

Tomo-e Gozen と Nayuta による 明るい金属欠乏星探査

岡田 寛子（兵庫県立大学）

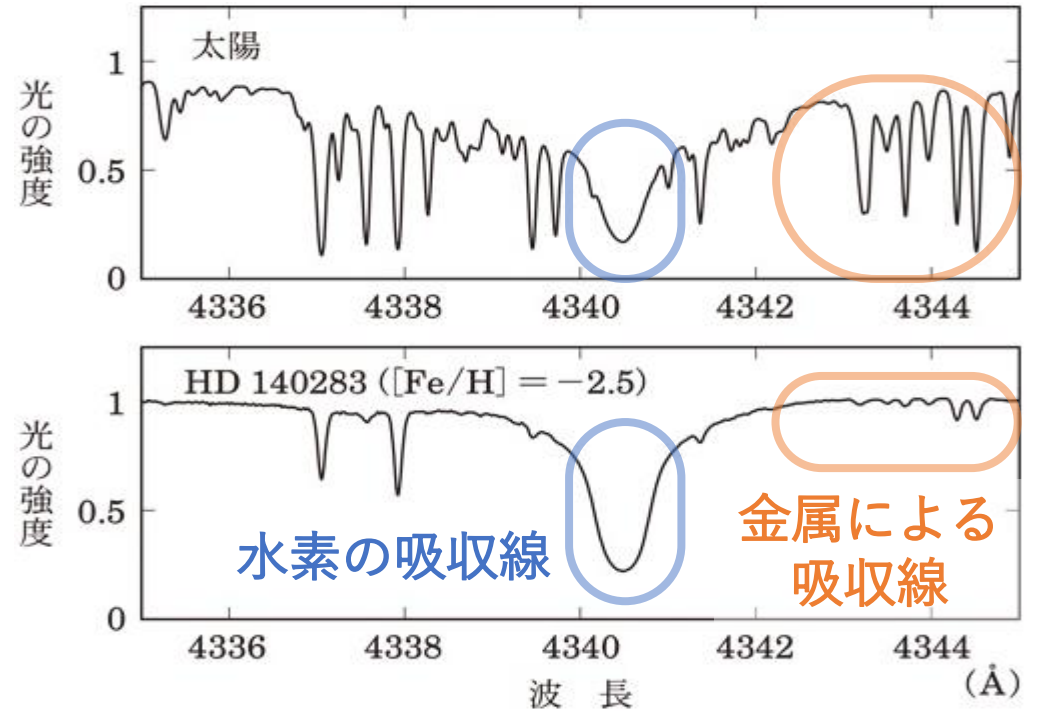
共同研究者：富永 望, 青木 和光（国立天文台）, 本田 敏志,
古塚 来未（兵庫県立大学）, 諸隈 智貴（千葉工業大学）

金属欠乏星

- 太陽と比べて重元素（金属）の含有量が少ない恒星
- 宇宙初期時代に誕生し、現在も大気中に形成当時の化学情報を保持している
- 恒星の元素組成
...元素 Y に対する元素 X の個数比を太陽組成で規格化して常用対数で表した値

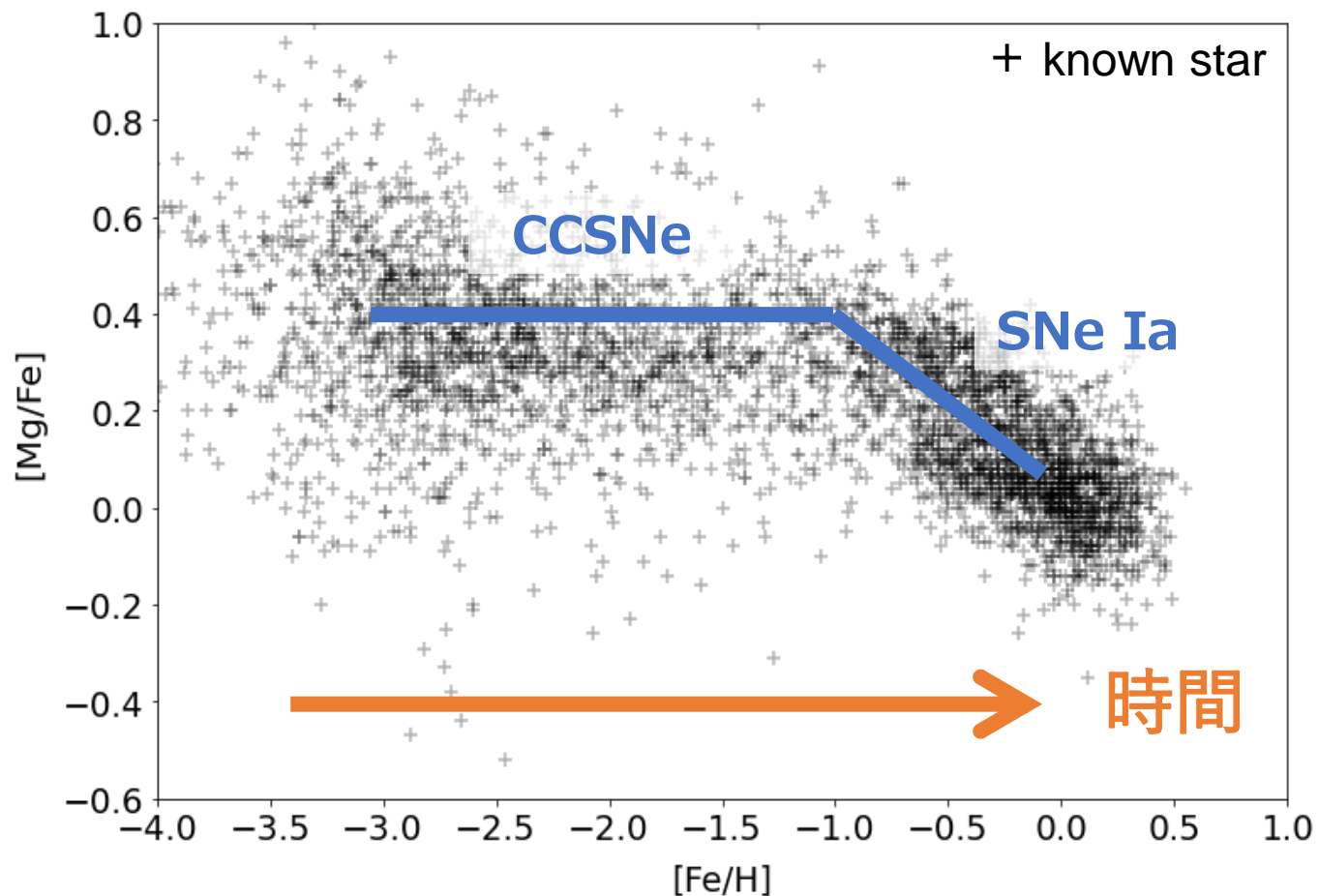
$$[X/Y] = \log \frac{(n_X/n_Y)_{\text{star}}}{(n_X/n_Y)_{\text{sun}}}$$

