
超矮小銀河のs過程 元素生成について

Yuta Tarumi with Takuma Suda, Robert Grand,
Freeke van de Voort, Shigeki Inoue, Naoki Yoshida and Anna Frebel

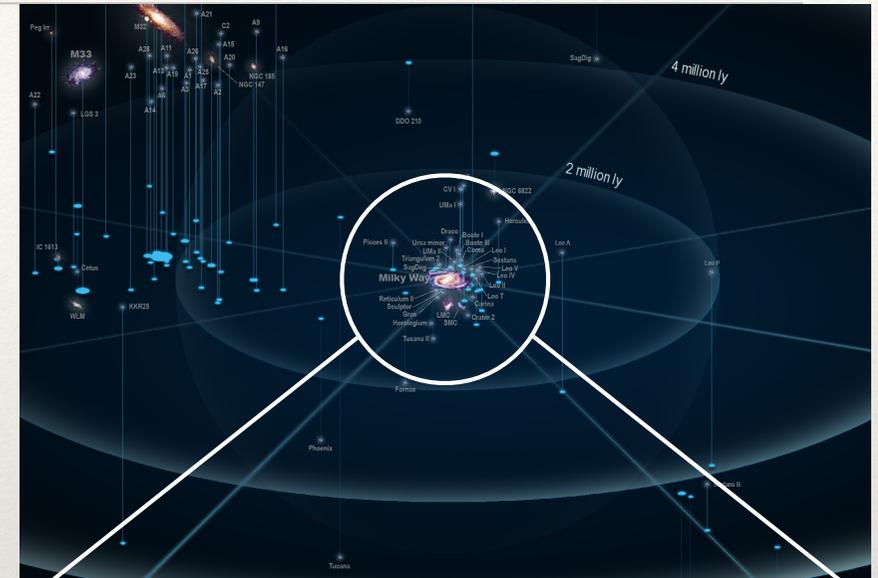


東京大学
THE UNIVERSITY OF TOKYO

UFDとは？

https://en.wikipedia.org/wiki/Local_Group

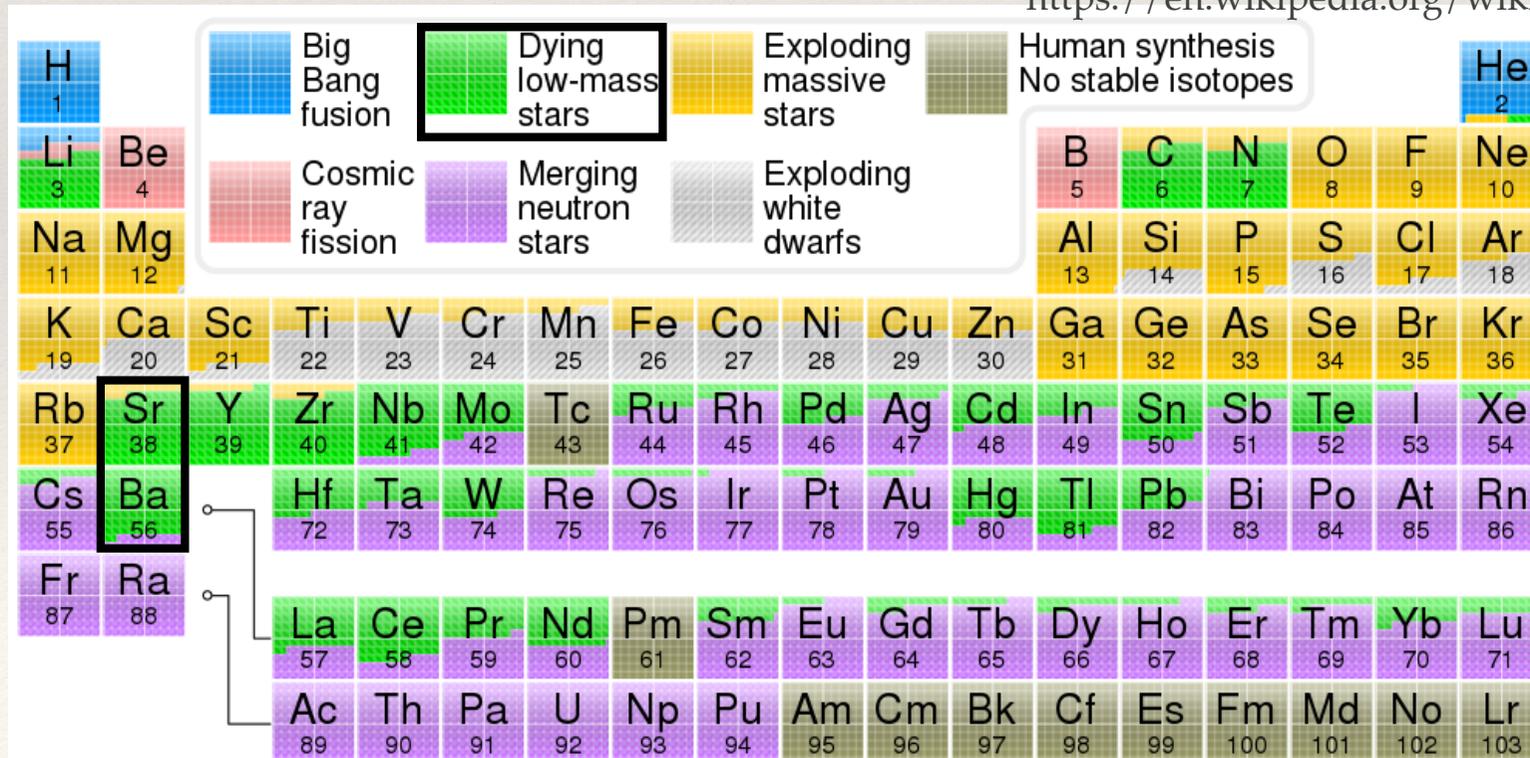
- ❖ Ultra-Faint Dwarf: 衛星銀河のうち小さいもの($10^5 L_{\text{sun}}$ 以上)
- ❖ 星年齢が古いことが知られている: 高赤方偏移銀河のprobeとして使える
- ❖ 星質量が小さい: レアなイベントの確率性が見える。例えばr過程が(おそらく)0 or 1回。
- ❖ 元素合成の謎を解く鍵となる銀河



