

重力崩壊型超新星におけるp元素の生成： s元素からの制限

発表者



理学府 西村信哉

共同研究者

橋本正章（九大理）、 藤本信一郎（熊本電波高専）、
固武慶（早大理工）、 山田章一（早大理工）

Introduction:

大質量星と重元素合成

- 重元素合成
- 超新星と重元素合成

重力崩壊型超新星：重元素合成

酸素層を加熱

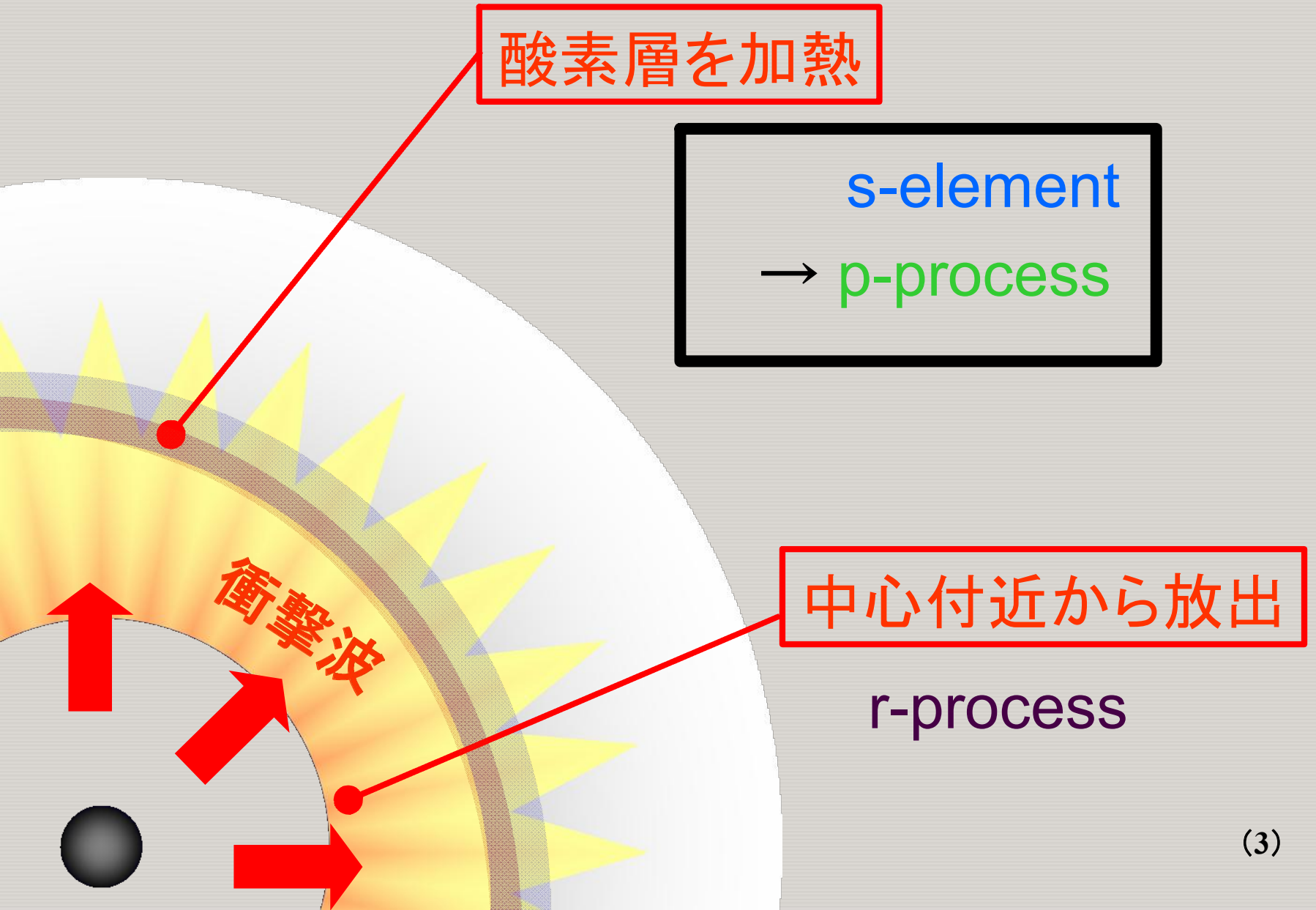
s-element

→ p-process

衝撃波

中心付近から放出

r-process



超新星爆発における p-, r-, s-元素

- r-element

- 爆発のコアからの中性子過剰物質
- “種なし” 爆発の環境に依存

- s-element

今回の話題

- AGB星(小中質量星)
(main component, $90 < A < 209$)
- 大質量星の進化過程で一部を生成
(weak component, $A < 90$)
- 星形成時の金属量(宇宙の年代)に依存

- p-element

- 超新星爆発時、星の中間層(酸素・ネオン)
- s-process生成物に依存(だが、やや複雑)