- 金属欠乏星の観測から宇宙初期の化学進化や元素の起源、初代星に制限を与えられる



野本・定金・佐藤編「恒星」

金属欠乏星観測の例 – アルファ元素組成



アルファ元素

… α 粒子 (Heの原子核) を捕獲して合成される元素 (Mg, Ti など)

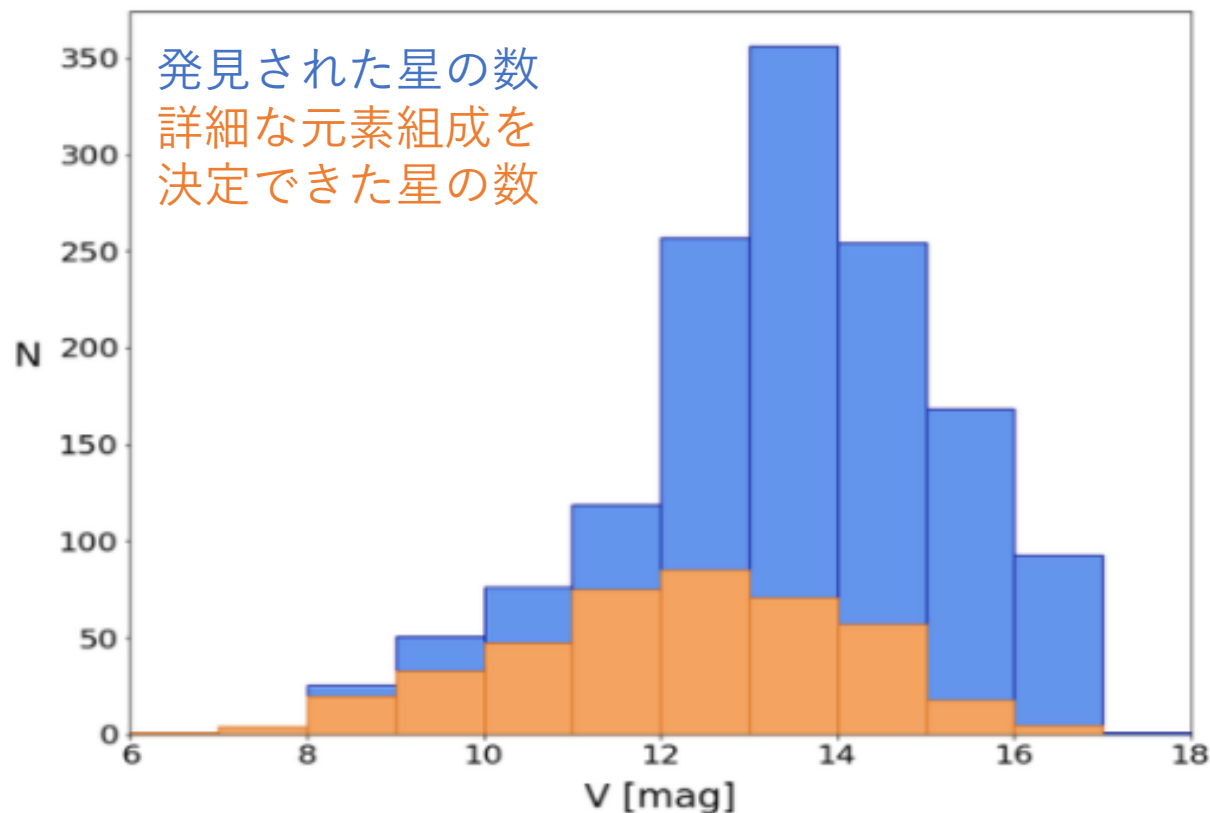
- 重力崩壊型超新星は、鉄よりアルファ元素を多く供給
- Ia型超新星は、鉄を多く供給