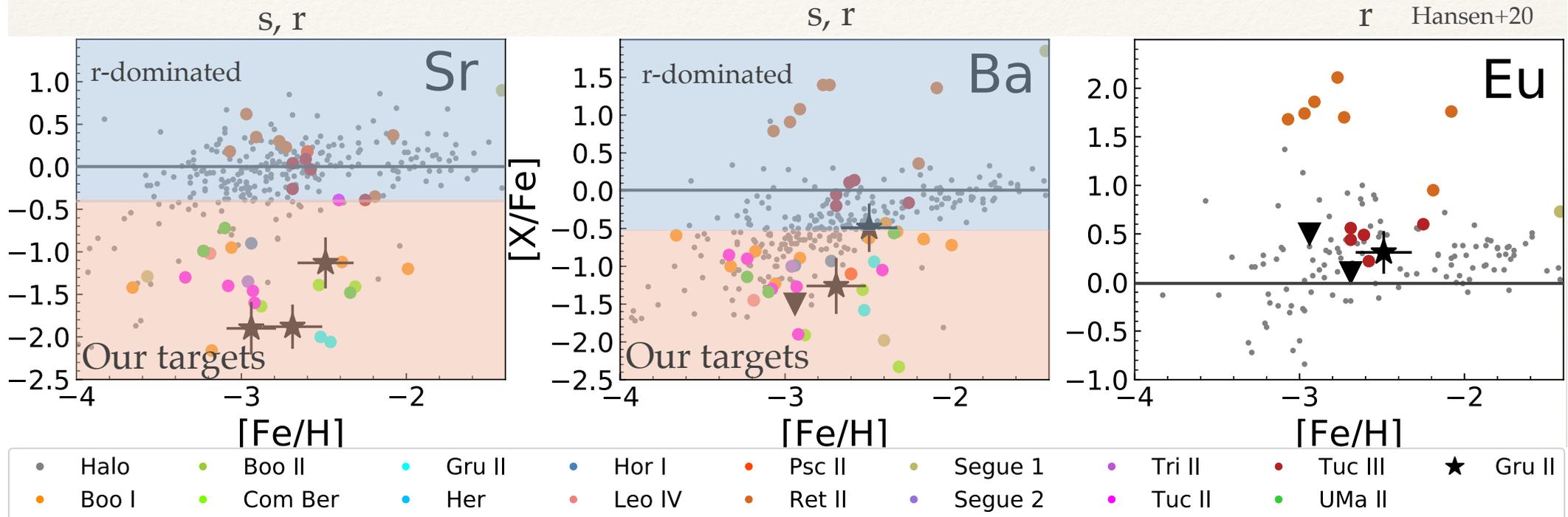
s過程とは？

- ❖ s-process = “Slow neutron-capture process”
- ❖ 漸近巨星分枝(AGB)星: 中小質量星の末期段階でできる。
- ❖ s と r を区別できるか？