大質量星の進化とs-process

- 進化モデル
- 計算方法
- 計算結果

星の進化モデルとs-process

- 進化モデル

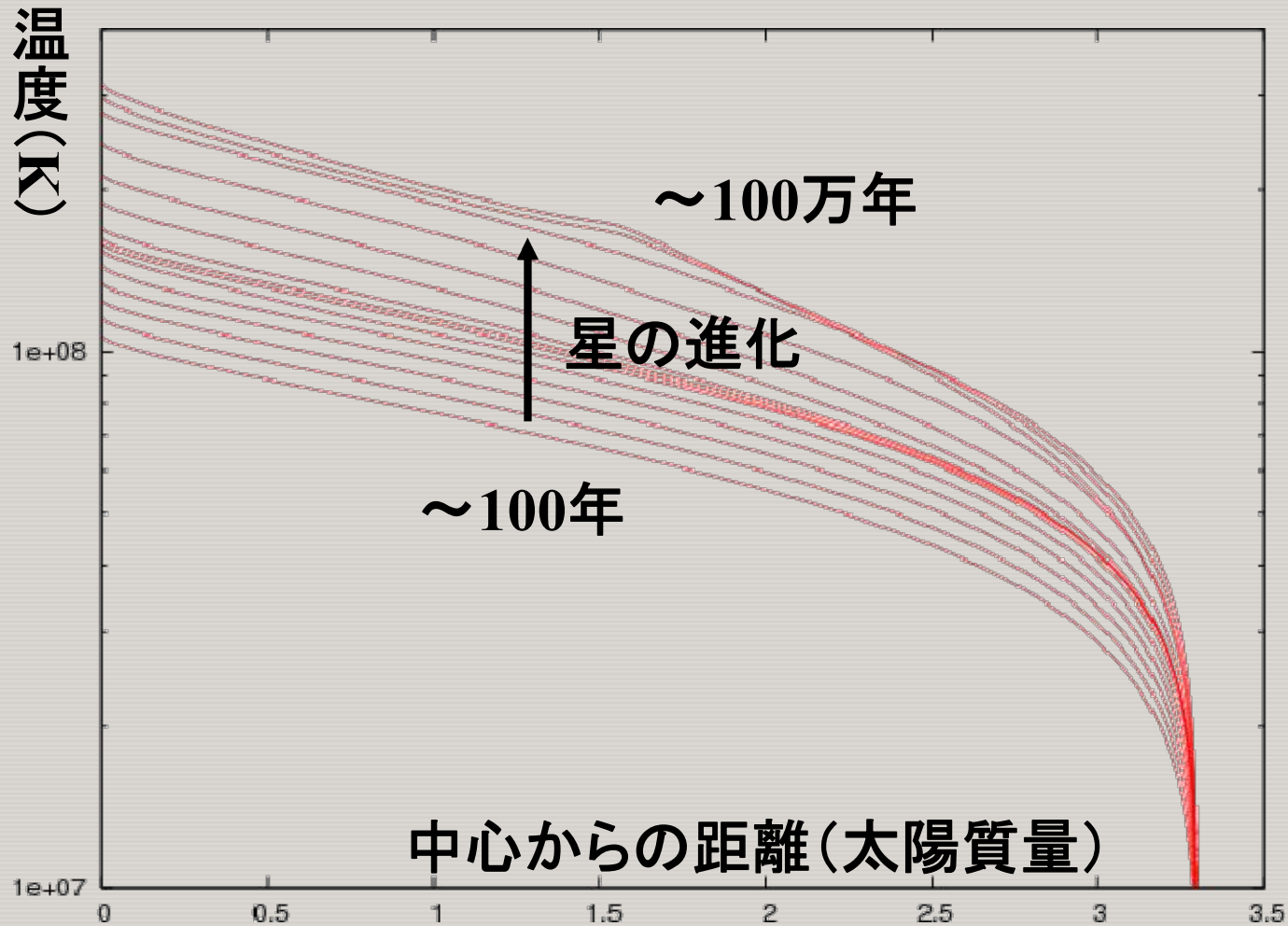
- 13M_☉モデル(1995, M. Hashimoto)
- 温度、密度、対流進化(球対称＋対流モデル)

- s-process元素合成

- 進化モデルから再計算(ポストプロセス)
- 初期組成は、ヘリウムコア＋太陽系金属組成(現在の標準的な星の組成)
- convectionを考慮しながらネットワーク計算
 - s-processに関係する、安定核付近の473核種

