

惑星大気探査用波長可変フィルターイメージャーの検討

A tunable filter imager for future exploration of planetary atmospheres

田口 真 [1], 森岡 昭 [2], 三澤 浩昭 [2], 高橋 慎 [2], 野澤 宏大 [2]

Makoto Taguchi [1], Akira Morioka [2], Hiroaki Misawa [3], Shin Takahashi [3], Hiromasa Nozawa [3]

[1] 極地研, [2] 東北大・理・惑星プラズマ大気

[1] NIPR, [2] Planet. Plasma and Atmos. Res. Cent., Tohoku Univ., [3] Planet. Plasma and Atmos. Res. Cent., Tohoku Univ.

探査機に搭載される惑星大気観測用センサーに要求される性能としては高感度、高分解能分光、撮像が重要項目となる。我々は将来の様々な惑星探査に対応可能な液晶可変フィルターを用いた搭載用可視域イメージャーを検討している。液晶可変フィルターは可動部がなく広い波長範囲をチューニング可能という特徴がある。現在考えられる液晶可変フィルターを使ったイメージャーではデイグロー、オーロラ、雲、ダストなど比較的明るい現象が観測対象となる。波長可変という特性を利用して、スペクトル測定による大気組成調査、輝線のバックグラウンド補正、振動回転線の強度比から振動回転温度の導出などの応用が考えられる。

惑星大気を構成する原子や分子はその内部状態に特有のエネルギーの光を吸収・放出するため微細なスペクトル構造を持つ。したがって高分解能で分光されたスペクトル構造から逆に大気の組成、温度、圧力、風速などの情報を引き出すことができる。惑星大気観測ではこのように高い周波数（波長）分解能が要求されることと対象とする光が比較的暗い場合が多いため、高感度な観測器が要求される。また時間変動と空間変動を分離するためにテレメトリリソースが許す限り多くの空間情報を持つにこしたことはない。探査機に搭載され惑星大気観測に供されるセンサーに要求される性能としては高感度、高分解能分光、撮像が重要項目となる。

光学的リモートセンシングは赤外から極端紫外まで幅広い波長域で技術的発達を遂げている。特に可視域に限るとオーロラ、大気光、雷放電などの発光現象や、太陽のスペクトルピークがちょうどこの波長域にあるため大気分子、雲、ダストによる散乱・吸収など多くの現象が観測対象となる。探査される惑星によって大気組成や構造が異なるため、可視域のイメージング観測といっても観測対象は個々の惑星で特化する。そこで我々は将来の様々な惑星探査に対応可能な搭載用可視域イメージャーを検討している。可視域の分光方法はいくつかの方式があるが、高感度・分光・撮像を成立させるためには波長可変フィルターを用いたイメージング観測が有望である。イメージング観測に利用可能な波長可変フィルターとして、ファブリーペローエタロンは分解能が高く比較的明るい光学系とすることが可能だが、重量がかさむ点と制御が難しいという欠点がある。音響光学可変フィルターは機械的な可動部がない可変フィルターでチューニング速度が非常に速いという特徴があるが、明るさがとれないという欠点がある。それに対して液晶可変フィルターは音響光学フィルターと同じく可動部がなく広い波長範囲をチューニング可能である。波長分解能は通常の干渉フィルターと同程度である。我々はこの液晶可変フィルターに注目し、基本的な特性データを取得した。そして実際に惑星探査機に搭載することを想定した波長可変イメージャーの概念設計を行った。

特性試験に供したフィルターはCRI社製、波長帯域425～750 nm、波長550 nmでのバンド幅5 nm、有効口径35 mmというタイプの液晶可変フィルターである。試験項目は透過スペクトル特性及びその温度依存性、入射角依存性、チューニング速度及び再現性である。予稿を書いている現在のところ、常温での透過スペクトル特性のみが測定されている。波長550 nmで半値全幅5 nm、ピーク透過率は10%程度であるが、波長730 nmでは半値全幅15 nmでピーク透過率は22%となる。すなわち波長が長くなるほど透過率は高くなるが半値全幅も広がる。また800 nm以上の近赤外域に副透過帯があるので、検出器にCCD等を用いる場合には赤外カットフィルターを併用する必要がある。透過中心波長は波長帯域の中で任意の波長に固定することが可能である。その他の特性については講演時に報告する。

入手した液晶可変フィルターのバンド幅は5 nmであるが、メーカーによれば波長帯域を犠牲にすれば0.1 nm程度まで狭いタイプも製作可能ということである。しかし透過率が低いことと有効口径35 mmが現在得られる最大径なので、極端に明るい光学系は作れない。したがって現在考えられる液晶可変フィルターを使ったイメージャーではデイグローや明るいオーロラ、雲、ダストなど比較的明るい観測対象に限られる。しかし波長可変という特性を利用して、広範囲スペクトル測定による大気組成サーベイ、特定の輝線とその近傍の波長を交互に取得することによってバックグラウンド連続光を除去し厳密な輝線強度測定、2本の振動回転線を素早く切り替えて取得しそれらの強度比から振動回転温度の導出などの応用が考えられる。また狭帯域の固定フィルターは波長シフトを避けるためにフィルター温度を厳密にコントロールしなければならないが、液晶可変フィルターでは波長シフトがあったとしてもオンボードでキャリブレーションを行えるので広い温度範囲で使用可能という柔軟性もある。例えば水星のアルカリ金属大気を観測対象としたイメージャーの構成としてはフィルター、レンズ、CCD撮像素子を組み合わせ、センサーの重量は約2.5 kg、大きさはバッフルを除いて200 mm

m × 100 mm × 80 mm程度、消費電力は主にCCD冷却のためのペルチエ用として約20 Wとなると見込んでいる。

結論として液晶可変フィルターは惑星大気探査用イメージャーへの利用可能性が十分に高く、今後も実現へ向けてフィルターの環境試験、プロトタイプ製作、地上試験観測などの方向で研究を続ける。