

大質量星進化コードの開発

吉田 敬, 梅田秀之

(東京大学大学院理学系研究科天文学専攻)

研究会「太陽物理学と恒星物理学の相互交流と将来的展望」

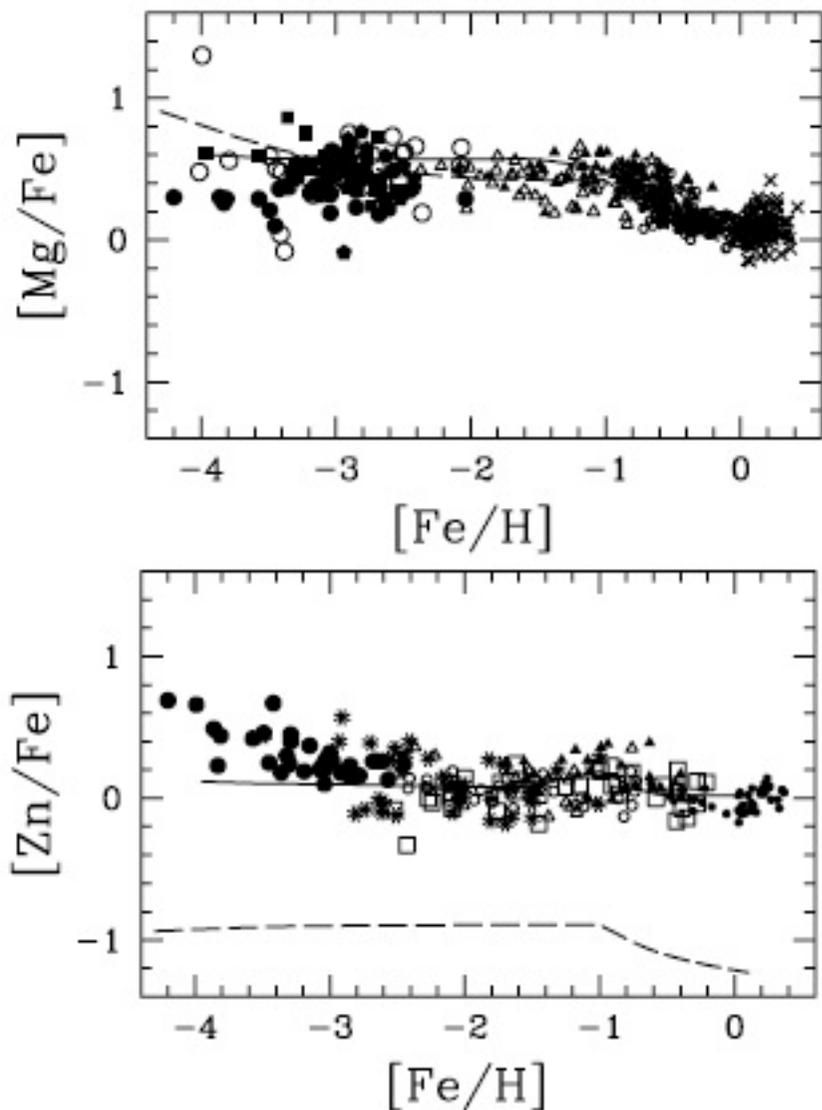
2011年12月28日東京大学本郷キャンパス

Introduction

- 大質量星 ($M > 10 M_{\odot}$?)
 - 超新星爆発として最期を迎える
 - ➡ 超新星やガンマ線バーストの **progenitor**
 - ➡ 銀河の化学進化, 元素の起源
- 巨大質量星 ($M > 100 M_{\odot}$)
- 鉄コア形成の下限質量

