

惑星欠乏の 中質量巨星における 惑星探索

大宮正士(東工大)、比田井昌英(東海大)
佐藤文衛(東工大)、泉浦秀行(OAO)

世界の巨星の惑星探しから。。。。

Setiawan et al.	1998	La Silla (FEROS)	83
Quirrenbach et al.	1999	Lick	376
Sato et al.	2001	OAo +tel.s in east ASIA	~700
Hatzes et al.	2001	Tautenburg +La Silla	~360
Lovis et al.	2003	La Silla (HARPS)	115
Niedzielski et al.	2004	McDonald	~800
Johnson et al.	2004	Lick&Keck +AAT	~600
Han et al.	2005	BOAO	55
Jones et al.	2010	CTIO & La Silla(FEROS)	164
Omiya et al.	2010	OAo	70

Selection criteria for samples from almost Hipparcos catalog
V mag., $B-V$, M_V , δ etc.

Exclude binaries & pulsating stars

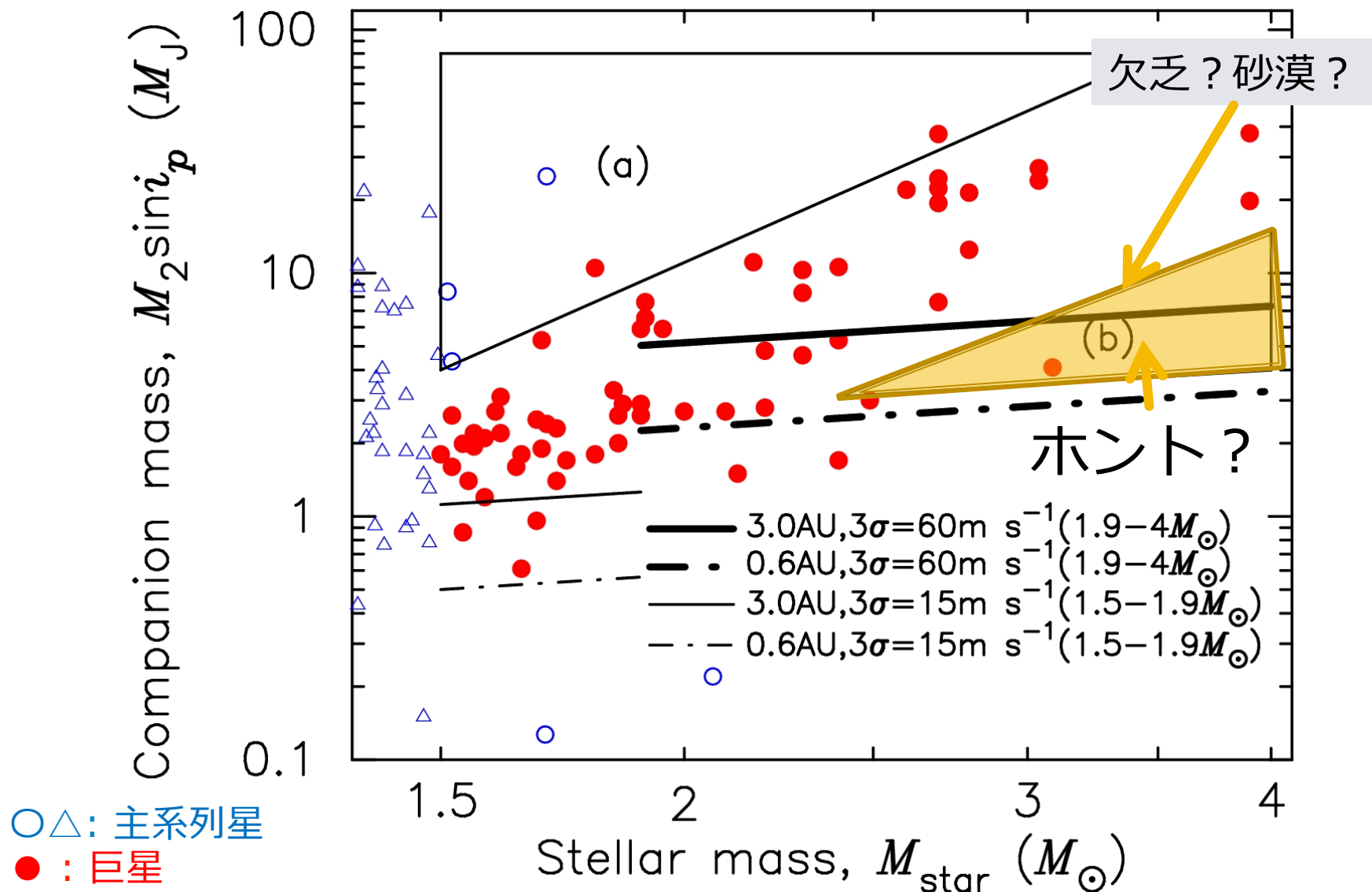
惑星発見数：~90個

サンプル：計~3300星