$[Fe/H] \sim -1$ あたりで
Ia型超新星の寄与が始まることが
観測から確認できる

SAGA database (Suda et al. 2008);
<http://sagadatabase.jp/>

金属欠乏星探査の現状

- 金属欠乏星の化学組成を決定するためには高波長分解能・高 S/N の分光観測が必要であるが、発見された金属欠乏星は暗く分光観測が困難である

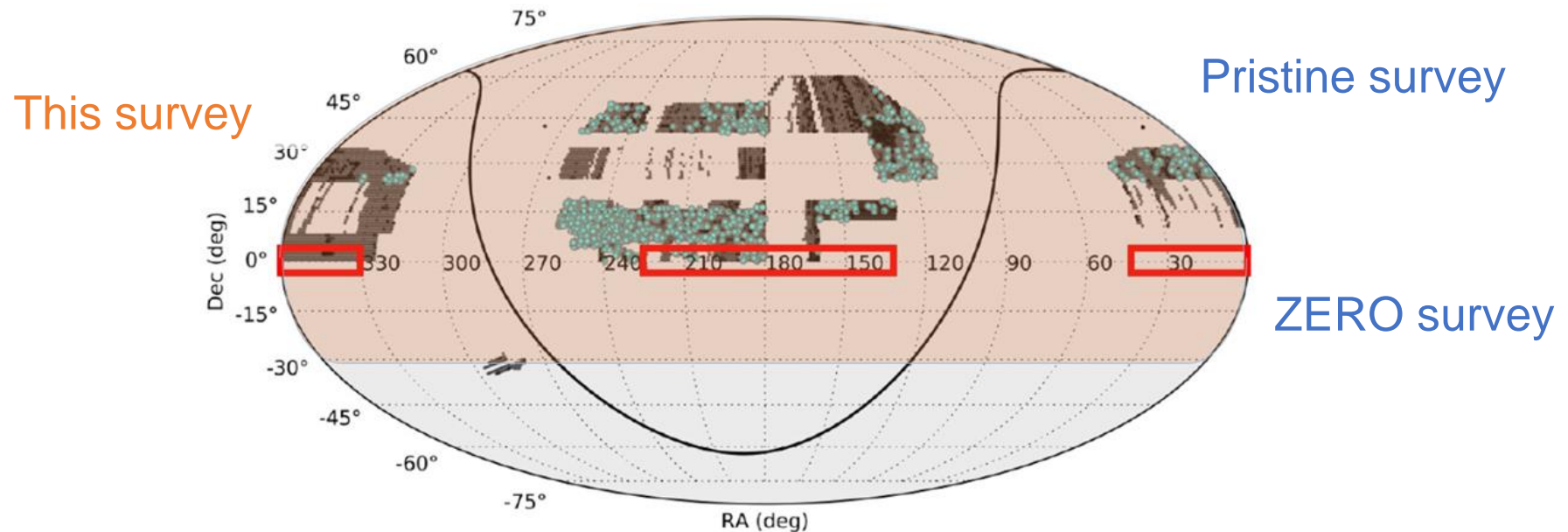


- Pristine survey の選択成功率
 - 15 - 18 等の星は 80 %
 - 15 等以下の星は 20 - 40 %
- Gaia の測光分光情報による選択成功率
 - 12 等以下では ~ 50 %
 - 約半分の金属欠乏星を落としている

12 等より明るい金属欠乏星の
サンプル拡大は難しい...

最終目標

- 北天全域の 12 等より明るい金属欠乏星を網羅する探査
- 高分散分光観測による詳細な化学組成の決定



作戦：選択した金属欠乏星候補について効率良く金属量を確認することでさらに対象を絞る → 高分散分光観測

観測

■ Kiso 1.05 m Schmidt / Tomo-e Gozen

- 狭帯域フィルタ (NB395, NB433) を用いた測光観測
- 探査領域：約 5,300 平方度
- 観測天体数 ($V < 12$ mag)：約 500,000 天体
- [Fe/H] < -2 の金属欠乏星 (VMP 星) 候補を選択



1.05 m Schmidt telescope
@ Kiso Observatory, the Univ. of Tokyo

■ Nayuta 2 m / MALLS

- 中分解能 ($R \sim 9,000$) の分光観測
- 観測波長域：4900 - 5300 Å
- 金属量 [M/H] とアルファ元素組成 [α /Fe] を測定