Introduction

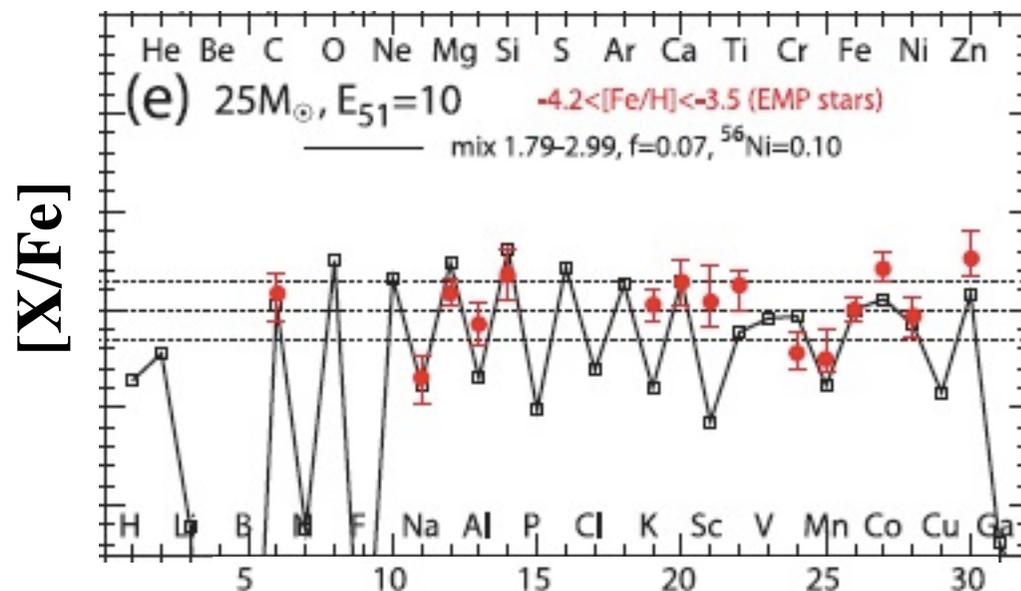
● 銀河化学進化



(Kobayashi et al. 2006)

● 超金属欠乏星の組成

➡ Pop. III超新星の寄与



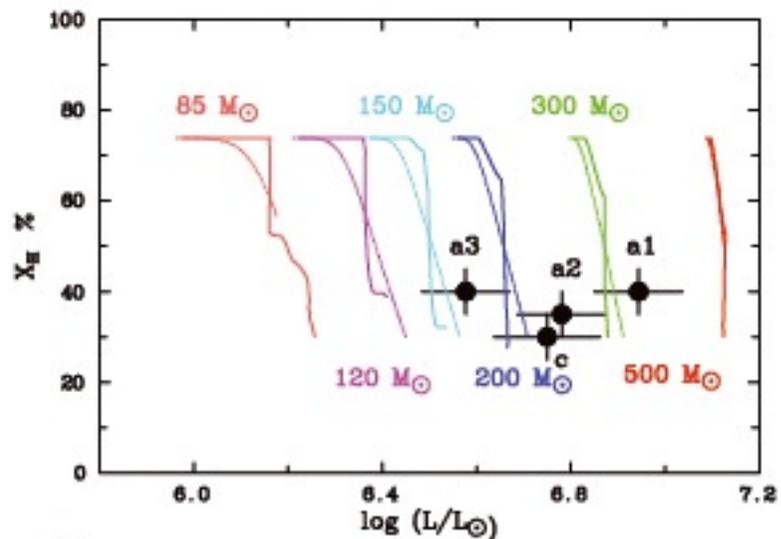
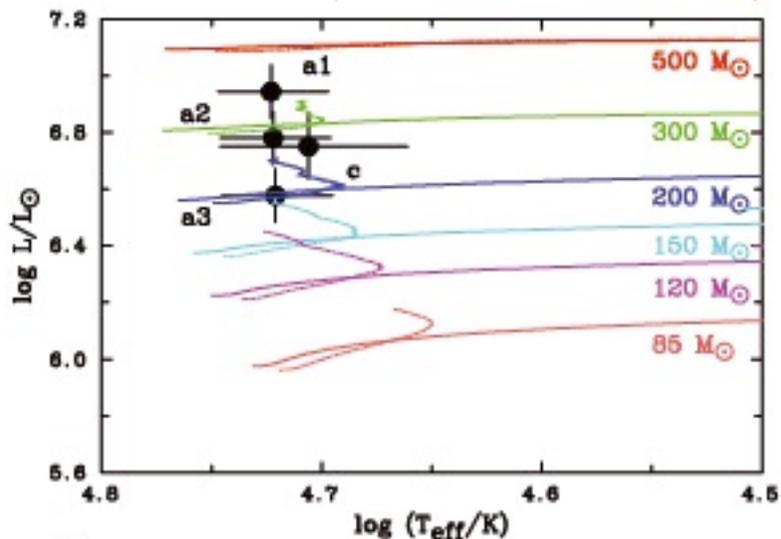
Z

(Tominaga et al. 2007)

