

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)

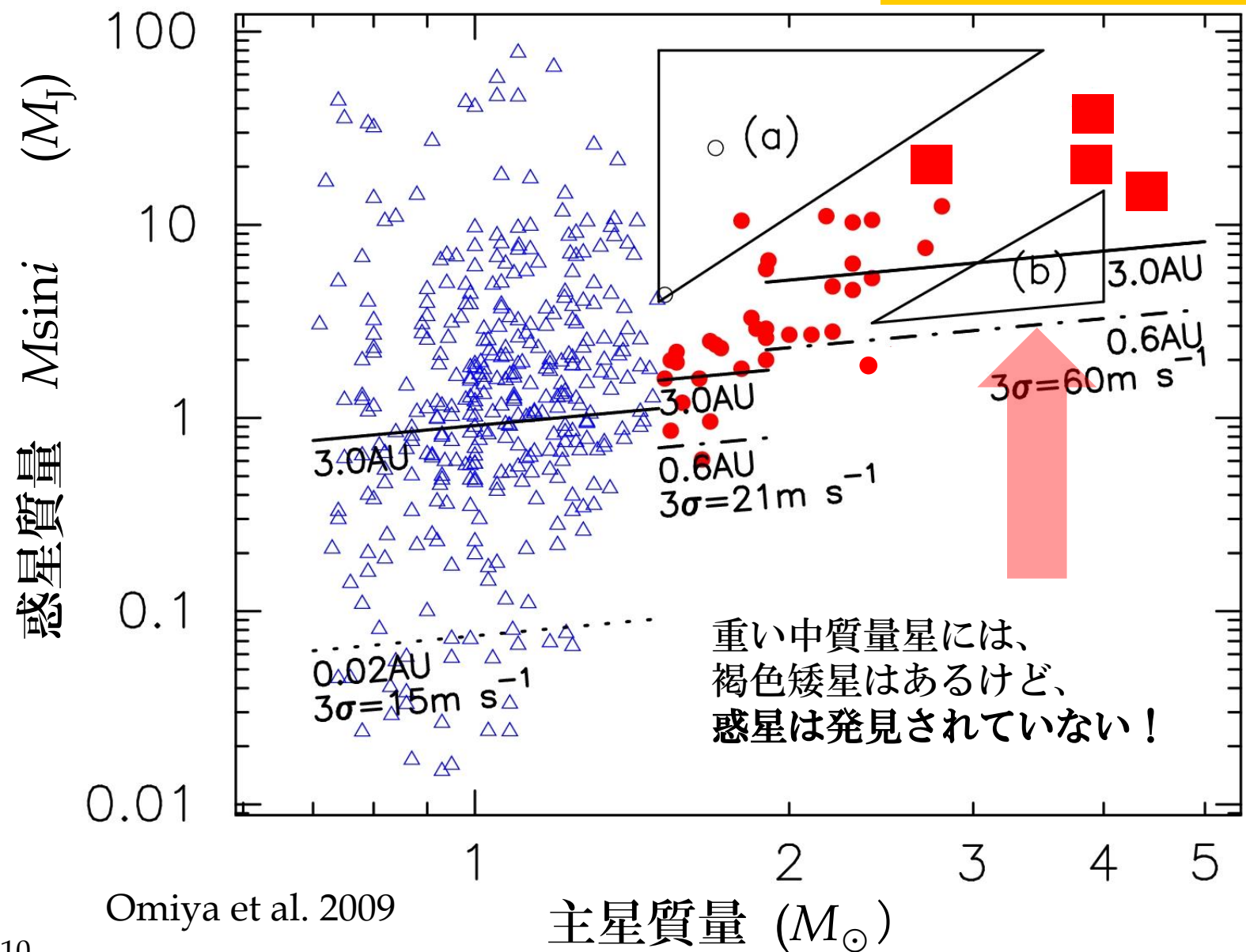
泉浦 秀行 (OAO/NAOJ)

惑星が“ない”