Nayuta telescope
@ Nishi-Harima Astronomical Observatory,
Univ. of Hyogo

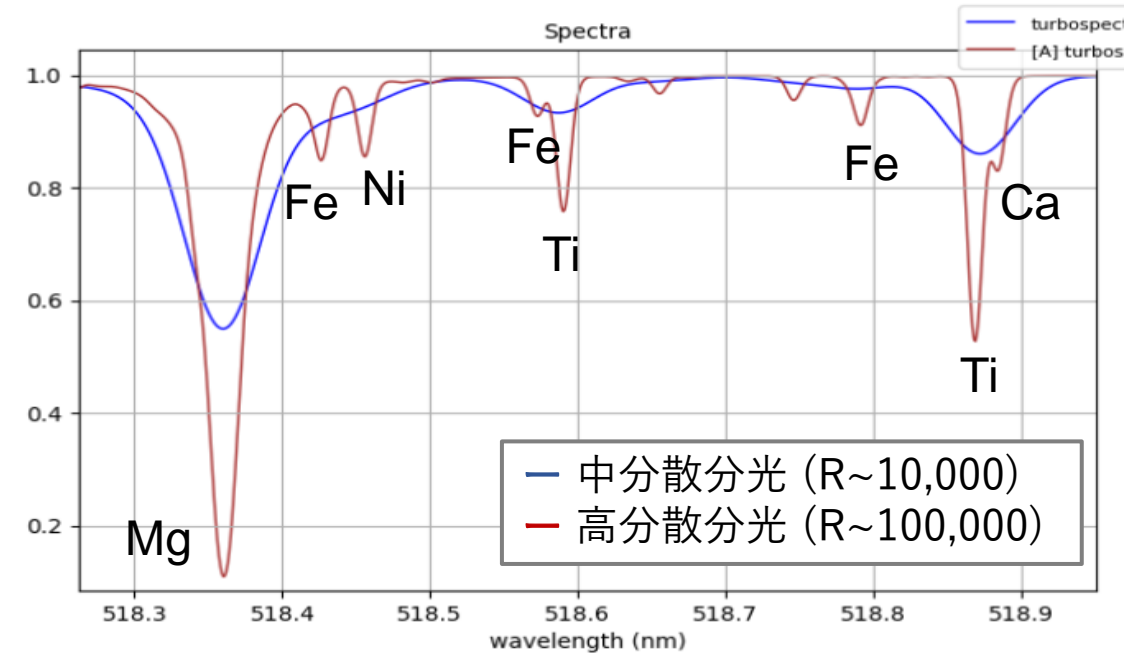
本研究

■ 中分散スペクトルで恒星の金属量を見積もる手法の確立

- 金属量既知星 ~40 天体の観測・解析
- 自動解析スクリプトの開発

■ VMP 候補の探査

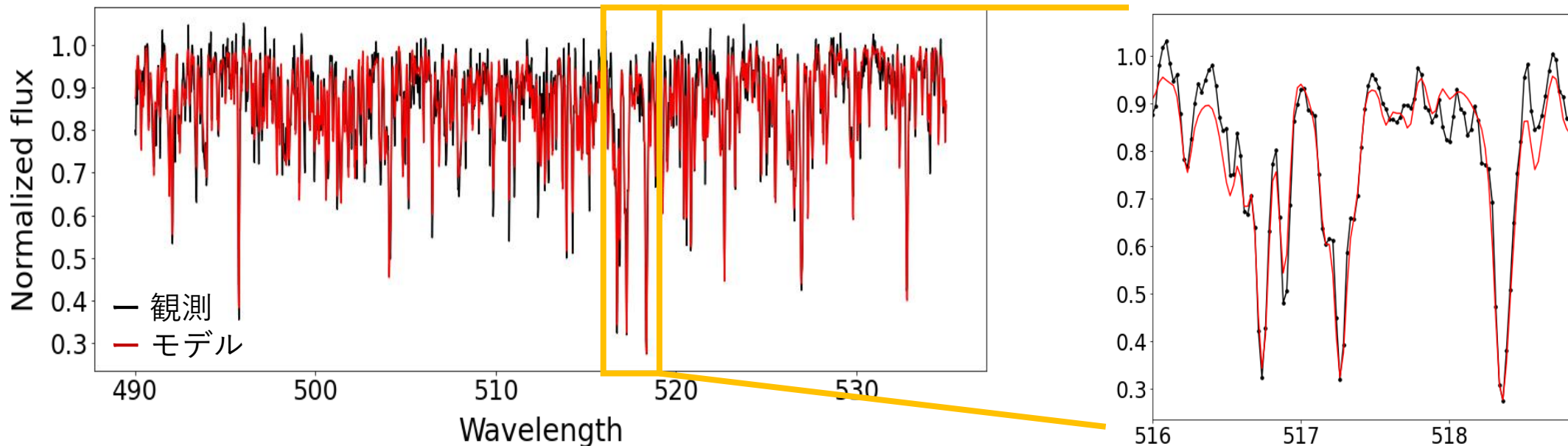
- Tomo-e Gozen による狭帯域測光観測
- 測光情報・運動情報から VMP 候補を選択
- 中分散分光追観測による金属量の確認