<https://en.wikipedia.org/wiki/Nucleosynthesis>



UFDのs過程元素量



❖ Sr, Ba: 少なめ。Eu: データ不足。

❖ 3/16 のUFDにEuが見つかり、r過程組成を示す。

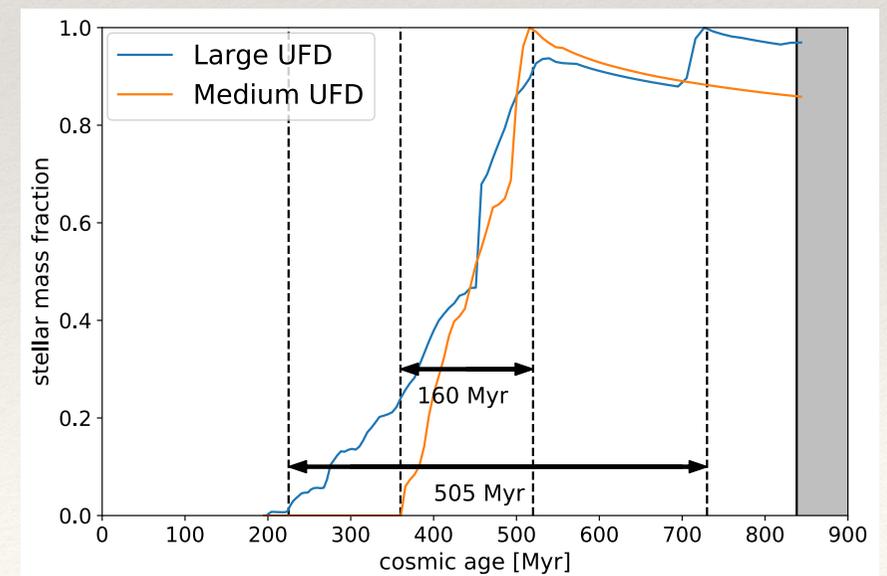
❖ 他のUFDにおけるBa, Srの起源は何か？

$$[X/Y] = \log_{10} \left[\frac{N_X}{N_Y} \right] + C$$

Normalized to solar

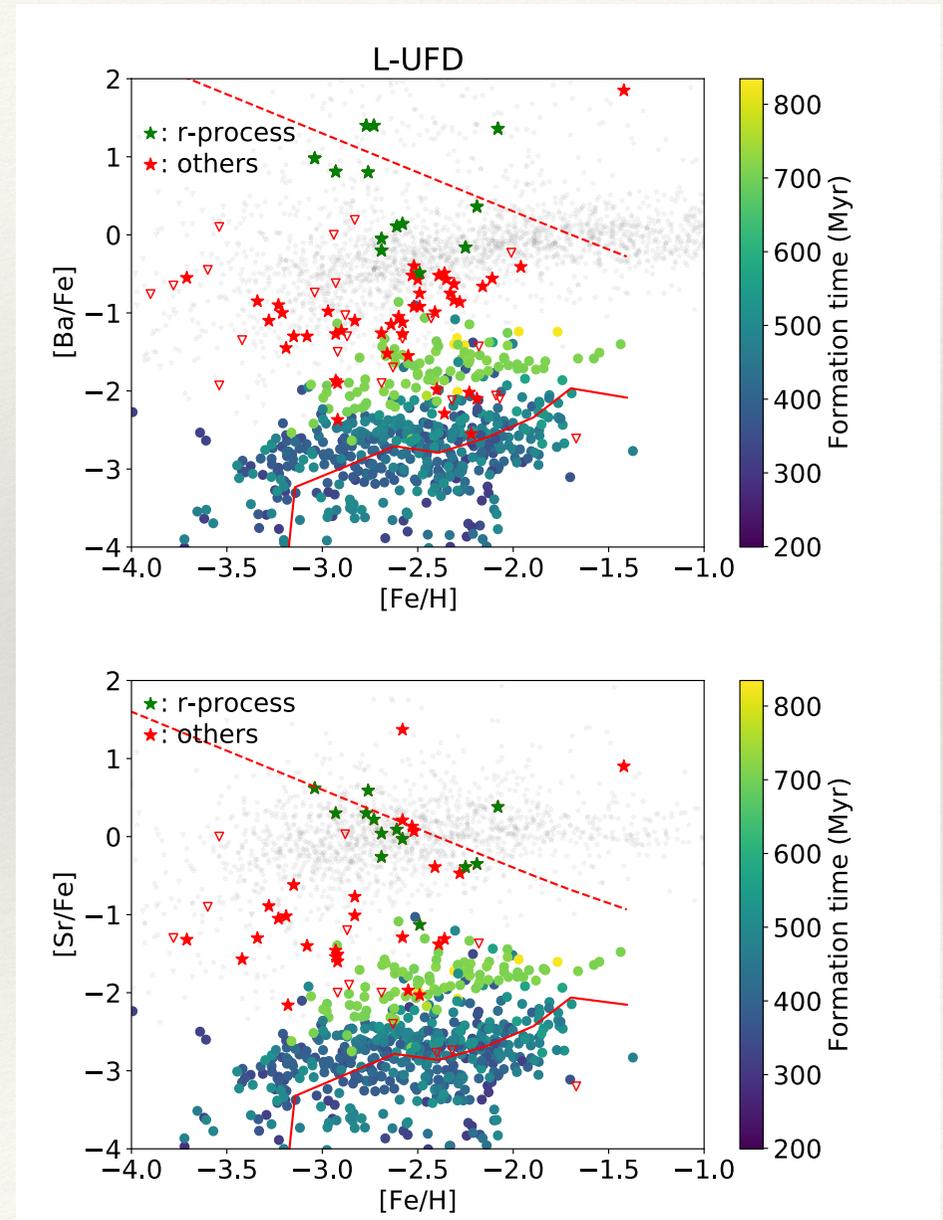
Simulation

- ❖ 銀河形成コード AREPO を使用