コンプリートネス：~60%?

重複率：~10%?

新たな視点：巨大惑星の欠乏



巨大惑星の形成と移動の理解へ

■ 巨大惑星 & 褐色矮星の頻度

- コア降着モデル vs 重力不安定モデル

■ 巨大惑星の存在する領域

- スノーラインの位置
 - 円盤の性質（光学的厚さ）

■ 巨大惑星の移動メカニズム

- 巨大惑星のType-II移動への制約
 - 主星質量などへの依存
 - 円盤ガス散逸タイムスケール
- 巨大惑星散乱による惑星移動の可能性

■ 巨大惑星形成の重要パラメータをチェック

3~4 $M_{\odot}$ の中質量巨星の惑星探索

- 3~4 $M_{\odot}$ の質量をもつ巨星の視線速度モニター観測
 - @岡山天体物理観測所(OAO)
- **目的：3 $M_{\odot}$ 以上の星の惑星欠乏を検証**
 - 70星のG型巨星のサーベイ観測を3年間継続
 - 各サンプル星の**巨大惑星の有無をチェック**
 - 3AU以下の軌道長半径 & 3~5 M_{Jup} 以上の質量の巨大惑星を狙う
 - 惑星欠乏の程度（惑星頻度）と範囲を知りたい
- サンプル星： *Hipparcos* カタログから抽出
 - $0.6 < B - V < 1.0$
 - $-1.5 < M_v < -0.1$
 - $6 < V \text{ mag.} < 7.1$
 - $\delta > -25$
 - 連星、明るさの変動が大きい星は除いた