$$[X/Fe] = \log_{10}(N_X/N_{Fe}) - \log_{10}(N_X/N_{Fe})_{\odot}$$

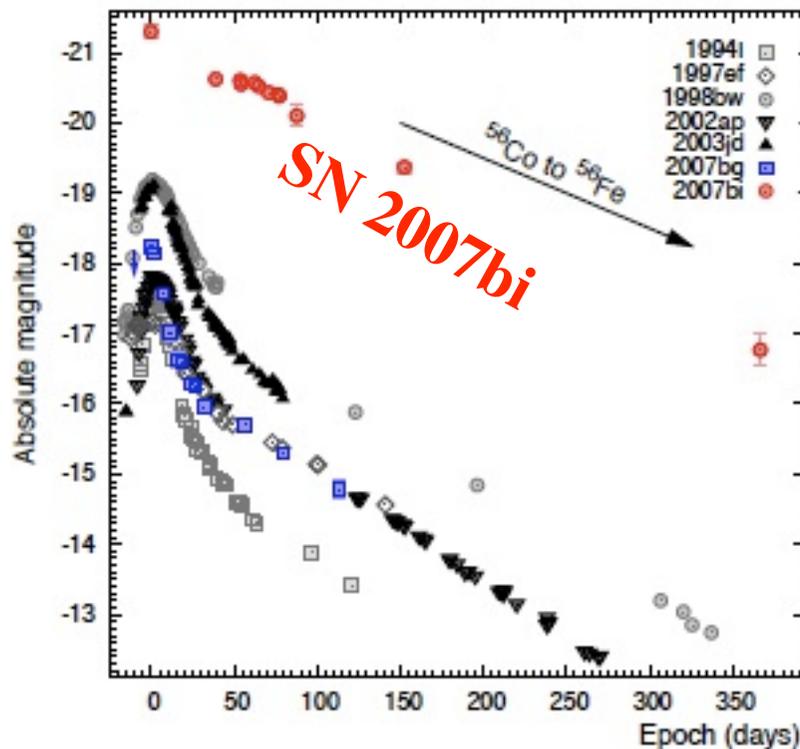
Introduction

- R136の巨大質量星 (Crowther et al. 2010)



a1: $M_{MS} \sim 320 M_{\odot}$

- SN 2007bi Pair-Instability SN?



(Young et al. 2010)

$M_{CO} \sim 100 M_{\odot}$ PISN
 $M_{CO} \sim 40 M_{\odot}$ 重力崩壊型SN

(e.g., Moriya et al. 2010)

大質量星の進化コード

- **Saio code**を改良

(Saio, Nomoto, & Kato 1988; Umeda & Nomoto 2008)

- 核反応ネットワークとエネルギー生成

➡ 282核種の核反応ネットワーク ($n, p \sim \text{Br}$)

- OB星, 赤色巨星, Wolf-Rayet星の質量放出率

(Vink et al. 2001; de Jager et al. 1988; Nugis & Lamers 2000)

- Opacity ➡ OPAL Opacity (Iglesias & Rogers 1996)など

- 加速度項については調整中

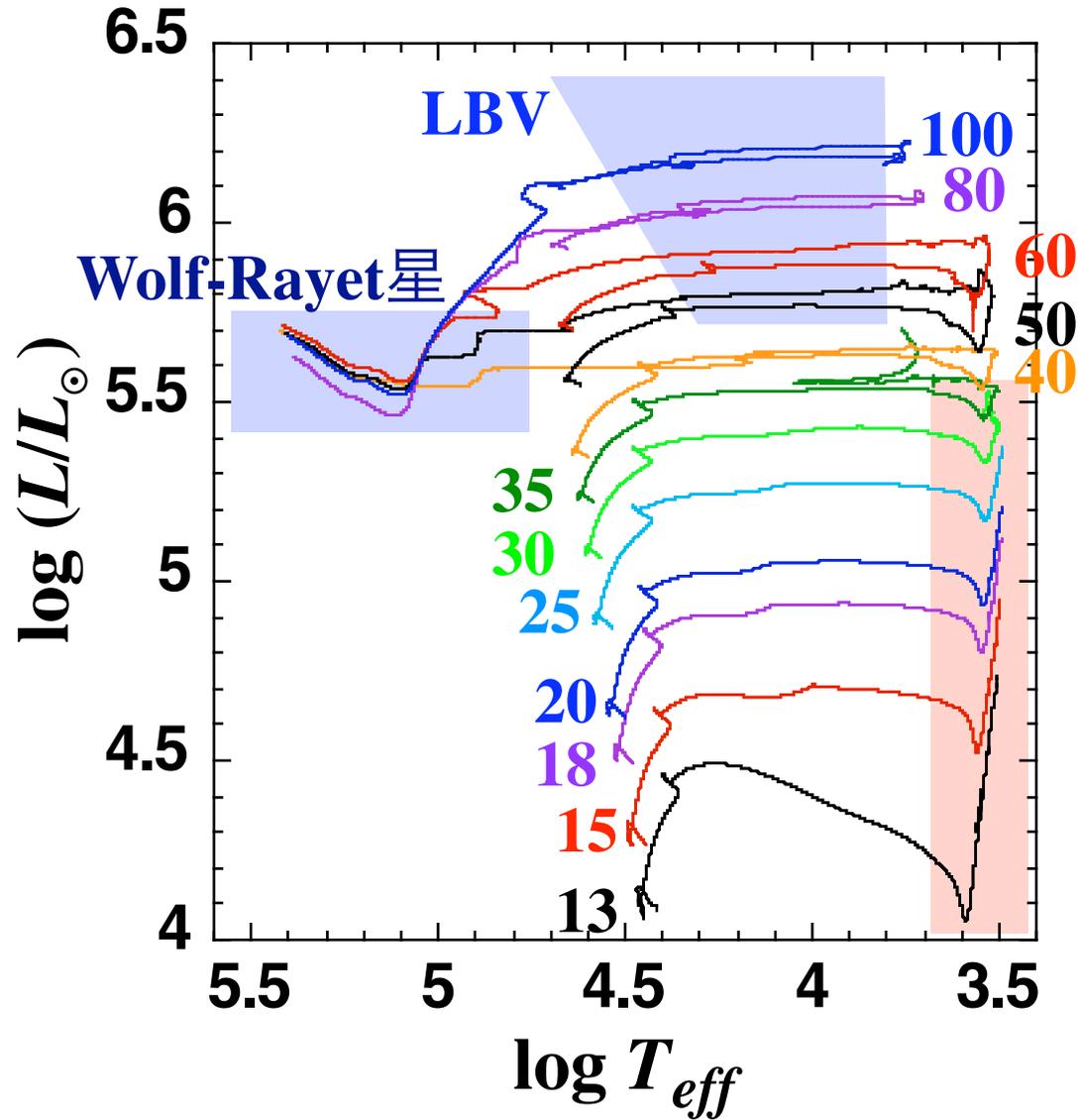
- 回転の効果(角運動量輸送は拡散的 e.g., Heger et al. 2000)