中分散スペクトルの解析

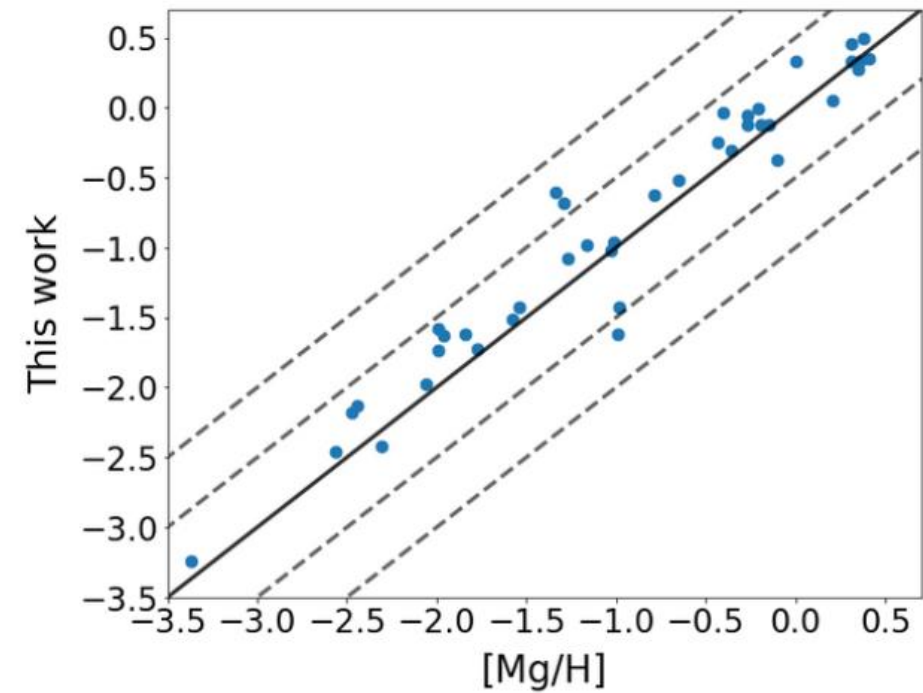
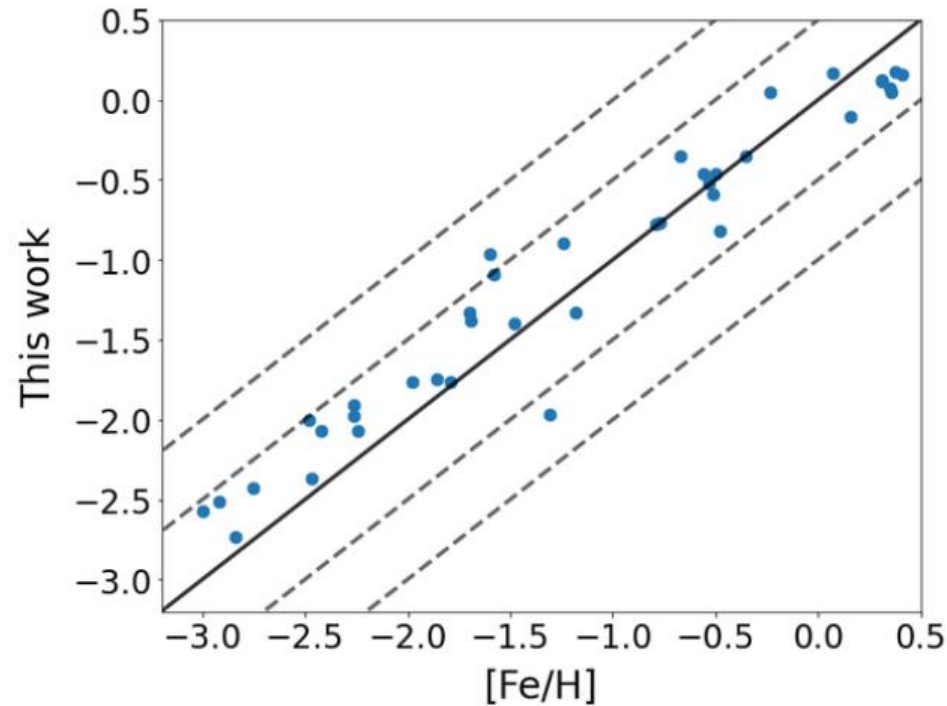
■ 恒星大気パラメータの決定

- 有効温度 T_{eff} : 測光値 (V - Ks) Casagrande et al. 2010
- 表面重力 $\log(g)$: Gaiaの距離
- 微視的乱流速度 v_{mic} : 経験則
- 化学組成 ($[M/H]$, $[\alpha/Fe]$) : スペクトルフィッティング (w/ iSpec)



結果 — 金属量の測定精度

- 広い金属量範囲 ($-3 < [\text{Fe}/\text{H}] < +0.5$) の星 ~ 40 天体について、スペクトルフィッティングによる $[\text{M}/\text{H}]$, $[\alpha/\text{Fe}]$ と文献値を比較



