

# 分光連星系の系外惑星探査 と 学位論文支援プログラム

加藤 則行

神戸大学 理学研究科 D2

伊藤 洋一(神戸大), 豊田 英里(神戸市立青少年科学館), 佐藤 文衛(東工大)

2011/0906 光赤天連シンポジウム@京大

# 系外惑星の探査 1/2

- 単独星：~500個

様々な対象

- FGK型主系列星
- G型巨星
- M型主系列星

- 実視連星系の星周：~60個

連星間距離  $\geq 20\text{AU}$

主星：FGK型主系列星

後に伴星が見つかったものも含む

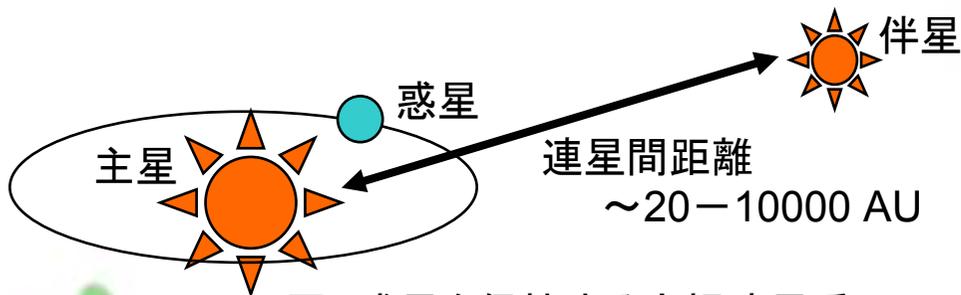


図. 惑星を保持する実視連星系

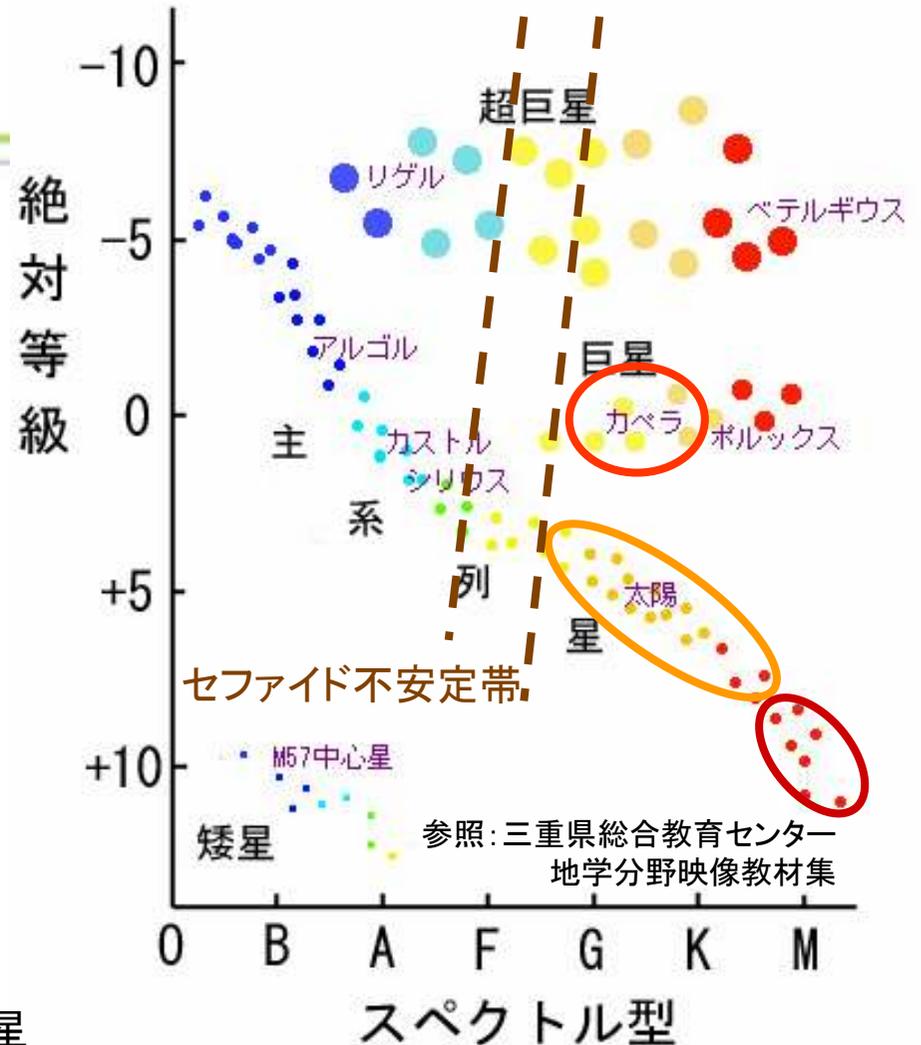


図. HR図上での系外惑星の探査領域

## 系外惑星の探査 2/2

- 分光連星系：0個

連星間距離 < 20AU

過去の探査： Eggenberger らが100個規模の探査を行っているのみ

- ドップラーシフト法で探査できる分光連星系の惑星

周連星タイプ： 連星系の取り囲む軌道のため、公転周期が長い

⇒ 現実的でない， 直接撮像法

星周タイプ： 公転周期が短い惑星しか存在できない (Holman & Wiegand 1999)

