ヒアデス星団の
早期型星における系外惑星探索

東京工業大学大学院 理工学研究科
地球惑星科学専攻 M2
佐藤みずほ

共同研究者：佐藤文衛, 原田紘季, 井田茂（東工大）
生駒大洋（東大）神戸栄治（国立天文台）

ターゲットが
ヒアデス星団の早期型星である理由

ヒアデス星団について

今回の観測とRV解析結果

今後の計画

ターゲットが
ヒアデス星団の早期型星である理由

?

惑星形成の中心星質量依存性を知りたい

惑星形成の中心星質量依存性を知りたい

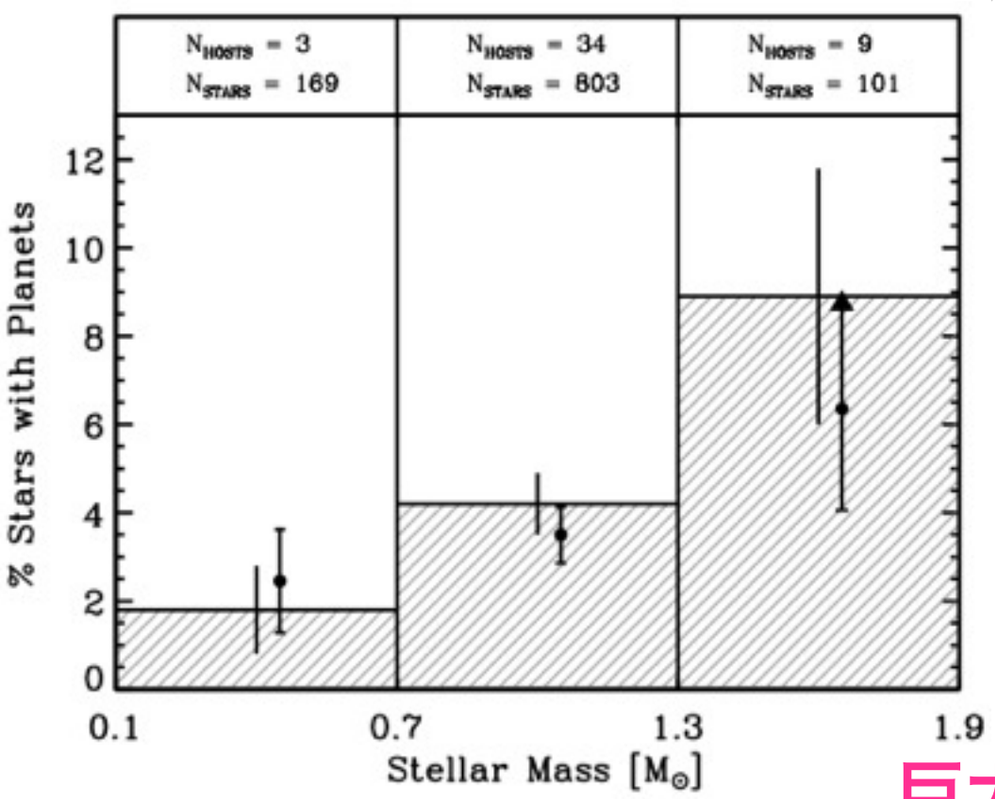
Johnson et al. 2007
(木星型惑星　<2.5AU)

M≤0.7M⊙： 1.8%±1.0%

NASA M Dwarf Survey から**169星** うち **3星**

0.7M⊙<M≤1.3M⊙： 4.2%±0.7%

CCPS Lick, Keck, Anglo-Australian Observatory surveysから**803星** うち **34星**



1.3M⊙<M≤1.9M⊙： 8.9%±2.9%

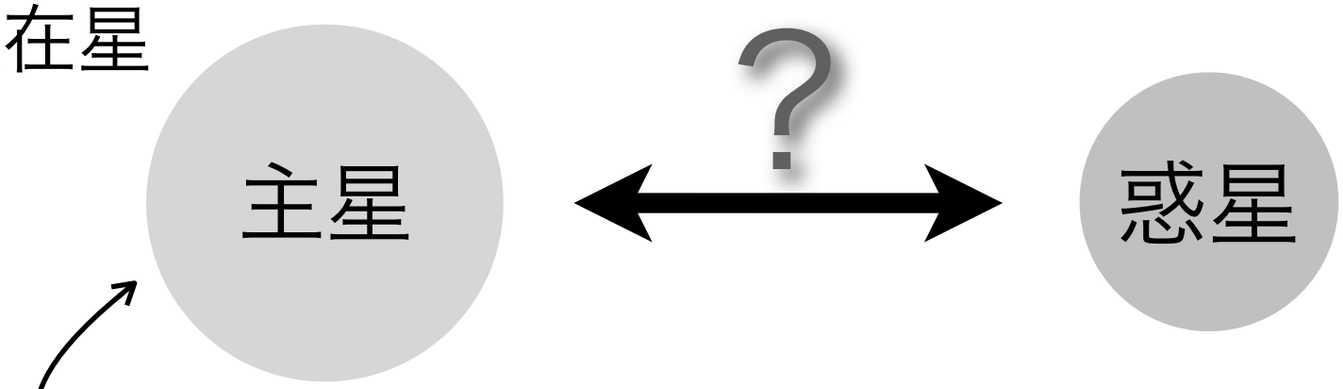
Johnson et al. (2006a)から68星,

CCPS Keck and Lick samples から33星 計**101星** うち **9星**

巨大惑星の頻度は中心星質量とともに増大する！

惑星形成の中心星質量依存性を知りたい

- 散在星



質量や年齢、生まれた環境などの決定が困難

- 散開星団

年齢・初期化学組成が一様。
中心星の年齢・質量が精度よく決まる。

中心星の質量が惑星に及ぼす影響を調べることができる。

ターゲットが
ヒアデス星団の早期型星である理由

惑星形成の中心星質量依存性を知りたい

早期型星での惑星探索の可能性

早期型星での惑星探索の可能性

直接撮像による、

A型星周りでの惑星検出 (Moris et al. 2008)

