

大質量星の爆発メカニズムの解明に向けて

東京大学 / 国立天文台 M1 釋 宏介

～Abstract～

共同研究者の論文である、Takiwaki, Kotake, and Sato 09 "Special relativistic simulations of magnetically dominated jets in collapsing massive stars" をレビューし、今後の爆発メカニズムの解明に向けてすべきことを考察します。

1. Introduction

超新星を始めとする高エネルギー現象は、重元素の起源とされているが、そのメカニズムの理論は未だに確立されていない。特に、重力崩壊型の超新星の動力源は諸説あり、有力な説としてはニュートリノによる加熱、そして磁場による加熱が挙げられる。このどちらが実際の動力源となるかを解明する為、特殊相対論的な磁気流体シミュレーションコードを用いて、爆発を再現したいと考えている。特に磁場と差分回転の効果により中心からのジェットを伴うと思われるlong Gamma Ray BurstやX-Ray Flushの再現が期待できる。

2. Method

Newtonianに基づくコードでは音速が光速を超えるなど問題が生じるので相対論的な取り扱いが不可欠。ただ、爆発を起こすタイムスケール(1s以下)では特にはブラックホール形成時に必要な一般相対論的効果は小さく、特殊相対論的な取り扱いが効率の面で最適と考えられる。そこでspecial relativistic MHD の基礎方程式に相対論的平均場近似による状態方程式を組み合わせる。

3. Initial model

GRBの親星の候補である5.45太陽質量のWolf-Rayet 星(initial mass=25M \odot)モデルにそれぞれ3通りの初期の回転、磁場を導入する。

4. Result

初期の磁場が強いものはcore bounceから数十msで光速の数割の速さを持つjetが出る。(Prompt MHD explosion) また、初期磁場が弱くとも、差分回転による磁場の巻き込み(field wrapping)が徐々に磁場圧を上昇させ、百ms程度でjetが出る。(Delayed MHD explosion) 爆発エネルギーは最大で 1.4×10^{50} ergに達した。

5. Discussion

今回シミュレーションされたモデルでは20～120msのタイムスケールでjetが出てきた。一方、超新星では数百msのニュートリノ加熱時間が必要と考えられており、それに比べて早めにjetが出てくることがわかる。しかし、磁場が小さい段階、及び領域(赤道方向)ではニュートリノ加熱が卓越する。今後、この効果も含め、ニュートリノ加熱と磁場による加熱が共存する場合を扱い、爆発メカニズムの解明に繋げていきたい。