

## ブラックホール降着流の大局的 3 次元輻射磁気流体シミュレーション

五十嵐 太一 (千葉大学 宇宙物理学研究室)

利用カテゴリ XC-B

ブラックホール候補天体では、ハード X 線が卓越するロー・ハード状態からソフト X 線が卓越するハイ・ソフト状態へ遷移するハード・ソフト 遷移が観測される。理論的にはハード状態は、幾何学的に厚く光学的に薄い円盤で加熱と移流による冷却がつりあういわゆる Radiatively Inefficient Accretion Flow (RIAF) に対応し、ソフト状態は、幾何学的に薄く光学的に厚い円盤で加熱と輻射による冷却がつりあういわゆる標準円盤に対応する。ハード・ソフト遷移中には RIAF の解の限界光度を超えてもハード状態に留まることが観測されていて明るいハードステートと呼ばれている。Machida et al.(2006) では、光学的に薄い輻射冷却を含めた磁気流体シミュレーションにより、幾何学的に厚く光学的に薄い高温円盤が冷却不安定性により鉛直方向に収縮し磁気圧優勢な光度の大きい円盤に至ることが示された。この円盤は、光学的に薄いためハード X 線を放射することから明るいハードステートへ遷移したと考えられる。

Machida et al.(2006) では、輻射は冷却項として光学的に薄い場合を仮定して近似的に取り入れられているのみであったため、光学的に厚い領域が出現すると考えられるその後の時間発展を追うことができなかった。そのため輻射を自己無矛盾に扱うために、Takahashi & Ohsuga (2013) により開発された M1-closure 法を用いて輻射場のエネルギー密度とフラックスの時間発展を陽的に解くモジュールを非相対論化することにより、計算量を減らしたものを高次精度磁気流体シミュレーションソフトウェアである CANS+ に組み込んだ CANS+R を用いる。今年度は、CANS+R を明るいハードステート円盤 (円盤の密度最大点での初期密度  $\rho_0 = 3 \times 10^{-5}$ ) に適用した。グリッド数は、 $(N_r, N_\phi, N_z) = (300, 38, 300)$  を 648MPI 並列で実施した。円盤中心 (円盤密度最大点) で約 15 回転計算し 300 時間程度の時間を要した。この結果、輻射冷却が効率的に効くことにより円盤が冷却されることにより円盤が鉛直方向に収縮し幾何学的に薄く光学的に厚い円盤とブラックホール近傍には高温で光学的に薄い高温コロナの共存状態が形成された。ディスク内はガス温度と輻射温度が平衡になっており、このことからソフトステートのスペクトルを説明できました。高温コロナによりソフトステートで観測される高エネルギー側の超過成分を説明できる。図 1、2 には、シミュレーションから得られた低温円盤と高温コロナの共存状態の密度 (左)、温度 (右) 分布を表す。

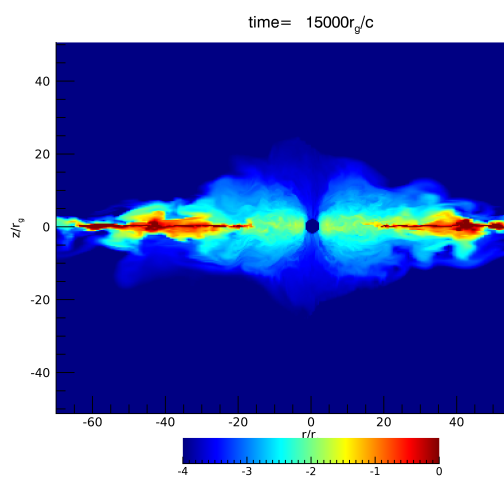


図 1: 低温円盤と高温コロナの共存状態の密度

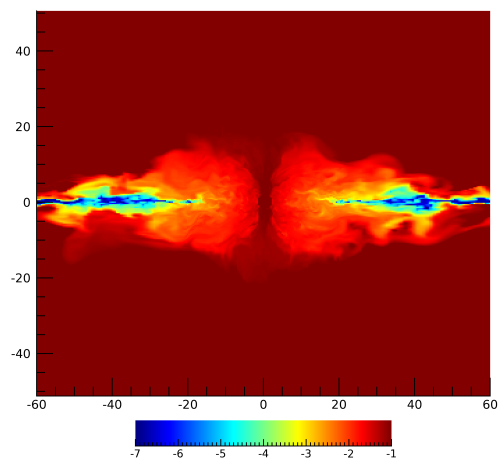


図 2: 低温円盤と高温コロナの共存状態の温度