

# 伴星質量の異なるOB型星の近接連星探査

---

須田 拓馬 (東京工科大 / 東大RESCEU)

森谷 友由希 (東大Kavli IPMU)

本田 敏志 (兵庫県立大)

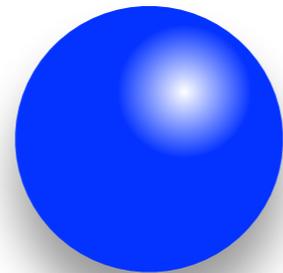
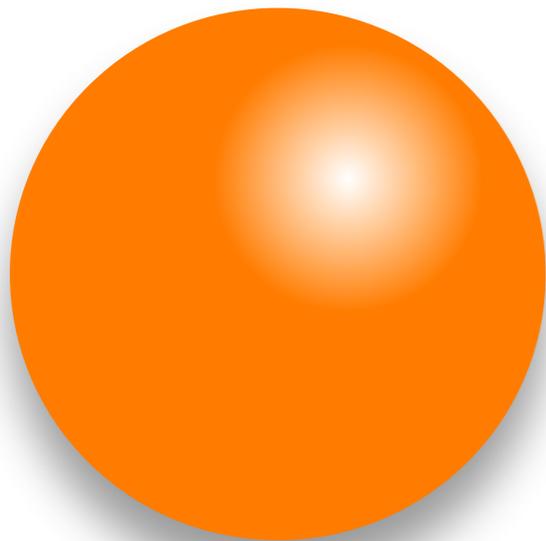
茂山 俊和 (東大RESCEU)

斎藤 貴之 (神戸大)

# OB型星連星の重要性

## 1. 第一世代星の連星形成への制限

第一世代の大質量星



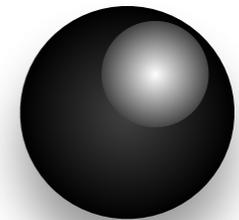
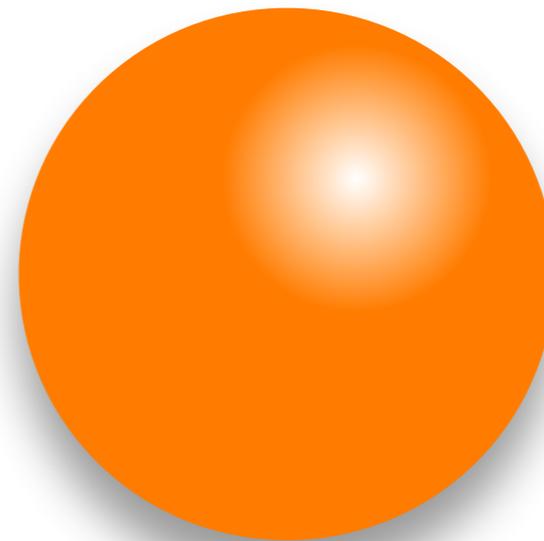
第一世代の小質量星

- ★ 主星の超新星爆発イジェクタが伴星表面に衝突
- ★ 第一世代星に質量比( $q_1/q_2$ )の大きい近接連星ができたのか。

Suda et al. (2021)

## 2. 重力波起源天体の探査

近傍大質量星



ブラックホール  
または中性子星

- ★ 主星(大質量星)が進化するとブラックホール (中性子星) 連星の形成可能性

Moritani et al. (in prep.)

# 大質量星連星の探査

- Target: 大質量星 (+低質量星)
  - OB星を分光カタログから選定 (Skiff, 2009-2016) 64112個
  - double-lined, eclipse, and visual binariesを除外。 (20文献以上探査) 56370個
- 分光連星のうちSB1を取得。 59個
- 8等より明るい星を取得 21個
- Dec. > -25° 14個
- 先行研究の調査で厳選 10個
- 視線速度のmonitoring

## • MALLS on なゆた望遠鏡 (中分散)

- 2 (16B) + 6 (17A) + 4 (17B) + 5 晩 (18A)  
+ 3 晩 (18B継続観測) + 3 晩 (19A継続観測)  
+ 1.5 晩 (19B継続観測) + 1 晩 (20A継続観測)  
+ 3.5 晩 (20B継続観測) + 3.5 晩 (21A)

