

# 低質量星及びコンパクト 天体を伴星に持つOB型星の 連星探査

---

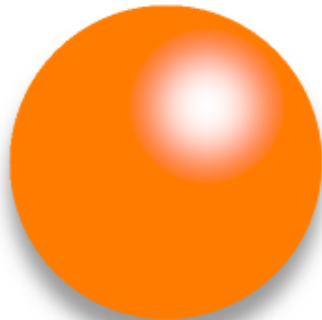
森谷友由希（国立天文台）、須田拓馬（東京工科大学）、  
本田敏志（兵庫県立大学）、茂山俊和（東京大学）、斎藤貴之（神戸大学）

# OB型星+小質量星/コンパクト天体

## 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



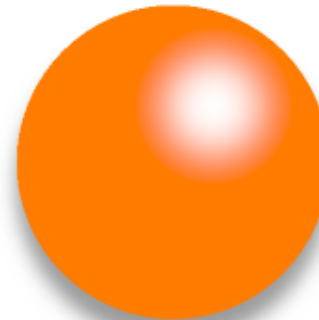
第一世代の小質量星

- ★ 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

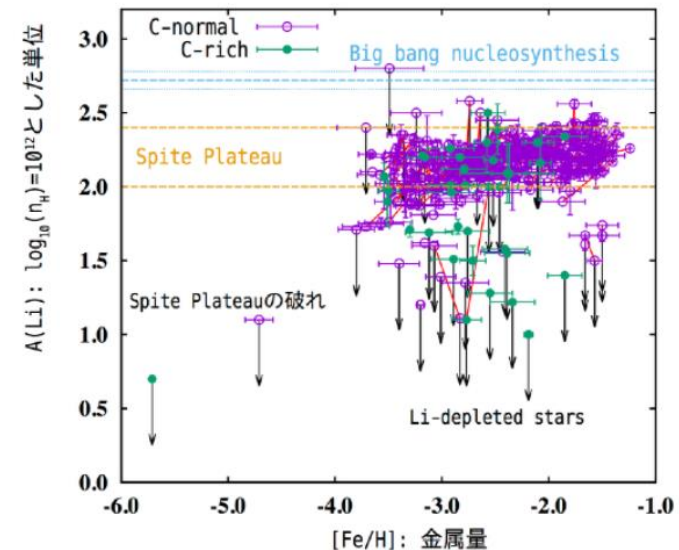
- ☆ 主星(大質量星)が進化するとブラックホール(中性子星)連星の形成可能性

Moritani et al. (in prep.)

初代星・初代銀河研究会2021@東北大学東京分室 (須田)

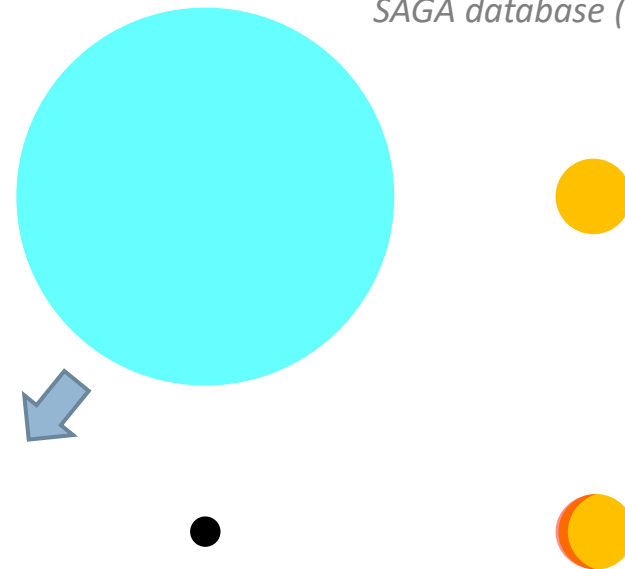
# 第Ⅲ種族星のLi組成と超新星連星説

- 金属欠乏星のLi組成
  - Li :  $2.5 \times 10^6$  Kで燃える  
→表面組成の変動を調べるのに良い
  - 第一世代の恒星のLi組成はビッグバン元素合成の組成に応じる...“Spite plateau”
  - “Spite plateau”から外れたLi組成の金属欠乏星の存在