- ❖ 星粒子質量 $20M_{\text{sun}}$ 、星の質量分布を離散化
- ❖ $z=6$ まで、2 銀河サンプル作成
- ❖ AGB 以外の寄与:
 - ❖ 回転大質量星 (RMS, Ba and Sr)
 - ❖ 電子捕獲型超新星爆発 (ECSN, Sr)
 - ❖ IMF の変更



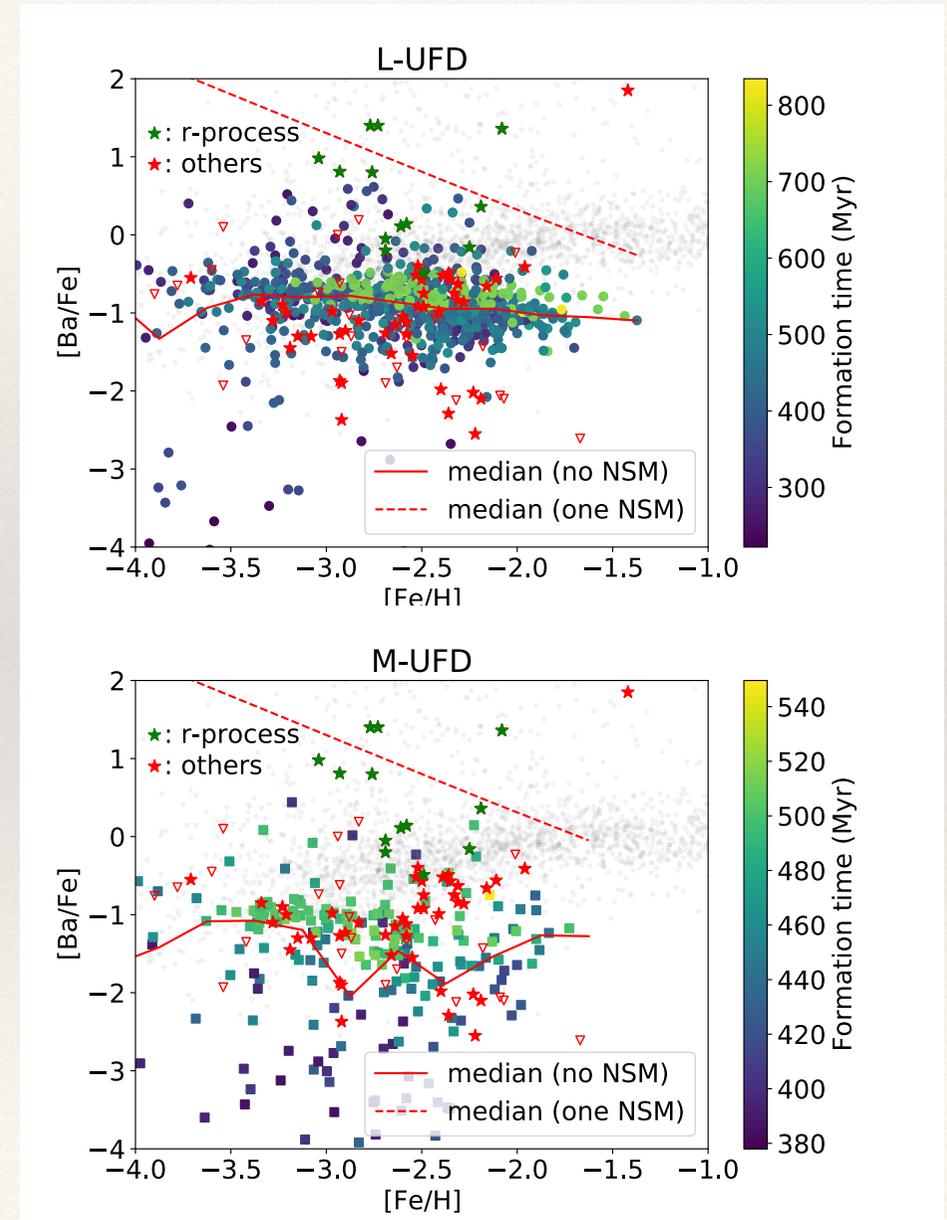
結果: AGBのみ

- ❖ $[\text{Ba}/\text{Fe}]$, $[\text{Sr}/\text{Fe}]$ は $> 1\text{dex}$ 程度足りない。
- ❖ Ba, Srの起源は何か？
 - ❖ RMS?
 - ❖ ECSN?
 - ❖ IMFの変更?



