

ヒアデス星団の早期型星に おける系外惑星探索

佐藤文衛、大貫裕史、原川紘季、生駒大洋、井田茂
(東工大)
神戸栄治
(国立天文台岡山)

概要

- * 星団に属する恒星は年齢と化学組成が一樣と見なせるので、惑星の性質と中心星質量の関係を調べる上で格好のターゲットとなる。ヒアデス星団では過去に98個の晩期型主系列星(F5-M型星)と4個の中質量巨星で視線速度精密測定による惑星探索が行われ、巨星の一つで巨大惑星が発見された。これは中質量星における巨大惑星の頻度の高さを示唆するものであり、中質量主系列星、すなわち早期型星にも同様に惑星が存在する可能性を示唆している。近年行われているフィールドの中質量準巨星や中質量巨星を対象としたサーベイの結果からも、中質量星では15-30%の惑星検出率が示唆されており、これに基づくヒアデス星団の早期型星には最大20個程度の巨大惑星が見つけれずに潜んでいる可能性がある。従来早期型星は視線速度測定精度が出ないという理由で惑星探索の対象としては避けられていたが、我々は2011A期に3つのヒアデスF型星について試験的な観測を行い、これらが十分惑星探索の対象となり得ることを明らかにした。

散開星団における系外惑星探索

- * 中心星のパラメータが精度よく決まる
 - * 特に年齢、質量が重要
- * 均質なサンプル
 - * 年齢、初期化学組成が一樣
 - * 恒星パラメータの違いによる惑星系の違いを調べる上で最適(例:中心星質量に対する依存性)
- * これまでに3つの散開星団で惑星発見例
 - * 中心星はいずれも中質量巨星

ヒアデス星団

- * 地球から最も近い散開星団
 - * 距離約45パーセク(中心)
- * 年齢 約6億年
 - * Turn-off は～A5V(V～4)
- * 主系列全体に渡って視線速度法による惑星探索が可能な目下唯一の星団
 - * M0VでV～10等



(写真:岡山観測所)