⇒ **ホットジュピターが狙い目！**

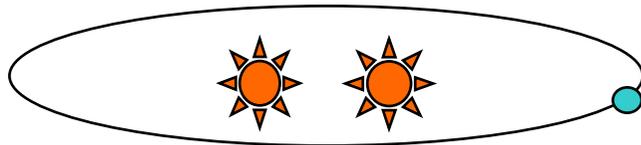


図. 周連星タイプの惑星



図. 星周タイプの惑星

# 分光連星系の星周に巨大惑星は存在するか

- 観測： 分光連星系で惑星はまだ見つからないが  
FGK型主系列星の半数は伴星を持つ (Duquennoy & Mayor 1991)  
若い連星系の星周円盤は十分重い場合もある (Duchene 2010)
- 理論： Cameronモデルなら説明できそう  
一方の星からの摂動により円盤内部に濃い密度ムラができやすくなる (Boss 2006)  
中心の原始星より10-100倍も重い原始星周円盤が形成し得る  
この円盤は重力不安定を起こし複数のガス塊を作り得る (Machida et al. 2010)

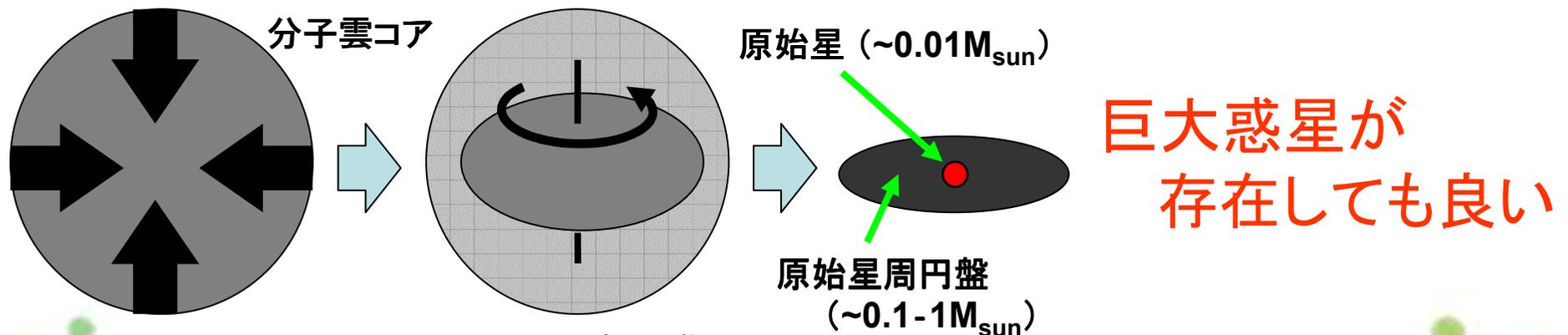


図. 重い星周円盤の進化

## 目的&観測

- 分光連星系の星周には巨大惑星が数多く存在しそう

**重力不安定で形成した可能性が高い巨大惑星を探查**

- 分光連星系を対象とした巨大惑星の探查

手法は ヨードセルを用いた高精度ドップラーシフト測定法 を採用

分光連星系の限られた星周領域を探查 ⇒ **ホットジュピターを狙う**

観測時間の確保 ⇒ 岡山天体物理観測所の **学位論文支援プログラム** を活用

対象：分光連星系29天体

装置：188cm望遠鏡  
高分散分光器HIDES

波長：3750-7500 Å

分解能：~60000



188cm望遠鏡 ©OAO

# 学位論文支援プログラム

- 学位取得を目指す学生に連続観測を保障する制度

