A Modified Initial Mass Function of the First Stars with Explodability Theory under Different Enrichment Scenarios

GAゼミ：2024/10/23 石川諒

Jiang *et al.*

arXiv: https://arxiv.org/pdf/2409.08659

[Abstract]

超低金属量星は、PopIIIの最初の金属汚染を遺す。観測した星のabundanceと理論的yieldを比較することで、M_ZAMSや爆発エネルギーなど、初代星の物理的性質を推測できる。本研究では、異なる汚染過程での高分散分光観測で406個の金属欠乏星の初期質量分布(IMF)を求めた。その質量分布はSalpeter IMFと一致せず、べき関数をExplodability理論で修正した。結果、大きな爆発エネルギー指数を持つ極めてTop-heavy(or flat)な初期質量関数が示唆された。これは初期の金属汚染過程でExplodabilityを考慮する必要性を示している。

[Goal]

近傍での初代星のIMFを化学組成から決定する

[Originality]

Explodability理論を用いることで
理論的に爆発しうるPop ⅢSNを決定しIMFの推定に組み込んだ

[Logic]

- SNe yield モデル: 10-100$M_\odot$: CCSNe (Heger&Woosley 10')
  140-260$M_\odot$: PISNe (Heger&Woosley 02')
- 組成fitting: STARFIT(χ^2 最小二乗法)
  - 使用元素:14(C+N, O, Na, Mg, Al, Si, S, Ca, Ti, V, Mn, Fe, Co, Ni)
- [Sample] SAGA database +すばるHR/LAMOST
  1. [Fe/H] <-2.5　　2. 上記元素中8元素以上の観測
- **Explodability理論:** 中性子星の限界質量から爆発可能なパラメタを制限
  - 組成のfittingの前に爆発が非現実的なSNモデルを排除

[Result & Discussion]

Fig.3 : **組成から星質量の推定分布**
全てmono-enrichedを仮定した、MCMCで各星の推定質量分布

Fig.4 : **推定される初代星の質量分布とbest-fitなIMF**
棒グラフ: fig.3で推定した星質量分布の累積
黒線: 単純なべき乗関数fitting
茶破線: べき関数×log-normal(形態的、物理によらない)
赤線: Explodability理論を加えたべき乗関数fitting

$$\tilde{P}_M \propto M^{-\alpha_m} \int \zeta(M,E)\, E^{-\alpha_e} dE. \qquad (21)$$

Fig.5 : **Explodability理論による、超新星爆発する(M,E)領域**

Fig. 3(抜粋)

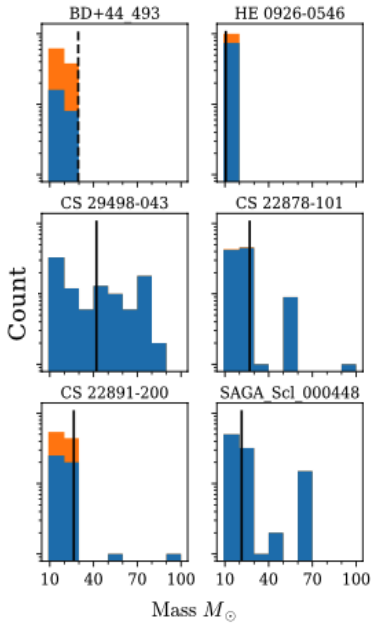


Fig. 4(抜粋)

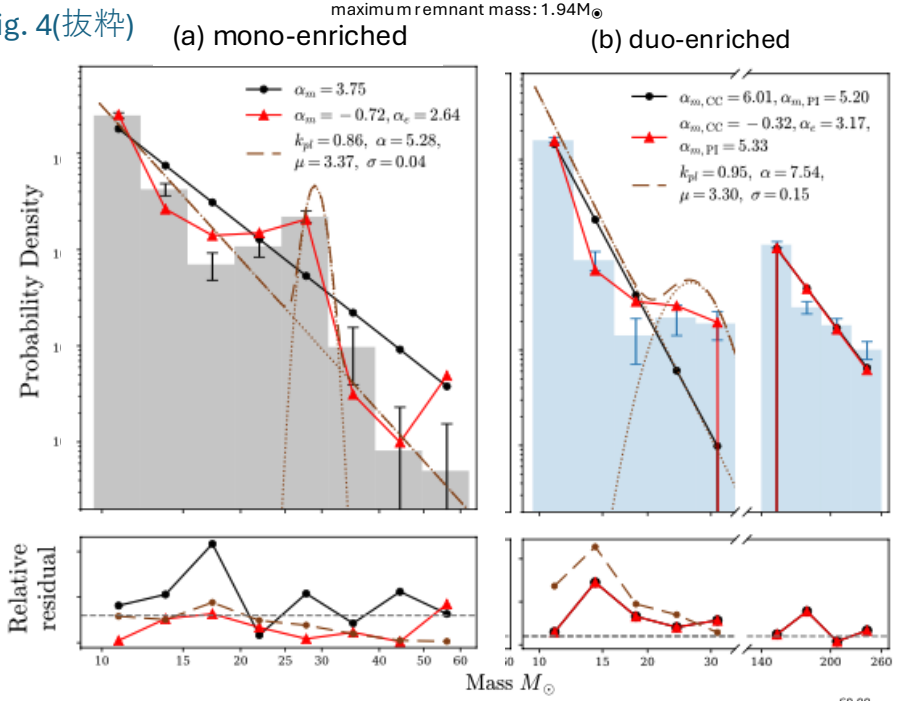
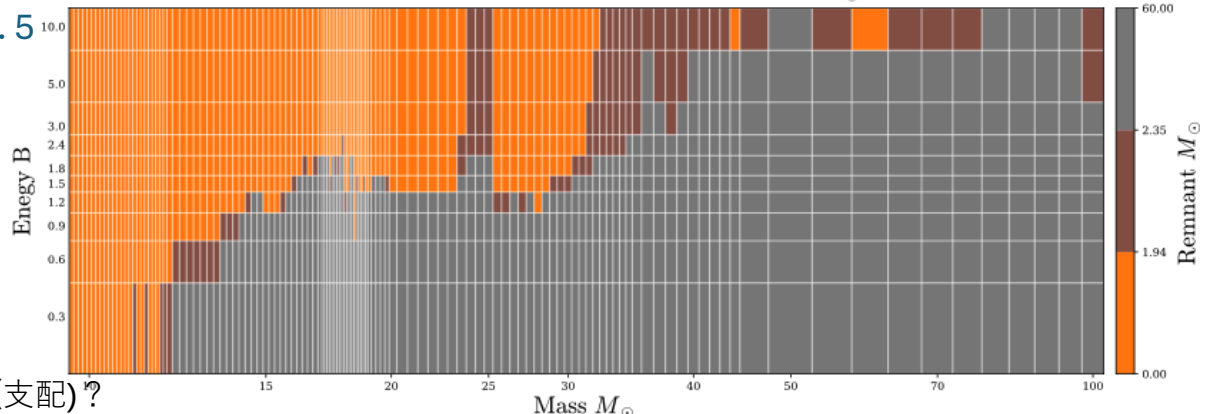