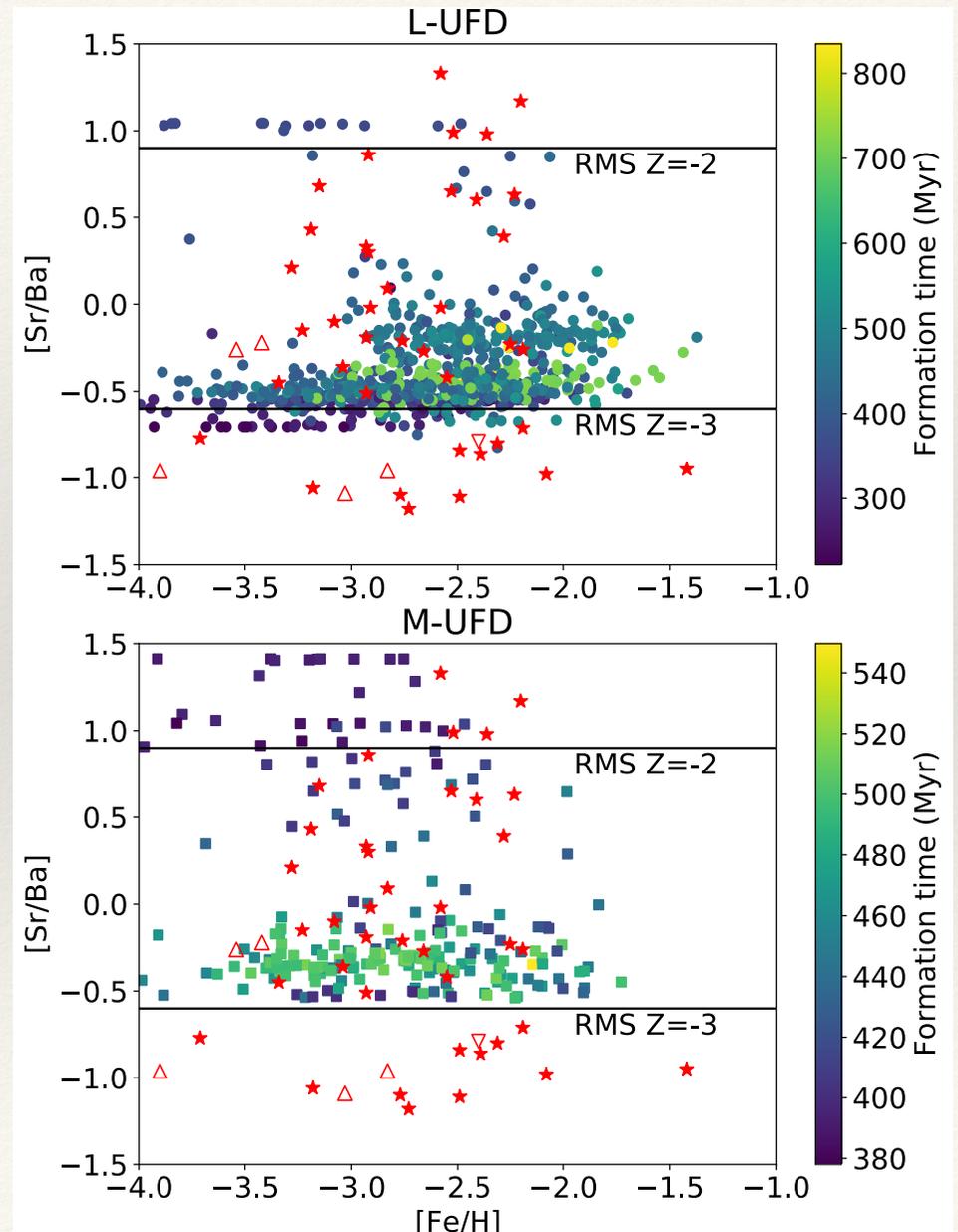
Results: RMS model

- ❖ 元素合成量:
Limongi&Chieffi (2018)
- ❖ 回転速度分布: Prantzos
(2018)
- ❖ Ba量はRMSで説明できる。
- ❖ $[Ba/Fe]$ は一定もしくは右肩
下がり



