平成 20 年度国立天文台天文シミュレーションプロジェクト成果報告書

超新星・ガンマ線バーストの爆発機構、およびそれらにおける元素合成と初期宇宙の化学進化の研究

冨永望 (甲南大学)

利用カテゴリ　汎用 PC

本研究課題では、ガンマ線バースト (極) 超新星の発生機構の本質、またそれらを用いて第一世代星や宇宙の化学進化を理解することを目的として研究活動を行っている。本年度は特に以下のような研究を行った。

近年、相対論的ジェットを伴うガンマ線バーストが超新星爆発と同起源であることが明らかとなっている。また、超新星爆発の後期観測から、超新星爆発が非球対称爆発であることも指摘されている。そこで、私は相対論的ジェットを伴う非球対称超新星爆発の流体・元素合成計算を行い、ジェット状超新星爆発の非球対称構造を調べた。本研究では、特に、その非球対称な元素組成分布に注目し (図 1,2)、非球対称な超新星爆発の元素組成分布に対する予言を提出し、超新星残骸の元素分布が星間物質との相互作用で混合されない場合に期待される次世代星の元素組成の角度依存性について議論した。(図 3)。

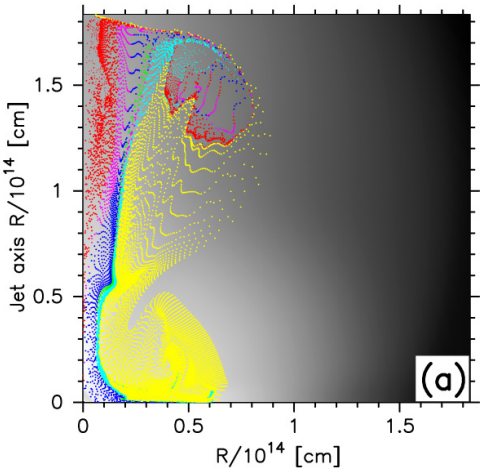

図 1: 爆発後の密度構造と放出物質の元素組成の分布。(a) エネルギー放出率が大きいモデル ($\dot{E} = 120 \times 10^{51}$ ergs s^{-1})。

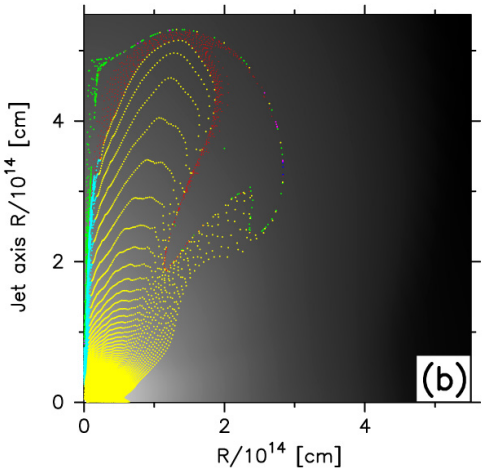

図 2: 爆発後の密度構造と放出物質の元素組成の分布。(b) エネルギー放出率の小さいモデル ($\dot{E} = 1.5 \times 10^{51}$ ergs s^{-1})。

その結果を我々の銀河系ハローで観測されている宇宙初期に形成され数少ない超新星爆発の影響を受けていると考えられる金属欠乏星と比較し、これまで超新星爆発では実現不可能と指摘されていた金属欠乏星 HE 1424-0241 の元素組成パターンが、超新星爆発の非球対称性を考慮すると実現可能であることを明らかにした。また、これまで、超新星爆発の非球対称性による効果を考慮するために降着混合モデルというものが提案されてきたが、そのモデルが非球対称な超新星爆発を再現していることは確認されていなかった。しかし、今回より現実的な元素組成パターンが提出できたことにより、非球対称超新星爆発

