Stellar Abundance Maps of the Milky Way Disk : Eilers et al. (arXiv: 2112.03295)

GAゼミ@20211221 石垣

【アブスト】天の川銀河のバー（bar）構造の形成過程を解明するうえで、星の元素組成の大規模サンプルが鍵を握っている。一方で、大規模サンプルには、明るさやサーベイ領域の制約、恒星の進化段階の違い等による元素組成測定の誤差がある。そのため従来の解析手法では、銀河系内での元素組成の傾向や、barの星がバルジ星に対して異なる化学組成を持つかどうかなど、正しく評価できていない、この論文では、星のLuminosity の違い等から生じる系統誤差を取り除いて、精密な元素組成を導出する方法を開発した。この手法をAPOGEE DR16の48,853個のRGB星に適用し、bar とバルジ星の間で、元素組成に差が見られないことを明らかにした。

【ゴール】銀河系bar の起源の解明　　【オリジナリティ】 Action を活用した新しい元素組成推定手法を開発

【ロジック】

I. 背景: ・ 天の川銀河のbar の形成過程や、形成のタイミング（disk・bulgeより前か後か等）についてはまだよくわかっていない。

・ 先行研究では、rGC<3kpcで元素組成の空間分布を調べ、On-barとOff-bar 領域で元素組成分布（[Mg/Fe]-[Fe/H]）が異なることが示されていた（図1）。

・ 一方で従来の元素組成解析方法では、星の進化段階（e.g., Luminosity, logg)の不定性から生じる系統誤差が大きく、本来調べたい元素組成の銀河系内の位置や運動に対する傾向を正しく評価できていなかった（e.g., 明るい星は遠方まで見えるのに対し、暗い星は近くしか見えない）。

・ 今回の研究では星の進化段階の不定性を除去し、元素組成と、星の現在の位置（R、z）または誕生位置（JR、Jz、Lz）との関係を精度よく評価できる新しい手法を提案する。

II. 解析手法

仮定：星の元素組成（[Fe/H] or [X/Fe]）は、JR、Jz、Lz、logg に関する2次の多項式で表されるとする。

$$\vec{y} = [1, J_R, J_z, L_z, J_R^2, J_R J_z, J_R L_z, J_z^2, J_z L_z, L_z^2, \log\tilde{g}, \log^2\tilde{g}]$$

最適化：トレーニングサンプルの元素組成を最もよく再現する多項式の係数を求める。

$$\hat{\vec{\vartheta}} \longleftarrow \underset{\vec{\vartheta}}{\operatorname{argmin}} \left[\frac{\left([\mathrm{X/Fe}]_{\mathrm{DR16}} - \mathbf{Y}\cdot\vec{\vartheta} \right)^2}{\sigma^2_{[\mathrm{X/Fe}]}} \right]$$

Logg 依存性の分離：log g は今回はnuisance parameterであり、それに依存する項を差し引くことで、logg依存性のない[X/Fe]を得る

III. データ： APOGEE DR16 赤色巨星、Gaia、2MASS、WISEの測光・位置天文データ

IV. 結果

（図2）Log g の影響を除去する前と後の比較。Log gによる組成の違いがほぼ除去されている。

（図3）銀河系円盤-バルジ-bar の組成マップ。調べた範囲では元素組成はスムーズに遷移しており、はっきりした境界はみられない。

（図4）High-alpha/low-alpha 円盤での元素組成分布。Low-alpha円盤では元素組成の傾きが顕著にみられ、High-alpha円盤では組成がほぼ一様になっている。

図4

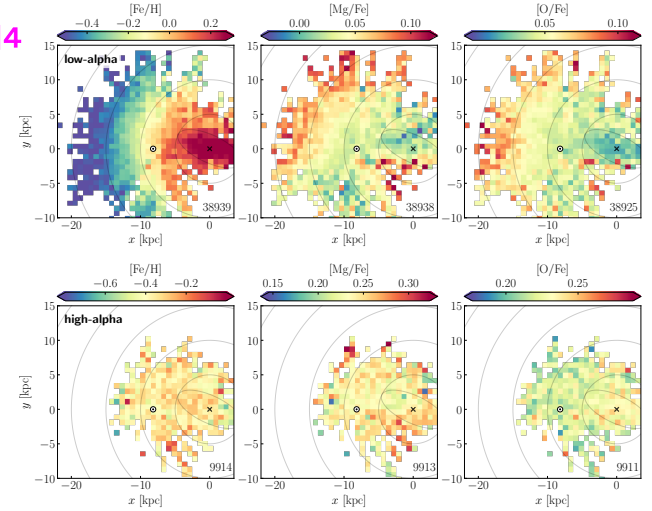


図2

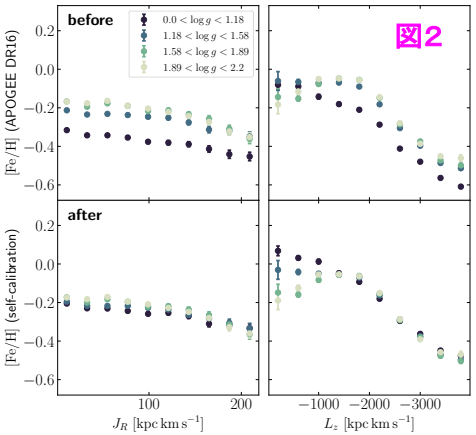
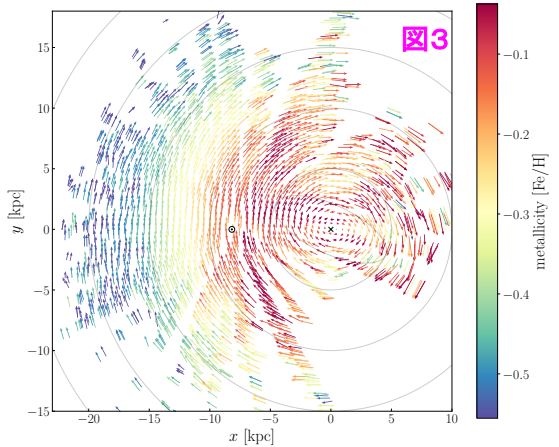