ヒアデス星団における系外惑星探索

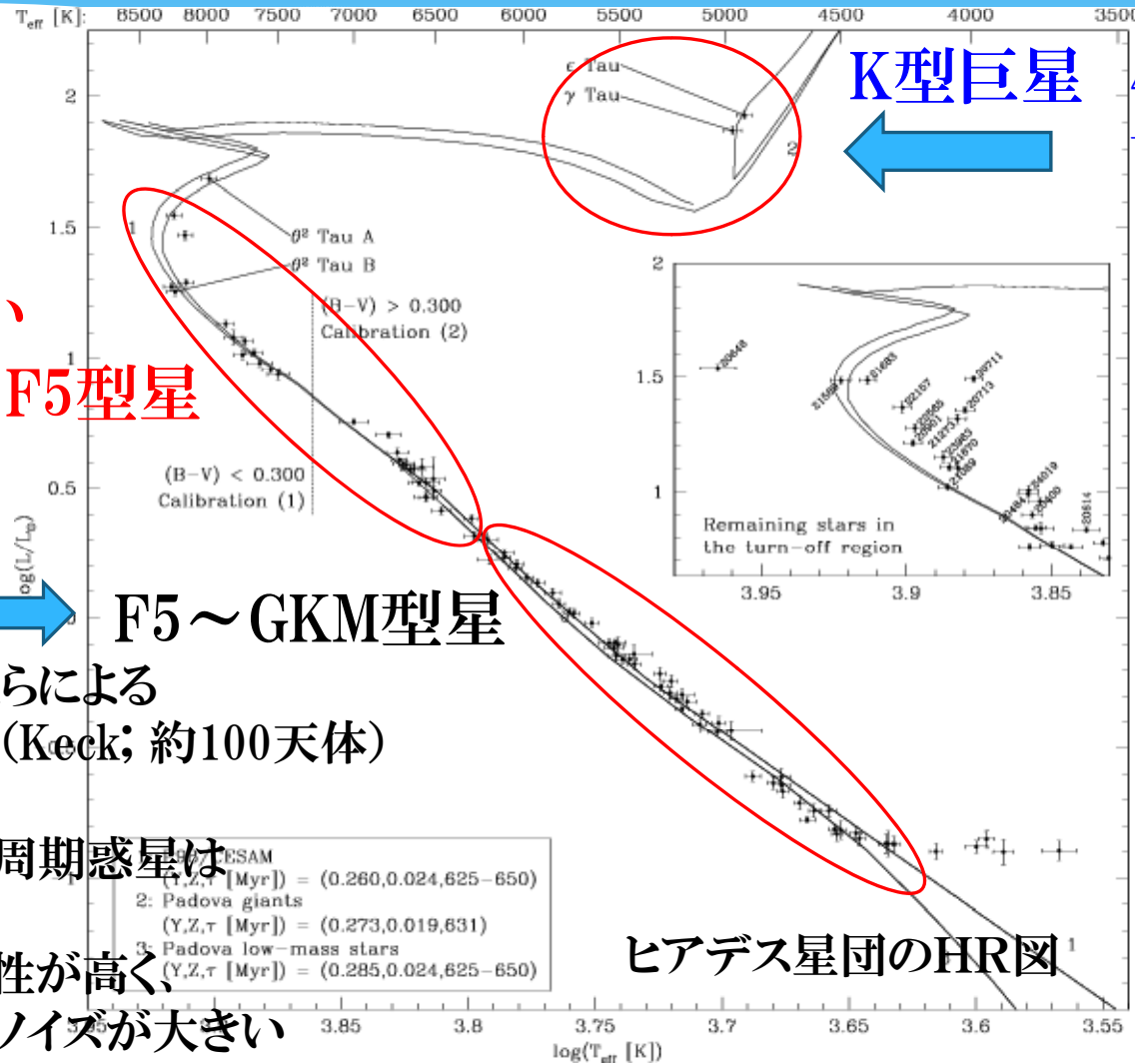
惑星探索は
行われていない

→ A5~F5型星

→ F5~GKM型星

Cochran, Paulsonらによる
視線速度サーベイ(Keck; 約100天体)
(1996~2004年)

- ⇒ 少なくとも短周期惑星は発見できず
- 恒星の活動性が高く、視線速度のノイズが大きい



K型巨星

4つの巨星のうち
一つに惑星あり
(Sato et al. 2007)

