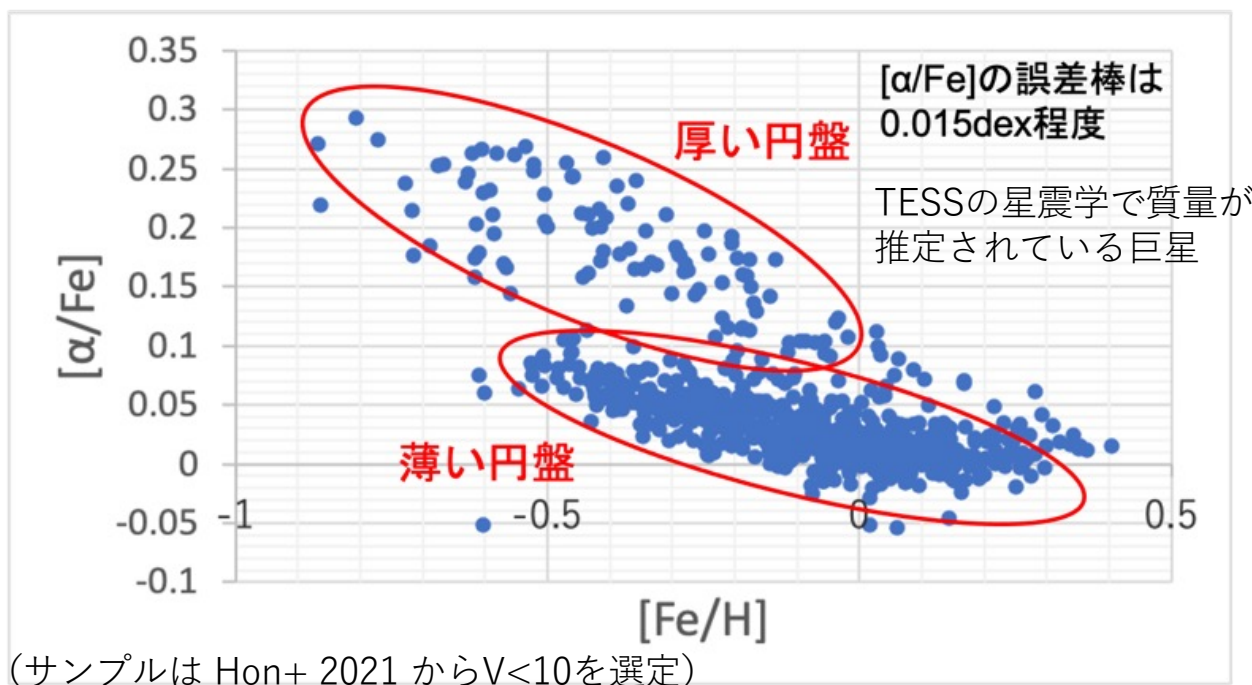


銀河系の厚い円盤に属する 巨星における系外惑星探索

佐藤文衛 (Science Tokyo)、本田敏志 (兵庫県立大)、大宮正士 (ABC)、堀安範 (岡山大)、國友正信 (久留米大)、泉浦秀行 (国立天文台)、寶田拓也 (ABC)、原川紘季 (国立科学博物館)、神戸栄治、田實晃人 (国立天文台)、松林和也、成田憲保 (東京大)、TENG Huanyu (NAOC)、橋本修 (スペースガードセンター)、LIU Silong (Science Tokyo)