SAGA database (Suda+ 2008)

- 超新星連星説
  - 大質量 + 小質量連星
  - 連星間距離が小さい ( $\sim 20R_{\text{sun}}$ )
  - 大質量星の超新星爆発時に
    - 爆風が小質量伴星の表面をはぎ取る
    - (もしくは大質量星の物質が表面に降着)



# 近傍のOB型星連星の探査

1. 超新星連星説の可能性を探る
  - 大質量星+小質量星の連星系は存在するのか？
  - 第Ⅲ種族の大質量星は現在まで生き残れない→直接の発見は不可能
  - 近傍で超新星連星説を支持するような連星系はあるか
    - 大質量星+小質量星
    - 連星間距離が小さい...軌道周期数日～数十日
2. 重力波起源候補天体を探る
  - 大質量星+コンパクト天体の連星系
  - 相互作用をするもの...大質量X線連星

# 中～高分散分光による視線速度モニタ

- 近傍のSB1候補星の観測（2016年～）
  - 中分散～高分散分光で視線速度モニタリング
    - 岡山/HIDES、ぐんま/GAOES（2017年まで）、なゆた/MALLS
- OB星を分光カタログ(Skiff, 2009-2016)から選定 [64112個 -> 56370個]  
その内SB1候補星を抽出[59個]  
8等より明るく、日本で観測可能（Dec > -25d）な天体[14個]が対象
  - 先行研究の調査などから現在は8天体に絞っている。
- HIDES or GAOES のスペクトルをreference とし、cross correlationで視線速度を測定
  - 4000~5000Å の領域を使用
  - 輝線星についてはBalmer lines 以外の領域を使用

# 観測サマリ

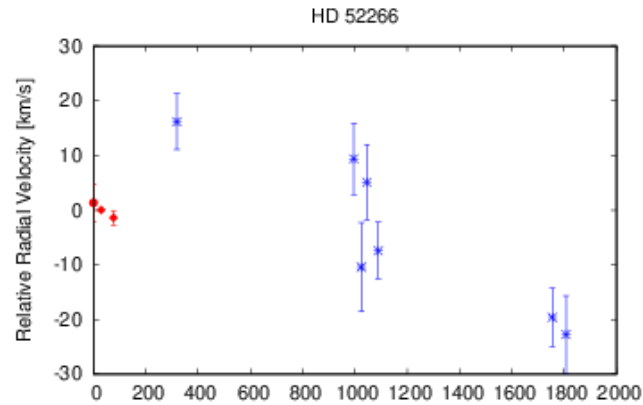
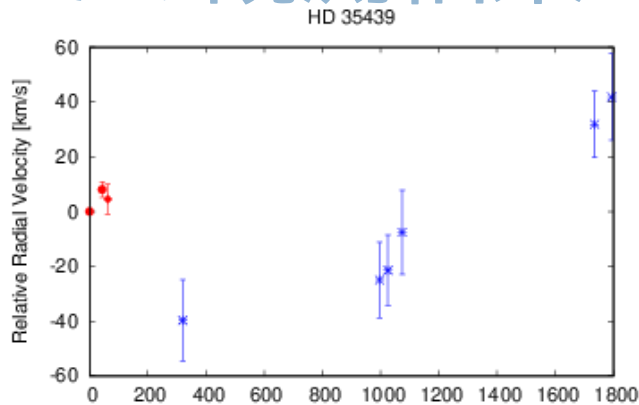
- 2016年以降一般・継続観測を交えてモニター観測
  - ~2018年まで高分散分光も含む
  - 変化がみられる2~3天体を集中的に観測
  - 14天体 → 8天体 (連星の報告、pole on)
  - どの天体も変動がみられる
  - 1天体で周期性を発見、2天体で周期の候補を確認