- $11 \leq M_{\text{MS}} \leq 100 M_{\odot}$, $Z=0.02$ の星

- $100 \leq M_{\text{MS}} \leq 500 M_{\odot}$, $Z=0.004$ の星

大質量星のHR図

Z=0.02 (solar metallicity)



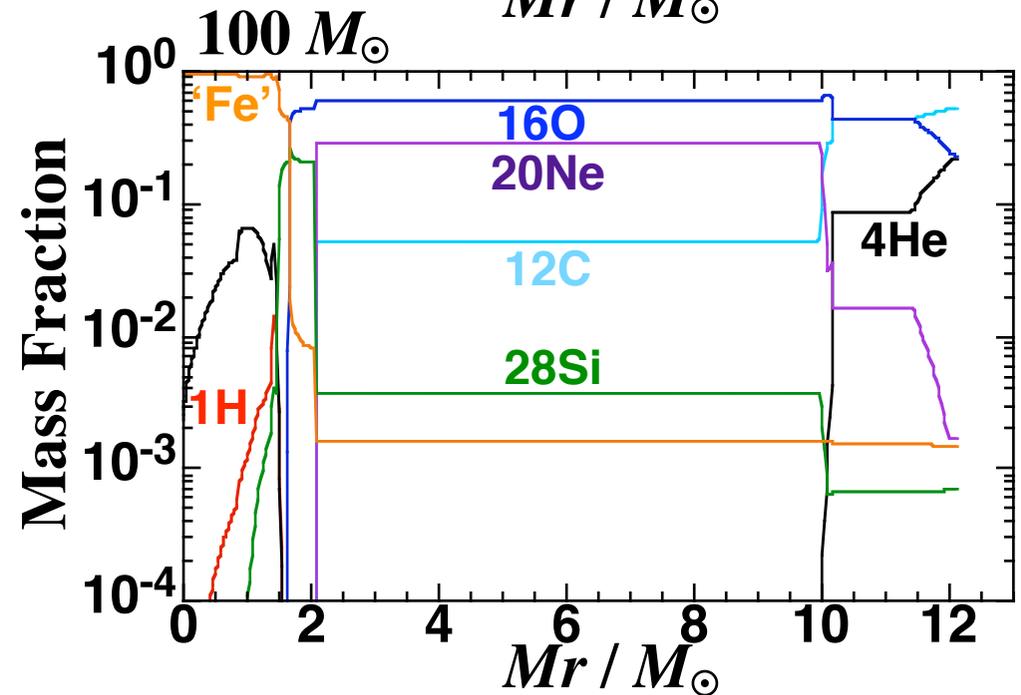
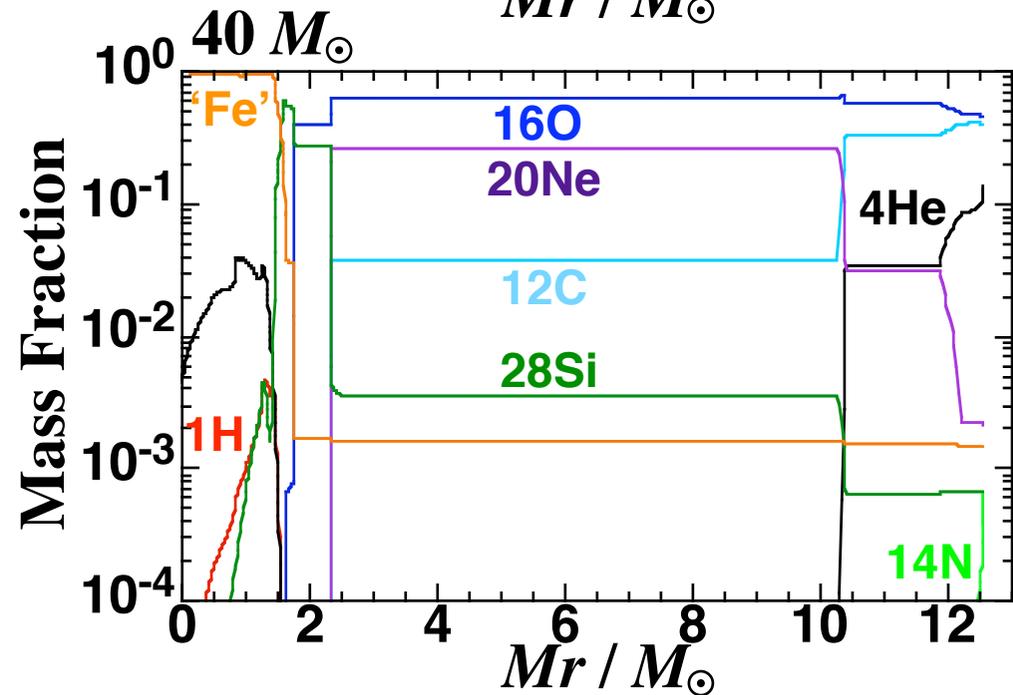
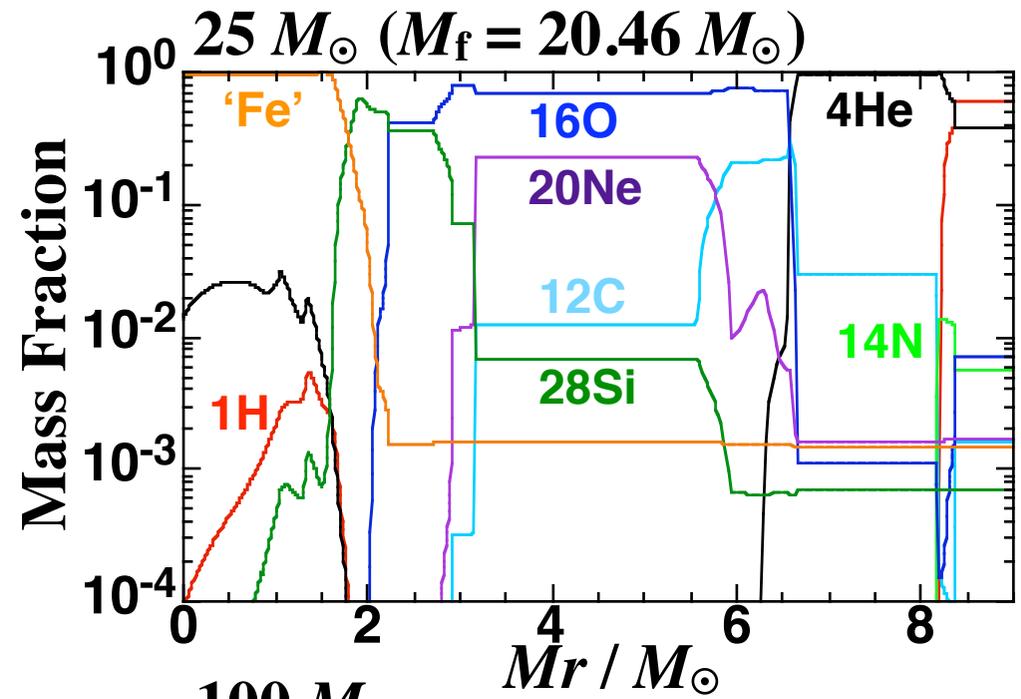
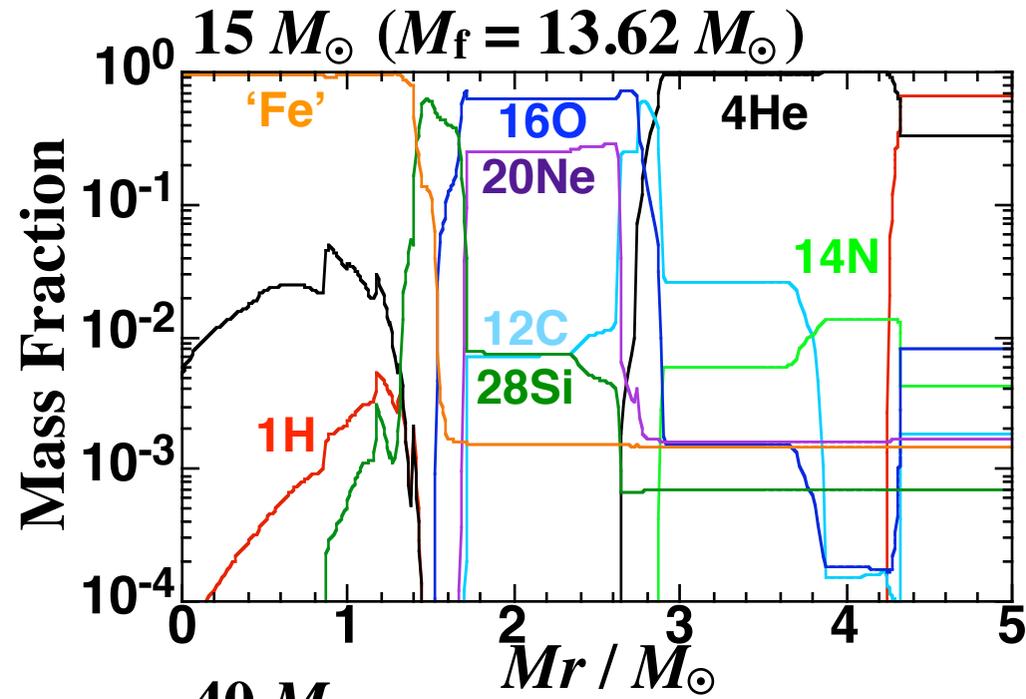
→ Wolf-Rayet星

