

超臨界降着流の輻射流体シミュレーション

大須賀 健 (立教大)

1. ブラックホール周囲の超臨界降着流

我々は、超臨界ブラックホール降着流の輻射流体シミュレーションを行った。基礎方程式、境界条件や輻射流体の数値計算法については Ohsuga et al. (2005) に詳しく述べられている。超臨界降着流の研究は、ブラックホールの成長史を知るためにも、超光度 X 線源(ULXs)などの高 L/L_E 天体の物理を理解するためにも重要である。ここで、 L_E はエディントン光度である。

計算の結果得られた質量降着率(\dot{M}_{dot})と光度(L)の関係を示したのが図 1 である。この図から分かるように、質量降着率がエディントン限界 [$\dot{M}_{\text{dot}}/(L_E/c^2)$] を大幅に超えている。ブラックホールの成長のタイムスケール (M/\dot{M}_{dot}) は大まかに 100 万年である。この結果は、ガス降着によるブラックホールの急速成長が可能である事を意味している。

また、光度はエディントン光度の数倍に達している。しかも、回転軸方向から観測した場合、見かけの光度はエディントン光度の 10 倍を超える。これは、輻射のエネルギーが軸方向に集められるためである。この結果、光度だけからブラックホールの質量に制限を与えるのは難しいことがわかる。ULXs の観測光度だけから中質量ブラックホールの存在を結論付けることはできないのである。

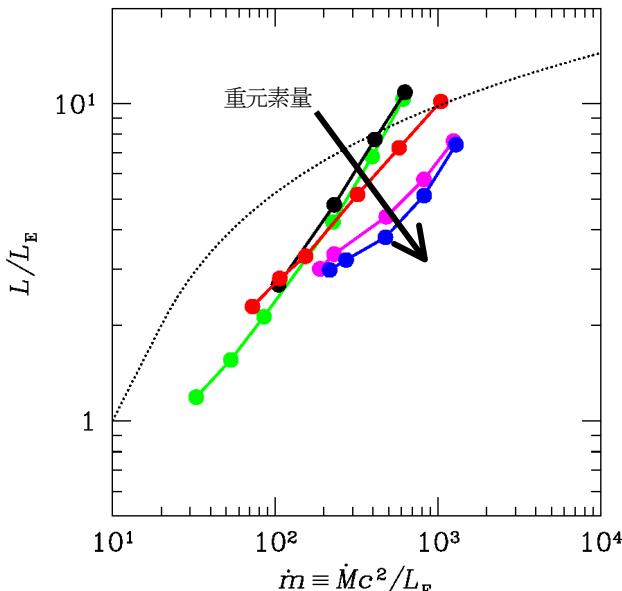


図 1 : 質量降着率と光度の関係、質量降着率は臨界値を超え、光度はエディントン光度を超える。重元素量が多いと、質量降着率が大きくなり、光度は逆に小さくなる。

また、図に記した光度は、粘性によって散逸されるエネルギーと比べて有意に小さい。これは、輻射エネルギーが、アウトフローの運動エネルギーに転換され、しかも円盤内部で発生した光子の一部が、ガス諸共ブラックホールに吸い込まれてしまうからである（光子捕獲効果）。

次に我々は、重元素量の影響を調べた。重元素量（つまりガスの吸収係数）が大きくなると、輻射力が強くなるた

め質量降着を妨げる効果もあるが、系から効率的にエネルギーが抜け、質量降着を助長する可能性もある。加えて、ガスの流れが変われば光子捕獲の効き方も変わってくる。シミュレーションの結果、重元素量が増えると、質量降着率が大きくなり、光度が小さくなることがわかった。詳細な解析は今後の課題である。

2. 中性子星周囲の超臨界降着流

ブラックホール周囲の超臨界降着流では、ガスのエネルギーも輻射のエネルギーもブラックホールに吸い込まれている。ここでは、中心天体がブラックホールでなく（例えば中性子星）、エネルギーが吸い込めない場合の降着流を調べた。中心星に落下したエネルギーが、星表面で輻射エネルギーに転換されるとして、シミュレーションを実行した。結果を示したのが下表である。

中心星付近で輻射力がガスの落下を妨げるため、ブラックホールの場合と比べ、質量降着率が大幅に減少している。ただし、エディントン限界は超えている。超臨界降着はブラックホール独特の現象ではない。また、質量降着率が $1/5$ に減少しているにも関わらず、光度はほとんど変わらず、しかも、放出されるガスのエネルギー(L_{gas} :ほとんどはアウトフローの運動エネルギー)は、ブラックホールの場合の 2 倍になっている。エネルギーの吸い込みが無いため、ブラックホールより効率的にエネルギーを放出できるのである。

中心星	$\dot{M}_{\text{dot}}/(L_E/c^2)$	L/L_E	L_{gas}/L_E
ブラックホール	153	2.8	2.2
中性子星	29	3.0	4.4

降着円盤の構造を調べた結果、ブラックホール周囲の降着流と比べ、中性子星周囲の円盤では、中心付近の密度が上昇していることがわかった。これは、輻射力によってガスの落下が妨げられているためと考えられる。実際、輻射エネルギー密度の分布を比較してみると、中心近傍で急激に増加していることがわかった。このような、円盤構造の違いは、ここで記したエネルギー解放効率だけでなく、円盤の不安定に起因する状態遷移にも影響を与える可能性がある。ブラックホール周囲の輻射圧優勢円盤の状態遷移は調べられているが(Ohsuga 2006)、中心星の違いによる振る舞いの違いは今後の課題である。

REFERENCES

- Ohsuga, K., Mori, M., Nakamoto, T., and Mineshige, S. 2005, *Astrophysical Journal*, 628, 368
Ohsuga, K. 2006, *Astrophysical Journal*, in press (astro-ph/0512178)