

可視・近赤外観測による木星雲層構造の研究

Study of Jupiter's cloud structure based on visible-IR observations

佐藤 毅彦 [1]

Takehiko Satoh [1]

[1] 東理大・フロンティア

[1] FRCCS, Science Univ. of Tokyo

<http://fl4-pc01.frccs.sut.ac.jp/~satoh/index.html>

木星面からの反射光を、多重散乱を含んだ放射伝達方程式を解き解析することで、その大気中のエアロゾルの性質や、分布状態といった情報を得ることができる。反射光の「空間的」変動には周縁減光曲線解析、「分光的」な変動にはスペクトル線の解析が用いられる。エアロゾル粒子の散乱位相関数が不確定という弱点はあるものの、近赤外領域では分子による吸収が支配的となって、エアロゾル粒子の垂直分布を決定することができる。ガリレオ・プローブが木星大気でも特に乾燥した領域に降下したことから、通常の領域における雲層構造の解明はこれからの課題である。

木星は厚い雲に覆われており、我々はその雲の濃淡や吸収物質の分布を見ている。本講演では、可視・近赤外領域での観測から、木星の雲の性質や分布を調べる手法について概観し、これまでに分かってきたことや問題点などを論じる。

可視光領域では、木星大気へ入射した太陽光線が、気体分子やエアロゾル粒子により多重散乱を受けた後に、観測者に到達する光を観測している。つまり、木星面からの反射光はその大気中のエアロゾルの性質や、分布状態といった情報を含んでいる。惑星大気リモートセンシングでは、大気モデルを仮定し、多重散乱を含んだ放射伝達方程式を解き、観測光を再現するような大気パラメータを探すという手法をとる（文献1）。

惑星からの光は「空間的・時間的・分光的」に変動していて、どの要素に重きをおくかで、解析手法が異なってくる。反射光の「空間的」変動を重視した解析法として、周縁減光曲線の解析が挙げられる（文献2）。「分光的」な変動に着目した場合は、スペクトルの特に吸収線を扱うことが多い（文献3）。高感度CCDを用いた分光器を使えば、ある領域の東西にスリットをあてて分光することで、多波長にわたる周縁減光曲線を一度に得ることができる。つまり、「空間的・分光的」変動を一度に得られるはずであるが、そこまで複雑なデータを系統的に解析した例はないようだ。次に述べるように、精密データの解析を妨げる要因があるからである。

多重散乱計算には、エアロゾル粒子による散乱位相関数が必要となる。木星の可視雲はアンモニアの氷で非球形をしている、というのが定説である。そのため、Mie散乱計算のような便利なツールは使えず、もっぱらバイオニア探査機データの解析から得られた近似関数（文献4）が用いられてきた。バイオニア位相関数は簡単な数学関数で表され、粒子散乱に特徴的な強い前方散乱を再現する便利なものである。しかし、バイオニアの観測波長は可視光の青（440 nm）と赤（640 nm）のみであり、他の波長のデータ解析に用いた場合、誤差要因となる可能性は否めない。実験室でアンモニア氷粒子の散乱位相関数を実測した例もある（文献5）が、実用的には用いられていない。この散乱位相関数の不確定性は、木星反射光を解析する場合の弱点として最大のものである。

近赤外領域のデータを解析する際にも、散乱位相関数がよく分かっていないという弱点は同様である。しかし、この領域では、メタン、水素などによる吸収が強くなるため、散乱位相関数のわずかな違いは結果を大きくは変えない。むしろ、大気のだの高さにどれだけのエアロゾル粒子があるかといった、垂直構造が反射光分布を支配するのである。例えば波長2.1ミクロン付近では、メタンと水素の吸収が観測できる深さを、大気頂から気圧0.1bar程度までに制限するため、成層圏ヘイズの性質を調べるのに便利な波長となっている(文献6)。

木星大気に投下されたガリレオ・プローブのNephelometer観測器は、気圧0.46bar~0.55barにかけて雲の基部を検出。さらに、0.76~1.34barでは濃密な雲を検出し、熱化学平衡モデルの予想する水硫酸アンモニウムの雲と対応するとしている。フラックス放射計(NFR)も同様の雲の存在を示した。しかし、いずれの装置も大気深部に多量の水雲は検出できなかった。プローブは偶然に、木星大気でも特に乾燥した領域に降下したと信じられていて、いわゆる「普通の領域」における雲層構造はまだ判明していないのである(文献7)。

優秀な赤外線カメラやハッブル宇宙望遠鏡の活躍、そしてすばる望遠鏡の完成により、観測データのもつ情報量は増大している。計算機リソースもかつてないほど豊富となったいま、木星大気の雲層構造を精密に決定する可能性が広がっている。

参考文献

- (1)川端潔、気象研究ノート 155, 1, 1987.
- (2)Tomasko, M.G., In "Jupiter" (T. Gehrels, ed.), pp.486-515, 1976.
- (3)Teiffel, V.G., In "Jupiter" (T. Gehrels, ed.), pp.441-485, 1976.
- (4)Tomasko, M.G., et al., Icarus 33, 558, 1978.
- (5)Pope, S.K., et al., Icarus 100, 203, 1992.
- (6)Kim, S.J., et al., Icarus 91, 145, 1991.
- (7)"The Galileo Probe Mission to Jupiter", J.Geophys.Res. 103, 1998.