AF型星でも惑星
を探す価値あり

de Bruijne et al.
2001

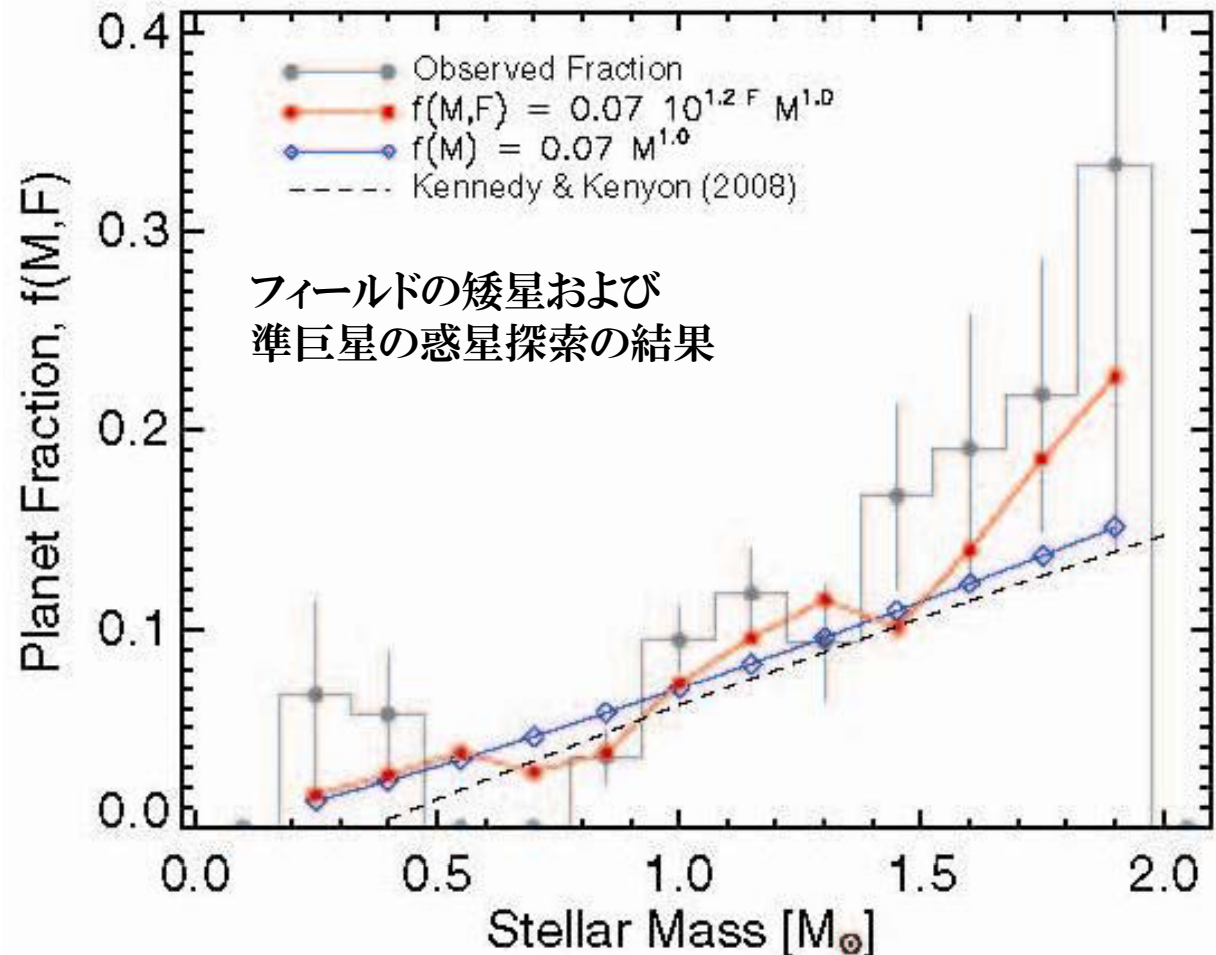
惑星頻度 vs 中心星質量

1.5-2 M_{\odot} (AF型星)における
巨大惑星の頻度は
15-30%に達する(右図)

ヒアデス星団にはAF型星
が約70個存在(分光連星
を除く)