- 広い金属量範囲で文献値と一致していることを確認
- 自動でスペクトルフィッティングして組成を決定するプログラムを開発 9

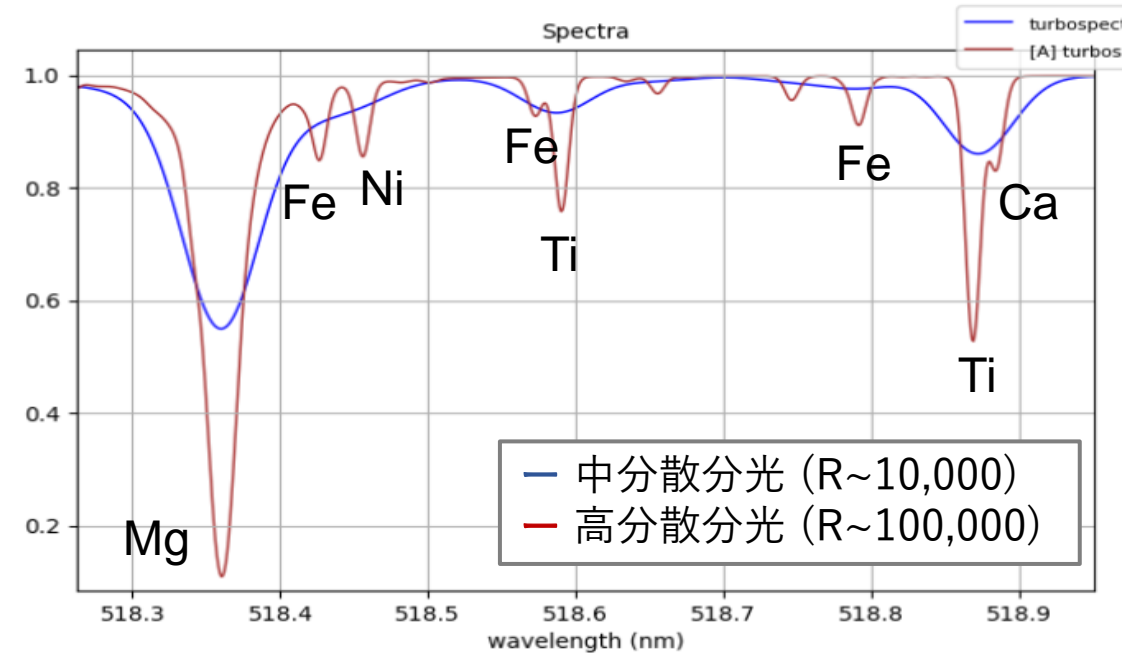
本研究

■ 中分散スペクトルで恒星の金属量を見積もる手法の確立

- 金属量既知星 ~40 天体の観測・解析
