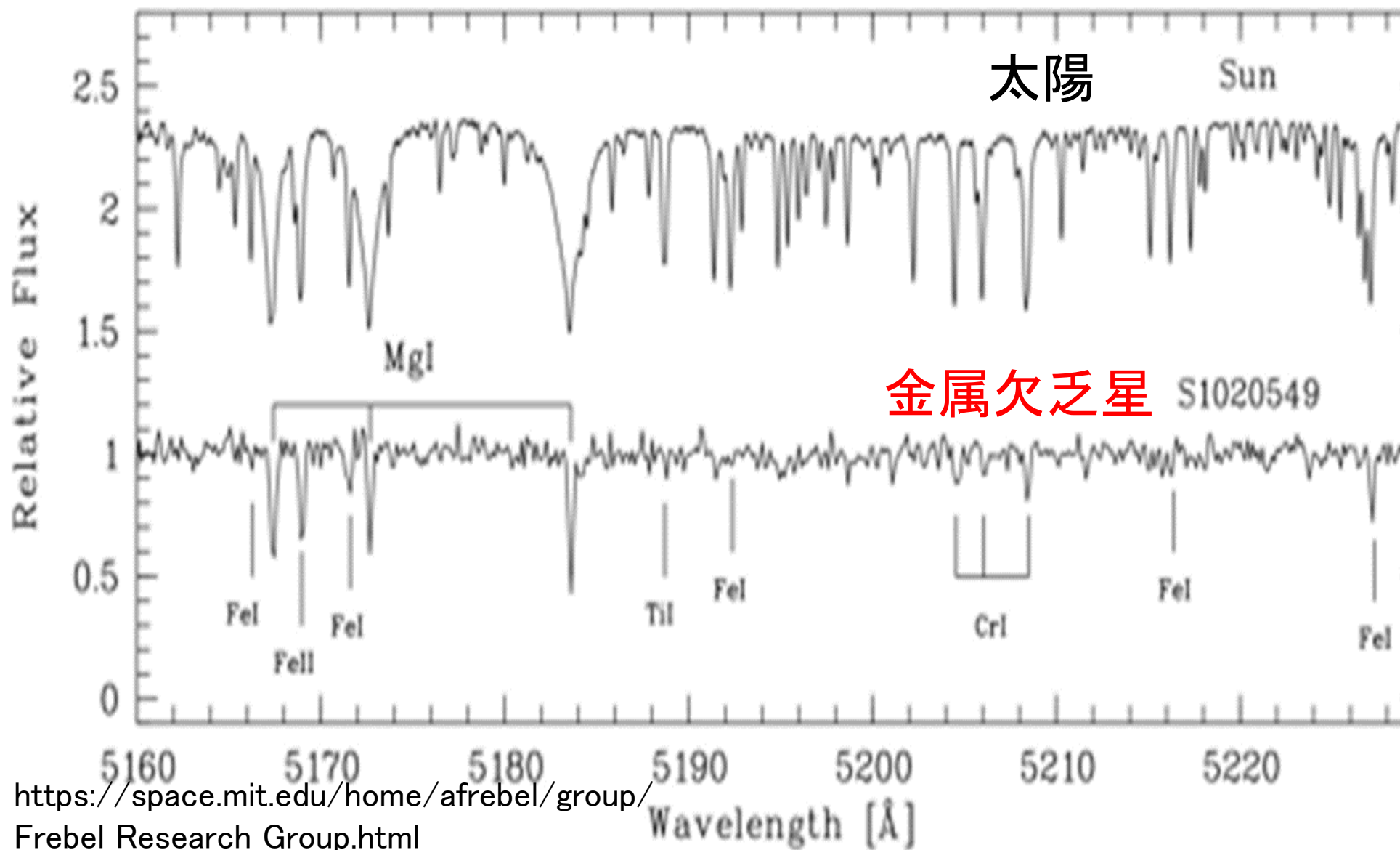


狭帯域フィルターを使った
金属欠乏星探査
および
金属欠乏候補星の
中分散分光追観測

甲南大学 自然科学研究科 物理学専攻 M2
岩崎 巧実



金属欠乏星
とは？

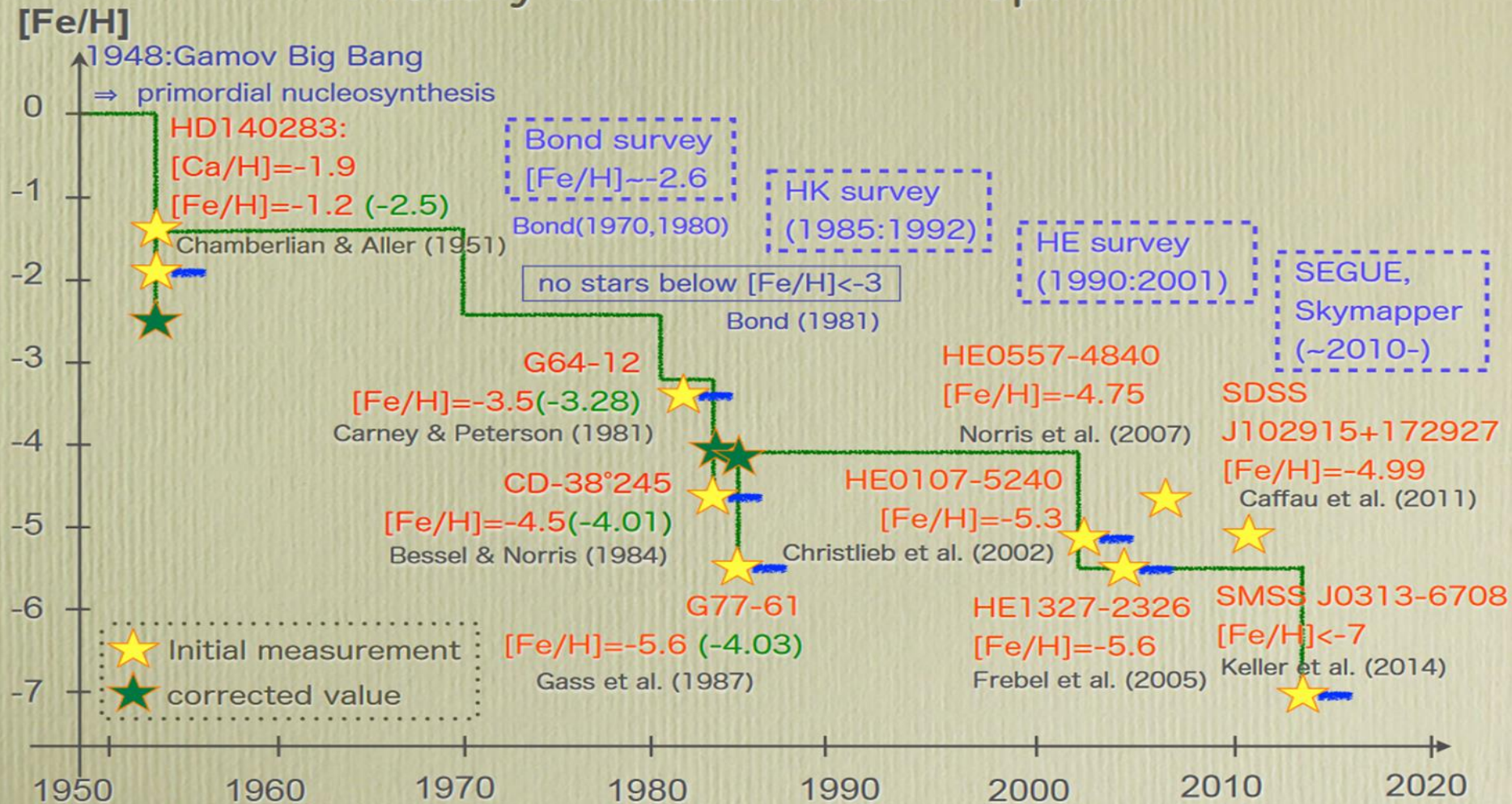
金属(重元素)が太陽
と比べて少ない恒星。

金属量は[Fe/H]
という表記で表される。

宇宙初期に作られた
低金属量の恒星は
形成当時の
