

Ellerman Bomb の高時間空間分解分光観測による定量的理解

エラーマンボムは彩層底部で起こる小規模爆発現象であり、 $H\alpha$ 線中心では吸収、ウィング部では顕著な増光が見られる特徴的なスペクトルプロファイルを示す。発生メカニズムは磁気リコネクションと考えられているが、まだ観測的にそれがはっきり証明されているとは言えない。そこで、エラーマンボムのスペクトル特性から、その立体的な物理量分布の時間変動を解明することが本観測の狙いである。

2022年10月に太陽表面上の活動領域 NOAA13124(16日)と NOAA13135(31日)付近に対し、京都大学飛騨天文台ドームレス太陽望遠鏡の水平分光器を用いて分光観測を行った。観測波長は $H\alpha$ 線(656.2nm)とCaIIK線(393.3nm)の2波長であり、各線輪郭を光球から彩層までの異なる高さを反映しているとみなせる計5つのコンポーネントに分離させ、各コンポーネントを個別に解析することで、各高度域での物理量の時間発展を追った。しかし、今回の観測では2つの波長が同時に増光するようなエラーマンボムが観測できなかったため、2波長を総合するような議論はできていない。

上記解析の過程では、取得した線輪郭の各コンポーネントを4次関数でフィッティングしドップラー速度を求めている。ただし、基準となる速度0の波長位置は、時間空間平均したプロファイルで決定している。また、温度については $H\alpha$ 線に対しては Two Cloud Model を用いることで加熱域での上昇温度を求めた。一方、CaIIK線では同モデルの適用が難しく、熱力学的平衡が保たれていることを仮定して K1、K2 コンポーネントに対してプランクの法則を適用することで導出した。

その結果、 $H\alpha$ 線で観測されたエラーマンボムについては、その発生中、ウィング部では下降流、センター部では上昇流を示したことから、磁気リコネクションがそれらに対応する高さの間(彩層下～中層)で起こることにより、高さ方向に沿った双方向ジェットが発生していることが伺える。また、このエラーマンボムは同じ場所で何度か輝度の増減を繰り返しながら、速度の絶対値がウィング部では時間とともに小さい方向に、センター部では大きい方向に変化していく様子が確認でき、我々はこれをリコネクションポイントが10分間で700kmほど上方に移動したことを表していると解釈した。

一方、CaIIK線で観測されたエラーマンボムについては、K1～K3 コンポーネント全てで上昇流が確認され、かつその速度の絶対値は $K1 > K2 > K3$ となっていたことから、このエラーマンボムでは、磁気リコネクションが比較的低高度(光球上)で発生しているのではないかと考えている。また、CaIIK線では特に K2 において、 $H\alpha$ 線と同様に輝度と速度の時間変化に相関がみられた。

なお、いずれのエラーマンボムについても、今回の方法で導出した温度については、その時間変化と輝度・速度変化との間にはっきりした相関を得ることができなかった。

以上の結果より、今回の観測ではエラーマンボムは光球から彩層下層～中層で磁気リコネクションが発生したことによるものと考えられ、その発生高度によって、H α 線のみで見える場合とCaII K線のみで見える場合がある、と結論付けた。

今回の観測での問題点と今後の課題について以下にまとめる。

1. H α 線(656.2nm)とCaII K線(393.3nm)の2波長が同時に増光するようなエラーマンボムが観測できなかった。
2. 太陽中心付近で発生したエラーマンボムの観測ができなかった。
3. CaII K線観測時のノイズが大きい。
4. 温度導出がうまくできなかった。

今後の観測では以上を改善しつつ、inversion code (線輪郭から各物理量の高さ方向分布を導出するコード) を用いてより詳細な物理量の高度時間変動を解析する予定である。今回の結果は2023年日本天文学会春季年会でポスター発表した(M11b)。

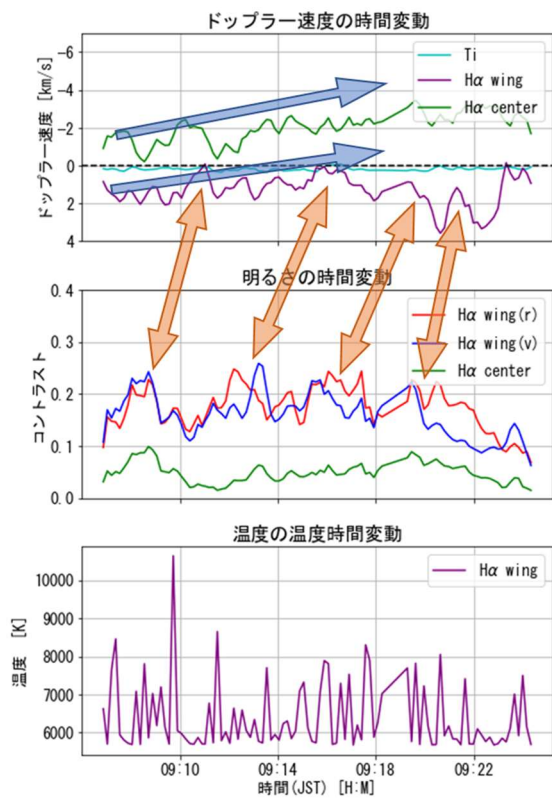


図 1. H α 線の各物理量の時間変化。
上から、ドップラー速度、輝度、温度。

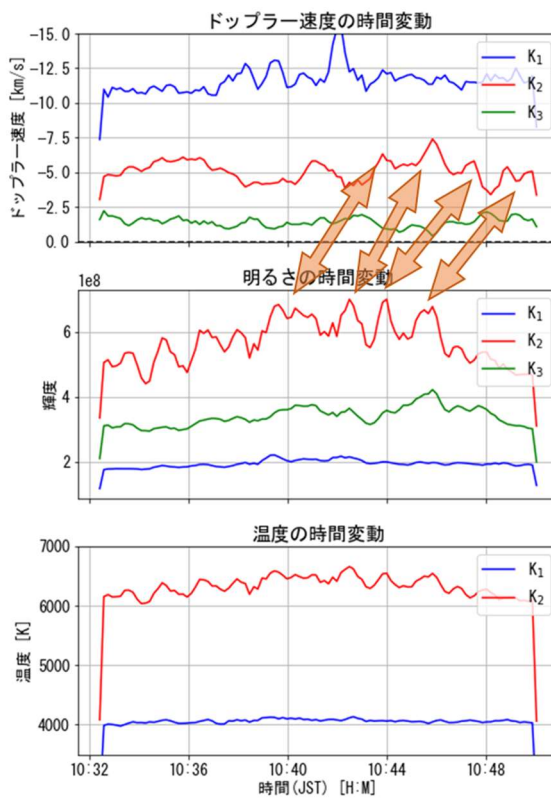


図 2. CaII K線各物理量の時間変化。
上から、ドップラー速度、輝度、温度。

(市川椋大、野澤恵(茨城大学)記)