

# 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.,  $B-V$ ,  $M_V$ ,  $\delta$  etc.

Exclude binaries & pulsating stars

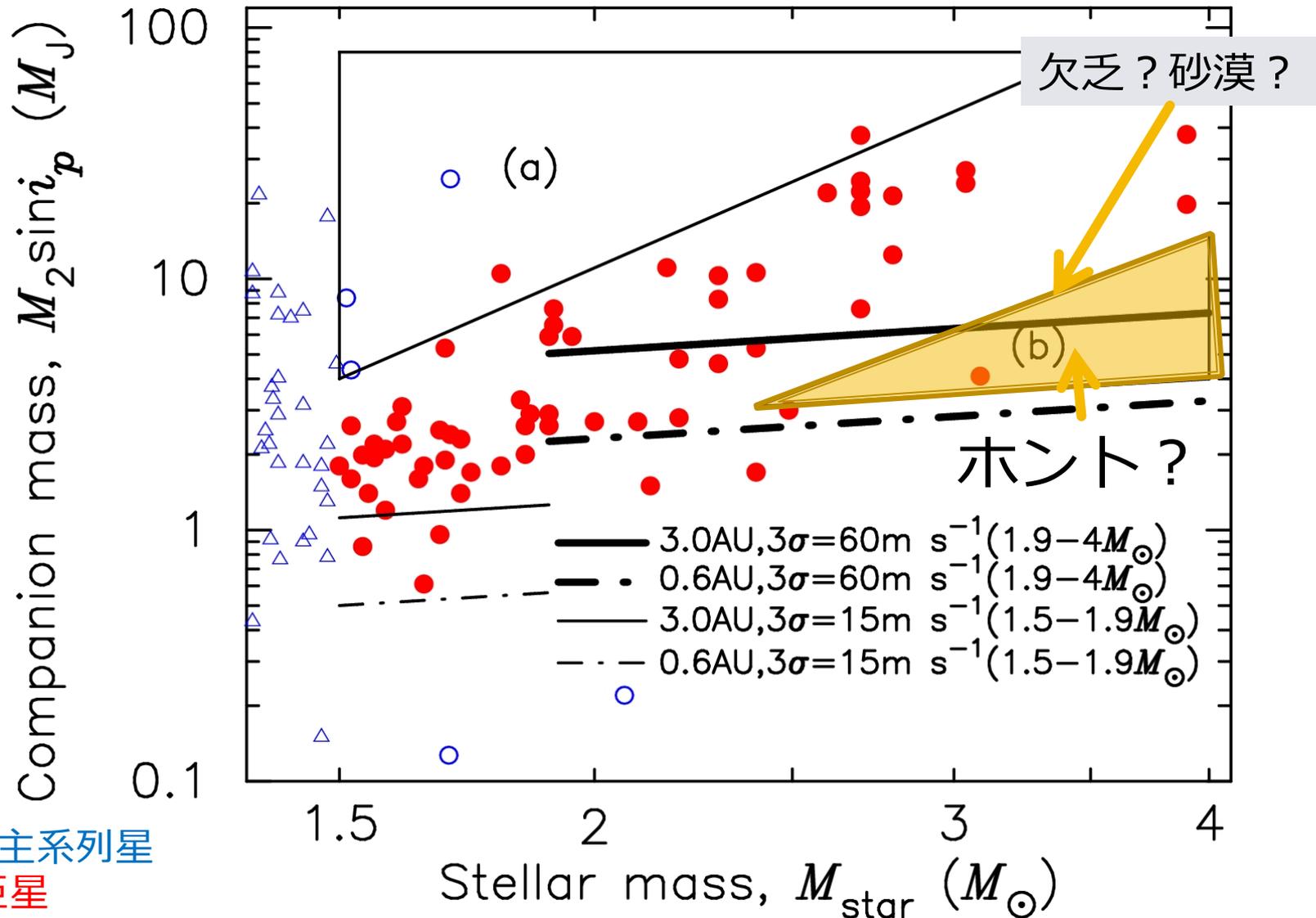
惑星発見数：~90個

**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 $M_{\text{Jup}}$ 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