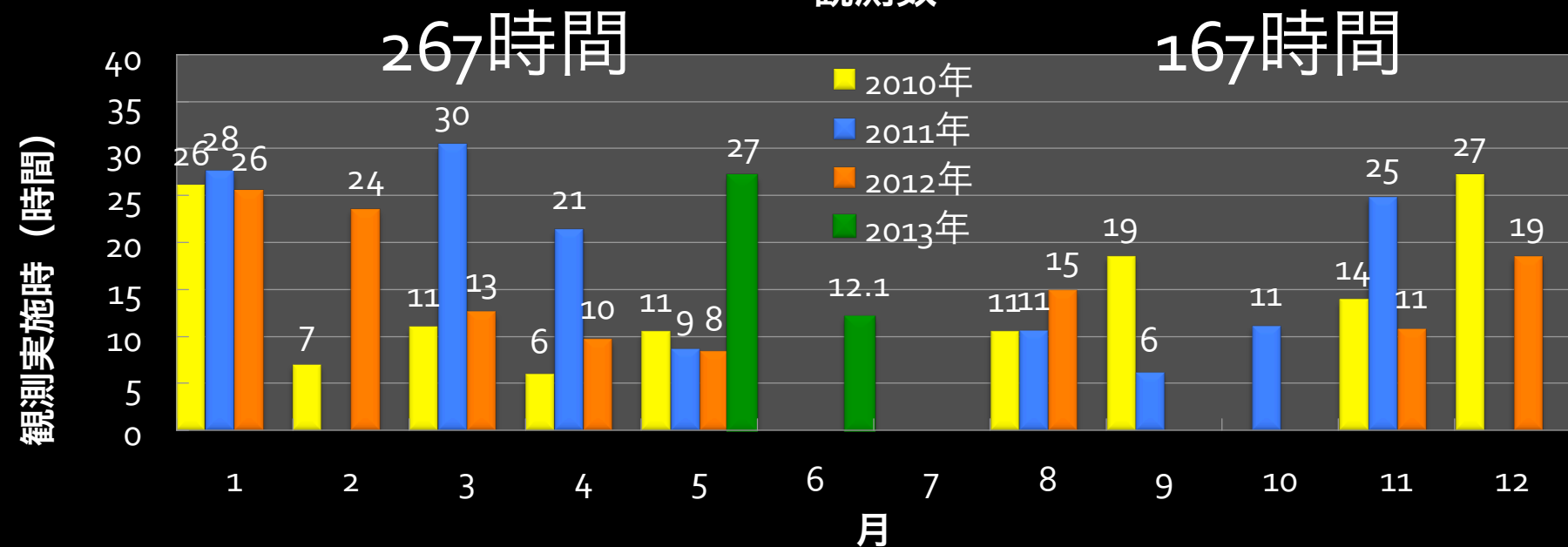
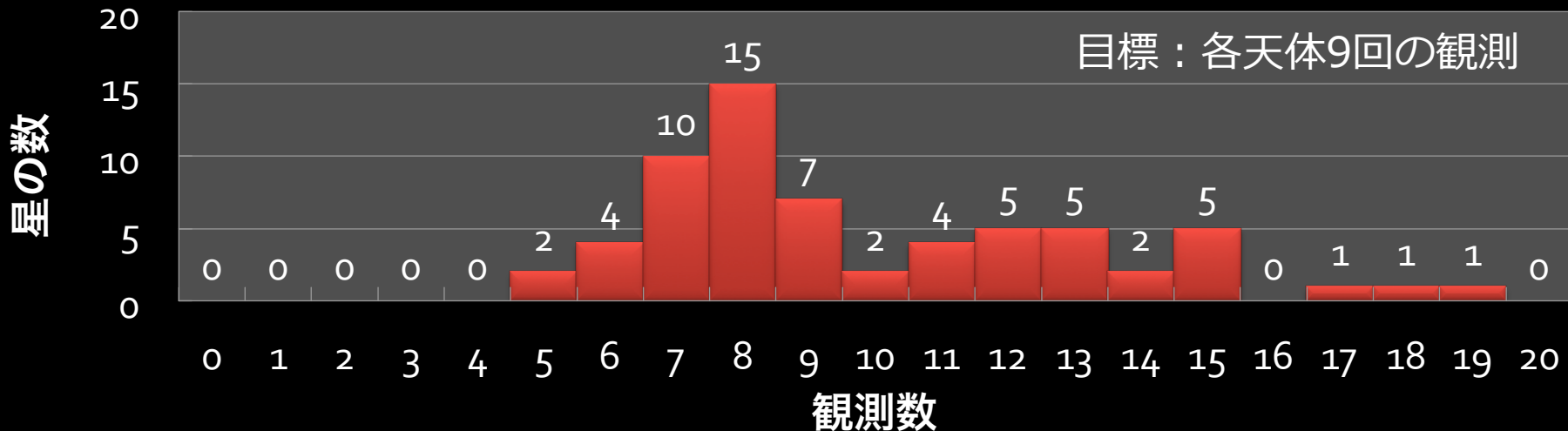
観測@OAO