● Type Ib/Ic超新星
 $M_{MS} > 40 M_{\odot}$

→ 赤色巨星

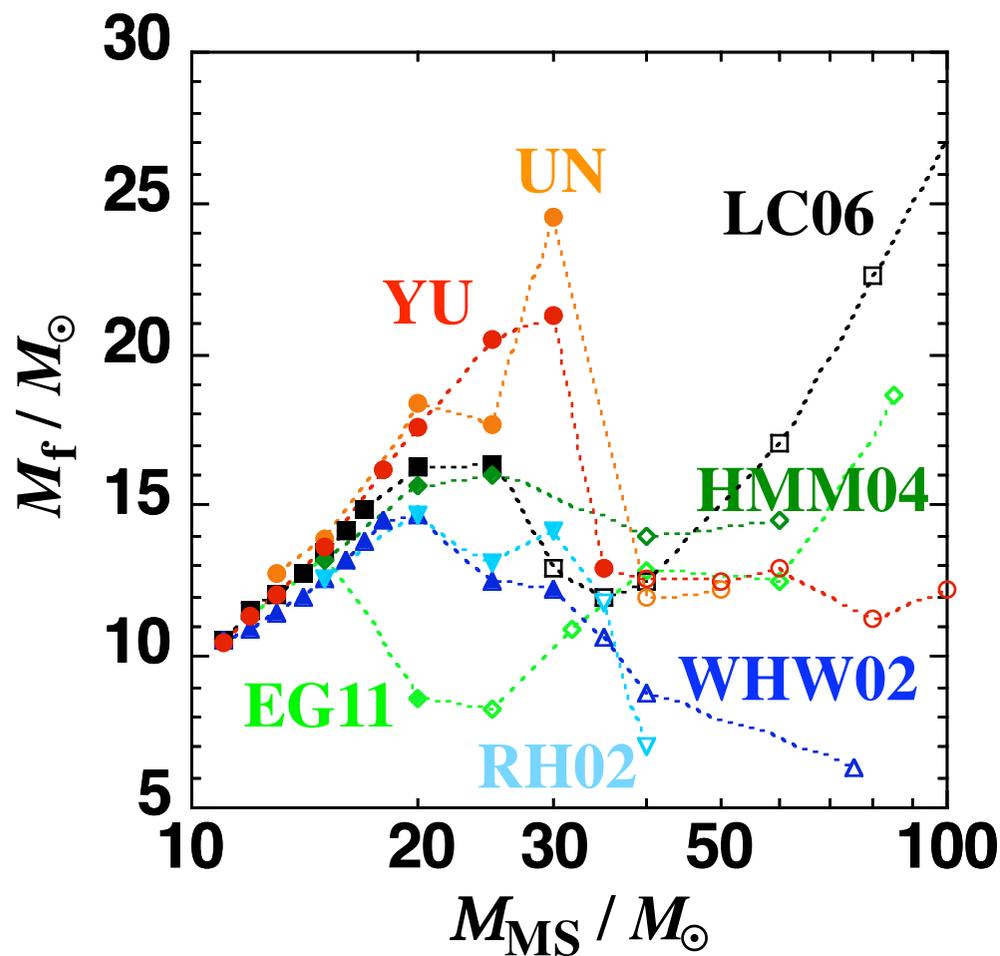
● Type II超新星
 $M_{MS} < 40 M_{\odot}$

質量比分布



星の最終質量

● モデル依存性 ($Z=0.02$)