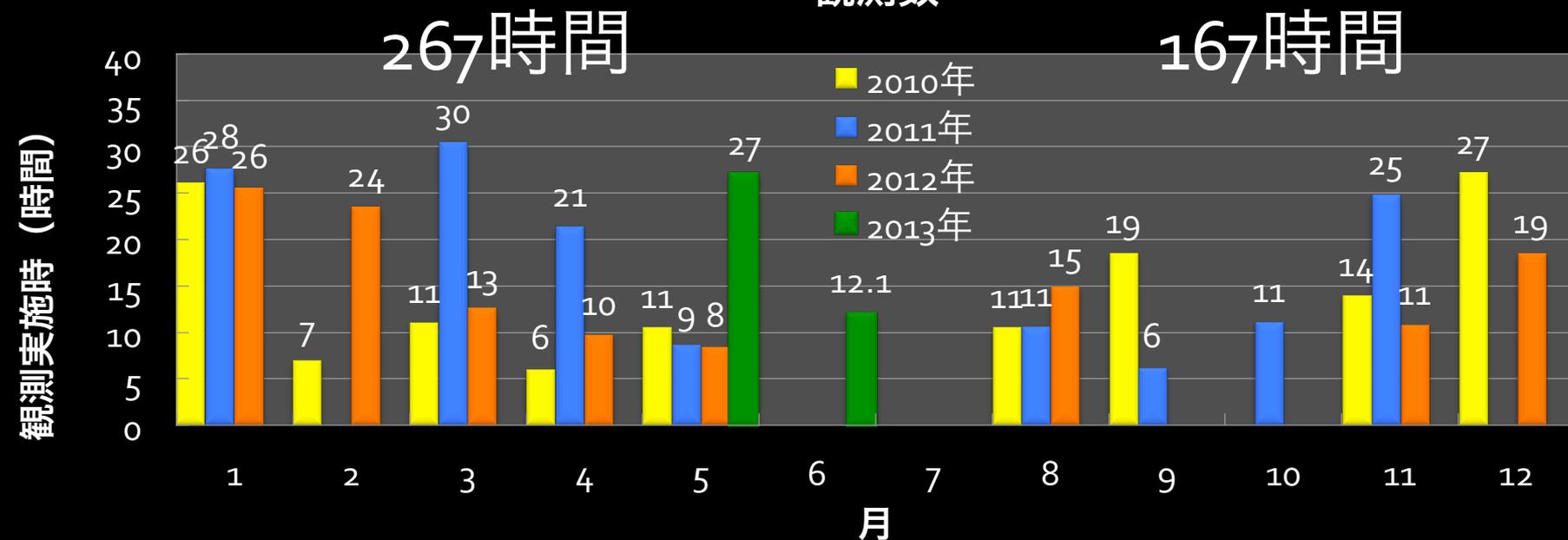
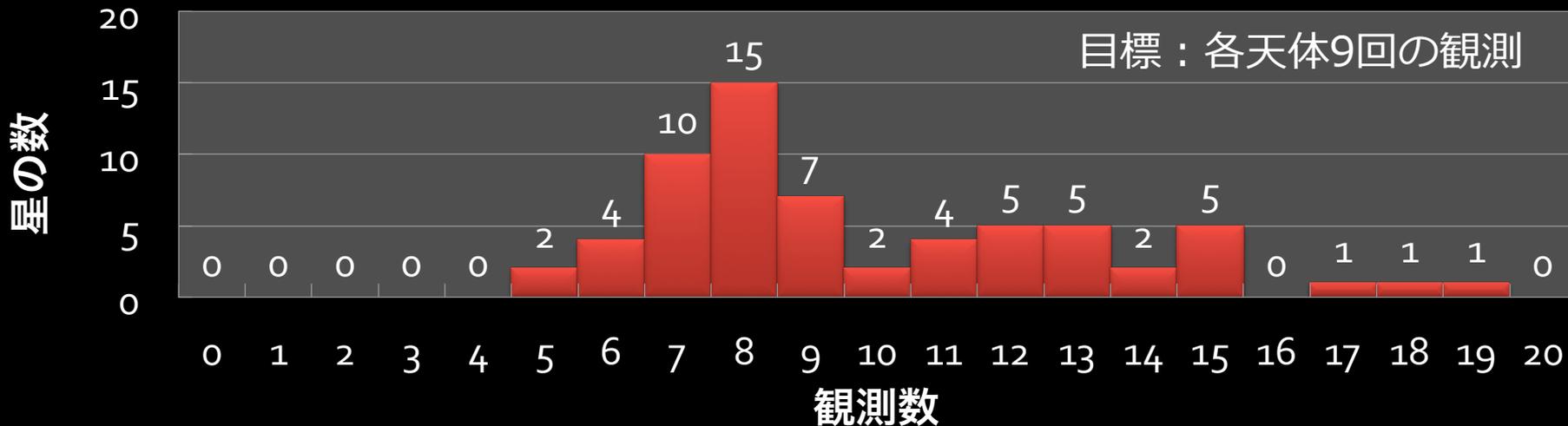
# 観測@OAO

