Nitrogen enrichment and clustered star formation at the dawn of the Galaxy

Vasily Belokurov & Andrey Kravtsov (2023) arXiv： https://arxiv.org/abs/2306.00060

GAゼミ@2024/03/21 佐藤恭輔

【アブスト】
球状星団(GC)、天の川銀河(MW)のフィールド星の一部、GN-z11のガスで [N/O]が異常に高い。APOGEE DR17とGaia DR3のデータを用いてMWのhigh-[N/O]星のほとんどが、Disc形成の前にin-situな大質量GCの中で形成されたことを明らかにした。具体的には、低金属量high-[N/O]星の金属量分布、エネルギー、角運動量、銀河中心からの距離の分布が"Aurora" populationやin-situ GCsの分布と一致する。さらに、金属量が$[\mathrm{Fe/H}] \lesssim -0.9$でhigh-[N/O]星の割合$f_{[\mathrm{N/O}]}$が高くなることがわかり、GN-z11で観測された様なhigh-[N/O]な組成が一般的であり、"Spin-up"前には50%~70%の星が大質量GCで形成されていたことが分かった。Discが形成された後では大質量GCsからの寄与が２桁下がる。

【ゴール】：MW-fieldのhigh-[N/O]星の起源を探る

【オリジナリティ】：これまで星の起源を分けずに推定していたhigh-[N/O]星の存在割合をin-situ, ex-situな星に分けて調べた点

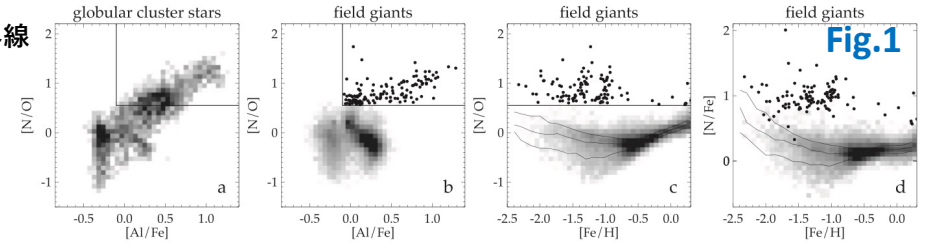
【方法】

high-[N/O]星のセレクション (Fig.1)

- (a),(b)はGCの星とMW field星の[N/O] vs. [Al/Fe] spaceで[N/O]-$\sigma_{[N/O]} > 0.55$のものをhigh-[N/O]星とする。
- (c),(d)はMW field星の[N/O] (or [N/Fe]) vs. [Fe/H] spaceで黒線は、それぞれの金属量での[N/O] 分布の20,50,80%の位置を示している。

降着成分とin-situ成分の分離 (Fig.2)

- 金属量別の$\mathrm{E} - \mathrm{L}_z$ space、オレンジはGS/E由来(accreted)の星、青はin-situなAurora星。黒線は境界線



【結果とディスカッション】

Fig.5　high-[N/O]星の金属量分布、運動的特徴

- (左)：(黒) high-[N/O]星、 (青)in-situ Aurora、(橙)降着由来の星の金属量分布。
  - $[\mathrm{Fe/H}] \approx -1.0$あたりでin-situな成分はSpin-upの影響を受け始めた (大質量GC→Discで形成)。
  - high-[N/O]星は$[\mathrm{Fe/H}] \approx -1.0$で急激に減る。
- (中)：E vs. [Fe/H] space、水平線はin-situな星のEの上限。特に金属量とEに相関はない。
- (右)： high-[N/O]星の$\mathrm{E} - \mathrm{L}_z$ space。等高線はFig.2から決定されており high-[N/O]星の多くがin-situ由来であることを示す。

