

電子ビーム蛍光法を用いた超高層大気の温度・密度観測

Temperature and density measurements using the electron beam fluorescence technique in the upper atmosphere

栗原 純一 [1]; 小山 孝一郎 [2]

Junichi Kurihara[1]; Koh-ichiro Oyama[2]

[1] ISAS/JAXA; [2] 宇宙研

[1] ISAS/JAXA; [2] ISAS

大気の温度は、大気に入出力されるエネルギーの収支を表わすだけでなく、大気の安定性などの力学的な問題にも関与する重要なパラメータである。ところが、地球大気の高度 90~150km に位置する下部熱圏の温度構造については、信頼性の高い観測手段がほとんどないため、既存のわずかな観測データを繋ぎ合わせた経験的モデルに頼っており、条件によっては現実の大気と大きく異なる可能性が指摘されている。

そこで、我々は室内実験での温度測定に用いられる電子ビーム蛍光法を応用して、高度 150km に到達する観測ロケットに搭載可能な温度測定器を開発した。電子ビーム蛍光法では、高エネルギーの電子ビームを気体分子に照射し、電子との非弾性衝突によって気体分子を電離励起する。励起された分子イオンはすぐに蛍光放射を行って脱励起するが、この蛍光放射スペクトルには多数の振動バンドが含まれており、さらに各振動バンドは微細な回転線の集合した構造となっている。このとき、励起から放射に至る一連の過程における遷移確率がすべて精確にわかっているならば、スペクトル中の振動・回転構造を解析することで、励起前の分子の初期状態にさかのぼって振動温度や回転温度などの物理量を推測することが可能である。また、スペクトルの強度は励起された気体分子の数密度に比例するので、これを利用して密度を測定することもできる。

この測定器は、大きく分けて電子銃部と分光器部の 2 つの部分からなる。電子銃の加速電圧は 1kV、電子ビームの電流値は約 6mA で、ビームはロケットの機軸に垂直な方向に射出され、約 50cm 離れた位置にあるコレクターで捕集される。この電子ビームによって大気の主成分である窒素分子を基底状態から電離励起する。一方、分光器の視野は機軸から斜め上方を向いており、視野と電子ビームとが交差する領域が測定領域となる。分光器で捉えた蛍光放射スペクトルの波長 400nm 付近に見られる窒素分子イオンの first negative system から振動温度・回転温度・数密度の 3 つのパラメータを導出する。その中でも特に回転温度は、下部熱圏高度においても、一般的に「温度」と呼ばれる大気分子の並進温度に等しいとみなせるので、本測定器は間接的に大気の温度を測定していると言える。

このタイプの測定器は過去 3 回、観測ロケット S-310-24 号機 (1996 年)、S-310-30 号機 (2002 年)、S-310-35 号機 (2004 年) に搭載された。測定器の小型軽量化・高精度化に加え、モンテカルロ直接法を用いた空力効果の定量的な解析など、測定データの解析手法にも改良を重ねてきた。本講演では、これまでの改良の過程を振り返り、レーザー誘起蛍光法への発展など、今後の新たな展開についても報告する。