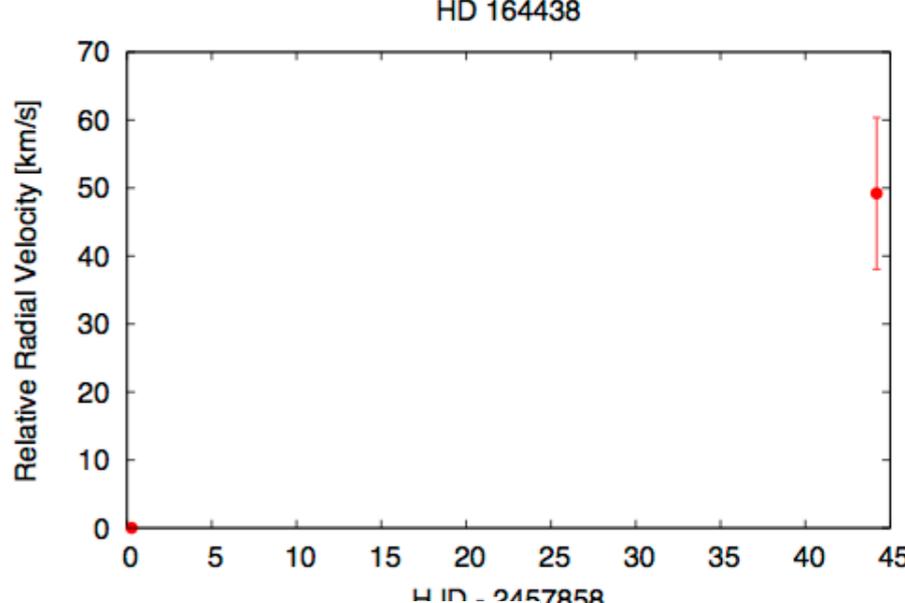
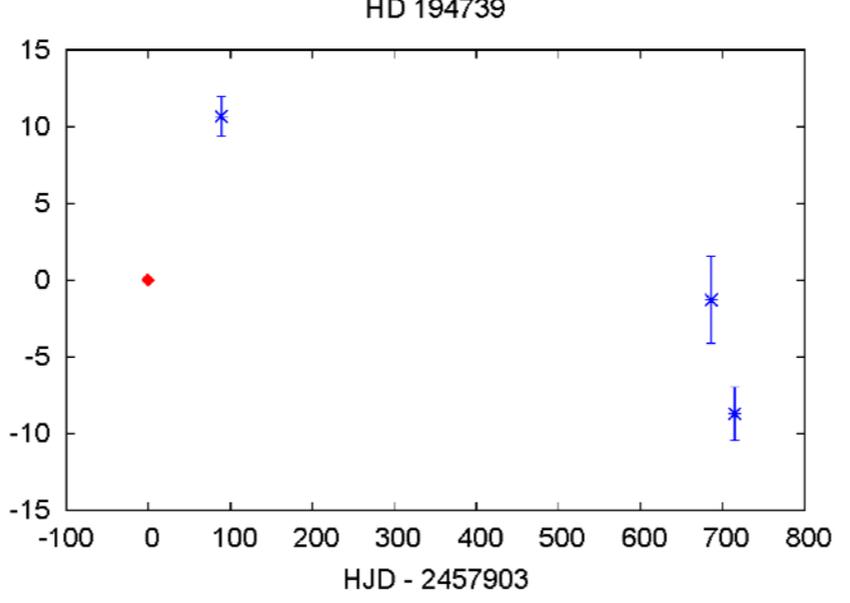
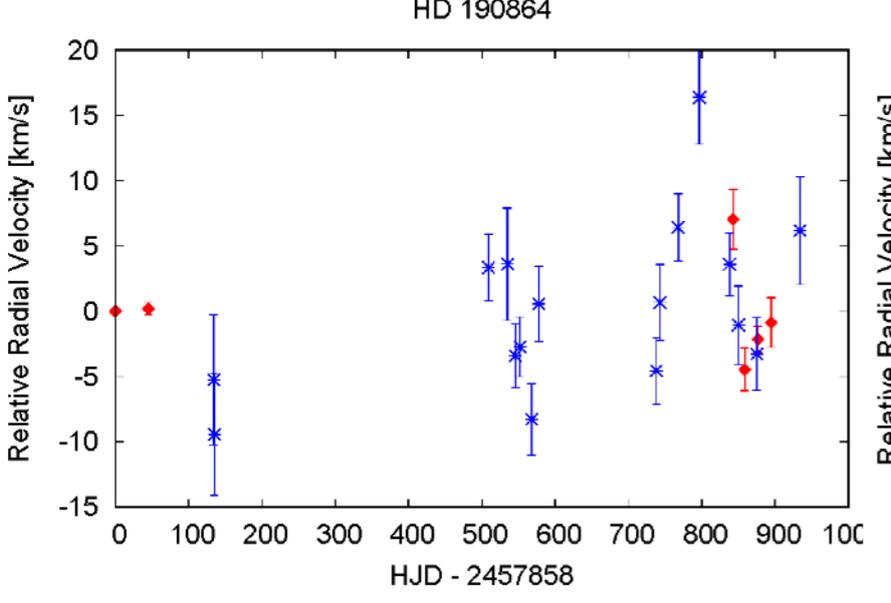