OAO188cm

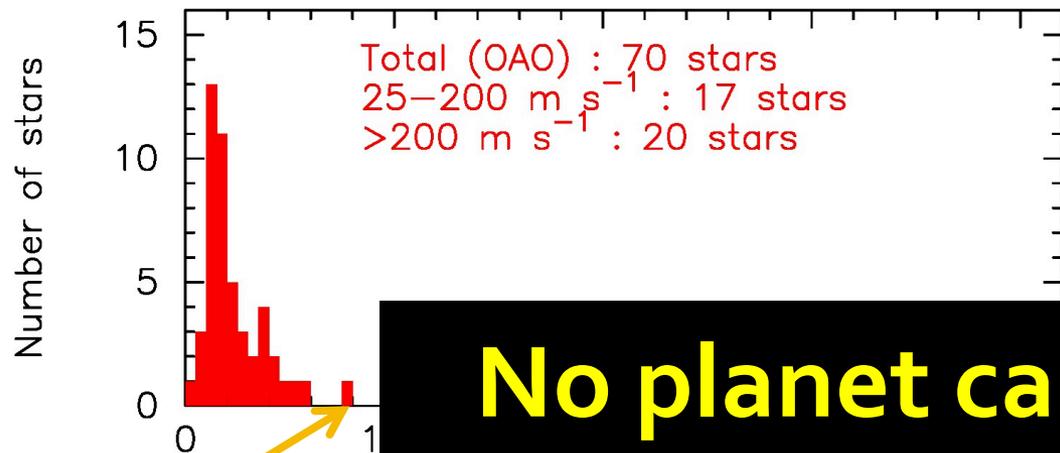


- HIDES/OAO188cm
  - High Dispersion Echelle Spectrograph
  - クーデ・スリット
- 期間：2010.1-2013.6 (3.5年)
  - 割当夜数：約77夜 (~22夜/年)
  - 実施率の平均 (観測した時間/割当時間) : 約47%
- 観測セッティング：
  - 分解能： $R=\lambda/\Delta\lambda\sim 65000$
  - 波長域：3750~7500Å
  - w/ ヨウ素セル (視線速度解析) , w/o (星の解析)
  - S/N: >100/pix (30分露出)
- 視線速度測定精度：~6.5m/s