せいめい/GAOES-RVによる銀河系の厚い円盤に属する巨星における系外惑星探索



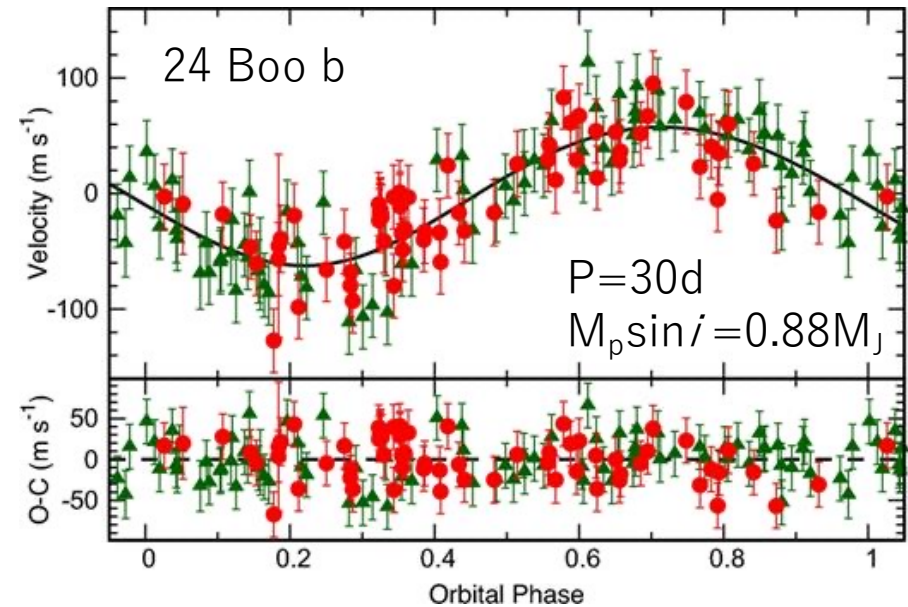
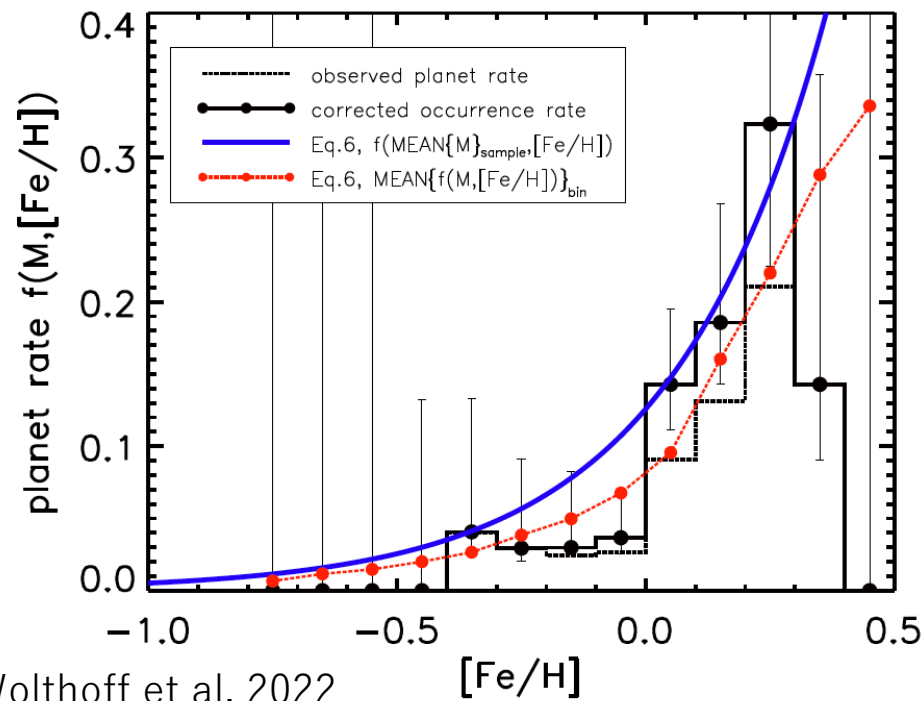
- 厚い円盤の矮星
 - 500 pc, $1 L_{\odot}$, $V=13.5$
 - 8-10m級望遠鏡でもRVサーベイには暗すぎる
 - 厚い円盤の巨星
 - 500 pc, $60 L_{\odot}$, $V=9$
 - 従来の2m級望遠鏡によるRVサーベイでは暗くて対象外
- ➔ 4m級 (せいめい望遠鏡) でRVサーベイ可能

-1.0 < [Fe/H] < 0.0 の厚い円盤に属する巨星100個 ($V < 10$) に対し4年間で惑星探索
低金属環境下における巨大惑星形成、特に α 元素の寄与を調べる

巨大惑星頻度 vs. 中心星金属量

- 金属量と正の相関 → コア集積を支持
- 一方、巨星では主系列星に比べて $[\text{Fe}/\text{H}] < -0.5$ でも巨大惑星が見つまっている