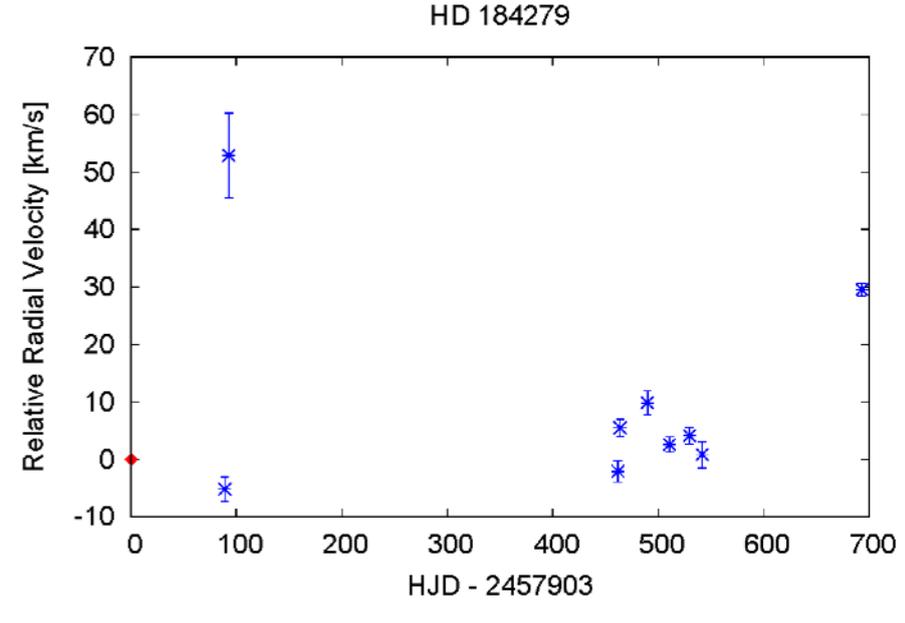
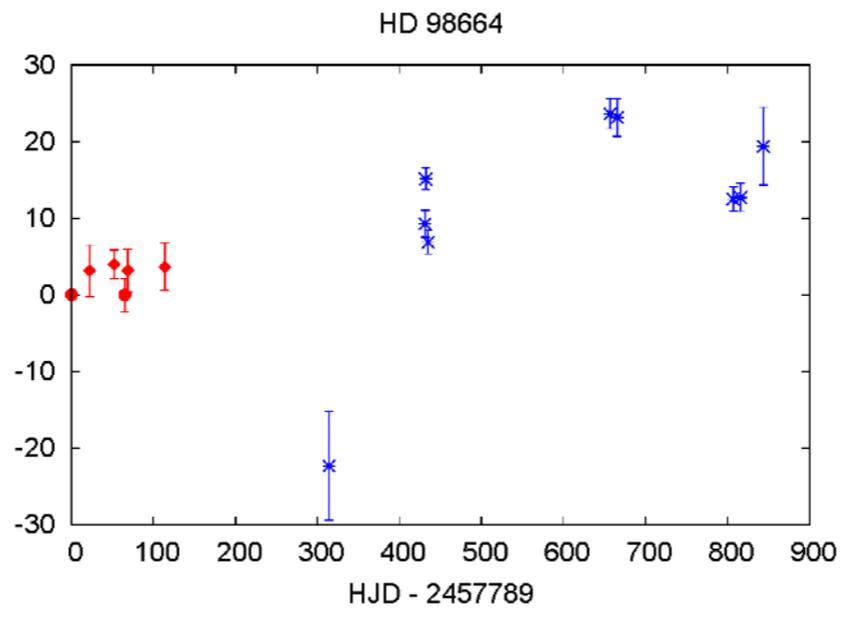
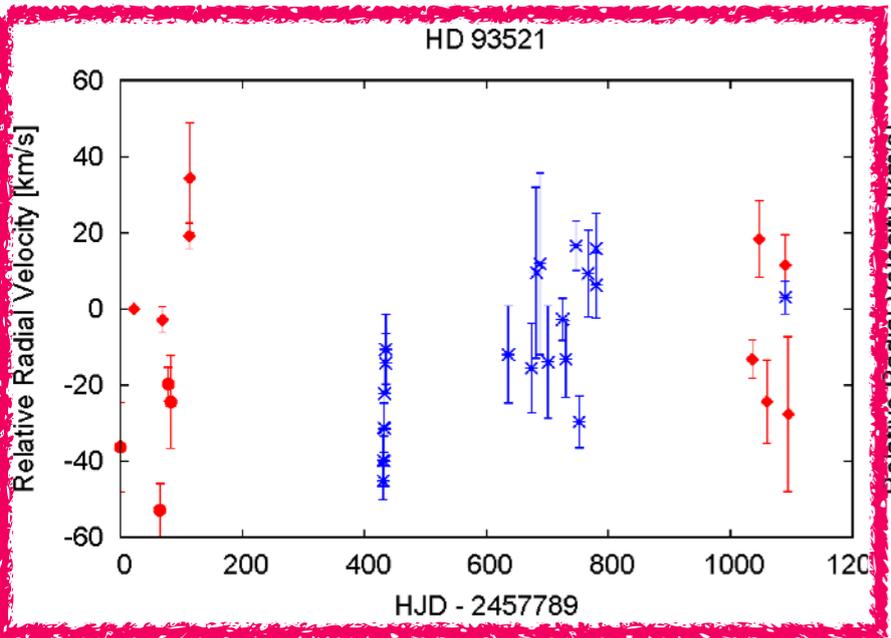
- HIDES on 岡山188cm望遠鏡 (高分散)
  - 6晩 (17A) + 3晩 (2019キューー観測)
- GAOES on ぐんま天文台150cm (高分散)
  - 2016/11/12-2017/2/4: 7晩