YU: Yoshida & Umeda

UN: Umeda & Nomoto

LC06: Limongi & Chieffi 2006

WHW02: Woosley, Heger, Weaver 2002

RH02: Rauscher, Heger et al. 2002

HMM04: Hirschi, Meynet, Maeder 2002

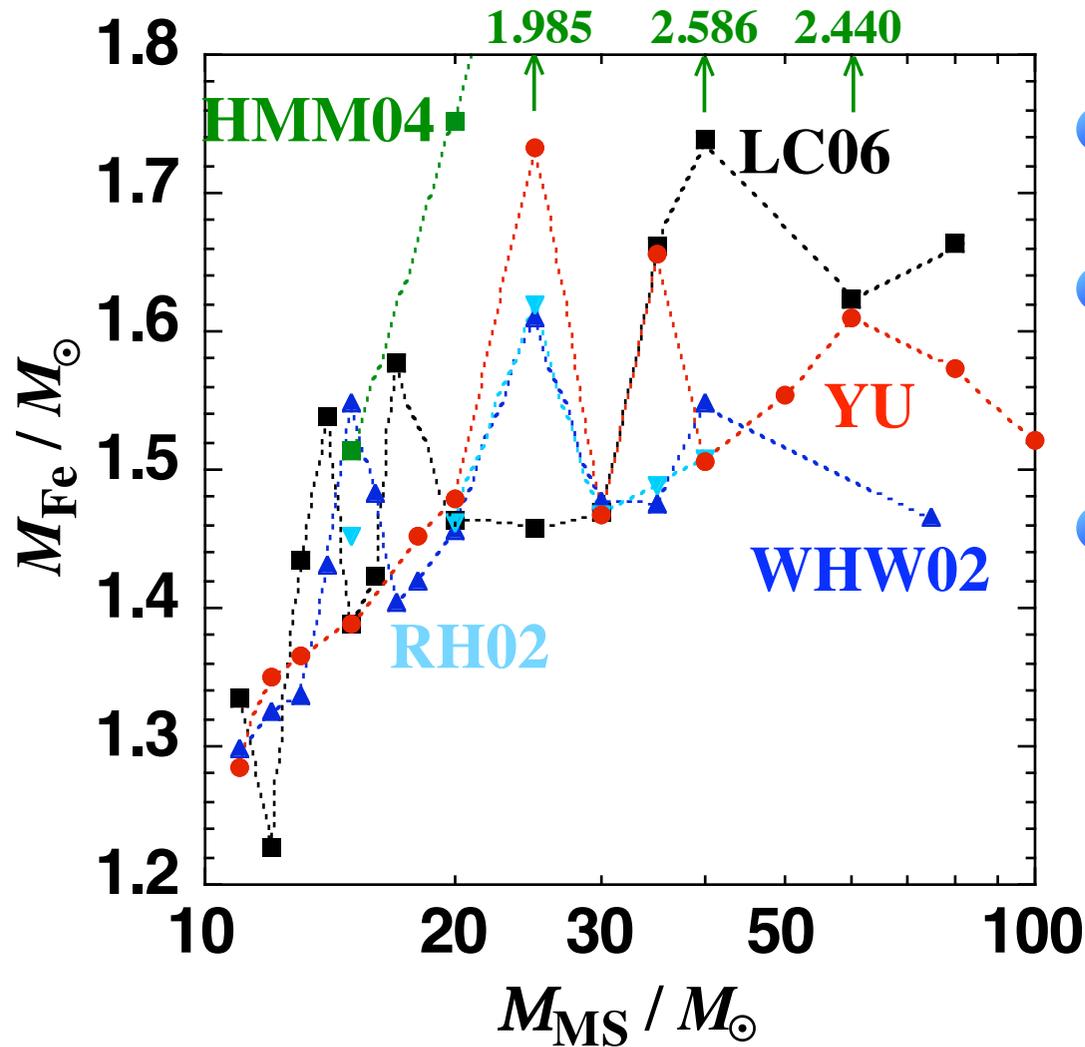
EG11: Ekstrom et al. 2011

● ● ● ▲ ▼ ◆ ◆ → 赤色巨星

○ ○ □ △ ▽ ◇ ◇ → Wolf-Rayet星

Fe Core質量

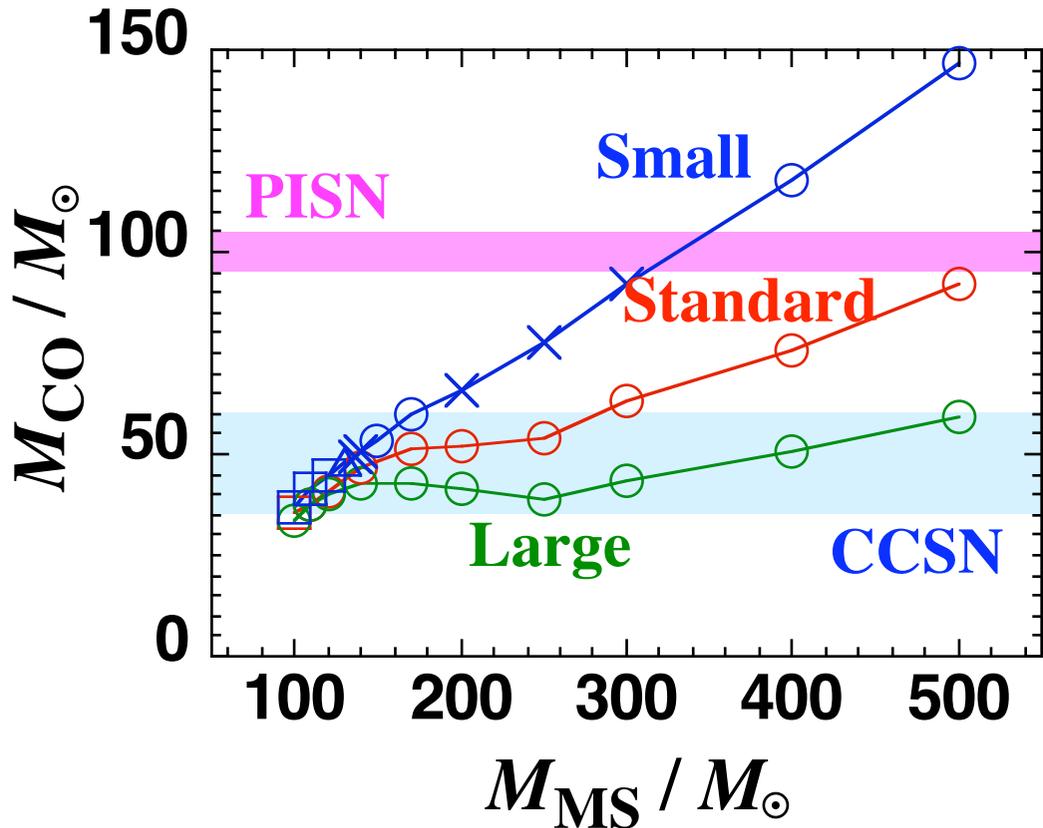
- Fe core → $X(\text{Ti-}) > 0.5$ を満たす最大の質量座標



- 質量依存性は複雑
- 大部分のモデルは $1.3 M_{\odot} < M_{\text{Fe}} < 1.6 M_{\odot}$
- $25 M_{\odot}$ model??

SN 2007biの爆発機構への応用

- $Z=0.004$ 巨大質量星の進化 (Yoshida & Umeda 2011)



SN2007biの ^{56}Ni 生成量

$$M(^{56}\text{Ni}) = 3 - 10 M_{\odot}$$

(Gal-Yam et al. 2009)

- Pair-Instability (PI) SN

➡ $M_{\text{CO}} \sim 95 - 105 M_{\odot}$

