

近赤外領域(1-2.5 μm)の地上望遠鏡観測から、木星オーロラ、火星COの吸収やCO₂とH₂Oのアイスクラウド、金星の雲の水平分布など、興味深い惑星大気現象をとらえることができる。我々は、惑星大気の近赤外波長帯における放射、または太陽散乱光のイメージング観測をすることを目的とし近赤外カメラの開発を開始した。カメラは直焦点光学系であり、検出素子には1-2.5 μm の波長に感度を持つインジウムアンチモン(InSb)の256×256ピクセル2次元アレーセンサーを用いる。本講演では、近赤外線カメラの詳細な設計と、期待される性能を述べる。

惑星はそれぞれ興味深い大気環境を有している。木星では強力な磁場環境の下でオーロラ現象が存在し、それにはイオ衛星火山ガスによるプラズマ供給の影響がみられる。また、火星では過去存在したと考えられる水の散逸の問題がある。さらに金星では、サイズはほぼ地球に等しいにも関わらず、二酸化炭素が96.5%を占め、地上における気圧は約90気圧、温度は470°Cと地球と全く異なり、スーパーローテーションと呼ばれる大気の西向き高速回転がなぜ存在するのかという問題がある。これらの個々の惑星大気環境を理解することにより、比較惑星環境学的に地球の大気環境の理解へフィードバックすることが出来る。

近年、大型望遠鏡による惑星大気の光学観測は、検出器性能の飛躍的な向上や、大型望遠鏡の建設によって、著しい進歩を遂げている。特に、近赤外から赤外の領域では、大気を構成する分子、原子やイオンの熱放射や太陽散乱光の吸収線が存在する一方で、太陽散乱光強度は相対的に減少するため、惑星大気の赤外領域の観測は極めて有効な手段である。しかしながら、大型望遠鏡には他に多くの観測項目があり、観測時間が限られるのが現状である。特に赤外領域では、我が国ではイベント的な観測例があるものの、惑星大気観測用の望遠鏡はこれまで存在しないこともあって観測データが不十分であった。

これらの惑星大気の近赤外波長帯における放射、または太陽散乱光のイメージング観測をすることを目的とし、近赤外カメラの開発が開始された。カメラは直焦点光学系であり、筐体、検出器、入射窓、バッフル、フィルタならびにターレット、冷凍機などから構成される。筐体はアルミニウムを切り出して製作し、冷却の必要性からデュワー構造とする。検出素子には1-2.5 μm の波長に感度を持つインジウムアンチモン(InSb)の256×256ピクセル2次元アレーセンサーを用いる。この検出器は暗電流を極力抑える(1 el./pixel/sec程度)ために、30Kまで冷却する。検出器の前段階には、特定の波長のみ透過させるための干渉フィルタを配置し、ターレットを回転させることで複数の波長を選択する。さらにその前段階にはシャッターと迷光除去のためのバッフルを配置する。入射窓材には赤外線を透過するCaF₂を用いる。カメラ内からの熱放射ノイズを低減させるために、デュワー、バッフルやフィルター部は液体窒素温度程度(<80K)まで冷却する。このため、デュワーは2重構造でそれぞれ真空にし、内側デュワーをより低温にして検出器を配置する。冷却方法は、安定性やメンテナンスを考慮して電気冷凍機を用いる。これらの要件を満たす設計には、熱流量計算による冷却温度の算出が必要となる。本講演では、近赤外線カメラの詳細な設計と、期待される性能を述べる。

今回開発する近赤外カメラは、1999年に完成した惑星プラズマ・大気研究センター惑星圏飯館観測所の惑星大気観測用60cm望遠鏡に取り付けられる。その際の本カメラの感度見積もりは限界感度(S/N=1)が約730R、1ピクセルあたりの空間分解は0.8秒と日本のシーイング(1秒以上)以下であり十分な性能を持つ。観測対象としては、木星オーロラのH₃+ 2.09, 2.11 μm 発光があり、連続観測を行うことで中長期的な時間変化を明らかにする。火星ではCO₂の吸収(1.05 μm)、O₂の放射(1.27 μm)、COの吸収(2.34 μm)、CO₂とH₂Oのアイスクラウド(1.5-3 μm)であり、それらの2次元イメージから現在の寒冷な火星大気環境の研究を進める。また、金星においては1.1、1.7、2.3 μm 付近が大気の窓となっているため、地球からの観測により高度50km付近の雲層より下の大気や金星地表面からの熱放射を背景光として、雲の濃淡の水平分布が捉えられる。その雲の運動を追跡して、高度50km付近の水平風速の2次元分布を求め、東西風と南北風の詳細な揺らぎの相関からハドレー循環と水平乱流によるスーパーローテーション維持理論の検証を進める。