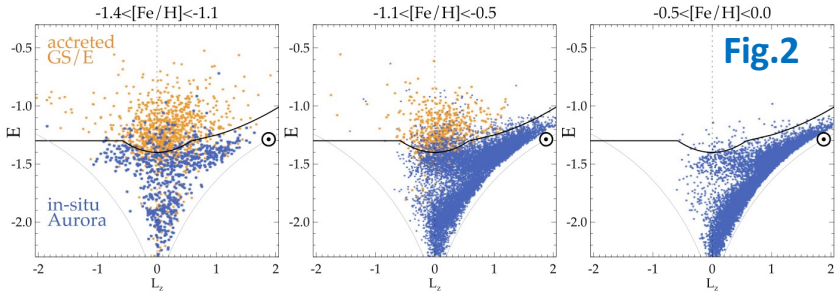


Fig.8　high-[N/O]星の割合$f_{[\mathrm{N/O}]}$ vs. [Fe/H]

- 縦軸はある金属量でのhigh−[N/O]星の割合を示す。この割合とGCsのinitial massからhigh-z MW progenitorの星のうち金属量ごとにGCで形成された星の割合を導出できる。
- Aurora星の方が降着由来の星よりhigh−[N/O]星の割合が高いが金属量が増えるとAurora星では急激に割合が落ちる。

Fig.9　in-situ(or ex-situ) GCsとhigh−[N/O]星の金属量分布、運動エネルギー、角運動量

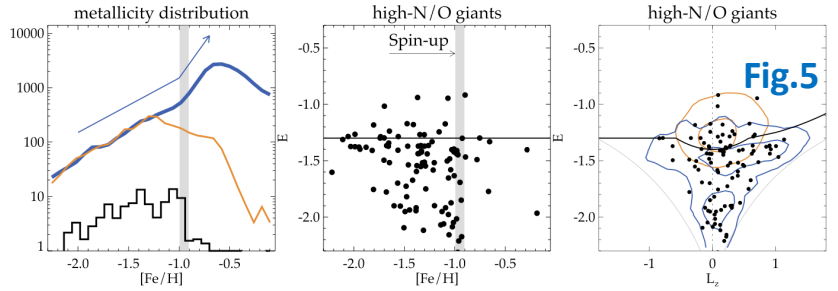
- 上段がin-situ GCsとの比較、下段がex-situ GCsとの比較(ただしE&Lzは[Fe/H]<-1.0の星だけで書いた分布)。
- in-situ GCsの全ての分布とhigh−[N/O]星のものは一致。この類似性はhigh-[N/O]星はpre-disc時代に生成された大質量GCsによって生成された痕跡。

Fig.10　$\mathrm{N}_{S/N}/\mathrm{N}_{\mathrm{Aurora}}$, $\mathrm{N}_{\mathrm{halo}}$, $\mathrm{N}_{GS/E}$ のradial profile(selectionは[Al/Fe]を利用)

- $\mathrm{N}_{S/N}/\mathrm{N}_{\mathrm{Aurora}}$の割合は銀河中心からの距離によらず一定。これはAurora星の分布とhigh−[N/O]星の分布に相関があることを示している。
- ハロー全体や降着成分とは分布が全く異なっていることが示されている。

Fig.12　[O/H] vs. [N/O] (GN z-11との比較)

- GN-z11のガスのN/O比にconservativeに対応するのが黒枠、fiducialに対応するのがグレー枠。
- 73/100が大質量GCs由来のhigh−[N/O]星でグレー枠の中に収まる。銀河が初期に大質量GCsによる星形成を経験した可能性を示唆



【コメント】MWのdisc形成はz~3-5.3(11.7-12.7Gyr)前に形成された(BK2024)ということなのでGN-z11に限らず比較できるprogenitorがありそう。
大質量GCsは現在の星質量で$10^7 M_\odot$の銀河であれば1個できるということなのでFornaxならhigh-[N/O]星が見つかるかも?