Object	#data	Note	Object	#data	Note
Beta CMi	4	Excluded from program (P reported)	HD164438	2	Excluded from program (P reported)
Delta Cet	4	Excluded from program (pole on)	HD184279	20	P=3.3d or P=12.0d ?
HD18326	10		HD190864	38	P=23.9d or P=146d ?
HD35439	9		HD194739	9	Excluded from program (known binary)
HD52266	10		HD195592	2	No high-dispersion data
HD93521	42	Detection of P=20.3d	HD20756	3	Excluded from program (eclipse binary?)
HD98664	19	Lower priority (Late B)	HD204829	x	Excluded from program (binarity reported)



# これまでの観測結果

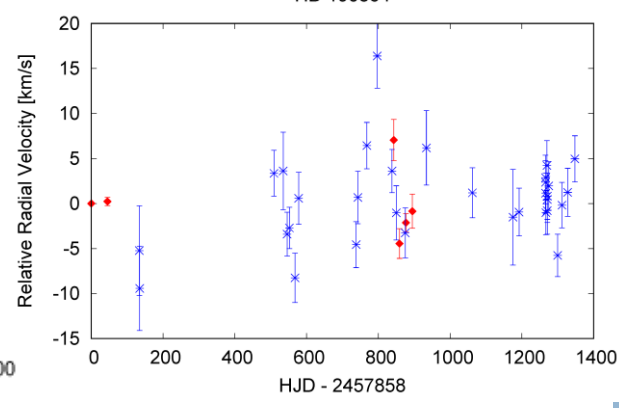
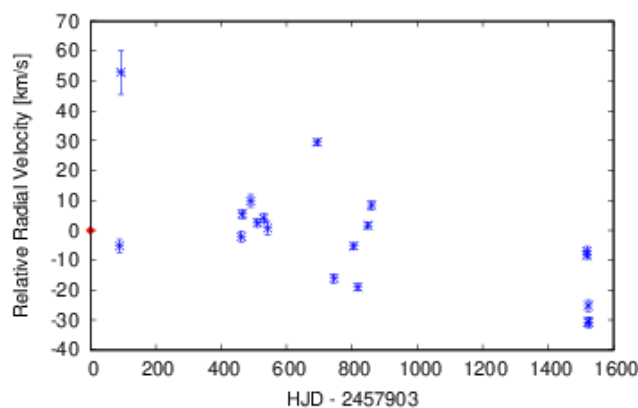
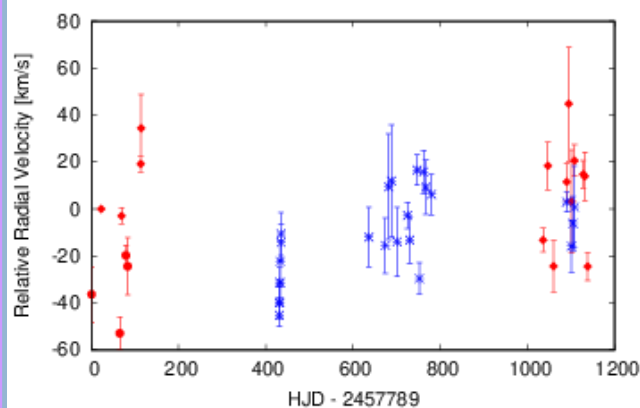
◆ HIDES ● GAOES \* MALLS