- 自動解析スクリプトの開発

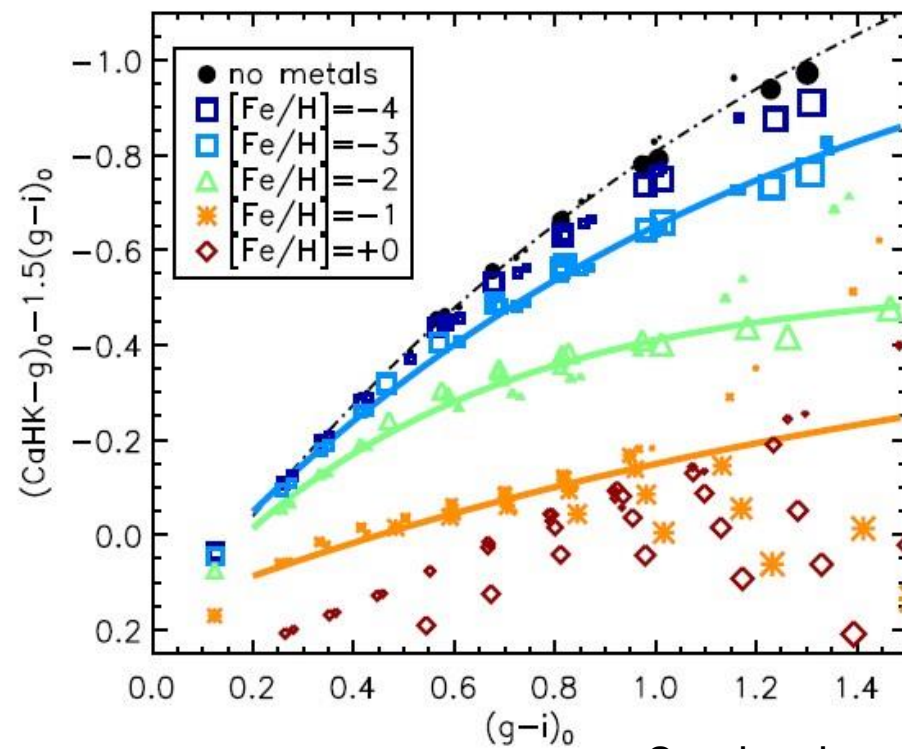
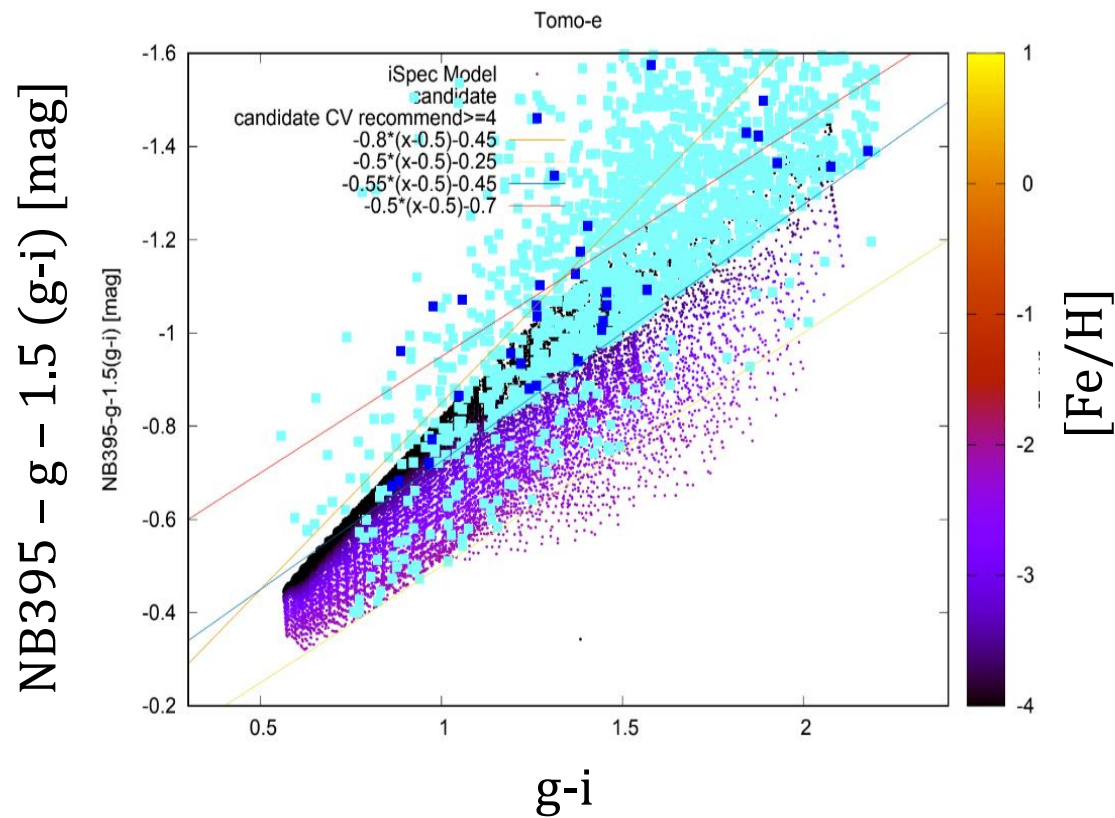
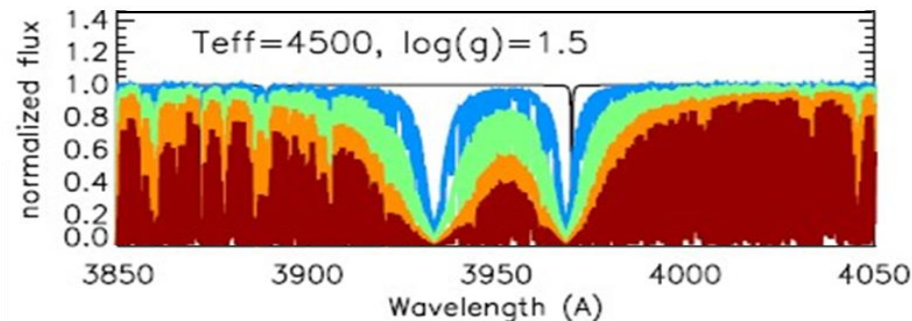
■ VMP 候補の探査