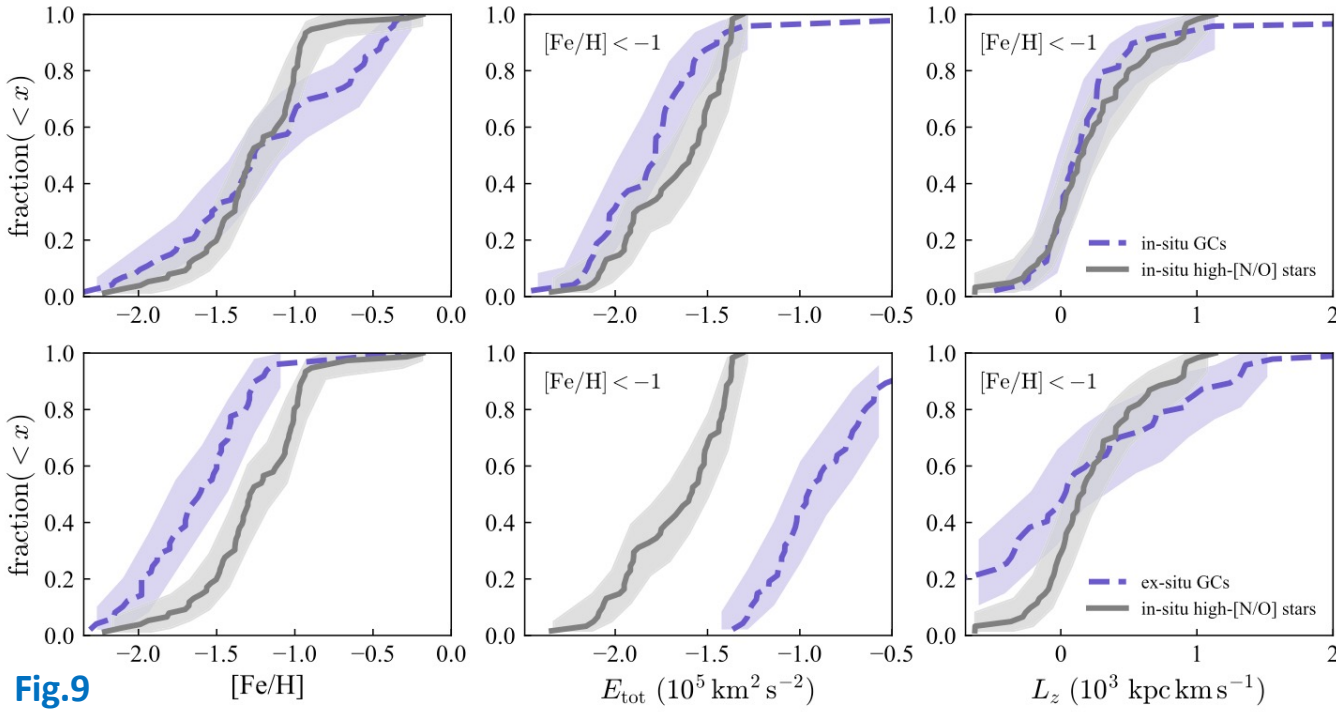


Fig.9

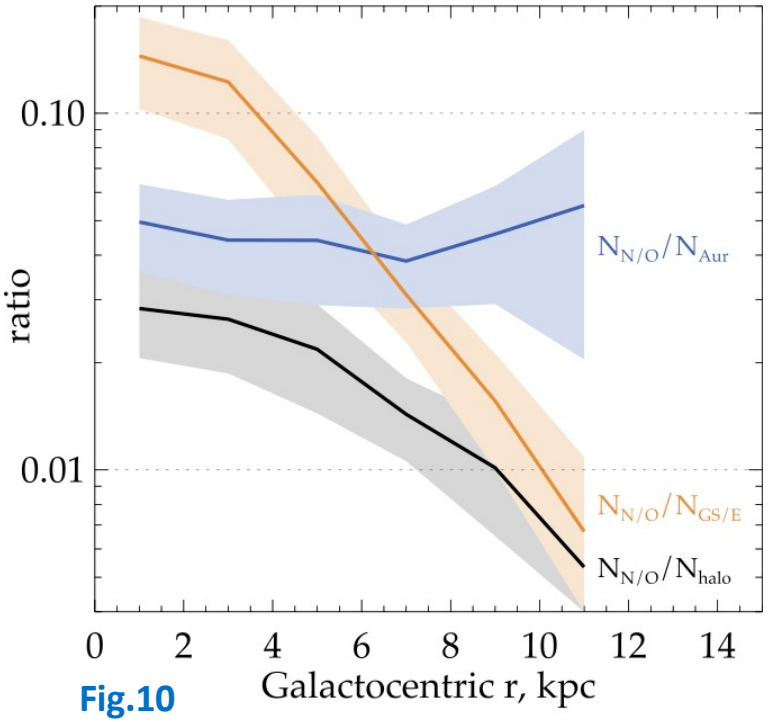


Fig.10