目的 { 計画性のある学生教育の実現  
近年増加した継続性を必要とする長期の観測への対応  
⇒ 通常的一般枠の観測では実現が困難

応募資格: 学位論文を完成させる目的を持つ修士および博士課程の学生

時間割当: 半期10日前後, 最大2年連続4期 / 1件

募集数: 原則1年に1件

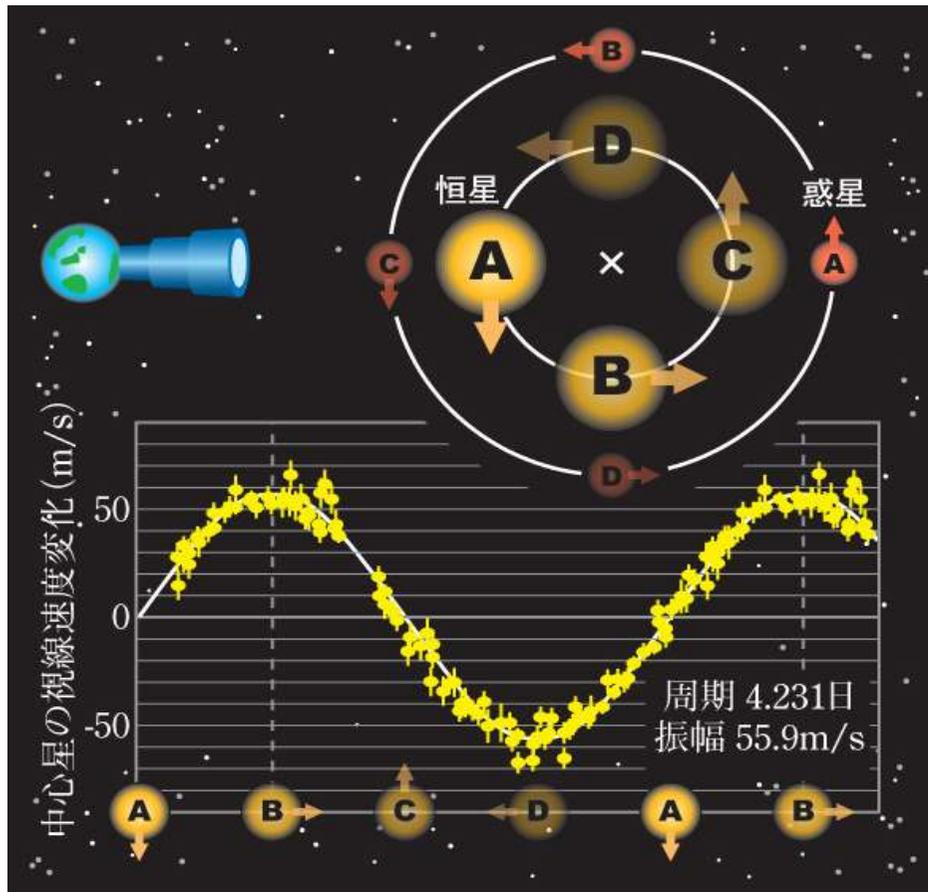
審査: 科学評価 ⇒ レフェリー, 採否 ⇒ プログラム小委員会, 書類選考のみ

- 公転周期数日のホットジュピターの探査

数回にわたる1週間程度の連続観測が必要 ⇒ 本プログラムを利用

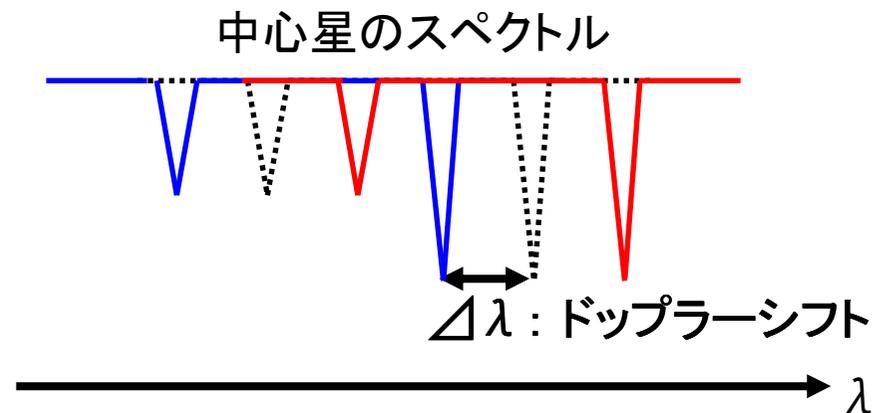
# ドップラーシフト法

- 中心星のドップラーシフト(視線速度)から惑星を間接的に検出



理科年表オフィシャルサイト より抜粋

- D: 青方偏移 ——
- B: 赤方偏移 ——
- A, C: 偏移なし - - - - -



$$\Delta\lambda = \lambda \frac{v}{c}$$

$v$ : 視線速度  
 $c$ : 光速  
 $\lambda$ : 波長

## 解析

- 一次処理

IRAF を使用:

bias, flat 処理 → バックグラウンド除去 → 次元化 → 波長較正 → 規格化

- 視線速度計算

Sato et al. (2002)のコードを使用:

$$\underbrace{I(\lambda)}_{\text{観測スペクトル}} = k \underbrace{\left[ A(\lambda) S(\lambda + \Delta\lambda) \right]}_{\text{モデルスペクトル}} * IP$$