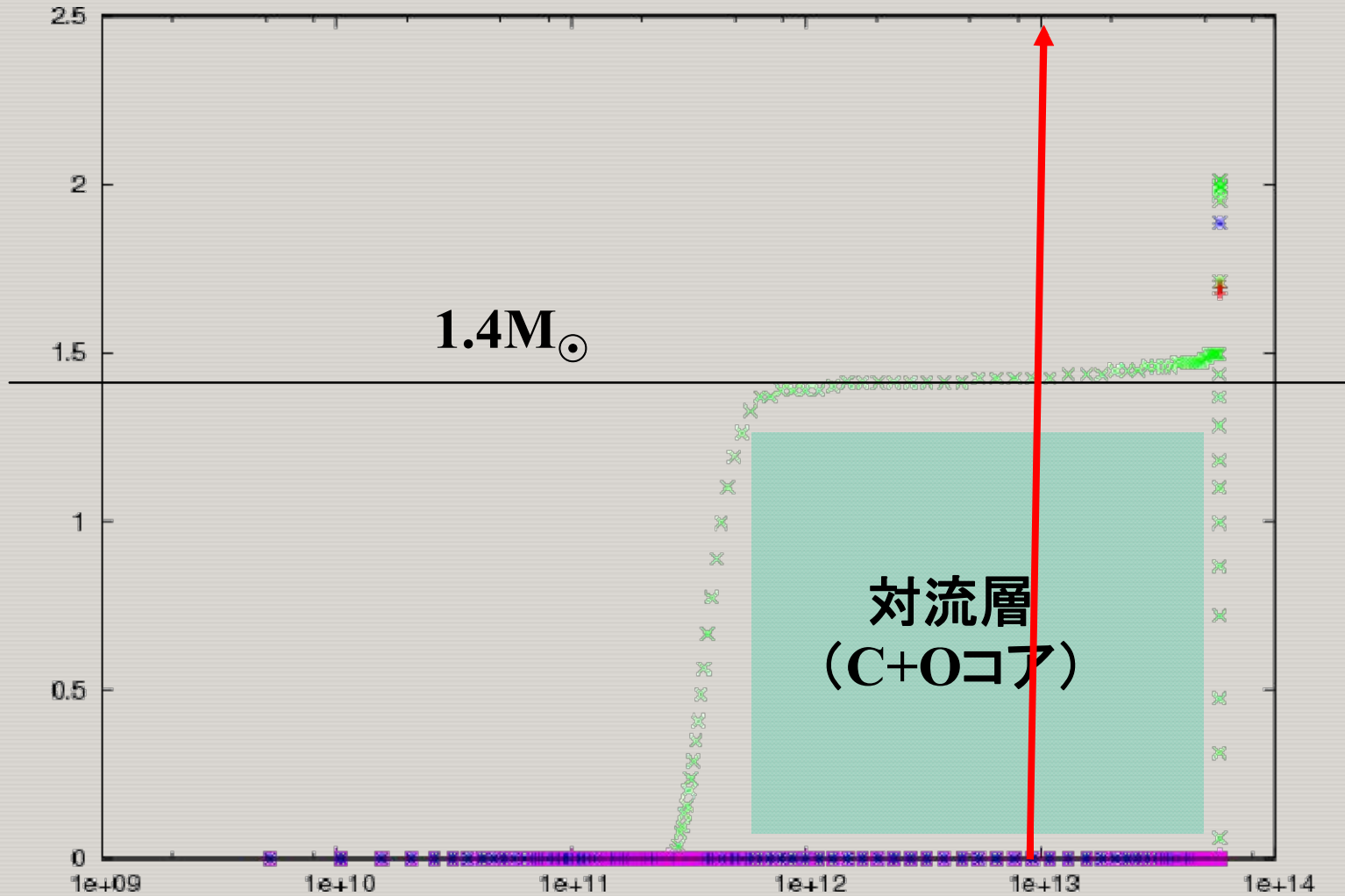
13M. 質量のモデル 構造

温度進化

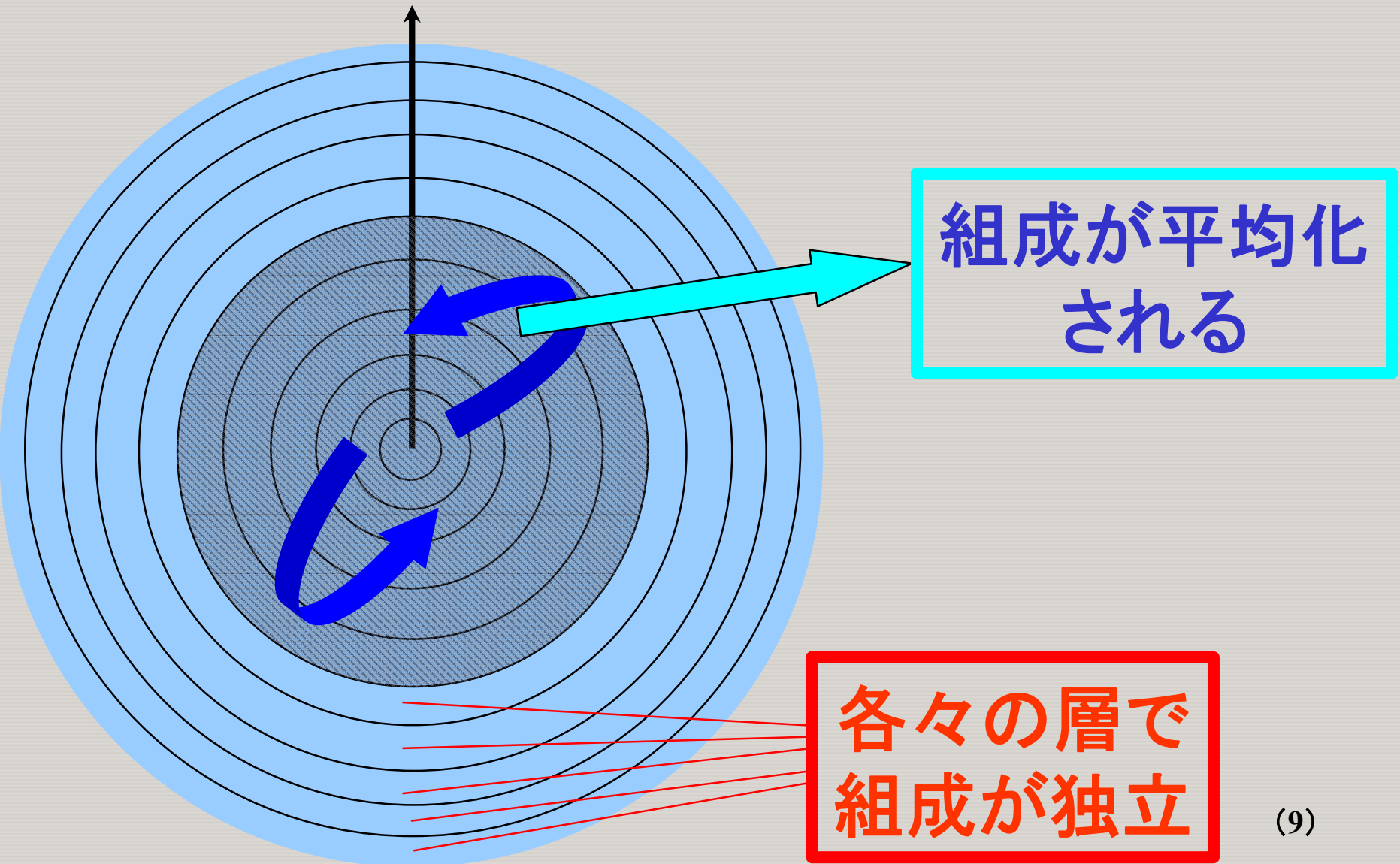