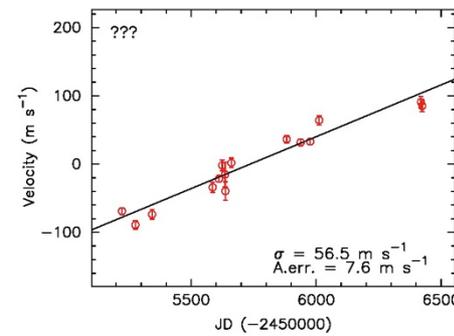
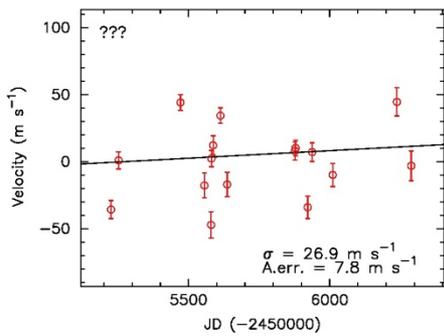
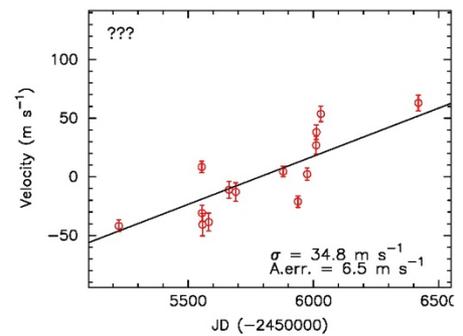
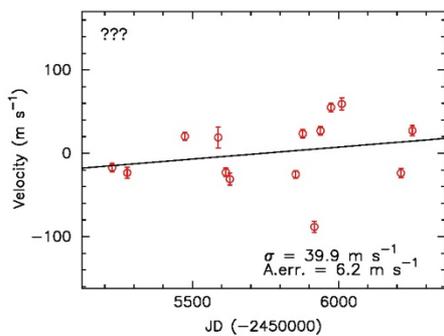
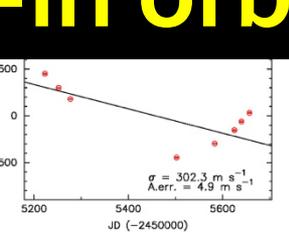
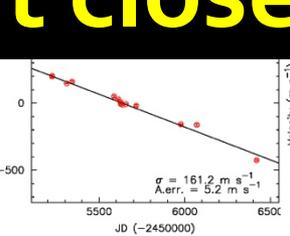
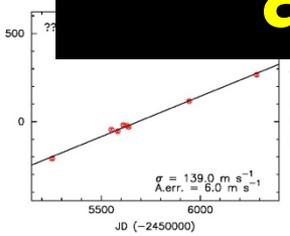
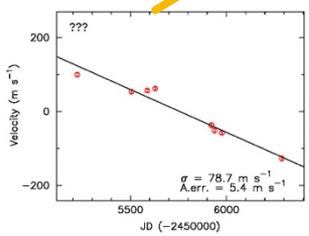
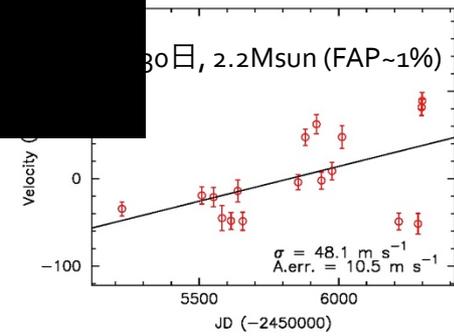
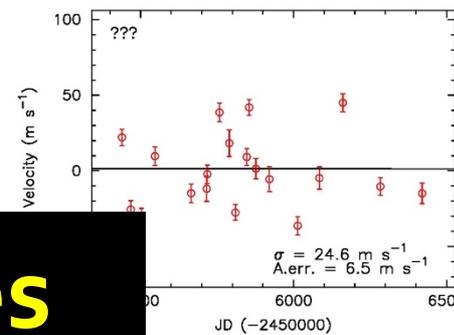
# 観測の状況@OAO



