

近赤外線高分散分光器WINEREDを用いたY, Jバンドのライン強度比からの晩期型巨星有効温度の決定法 (Taniguchi et al. 2017 accepted)

谷口大輔¹, 松永典之¹, 小林尚人¹, 福江慧², 濱野哲史², 池田優二², 河北秀世², 近藤莊平², 鮫島寛明², 安井千香子³

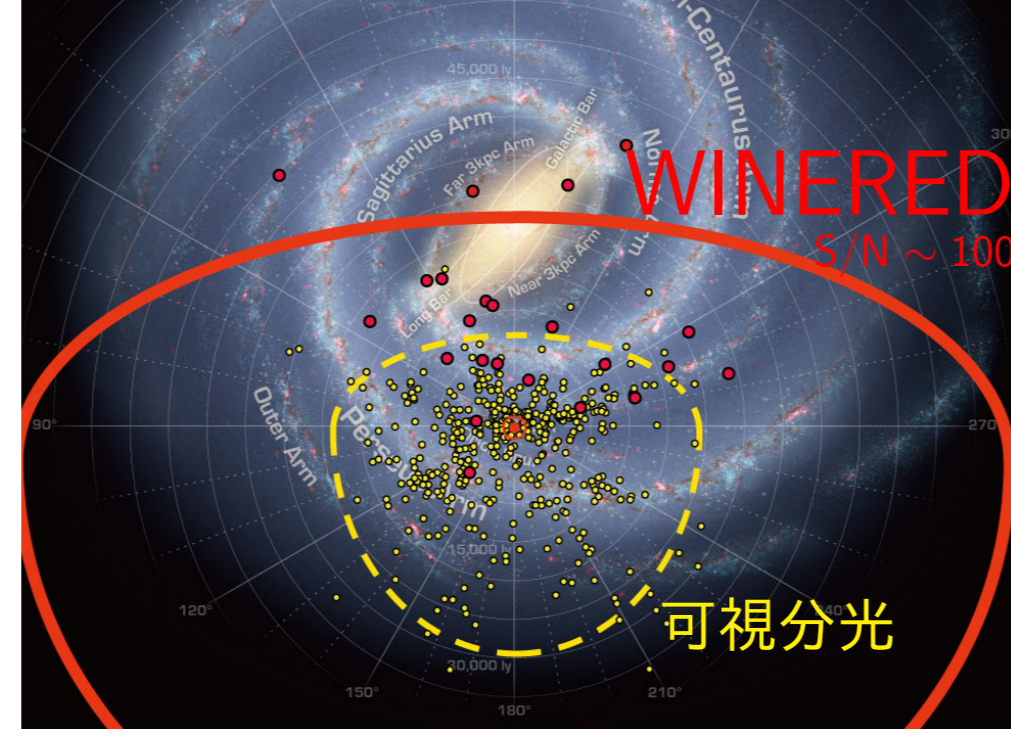
¹東京大学, ²京都産業大学, ³国立天文台

Abstract

恒星大気を特徴づけるパラメーターの中でもとりわけ重要なもの一つである有効温度を決定する手法は、これまで数多く考案されてきた。その中でも、星間減光や他の大気パラメーターからの影響を受けにくい温度指標となる「ライン強度比」を用いた温度決定法に我々は着目した。この方法はこれまで主に可視光域で用いられてきたが、近年の近赤外線高分散分光器の発展により近赤外域でも適用することが可能となった。そこで我々は近赤外線高分散分光器WINEREDを用い $R \sim 28,000$ でY (0.97–1.09 μm), J (1.15–1.32 μm) バンド全域のライン強度比を初めて系統的に調査した。その結果、81個の温度指標関係式を発見し、 $3700 < T_{\text{eff}} < 5400 \text{ K}$ かつ $-0.5 < [\text{Fe}/\text{H}] < +0.3 \text{ dex}$ の巨星に対して $\pm 10 \text{ K}$ の統計的精度で温度を決定できる経験的手法を確立した。これを用いれば、銀河中心を含む銀河系の広い範囲に存在する赤色巨星に対して温度を正確に決めることができる。