13M_☉ 質量のモデル 対流

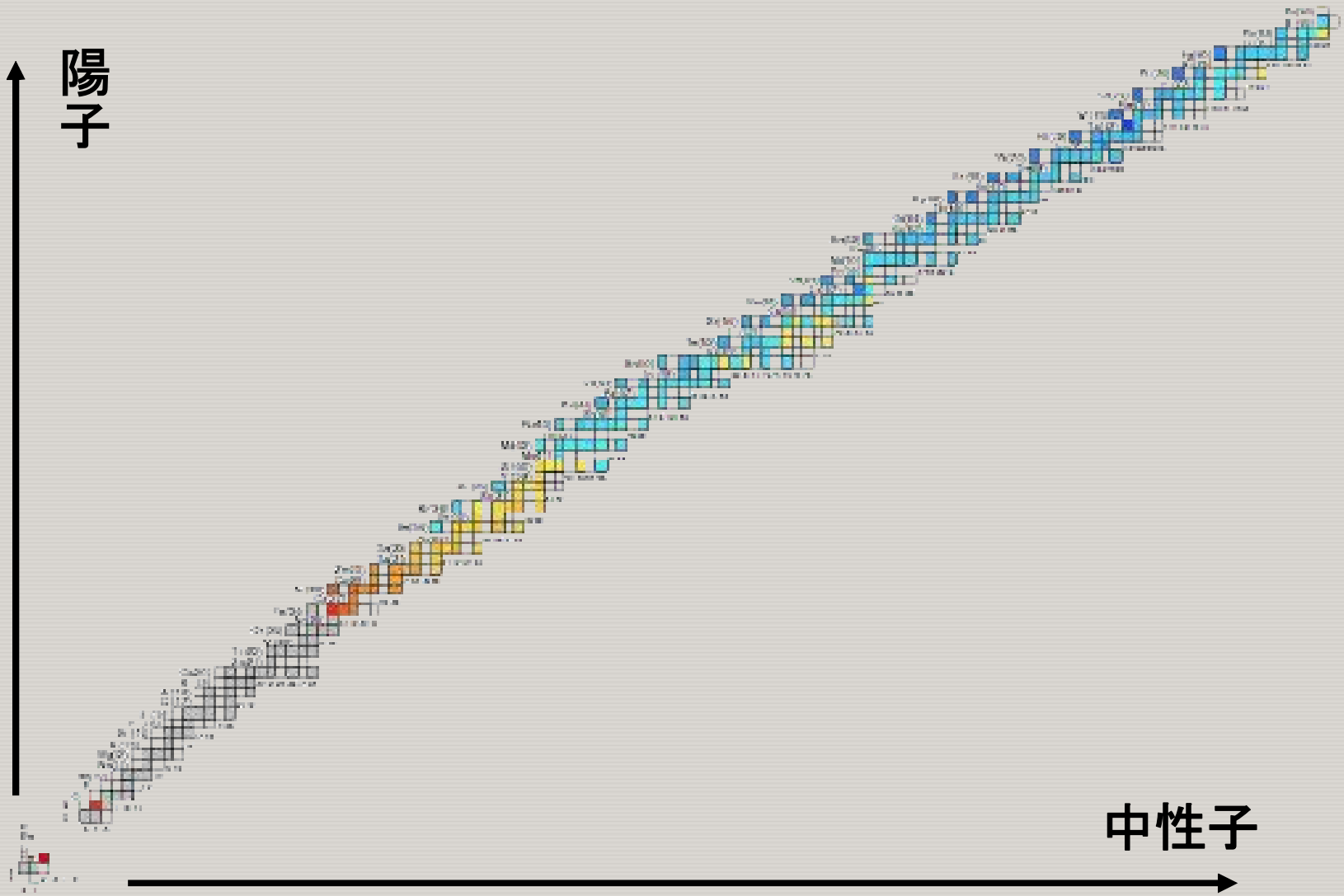
中心からの距離(太陽質量)