宇宙の元素組成を
知る鍵となる。

視野の広いTomo-e Gozenで金属欠乏星候補を探し、
その候補天体をなゆた望遠鏡で追観測する。

History of Search for Pop. III

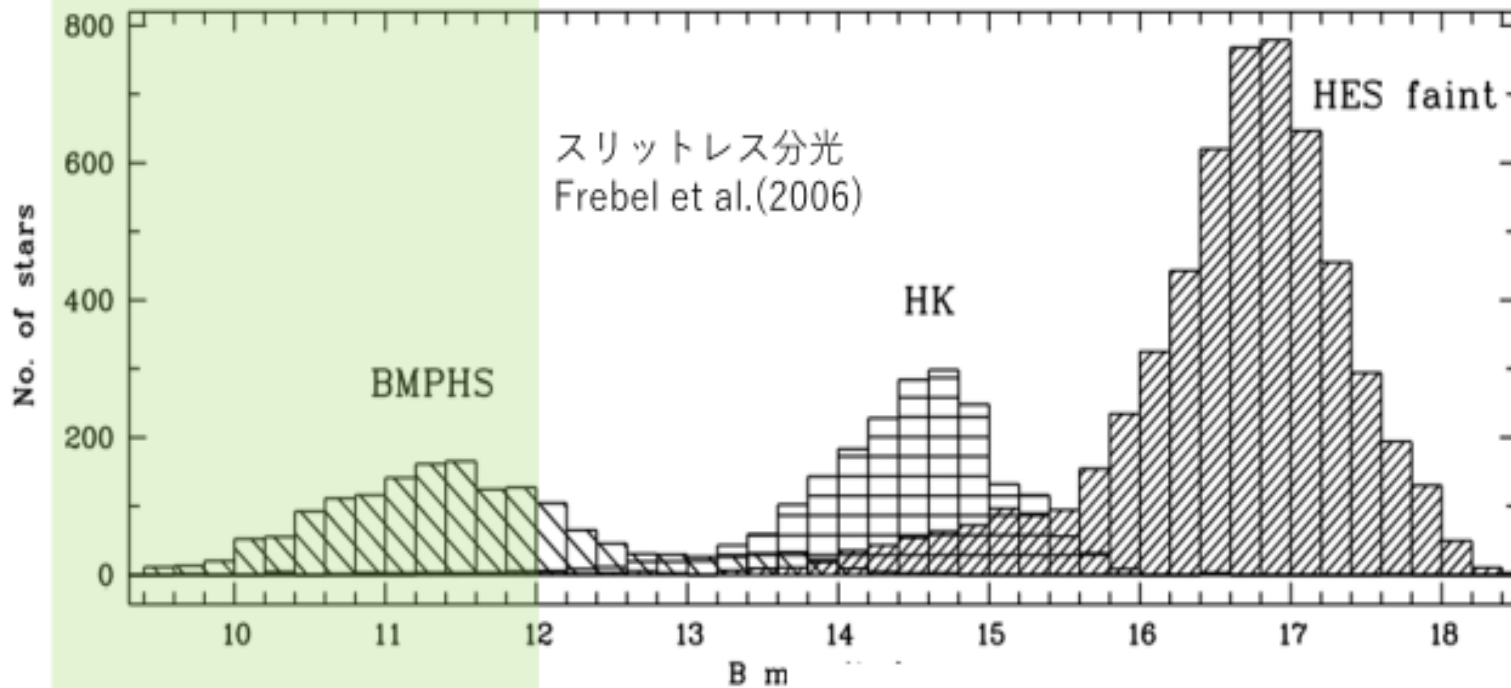


金属欠乏星
とは？

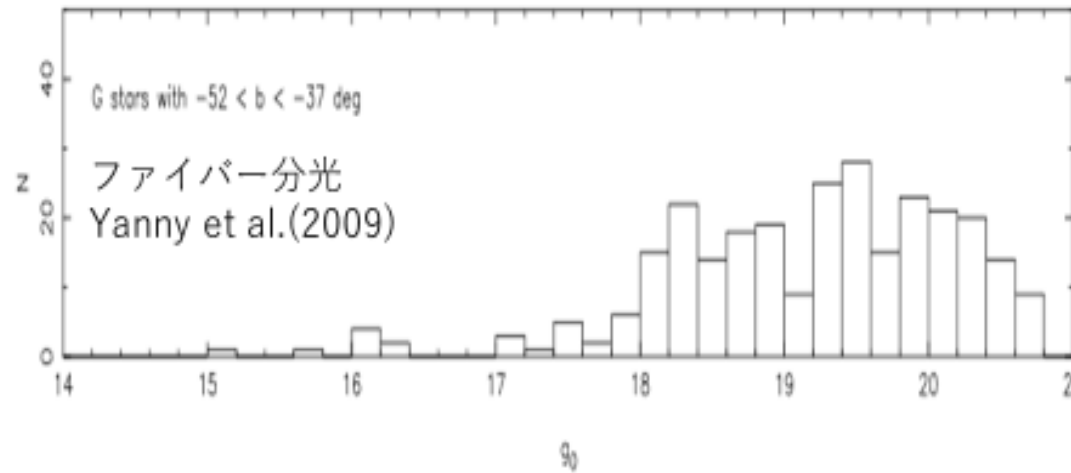
現在の
レコードホルダーは
[Fe/H] < -7.1
(Keller et al. (2014))