# 観測と解析

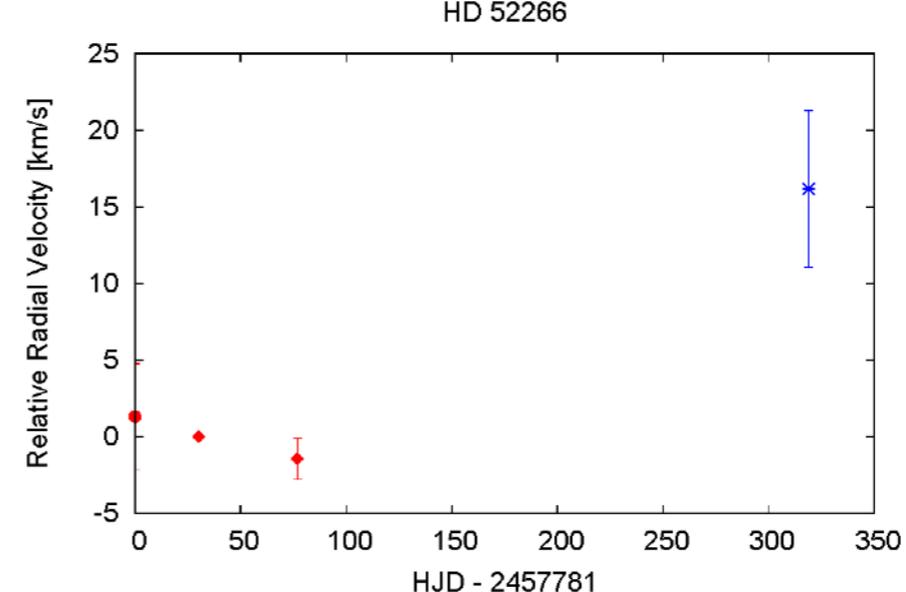
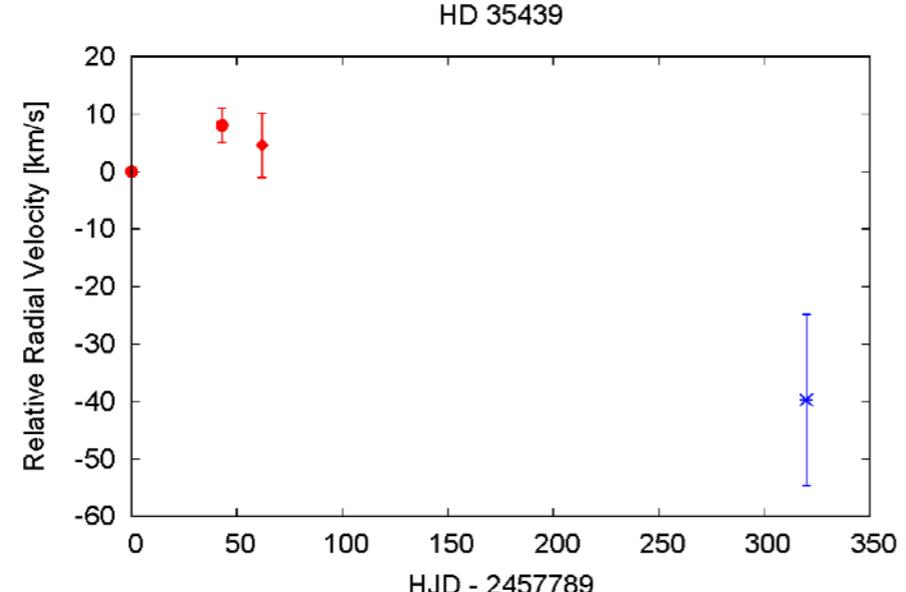
- なゆた望遠鏡MALLS
  - 中心波長: 440 nm, 480 nm
  - 波長分解能:  $R \sim 5000$
  - $S/N > 200$
- ぐんま天文台150cm望遠鏡GAOES、岡山188cm望遠鏡HIDES
  - 波長域: 400-500 nm
  - 波長分解能:  $R \sim 30000$  (GAOES),  $R \sim 60000$  (HIDES)
  - $S/N > 200$
- 解析: IRAF
  - bias subtraction, flat fielding, extraction to 1-d spectrum, wavelength calibration, intensity normalization, and heliocentric correction.
  - cross correlation methodを用いた視線速度変動の検出

Moritani, TS+ (Stars and Galaxies, 1, 1, 2018)