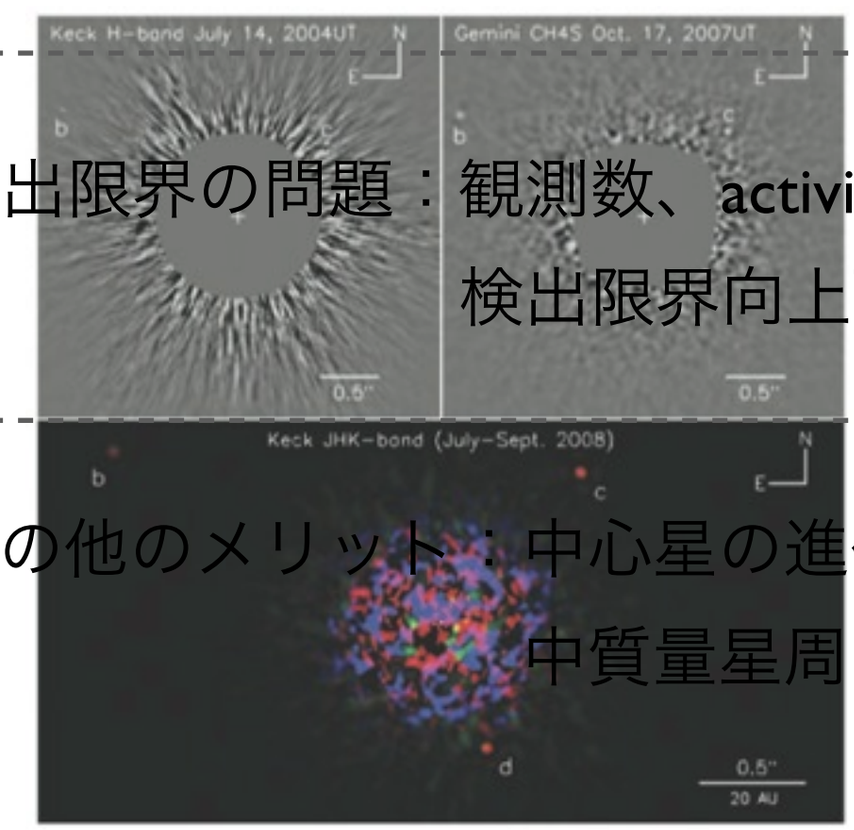
RV法による、

早期型星進化後の中質量(準)巨星周りでの

惑星検出 (Sato et al. 2008)

早期型主系列星にも

多数の惑星が存在！？

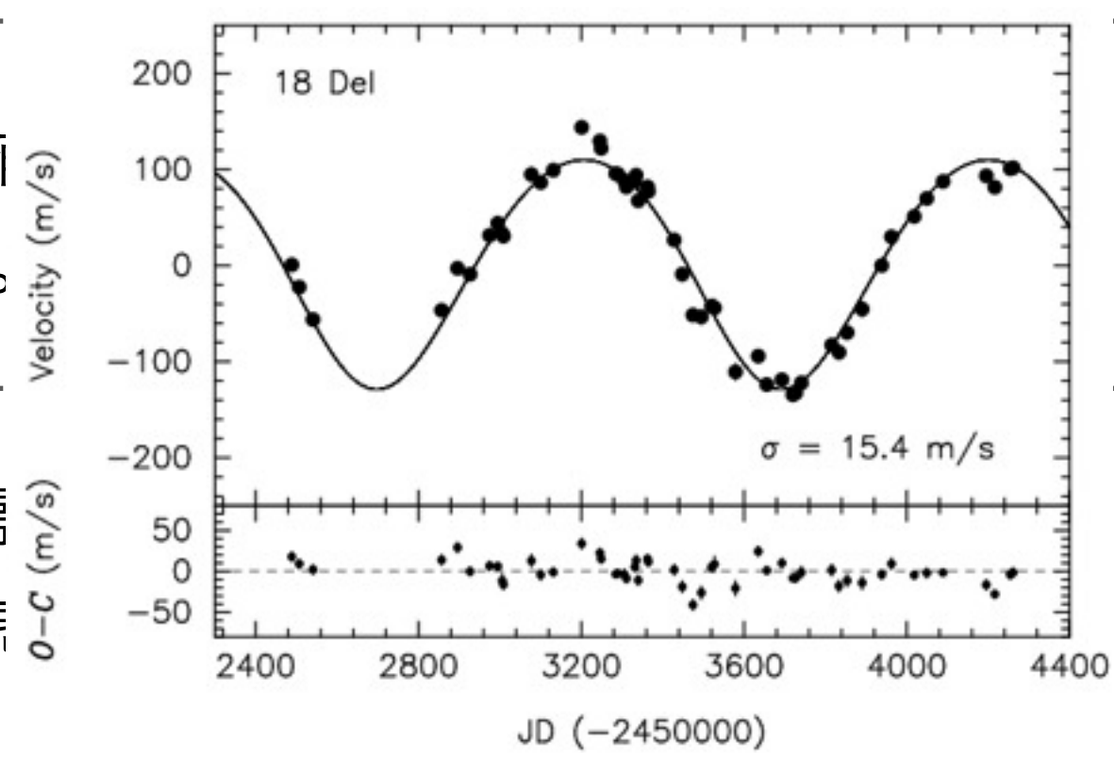


検出限界の問題：観測数、activityの補

検出限界向上可能。

その他のメリット：中心星の進化の影

中質量星周りの惑



ターゲットが
ヒアデス星団の早期型星である理由

ヒアデス星団について

今回の観測とRV解析結果

今後の計画

ヒアデス星団について

ヒアデス散開星団

- おうし座の方向
- 最も近い散開星団(~45 pc, 149光年)
- 625±50Myr(6億歳)
- 約400の星で構成
- 全主系列に渡ってRVでの惑星探索が可能（M0VでV~10等）
- 4つの巨星をもつ(δTau, γTau, εTau, θTau)
- 晩期A型星の恒星(質量~2.4M⊙)がとても多い
- 平均金属量[Fe/H]=0.14±0.05(Perryman et al. (1998))

