

## 重力崩壊型超新星の爆発メカニズム

池田 詠甚 (福岡大学大学院 理学研究科)

### Abstract

重力崩壊型超新星爆発とは、太陽のおよそ 8 倍以上の質量を持つ重い恒星がその進化の終盤を迎えると考えられている大爆発現象である。この爆発は自然界の 4 つの相互作用がすべて関与する稀な現象で様々な天体現象の謎を解き明かすために有力だと考えられており、天文学や高エネルギー宇宙物理分野において最も注目される天体現象のひとつである。また爆発後に残される中性子星、ブラックホールといった最終的な高密度天体の形成過程そのものであり、爆発時に合成される元素組成は銀河の化学進化を決め、膨張する衝撃波は宇宙線加速の要因となっている。重力崩壊型超新星爆発がどのような過程で引き起こされるのか、極めて長い歴史を持ちつつも未だ解明には至っていない。この爆発現象を解明するために最も重要とされるのがコア内部で起きている現象を理解することである。そのために星の進化の過程について議論していきたい。星は核融合反応で元素合成を行いながら進化していき、それぞれの進化の過程によって星の最終段階が決まっていく。進化の段階で 8 太陽質量以下の星は白色矮星になり、これ以上の星は核合成などによって重い元素ができていき、最も重い元素の鉄まで元素合成が進むと、最も安定になり核融合が進まなくなる。この結果コアの熱的なエネルギーが減少し、重力収縮と電子捕獲反応が進み、内部の圧力と自己重力の平衡状態が崩れて重力崩壊が開始される。鉄コアから放出されるニュートリノだが、原子核との散乱により「ニュートリノの閉じ込め」という現象が起こる。フェルミ縮退も起きていき、ニュートリノの化学ポテンシャルも上昇するため、電子捕獲の逆反応も起こっていく。このように電子捕獲率を決定することが重要であるが、これは同時に原子核物理を解明していかなければならない。今回の夏の学校ではこのような星の進化に目を当てながら、重力崩壊型超新星爆発とはどのような現象なのか詳細なレビューを行いたいと考えている。

### 1 Introduction

重力崩壊型超新星爆発とは天文学や高エネルギー宇宙物理分野において最も注目されている天体現象のひとつである。中性子星やブラックホールの形成過程そのものであり、爆発時に合成される元素組成によって進化の過程が決まっている。重力崩壊型超新星爆発がどのような過程で引き起こされるのか未だ解明されていない。今回は星のコアに注目してこの爆発がどのような爆発であるのかについて考える。

### 2 Methods/Instruments and Observations

爆発メカニズムの解明には超新星のコアでどのような現象が起こっているのかを解明することが重要

である。そこでコアに注目しながら星の進化について考える。

### 3 Results

約 8 太陽質量以上の星は酸素、ネオン、マグネシウムが混ざったコアが形成され、約 10 太陽質量以上の星は最も安定である鉄まで元素合成が進む。このとき鉄は光分解反応によって一部分解される。電子捕獲反応で生成される電子ニュートリノは重力崩壊初期には自由にコアの外に逃げ出せるので、重力崩壊は破局的に進む。しかし重力崩壊に伴って中心の密度が高くなるとニュートリノトラッピングという現象が起こる。フェルミ縮退も起き、内部コアでバウンスした衝撃が外部コアを通過し、爆発が起こる。

## 4 Discussion

1930 年代から現在まで爆発メカニズムについて多くの研究や観測が行われてきたが、未だ完全には解明されていない。爆発メカニズムについてどのような研究が進んでいるのかについて考える。

## 5 Conclusion

重力崩壊型超新星のような自然界の 4 つの相互作用をすべて含む物理現象を時間発展的に研究するには、コンピュータシミュレーションを用いた数値シミュレーションの実行が必要不可欠である。

## 6 参考文献

Kei Kotake, Katsuhiko Sato and Keitaro Takahashi, (2006) Ex- plosion mechanism, neutrino burst and grabitational wave in core- collapse supernovae, Rep.Prog.Phys,69, 971-1143(2006)(?)。

## Acknowledgement

基礎物理学研究所 (研究会番号 : YITP-W-15-04 )  
及び国立天文台からのご支援に感謝いたします。