を検証する研究です

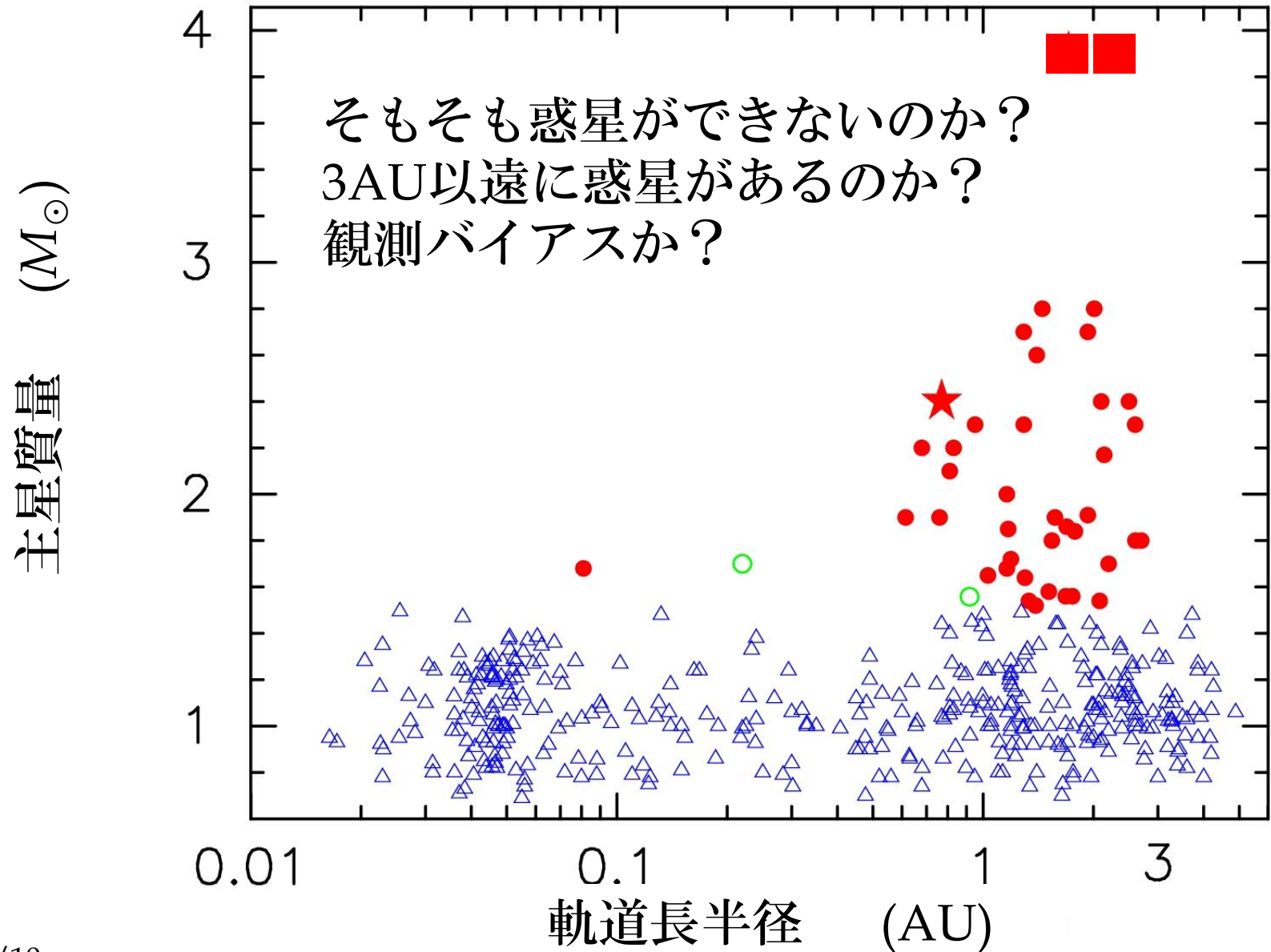
主星質量 vs. 3AU以内の惑星の質量

Worlds around massive stars



主星質量 vs. 軌道長半径

Worlds around massive stars



巨大惑星形成と惑星欠乏の意味

Worlds around massive stars

- コア降着モデル vs 重力不安定モデル
 - 惑星はないが褐色矮星がある⇒重力不安定を支持
 - コア降着モデルだと、形成頻度ピークが $3M_{\text{sun}}$
 - e.g. Kennedy+2008
- コア降着モデルを元に考えると
 - スノーラインの位置 ⇒ 6AU以遠
 - 3AU以内に落ちてくるだけの移動ができない
 - 主星進化による飲みこみの可能性も
- 惑星欠乏はモデルに制限を付ける