最大約20個もの巨大惑星
が潜んでいる可能性あり



Johnson et al. 2010

早期型星における視線速度測定精度

■ 視線速度測定誤差 δv

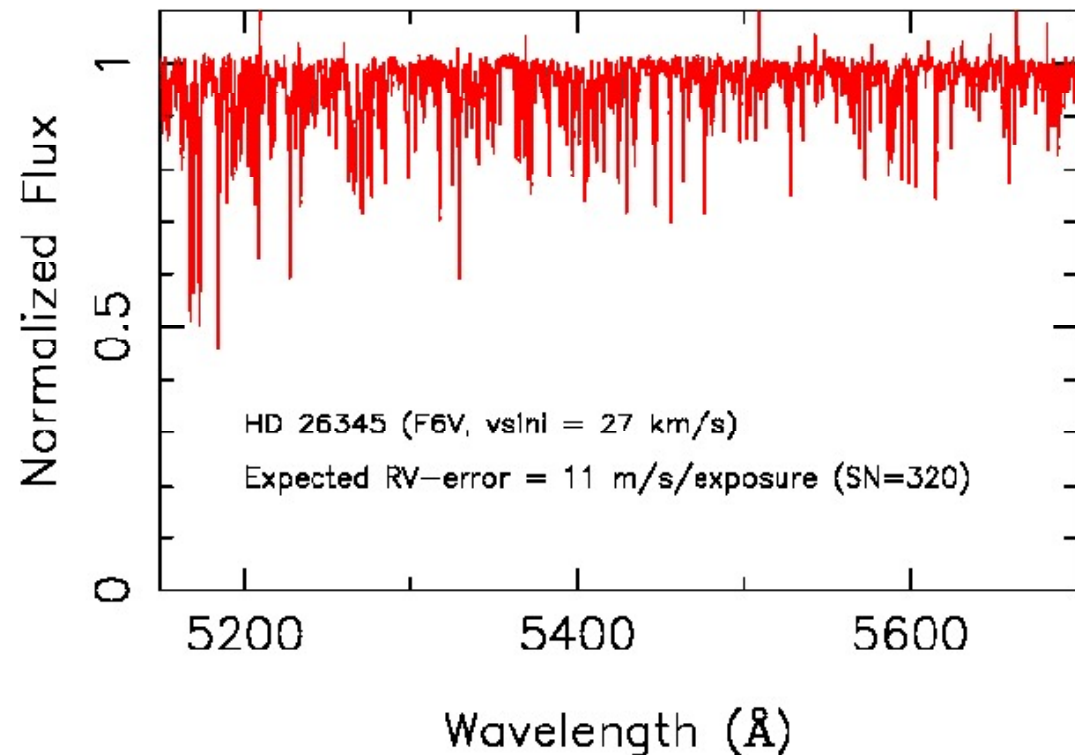
$$\delta v \propto \frac{w}{d} \frac{1}{S/N} \frac{1}{\sqrt{N_{line}}}$$