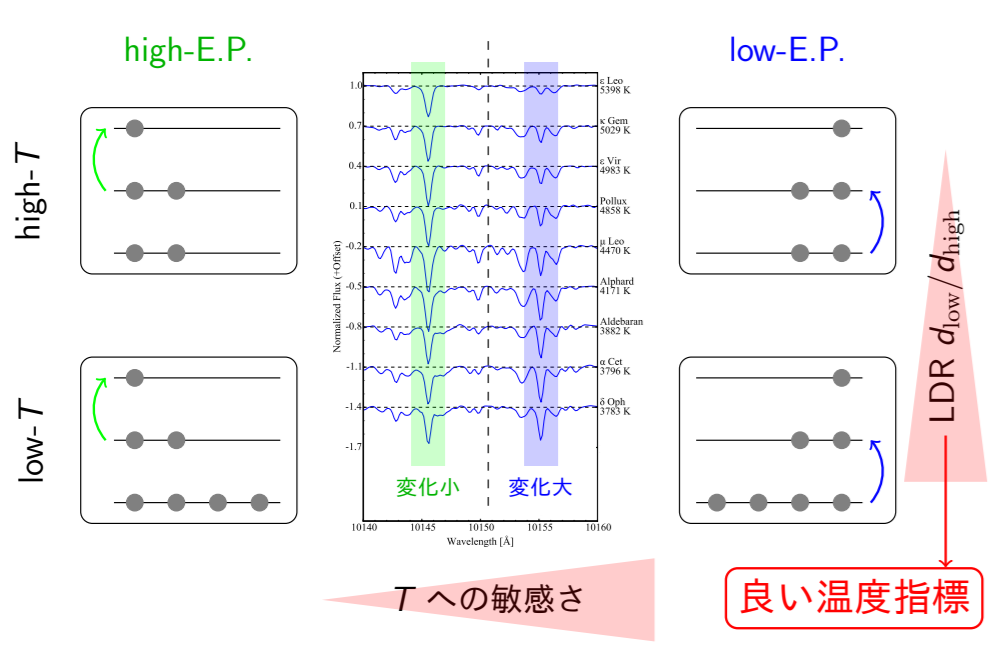
Introduction

- ▶ 可視高分散分光では見えないようなreddeningが強く効いた領域でも化学組成が知りたい。
- ▶ 色から有効温度を推定することができないためスペクトルのみで推定する手法を確立する必要がある。



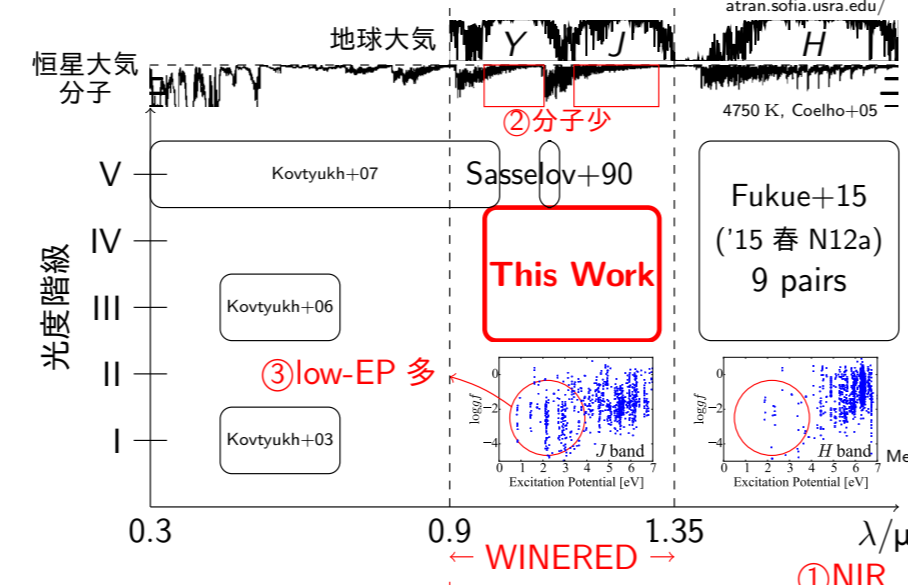
→WINEREDのスペクトルのみから有効温度を推定する手法を開発し、性能を評価した。

- ▶ 励起ポテンシャルが高い吸収線の深さは有効温度に鈍感で、低い吸収線は敏感なので、これらの比 (Line-Depth Ratio, LDR) をとれば良い温度指標となる。
- ▶ 理論モデルに頼らずに観測スペクトルとその有効温度から経験的に有効温度を導出する関係式を作成することができる。