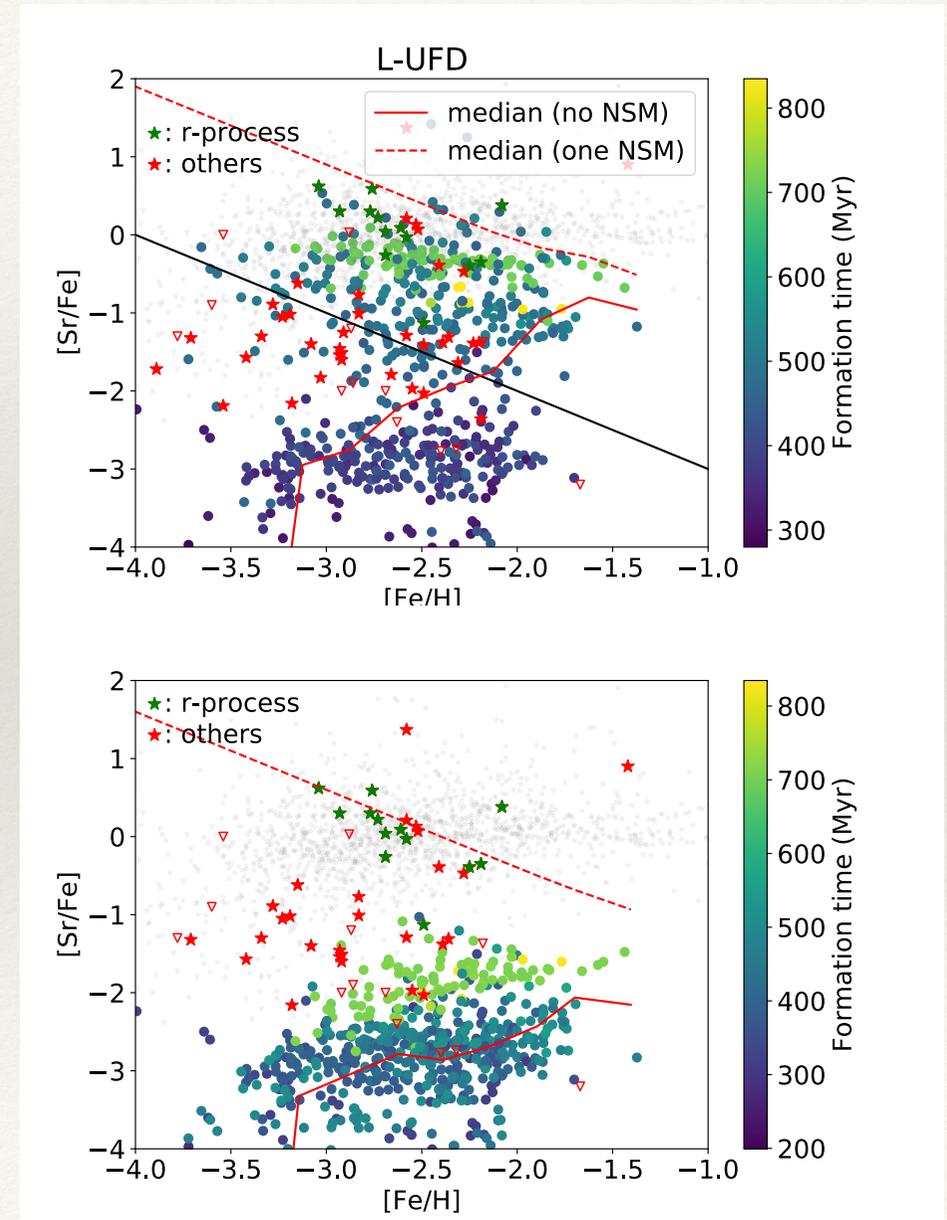
Results: RMS model

- ❖ RMSモデルのテスト:
 - ❖ 窒素の測定,
 - ❖ [Sr/Ba] 比
- ❖ RMSの予言: [Sr/Ba] は金属量とともに増加する。



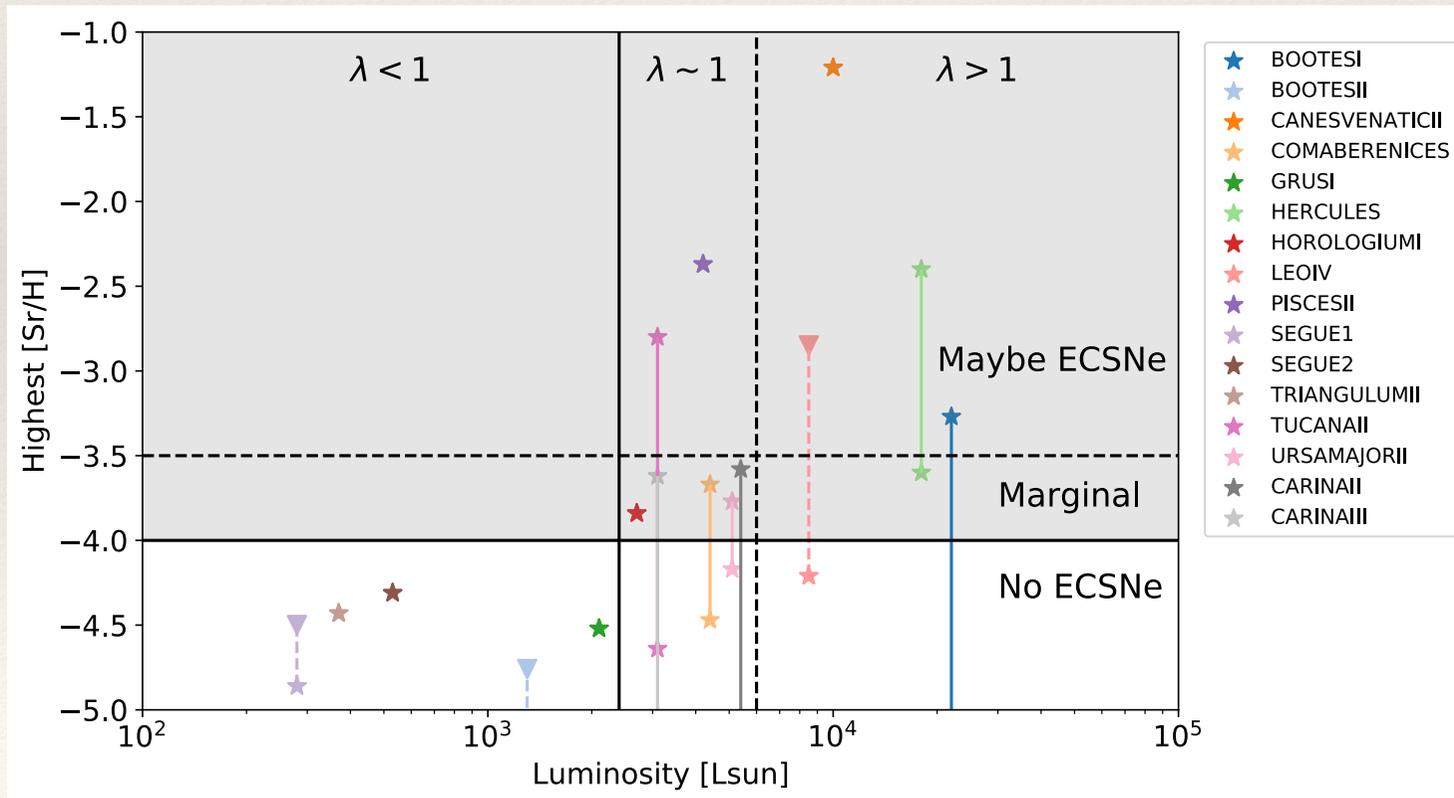
Results: ECSN model

- ❖ 元素合成量: Wanajo (2018),
 $7.9 \times 10^{-5} M_{\odot}$ of Sr
produced
- ❖ レート: 不定、1/50 of 重力崩
壊型超新星を仮定
- ❖ ECSNが一回でも起こると、
系を $[Sr/H] > -4.0$ までenrich
する。