⇒ 左辺と右辺が一致するようにドップラーシフト( $\Delta\lambda$ )を決定する

**視線速度の測定精度  $\sim 10$  m/s (2005-2010)**

## 観測の実施状況

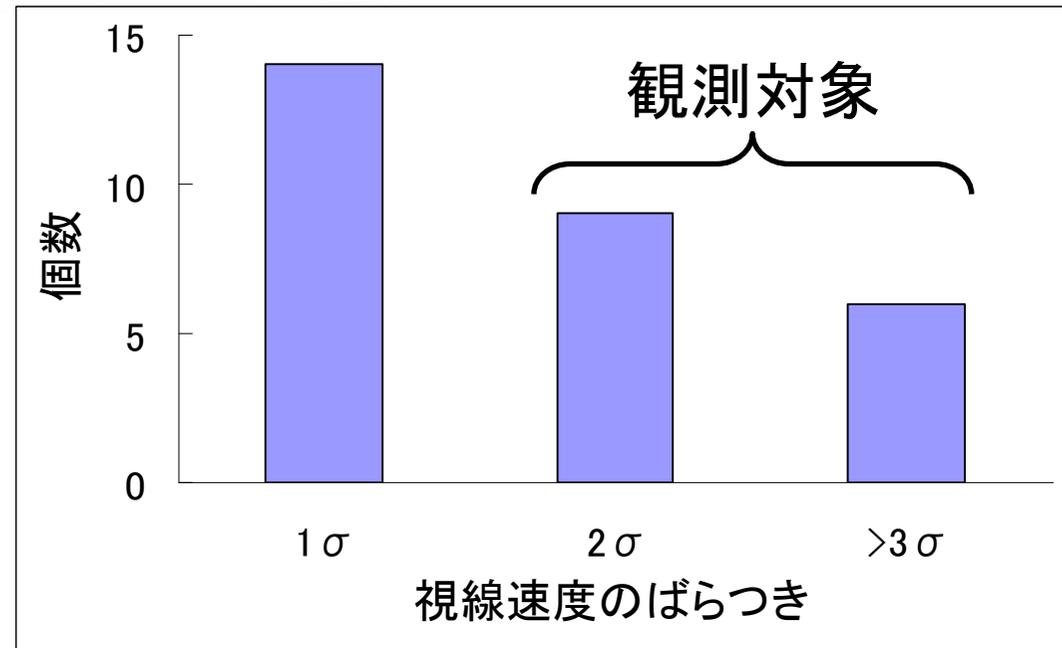
- 対象天体の絞り込み

2005年 - 2008年の探査:

1ヶ月ごとに視線速度を観測

視線速度のばらつき  $> 2\sigma$ :

