

Improved Slim Accretion Disks

竹内 駿 (京都大学)

利用カテゴリ XT4MD

ブラックホール超臨界降着流は大光度ブラックホール候補天体や宇宙ジェット現象において重要な役割を果たしていると考えられている。これまで超臨界降着流は解析的手法による研究が困難なため、単純化された一次元モデルであるスリム円盤モデルが広く用いられてきた。ところがスリム円盤は、超臨界降着流の特徴の一つである光子捕捉効果¹は考慮している一方で、もう一つの特徴であるアウトフローは一切考慮していない。これは深刻な問題である。というのも、アウトフローによる質量放出が多大であると降着流の面密度の減少により光子捕捉が起きなくなり、結果スリム円盤は破綻するからである。一方、光子捕捉が極めて有効に働けば輻射圧が抑えられるため、アウトフローは吹かないことになる。近年可能になってきた超臨界降着流の多次元輻射流体シミュレーションからは、アウトフローや大規模対流といった多次元効果の重要性が示唆されている。したがって、アウトフローを調べることは、降着流そのものを調べることと同様の意味を持ち、既存のスリム円盤の修正を加えることも可能となる。本研究の目的は、スリム円盤の解析解（数値解）と超臨界降着流の輻射流体シミュレーション結果とを定量的に比較し、アウトフローの効果を考慮した、スリム円盤の改良版を作成することである。本報告書では、2次元輻射流体シミュレーションで得られた、超臨界降着流からのアウトフローの以下の2つの特性について報告する。

1. アウトフローの半径依存性

アウトフローの結果、ガス降着率が内向きにどう減少するか調べた。円盤がどの半径でもエディントン光度で輝いているとする単純なモデルでは、降着率は動径方向に比例する ($\dot{m} \propto r$) が、解析の結果、 $r = 0$ で $\dot{m} = 0$ とならず、半径が小さくなるにつれて減少が抑えられ一定に近づくことがわかった (図1)。図1のグレーの部分は光子捕捉が効いている領域を表しており、この結果から、半径が小さくなるにつれて光子捕捉が効き輻射圧が抑えられるため、アウトフローが出にくくなっていると考えられる。言い換えれば、超臨界降着流にとって光子捕捉とアウトフローは両方とも十分効いていることになる。

2. アウトフローの角度依存性

アウトフローがどの方向に強く吹き出すか調べた。その結果、質量流束は回転軸からの角度が 20° 、運動エネルギー流束は 0° に、それぞれ強く放出されていることがわかった (図2)。この結果はアウトフローがほぼ真横に吹くという従来の研究と矛盾している。この理由は、従来の計算はアウトフローのみを解いたものであるのに対し、我々の計算は降着流も同時に解いているためである。

¹光子捕捉とは、面密度 (= 光子が脱出するまでの時間) が大きいため、光子がガスもろともブラックホールに吸い込まれる現象である。

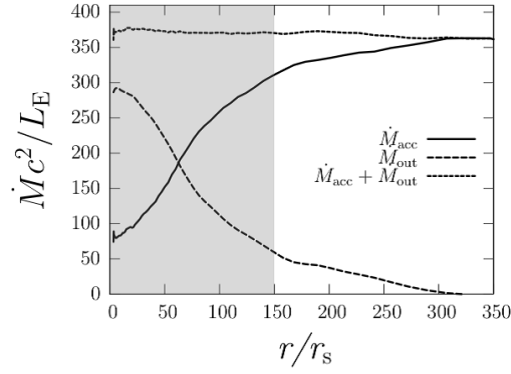


図 1: 超臨界降着流の各半径における質量降着率 $\dot{M}_{\text{acc}}$ (実線) と質量放出率 $\dot{M}_{\text{out}}$ (破線)、その合計 $\dot{M}_{\text{acc}} + \dot{M}_{\text{out}}$ (点線)。グレーの部分は光子捕捉効いている領域を表す。

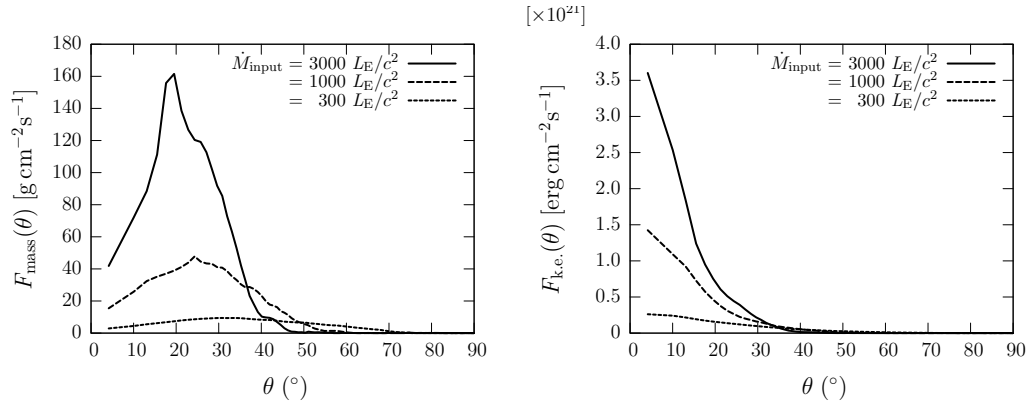


図 2: 超臨界降着流のアウトフローの角度依存性：質量流束（左図）、運動エネルギー流束（右図）。実線と破線、点線はそれぞれ、外部境界から注入するガスがエディントン降着率の 3000 倍と 1000 倍、300 倍での降着流を表す。