OAO188cm

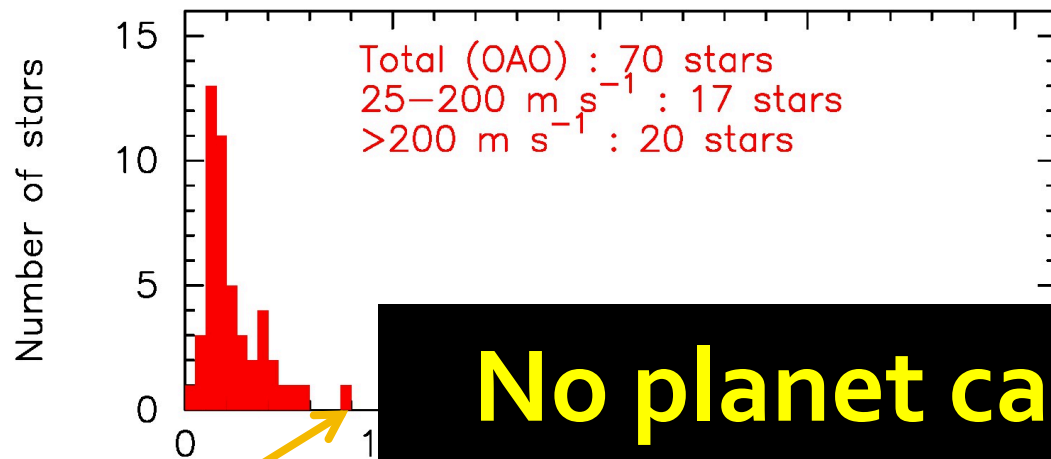


- HIDES/OAO188cm
 - H^Igh Dispersion Echelle Spectrograph
 - クーデ・スリット
- 期間：2010.1-2013.6（3.5年）
 - 割当夜数：約77夜（～22夜/年）
 - 実施率の平均（観測した時間/割当時間）：約47%
- 観測セッティング：
 - 分解能： $R = \lambda / \Delta\lambda \sim 65000$
 - 波長域：3750～7500Å
 - w/ ヨウ素セル（視線速度解析）, w/o（星の解析）
 - S/N: >100/pix（30分露出）
- 視線速度測定精度：～6.5m/s

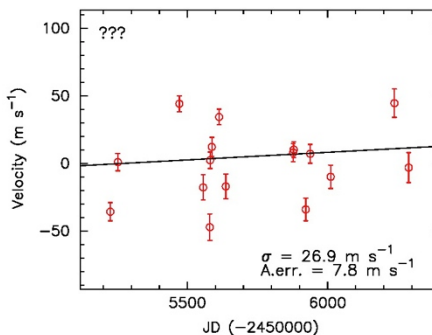
