Stellar atmospheric parameters and chemical abundances of ~ 5 million stars from S-PLUS multi-band photometry

GAゼミ 2024.12.05 鈴木善久

Lopes et al. (2024) : arXiv : https://arxiv.org/abs/2411.18748

アブスト

恒星の化学組成や種族は銀河の形成・進化を解明するための重要な手がかりを与えてくれる。これらを推定する上では恒星大気の分光観測によってスペクトルを得ることが理想的であり、これまでAPOGEEなどの大規模分光観測が行われてきた。一方で観測効率を向上するために、狭帯域・中帯域のフィルターを用いた測光観測が進んでいる。本研究ではそのような観測の１つであるS-PLUS で得られた12色のフィルターを用いて、 APOGEE、GALAH、LAMOSTを教師データとして機械学習を行った。その結果、約3000平方度に含まれる約500万の恒星の化学元素（e.g., [α/Fe]、[C/Fe]、[Li/Fe])や基本パラメータ (e.g., 有効温度、表面重力、[Fe/H])を適合度 ~ 60%以上で推定することができた。また化学組成の決定には、*J0378*、*J0395*、*J0410*、*J0430*と*u*-bandが重要であることが分かった。これらを用いることで、希少元素に基づき銀河系の形成過程に迫ることができると期待される。

ゴール 化学進化を通して銀河系の形成過程を明らかにすること

オリジナリティ 複数の狭帯域・中帯域のフィルターを用いて化学組成を推定したこと

ロジック

▶ **The S-PLUS** (Southern Photometric Local Universe Survey)

- 南天の測光観測計画
- T80-South 望遠鏡 (主鏡 86 cm) @ Cerro Tololo, チリ
- 12個のフィルターで3000 Å -10000 Å (最終的にr~21 mag) : **Fig.1**
  - 広帯域 : *u*, *g*, *r*, *i*, *z* (*SDSSと同じ*)
  - 狭帯域 : *J0378* ([OII])、*J0395* (Ca H+K)、*J0410* (Hδ)、*J0430* (CH)、*J0515* (Mgb triplet)、*J0660* (Hα)、*J0816* (Ca Triplet)
- 総観測領域 ~ 3,022.7 deg² (DR4) → ~ 9,300 deg² (internal DR5) : **Fig.2**

▶ **化学組成の推定手法**

- 機械学習 : ニューラルネットワーク or ランダムフォレスト
- 教師データ : GALAH (R~20,000-50000)、LAMOST (R~7,500)、APOGEE (R~22,500) ※ ただしSNR ≳ 20に限る。
- input: 66 ($=_{12}C_2$) 色 (+ Gaia DR3 有効温度T_{eff} + 表面重力 log g)
- output: 化学組成 ([Al/Fe]、[C/Fe]、[Li/Fe]、[Mg/Fe]、[O/Fe]、[Si/Fe]、[Cu/Fe] 恒星の基本パラメータ ([Fe/H]、log g、T_{eff} 、[α/M])

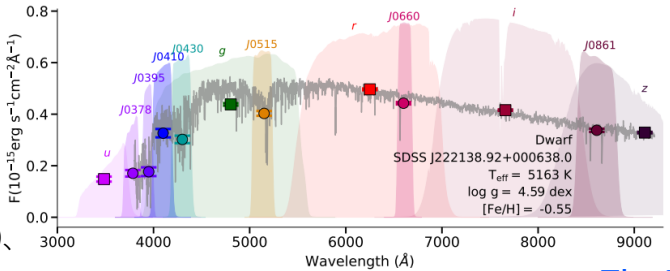


Fig.1

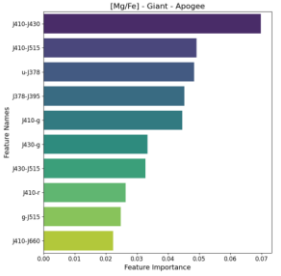


Fig.3

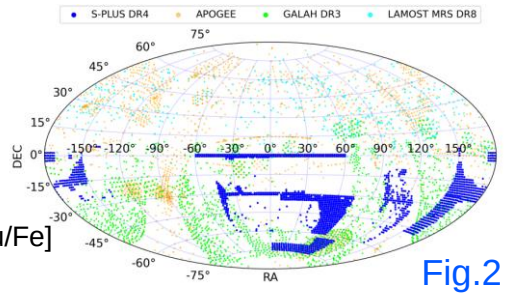
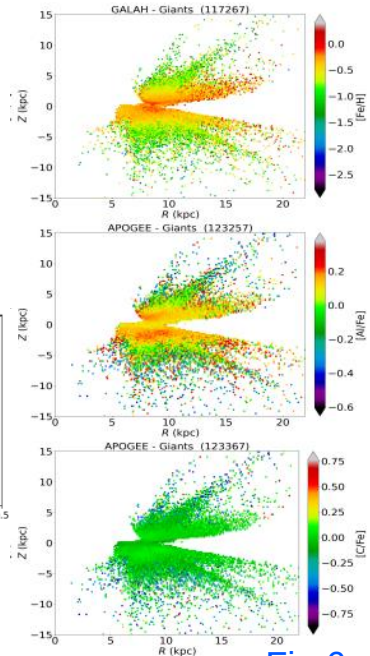


Fig.2



結果と考察

Fig.3 : ランダムフォレストから推定されるinput parameterの重要度

- *J0378*、*J0395*、*J0410*、*J0430*と*u*-bandが重要

Fig.4/Fig.5 : 球状星団 NGC3201の金属量分布 / 推定金属量の系統誤差

- 金属量 [Fe/H] の勾配が確認。中心付近はcrowdingが見える。
- LAMOSTで0.2 dexのばらつき→metal-poorサンプルが少ないから。

Fig.6 : 推定された様々な化学組成をもつ恒星の空間分布 (抜粋)

- [Fe/H] (top) / [Al/Fe] (middle) / [C/Fe] (bottom) + Gaia DR3の距離
- 銀河系の薄い円盤の恒星がほとんど
- 外側に行くにつれて各元素は減少傾向にある

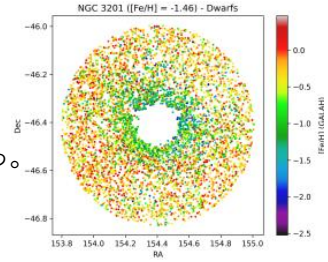


Fig.4

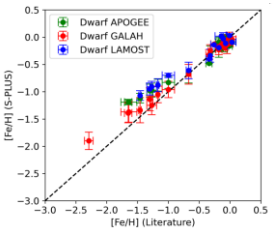


Fig.5

◎ 複数の狭帯域・中帯域のフィルターは化学組成を推定する上で強力である。

コメント HSCにも複数の狭帯域（＋中帯域）フィルターがある。同じことが「ハロー星」に対してもできるのでは？

Fig.6