の元素組成パターンが確かに降着混合モデルによって再現できることを確認した (図 4)。しかし、それらの間には違いもあり、ジェット状超新星爆発においてジェットにエネルギーが集中され高エントロピー環境が実現されるため、Sc、Ti などの元素が多めに合成されることを指摘した。この点は、これまでの降着混合モデルを適用した球対称超新星モデルでは、観測された金属欠乏星を再現できなかった点であり、非球対称な超新星爆発が実際に宇宙初期に起こっていたことをより強く示唆する結果となった。

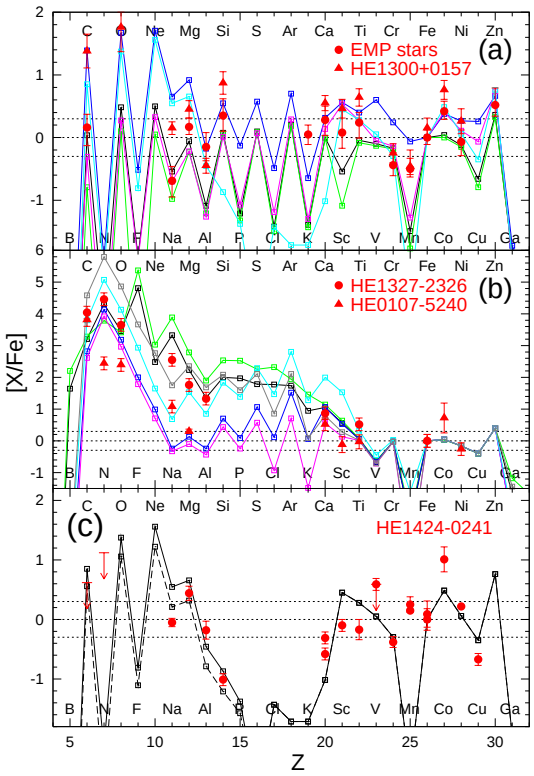

図 3: 非球対称な超新星爆発の放出物質の角度に依存した元素組成パターン。(a) エネルギー放出率が大きいモデル ($\dot{E} = 120 \times 10^{51}$ ergs s^{-1})、(b) エネルギー放出率の小さいモデル ($\dot{E} = 1.5 \times 10^{51}$ ergs s^{-1})、(c) 観測された金属欠乏星 HE 1424-0241 の元素組成パターンとの比較。

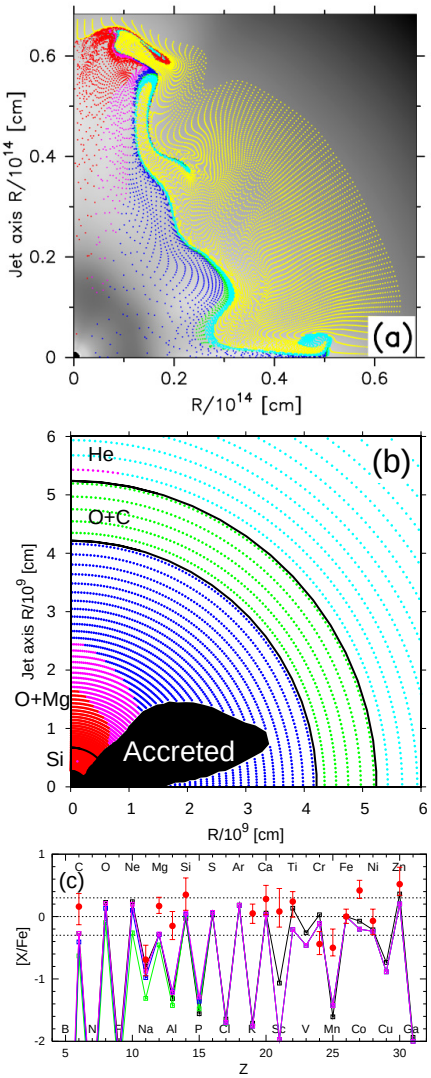

図 4: (a) 非球対称な超新星爆発の放出物質の元素組成分布。(b) 非球対称な超新星爆発によって放出された物質の親星中の位置。(c) 非球対称な超新星爆発の放出物質の元素組成パターンと球対称超新星爆発計算に降着混合モデルを適用したモデルの比較。