

# Search for Planets around G-type Giants

佐藤文衛<sup>1</sup>, 大宮正士<sup>2</sup>, 豊田英里<sup>3</sup>, 泉浦秀行<sup>4</sup>, 神戸栄治<sup>4</sup>, 竹田洋一<sup>5</sup>, 安藤裕康<sup>5</sup>, 小久保英一郎<sup>5</sup>, 井田茂<sup>1</sup>, 坪井優介<sup>6</sup>

Byeong-Cheol Lee<sup>7</sup>, Inwoo Han<sup>8</sup>, Yujuan Liu<sup>9</sup>, Gang Zhao<sup>9</sup>

1. 東京工業大学 sato.b.aa@m.titech.ac.jp, 2. 東海大学, 3. 神戸市立青少年科学館, 4. 国立天文台岡山天体物理観測所, 5. 国立天文台, 6. 東京大学, 7. Bohyunsan Optical Astronomy Observatory, 8. Korea Astronomy and Space Science Institute, 9. National Astronomical Observatories of China

## 概要

我々は、**中質量星における惑星形成**の理解を目的として、コードセルを用いた視線速度精密測定法による**G型巨星惑星探索プロジェクト**を進めており、現在、岡山天体物理観測所1.88m望遠鏡、中国興隆観測所2.16m望遠鏡、韓国普賢山天文台1.8m望遠鏡を用いて合計500個以上のG型巨星をサーベイしている。これらの観測から、**中質量星の周りの惑星系は太陽型星の周りのそれとは異なる性質を示す**ことが明らかになってきた。統計的な議論のためにはさらに多くの惑星を検出する必要があるが、2m級の望遠鏡ではこれ以上劇的に観測天体数を増やすのは困難である。

そこで、2006年からすばる望遠鏡と高分散分光器HDSを用いた新たなサーベイを開始した。**すばるの大口径を生かして多数の天体を広く速くサーベイすることによって効率的に惑星をもつ候補天体を洗い出し、それらを岡山、中国、韓国のそれぞれの観測所で分担してフォローアップし、軌道を決定するという戦略**である。

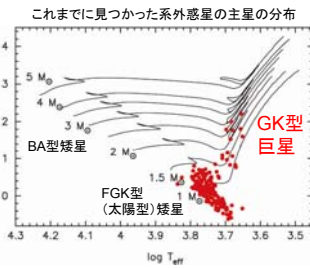
2006~2008年で計5夜の観測を行い、197天体について3点以上の視線速度データを得た。このうち**45天体が $\sigma_{RV}=30\sim 200\text{m/s}$ の視線速度変動**を示し、これらを岡山でフォローアップする中で新たな惑星または褐色矮星が見つかってきている。

## 1. G型巨星における惑星探索

重い恒星の惑星系を調べることで、惑星系と惑星形成理論の普遍性を検証

- 例えば
- 重い恒星→重い原始惑星系円盤→惑星多い?
  - 重い恒星→光度大→氷境界遠(>10AU)→数AUでの惑星形成効率は?
  - 重い恒星→原始惑星系円盤の進化早い→惑星形成のタイムスケールに制限

現在、主に太陽型星の周りで250個以上の系外惑星が発見されているが、**質量の大きい恒星(>1.6太陽質量)の惑星系はあまり見つからない(右図)**。



理由: 質量の大きい主系列星(BA型星)は、ドップラー法による惑星探索に適さない(吸収線少、自転速度大→視線速度精度低)

そこで **GK型巨星: 進化した中質量星**  
吸収線多、自転速度小  
→ 視線速度測定精度が高い

GK型巨星および準巨星を周回する惑星は現在までに約20個発見され、  
・巨大惑星の頻度、典型的な質量が大きい、・軌道長半径0.6AU以内の惑星が欠乏している、  
・惑星をもつ恒星の金属量超過が見られない等、太陽型星の惑星とは異なる性質を示し始めている (e.g. Lovis & Mayor 2007, A&A, 472, 657; Sato et al. 2008, PASJ, 60, 1317)

さらに多くの(>100個)惑星を発見し統計的な性質を確立する必要があるが、2m級望遠鏡ではこれ以上ターゲット数を劇的に増やすのは難しい。

→ **すばる望遠鏡による大規模サーベイ**

## 2. East-Asian Planet Search Network (EAPSNET)



- | 岡山天体物理観測所           | 興隆観測所(中国)           | 普賢山天文台(韓国)          |
|---------------------|---------------------|---------------------|
| ・1.88m望遠鏡+          | ・2.16m望遠鏡+          | ・1.8m望遠鏡+           |
| 高分散分光器HIDES         | 高分散分光器CES           | 高分散分光器BOES          |
| ・GK型巨星 <b>約300個</b> | ・GK型巨星 <b>約100個</b> | ・GK型巨星 <b>約140個</b> |
| ・V<6                | ・V=6~6.2            | ・V=6.3~6.5          |
| ・2001年~             | ・2005年~             | ・2005年~             |