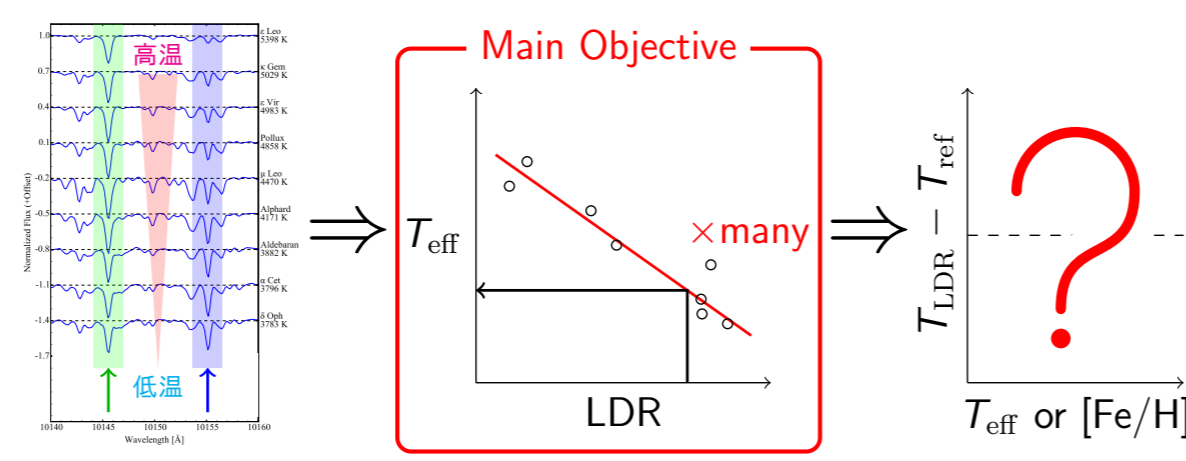
Y&Jバンドのメリット:

1. 可視光と比較して、近赤外線域なので星間減光が弱い点。
2. Hバンドと比較して、分子の吸収線が少なく、ブレンドの影響を受けにくい点。
3. Hバンドと比較して、低励起ポテンシャルを持つ吸収線が数多く存在する点。