巨大惑星の分布を決めるファクター

Worlds around massive stars

● 巨大惑星 & 褐色矮星の形成頻度と質量

- 原始惑星系円盤の面密度、質量、金属量などが関係
⇒ 主星の質量と金属量に依存していると予想される

● 巨大惑星の形成位置

- スノーラインの位置 ⇒ 主星光度（主星質量）
- 円盤の性質（e.g. ガス散逸時間、光学的厚さ）

● 巨大惑星の移動と停止位置

- 巨大惑星移動の量 ⇒ 主星質量、円盤ガスの散逸時間

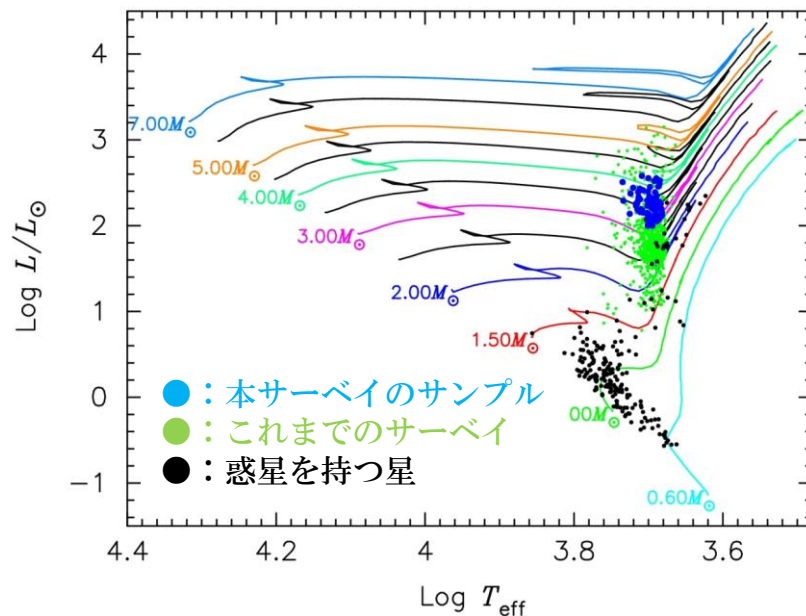
$$\frac{da}{dt} \sim 1.3 \times 10^{-5} \text{ AU yr}^{-1} \times \left(\frac{a_p}{1 \text{ AU}}\right)^{0.5} \left(\frac{M_J}{M_p}\right) \left(\frac{\alpha}{10^{-3}}\right) \left(\frac{M_\star}{M_\odot}\right)^{1.5} e^{-4t/\tau_g} \quad (1) \text{ Currie 2009}$$

