Two sequences in the age-metallicity relation as seen from [C/N] abundances in APOGEE : Jofre21 (arXiv:2106.16119)

GAゼミ@20210712石垣

【アブスト】 星のAge-Metallicity関係（AMR）は、銀河系円盤の星形成史を調べる上で最も基本的な観測量である。太陽近傍のAMRには大きな分散があることが知られていたが、最近Nissen+20 の解析で、AMRに2つの系列が存在し、AMRの分散はこれに起因することが判った。この論文では、APOGEEのRed Clump(RC)星で、年齢の指標となる[C/N]と金属量[Fe/H] を用いてNissen+20の結果を検証した。その結果、太陽近傍では、[C/N]-[Fe/H]上で2つの系列が確認できた。この結果は、太陽近傍では、太陽半径より内側と外側から移動してきた星種族が混在するためと解釈できる。

【ゴール】銀河系円盤の星形成史

【オリジナリティ】 APOGEEによる大規模サンプル。RC星を抽出することで[C/N]と年齢の強い相関を活用できた。

【ロジック】

I. 背景:

・ 外部からのガス流入出がない場合（"Closed-box"化学進化モデル）、星の年齢が若いほど金属量が高くなるAge-Metallicity 関係（AMR）が予想される。一方で観測からは、AMRには大きな分散があることが知られていた。その原因として、星の動径方向の移動（radial migration）等が考えられている。

・ Nissen+20 は太陽近傍星の高精度分光観測から、AMRに2つの系列が存在することを示した。大規模サンプルで同様の傾向が見られるかどうか、検証が待たれていた。

・ [C/N] は、First dredge-upを経験した星で年齢の指標になる。First dredge-up 後、恒星内部で起こるCNO Cycle を経た元素組成が恒星表面組成に反映されるため。RC星 になる時点でのC/N比は星質量による。i.e., 重い星ほどRed Clumpになる年齢が若く、C/N比が小さい。

II. データ: SDSS DR16 APOGEE RC Catalog + astroNN (abundance, distance, age)から、-0.35<[Fe/H]<0.35, |Z|<0.8kpc, [alpha/M]<0.1 のRC星~18000天体

IV. 結果（図1）

・ 太陽半径より内側（R<7kpc）では、[Fe/H]が高く、[C/N]が高め、R<5kpc ではinner disk と bulge 成分に分かれている

・ 太陽半径（7<R<9kpc）では、2つの系列が混在している：①R<7kpc で見られた[Fe/H]が高く[C/N]も高い成分、② [Fe/H]と[C/N]の範囲が広く、相関が見られる（図2： 拡大図）

・ 太陽半径より外側（R>9kpc）では[Fe/H]が低く[C/N]が高い

・ 図3：運動の空間での①と②の分布。① の方がわずかに 軌道離心率（e）が大きく、vertical action (jz)が大きい傾向

・ 図4：元素組成（[X/Fe]）と金属量（[M/H]）の関係。2つの系列の間で相関が異なる元素組成比がいくつか見られ、化学進化のタイムスケールの違いを反映しているとみられる

