# 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)

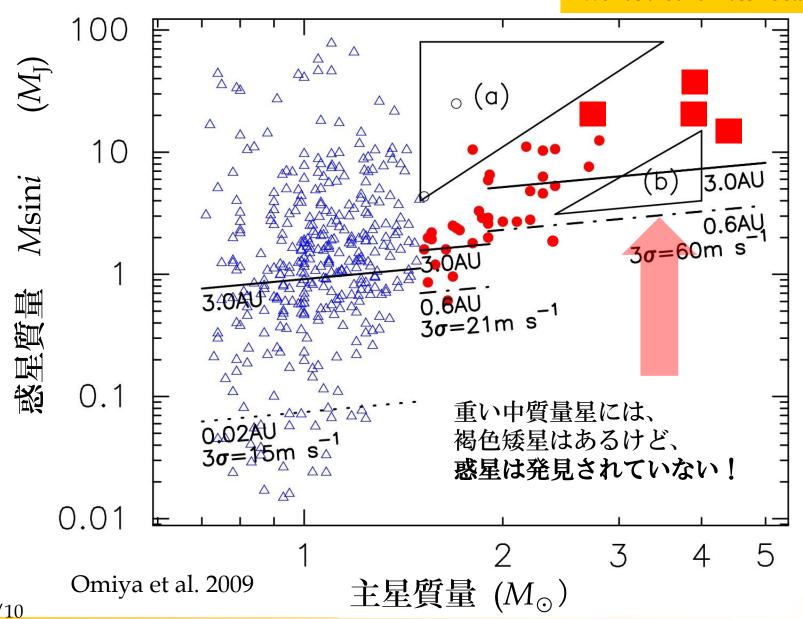
#### はじめに

## 惑星が"ない"

を検証する研究です

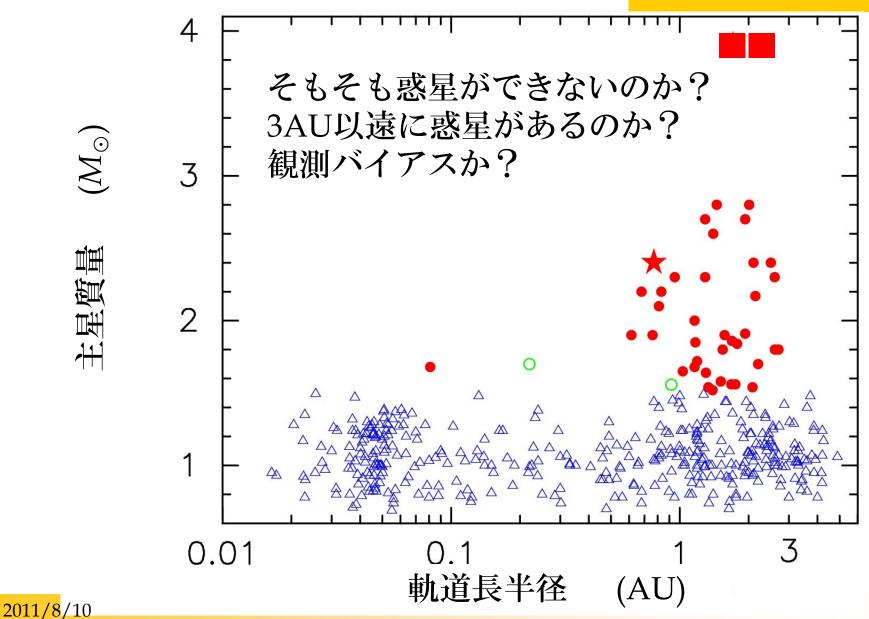
### 主星質量 vs. 3AU以内の惑星の質量

Worlds around massive stars



2011/8/10

#### 主星質量 vs. 軌道長半径



#### 巨大惑星形成と惑星欠乏の意味

- 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<sub>sun</sub>
    - 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

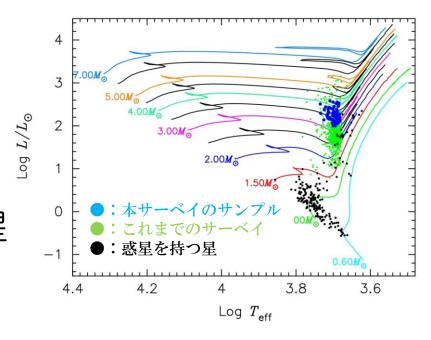
- 原始惑星系円盤の面密度、質量、金属量などが関係⇒ 主星の質量と金属量に依存していると予想される
- 巨大惑星の形成位置
  - スノーラインの位置 ⇒ 主星光度(主星質量)
  - 円盤の性質 (e.g. ガス散逸時間、光学的厚さ)
- 巨大惑星の移動と停止位置
  - 巨大惑星移動の量 ⇒ 主星質量、円盤ガスの散逸時間

$$\frac{da}{dt} \sim 1.3 \times 10^{-5} \text{ AU yr}^{-1} \times \left(\frac{a_p}{1 \text{ AU}}\right)^{0.5} \left(\frac{M_J}{M_p}\right) \left(\frac{\alpha}{10^{-3}}\right) \left(\frac{M_{\star}}{M_{\odot}}\right)^{1.5} e^{-4t/\tau_g}$$
(1) Currie2009