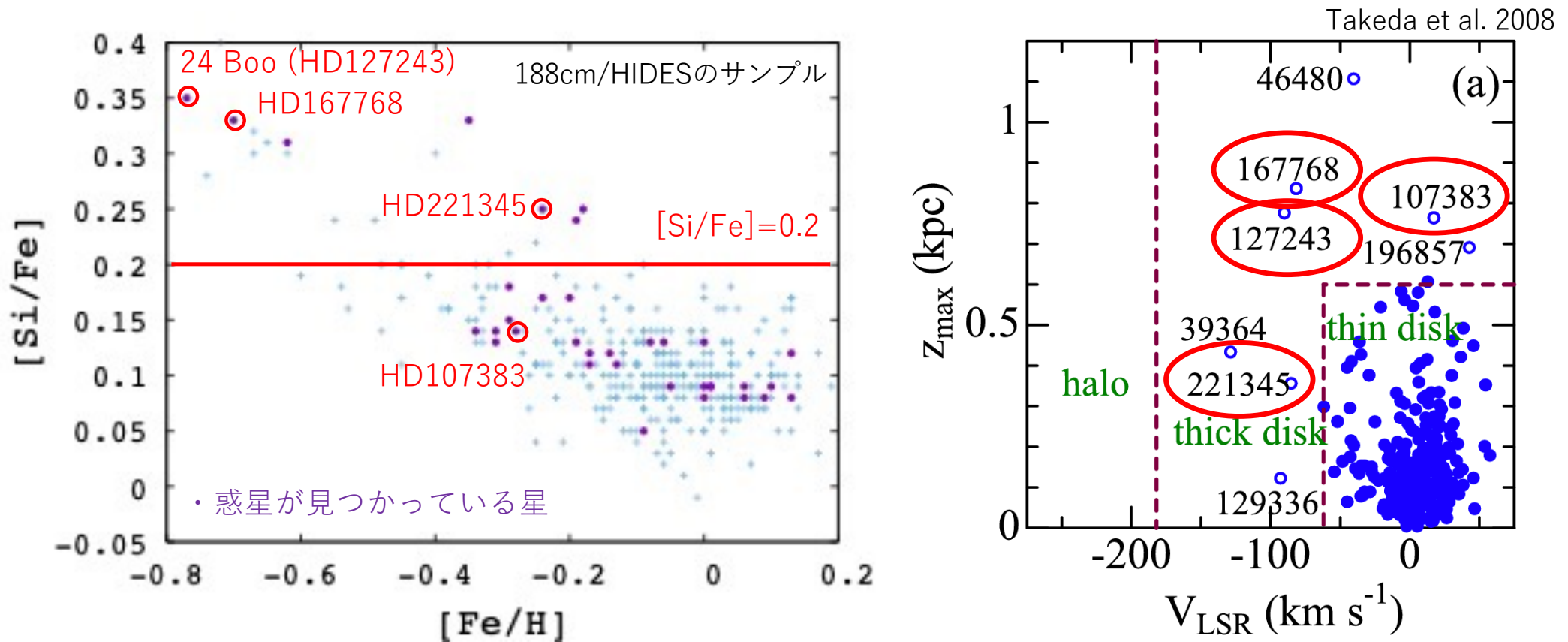
Takarada+ 2018



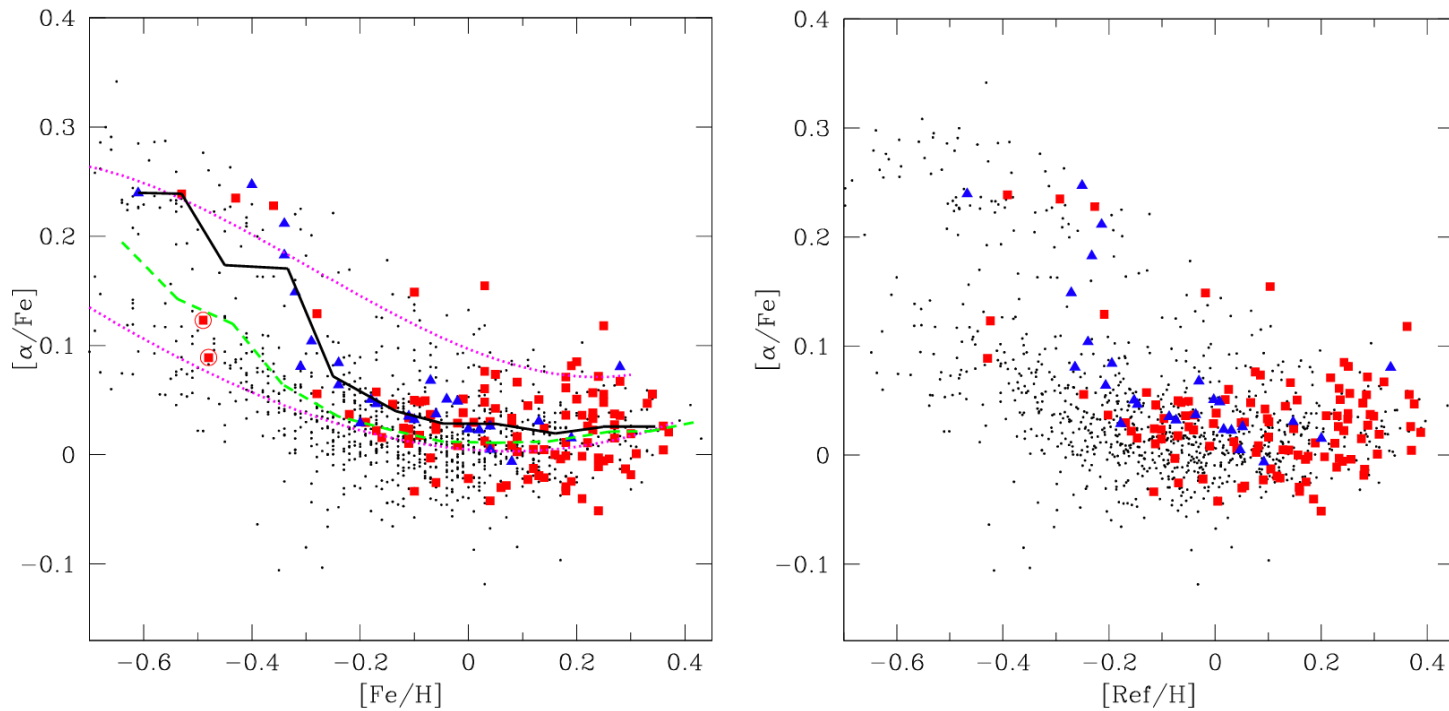
$M=1.1 M_{\odot}$, $[\text{Fe}/\text{H}]=-0.77$