- 原始惑星系円盤ガスの散逸タイムスケール τ_g
- 惑星質量 M_p , 主星質量 M_\star

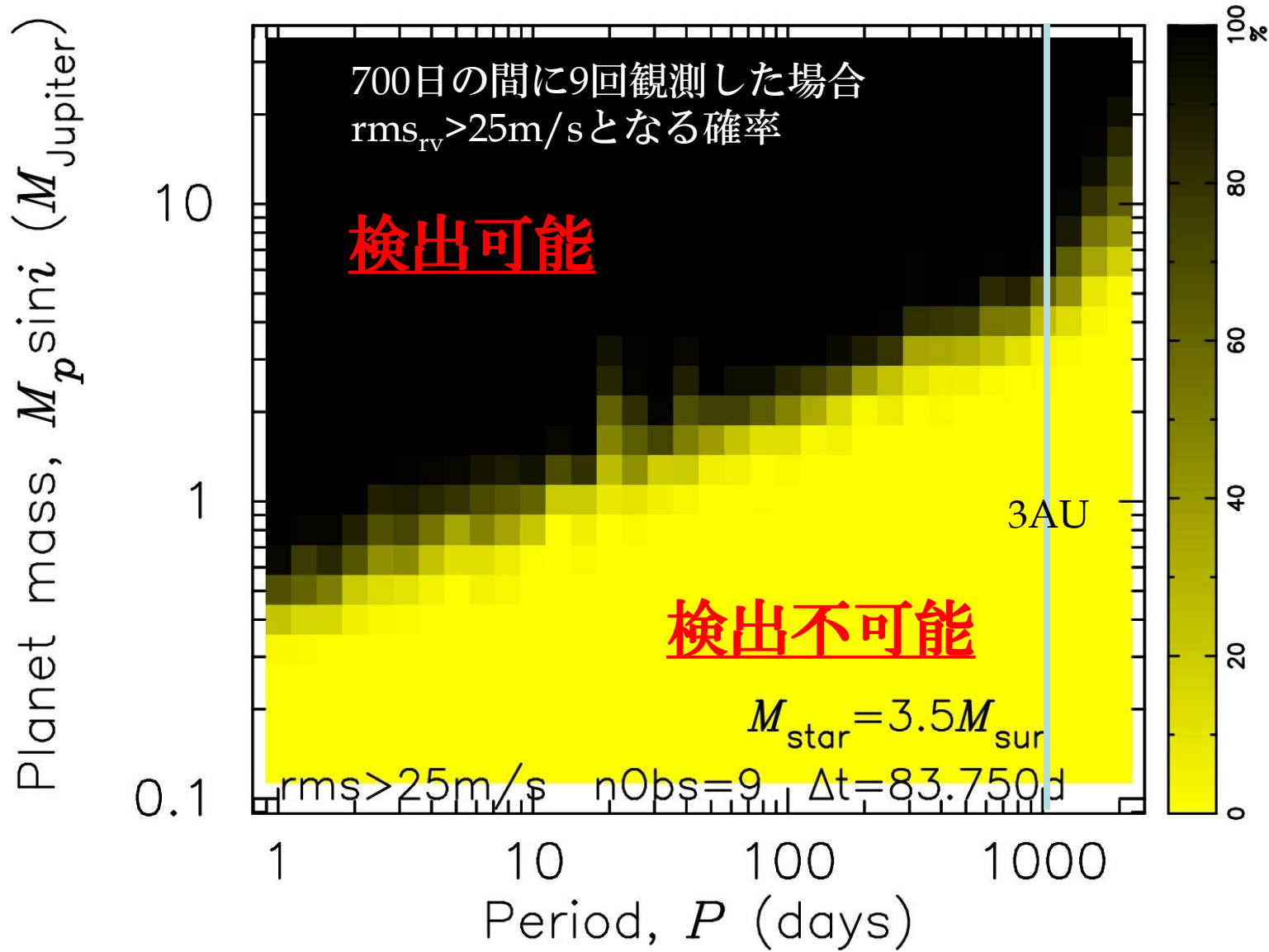
惑星欠乏の中質量星における惑星探し

Worlds around massive stars

- 3-4 M_{\odot} 星の近傍惑星の視線速度(RV)サーベイ
- 惑星欠乏の検証のために
 - サンプルを増やす！
- 集中的に
 - 2~3年の観測期間
 - 3AU以内3~5 M_J 以上の惑星
- サンプル：GK型巨星：70星
 - 抽出基準：
 - $0.6 < B-V < 1.0$
 - $-0.1 < \text{絶対等級 (光度)} < -1.5$
 - $6 < V_{\text{mag}} < 7.1$ (他のサーベイでは観測されていない天体)
 - 連星でない (simbad & Hipparcosカタログでチェック)
- この観測で知りたいこと
 - 惑星欠乏の程度 (惑星の頻度)
 - 欠乏範囲 (軌道長半径)