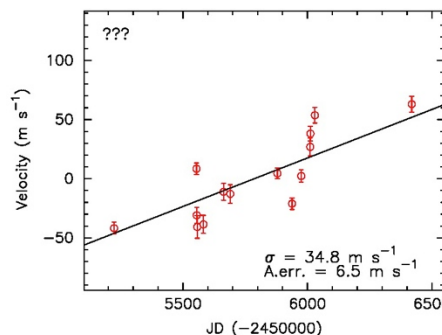
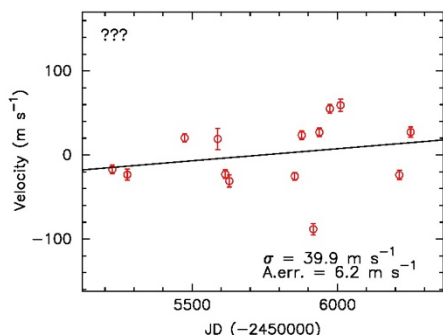
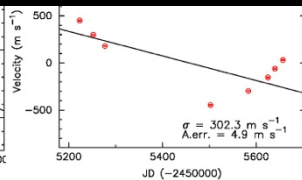
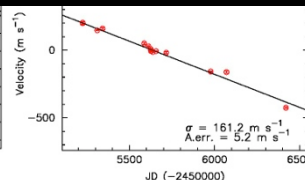
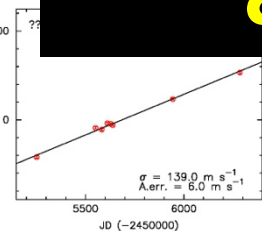
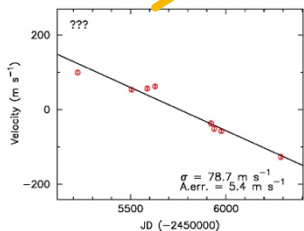
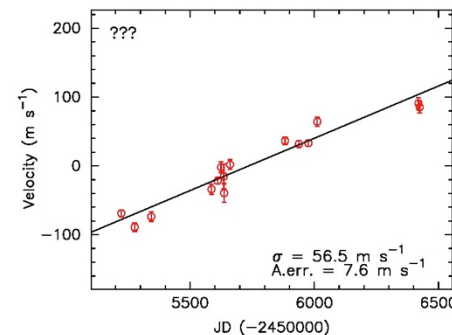
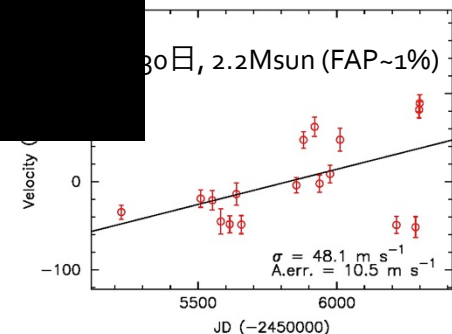
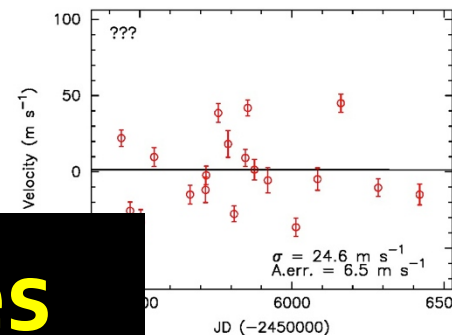
観測の状況@OAO