図3



V. 議論

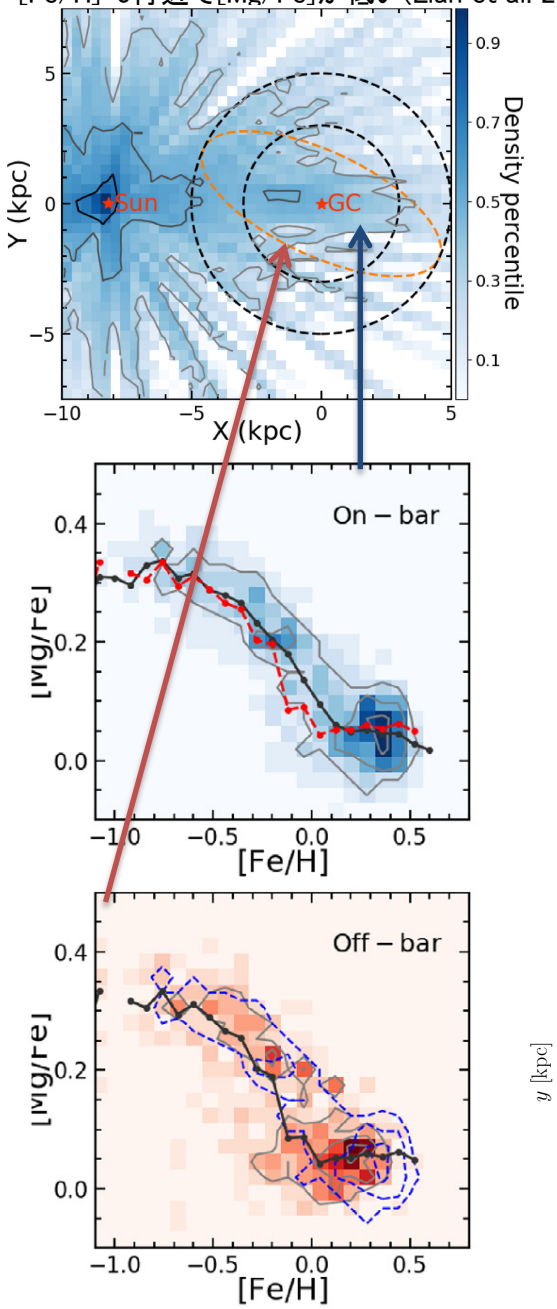
Bar の元素組成について先行研究と異なる結果（図5）：先行研究では、バルジとBarのSelection functionの違いが適切に考慮されていなかったためでは。

【コメント】

Bar の組成について、解析方法によって異なる結果が得られる。

SDSS-Vで決着がつくか？

図1 （参考）先行研究の探査範囲と結果:
rGC<3kpc では、On-barの方がmetal-rich。Off-barでは
[Fe/H]=0付近で[Mg/Fe]が低い(Lian et al. 2021)



bar とバルジが円盤とは異なる元素組成（Leung&Bovy2019）

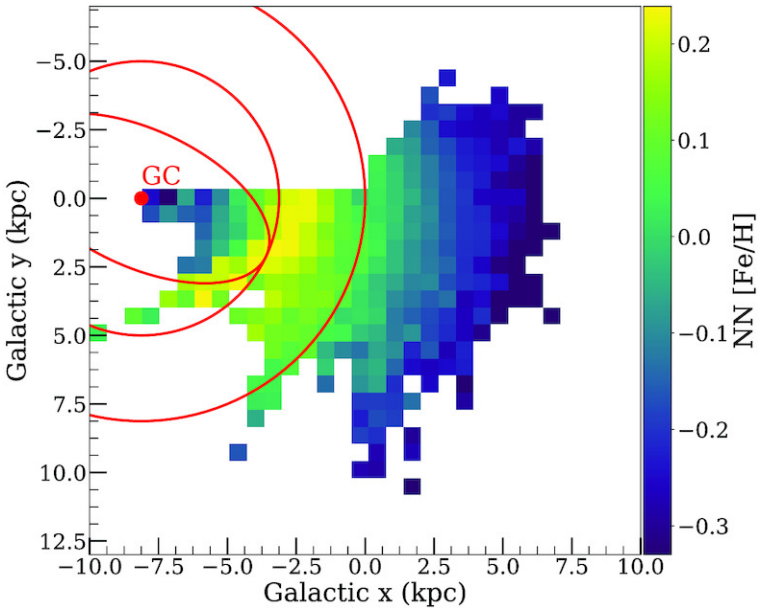


図5: この論文でのon-bar vs off-bar 元素組成