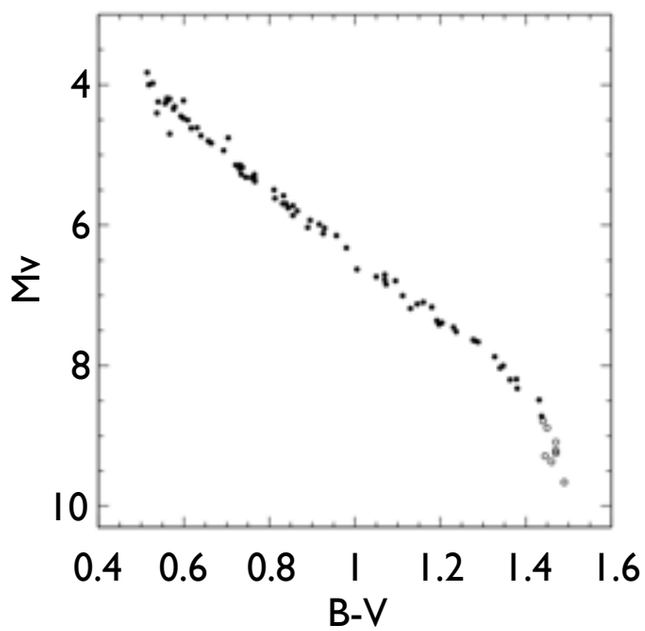
ヒアデス星団について

Cochran et al. 2002

98個のF5~M型の晩期型主系列星

activity 高い

3-6m/s のRV精度

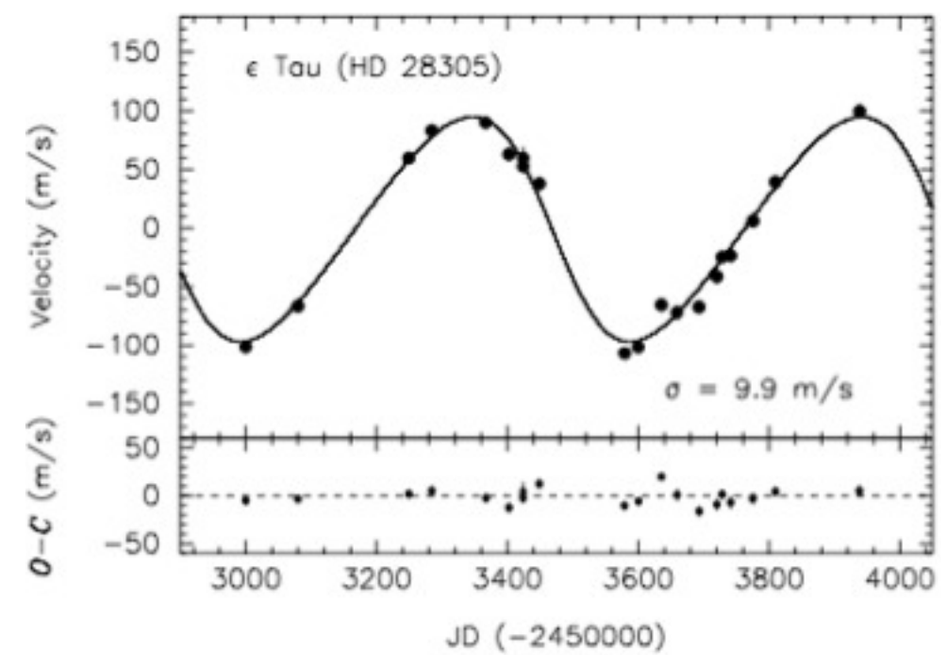


→数MJ以上の惑星は見つからず

Sato et al. 2007

4個の巨星(δTau, γTau, εTau, θTau)