- 測光情報・運動情報から VMP 候補を選択
- 中分散分光追観測による金属量の確認



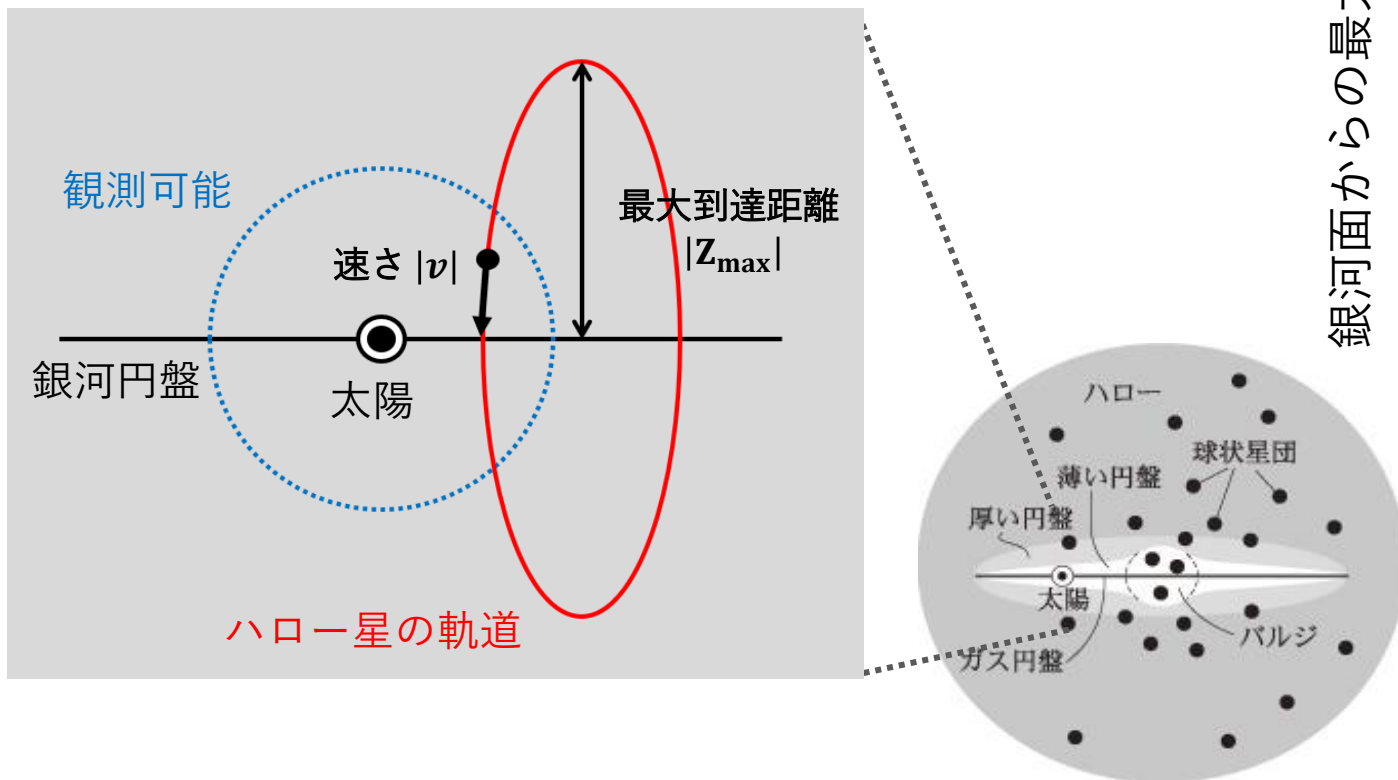
VMP 候補の選択 — 測光情報

- Tomo-e Gozen の観測で取得した NB395 (CaHK) と NB433 (CH) の測光値
- 特に CaHK は恒星の金属量に敏感

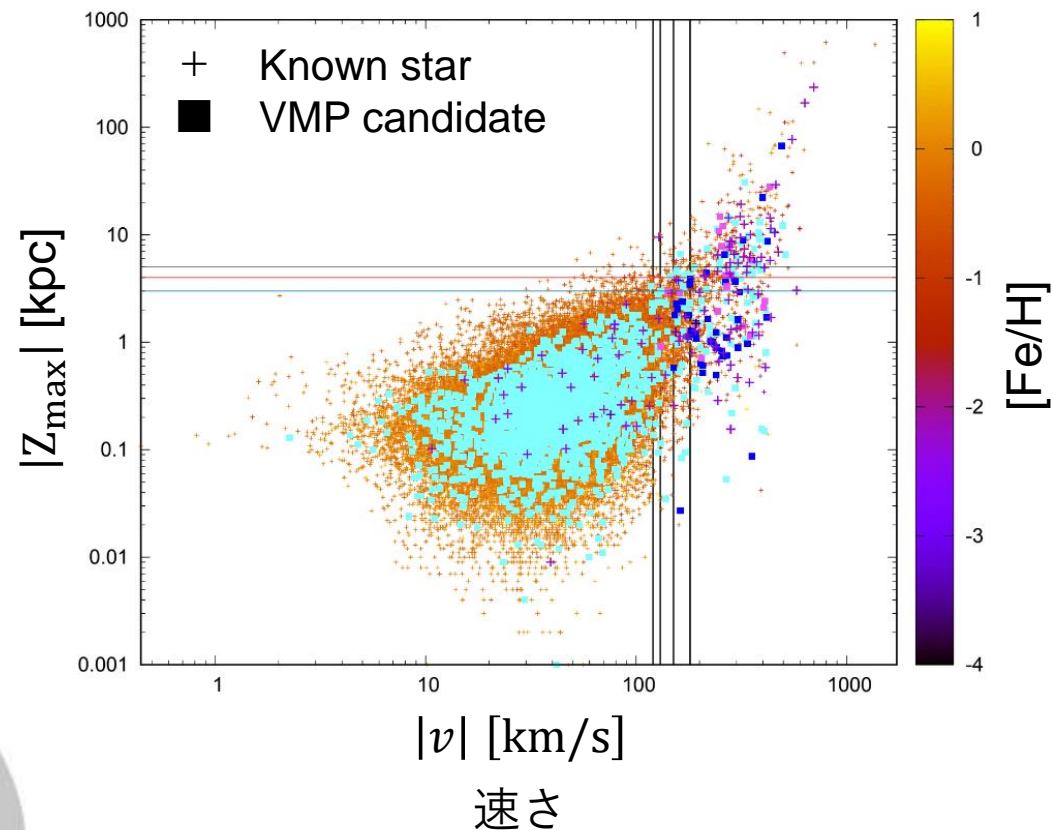


VMP 候補の選択 — 運動情報

- Gaia 衛星の運動情報
- ハローに属する星は古い星が多く、広がった分布をしている



銀河面からの最大到達距離



結果 — 金属量の測定精度

■ 金属量分布

■ $[\text{Fe}/\text{H}] - [\text{Mg}/\text{Fe}]$ の関係

preliminary

議論 — VMP 候補選択の改善に向けて

preliminary

まとめと今後の展望

金属欠乏星の組成を調べることは、宇宙初期の元素合成を理解する上で重要。

明るい金属欠乏星の探査手法を確立するため、

- ① 中分散分光スペクトルの解析手法の確立
 - 中分散分光で恒星の金属量を見積もることが可能であることを確認
 - $[M/H]$ と $[\alpha/Fe]$ を決定する自動解析プログラムの開発

- > 候補選択の手法改善と Nayuta による追観測
- > 発見された VMP 星の高分散分光観測 (Subaru / HDS, Seimei / GAOES-RV)