Kerr Black Hole とエネルギー抽出

エネルギー抽出による Black Hole の進化

茨城大理工 阿部 純也

質量降着や回転エネルギーの抽出過程ではブラックホールは定常として議論することが多く、ブラックホールの進化についてはあまり調べられてこなかった。しかし、ブラックホールの質量や角運動量が大きく変化すれば、回転エネルギーの抽出量や最終安定軌道も変化するので、ブラックホールの進化を調べることは重要だと思われる。これまでには Okamoto(1992) の Blandford-Znajek 過程 (1977) による回転エネルギー抽出のみでの進化の研究や Park&Vishmiac(1988) の降着率が一定の元での活動銀河中心核内の大質量ブラックホールの進化の計算があったが、最近 Lee&Kim(2000) は、降着率がブラックホールの質量と角運動量、そして磁場の強さに依存する場合でのブラックホールの進化を調べた。彼らはブラックホールの回転エネルギーをガンマ線バーストのエネルギー源と考えて、伴星から急激に質量降着が起こる場合について議論した。その際、磁場の強さを降着する前の残っている物質の質量に比例するように与えた。

Lee 達と同様な場合で、磁場の強さの変化の仕方が異なる場合において、ブラックホールの進化にどのような違いが見られるかを調べた。図 1 はブラックホールの質量、図 2 は回転パラメータ、図 3 はエネルギー抽出率の時間変化で、図 4 はその時間までのエネルギー放出量についての結果である。横軸は時間 (秒)。図 1 ~ 4 での 4 本の線はそれぞれ、$(1)B_0(D(t) > 0$ の時のみ$)$ $(2)B_0 \times D(t)$ (Lee&Kim 2000)$(3)B_0 \times (4/3)\sqrt{D(t)(1.5 - D(t))}$ そして (4) は降着を考えない場合 (磁場は B_0) である。ここで $D(t) = 1 - \int_0^t \dot{M}_+/M_\odot dt$ で、$1M_\odot$ 降着すると 0 になる時間の関数。初期値は $3M_\odot, a = 1$ のブラックホールを考え、磁場の強さは $B_0 = 10^{15}$ gauss とした。

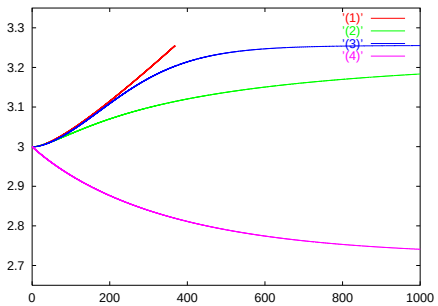

図 1 質量 $(M_\odot)$

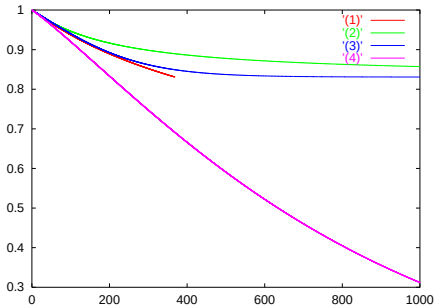

図 2 回転パラメータ

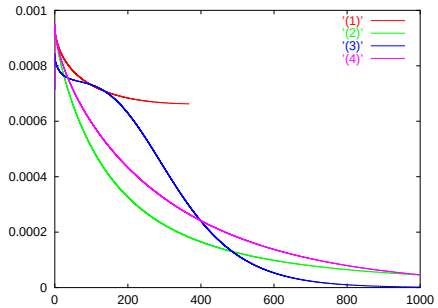

図 3 エネルギー抽出率 $(M_\odot c^2/\mathrm{s})$

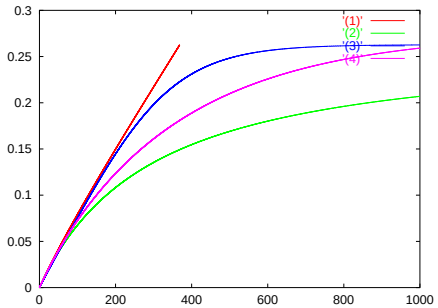

図 4 全放出エネルギー $(M_\odot c^2)$

これらのグラフからは、磁場の変化の仕方で途中の進化は異なるが、最終的にできるブラックホールの質量と角運動量はあまり大きな違いはなく、放出されるエネルギー量にも差は見られなかった。また、エネルギー総量は、期待に反して、降着に依存しなかった。