6m/s のRV精度



→ ε Tauに 7.6MJ<M の惑星を発見

未開拓のヒアデス星団の早期型主系列星に、巨大惑星が存在する可能性大

ターゲットが
ヒアデス星団の早期型星である理由

ヒアデス星団について

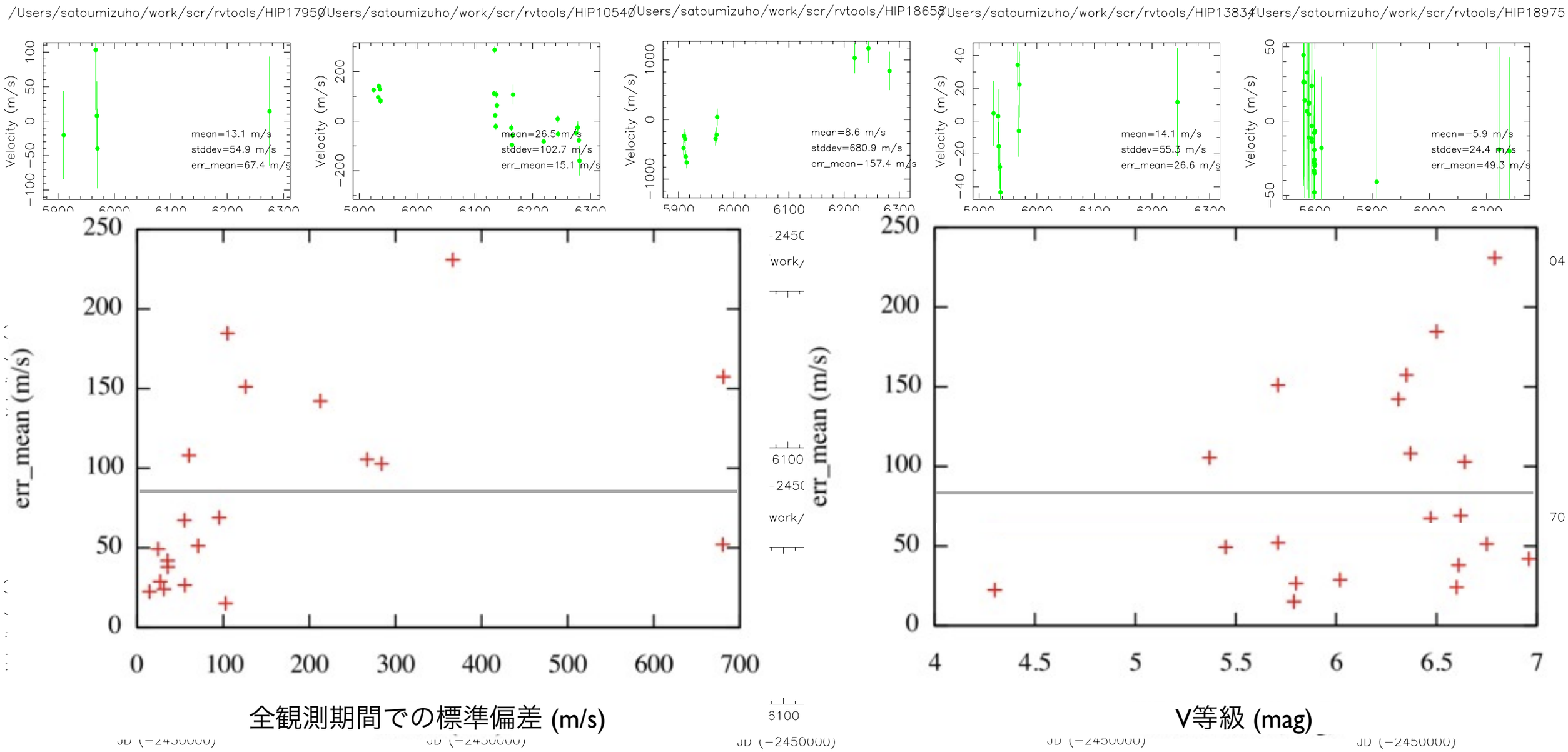
今回の観測とRV解析結果

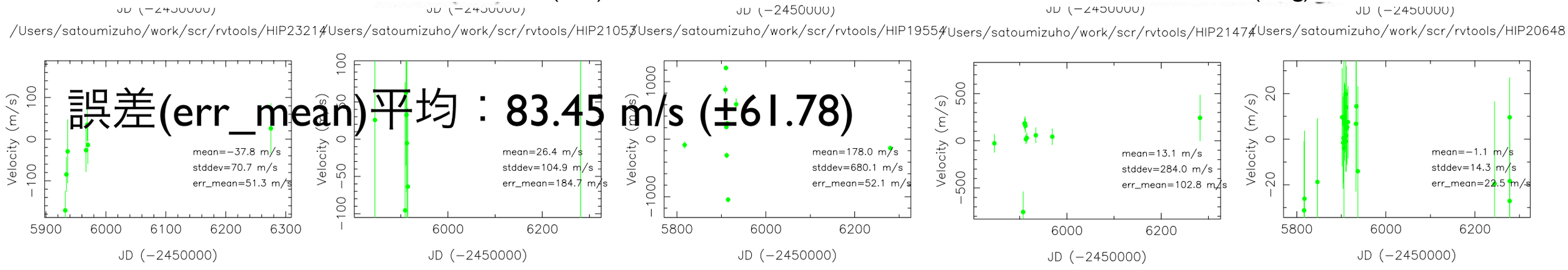
今後の計画

今回の観測とRV解析結果

- 望遠鏡：OAO188cm, HIDES, ファイバーリンク系
- I2セル、光量モニターを使用
- 対象：ヒアデス星団のA2-F6型星20天体
- V等級：4.3~7.0
- 波長領域：5000-6200 Å
- 波長分解能：~52000
- 露出時間：30分
  高SNを獲得し、吸収線の乏しさなどをカバー
- SN：190~450 (平均350)
- 期間：2010.12.29～2012.12.20
- データ数：７～２２