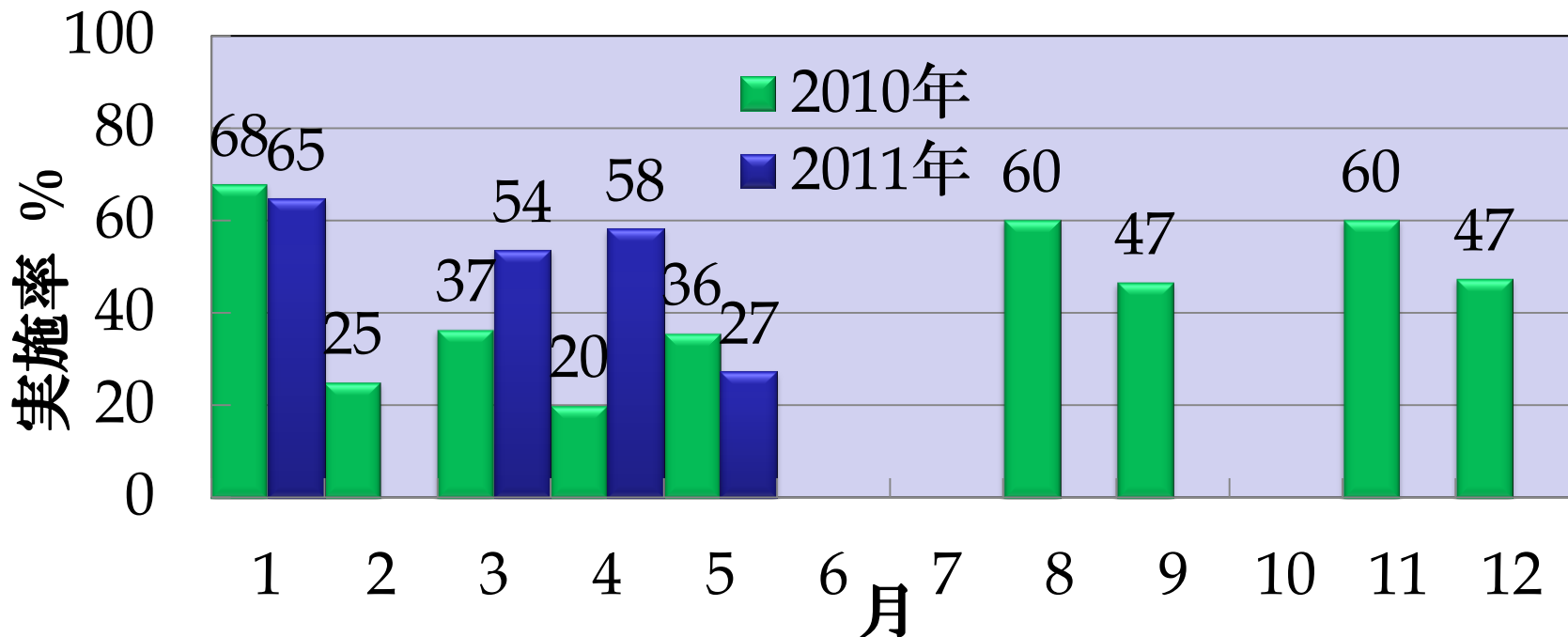
検出可能性の見積もり



惑星サーベイ@OAO

Worlds around massive stars

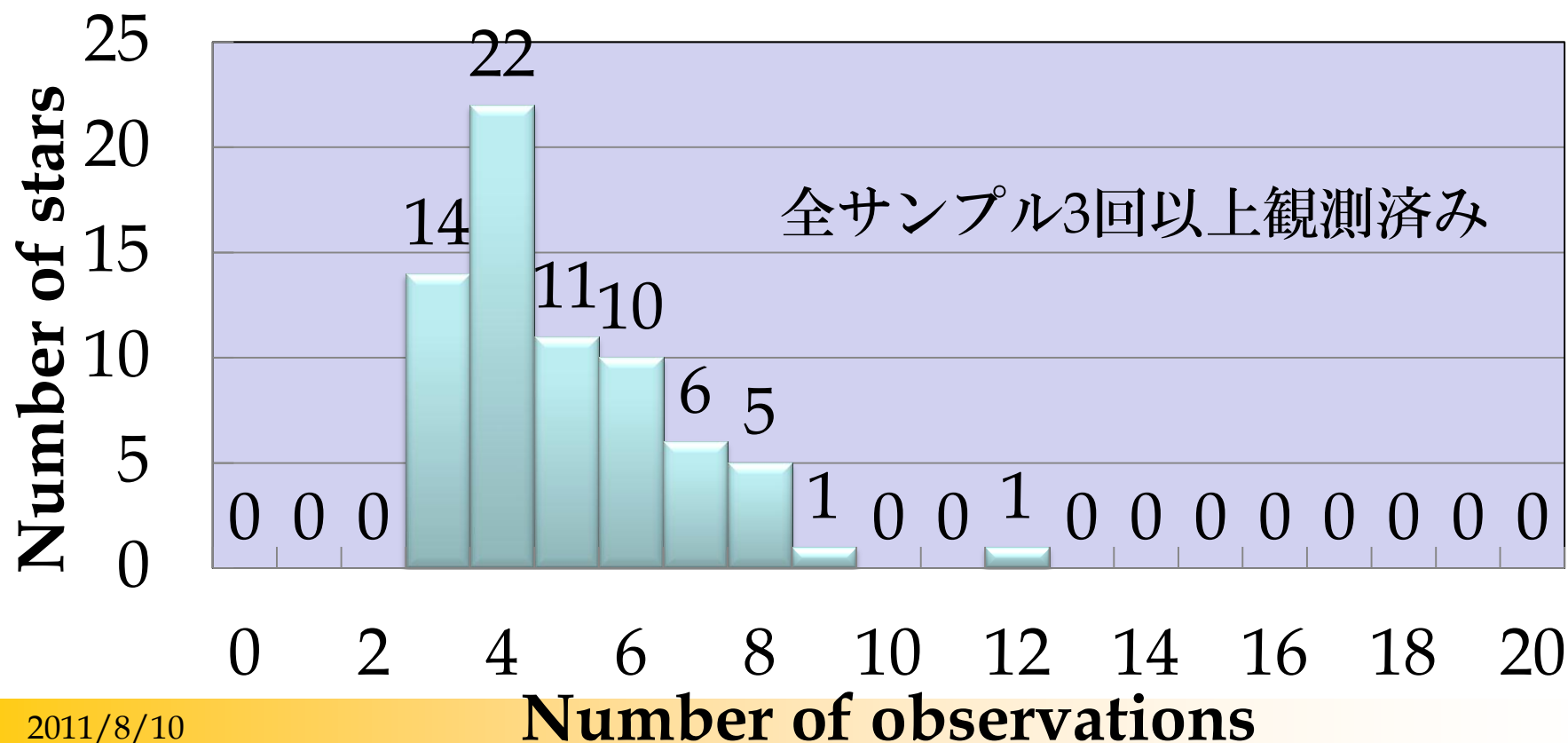
- 1.5年 (2010年に開始)の観測期間
 - 188cm+HIDES+ヨードセルで視線速度モニター
- 観測時間シェアが有効！
 - シェア開始後の2010b以降の実施率が高い