w : 吸収線の幅, d : 吸収線の深さ

S/N : 連続光レベルのSN比

N_{line} : 測定に使える吸収線の本数

早期型星は w 大、 d 小、 N_{line} 小のため精度が出にくい (δv 大) が、その分 S/N で稼げば原理的に精度は上がるはず



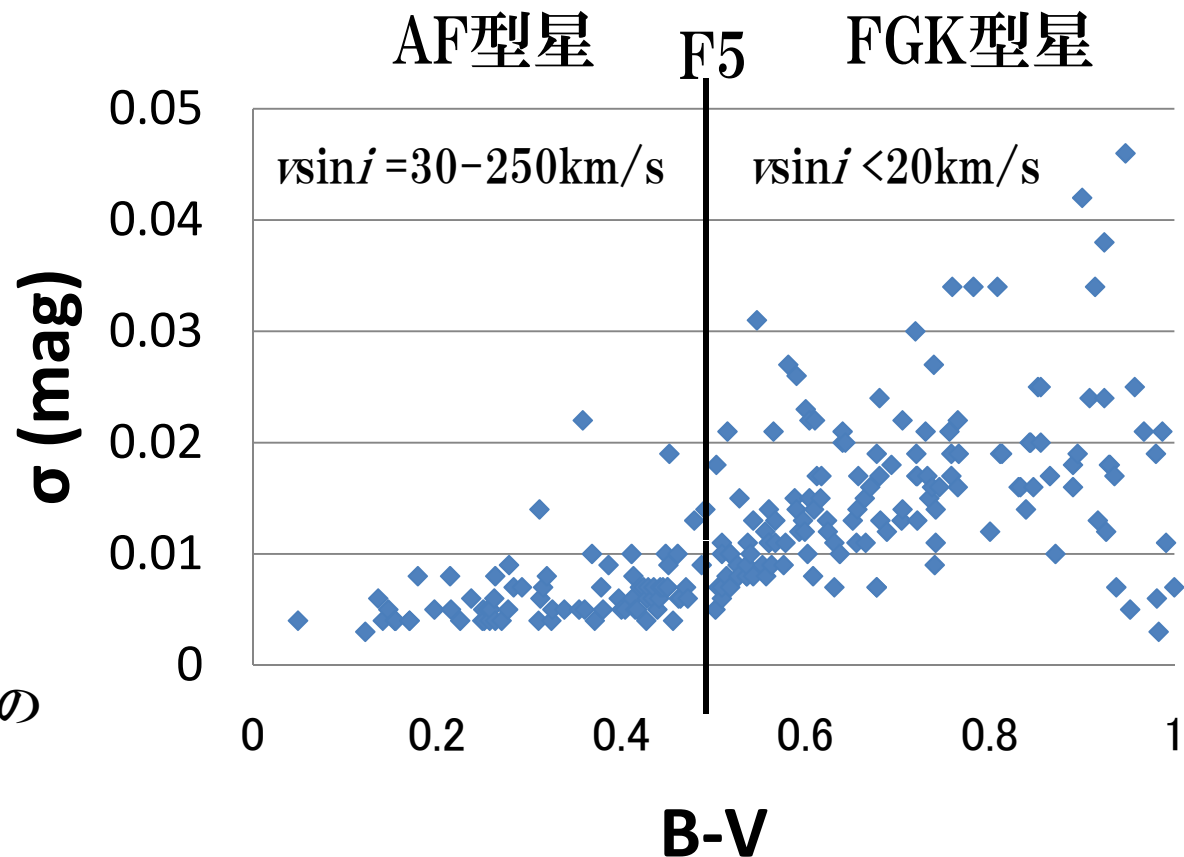
ヒアデス星団のAF型星は惑星探索に適している？

ヒアデス星団メンバーの
明るさ変動(右図)
(ヒッパルコス衛星)

測光観測ではF5-K型星より
むしろA-F5型星の方が安定
している

視線速度の測定精度さえ
出せば(SNさえ稼げれば)
惑星検出可能？

※ただし、 δ Sct型、 γ Dor型の
脈動星に注意が必要



目的

- * ヒアデス星団の早期型星を対象とした視線速度法による惑星探索の実現可能性の調査
 - * 達成できる視線速度測定精度
 - * 恒星自身の視線速度安定性

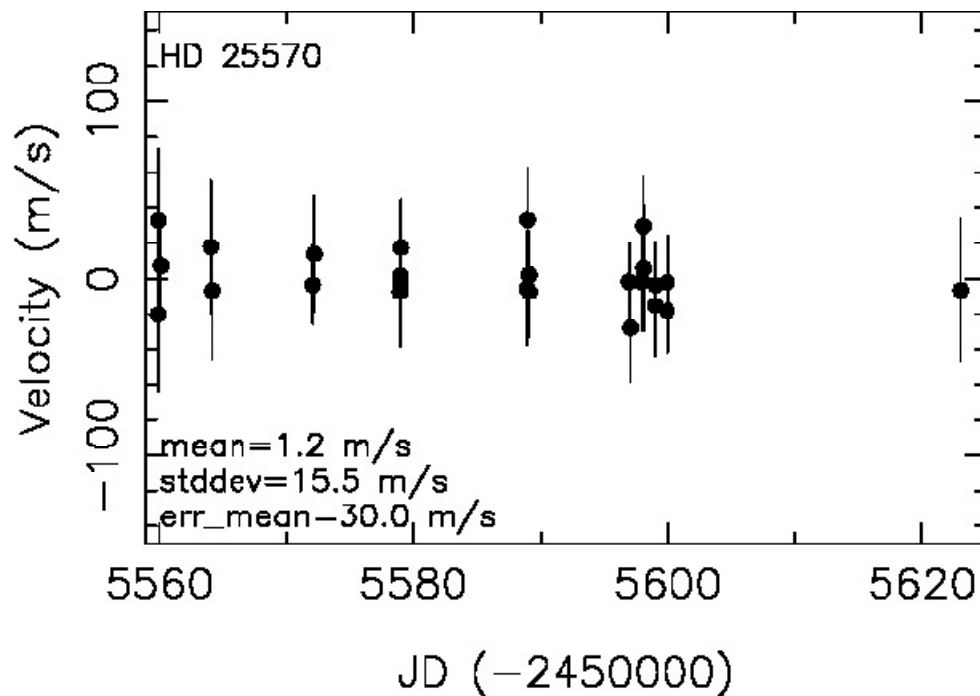
観測

- * 2010年12月～2011年4月
- * 岡山天体物理観測所188cm望遠鏡 + 高分散分光器HIDES
ファイバーフィード系 (HIDES-F) + I₂ Cell
 - * 波長分解能 52,000
- * 観測天体
 - * HD 25570(V=5.5), HD 26345(V=6.6), HD 27561(V=6.6)
 - * 1露出あたりの露出時間 30分
 - * S/N比 約200-500(天候により)
 - * HIDES-Fの高効率により暗い天体に対しても高SN観測が可能