# 視線速度変動を検出できた天体



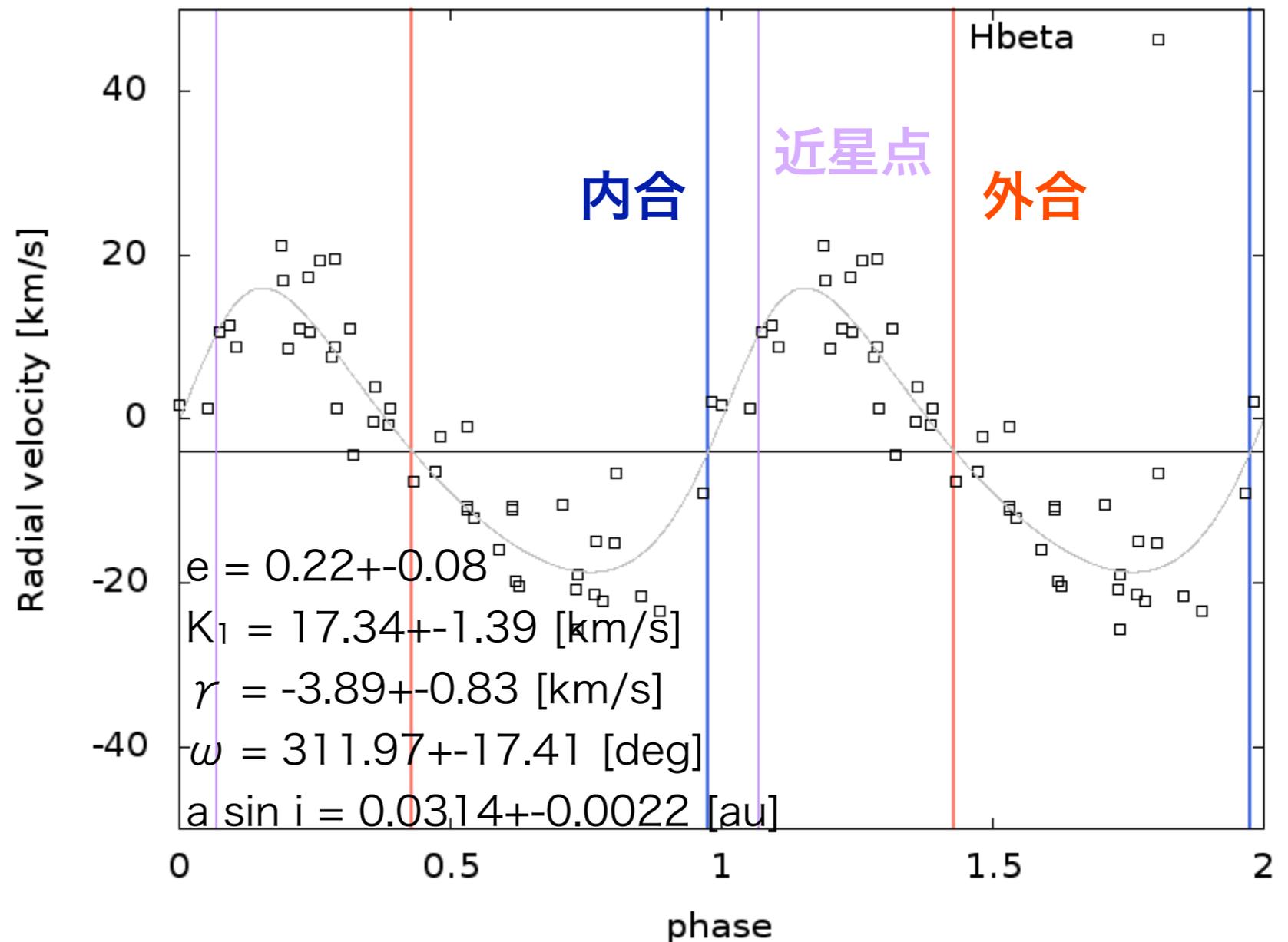