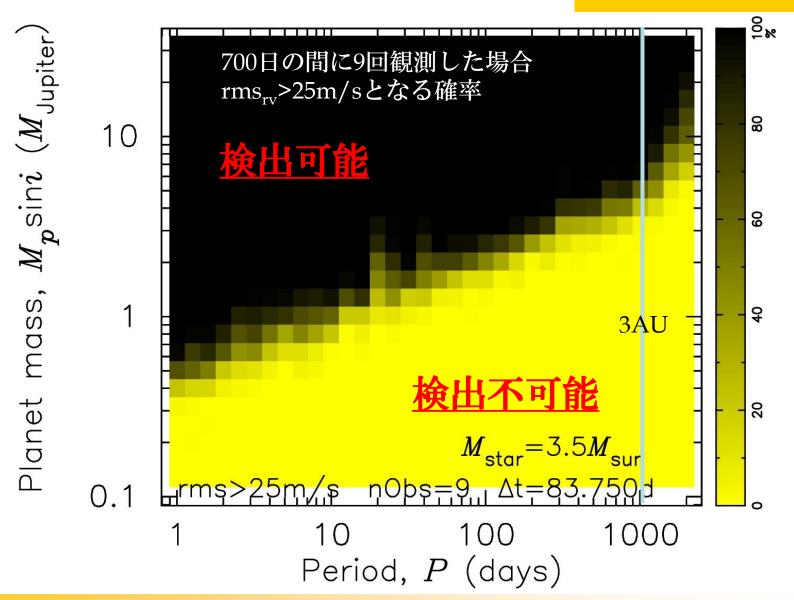
- ullet 原始惑星系円盤ガスの散逸タイムスケール  $au_{g}$
- 惑星質量 M<sub>P</sub>, 主星質量 M<sub>★</sub>

#### 惑星欠乏の中質量星における惑星探し

- 3-4M<sub>☉</sub>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3~5M」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
    - -O.1 〈絶対等級(光度)〈-1.5
    - 6 < Vmag < 7.1 (他のサーベイでは観測されていない天体)</li>
    - 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)