対流を考慮しつつ元素合成

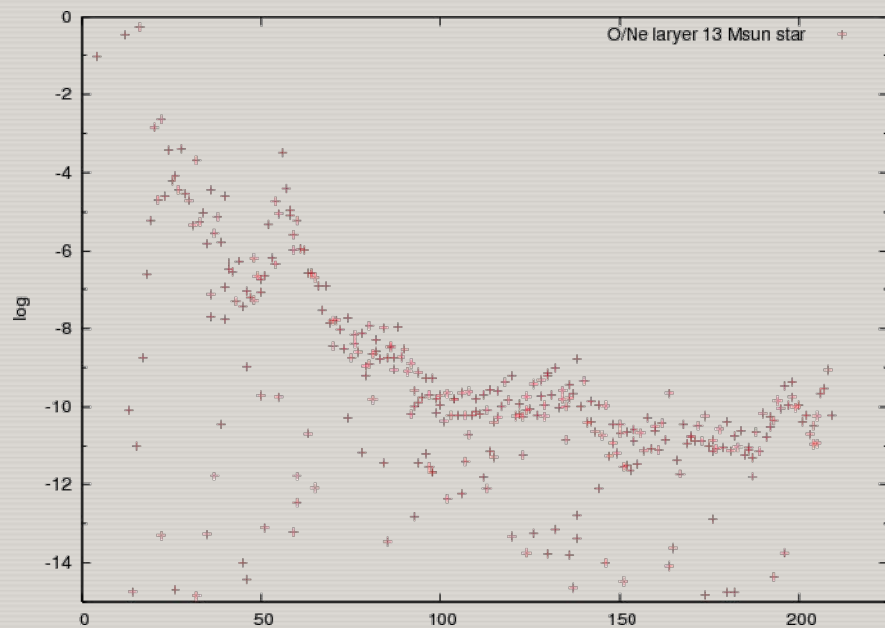


s-process NETWORK(473核種)