狭帯域フィルター観測
の
Skymapperで
達成された。

金属欠乏星はスリットレス分光のHK survey、ファイバー分光のSEGUE、狭帯域フィルター観測のSkymapperなどで探査されてきた。



この辺が
狙い目

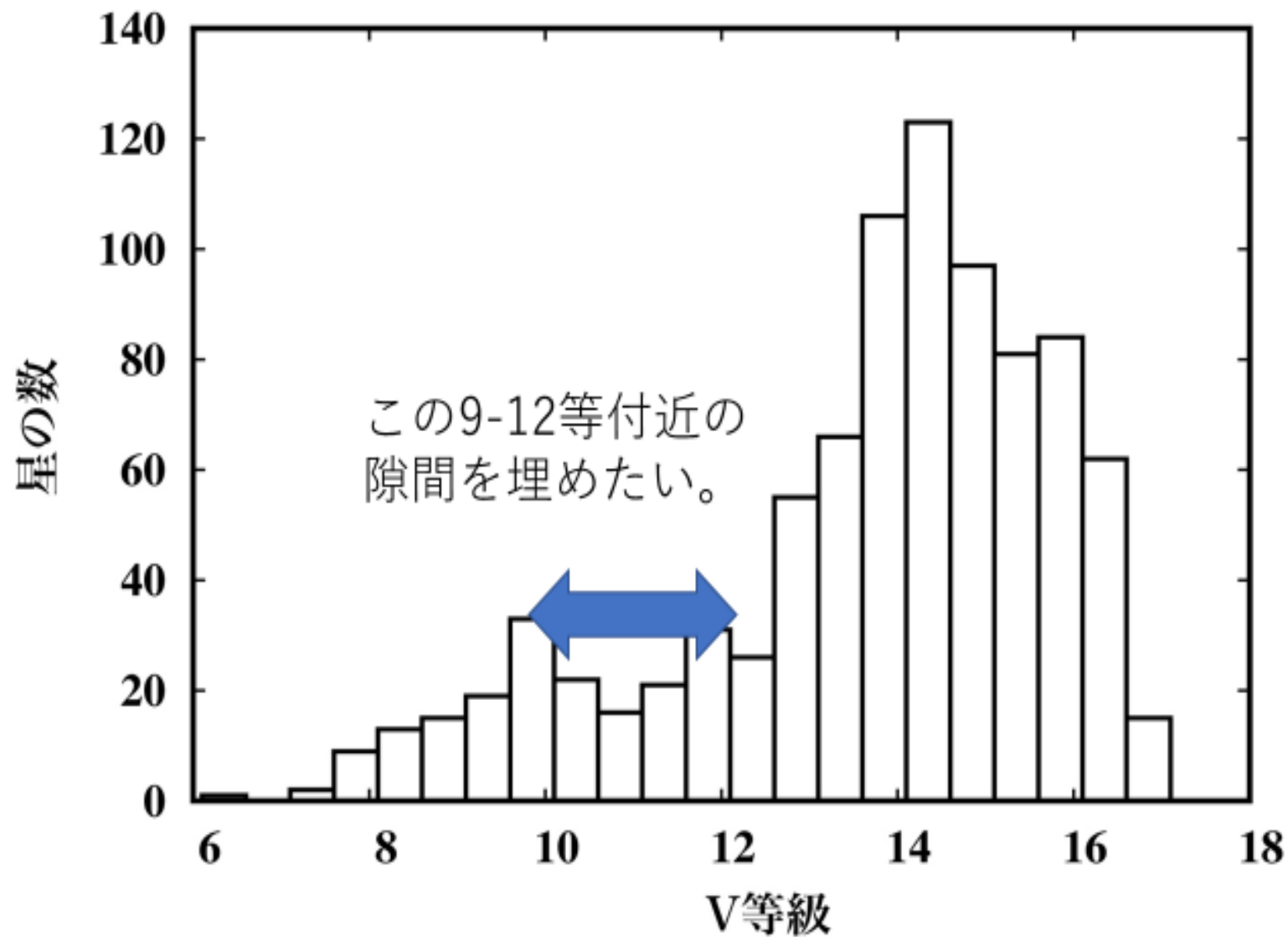


金属欠乏星
とは？

暗い金属欠乏星は
クエーサーの観測と
共に多数見つかった。

9-12等級のものは
観測が
行き届いていない。

これまでの探査でもあまり観測がされておらず、
かつ高分散分光も容易な9-12等級の金属欠乏星を狙う。



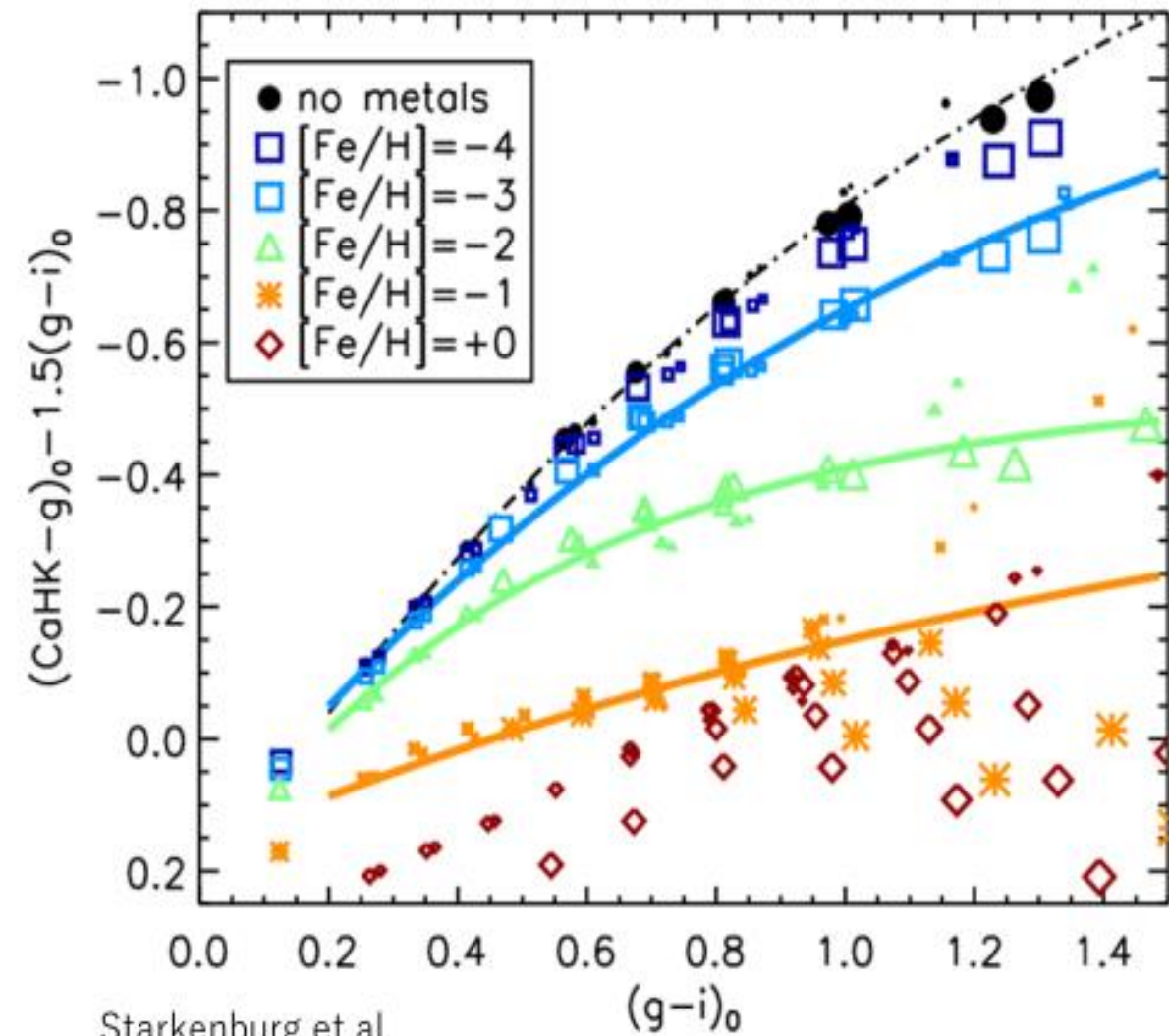
© Takuma Suda

金属欠乏星
とは？

暗い金属欠乏星は
クエーサーの観測と
共に多数見つかった。

9-12等級のものは
観測が
行き届いていない。

SAGAデータベースでの金属欠乏星の等級の分布を見ると、
9-12等級付近に発見数の減少がある。



Starkenburger et al.
(2017)