α 元素が巨大惑星形成に寄与？

- 低金属量巨星では厚い円盤星 ($[\alpha/\text{Fe}]$ が過剰) における惑星検出率が高いように見える



α 元素過剰と巨大惑星の分布 (主に主系列星)



$[\text{Fe}/\text{H}] < -0.2$ で、 α 元素過剰星に惑星がシフトしているように見える

α 元素がコア形成をサポート？

より低金属量星では？
巨大惑星形成が可能な最少金属量はあるか？

Fig. 5. $[\alpha/\text{Fe}]$ versus $[\text{Fe}/\text{H}]$ (left) and $[\alpha/\text{Fe}]$ versus $[\text{Ref}/\text{H}]$ (right) for the total sample. The red squares refer to the Jovian hosts and the blue triangles refer to the stars hosting exclusively Neptunians and super-Earths. The black dots represent the stars without planets. The black solid and green dashed lines represent the mean distributions of the planet host and non-host samples, respectively. The magenta dotted lines are the cubic fits for the low- α (thin disc) and the high- α (thick disc + high- α metal-rich) stars. The two metal-poor Jovian hosts in the red circles are the stars with low $\log g$ values discussed in Sect. 3.2.

観測計画 & 進捗状況

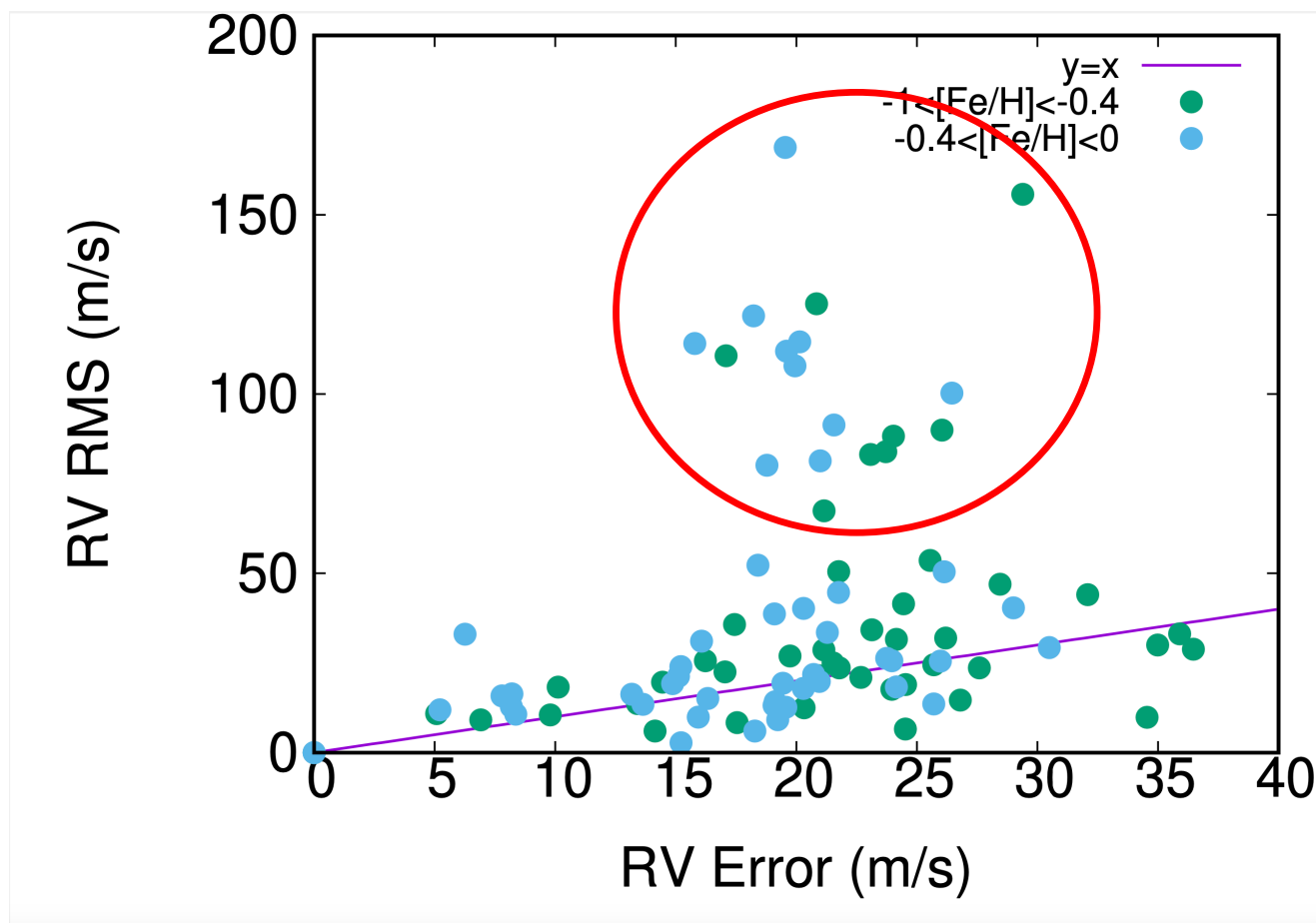
• 観測計画

- 目標：共同利用時間と京大時間を合わせて半期30夜程度を4年間
 - 2023B (共21、京7.5)、2024A (共15、京8.65)、2024B (共13.5、京1)、2025A (共15.842、京10.51)
- 共同利用時間では $-1.0 < [Fe/H] < -0.4$, 京大時間では $-0.4 < [Fe/H] < 0$ が主なターゲット
- 数週間～2ヶ月に1回くらいの頻度で定期的に視線速度モニター
 - 各天体年平均5点以上の視線速度データ取得
- 公転周期1000日以内程度の惑星を探索

• 2025Aまでの進捗状況

- 夜数割当は目標の6～7割程度
- データ取得の進捗は目標の5～6割程度
- これまで全100天体について最低3点以上視線速度データ (I₂セルあり) を取得
- 測定誤差の3倍以上の大きさのRV変動を示す天体が約20個あり
 - そのうち、約10天体が現時点で周期性がありそう