VI. 議論:

・ 外部からのガス降着や星のmigration 、矮小銀河合体による影響などのシナリオが考えられる。詳しい検証にはより正確な年齢の測定が必要

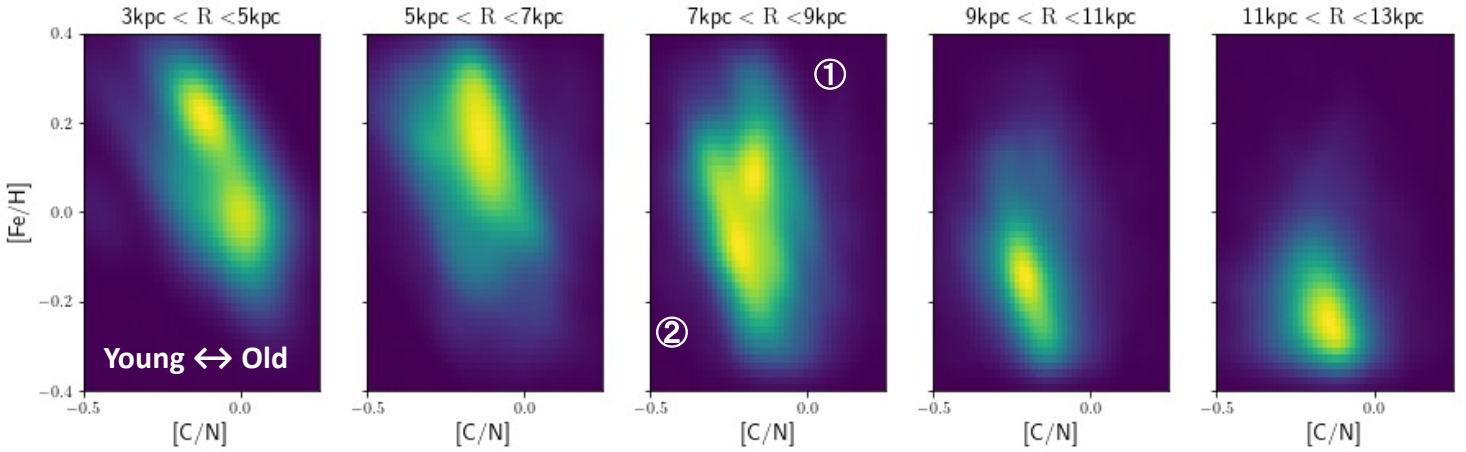
・ migration が原因とすると、①は太陽半径より内側から、②は外側から移動してきた成分と考えられる。