今回の観測とRV解析結果

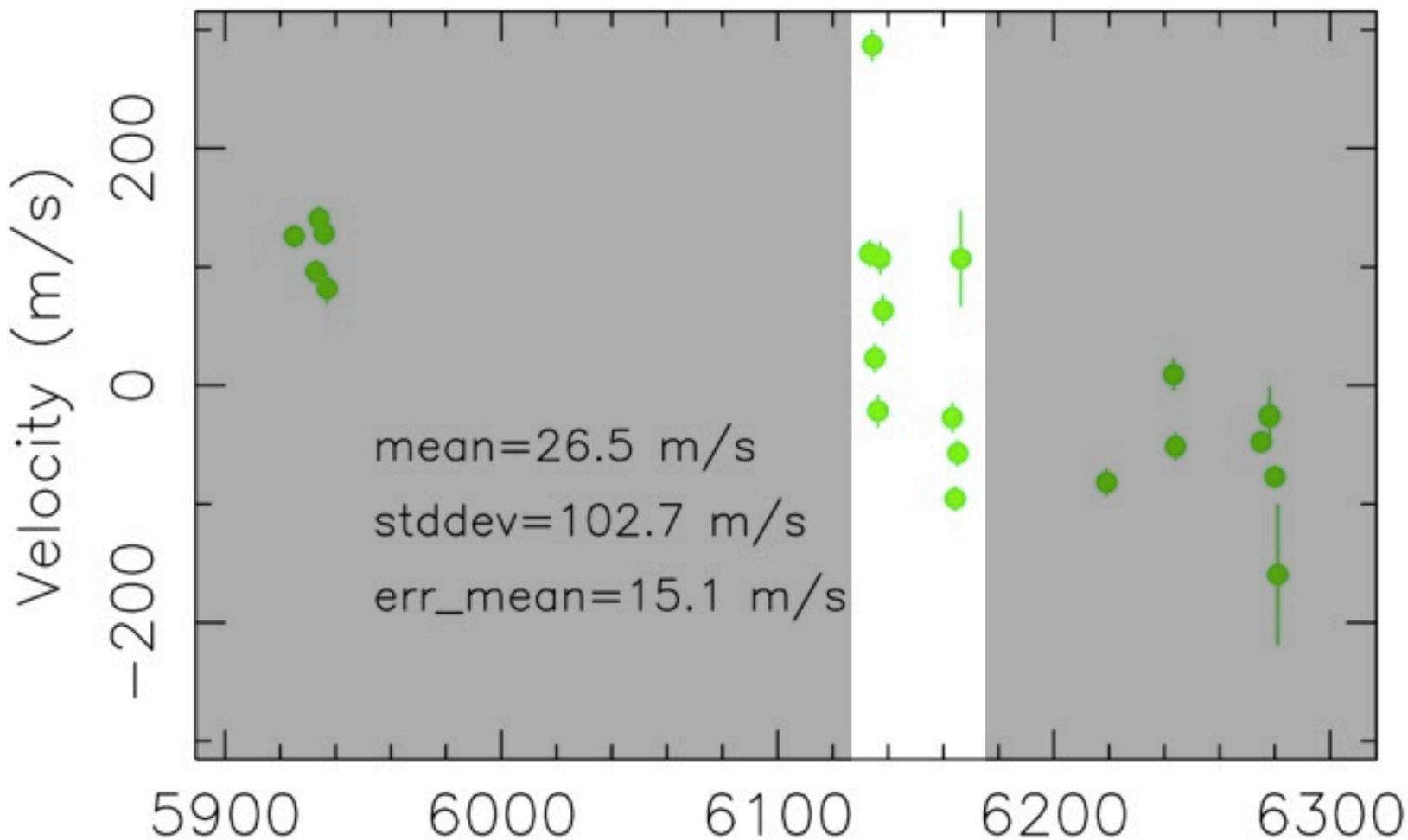




誤差(err_mean)平均：83.45 m/s (±61.78)

