

超臨界アウトフローにおけるクランプ構造の次元解析

古野雅之 (京都大学理学研究科宇宙物理学教室)

利用カテゴリ 利用カテゴリ XC-B

超臨界降着流から輻射駆動型円盤風が噴出し、吹き出したガスが小さくちぎれて飛んでいくこと(クランピーアウトフロー)は、Takeuchi+2013の2次元輻射磁気流体計算によって示されていた。また、Kobayashi+2018によって改めて超臨界降着流における円盤風の3次元輻射流体計算が行われ、ガスがシート状に変形してくことが示唆された。この研究では自己相関関数を用いて小さくちぎれたガス(クランプ)のサイズを推定し、観測される光度変動のタイムスケールが算出された。しかし、この細かくちぎれた構造が形成される過程や時間変化を考察し、超臨界降着の物理を詳細に研究するにはガスの構造そのものをより細かく解析する手法が必要である。そこで本研究ではフラクタル次元解析という手法をKobayashi+2018のシミュレーションデータに適用し、またアウトフローの構造解析に適するよう改良した。また、アウトフローの構造の空間各点の変化や時間変化を詳しく解析するため、異なるパラメータでのアウトフローのシミュレーションを実行を目指し、Kobayashi+2018で開発されたプログラムの改良を続けた。

手法

シミュレーションプログラムはKobayashi+2018と同様のものを用いた。フラクタル次元解析に用いたシミュレーションデータは、昨年度と同様にKobayashi+2018の結果を用いた。アウトフローのフラクタル次元解析を行うにあたってボックスカウンティング法という手法を用い、シミュレーション領域の一部を立方体状に切り取ってその領域内のある時刻におけるガスの次元を調べた。

フラクタル次元の空間変化

昨年度の研究によって、シミュレーションで見取れる2次元シート構造が実際にフラクタル次元解析によって検出されることを示した。またアウトフローの構造が動径方向に変化していることを、フラクタル次元の変化という形で図示した。今回、中心ブラックホールから同じ距離でも異なる方向で異なるフラクタル次元を持つことを示した(図2)。降着円盤付近にあたる $\theta = 0 \sim \pi/6$ の範囲でフラクタル次元が低いのは、超臨界降着流からの強い輻射によってガスが見出されてシート上の構造が散り散りにされている状況を反映していると推測される。

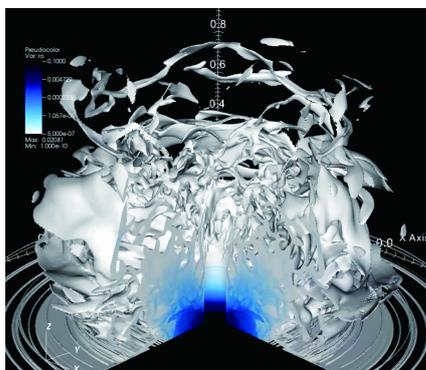


図1. Kobayashi+2018の超臨界降着流におけるアウトフローの3次元輻射流体シミュレーションの結果。

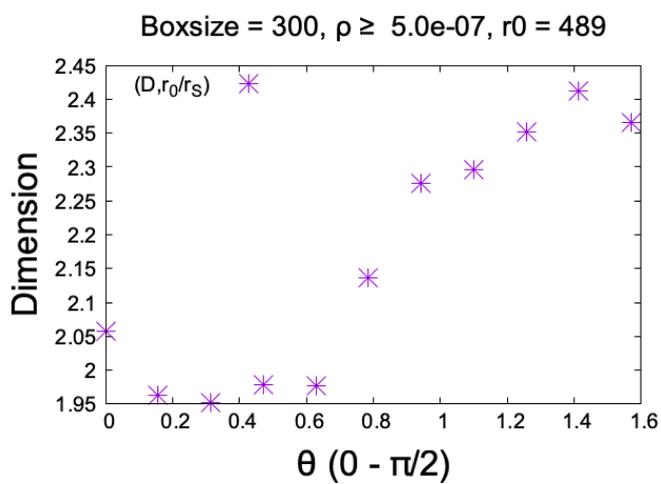


図2. 各点は座標 $(489r_s, \theta)$ におけるフラクタル次元を表す。横軸は赤道面を0度としたときの角度。