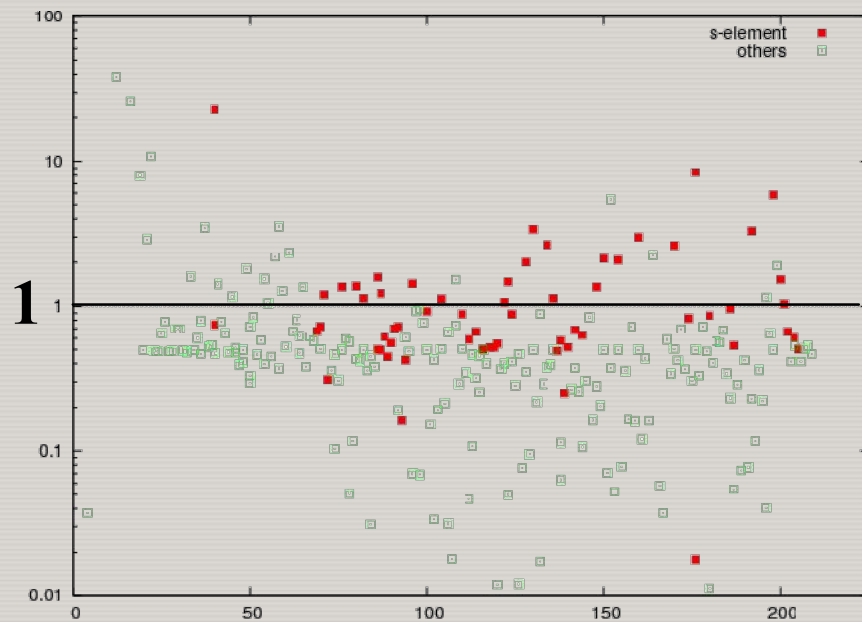
計算結果 s-process生成物

Abundance



質量数

Overproduction factor



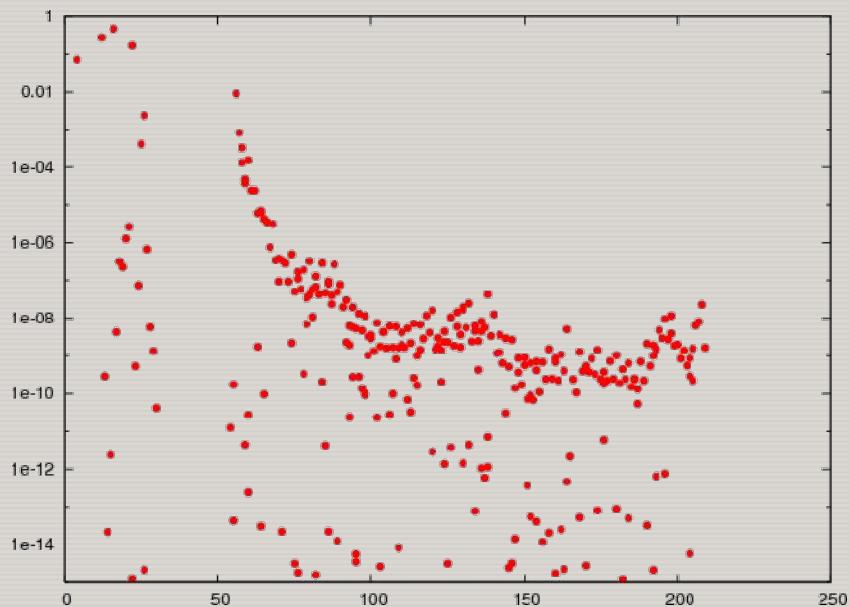
質量数

さらに精密化、解析を行い、今後
p-processの完全な種として使える

s-process生成物

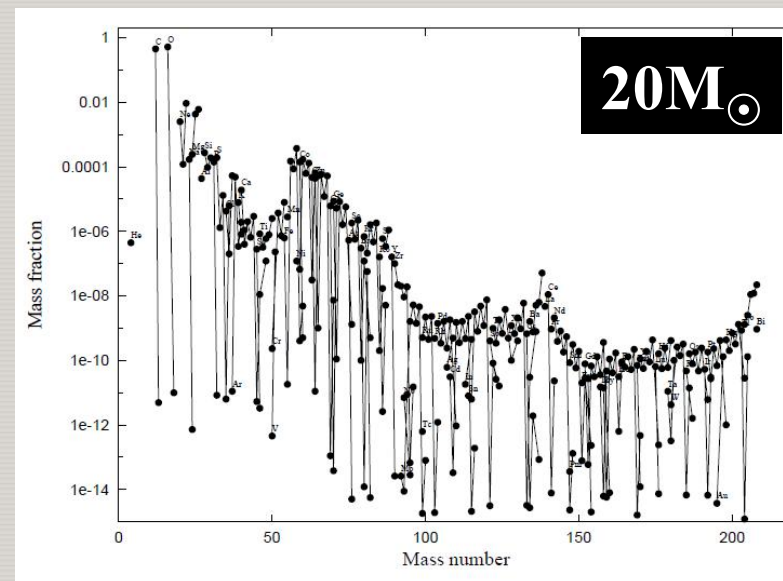
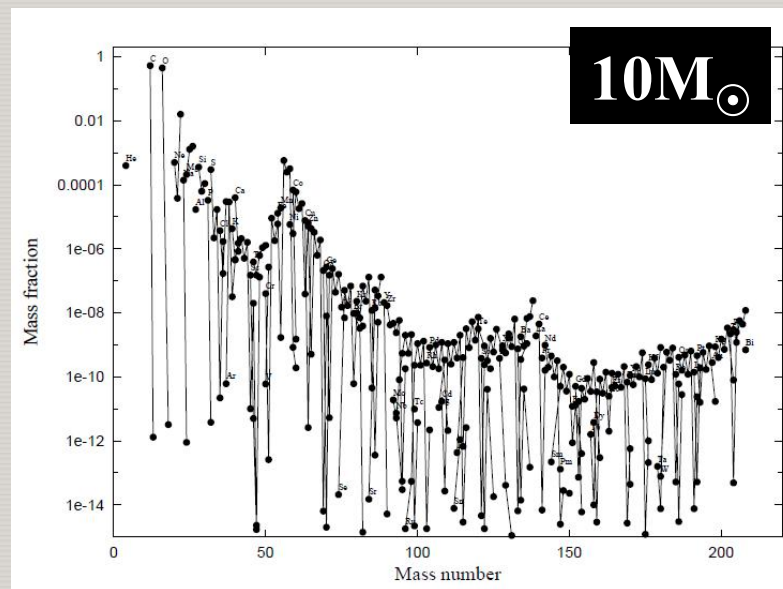
Prantzos et al. 1990との比較

我々の 13M_☉



※グラフのスケールは同じ
横: 質量数 縦: OPF

Prantzos et al.