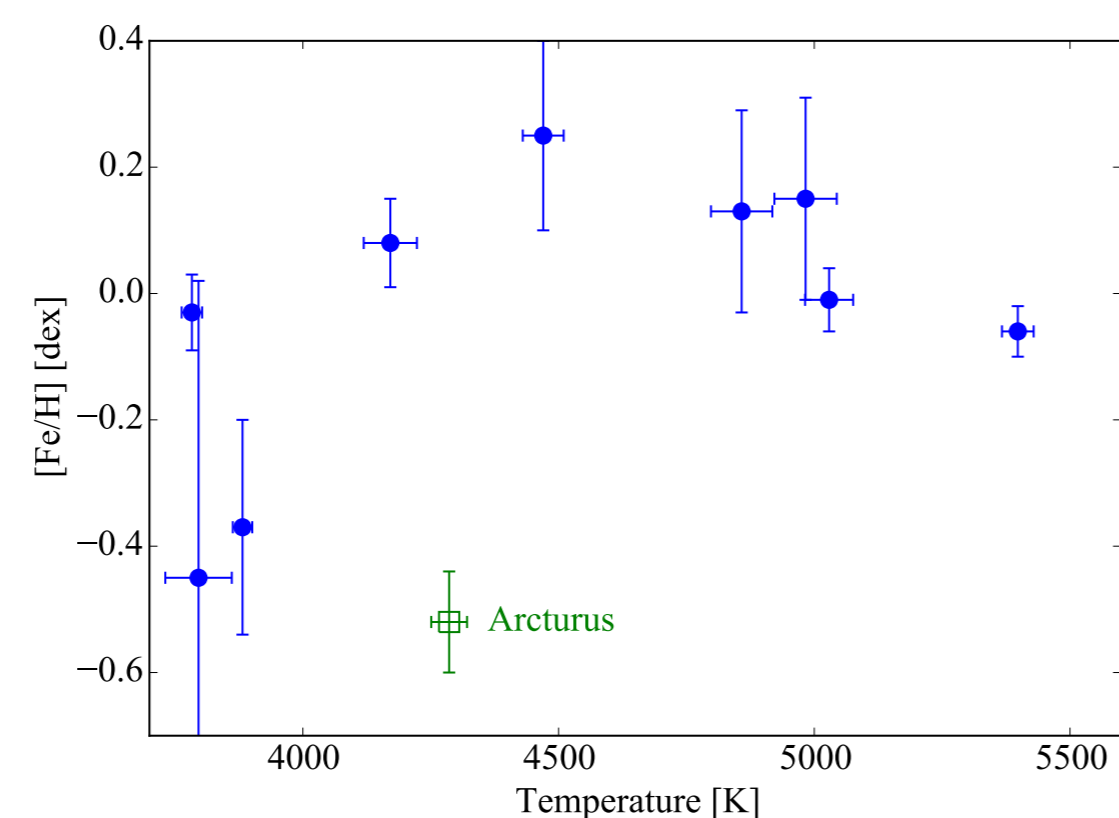
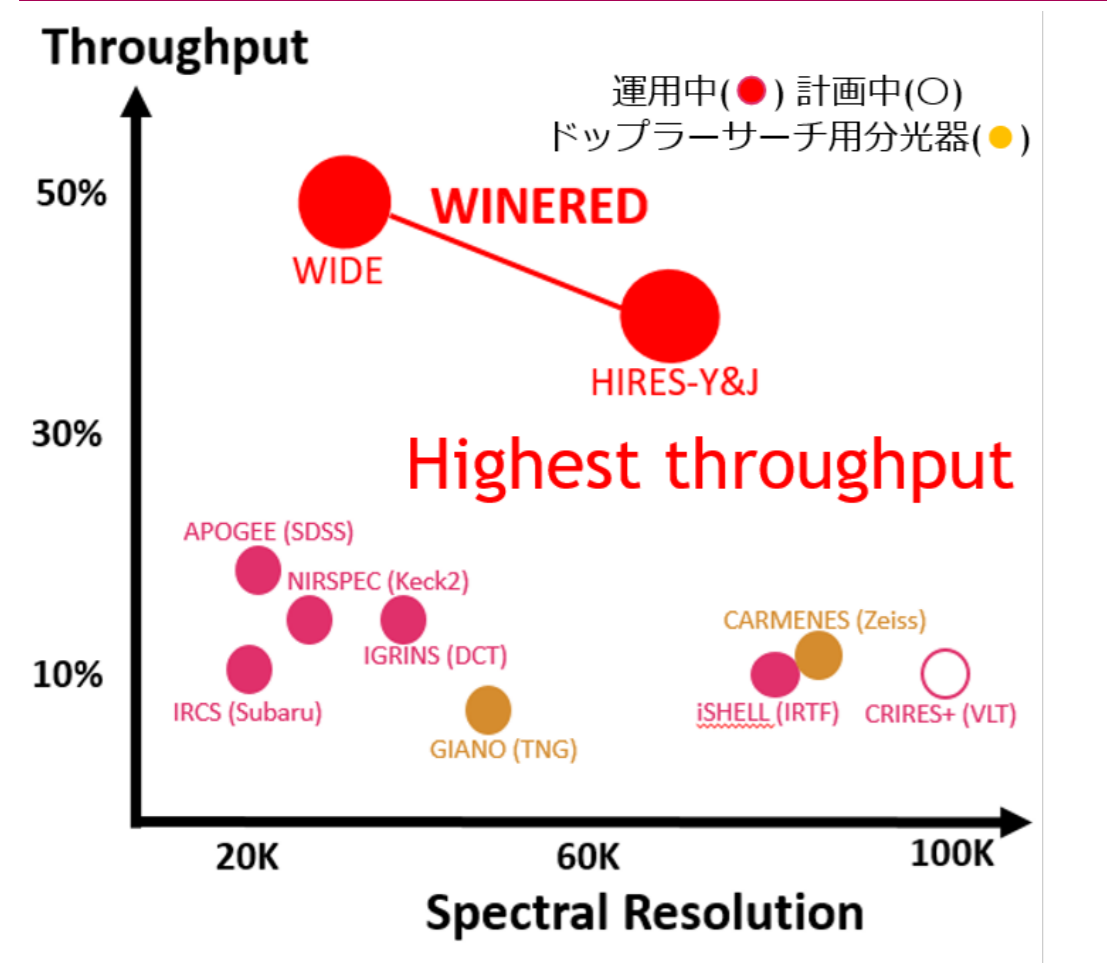


