

ブラックホール降着流の大局的多次元輻射磁気流体シミュレーション

大須賀 健 (国立天文台)

利用カテゴリ XT4B

活動銀河核やブラックホール連星といった高エネルギーコンパクト天体には、ブラックホールを取り囲むガス降着円盤 (もしくは降着流) が存在し、そこで膨大な重力エネルギーが解放されていると考えられている。ガス降着円盤の研究は、1 次元解析モデルを中心に 1960 年代から盛んに行われてきた。しかしながら、ジェットや円盤内の対流・回転運動などの多次元効果、磁場や輻射とガスの密接な相互作用を取り入れなければ、現実的な描像を解き明かすことはできない。近年になって、輻射輸送効果を見逃した多次元磁気流体シミュレーションや、磁場の効果を近似的に扱った多次元輻射流体シミュレーションが行われるようになったが、磁場、輻射、流体を合わせて解く輻射磁気流体シミュレーションは長年の懸案事項であった。

そこで我々は、ブラックホール周囲のガス降着流および噴出流の 2 次元輻射磁気流体シミュレーションを行った。円盤の微小な要素をターゲットとした局所的輻射磁気流体シミュレーションは過去にも行われているが、ジェットも含めた大局的輻射磁気流体シミュレーションに成功したのは世界で初めてである。

- 質量降着率がエディントン率より大きな場合、降着流内部で大量の光子が発生する。これにより円盤は輻射圧優勢となり、幾何学的に厚くなる (光学的にも厚い)。また、円盤内部で発生した光子が円盤表面に到達・脱出する前に、ガスもろともブラックホールに吸い込まれるという現象 (いわゆる光子捕獲) が発生する。光度はエディントン光度と同程度かそれ以上になり、輻射圧で加速されたジェットが噴出する。
- 質量降着率がエディントン率よりわずかに小さい場合、輻射冷却が有効に働く低温円盤が形成される。光学的に厚く、幾何学的に薄い円盤である。さほど強くはないが、磁気圧で加速されたアウトフローが発生する。
- 質量降着率がエディントン率よりはるかに小さい場合、輻射圧も輻射冷却も効かなくなる。したがって、高温低密度円盤が形成される。円盤は幾何学的には厚いが、光学的には薄い。円盤の回転軸付近には、磁気圧で加速されたジェットが発生する。

上記のどの状況であっても、ヘリカル磁場を伴ったガス噴出流が発生することを発見した。また、角運動量輸送、すなわち質量降着を引き起こす磁気トルクが圧力におよそ比例することもわかった。

ブラックホール天体は多様な輻射スペクトルを示すことが知られている。その多様性を説明するために、これまではスリム円盤、標準円盤、RIAF と呼ばれる別々のモデルが適用されてきたが、本研究では一つの数値コードで全ての状況を再現することに成功した。降着円盤の統一モデル構築への重要な第一歩である。