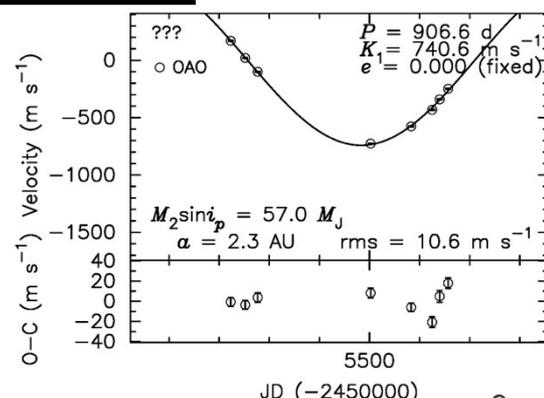
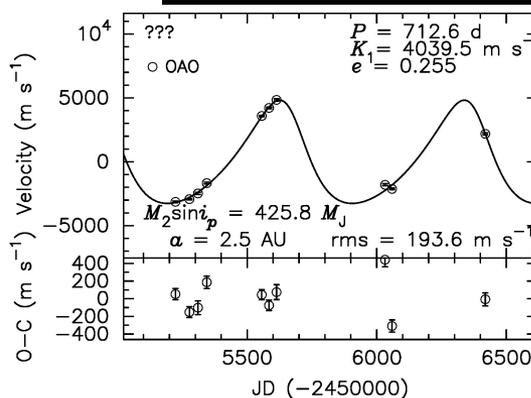
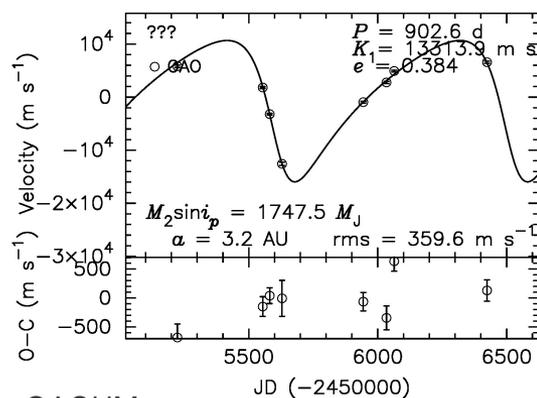
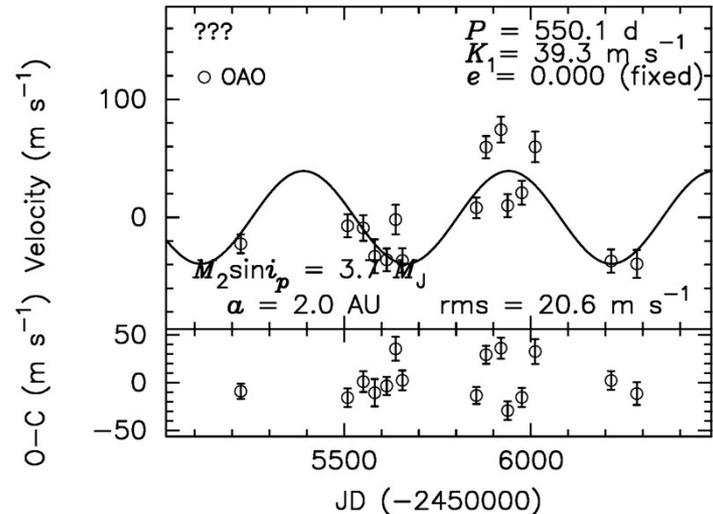
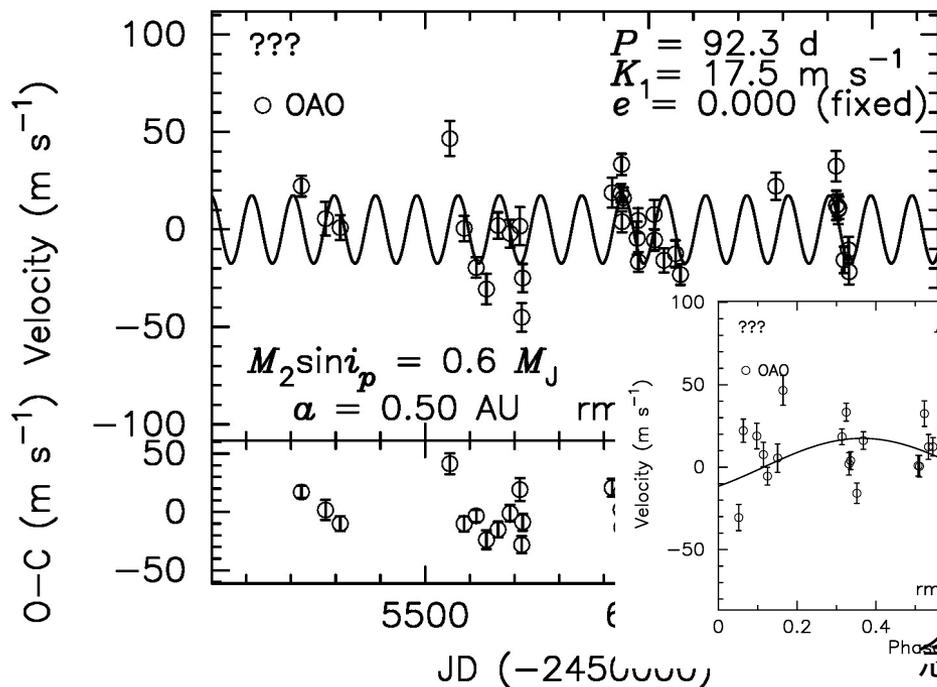
# サンプル星の視線速度変動