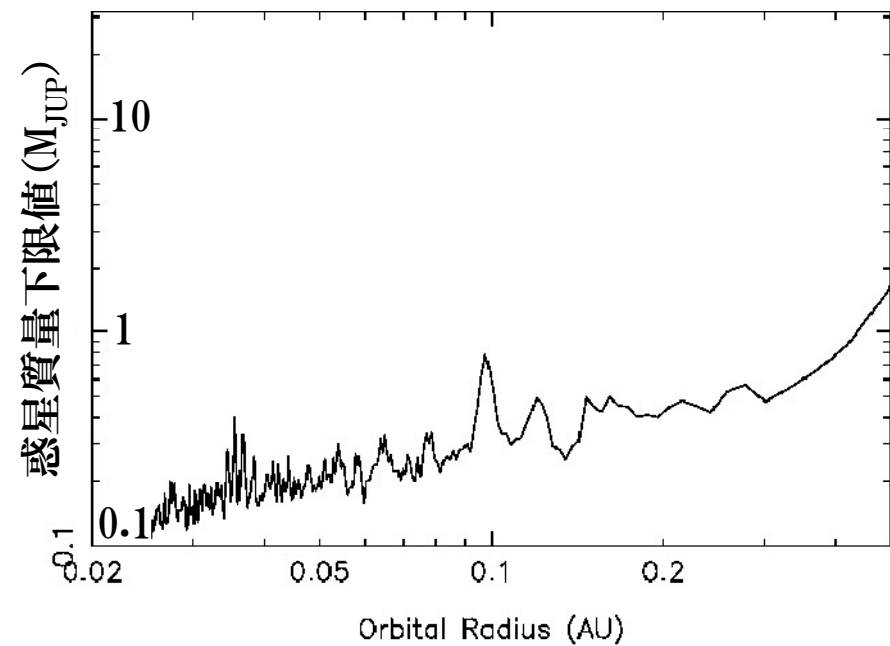
結果: HD 25570 (F2V, $v \sin i = 35 \text{ km/s}$)