今回の観測とRV解析結果

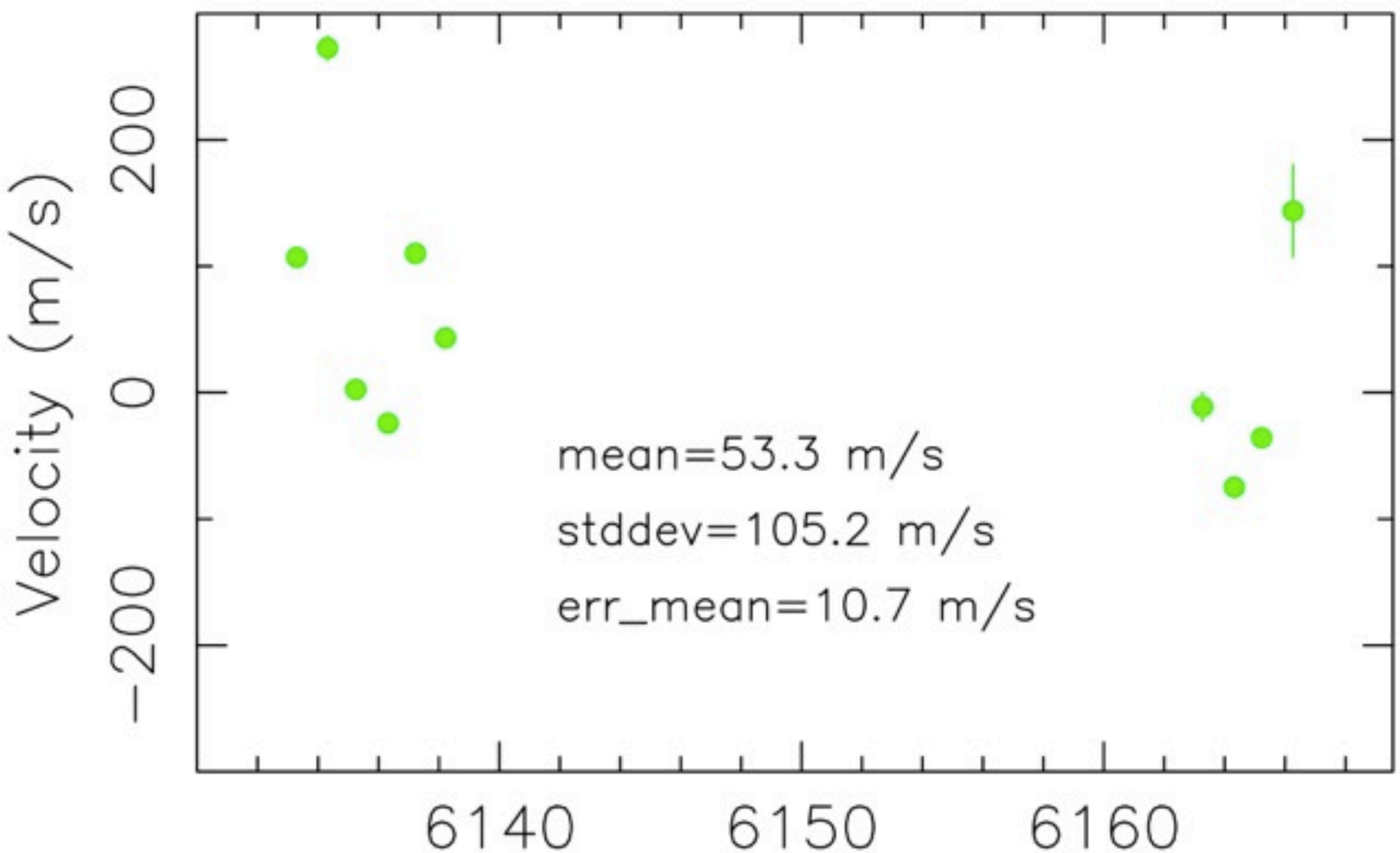
HIP10540　V=5.79　F6IV-V



RV変動している→惑星の可能性を検証

今回の観測とRV解析結果

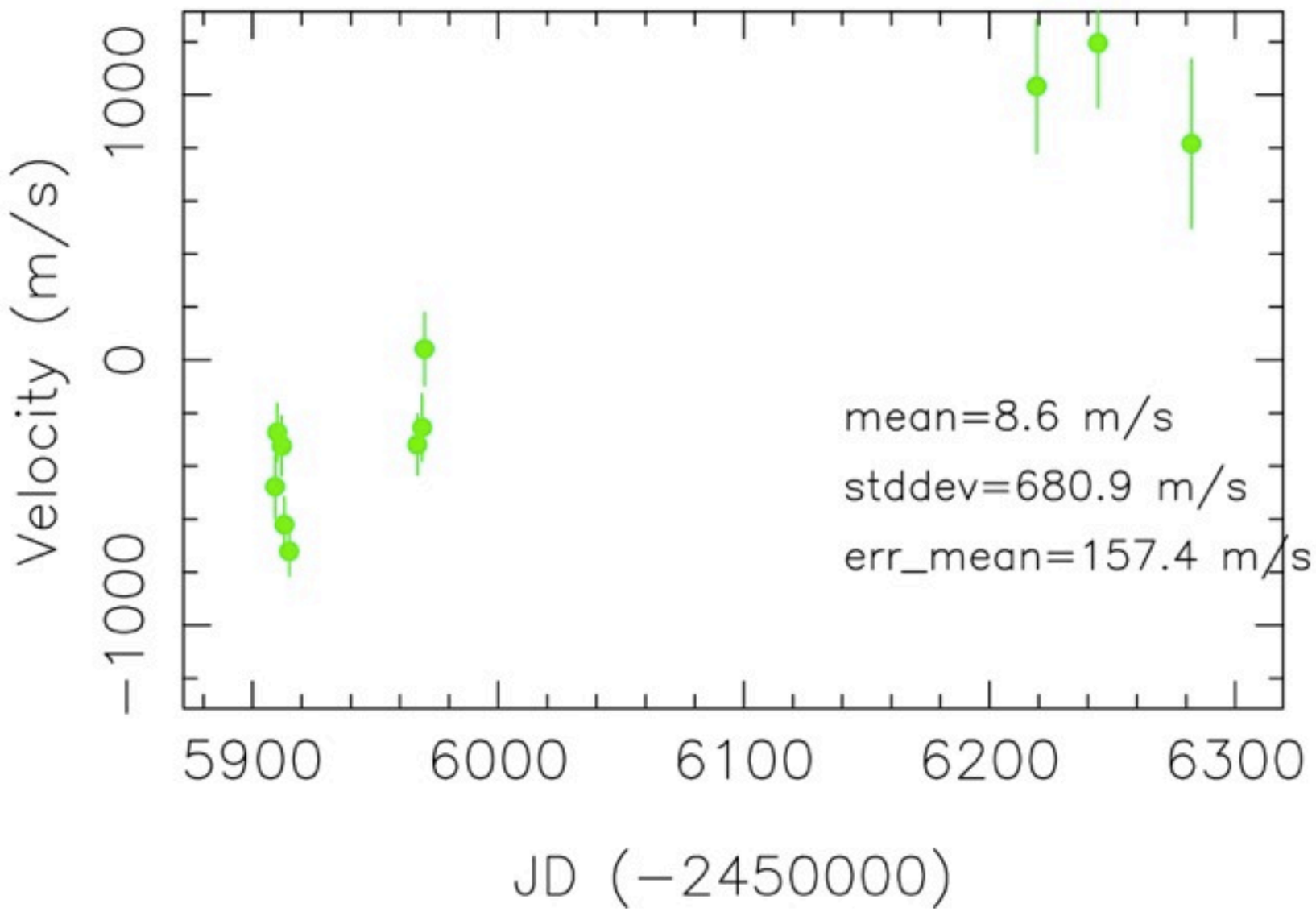
HIP10540　V=5.79　F6IV-V



RV変動している→惑星の可能性を検証

今回の観測とRV解析結果

HIP18658　V=6.35　F5V



→ 連星？

今後の計画

- HIP10540

  RV変動の原因を解明する

  Activityを調査

  （吸収線の形やCaHK線の変化と、RV変動の相関）

  Activityを取り除いた後のRV変化に、周期をフィッティング

- その他

  今回の観測での検出限界を求める

  観測点が十分な星に対しては周期をフィッティング

まとめ