・ 太陽は②に所属しており、円盤外側でできたとする Haywood+19の説を支持

【コメント】

・ RごとにAMRが何系列あるのか？星やガスの密度分布と関連づけられる？

図1



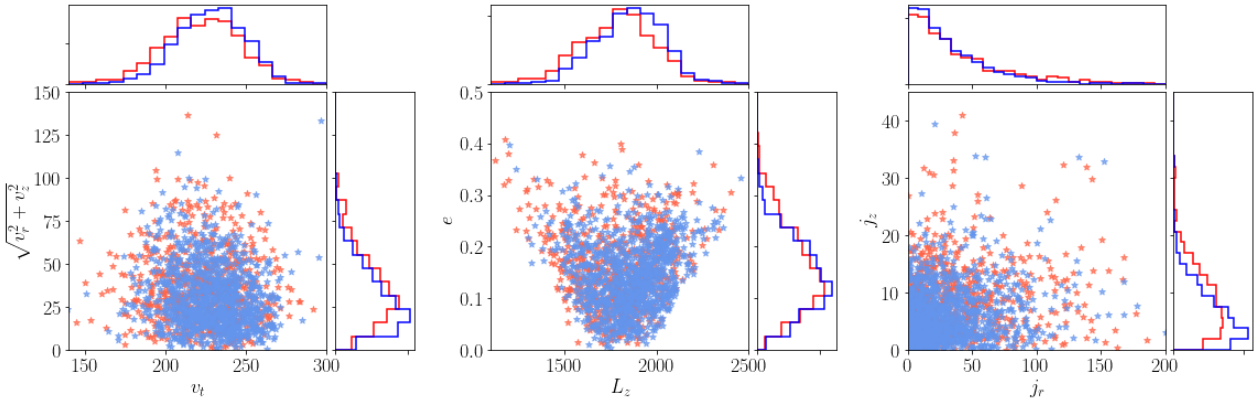

$\sqrt{v_r^2+v_z^2}$
v_t
e
L_z
j_z
j_r

図3

図2

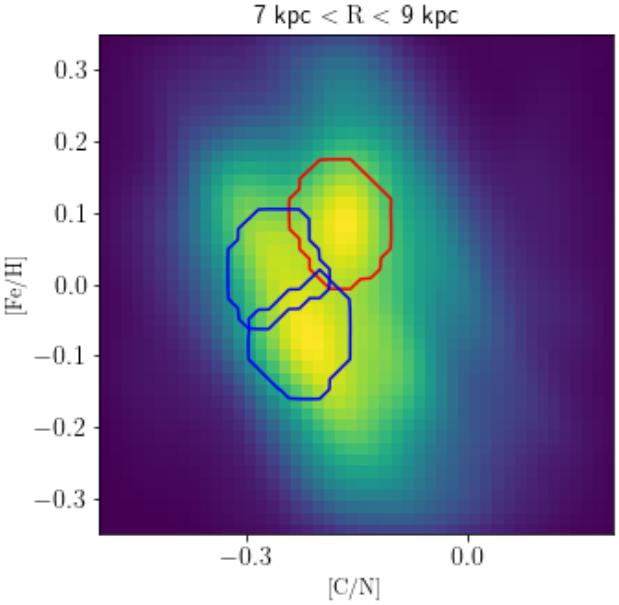
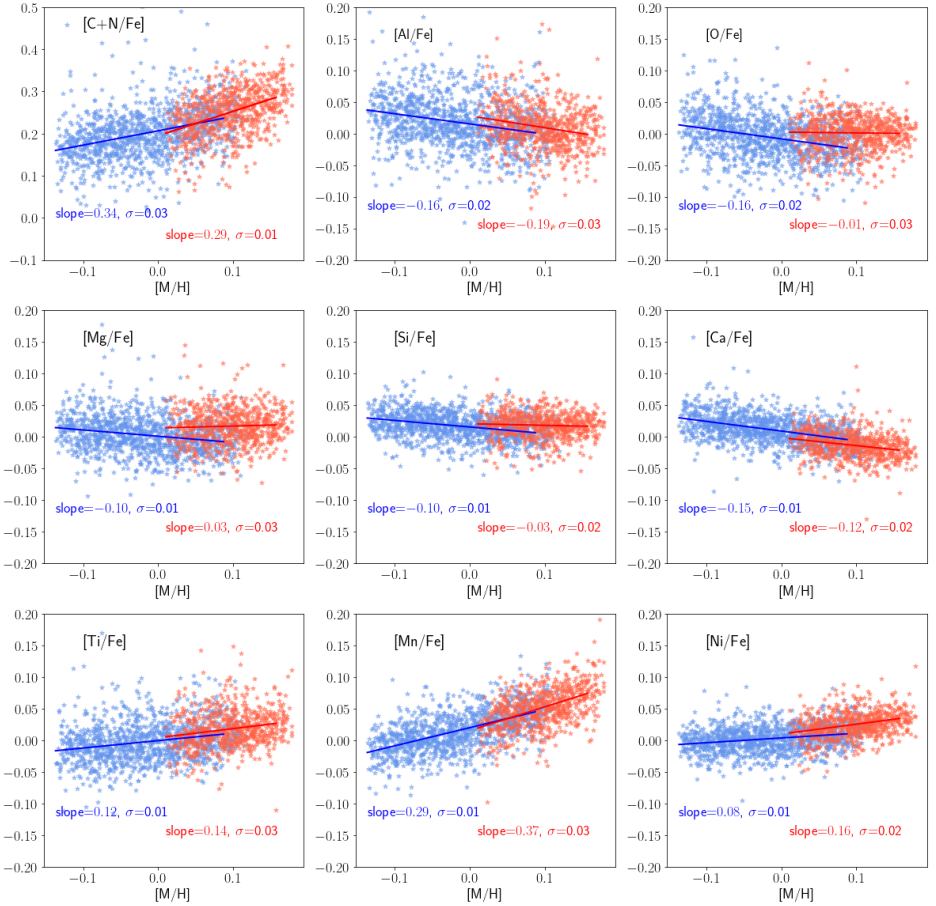

7 kpc < R < 9 kpc
[Fe/H]
[C/N]

図4


[C+N/Fe]
slope=0.34, σ=0.03
slope=0.29, σ=0.01
[Al/Fe]
slope=−0.16, σ=0.02
slope=−0.19, σ=0.03
[O/Fe]
slope=−0.16, σ=0.02
slope=−0.01, σ=0.03
[Mg/Fe]
slope=−0.10, σ=0.01
slope=0.03, σ=0.03
[Si/Fe]
slope=−0.10, σ=0.01
slope=−0.03, σ=0.02
[Ca/Fe]
slope=−0.15, σ=0.01
slope=−0.12, σ=0.02
[Ti/Fe]
slope=−0.12, σ=0.01
slope=0.14, σ=0.03
[Mn/Fe]
slope=0.29, σ=0.01
slope=0.37, σ=0.03
[Ni/Fe]
slope=0.08, σ=0.01
slope=0.16, σ=0.02
[M/H]