サーベイ観測@OAO

Worlds around massive stars

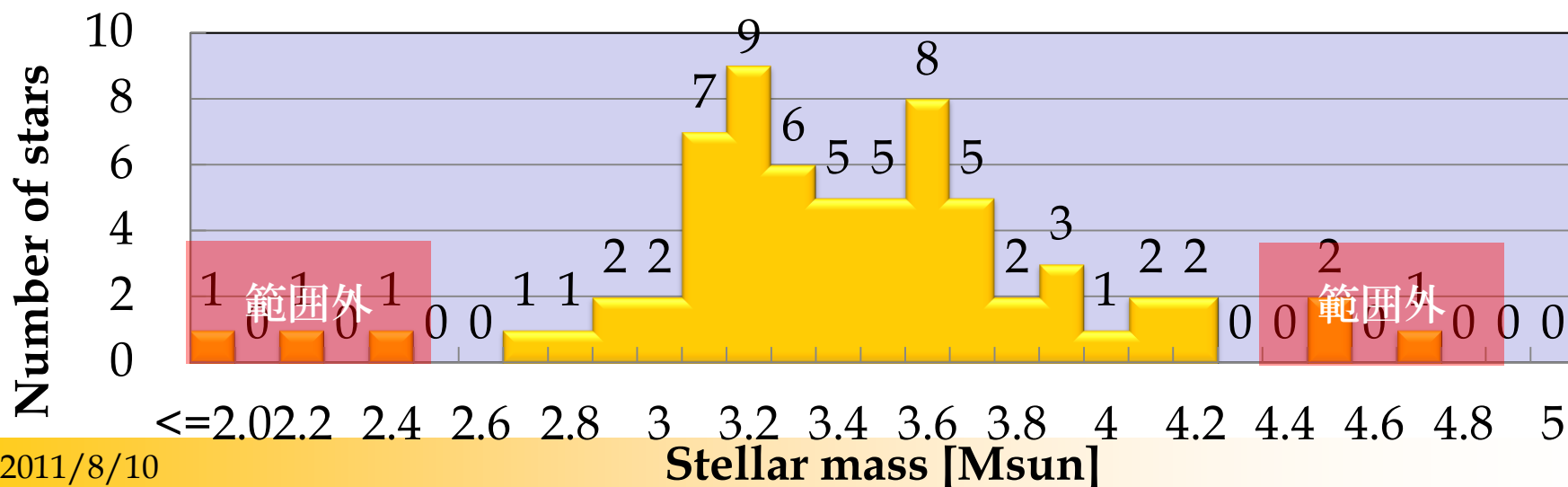
- サーベイ@岡山観測所の状況：
 - サンプル70星の変動の大きさを一通り調査済み
 - 全サンプルの変動がわかってきた



