Enrichment by the first stars in a relic dwarf galaxy

GAゼミ 2026.06.09 鈴木善久

A. Chiti, V. M. Placco, A. B. Pace et al. (2026); https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/2026NatAs.tmp...57C/abstract

アブスト

超金属欠乏星の表面大気には、その形成の材料となった初代星による化学的痕跡が刻まれていると考えられている。これまでの研究から、天の川銀河のフィールドに存在する超金属欠乏星の多くは [C/Fe] が高い（炭素過剰金属欠乏星 Carbon-Enhanced Metal-Poor star; CEMP）ことが知られているが、その形成環境は明らかになっていない。そこで本研究では、宇宙初期に星形成活動を終えたと考えられている超低光度矮小銀河（Ultra-Faint Dwarf galaxies; UFDs）の一つである Pictor II に注目し、そのメンバー星の化学組成を調べた。その結果、メンバー星の１つ（PicII-503）が [Fe/H] < -4.63 かつ [C/H] = -1.44、すなわち [C/Fe] ≳ 3.2を示すCEMPであることが分かった。その上で、カルシウムやマグネシウムなどの元素の存在量の比から初代星の性質に対する観測的制限を与えたところ、初代星の質量が < 45 $M_\odot$ かつ爆発エネルギーが < 2×10^{51} erg の場合に観測をよく説明できることが分かった。この爆発エネルギーであれば、Pictor II の（現在の）力学的な質量 3.6×10^5 $M_\odot$ でも、星形成に必要なガスを十分保持することができたと考えられる。これらの結果から、CEMPは宇宙初期の小質量銀河で形成された可能性が示唆された。

ゴール

超金属欠乏星の化学組成から初代星の性質を明らかにすること

オリジナリティ

UFD内の金属欠乏星を用いて、形成環境の側面から初代星の性質を制限したこと

ロジック

▶ **観測データ**

・測光データ: 口径4mのBlanco望遠鏡 @チリ のDark Energy Camera (DECam)
広帯域フィルター *g*, *i* (DECam Local Volume Exploration Survey; DELVE DR2)
狭帯域（NB）フィルター *CaHK* (Mapping the Ancient Galaxy in CaHK Survey; MAGIC)

・分光データ:
口径6.5mのMagellan/Baade Telescope @チリ の Magellan Echellette (MagE) 分光器 (R~6,000; 155分)
口径8.2mのVery Large Telescope @チリ の X-shooter 分光器 (R~9,700)
→ 得られたスペクトルの信号雑音比 S/N ~ 9 @380nm (MagE), S/N ~ 23 @380nm (X-shooter; 45分)

・位置天文学データ: Gaia DR3 → 固有運動

▶ **視線速度・化学組成の導出**

視線速度: HD122563をテンプレートスペクトルとして相互相関を取ることで推定
化学組成: 1次元の局所熱平衡を仮定してSpectroscopy Made Harder (SMHR) software (by A. Ji) で計算

▶ **初代星の超新星爆発モデルの制限**

Heger & Woosley 2010のイールドモデルを使用

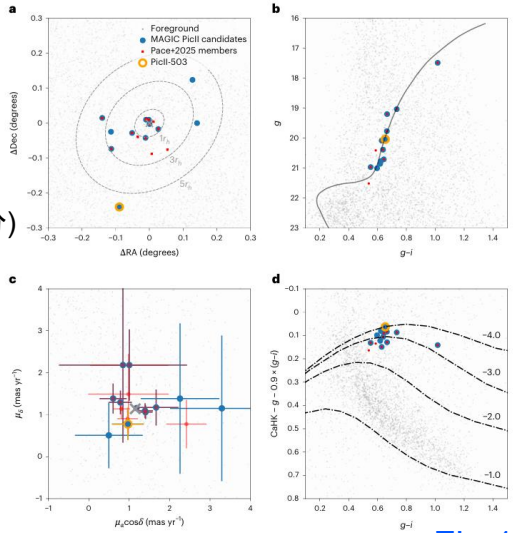


Fig.1

結果

Fig.1 : Pictor IIのメンバー星の同定

（左上）Pictor II 方向の空間分布（左下） 固有運動空間の分布
（右上）色等級図 (Isochrone: [Fe/H] = -2.5, Age = 12 Gyr, $D_\odot$ = 45.7 kpc)
（右下）狭帯域フィルターCaHKを含む2色図 (1点鎖線: log=2.0を仮定したときの等金属量線)
→ PicII-503 は $5r_h < r$ に存在し、また、最も金属欠乏である可能性が示唆（〇で記載）。

Fig.2 : PicII-503の化学組成★と、これまで様々な環境で発見されてきた金属欠乏星の化学組成の比較

（左）[Ca/H] vs [C/Ca]（右）[Fe/H] vs [C/Fe]
→ PicII-503 は [Ca/H] = -5.2, [C/Ca] = 3.76, [Fe/H] < -4.63を示しており、CEMPと言える。

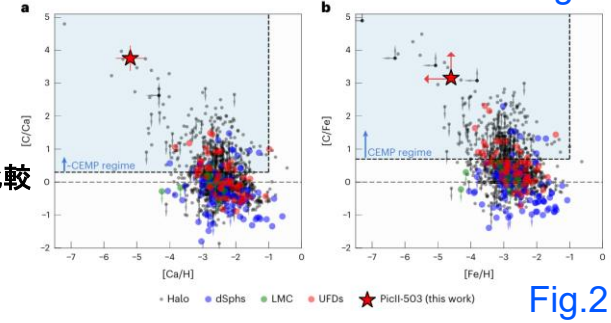


Fig.2

結論 UFDのような小質量銀河の中でCEMP星が生まれた可能性があると言える。

コメント UFDの外縁部 ($5r_h < r$) までカバーするのがポイントであると筆者らは主張。PFSで一網打尽にできるのでは？（VLTでたったの45分…）