予備的結果：巨星のRV変動

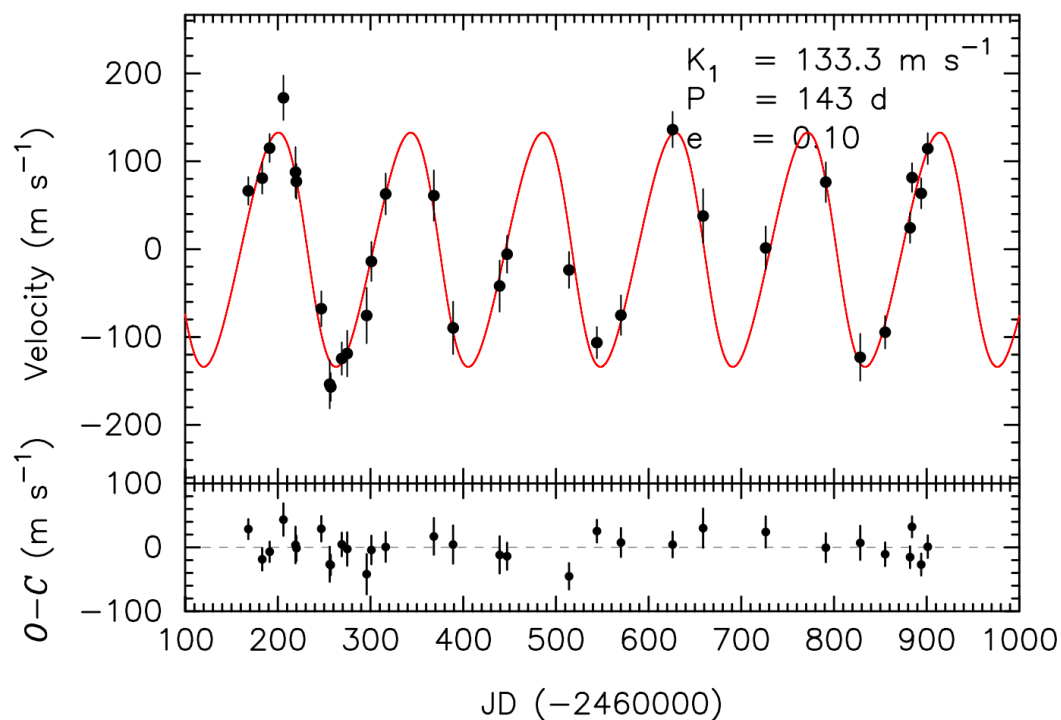


RMSが測定誤差より
3倍以上大きい天体が
ある

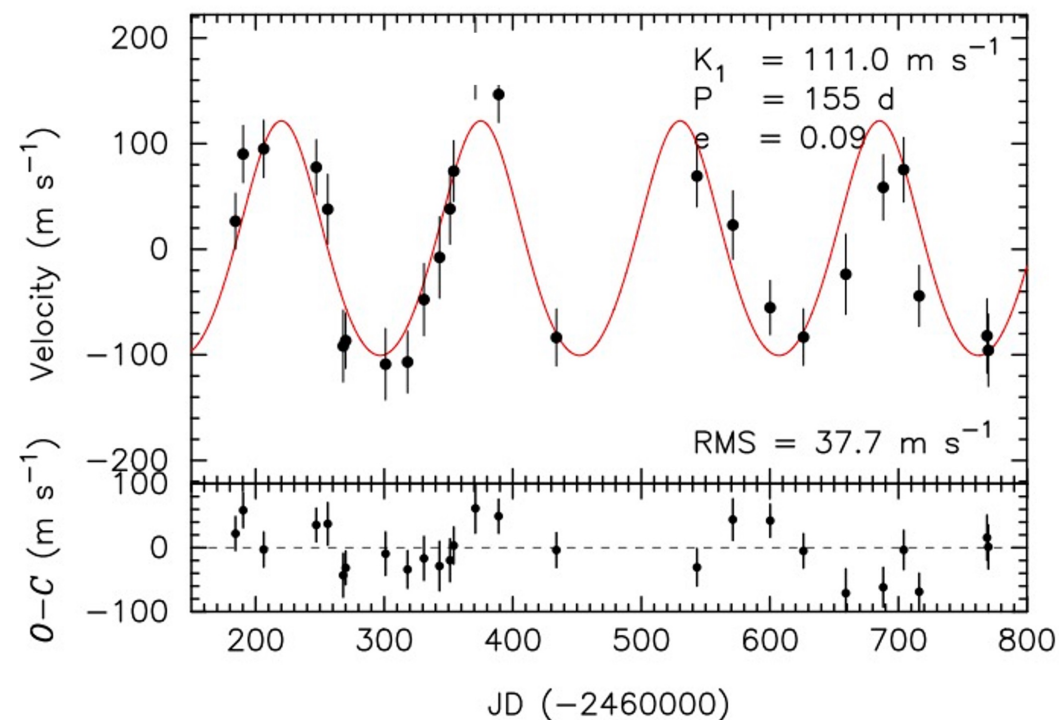


巨星自身の変動？惑星？

予備的結果：周期的なRV変動の例

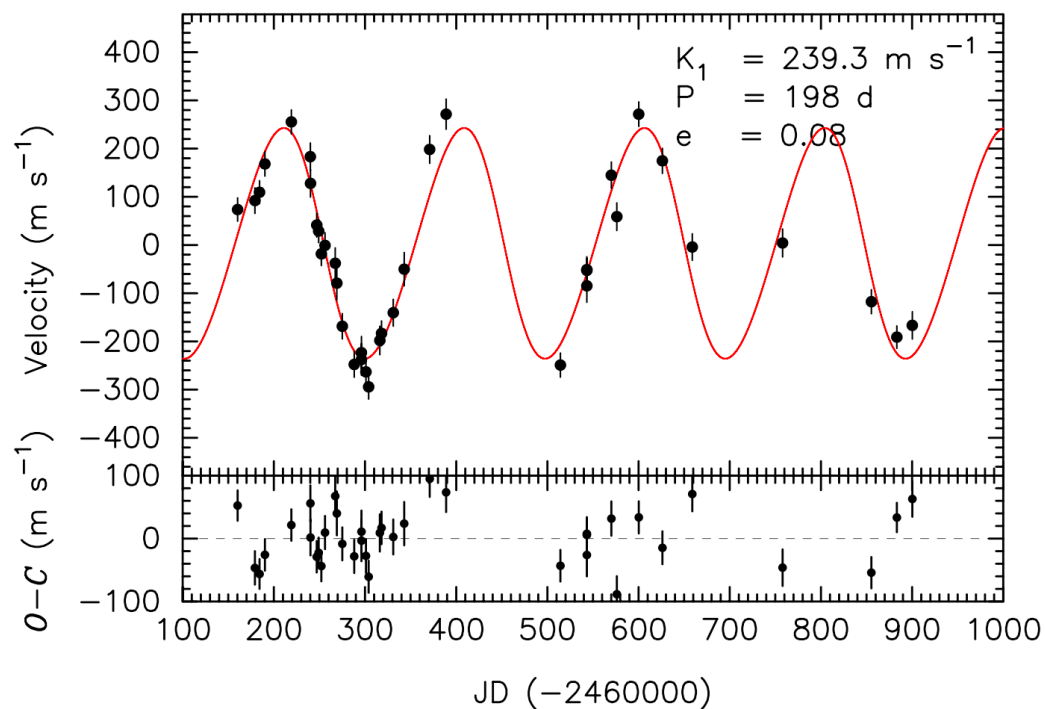