サンプル星の質量の推定

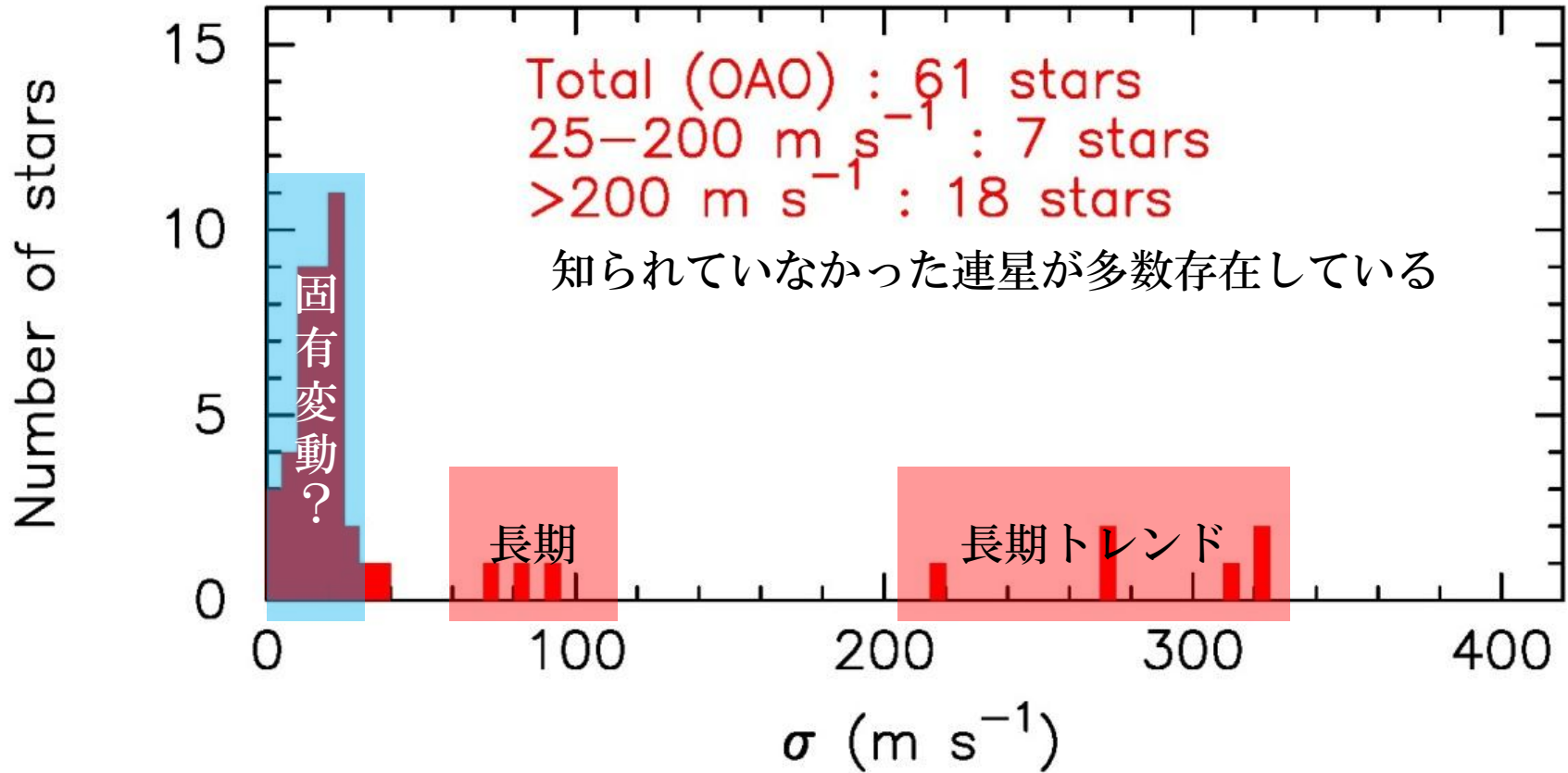
Worlds around massive stars

- 金属量 $[Fe/H]$ の決定
 - I_2 セル入りで観測した赤領域スペクトルを使用
 - Feの吸収線の波長域は、6400–7000 Å
- 進化トラックの内挿 => 質量決定
 - 光度 L : *Hipparcos* 距離と V 等級を元に計算
 - 有効温度 T_{eff} : Alonso+1999の色-温度関係



