Aeos: Star-by-Star Cosmological Simulations of Early Chemical Enrichment and Galaxy Formation

Brauer, K., Emerick, A., Mead, J., Ji, A. P., Wise, J. H, Bryan, G. L., MacLow M-M., Côté, B., Andersson, E. P., Frebel, A., arXiv: 2410.16366, ApJ submitted

【アブスト】

個々の星を分解した宇宙論的シミュレーションAeosを行った。最初の300 Myrを計算し、最高空間分解能は1pcだった。Population III星による元素放出を考慮した結果、Pop III星でハローのガスの金属量は[O/H] = −4程度まで増加することが明らかになった。さらに、形成した銀河の中には、銀河外からの汚染を受けてPop II星のみを形成するものもあった。

【オリジナリティ】宇宙論的な個々の星を分解したシミュレーションにPop III星からの元素放出を考慮した点。

【ゴール】　個々の星からの元素放出による銀河の元素組成を明らかにする。

【ロジック】

(方法)

コード：Adaptive mesh refinement (AMR)コード Enzo (Bryan et al. 2014; Brummel-Smith et al. 2019)

星形成：Converging flow ($\nabla \cdot \boldsymbol{v} < 0$)、低温 ($T \leq 500$ K)、高密度 ($n_H \geq 10^4$ cm^{-3})ガスから星形成。$Z = 10^{-5} Z_\odot$でPop IIIとPop IIを分離。

元素放出：H, He, C, N, O, Na, Mg, Ca, Mn, Fe, Sr, Baの組成を計算。重力崩壊型超新星爆発、Ia型超新星爆発、AGB星を仮定。

初期条件: (1 cMpc)^{3}のボックスで宇宙論的シミュレーションを300 Myr実施。ダークマター粒子質量：1840 $M_\odot$

(主な結果)

図 1

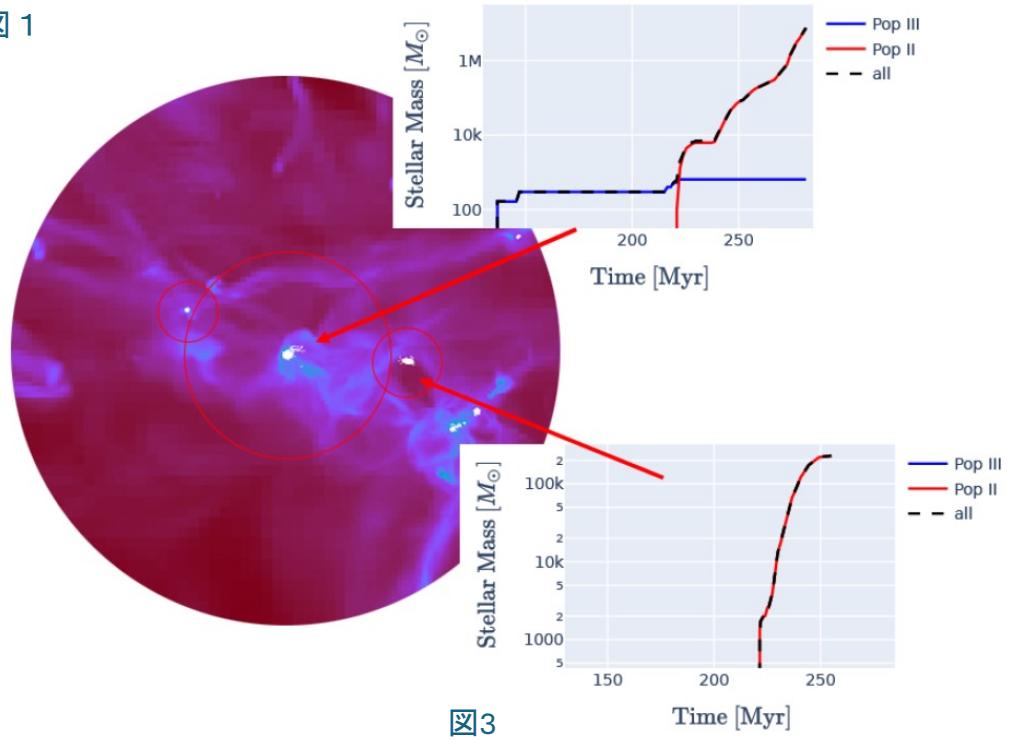


図 1 : 形成されたハローの星形成史。中央のハローのアウトフローにより、周囲の銀河（小さい赤丸）は最初の星形成時から金属量を持っている。このような外部汚染を受けた銀河は17個中2個。外部汚染を受けた銀河はどちらも最も大きい銀河から数 kpcの距離にある。

図2

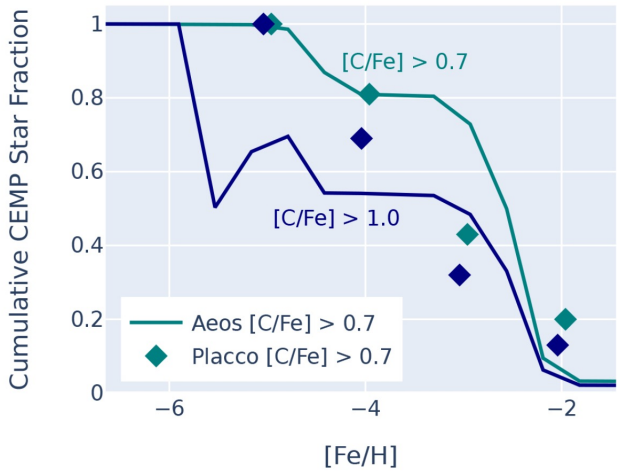


図 2 : 炭素過剰星 (CEMP)星の割合と[Fe/H]の関係。Pop III超新星爆発の影響により、[Fe/H] < −4で54%の星がCEMP星となる。[Fe/H] < −5ではほぼ全ての星がCEMP星となる。観測 (Placco et al. 2014) とも概ね一致。

図3

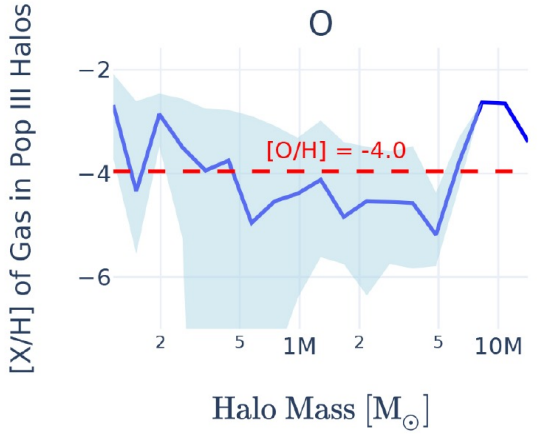


図 3 : Pop III星のみで構成される銀河のガス相の金属量の平均値とハロー質量の関係。平均値は[O/H] = −4。Pop III星を仮定しないシミュレーションでは、metallicity floorを$Z = 10^{-3}$から$10^{-4} Z_\odot$に設定する場合が多い。この結果は、floorを$Z = 10^{-4} Z_\odot$程度にするのが適切であることを示唆する。

【コメント】

本研究を含め、ダークマター粒子質量1000 $M_\odot$以上で星粒子をstar-by-starにしている論文が出ているが、力学的に影響が無いか評価する必要がある。