$[\text{Fe}/\text{H}] = -0.28, [\alpha/\text{Fe}] = 0.16$

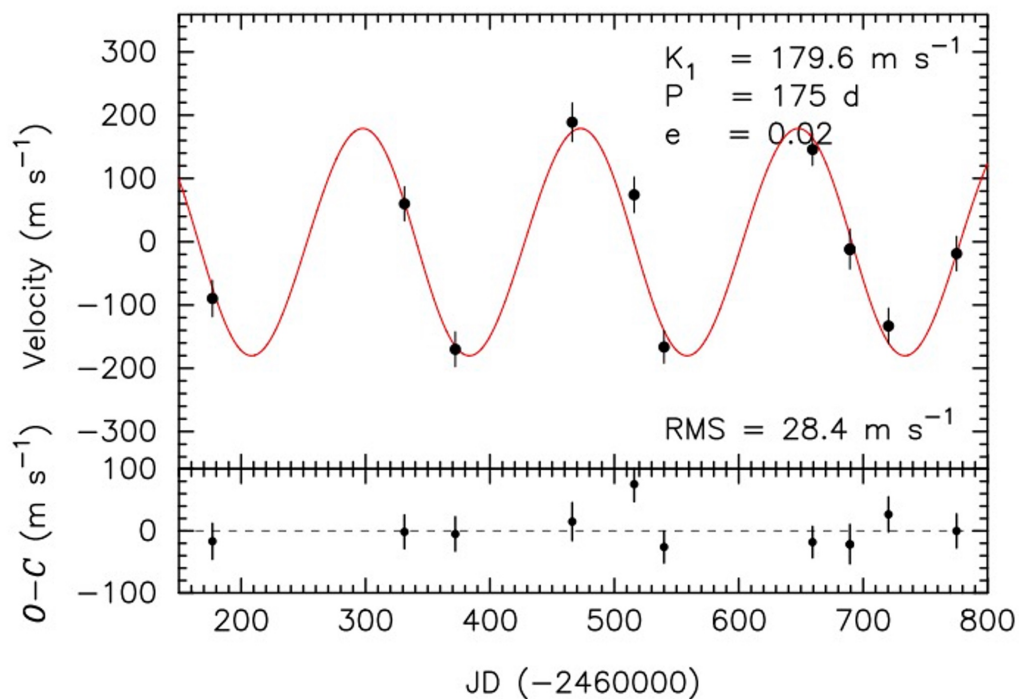


$[\text{Fe}/\text{H}] = -0.41, [\alpha/\text{Fe}] = 0.17$

予備的結果：周期的なRV変動の例



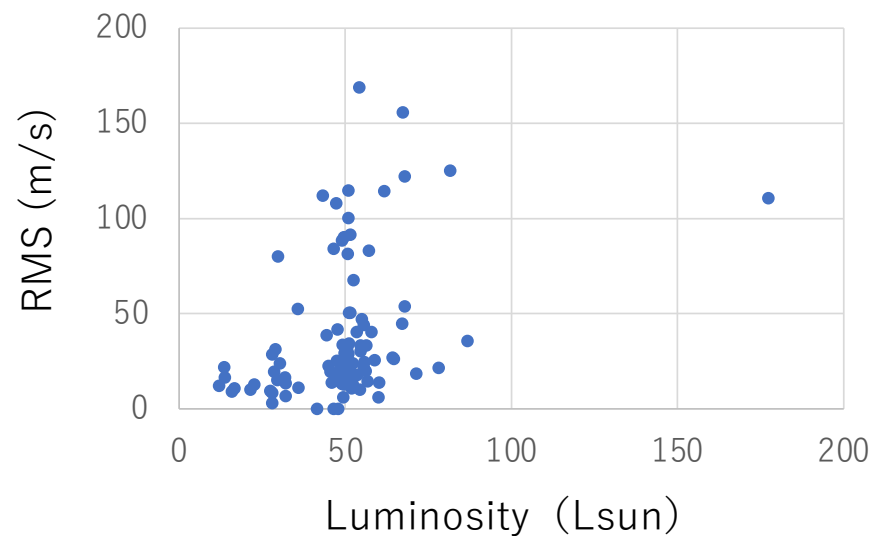
