

## 核反応ネットワークを組み込んだ 重力崩壊型超新星の数値シミュレーション

中村航 (国立天文台)

利用カテゴリ XT4B ・ 汎用 PC

数値計算によって重力崩壊型の超新星爆発を再現しようという試みは様々になされており、最近では多次元の流体計算において、ニュートリノのエネルギーの一部を加熱の助けにすることによって爆発させる事ができたという報告もなされている。これらの計算では、いったん停滞した衝撃波の背面で Standing Accretion Shock Instability (SASI) と呼ばれる流体不安定が生じ発達してニュートリノ加熱率が上がることによって爆発する結果を得ているが、超新星爆発の典型的なエネルギーである  $10^{51}$  erg を得ることにはいまだに成功していない。

本研究では、流体計算を行う数値コードの中に核反応ネットワークを組み込み、爆発的元素合成が超新星爆発に与える影響を調べた。計算には複数の親星モデルを用いたが、ここでは Limongi & Chieffi (2006) の 15 太陽質量モデルの結果を説明する。

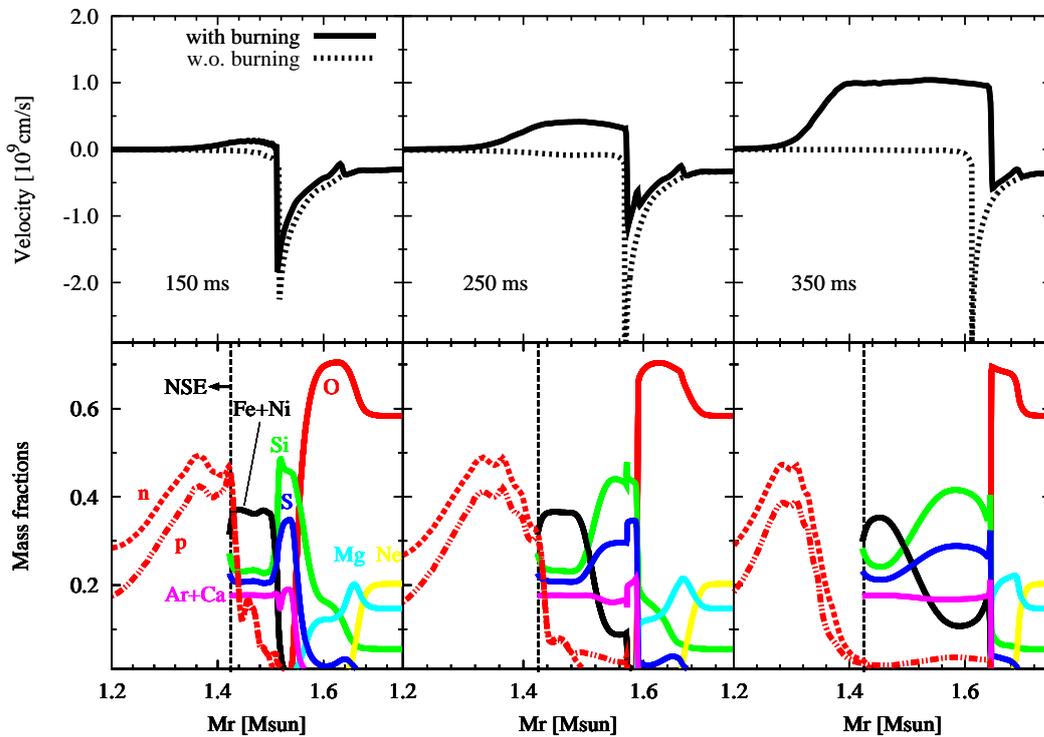


図 1: Limongi & Chieffi (2006) の 15 太陽質量モデルを用いた 1 次元爆発計算結果の例。コアバウンス後 150, 250, 350 ms 後の速度・組成分布が示してある。

中心の原始中性子星から照射されるニュートリノの光度がバウンス直後は  $2.2 \times 10^{52}$  erg/s で、2.0 s のタイムスケールで減衰するとした場合の速度・組成分布のスナップショットを図 1 に示した。この場合、衝撃波面での Si 燃焼によってエネルギーが解放され、速度が正の領域ができていく ( $t=150$  ms)。さらに衝撃波が O 層に到達すると、激しい核反応

によって衝撃波は加速され、同時に爆発のエネルギーも増加していた。このモデルの最終的な爆発エネルギーは  $0.52 \times 10^{51} \text{erg}$  であった。一方、核反応を考慮しないと衝撃波は停滞し、爆発は起こらない。

同様の傾向は2次元計算の結果でも見られた。例として図1と同じ親星で初期ニュートリノ光度を  $2.4 \times 10^{52} \text{erg/s}$ 、減衰のタイムスケールを  $1.1 \text{s}$  とした場合の  $t = 200 \text{ms}$  におけるエントロピーおよび代表的な組成分布を図2に示した。このモデルでは図の上方向に強い衝撃波が立ち、他の部分より早く酸素層に到達している。そこで激しい核反応が起きて、衝撃波はますます加速されていた。

以上のように、1次元および2次元計算の結果、核反応によって衝撃波背面が加熱され、衝撃波面の加速を促している様子を確認できた。また、モデルにもよるが、爆発エネルギーが核反応によって最大  $0.56 \times 10^{51} \text{erg}$  増大しており、典型的な値である  $10^{51} \text{erg}$  に近づいていた。空間3次元への拡張や回転の考慮が今後の課題である。

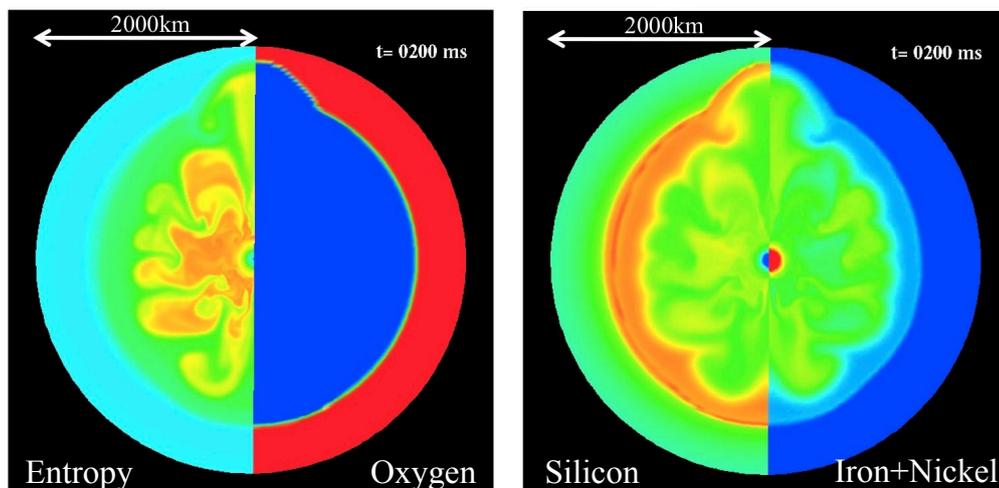


図 2: Limongi & Chieffi (2006) の 15 太陽質量モデルを用いた 2 次元爆発計算結果の例。コアバウンス後 200 ms 後のエントロピーと代表的な組成分布が示してある。

## 参考文献

- [1] Marek, A., & Janka, H.-T. 2009, ApJ, 694, 664
- [2] Limongi, M., & Chieffi, A. 2006, ApJ, 647, 483