29天体  $\rightarrow$  15天体



- 観測夜数と実施率

2009年(学位論文支援プログラム) 16夜 + 2010年(一般枠) 7夜 = 23夜

実際に観測できた夜数: 15夜  $\Rightarrow$  実施率 65%

- 連日する視線速度の観測点

観測点  $\geq 10$ 個: 4天体

観測点  $< 10$ 個: 11天体

# 結果

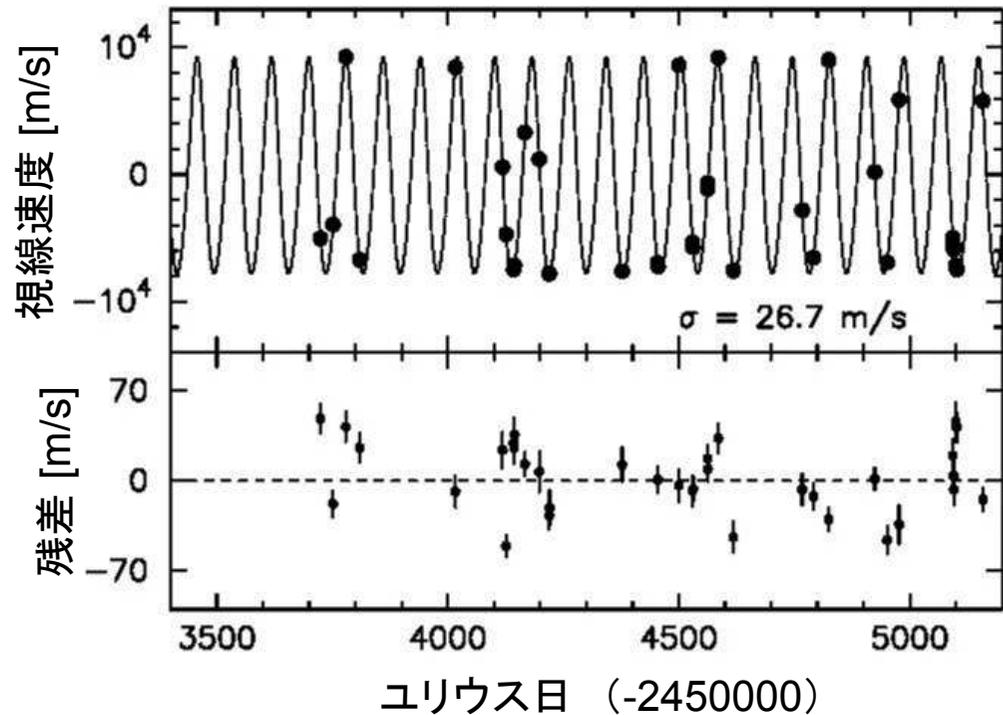
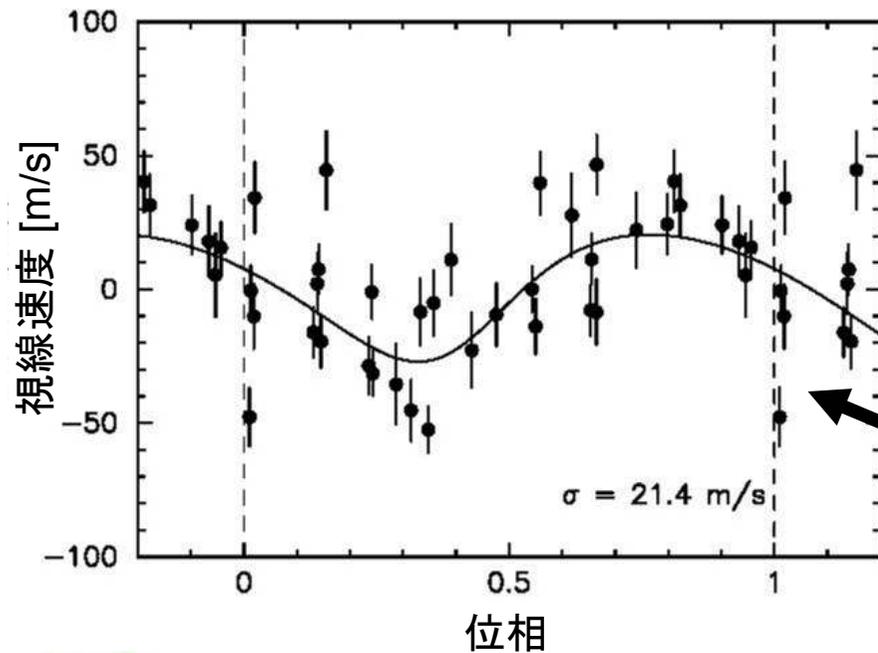
- 観測の一例

連星間距離:  $\sim 0.4$  AU

視線速度の測定誤差: 11.5 m/s

残差をフーリエ解析

$\Rightarrow$  4.92 日の周期



観測点が大きくばらつく

他に確からしい周期は存在しない

$\Rightarrow$  ホットジュピターは未検出

## まとめ

- 分光連星系の星周に付随する巨大惑星

形成: Cameronモデルで形成可能

観測: FGK型主系列星の半数が伴星を持つ  
若い連星系に十分重い円盤

} 数多く存在し得る

- ドップラーシフト法による探査

岡山天体物理観測所の学位論文支援プログラムを利用

分光連星系 15天体を観測 ⇒ 惑星はまだ未検出

- 今後

総探査数が少ない ⇒ 惑星の検出確率を 5% とすると、期待値は  $1 \pm 1$  個

2011年12月に探査数を増やして再度観測

⇒ 単独星に付随する巨大惑星の存在度と比較

# 学位論文支援プログラムについて

- **観測時間の保障**

1. コツコツと観測を積み上げてゆく研究にとっては魅力的
2. 明確な期限付きの研究を遂行する上で有利

- **提案**

「原則1年に1件」の募集枠を広げる

- ⇒ 多くの学生に観測の機会を与える  
コミュニティで成果報告をしてもらう

- **コミュニティの将来のために**

これをきっかけとして、学生にコミュニティへ積極的に参加してもらう

学生は将来のコミュニティの担い手である