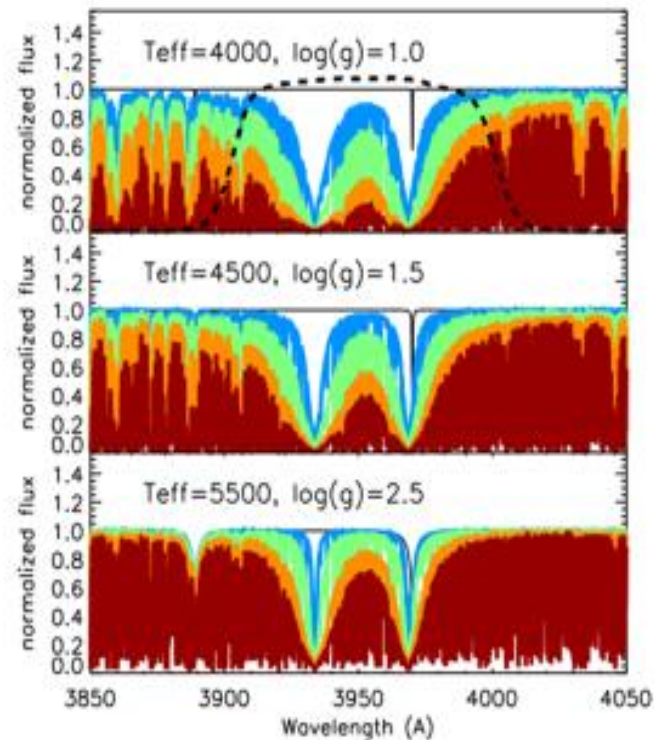


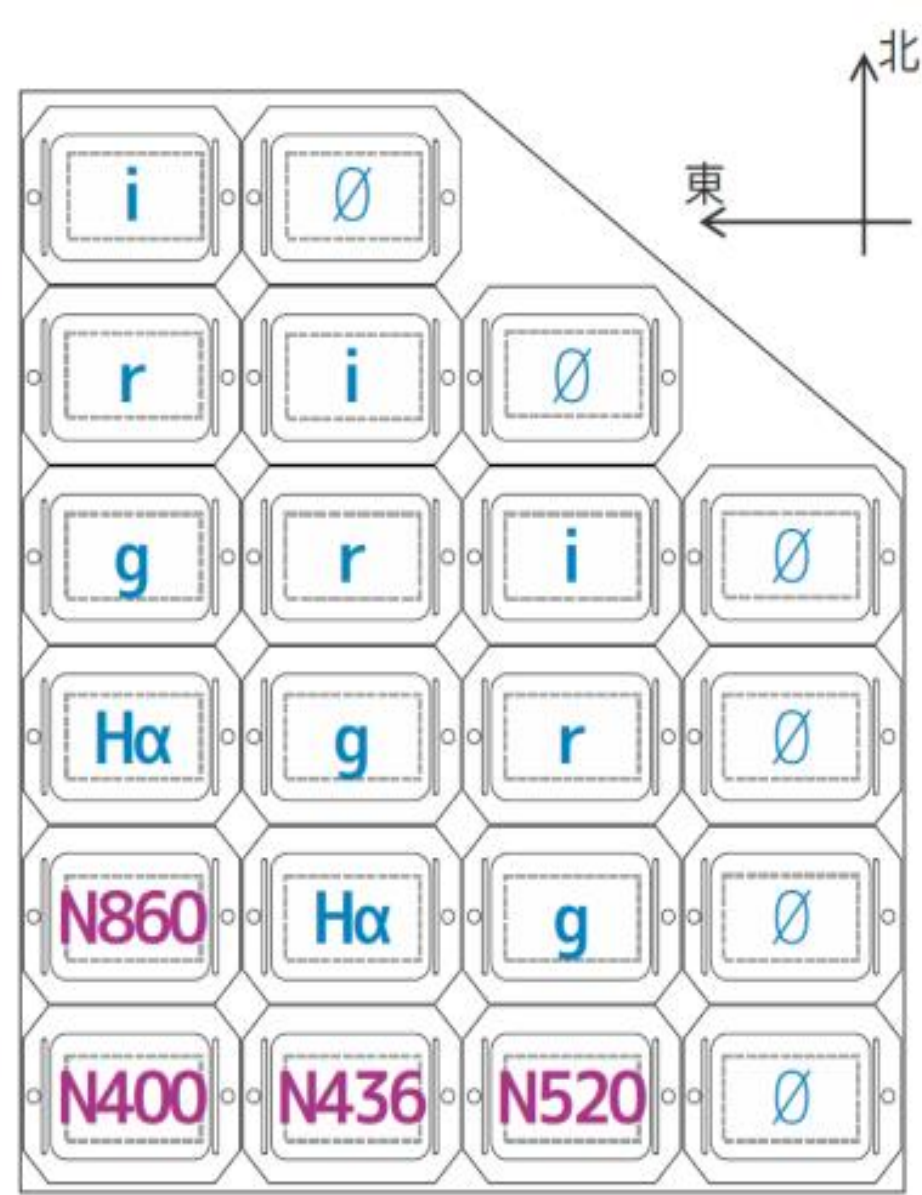
Figure 1. Synthetic spectra using MARCS stellar atmospheres and the Turbospectrum code (see section 2.1 for details) of stars on three different places on the giant branch with metallicities $[\text{Fe}/\text{H}] = 0.0$ (red), $[\text{Fe}/\text{H}] = -1.0$ (orange), $[\text{Fe}/\text{H}] = -2.0$ (green), $[\text{Fe}/\text{H}] = -3.0$ (blue), and for a star with no metals (black). In the top panel the throughput of the Ca H & K filter used in *Pristine* is overplotted (black dashed line).

Starkenburger et al.
(2017)