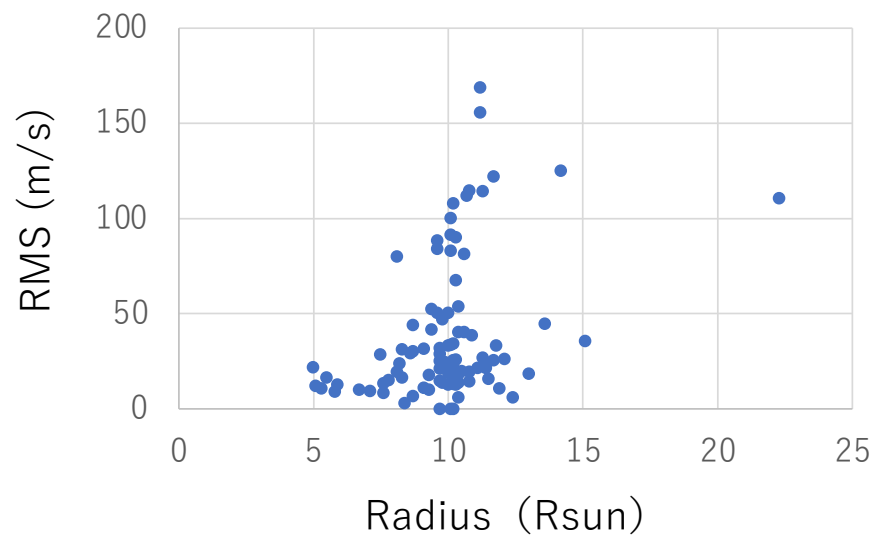
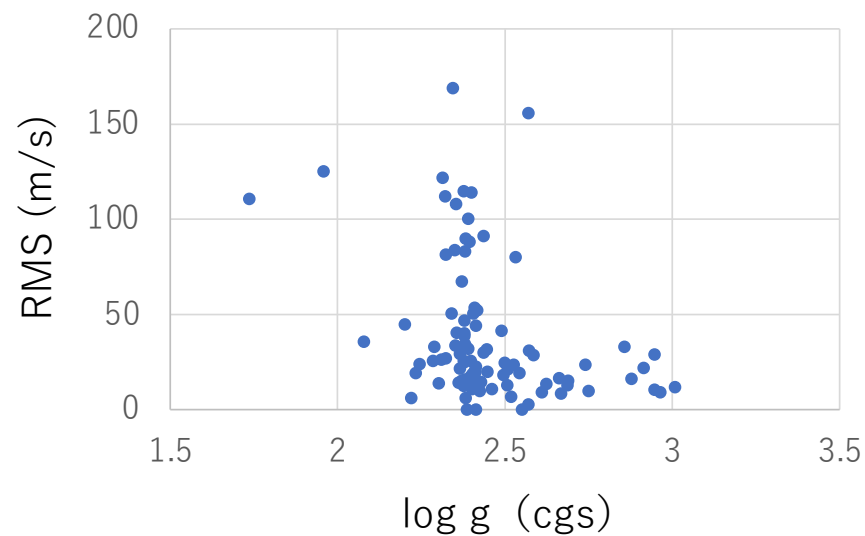
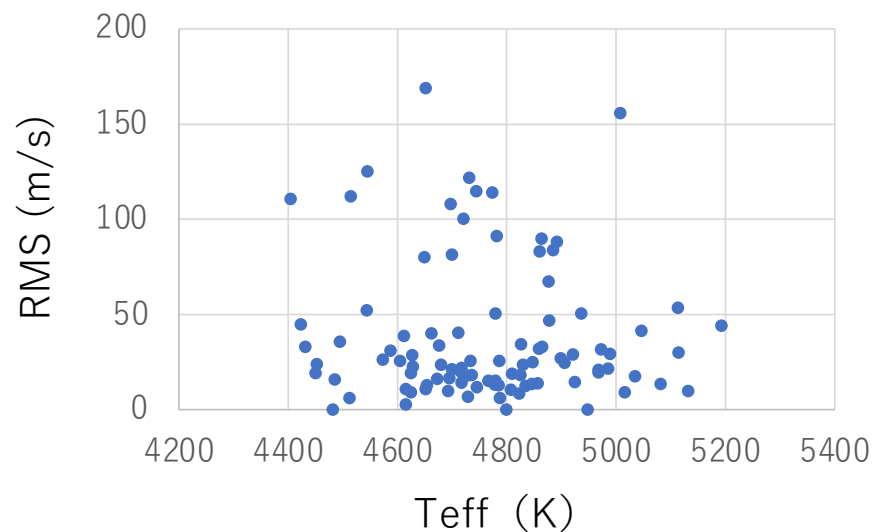
$[\text{Fe}/\text{H}] = -0.14$, $[\alpha/\text{Fe}] = 0.14$