すばるで視線速度変動の大きな天体を同定  
EAPSNETでフォローアップ、軌道決定



- ハワイ観測所
- ・8.2m望遠鏡+高分散分光器HDS
  - ・V=6.5~7
  - ・2006年~
  - ・1, 2か月おきに同じ天体を3回観測し、視線速度変動の大きな天体を洗い出す
  - ・これまでの経験から、V<7なら一晩に**200天体**観測可能
  - 飛躍的なサンプル増加

## 3. すばる/HDSでの観測及び解析

### 観測

高分散分光器HDSと視線速度精密測定のためのコードセルを用いた。

- ・波長分解能 R=60000(スリット幅0.6秒)
- ・波長域 3500-6200 Å (StdI2b)または4900-7600 Å (StdI2a)
- ・視線速度測定にはヨウ素の吸収線がうつっている5000-5800 Åを使用
- ・露出時間 約30秒(V~7)
- ・典型的なSN~200
- ・一露出あたりの測定精度(統計誤差)~5m/s

\* A,Bはそれぞれ同じ天体

日付(割当夜数)	観測天体数	ターゲットの分類
2006/04/17 (1)	197	A
2006/05/30 (1)	177	A
2006/07/11 (1)	101	A
2007/09/20 (0.5)	88	B
2007/11/03 (0.5)	0	B
2008/01/04 (0.5)	118	B
2008/08/19 (0.5)	117	A+B

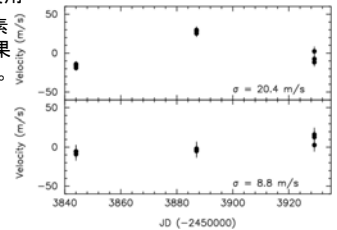
### 解析

Sato et al. (2002, PASJ, 54, 873)のコードを使用

・星のテンプレートスペクトルは3枚の星+ヨウ素のスペクトルから作成するが、視線速度の結果に数10m/s程度の系統誤差を生じる場合あり。(右図上)

→ IP変動が大きいのが原因か? 原因究明中

・視線速度変化の大きい天体は岡山/HIDESでフォローアップするので、HIDESのデータから作ったテンプレートでも解析。  
→ HIDESとHDSの視線速度の間に若干のオフセットが乗り、HDSデータの統計誤差が若干大きくなるが、系統誤差はほぼ解消(右図下)

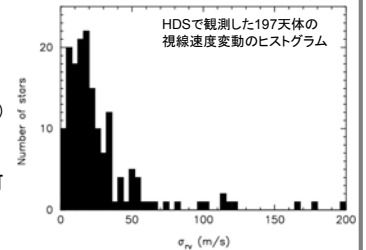


HDSで取得した視線速度不変星HD185351を異なるテンプレート(上: HDSデータから作成、下: HIDESデータから作成)で解析した結果

## 4. 予備的結果

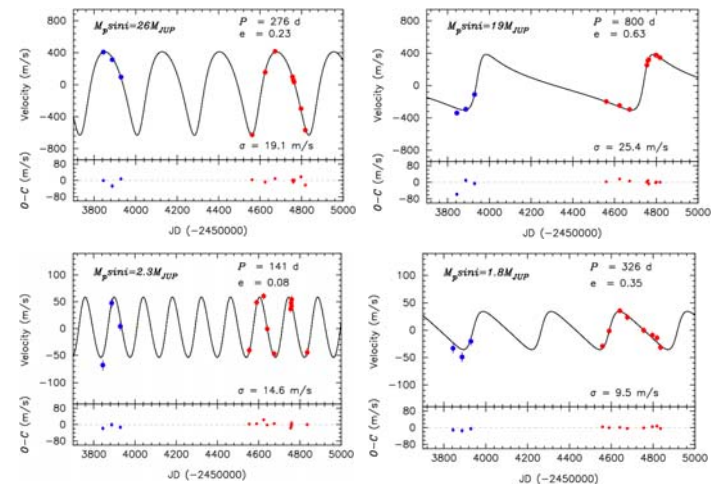
### 視線速度変動

HDSで3回観測した197天体のうち、  
(1)  $\sigma_{RV} < 30\text{m/s}$  ... 119天体  
(2)  $30 < \sigma_{RV} < 200\text{m/s}$  ... 45天体  
(3)  $\sigma_{RV} > 200\text{m/s}$  ... 33天体(→ 分光連星)  
(2)を惑星または褐色矮星を有する可能性のある天体とみなして追観測。  
ただし、前述のように系統誤差が乗っている可能性があるため、数はやや多め。



### 惑星および褐色矮星候補

岡山HIDESで追観測を実施。視線速度解析には、HIDESデータから作成したテンプレートをHDSデータにも共通で用いた。両者の間に10m/s程度のオフセットが乗っている可能性あり。(青がすばるHDSでの観測点、赤が岡山HIDESでの観測点)



## 5. まとめと今後

・すばる/HDSを用いて197個のGK型巨星をスクリーニング(3回以上観測)し、視線速度変動の大きな( $\sigma_{RV}=30\sim 200\text{m/s}$ )天体を45個同定した。岡山でのフォローアップ観測の中から、複数の惑星および褐色矮星候補天体を同定した。  
・今後もEAPSNETでのフォローアップを継続するが、すばるでは独自のサーベイを始められることも検討中(より暗い天体、散開星団の巨星など)。