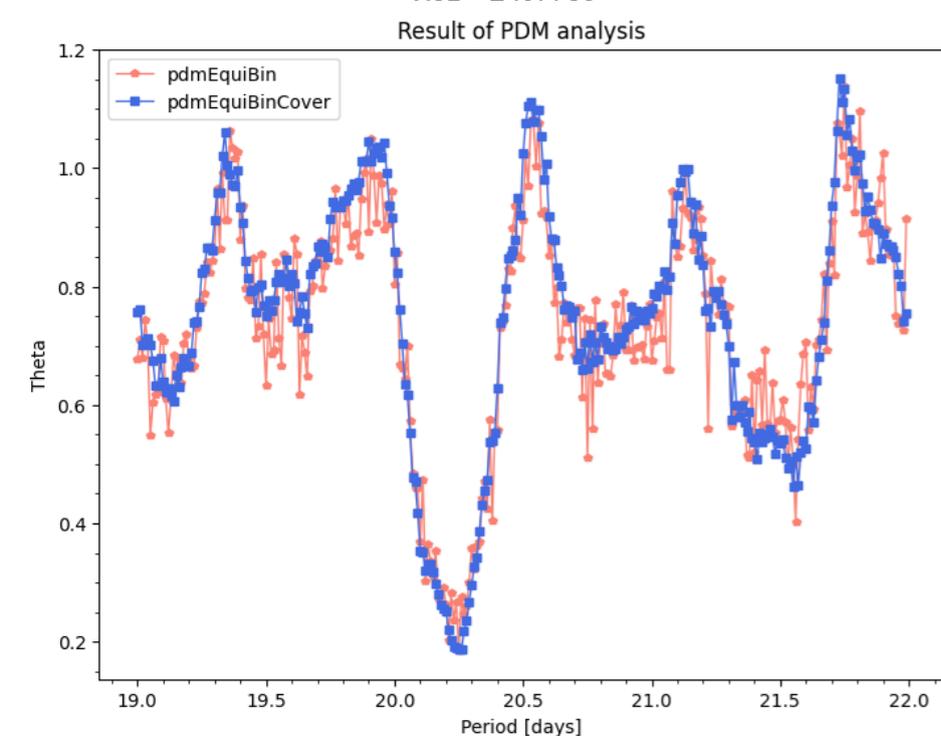
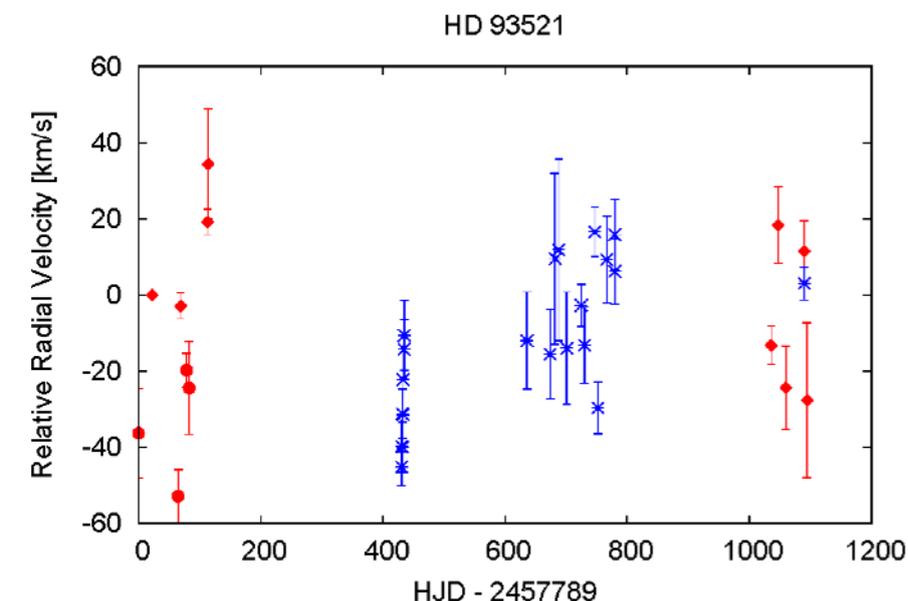
赤: 高分散  
青: 中分散