- ターゲットがヒアデス星団の早期型星である理由

  中心星質量に対する惑星の依存性の調査のため

- ヒアデス星団での惑星探査

  小質量星：0/98

  巨星：1/4

  →惑星を保持する早期型星が存在する可能性が高い

- 今回の観測とRV解析結果

  A~F型星 22天体

  HIP10540：大きなRV変動が見られる

- 今後の計画

  RV変動の原因解明と、検出限界の測定

おわり

▪背景論文について

Johnson et al. 2007

ApJ, 670, 833 / A NEW PLANET AROUND AN M DWARF: REVEALING A CORRELATION BETWEEN EXOPLANETS AND STELLAR MASS

M≤0.7M⊙：

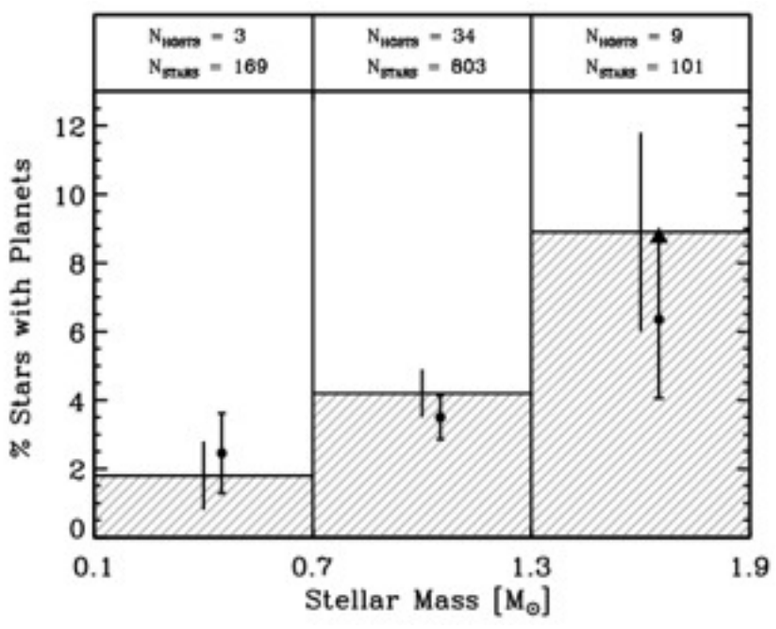
NASA M Dwarf Survey から**169星** うち **3星**