狭帯域フィルター
と
候補天体

NB400で測定した
Ca H&K線と
g, iバンドの等級の
組み合わせにより、
左図のように
恒星が金属量に
応じて分離する。

NB400は波長400nm付近の光のみ透過する狭帯域フィルター。
恒星のCa H&K線をNB400を用いてTomo-e Gozenで観測。

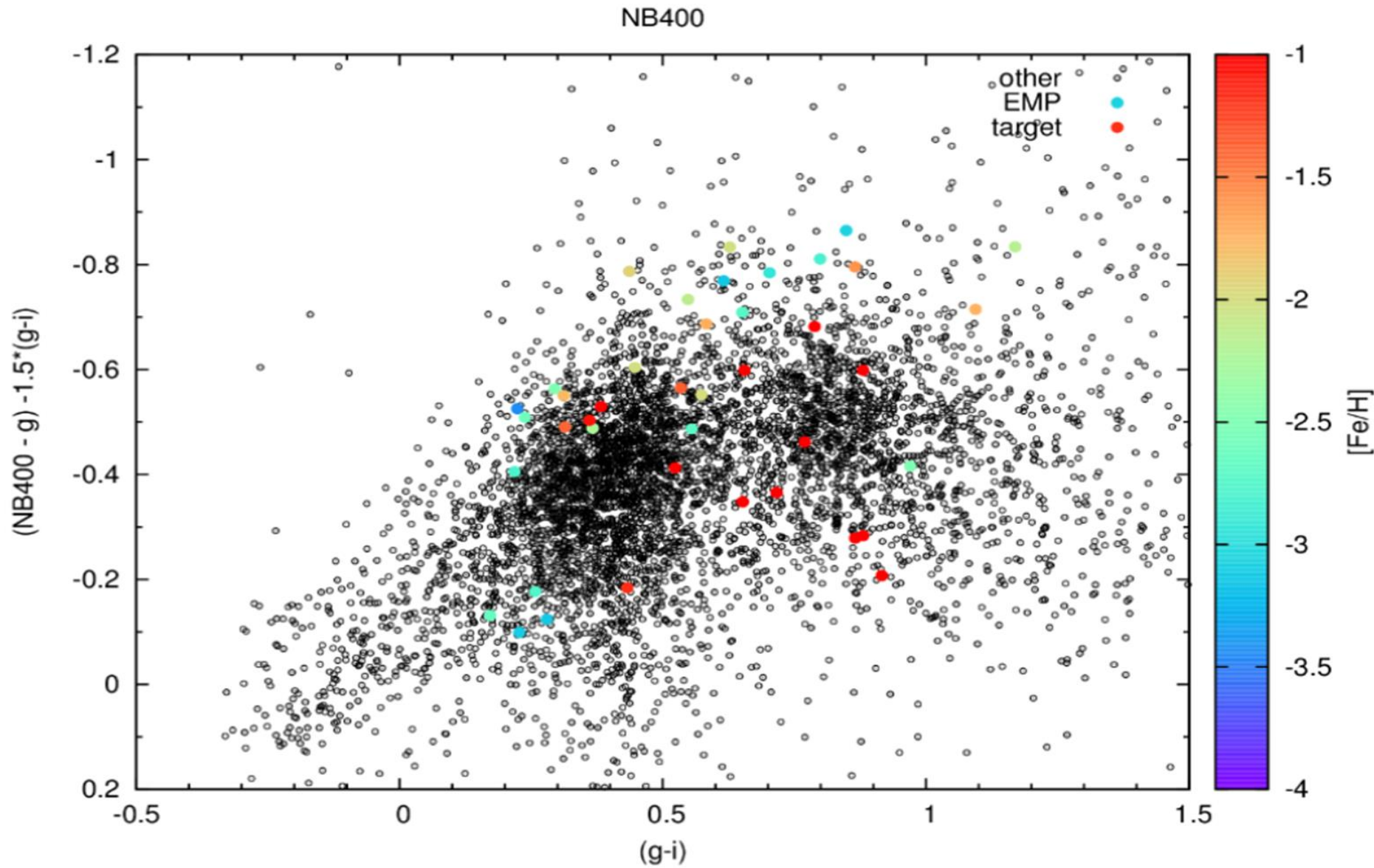


狭帯域フィルター
と
候補天体

限界等級は
N400で15.5mag。
一晩で
約1600平方度の
領域を観測できる。

そこまで暗い天体は
狙わないので
もう少し観測を
効率化できる？

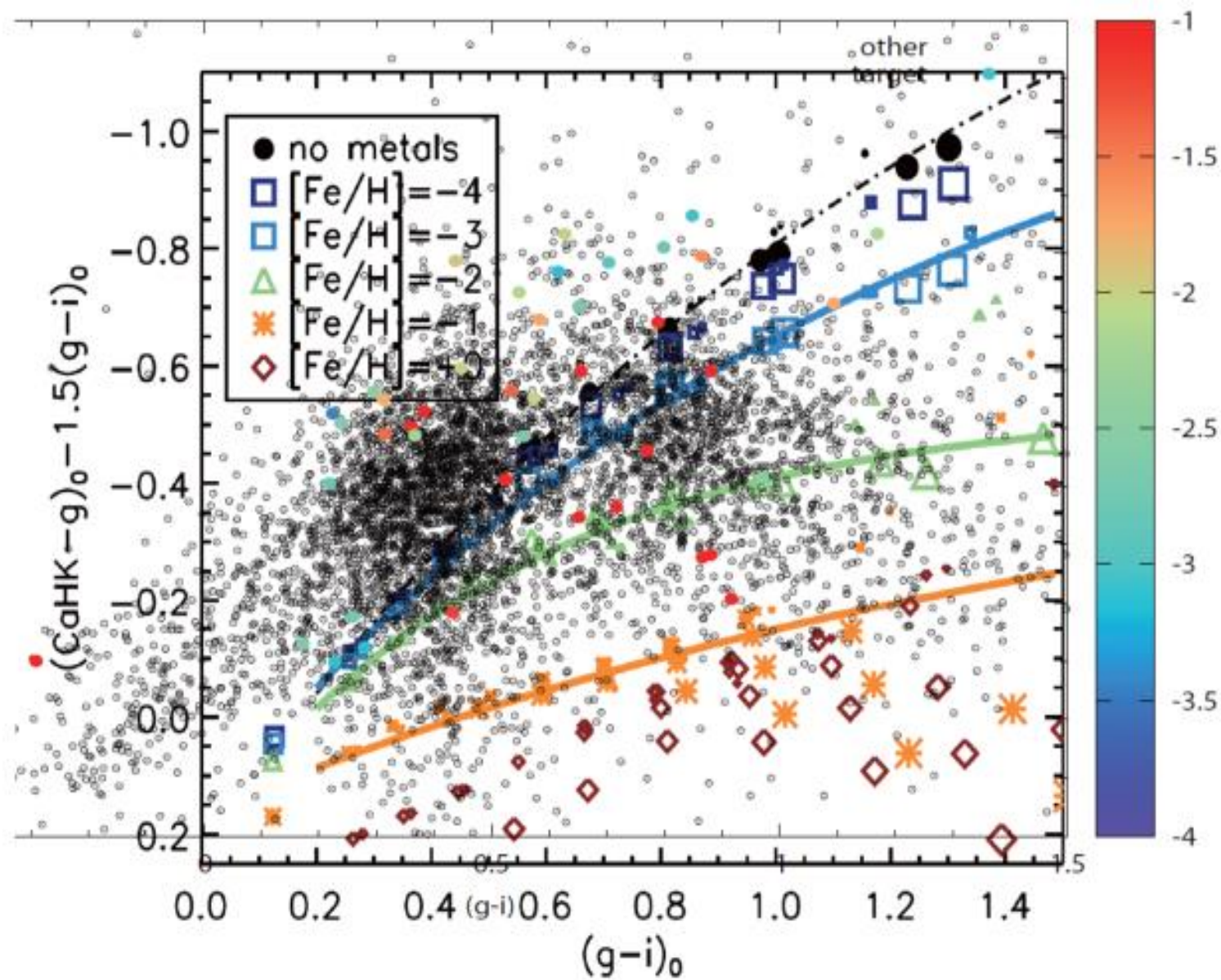
Tomo-e Gozenカメラと狭帯域フィルター。
84枚のチップで構成があり、一度に20平方度の領域を撮影できる。 6/16