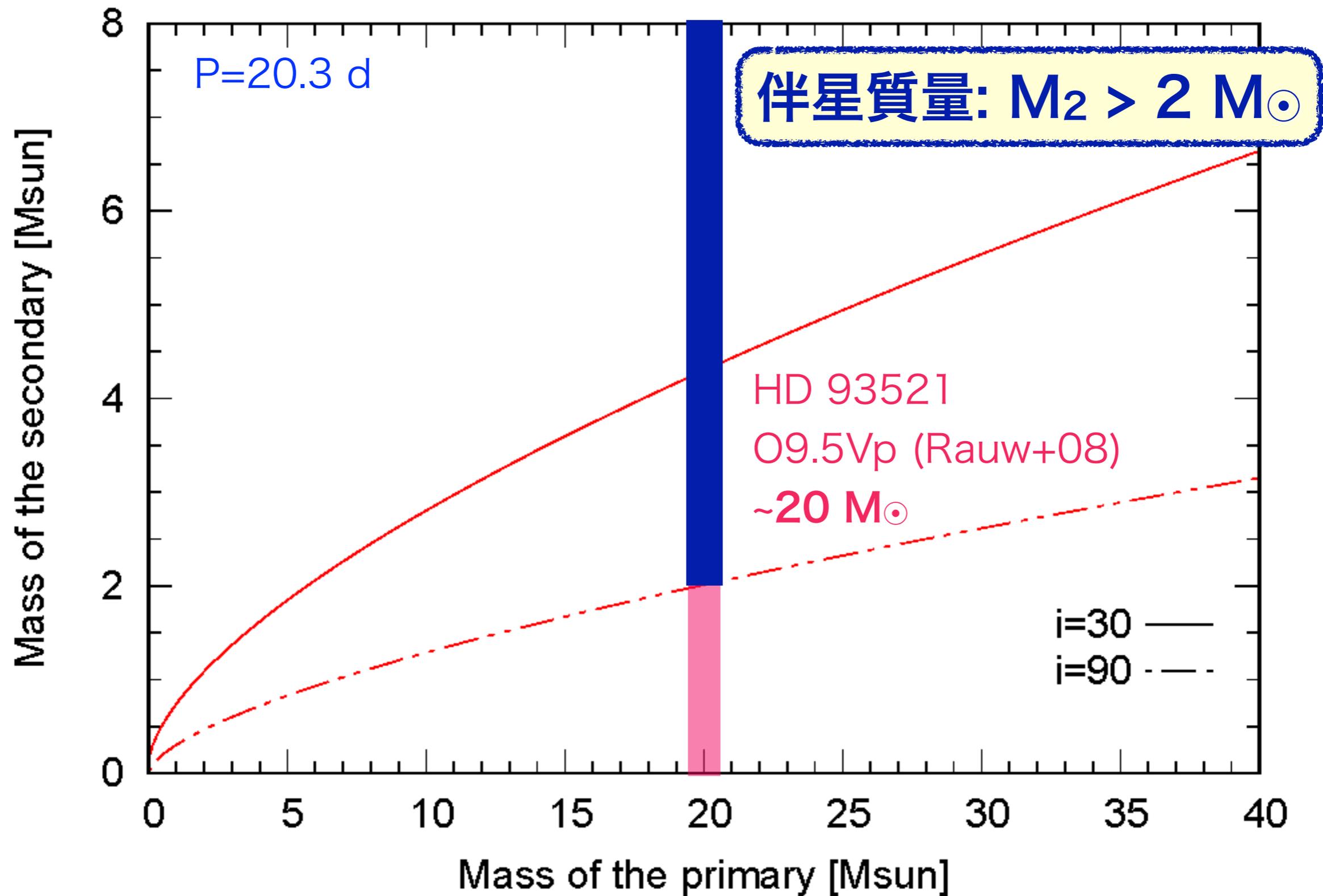
# 周期の絞り込み: HD 93521

- ★ MALLSの継続観測などを利用。一週間おきのデータや日ごとのデータなどが取れている。
- ★ PDM解析による連星周期と連星パラメータの決定。
- ☆ Hbetaの視線速度、系統誤差を補正。

周期20.25日で折りたたみ



# 大質量星 + ブラックホール連星



# 大質量星 + ブラックホール連星の検証

- 潮汐効果による明るさの変化
  - 軌道離心率が大きければ検出しやすいが、HD 93521は離心率小
  - 高精度の測光モニタリング観測が必要
- ブラックホールからのX線放射による大質量星への照射
  - detached binaryの場合検出困難
- 降着円盤の蝕
  - 軌道面の角度に依存するが検出は困難
- コンパクト天体の証拠は見つかっていない。
  - Rauw et al. (2012)によるX線観測
  - “No trace of a compact companion is found in the X-ray data.”

相互作用をしていない連星系か？

# HD 93521の素性

- 銀河円盤から高緯度に位置する高速度星
  - 連星系における力学的相互作用か超新星イベントによって銀河面から放出された種族Iの星 (Rauw et al. 2012)
- ブラックホールを伴星に持つ連星系
  - 初期型主系列星を主星とするSB1は低質量(A-K型)の伴星を持つとは限らず、1-3  $M_{\odot}$ の白色矮星、中性子星、ブラックホールを持つ場合も多い。(Moe & Di Stefano 2017)
  - 赤色巨星( $M_1 \sim 2-4M_{\odot}$ )と伴星( $M_2 > 1.4 M_{\odot}$ )を主張する例がある。(Thompson et al. 2019)
- 将来的に重力波を発生する天体か？
  - 大質量星+ブラックホールの観測例はまだない(はず)
- Gaia DR2には有用な情報なし
  - DR3では視線速度の観測データ公開
- 2番目に近いブラックホール(?)
  - いかくじゅう座X-1 (3000光年)とはくちょう座X-1 ( $6000 \pm 375$ 光年)の間(5447光年、Irvine89)

## まとめ

- 第一世代の大質量星連星の間接的証拠および重力波起源天体を発見すべく、OB型星の視線速度変動モニタリングを行った。
- なゆた望遠鏡、ぐんま天文台150cm望遠鏡、岡山188cm望遠鏡の観測を組み合わせて2016年より観測
  - OB星カタログから14個のSB1を観測対象に選定
  - 8天体で視線速度の変動を検出
- HD93521の伴星質量が $2M_{\odot}$ 以上と制限がついた。
  - 主系列星かブラックホールかを判別するのは困難
  - ブラックホールであれば2番目に近いブラックホールの発見