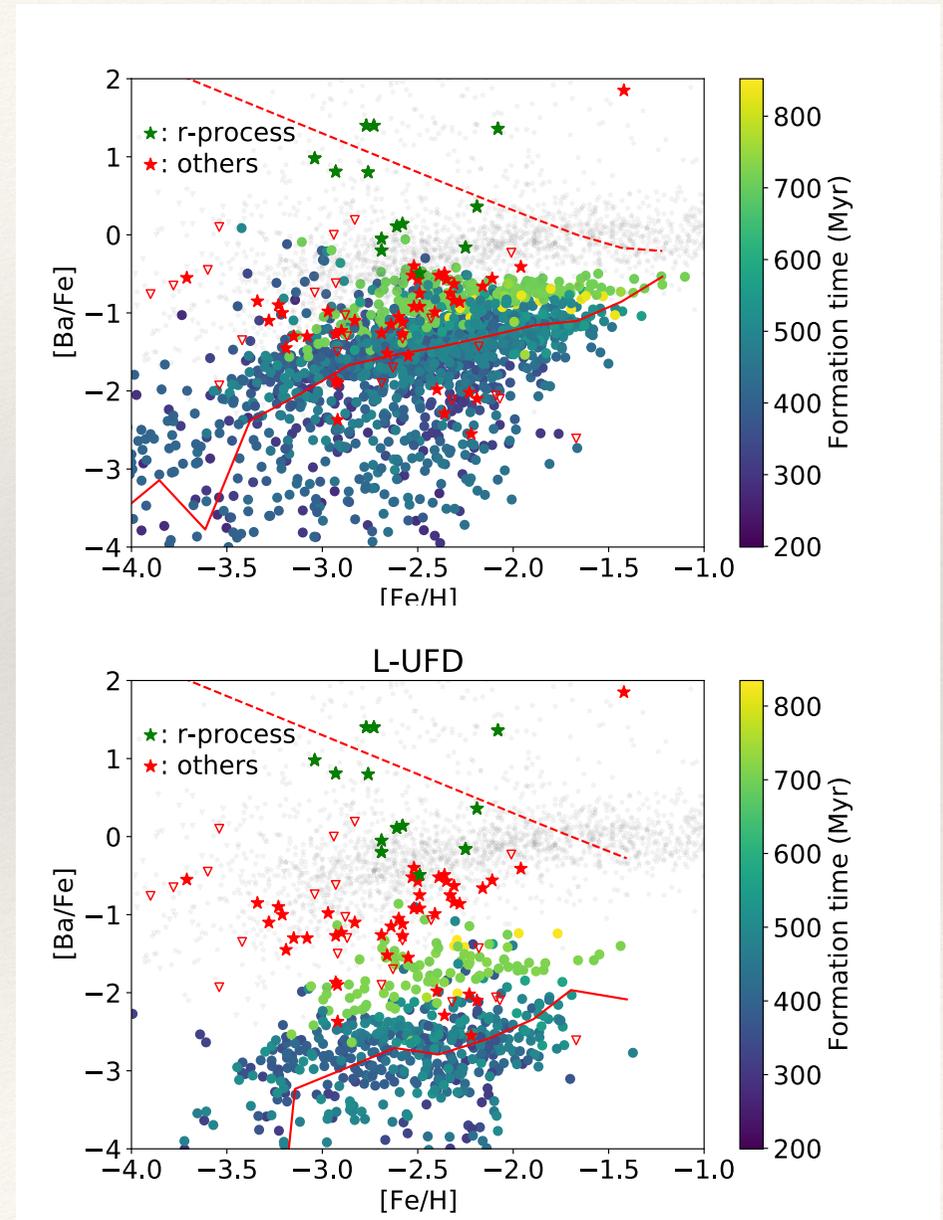
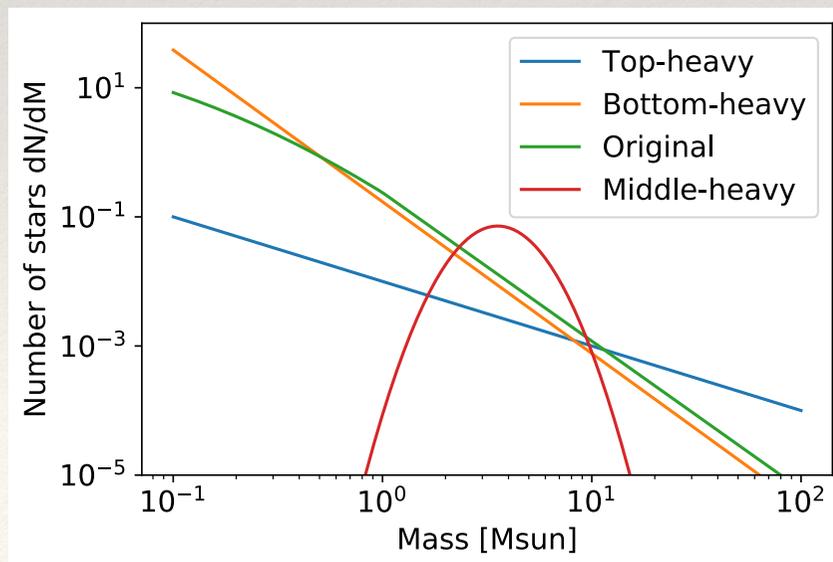
Results: ECSN model

- ❖ 小さいUFDは $[\text{Sr}/\text{H}] < -4.0$ なのでECSNなし?
- ❖ → ECSN レートは $< 1/5000 \text{ Msun}$ 以下



Results: IMF modification

- ❖ 中小質量星の割合を増やすと量は合わせられる。upper limitのみの観測もあることを考えると一応consistent。
- ❖ $10^{-4} M_{\odot}/\text{yr}$ のように低いSFRだと大質量星形成が抑えられるかも？ (IGIMF: Kroupa et al. 2012)



Discussion: UFDs with internal Ba spread

- ❖ UFDのいくつかはBa量に分散がある。
 - ❖ 可能性 1. 時間的非一様性: AGBが起源とすると、星形成史が長ければ($> 1\text{Gyr}$)、差を作れる。
 - ❖ 可能性 2. 空間的非一様性: RMSが起源とすると、星形成史が短ければ($< \sim 100\text{ Myr}$)、差を作れる。
- ❖ RMSモデルの検証でUFDの形成がわかる！

Conclusion

- ❖ 通常のIMFとAGBのみではBa, Sr量が足りない。
- ❖ RMSは興味深い起源である。Ba量は適切。検証のためにN-Ba, N-Srの相関、及び[Sr/Ba]の増加が見られるかを確認したい。これら両方があれば強い証拠。
- ❖ ECSN レートは CCSN レートの2%以下。質量範囲にすると ΔM は $0.1 M_{\odot}$ 以下。
- ❖ SFR が低いと、大質量星形成を抑えて相対的にAGBの寄与が増えるかもしれない。