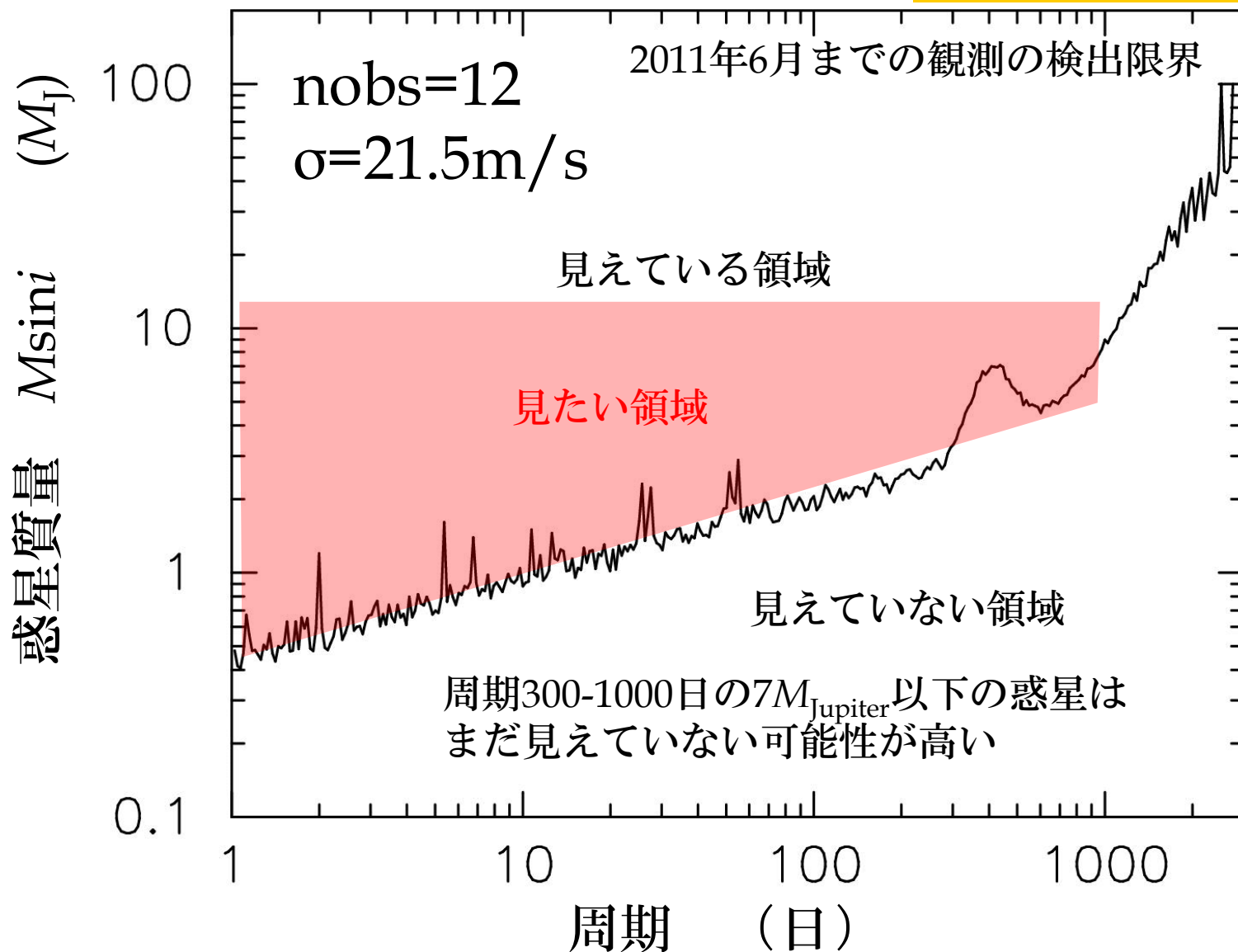
視線速度変動 σ の分布

Worlds around massive stars



固有変動が大きい星の検出限界

Worlds around massive stars



サーベイのまとめ

Worlds around massive stars

- サーベイ継続期間：1.5年（2010年に開始）
- サーベイ@OAOの状況：
 - 70星の変動を一通り観測した⇒傾向がわかってきた
- サンプルの視線速度（RV）変動の分類：
 - $\sigma_{RV} < 25\text{m/s}$ ：固有変動？
 - $\sigma_{RV} \sim 25\text{--}100\text{m/s}$ ：（長周期）惑星？or脈動？
 - $\sigma_{RV} \sim 200\text{--}400\text{m/s}$ ：褐色矮星質量の伴星？
 - $\sigma_{RV} > 400\text{m/s}$ ：恒星質量の伴星？
 - 400日以上 of 長期トレンド：3AU以遠の伴星？
- 今のところ：
 - 1-3AUに3-5 M_J 以上の惑星は見当たらない

- データを貯める
 - (少なくとも1年は) モニター期間を延ばす
 - サーベイのコンプリートネスをそろえる
- サンプル数を増やす ⇒ 合計 80星
 - 本研究の目的に合わないサンプルが含まれている
 - $3-4M_{\text{sun}}$ の範囲外のサンプル：7星
 - 連星：18星
 - 実際のサンプル：43星
 - 岡山プロジェクトのサンプル：+37星