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

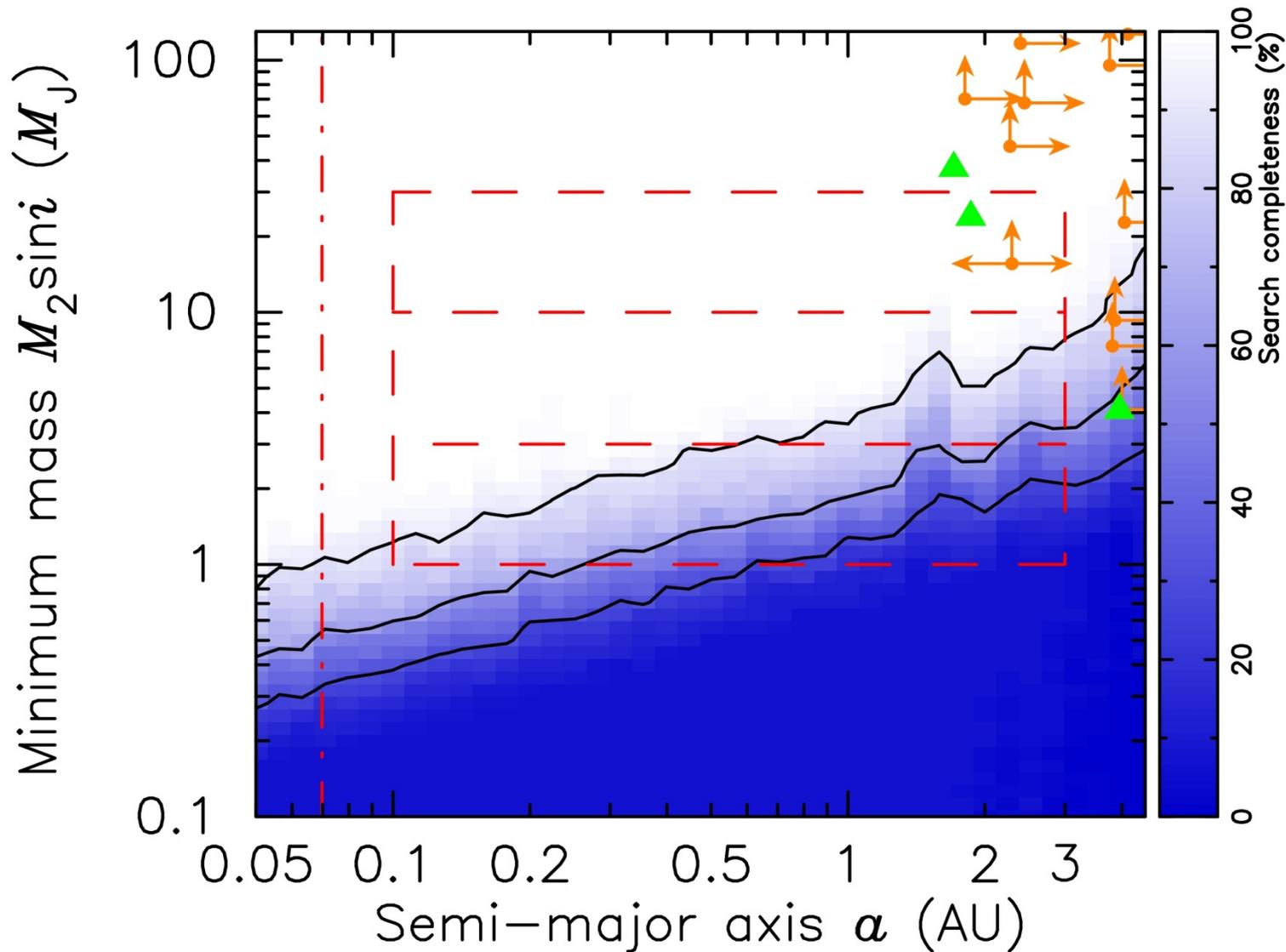


# 惑星・伴星の候補



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 $\sigma$ 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）