1.8%±1.0%

0.7M⊙<M≤1.3M⊙：

CCPS Lick, Keck, Anglo-Australian Observatory surveysから**803星** うち **34星**

4.2%±0.7%



金属量を考慮したのが、図の「↑」

1.3M⊙<M≤1.9M⊙：

Johnson et al. (2006a)から68星,

CCPS Keck and Lick samples から33星 計**101星** うち **9星**

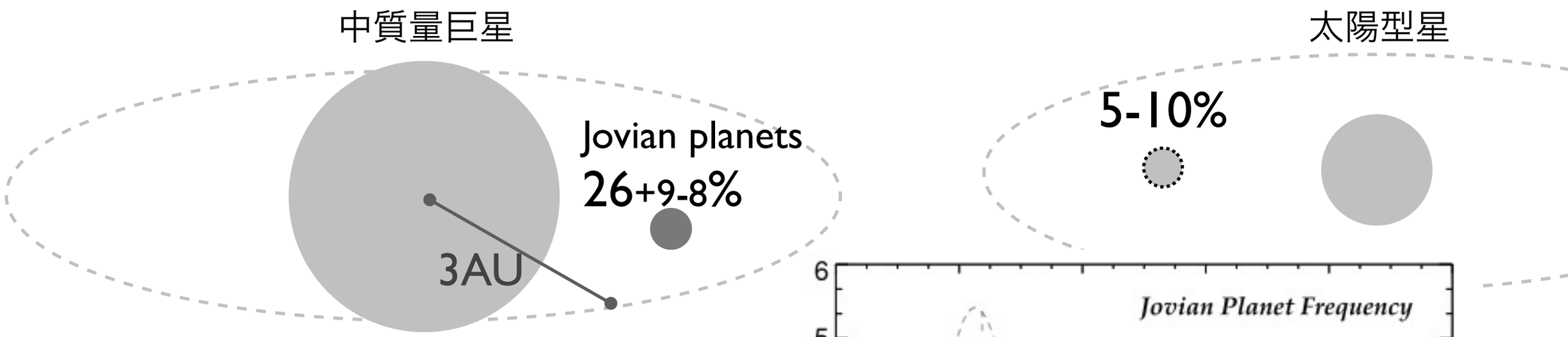
8.9%±2.9%

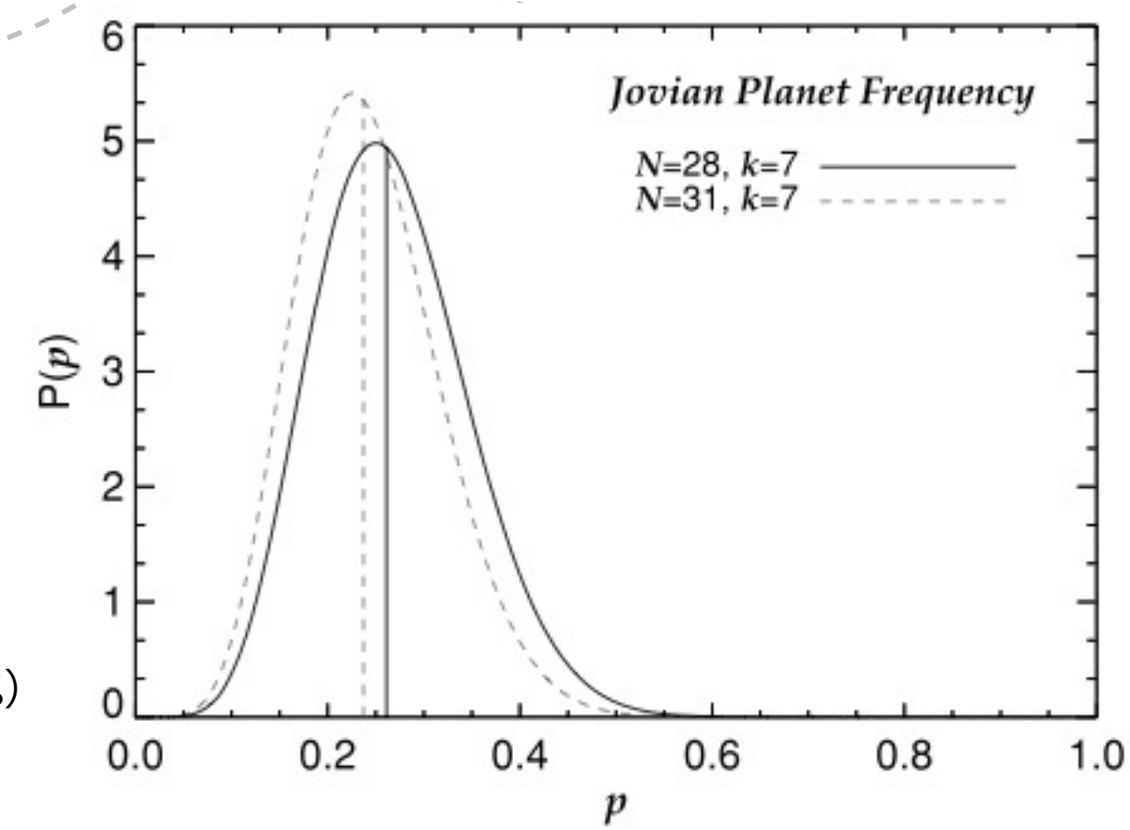
▪背景論文について

Bowler et al. 2010

ApJ, 709, 396 / RETIRED A STARS AND THEIR COMPANIONS. III. COMPARING THE MASS–PERIOD DISTRIBUTIONS OF PLANETS AROUND A-TYPE STARS AND SUN-LIKE STARS

太陽型星との違いを調査する為に、31の中質量巨星（1.5M⊙≲M≲2.0M⊙）を~5年間RV調査





中質量巨星の~3AU以内での木星質量惑星の確率密度。

---：全母集団に対するもの（24%）

ー：大きなRV変動が見られた３星を取り除いた後（26%）

▪背景論文について

Cochran et al. 2002

AJ, 124, 565 / SEARCHING FOR PLANETS IN THE HYADES. I. THE KECK RADIAL VELOCITY SURVEY

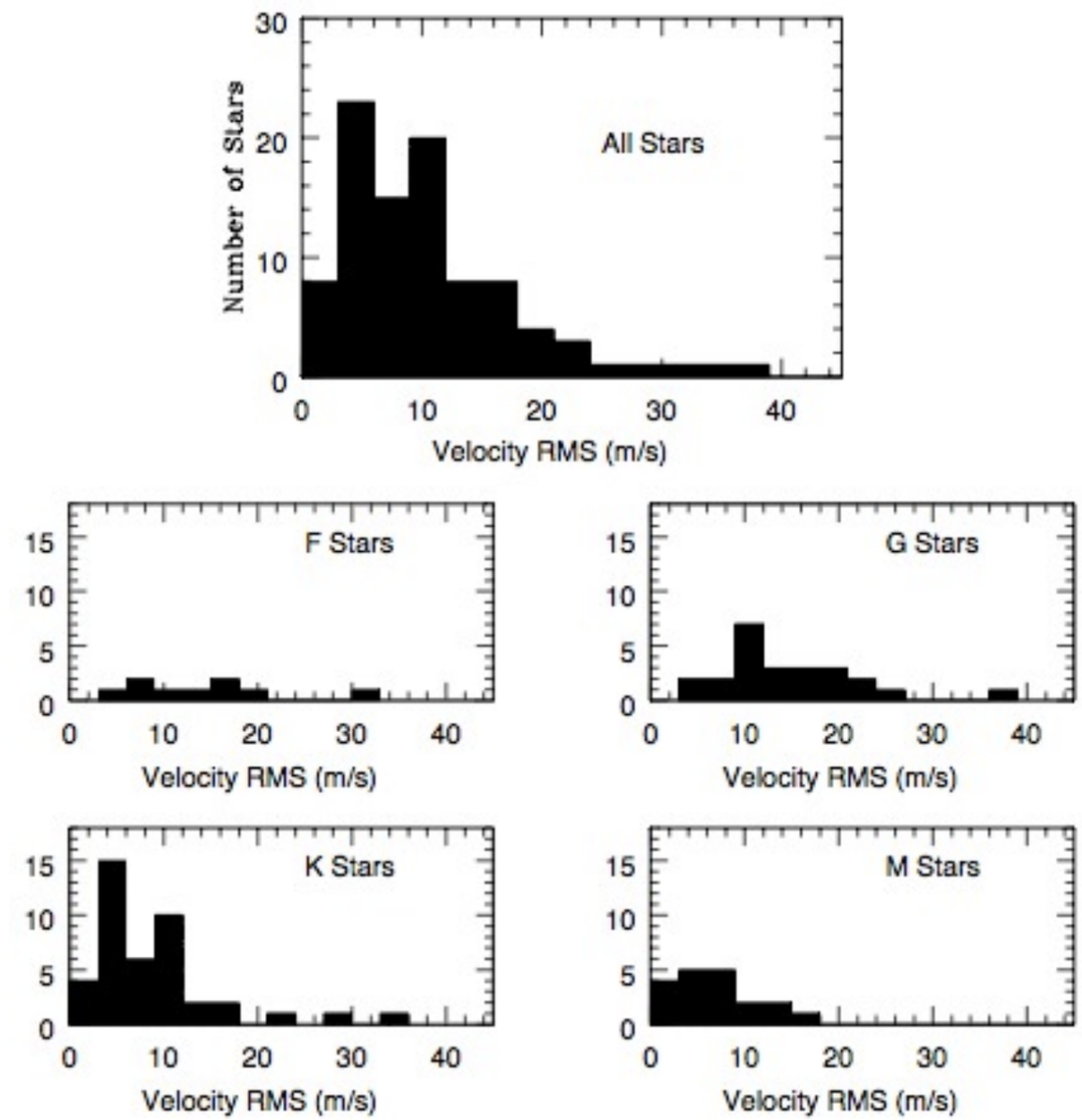
対象：hyades, F8~M2型星98個

期間：５年間

観測機器：Keck I/ HIRES

観測点：各星最低 ２回/年

RV精度：3-5m/s



結果

４つの星において大きなRV変動

→続編のIIIにおいて、追観測の結果、

３つ：周期的なmagnetic activity

１つ：周期性がない

と結論づけている。