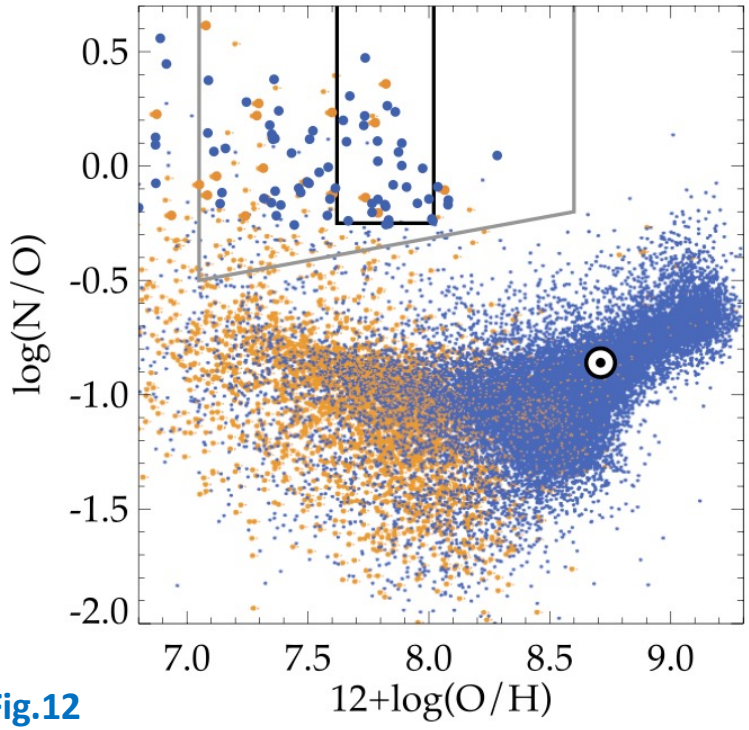


Fig.12

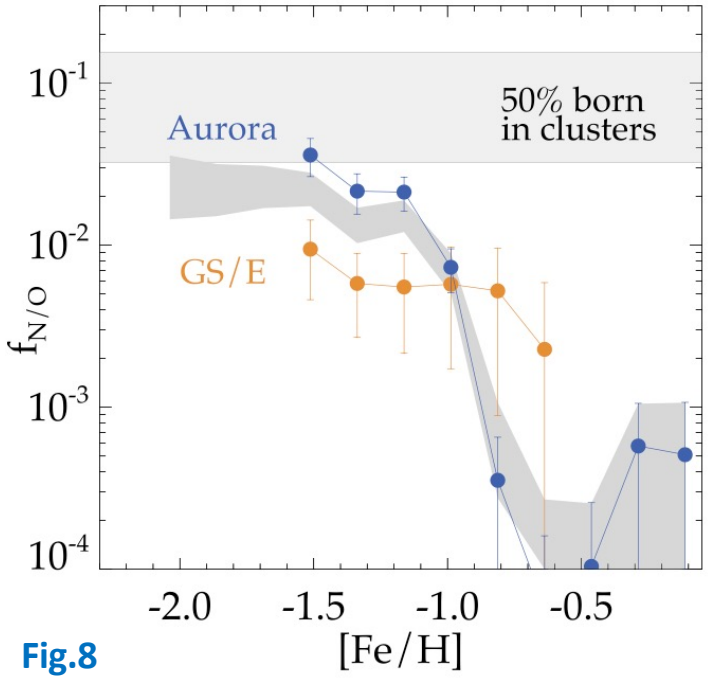


Fig.8