HD 93521

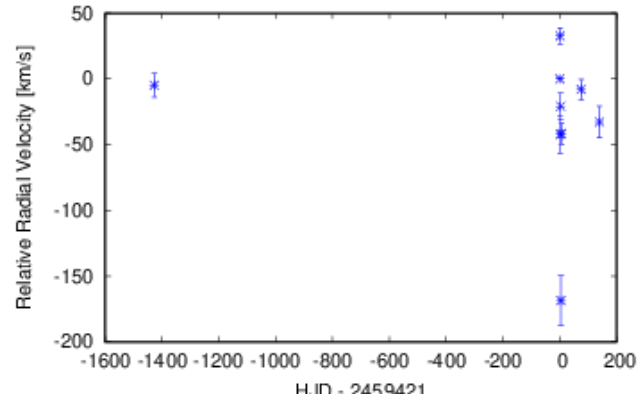
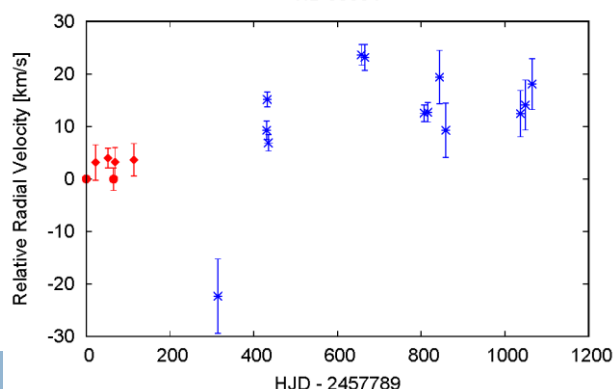
HD 184279

HD 190864



HD 98664

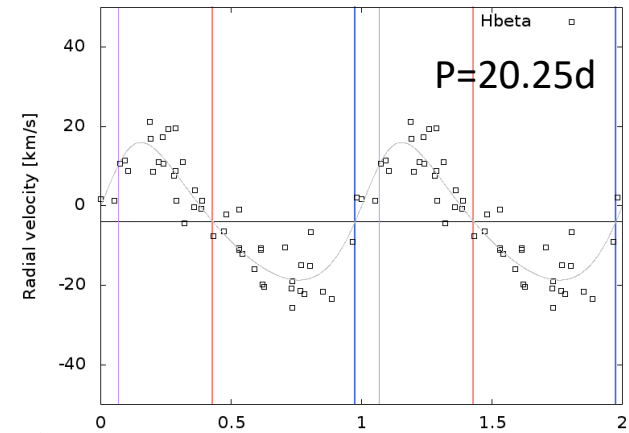
HD 18326





# HD93521

- 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+ 2012)
  - O9.5Vpe,  $20M_{\text{sun}}$  (Rauw+2008)
  - 自転速度 390km/s (Rauw+2008)
  - NRP (P=1.75h , 2.89h) (Rauw+2008)
- 周期20.25日の検出
  - Fourier 解析とPDMによる
  - 軌道パラメータの取得
    - コンパクト天体の証拠は見つかっていない。(Rauw+2012)  
質量関数...伴星の質量は $2M_{\text{sun}}$ 以上
- 相互作用していないBH or NS連星？
- 主系列伴星由来の線が見えていないだけ？
  - MALLS 低分散観測 (2020年, 2021年)...同時期に0.3magの光度変化(恒星活動由来?)が見られたためはっきりと結論が出なかった。
  - 高分散分光観測で伴星由来の線の有無を検証(解析中)



Ephemeris

$$e = 0.22 \pm 0.08$$

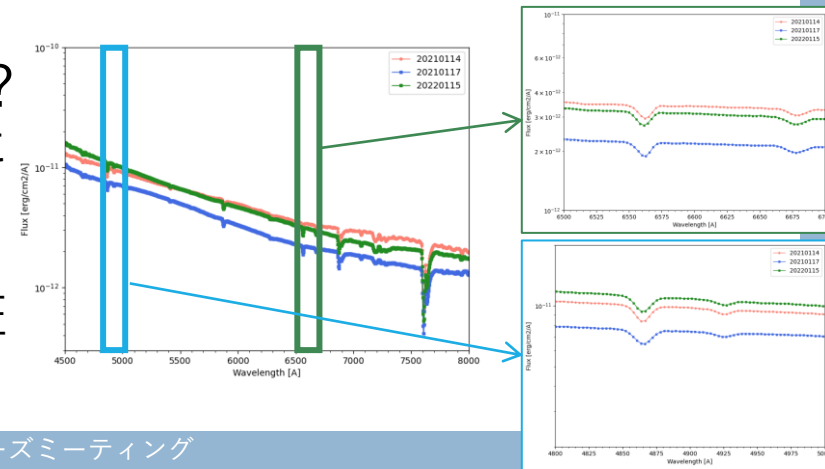
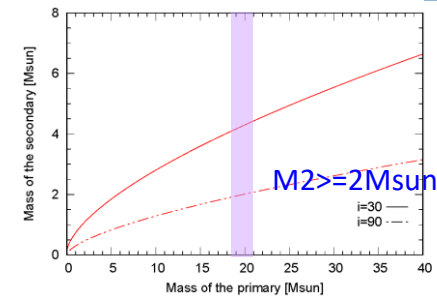
$$K_1 = 17.34 \pm 1.39 \text{ [km/s]}$$