- Core Collapse (CC) SN

➡ $M_{\text{CO}} \sim 35 - 60 M_{\odot}$

(Umeda & Nomoto 2002, 2008;
Heger & Woosley 2002)

- PISN ➡ $M_{\text{MS}} \sim 515 - 575 M_{\odot}$

($M_{\text{MS}} \sim 310 - 350 M_{\odot}$ for Small mass loss)

- CCSN ➡ $M_{\text{MS}} \sim 100 - 280 M_{\odot}$

($M_{\text{MS}} \sim 110 - 500 M_{\odot}$ for Large mass loss)

($M_{\text{MS}} \sim 100 - 170 M_{\odot}$ for Small mass loss)

まとめ

- 大質量星進化コードを開発中
 - $Z = 0.02, M \geq 11 M_{\odot}$ の星の進化
 - ➡ $M > 20 M_{\odot}$ では大きめの最終質量
 - ➡ 鉄コアの大きさの不定性
Si燃焼以降の計算
- 応用例
 - 巨大質量星の進化とSN 2007biのprogenitor
 - **Pair-Instability**超新星
 - ➡ $M_{\text{MS}} \sim 515 - 575 M_{\odot}$
 - 重力崩壊型超新星
 - ➡ $M_{\text{MS}} \sim 100 - 280 M_{\odot}$