

S04a Slow Light 効果をもたらす M87 ジェット画像とブラックホールスピン

Dominic Pesce, Ramesh Narayan (Harvard University)

相対論的速度で運動するプラズマジェット内での輻射輸送過程では、光線が伝搬している間のプラズマの時間発展を考慮した“slow light”計算が必要となる。本研究で我々は M87 ジェットの加速領域、つまりブラックホール近傍からプラズマが噴出し相対論的速度まで加速される領域の一般相対論的輻射輸送 (GRRT) 計算を磁気流体力学 (GRMHD) モデルに基づき実行した。その結果、プラズマ速度が相対論的であるような領域で slow light 効果が有意に現れ、従来用いられてきた“fast light”近似と異なる画像特徴を示すことを初めて示した。ここでは、fast light 画像が MHD モデル中の磁場構造に基づく螺旋構造をそのまま反映する一方で、現実的な slow light 画像では加速後のジェット成分が光線と“ほぼ並走する”ことにより見かけ上引き伸ばされ、円錐状となる。この slow light 効果と非等方電子による縁部増光 (limb-brightening; 2025 年秋季年会 [S18a]) 効果によってジェットの両端が明るく輝き、観測されている M87 ジェットとより良く合致する理論画像が得られることがわかった。

さらに我々は、ブラックホール近傍の非相対論的プラズマが示す螺旋構造から slow light 効果による円錐形状への遷移が、正にジェットが相対論的速度へ到達する領域で起こることを明らかにした。プラズマの加速はブラックホールスピンの速いほど強く、内側で円錐への遷移が起こるため、将来のジェット根元の観測からスピンの制限が期待できる。またジェットの形状と時間変動について、遅いスピンのジェットが“揺らつき” (wobbling) をもたらす一方、速いスピンはまっすぐに伸びる安定したジェットを供給することを提示した。このように、M87 ジェットの相対論的運動と比較的小さい観測角 (約 17 度) がもたらす顕著な slow light 効果は、スピン、プラズマ加速プロファイル、磁場構造というジェット駆動機構における重要な情報をもたらすことが期待される。