$[\text{Fe}/\text{H}] = -0.28$, $[\alpha/\text{Fe}] = 0.17$

恒星パラメータへの依存性

目立った依存性は見られない



予備的考察

- 100天体中約10個の惑星だとすると存在頻度は6%以上くらい
- 周期は100-300日くらいで離心率小さめ、振幅~100-250m/s
 - 巨星周りで多くの惑星が見つかったりしている周期
 - 質量は木星質量の数倍
 - 中心星がHorizontal Branch星だとRGB tipで星の中に入る軌道も
- RV変動の大きさと恒星パラメータに目立った相関はない
 - 脈動が原因の場合、log gや光度に依存する
 - 惑星の可能性を支持するが、より詳細な調査（線輪郭変動等）が必要
 - 装置由来？の線輪郭変動が大きい可能性があり、解析手法に検討を要している
 - すばる/IRDで近赤外波長域でのRV変動を調査（S25Bにて採択）
 - 軌道運動であれば可視と近赤外の変動性（振幅、周期、位相）が一致するはず

まとめと今後

- せいめい/GAOES-RVでの新しい系外惑星探索を23Bから実施中
 - 低金属量環境下での巨大惑星頻度、 α 元素の寄与を明らかにする
 - 厚い円盤に属する巨星100個 ($V < 10$; $-1.0 < [\text{Fe}/\text{H}] < 0$) を対象
 - 共同利用と京大時間を合わせて半期30夜程度で4年間、数週間~2ヶ月に一回程度の頻度での視線速度モニター観測が目標
 - P~1000日以内程度の惑星を探索
- 進捗 & 予備的結果
 - データ取得：目標の5~6割の進捗
 - 全100天体について最低3点以上視線速度データ (12セルあり) を取得
 - 測定誤差の3倍以上の大きさのRV変動を示す天体が約20個
 - うち10個は100~300日の周期性を示す
- 今後
 - 有意なRV変動を示す天体を中心にモニターを継続
 - 中心星の吸収線輪郭変動、大気組成の詳細な調査
 - すばる/IRDでの近赤外RVフォローアップ観測を進める