

ガンマ線バースト中心の降着円盤の構造とその安定性について

◎川中 宣太, 嶺重 慎, 長滝重博 (京都大学基礎物理学研究所) ポスター No.29

ガンマ線バースト (GRB) を起こす中心天体のモデルとしては、大質量星の重力崩壊やコンパクト天体同士の衝突合体など諸説あるが、いずれのケースにおいても最終形態として、星程度の質量のブラックホールとそれを取り巻く大質量の降着円盤、という組み合わせがシミュレーション等において予言されている。このときにできる降着円盤は、非常に高温 ($\sim 10^{10}$ K) かつ高密度 ($\sim 10^{11}$ g/cm³) であると予想されるため、光子放射の代わりにニュートリノ放射が主な冷却プロセスとして効いてくると考えられる。この円盤から放射されたニュートリノは、上空の密度の低い領域で対消滅して電子・陽電子対となることによって、ガンマ線バーストの元となる、バリオンが少ないファイヤーボールを形成しようとされている。したがってこういったニュートリノ冷却優勢円盤の構造を詳細に調べることは、このシナリオの現実性を定量的に確かめるという意味でも非常に重要である。従来の研究においては、円盤がニュートリノに対して薄いとした計算 (eg. Kohri & Mineshige 2002) や、近似的にニュートリノ輸送を考慮した計算 (eg. Di Matteo, Perna & Narayan 2002) などがあるが、高密度における状態方程式の効果やニュートリノの化学ポテンシャルの効果、フレーバーによる厚みの違いなどをフルに取り入れたものはなかった。そこで我々は、ニュートリノ放射が効くような質量降着率の大きい降着円盤の定常構造を、ミクロの物理をできるだけ詳細に取り入れることによって解き直した。まず密度分布 (図 1) から円盤が自己重力に対して不安定な領域を見積もることができる。今回行った計算の範囲では、 $10M_{\odot}/s$ 程度の質量降着率では、 $40r_g$ 以遠の領域で不安定条件を満たしていることが見てとれる。これにより分裂したガス塊が時間的に遅れて降着することにより、最近の残光の観測において存在が確認されている X 線フレアを説明する可能性もある (Perna et al. 2005)。また、 $\dot{M} \simeq 1M_{\odot}$ 程度では、円盤内縁付近ではニュートリノ放射による冷却が優勢であるが、さらに質量降着率が高くなると、円盤全体において移流冷却が優勢となることが分かる (図 2)。電子ニュートリノ・反電子ニュートリノに分けた光度分布も求められる (図 3)。円盤全体で積分すると、この円盤のニュートリノ光度は電子・反電子ニュートリノもあまり差はなく $\sim 10^{53}$ erg 程度となるが、これに対消滅の断面積がかかることを考えると、このままでは解放されるエネルギーは GRB の観測を説明するのに遥かに足りないことが示唆される。しかしながら、ニュートリノ輸送をより精密に解くなど、この点に関してはまだ考察の余地があるものと思われる。

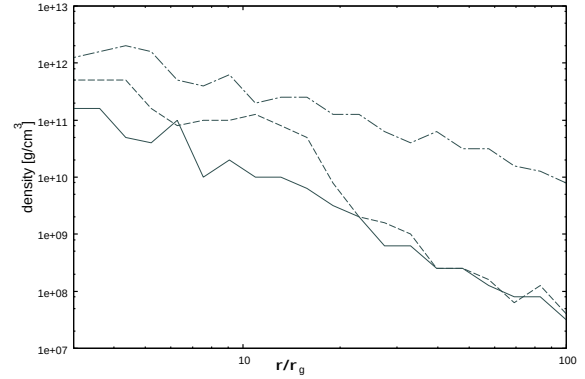


図 1: $\dot{M} = 0.1, 1, 10M_{\odot}/s$ (実線、破線、一点鎖線) のときの円盤の密度分布。

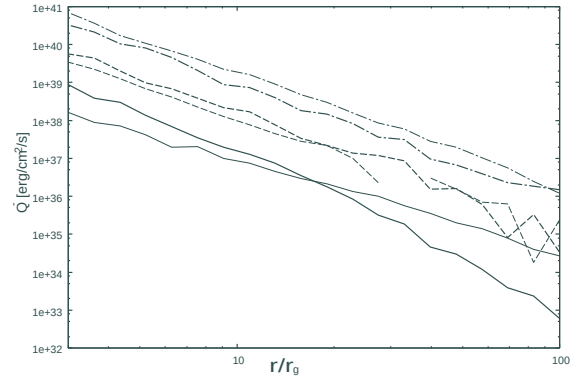


図 2: 冷却プロセスの動径分布。太線：ニュートリノ放射、細線：移流冷却。

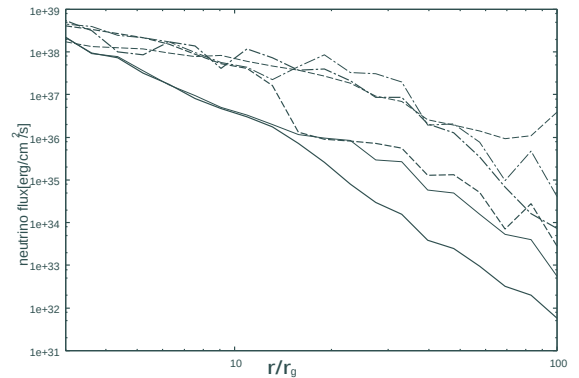


図 3: ニュートリノ光度。太線：電子ニュートリノ、細線：反電子ニュートリノ。