狭帯域フィルター
と
候補天体

金属量を含む様々な
大気パラメータの
恒星のフラックスを
計算し、
その星が
金属欠乏かの
正否の関係を
学習させた。

Tomo-e Gozenで観測した金属欠乏星と共に写り込んだ恒星から、
機械学習を用いて金属欠乏星の候補を選んだ。



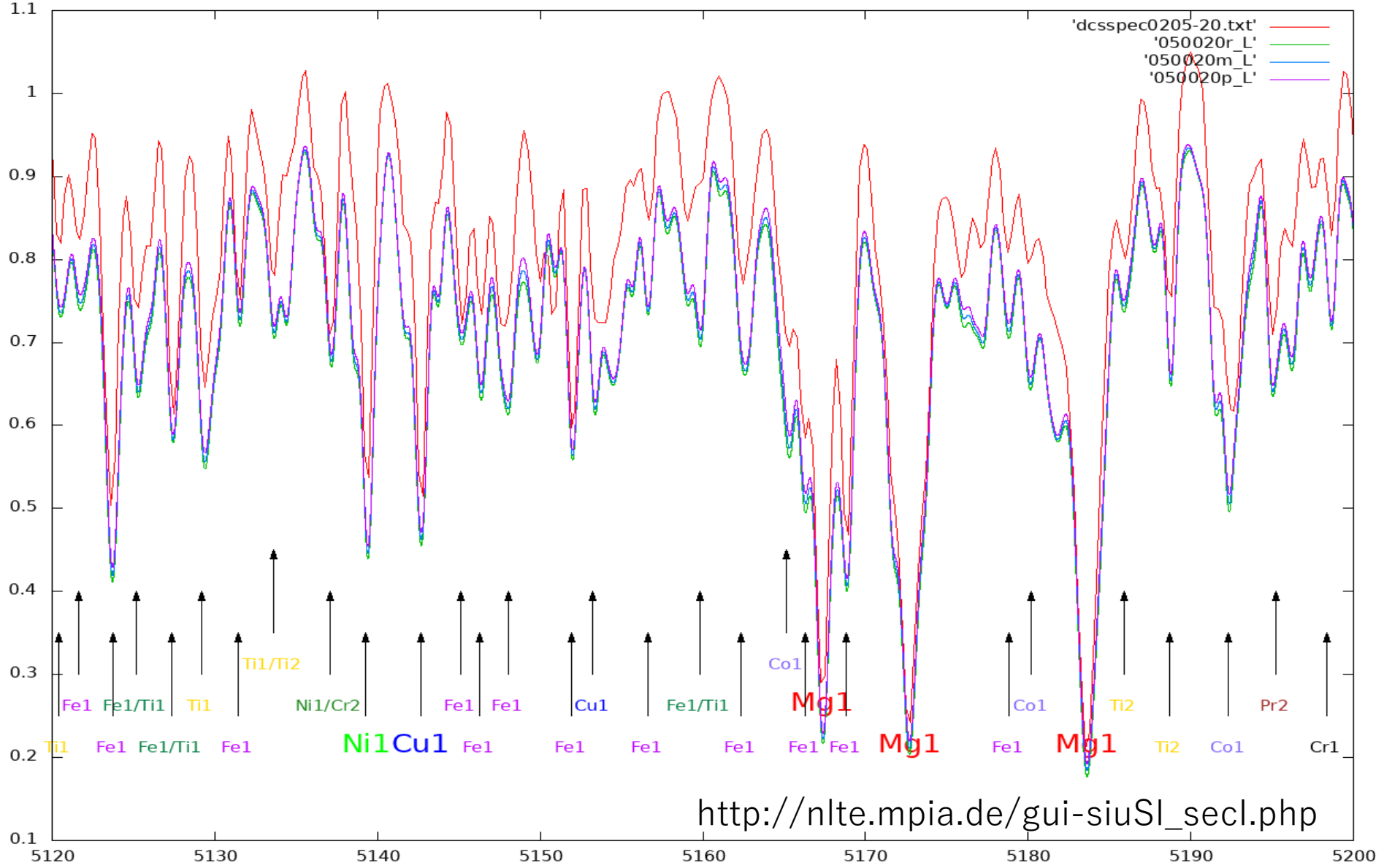
狭帯域フィルター
と
候補天体

Tomo-e Gozenの
観測結果からは
金属欠乏星が
期待通り
図の左上部分に
集まったようだった。

金属欠乏星は図の左上に集中すると考えられるが、
より正確な金属欠乏星候補の選択のために機械学習を用いた。

なゆたによる2020年2月のpilot 追観測

- 観測時期は2020年2月5日-7日の3夜
 - ターゲットはTomo-e Gozen のpilot 観測から選択
 - $V = 9-10\text{mag}$
- 1夜で10個程度の天体を観測
- 天候不順のため、観測数よりS/Nを優先
 - しかし、S/Nは目標の50未満



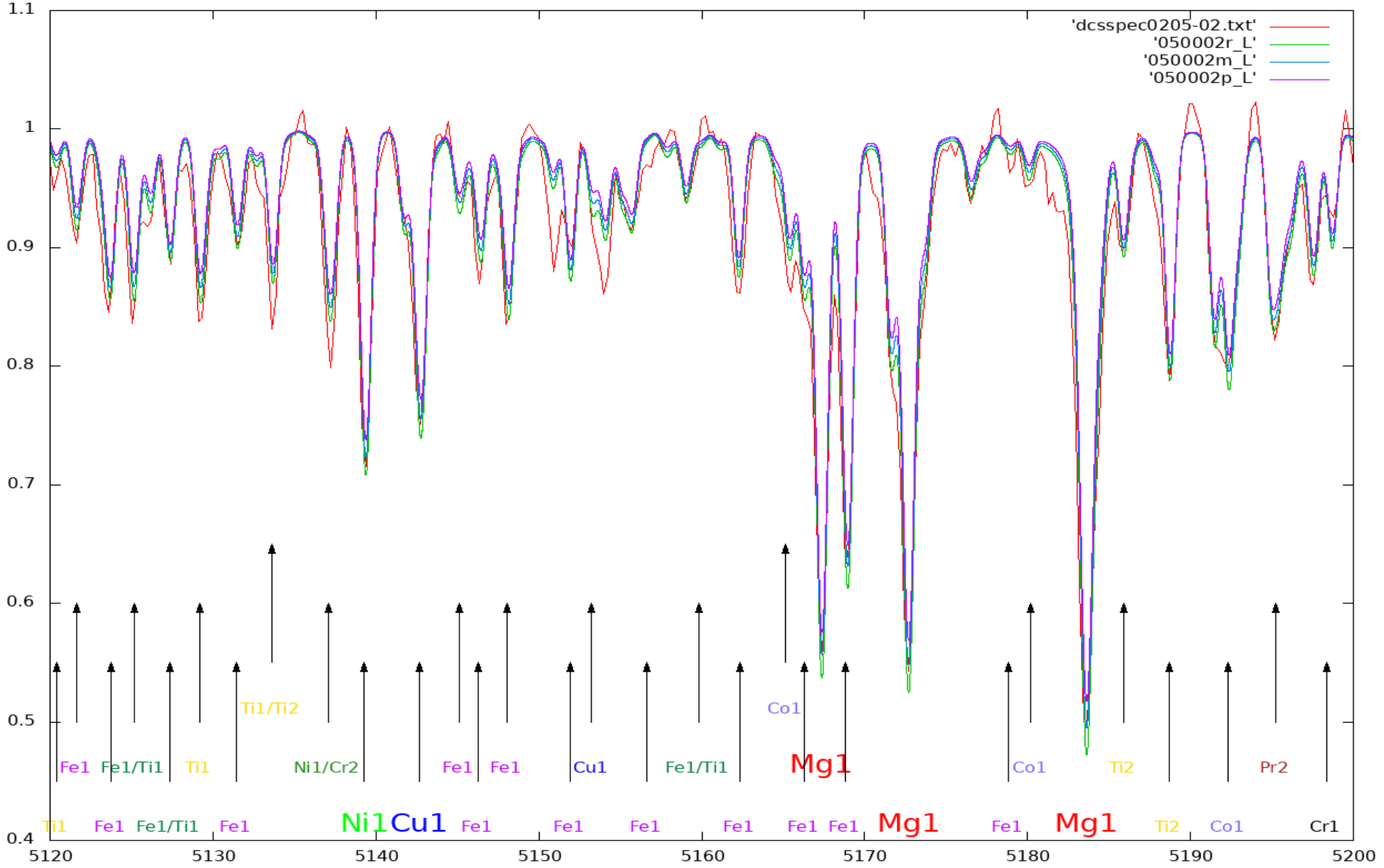
観測結果

この天体
 (アークトゥルス)の
 大気パラメータ

$T_{\text{eff}} = 4290[\text{K}]$
 $\log(g) = 1.7$
 $[\text{Fe}/\text{H}] = -0.52$
 $V_{\text{mic}} = 1.0[\text{km/s}]$

Ryde et al. (2016)