小まとめ

- さらにいくらか精密化
 - 観測値との精密な比較
- 続けて起こる元素合成の“種”として使用
 - 進化時におけるp-process
 - 爆発時におけるp-process
- 星の進化s-process固有の問題も
 - $^{12}\text{C}(\alpha, \gamma)^{16}\text{O}$ 反応率の不定性の議論
 - 多次元の効果

重力崩壊型超新星とp-process

- 爆発モデル
- 計算方法
- 計算結果

p-processを決める3ポイント

今回は、s-process生成物の違いを議論する。

- 星の進化モデル

- 酸素・ネオン層の進化の形状。
- 爆発時の衝撃波の伝播に影響

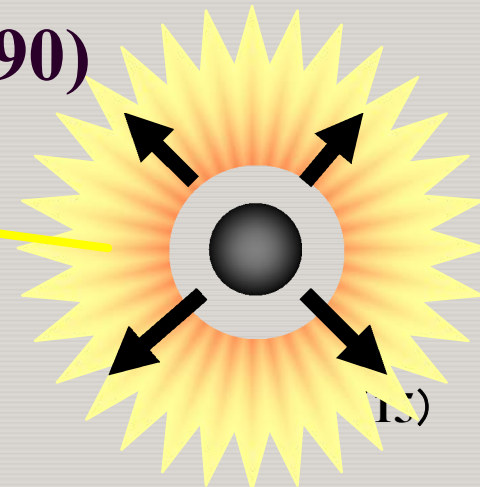
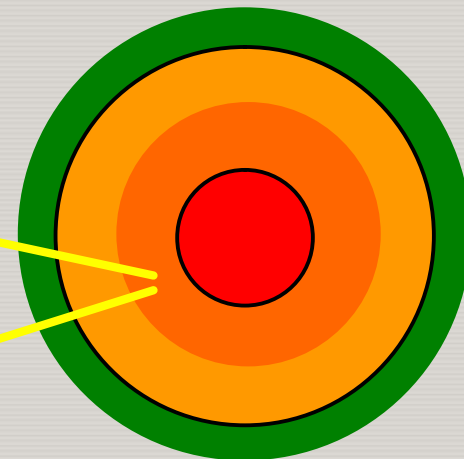
- s-process生成物

- 核反応の初期条件に依存。

(N. Prantzos, M. Hashimoto et al. 1990)

- 爆発モデル

- 元素合成の環境を決める。



回転磁場 初期モデル

磁場(toroidal)

$$B_{\phi}(X, Z) = B_0 \frac{X_0^2}{X^2 + X_0^2} \frac{Z_0^4}{Z^4 + Z_0^4}$$

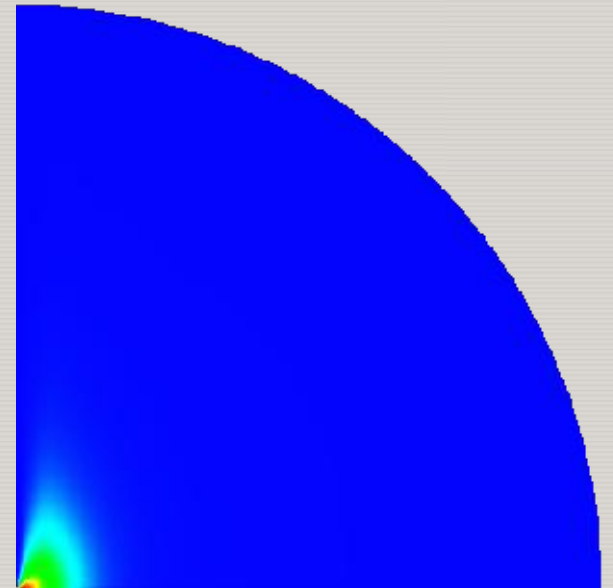
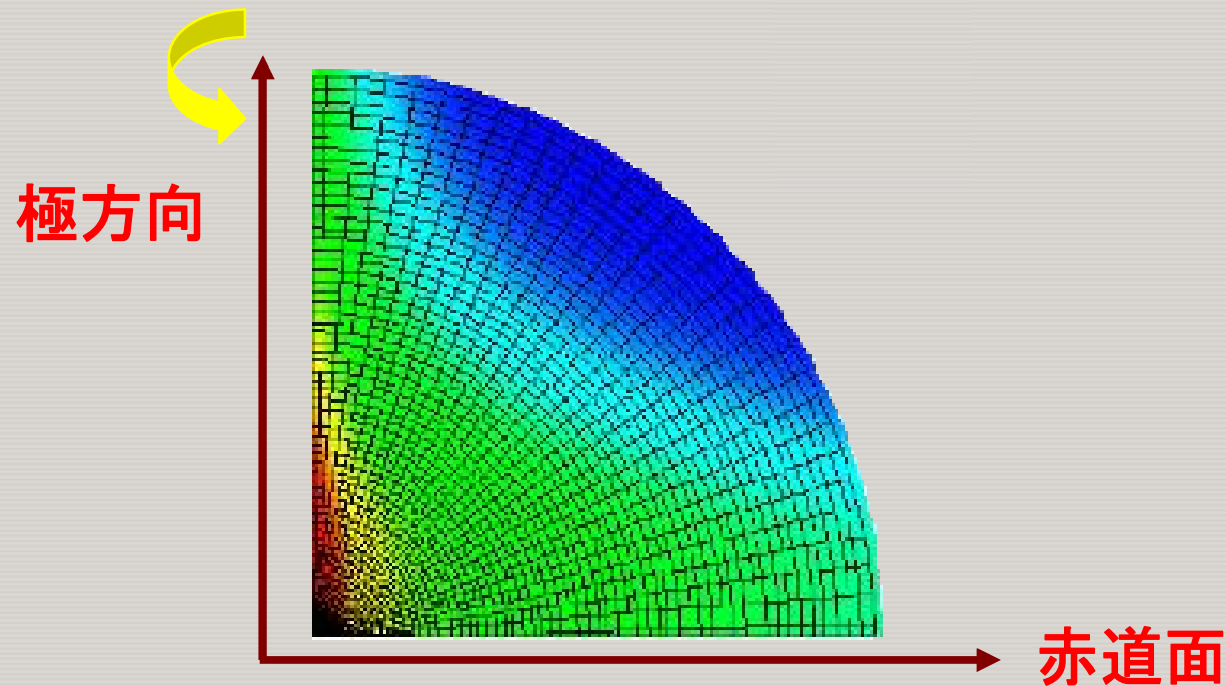
回転速度 (toroidal)