Fig. 5



[Comment]

(IMFがflatよりtop-heavy について:)
Explodability理論で大質量ではほとんど爆発しない事&分布確率≠0に強く起因(支配)？

Fig. 1　使用可能な元素数と、その際のχ^2分布の箱ひげ図

Fig. 2　各星の推定質量をMCMCで求めた際の、
MCMCを回した回数(100 vs1000)による結果の違い(mono-enriched)

Table 1　figure 4 における結果を表にまとめたもの

fig.1

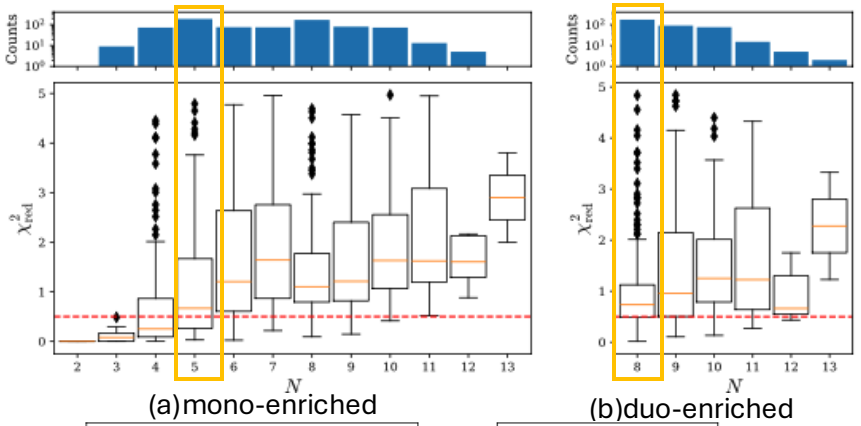


Fig. 2

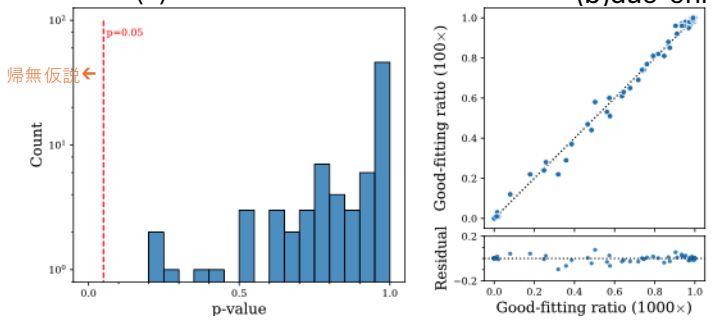


table 1

Enrichment scenario	Explodability restriction	Power-law		Modified power-law		
		$\alpha_{m,\rm CC}$	$\alpha_{m,\rm PI}$	$\alpha_{m,\rm CC}$	α_e	$\alpha_{m,\rm PI}$
Mono	—	3.39 ± 0.04	—	—	—	—
	$2.35\ M_\odot$	3.58 ± 0.04	—	$-0.14^{+0.08}_{-0.07}$	2.60 ± 0.04	—
	$1.94\ M_\odot$	3.75 ± 0.04	—	$-0.72^{+0.08}_{-0.10}$	2.64 ± 0.04	—
Duo	—	$4.63^{+0.31}_{-0.29}$	$5.29^{+0.44}_{-0.52}$	—	—	—
	$2.35\ M_\odot$	$5.79^{+0.42}_{-0.39}$	$5.18^{+0.46}_{-0.56}$	-0.69 ± 0.74	$3.64^{+0.37}_{-0.35}$	$5.22^{+0.56}_{-0.53}$
	$1.94\ M_\odot$	$6.01^{+0.44}_{-0.41}$	$5.20^{+0.47}_{-0.53}$	-0.32 ± 0.74	3.17 ± 0.30	$5.33^{+0.59}_{-0.56}$

Fig. 4の全ての図