Purpose

- ▶ LDR- T_{eff} 関係式をY, Jバンドで整備する。
- ▶ 得た関係の性能を評価する。



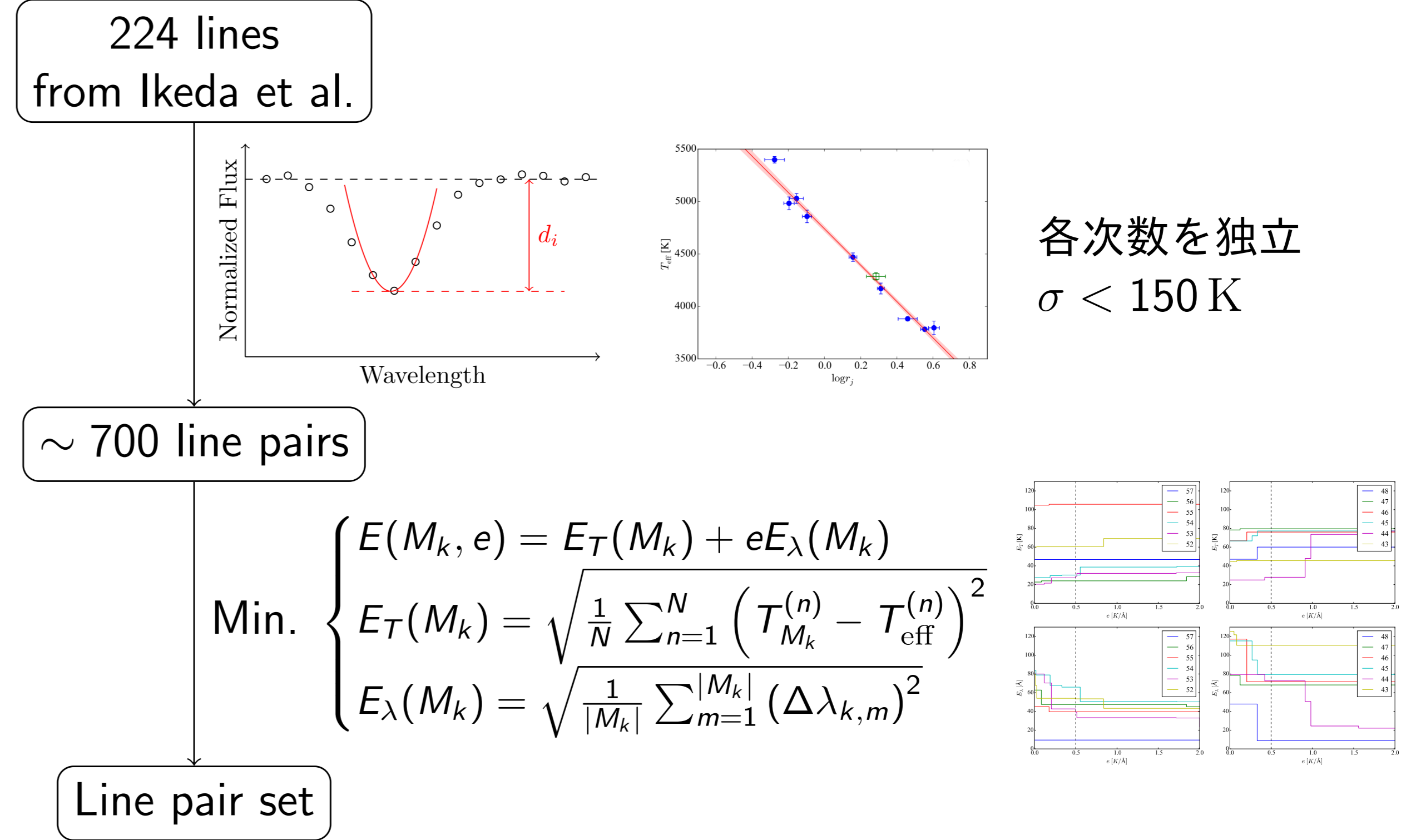
Observation



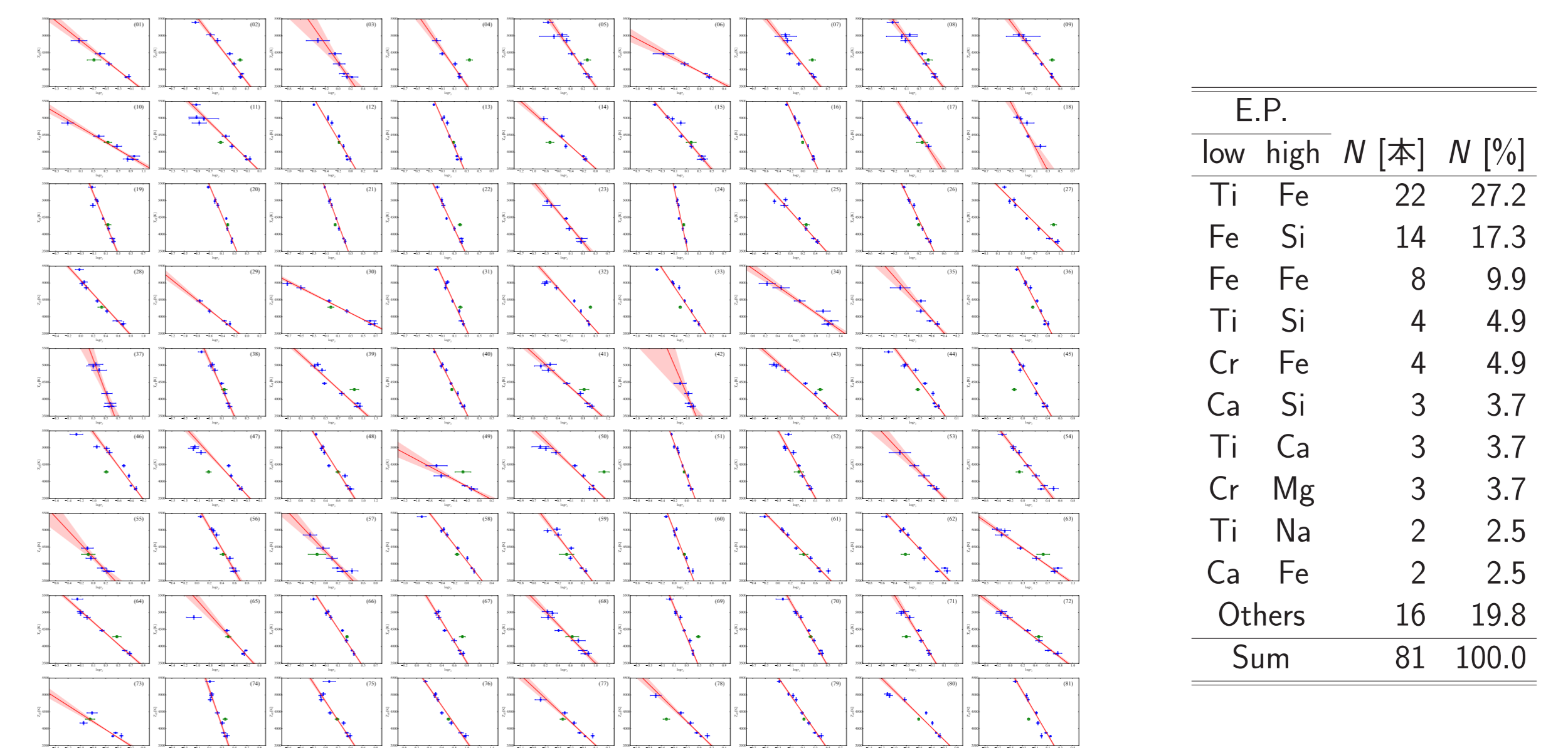
| Object | Sp Type | T_{eff} [K] | [Fe/H] [dex] | $\log g$ | J mag | S/N (53rd) | Obs. Date |
|----------------|----------|----------------------|------------------|----------|---------|------------|------------|
| ϵ Leo | G11 | 5298 \pm 31 | -0.06 \pm 0.04 | 2.02 | +1.63 | 332 | 2014-01-23 |
| κ Leo | G8III | 5028 \pm 47 | -0.01 \pm 0.05 | 2.31 | +2.02 | 280 | 2015-12-08 |
| ϵ Vir | G8III | 4983 \pm 61 | +0.15 \pm 0.16 | 2.77 | +1.31 | 280 | 2014-01-23 |
| ρ Vir | K0III | 4856 \pm 60 | +0.13 \pm 0.16 | 2.90 | -0.52 | 280 | 2015-02-26 |
| μ Leo | K2IIIb | 4470 \pm 40 | +0.25 \pm 0.15 | 2.51 | +1.93 | 256 | 2013-02-23 |
| Alphard | K3III | 4171 \pm 52 | +0.08 \pm 0.07 | 1.56 | -0.36 | 291 | 2013-11-30 |
| Aldebaran | K5III | 3882 \pm 19 | -0.37 \pm 0.17 | 1.11 | -2.10 | 141 | 2013-02-24 |
| α Cen | M1.5IIIa | 3796 \pm 65 | -0.45 \pm 0.47 | 0.68 | -0.62 | 390 | 2013-11-30 |
| δ Ori | M0.5III | 3763 \pm 20 | -0.03 \pm 0.06 | 1.45 | -0.24 | 368 | 2014-01-23 |
| Arcturus | K0III | 4286 \pm 35 | -0.52 \pm 0.08 | 1.64 | -2.25 | 264 | 2013-02-23 |