$$\Omega_{\phi}(X, Z) = \Omega_0 \frac{X_0^2}{X^2 + X_0^2} \frac{Z_0^4}{Z^4 + Z_0^4}$$

微分回転の強さ $X_0 = 100$ km、 $Z_0 = 1,000$ km

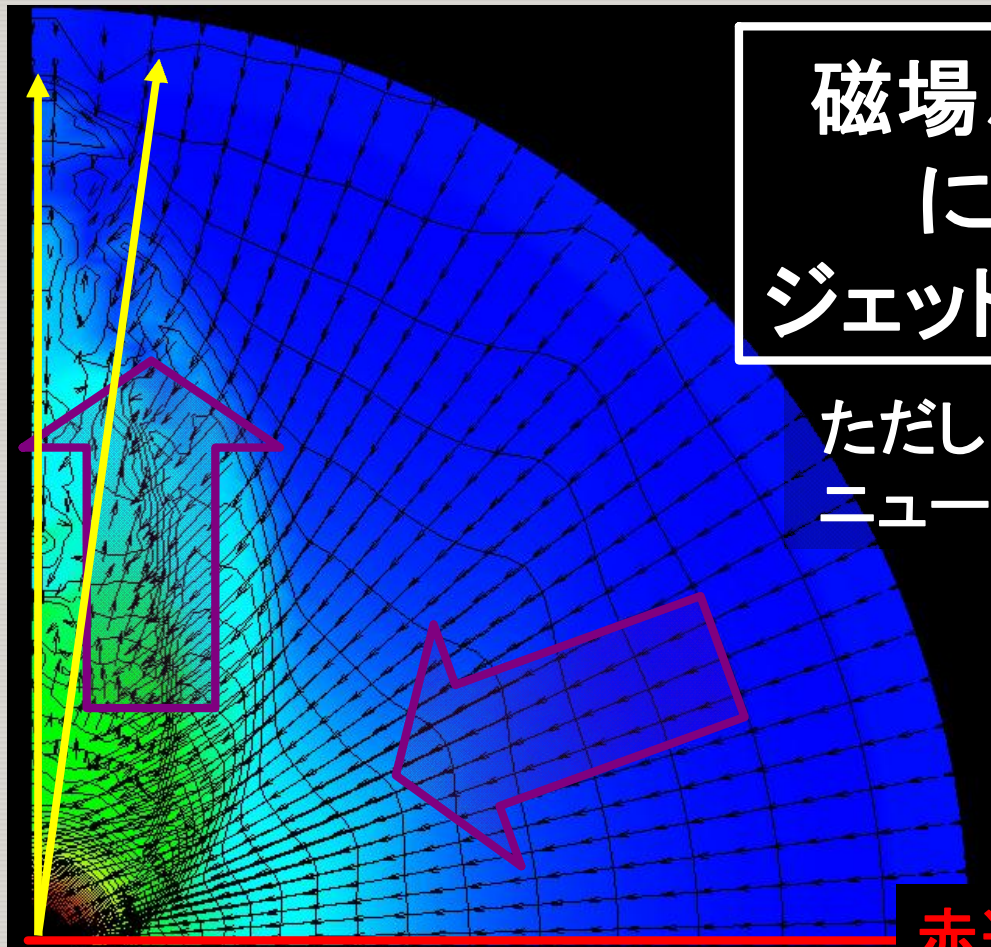
toroidal磁場の分布

回転速度の分布



超新星爆発モデル

13太陽質量 0.5秒後 密度分布



磁場、自転の形状
によっては、
ジェット状爆発になる

ただし、強磁場・強回転
ニュートリノの効果無視

Nishimura et al.

2006, ApJ

赤道面

2000km

p-process : s-process 生成物による依存性

- 爆発モデルは固定 (Nishimura et al. 2006 ジェット爆発)
- 種として N. Prantzos (1990) を使用
 - $10M_{\odot}$, $20M_{\odot}$ のモデル (爆発モデルは $13M_{\odot}$)

有意な結果の違いが出る

→ 進化計算から一貫したモデルを用いなければならない

