

## rプロセス元素合成計算と天体シミュレーション

利用者氏名 柴垣翔太(福岡大学)

利用カテゴリ XC30B・計算サーバ

平成29年度は、

- (1) 元素合成コードの開発と殻模型  $\beta$  崩壊反応率を用いたrプロセス元素合成計算
  - (2) 新しい核分裂モデルを用いた連星中性子合体のrプロセス元素合成計算
  - (3) 1. 5次元磁気回転超新星シミュレーションと元素合成への応用
  - (4) 3次元一般相対論的ニュートリノ輻射流体シミュレーションコードを用いた自転する大質量星の重力崩壊に関する研究
- を行った。以下にそれぞれの実施した研究内容について述べる。

### (1) 元素合成コードの開発と殻模型 $\beta$ 崩壊反応率を用いたrプロセス元素合成計算

前年度に元素合成研究で標準的に使われる核反応データライブラリREACLIBを使って、FRDMという原子核理論モデルをベースにしたセルフコンシステントな元素合成計算コードを開発した。このコードは超新星モデルを用いてテスト計算がされていて、その際は計算上の問題は起きていなかったが、29年度になって連星中性子星合体モデルを使ったときには、計算が止まってしまう問題に直面した。精査の結果、中性子ドリップラインが局所的に大きく凸状になっている箇所がある場合に問題が起きることがわかった。 $\beta$  崩壊の取扱い方を工夫して問題を解決した。

この計算コードを用いて、最新の殻模型計算から求めたベータ崩壊反応率がrプロセスにどう影響を与えるかを、FRDMのベータ崩壊反応率で計算した場合と比較することで調べた(Suzuki et al. 2018投稿中)。今回調べたのは、中性子数126の原子核のベータ崩壊反応率で、これらの原子核の $\beta$ 崩壊はrプロセスのボトルネックになっている、rプロセスの研究において重要な核反応である。我々は、最新のベータ崩壊反応率がrプロセスの第3ピークの構造を変化させ、超新星モデルにおいては第3ピークよりも重い元素の量を増加させることを確認した。連星中性子星合体モデルでは、第3ピークの構造を変化させるのみにとどまり、アクチナイドの量はあまり変化しなかった。

### (2) 新しい核分裂モデルを用いた連星中性子合体のrプロセス元素合成計算

Shibagaki et al. (2016)では新しい核分裂モデルを使って、太陽系のrプロセス元素の起源について新しいシナリオを提案した。この論文で用いた新しい核分裂モデルと(1)で述べたFRDMのモデルとを比較し、原子核のどのような性質が結果を変えるのか、可能な天文学的なシナリオがどのように異なるのかを詳細に調べている。

### (3) 1. 5次元磁気回転超新星シミュレーションと元素合成への応用

前年度に引き続き磁気回転超新星の1. 5次元計算を行った。磁場を含まない流体計算で現在

最も標準的な数値フラックスの計算法であるHLLC法を新たに導入した。前年度行った計算と大きな違いが現れないことを確認した。また、1次元の超新星シミュレーションは爆発しないことが知られており、ニュートリノ加熱率を人工的に上げることで爆発を模倣する。この人工的な加熱の方法には任意性があるが、一つの自然な方法是对流不安定な領域の加熱率を上げることで対流による熱の輸送を模倣するようにして加熱率を上げることである。ニュートリノ加熱率が正の領域を見つけて、そこでのニュートリノ加熱率を増加させるように計算コードを書き換えた。来年度はその結果を解析していく。

#### (4) 3次元一般相対論的ニュートリノ輻射流体シミュレーションコードを用いた自転する大質量星の重力崩壊に関する研究

高速自転する星の重力崩壊ではlow T/W不安定という3次元特有の流体不安定によって、爆発しやすくなったり、重力波やニュートリノが高速回転特有の振る舞いをしたりすることが最近になってわかってきている。先行研究では考慮されなかった一般相対論的効果やより洗練されたニュートリノ輻射輸送解法の影響を見るため、3次元一般相対論的ニュートリノ輻射流体シミュレーションコードとスーパーコンピューターを使って、高速回転の場合と中速回転の場合の重力崩壊シミュレーションを行っている。現在はコアバウンス直後まで計算することができた。平成30年度はニュートリノや重力波の振る舞いを詳細に調べていく。爆発する場合は、放出する元素についても調べる。