得られたスペクトルから大気パラメータを推測するにあたり、
 観測とリファレンスのモデル各々のMgのラインの一致を確認した。

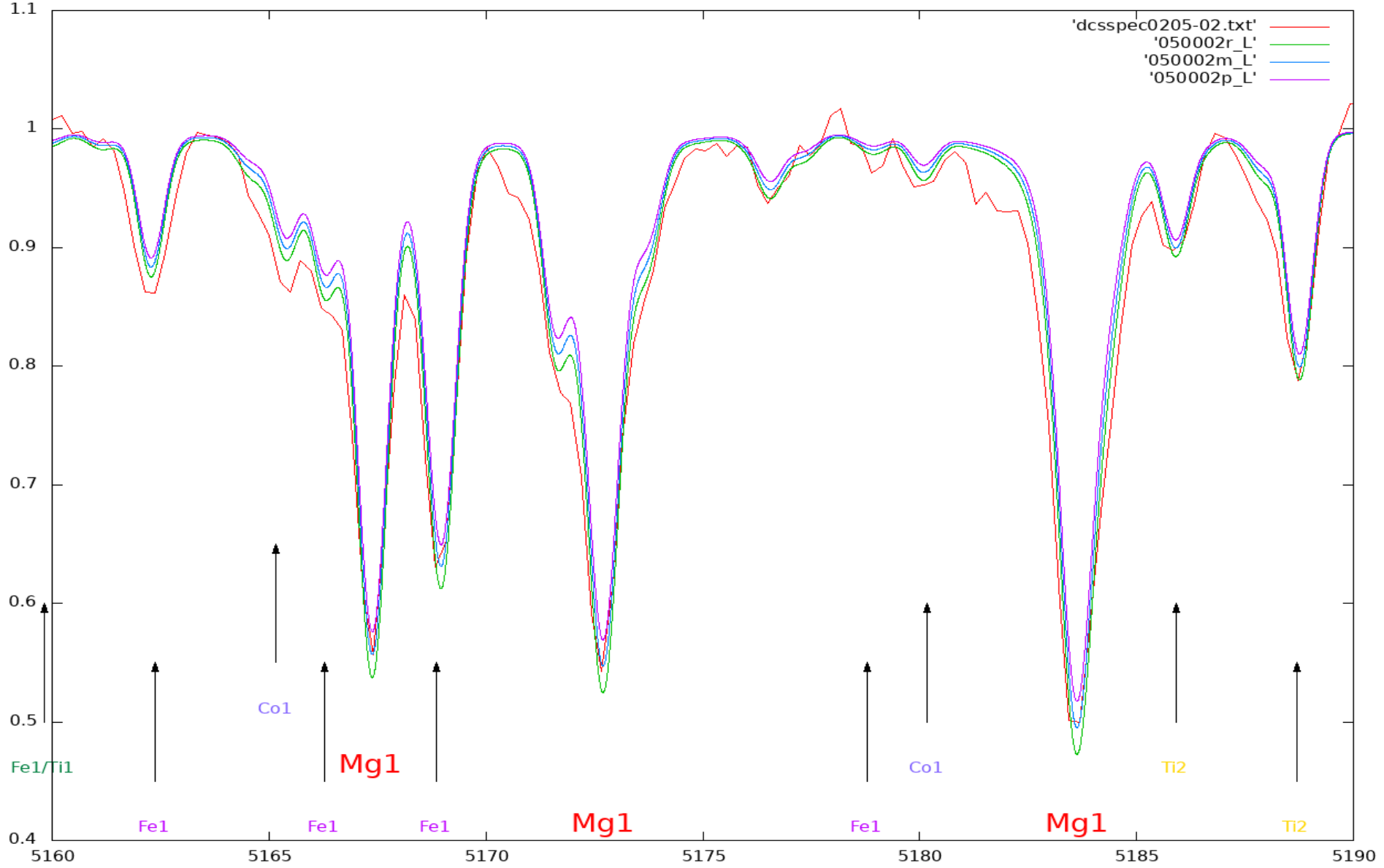


観測結果

この天体の
大気パラメータ

$T_{\text{eff}} = 5740 [\text{K}]$
 $\log(g) = 3.5$
 $[\text{Fe}/\text{H}] = -0.70$
 $V_{\text{mic}} = 1.2 [\text{km/s}]$

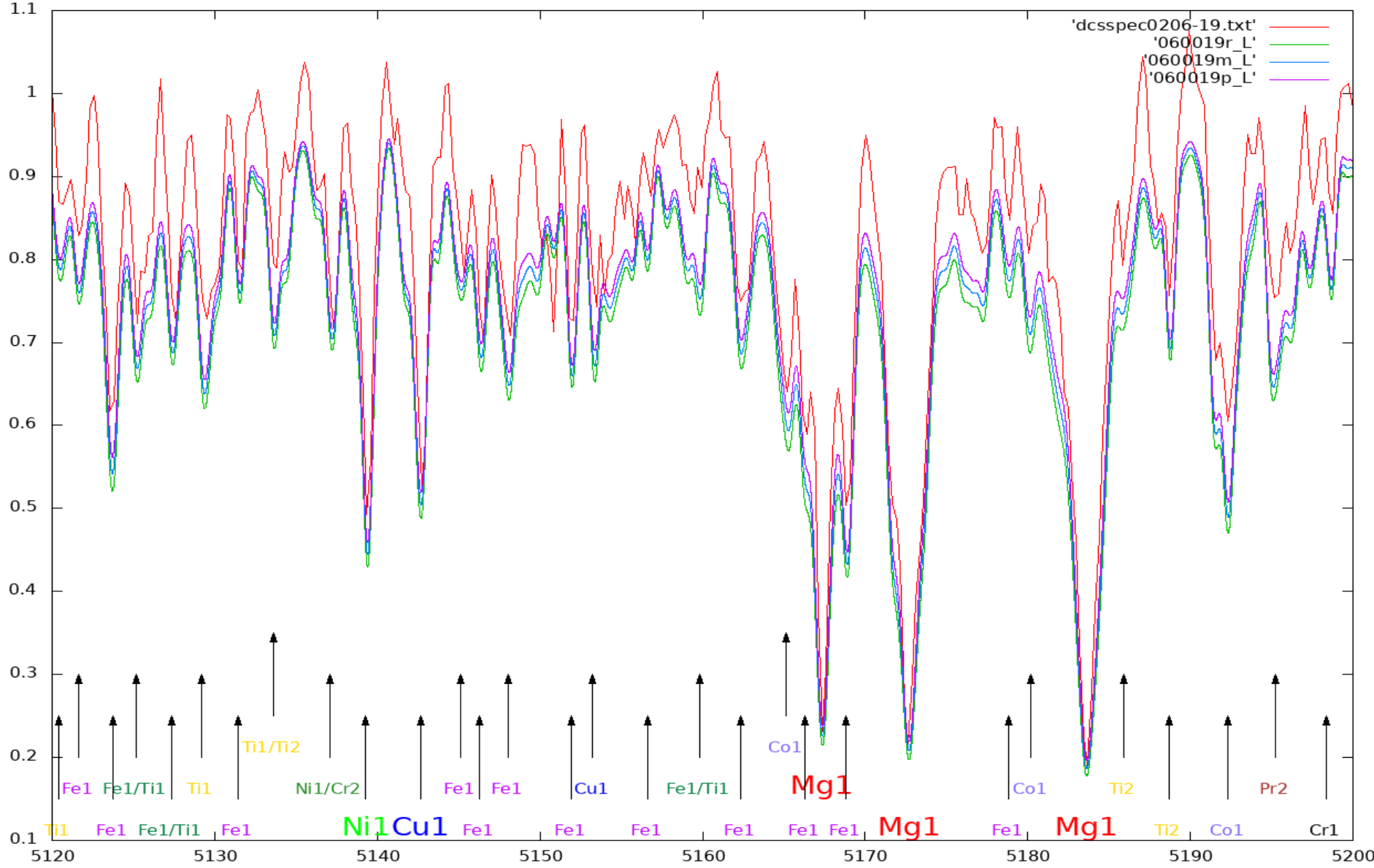
得られたスペクトルの一例。Mg のラインが観測結果と重なるようにモデルのパラメータを決めた。