自転速度は Reiners + 2003

視線速度変動



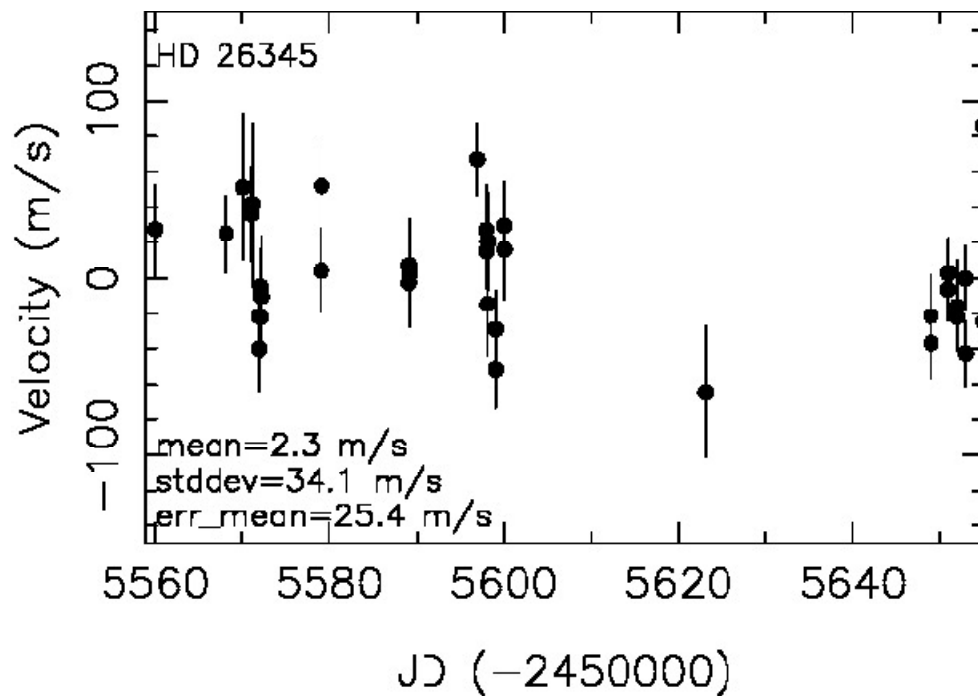
検出限界



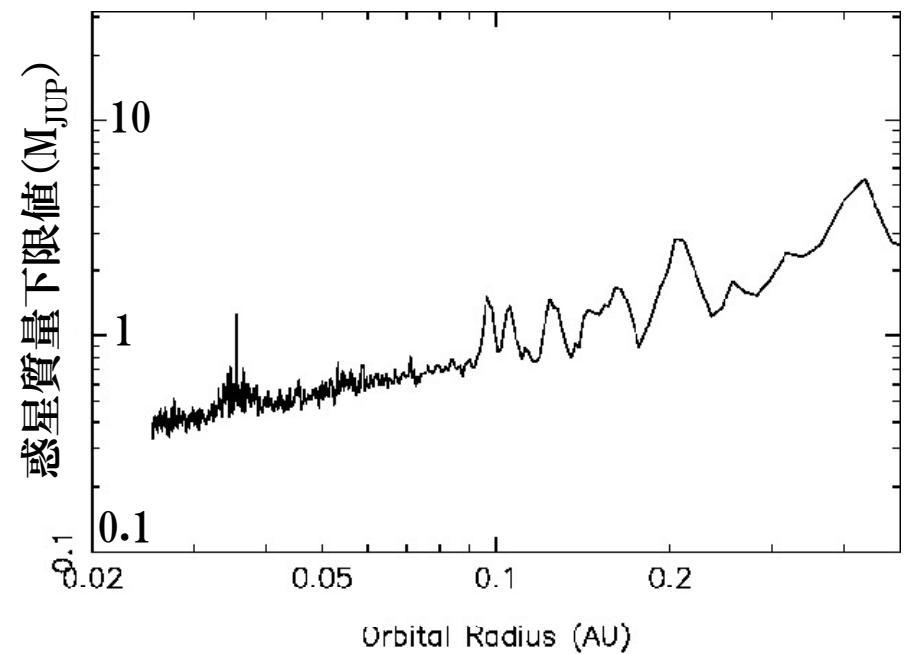
結果: HD 26345 (F6V, $v \sin i = 27 \text{ km/s}$)

