

コラプサーモデルの相対論的MHDシミュレーション、

ニュートリノ輻射輸送、元素合成

張替誠司(三菱UFJモルガン・スタンレー証券)

利用カテゴリ XT4B・汎用PC

ガンマ線バースト(GBs) は宇宙における最高エネルギー現象の一つである。本研究では特に大質量星との関連が知られているロングガンマ線バースト(LGRB) に着目し、大質量星のダイナミカルな進化を追うための数値計算手法/コード開発、アウトフロー形成の数値計算を行った。LGRB 中心動力源として有力視されている機構は、磁気流体(MHD) プロセスとニュートリノプロセスの二種類である。このうちニュートリノプロセスについては、降着円盤から放射されるニュートリノが回転軸付近にエネルギー運動量を輸送し、アウトフローを形成すると考えられている。この機構を調べるために、ニュートリノ冷却・加熱に関する特殊・一般相対論的取り扱い手法および計算コードを新たに開発し、大質量星の重力崩壊後の長時間進化を計算した。[1, 2]

その結果、重力崩壊前の星がある特定の範囲内の角運動量(2.8M) を持つ時、ニュートリノ対消滅によってアウトフローを形成しうることが示した。図1はニュートリノ対消滅を特殊相対論的に計算し、流体の自由落下のタイムスケールと加熱により重力的束縛から脱出するタイムスケールの比をプロットしたものである[1]。この図からわかるように、回転軸上では流体が落下する前にニュートリノ加熱によりアウトフローを形成しうることが分かる。

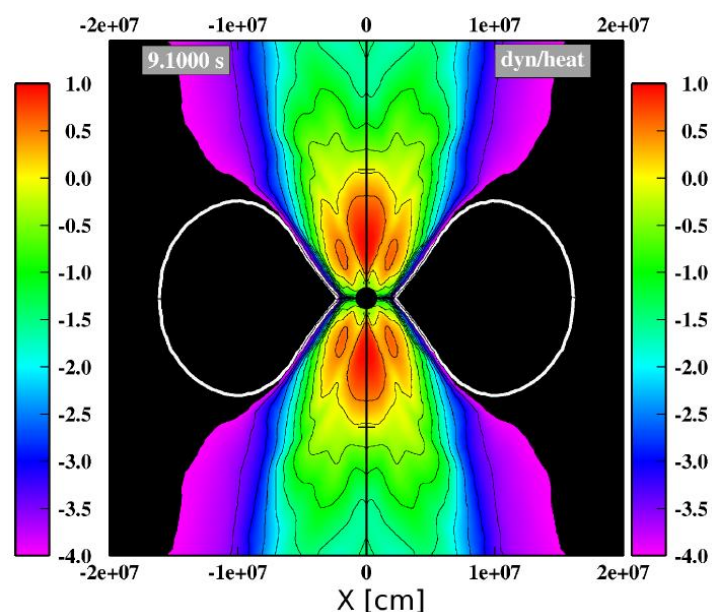


図 1 特殊相対論的ニュートリノ輸送計算によるニュートリノ加熱。コンターは自由落下のタイムスケールと加熱により重力的束縛から脱出するタイムスケールの比である。

この計算を一般相対論的に行ったものが、図2である[2]。一般相対論を考慮すると、ニュートリノの軌跡は曲線となり、結果として回転軸上で正面衝突するニュートリノ対の割合が増加し、加熱率が上がる。このような効果により、一般相対論的效果を考慮してもやはりアウトフロー形成の条件は満たされる。

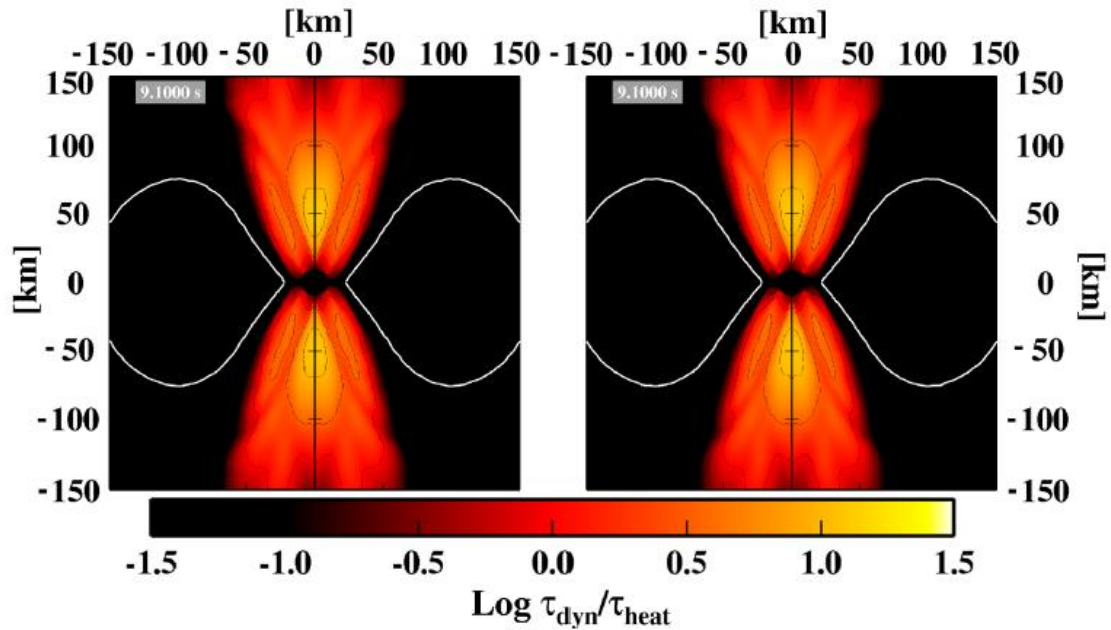


図 2 一般相対論的ニュートリノ輸送計算によるニュートリノ加熱。コンターは図 1 と同様である。左図はシュワルツシルド時空、右図はカー時空($a=0.999$)における結果である。

これらの成果から、長時間(~ 10 s)に渡るコラプサーの進化とニュートリノ対消滅による加熱がLGRBの中心動力源となっている可能性があると考えている。

2011年度は、カー・シルド時空を用いて一般相対論的MHD計算を行う計算コードの開発の際にXT4および汎用PCを利用した。今後はこのコードを完成させ、LGRB形成機構を統一的に解明したいと考えている。

参考文献

- [1] Harikae, S., Kotake, K., and Takiwaki, T., (2010), ApJ, 713, 304-317
- [2] Harikae, S., Kotake, K., Takiwaki, T., and Sekiguchi, Y.-i., (2010), ApJ, 720, 614-625