ArcturusはFukue et al. (2015)にて金属量が低いことが原因でLDR- T_{eff} 関係式から外れることが指摘されているため、Arcturus以外の9天体でLDR 関係式を構築し、同様な効果がArcturusで見られるかを確認する。

Method



Results and Discussions



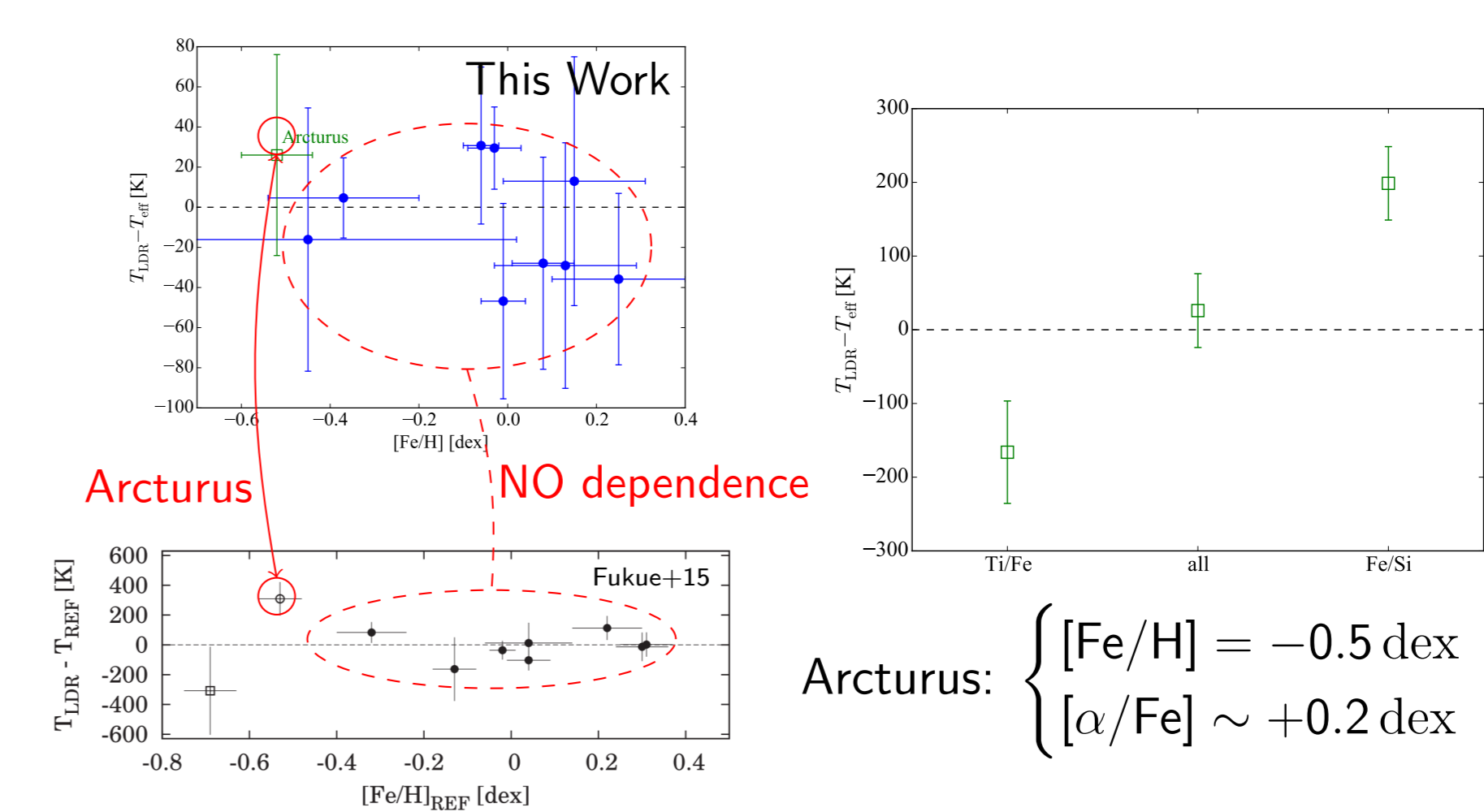
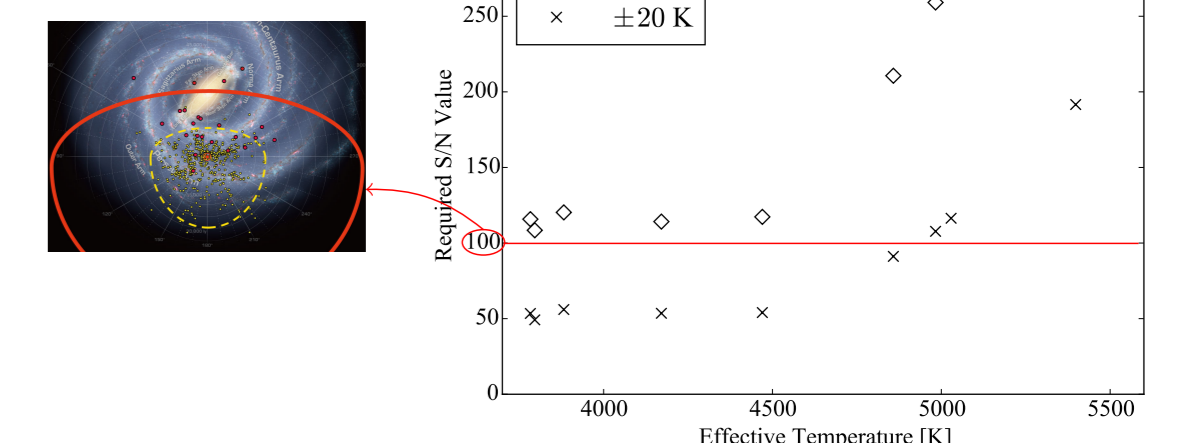
| E.P. | | N [本] | N [%] |
|--------|------|-------|-------|
| low | high | | |
| Ti | Fe | 22 | 27.2 |
| Fe | Si | 14 | 17.3 |
| Fe | Fe | 8 | 9.9 |
| Ti | Si | 4 | 4.9 |
| Cr | Fe | 4 | 4.9 |
| Ca | Si | 3 | 3.7 |
| Ti | Ca | 3 | 3.7 |
| Cr | Mg | 3 | 3.7 |
| Ti | Na | 2 | 2.5 |
| Ca | Fe | 2 | 2.5 |
| Others | | 16 | 19.8 |
| Sum | | 81 | 100.0 |