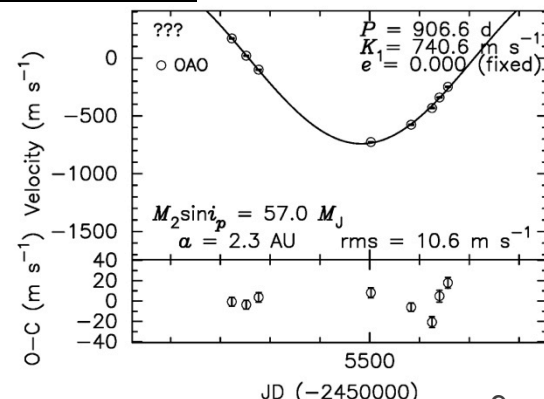
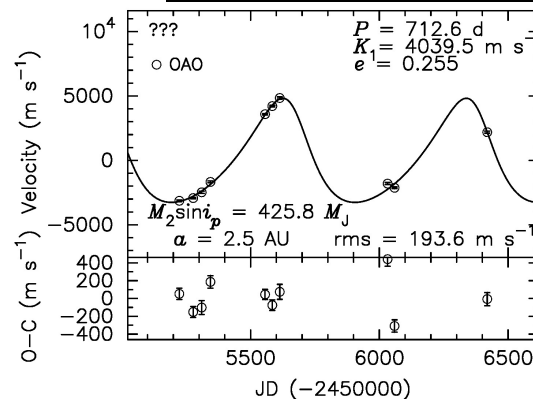
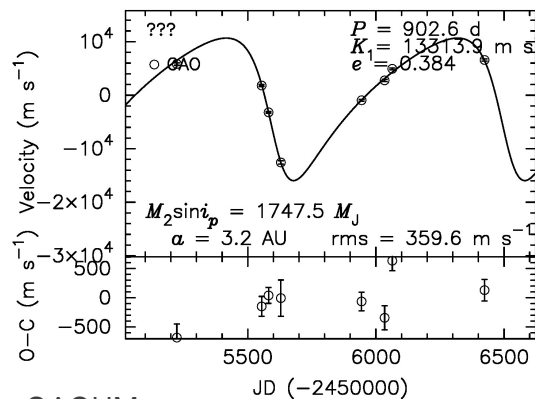
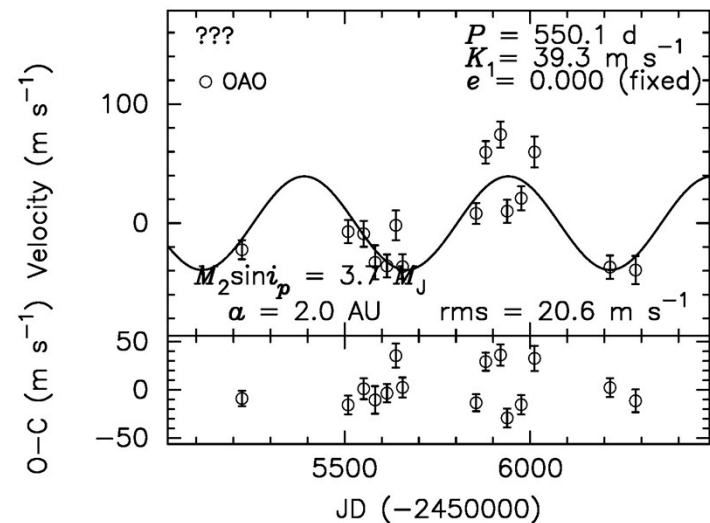
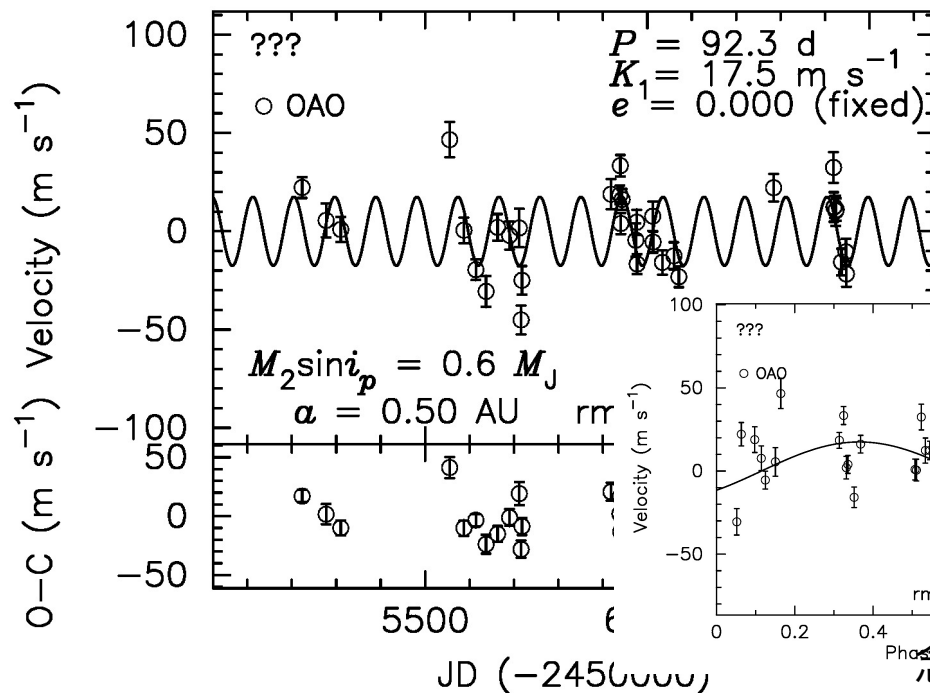
サンプル星の視線速度変動