観測結果

この天体の
観測結果(赤)
と
異なる[Fe/H]の
モデルの
比較

同観測スペクトルの拡大図。
金属欠乏星ではなかったことがわかる。

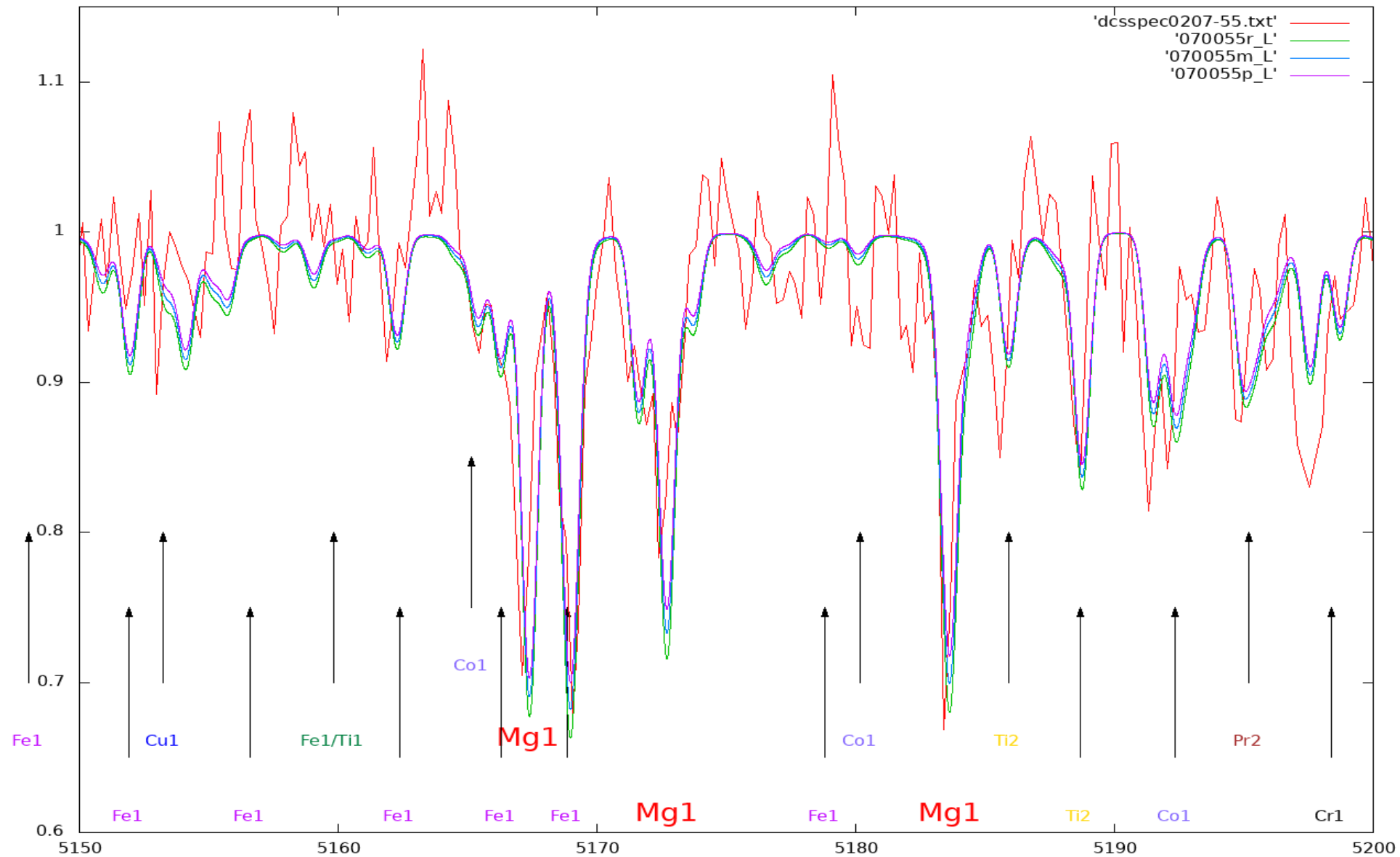


観測結果

この天体の
大気パラメータ

$T_{\text{eff}} = 4790 [\text{K}]$
 $\log(g) = 3.1$
 $[\text{Fe}/\text{H}] = 0.13$
 $V_{\text{mic}} = 0.2 [\text{km/s}]$

得られたスペクトルの一例。モデル大気連続光部分がブレンドしてしまっている。



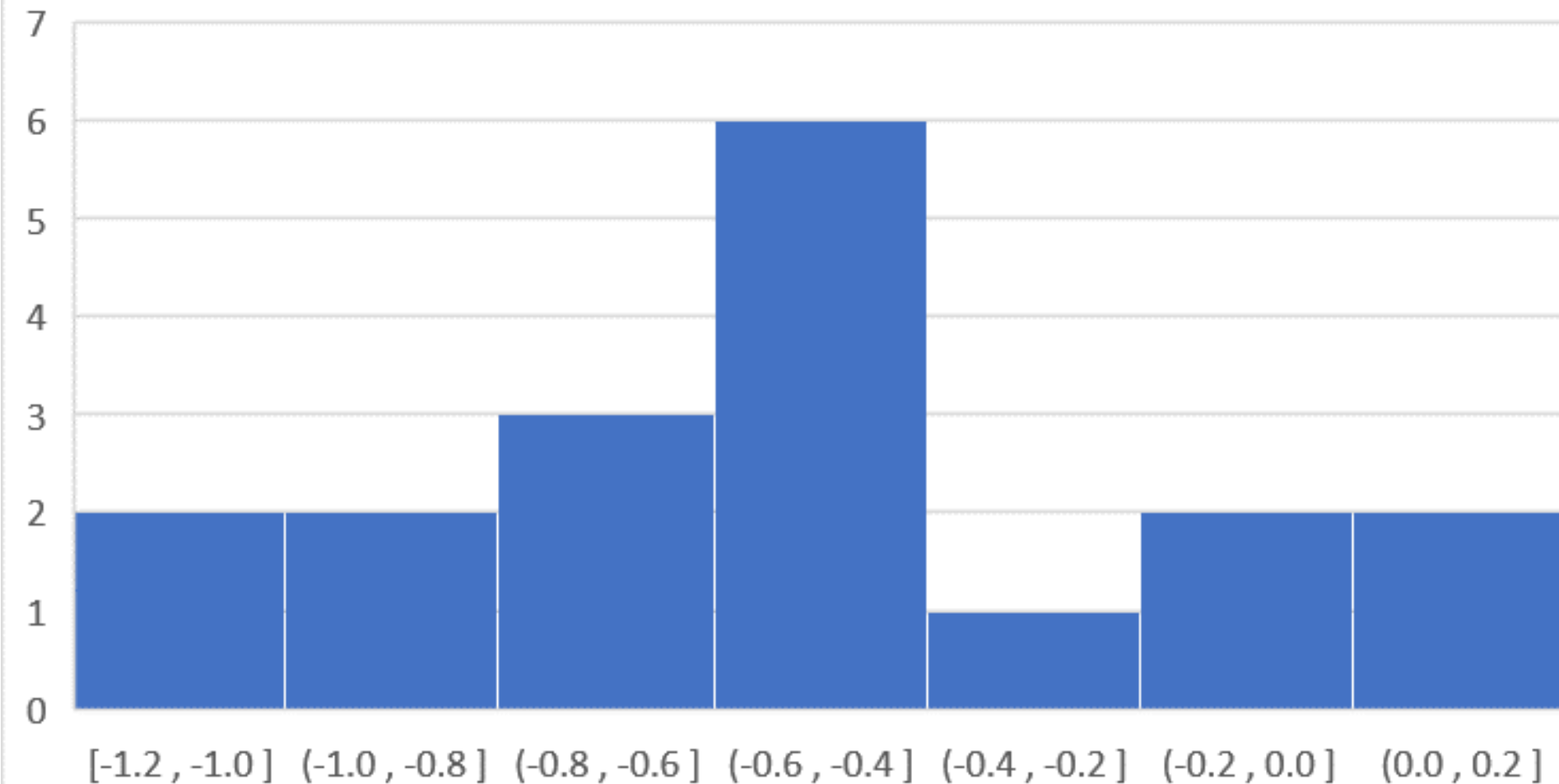
観測結果

この天体の
大気パラメータ

Teff= 5460[K]
log(g)= 1.8
[Fe/H]= -1.21
Vmic= 0.4[km/s]

今回得られた最小の金属量を持つ恒星のスペクトル。
Mgの吸収線が他の恒星に比べて浅い。

[Fe/H]の分布



観測結果

観測した
18天体のうち、
最低は
[Fe/H]= -1.21
最高は
[Fe/H]= 0.13

観測した天体の金属量のまとめ。
目立って金属量が小さい天体は見つからなかった。

Future works

- 2020年9月、さらに1回の追観測を申請予定。
 - おそらく年内
- 前回よりも観測数の向上を図る。
 - 前回は予定の2割程度にとどまってしまった
 - 機械学習の精度も合わせて上げたい
 - S/Nも上げる