

静穏型フィラメント噴出における視線方向速度場と加速度の定量的理解

太陽コロナに浮かぶフィラメントは周囲のコロナ(温度:約 10^6 K、密度:約 10^{15} g/cm³)に比べて温度が約 10^4 Kと低いが、密度が数桁高く、比較的高密度なプラズマ構造である。磁場によって支えられ、太陽の重力に逆らってコロナ中に浮遊している。磁場構造の不安定化によって平衡を失い、数km/s程度の緩やかな上昇から、場合によっては数百km/sに達する高速な噴出へと発展することが知られている。フィラメント噴出はコロナ質量放出(CME)を伴うことも知られており、惑星間空間へ大量のプラズマと磁場を送り出す。地球に到達した場合には磁気嵐を引き起こし、人工衛星や通信、電力網に影響を与える可能性があるため、その発生機構や加速過程の研究は宇宙天気予報の観点からも重要である。

フィラメント噴出の物理過程を理解するうえで、視線速度の導出は不可欠である。例えばSMART/SDDIによる観測(Cabezas et al. 2024)では、フィラメントの高速噴出において視線速度が250 km/sを超える顕著なブルーシフトが検出されており、噴出時の急激な加速がドップラー成分として明瞭に現れることが確認されている。一方で、フィラメントの上昇運動と同時にフィラメントのフットポイント付近では45~125 km/sの速度に対応するレッドシフト成分が観測されている。この成分はフィラメントの一部のプラズマが磁力線に沿って太陽面へ落ちる下降流として解釈され、フィラメント全体の上昇加速に寄与していると考えられている。

そこで我々はフィラメント中の下降流と上昇運動との関係を調べるため、2025年6月に静穏領域フィラメントに対し、ドームレス太陽望遠鏡の水平分光器を用いた2次元分光観測を行なった。彩層から光球にわたるフィラメント中のプラズマ流の視線速度を導出するため H α 線(656.3 nm)と NaD線(589.3 nm)の2ラインを選択した。下図は、そのうち6月13日にH α 線で観測したフィラメントの強度マップと速度マップの例である。しかし今回の観測では噴出は発生せず、定常時のフィラメントの観測のみとなった。速度マップ上の黒色線はフィラメントの輪郭を示しているが、フィラメントが静穏状態であったため、周囲の彩層と区別できるほどの速度成分は検出されていない。そのため、この記事では詳細は述べないが、我々はその後の研究においては2024年4月17日にSMART/SDDIで観測された静穏領域フィラメント噴出のデータを用いて速度場解析を進めることにした。

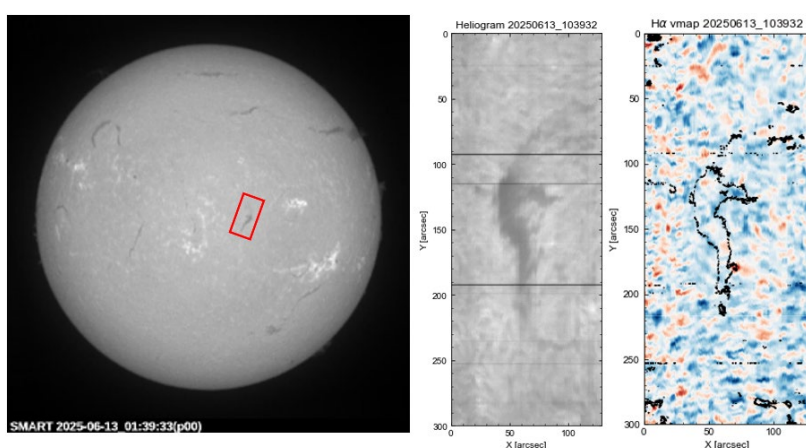


図 6月13に観測したフィラメントの例。太陽全面像にスキャン領域(赤枠)を示したもの(左図)、H α 線中心波長のヘリオグラム及び速度マップ(右図)

参考文献: D. P. Cabezas, et al. 2024, A&A, 690, A172

(山口慎太郎、野澤恵(茨城大) 記)