**No planet candidates
at close-in orbits**



惑星・伴星の候補

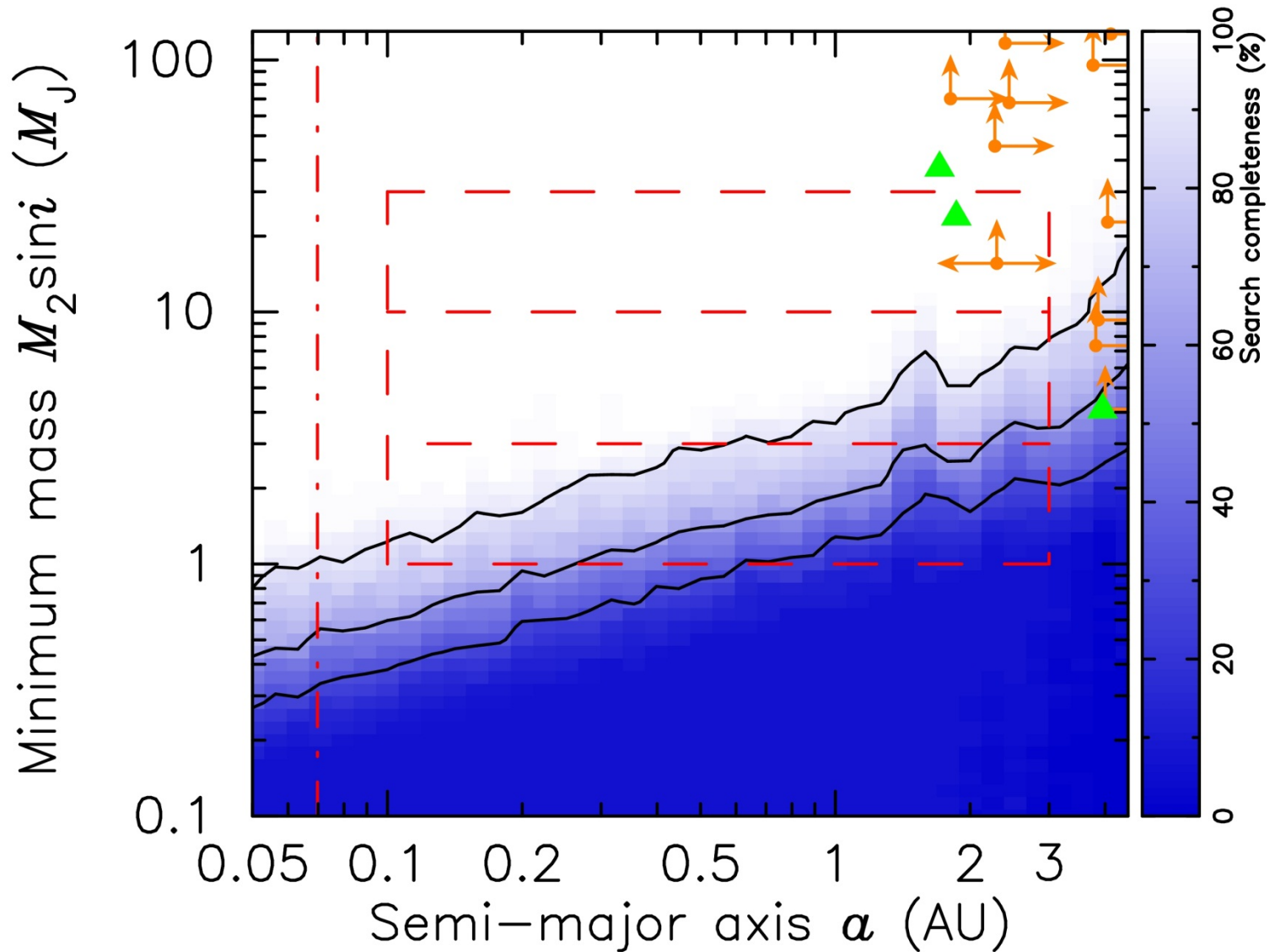


念頭においた惑星より

軽い惑星か重い恒星

が多いようだ

コンプリートネス@OAO



3~4 $M_{\odot}$ 星の惑星頻度の見積もり

- 惑星の条件：
 - 軌道長半径 $a = 3\text{AU}$ 以内
 - 最小質量 $M \sin i = 3\text{--}13M_{\text{Jupiter}}$
- サンプル星： 計89星 (単独星)
 - 本サーベイ： 41 星
 - $<3M_{\text{Jupiter}}$ の惑星は存在する可能性がある!
 - 岡山プロジェクト(Sato et al.)： 42星
 - 3.1-3.3 $M_{\odot}$ の星に候補天体が3星(惑星はすべて $3M_{\text{Jupiter}}$ 以下)
 - 3.1 $M_{\odot}$ の星の3.9AUに惑星を検出 (Sato+2012)
 - 3.0 $M_{\odot}$ の星に2個の褐色矮星を確認 (Sato+2012)
 - 日韓サンプル： 6星
 - 3.9 $M_{\odot}$ の星の1個の褐色矮星を確認 (Omiya+2009)
- **惑星頻度： 1.27%以下 (1 σ の有意性)**
 - 惑星頻度@全軌道長半径： $1.12^{+2.50}_{-0.33}\%$

まとめ&今後

- 3.5年間の視線速度サーベイ
 - 割当夜数に偏りがあり、データ点が少ない星もある
 - 連星の軌道を追えるほど観測できなかったものも
- 予備的な結果
 - 惑星候補：4個、連星候補：20個
 - 巨大惑星の頻度は1.27%以下
 - 内側には重い巨大惑星はなかった！軽い？遠方？
- 近い将来
 - ここまでのデータをまとめます！
 - 低質量、遠方惑星の検出へ向けた観測を！
 - 連星系の軌道決定（特に、後期に観測できる天体）