自転速度は Mermilliod + 2009

視線速度変動



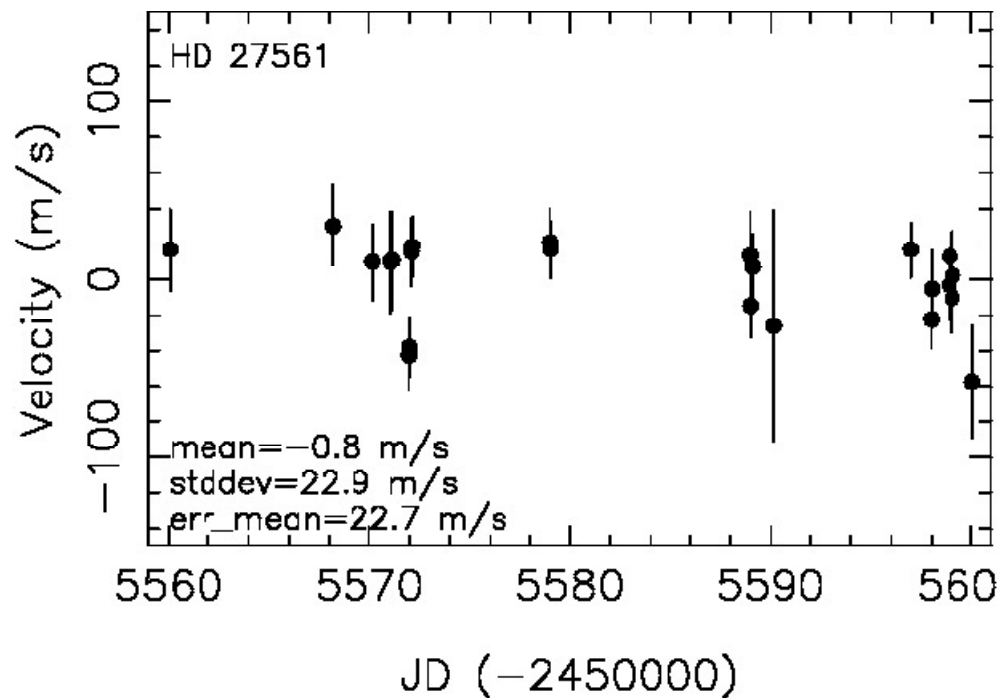
検出限界



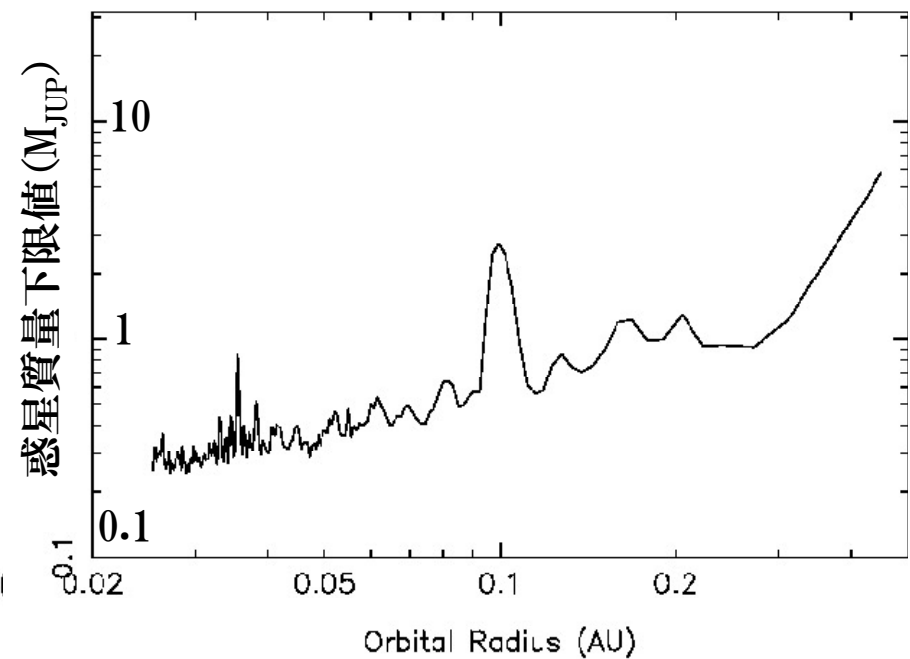
結果: HD 27561 (F5V, $v \sin i = 20 \text{ km/s}$)

自転速度は Mermilliod + 2009

視線速度変動



検出限界



まとめと今後

- * ヒアデス早期型星における惑星探索の実現可能性を調査するため、ヒアデス星団に属するF型星3天体について40-100日間試験的な観測を行った。
- * 視線速度測定精度
 - * $v \sin i = 20-35 \text{ km/s}$ のF型星で一露出あたり20-30m/s (SN=200-500)
 - * 予想より少し悪いので、解析法などを再検討する
- * 惑星検出限界
 - * 軌道長半径0.05AUで土星質量
 - * 軌道長半径0.5AUで木星質量
 - * 惑星探索が十分可能なレベル
- * 今後、サンプルを増やしてサーベイを拡大
 - * ヒアデス星団のA型星についてもすばる/HDSを用いて試験観測済み

参考文献

- * Cochran et al. 2002, AJ, 124, 565
- * de Bruijne et al. 2001, A&A, 367, 111
- * Johnson et al. 2010, PASP, 102, 905
- * Mermilliod et al. 2009, A&A, 498, 949
- * Paulson et al. 2004, AJ, 127, 3579
- * Reiners et al. 2003, A&A, 398, 647
- * Sato et al. 2007, ApJ, 661, 527