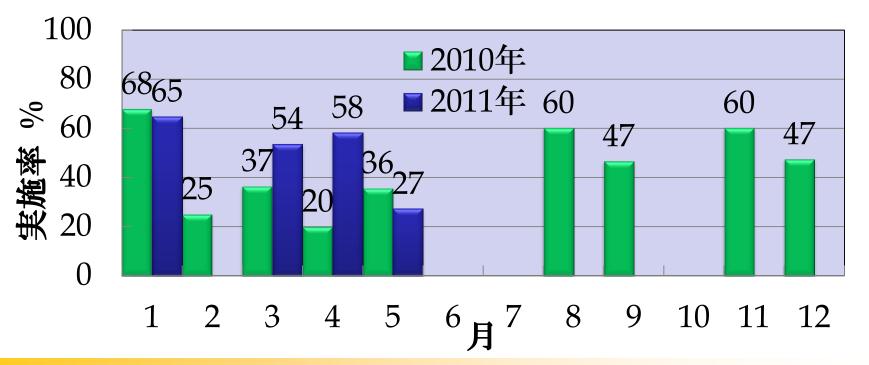


#### 検出可能性の見積もり



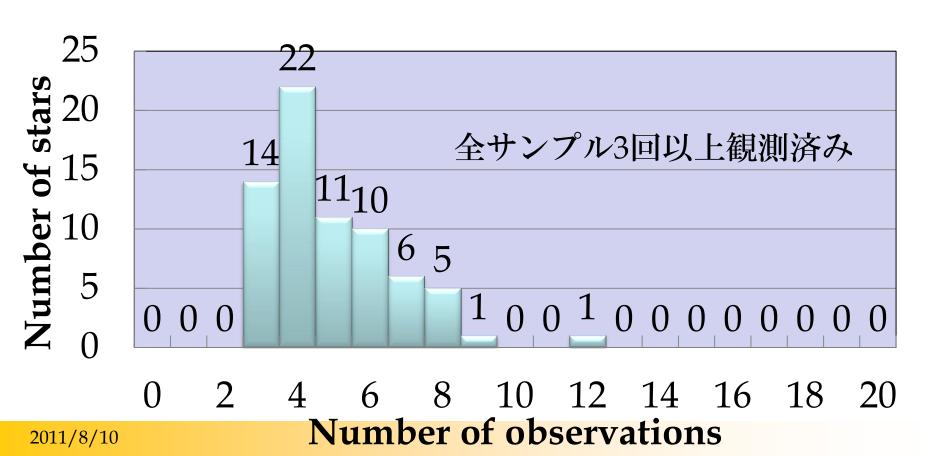
#### 惑星サーベイ@OAO

- 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

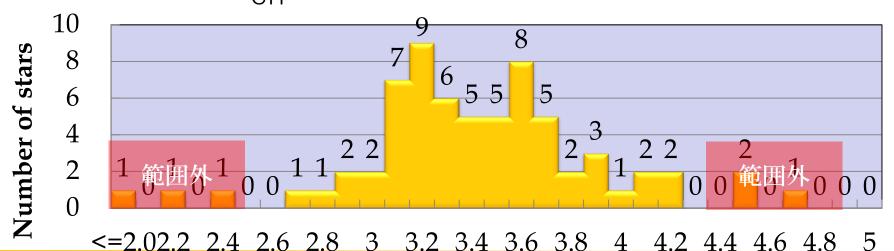
- サーベイ@岡山観測所の状況:
  - サンプル70星の変動の大きさを一通り調査済み
  - 全サンプルの変動がわかってきた



#### サンプル星の質量の推定

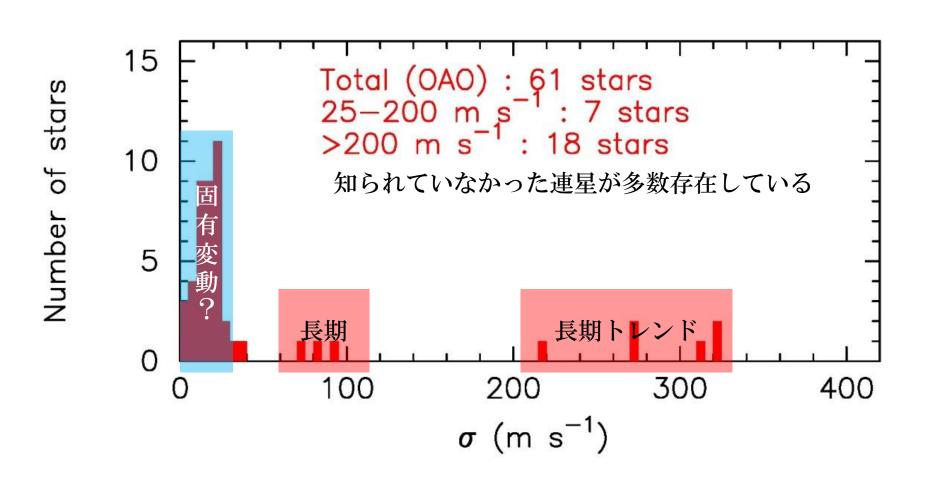
Worlds around massive stars

- 金属量[Fe/H]の決定
  - l₂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、6400-7000Å
- 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<sub>eff</sub>: Alonso+1999の色-温度関係

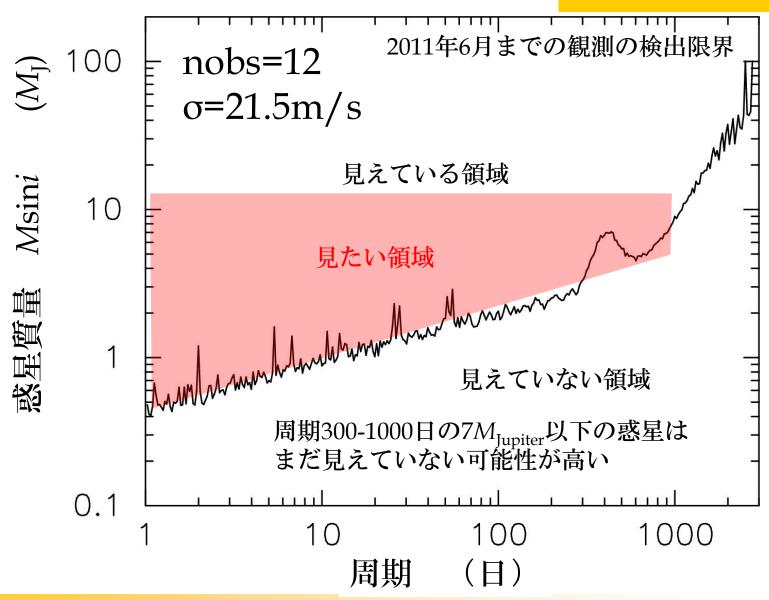


Stellar mass [Msun]

#### 視線速度変動のの分布



#### 固有変動が大きい星の検出限界



#### サーベイのまとめ

- 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:
  - σ<sub>RV</sub><25m/s:固有変動?</li>
  - $\sigma_{RV}$  ~25-100m/s:(長周期)惑星?or脈動?
  - σ<sub>RV</sub>~200-400m/s:褐色矮星質量の伴星?
  - σ<sub>RV</sub> >400m/s:恒星質量の伴星?
    - 400日以上の長期トレンド:3AU以遠の伴星?
- 今のところ:
  - 1-3AUに3-5M」以上の惑星は見当たらない

#### 今後の展開

- 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<sub>sun</sub>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