81ペアのLDR- T_{eff} 関係式を得ることができた。

期待される精度を、

$$\Delta T_{\text{LDR}}^{(n)} = \sqrt{1 / \sum_j (1 / \Delta T_j^{(n)})^2}$$

で見積もったところ、例えば銀河中心のCepheid程度の明るさであれば4000 Kの有効温度を $\pm 10 \text{ K}$ の統計的誤差で見積もることができることが分かった。



Arcturusは $[\text{Fe}/\text{H}] = -0.5 \text{ dex}$ かつ $[\alpha/\text{Fe}] \sim +0.2 \text{ dex}$ なので、この影響でTi/FeのペアとFe/Siのペアではそれぞれ見積もった有効温度が低く/高くなった。これらが打ち消しあって $T_{\text{LDR}} - T_{\text{ref}} \sim 0$ となり、金属量が低いArcturusでも T_{eff} と T_{ref} が誤差の範囲で一致したのだろう。

References

- [1] D. Taniguchi, N. Matsunaga, et al., 2017, *MNRAS*, accepted (arXiv: 1710.04674).
- [2] K. Fukue, N. Matsunaga, et al., 2015, *ApJ*, **812**, 64.
- [3] V. V. Kovtyukh, C. Soubiran et al. 2003, *A&A*, **411**, 559.
- [4] V. V. Kovtyukh, C. Soubiran et al. 2006, *MNRAS*, **371**, 879.
- [5] V. V. Kovtyukh, 2007, *MNRAS*, **378**, 617.
- [6] D. D. Sasselov and J. B. Lester, 1990, *ApJ*, **360**, 227.
- [7] U. Heiter, P. Jofré, et al., 2015, *A&A*, **582**, A49.
- [8] P. Prugniel, I. Vanglin, and M. Koleva, 2011, *A&A*, **531**, A165.
- [9] J. Meléndez and B. Barbuy, 1999, *ApJS*, **124**, 527.
- [10] P. Coelho, B. Barbuy, et al., 2005, *A&A*, **443**, 735.
- [11] Y. Ikeda, N. Kobayashi, et al., 2016, *SPIE*, 99085Z.
- [12] S. Otsubo, Y. Ikeda, et al., 2016, *SPIE*, 990879.