$$\gamma = -3.89 \pm 0.83 \text{ [km/s]}$$

phase

$$\omega = 311.97 \pm 17.41 \text{ [deg]}$$

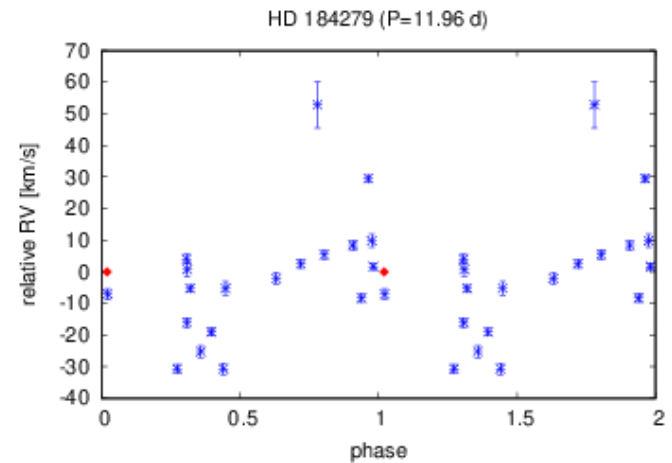
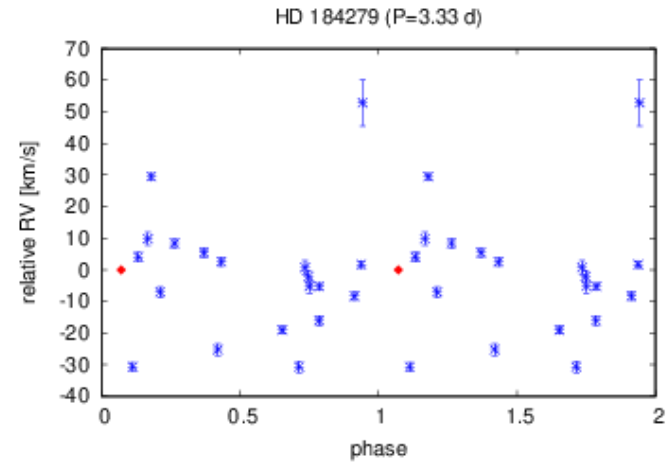
$$a \sin i = 0.0314 \pm 0.0022 \text{ [au]}$$





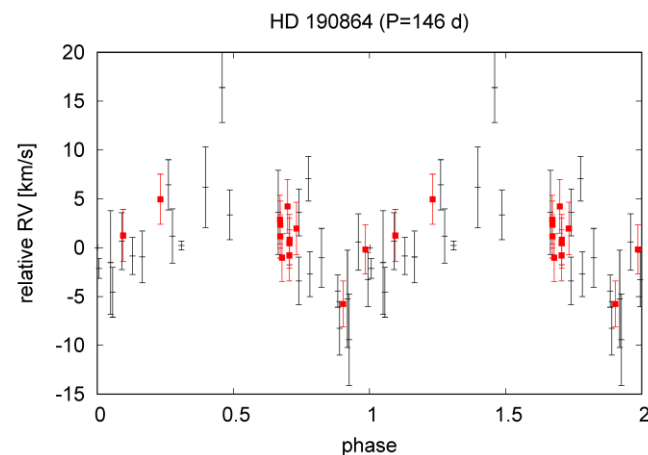
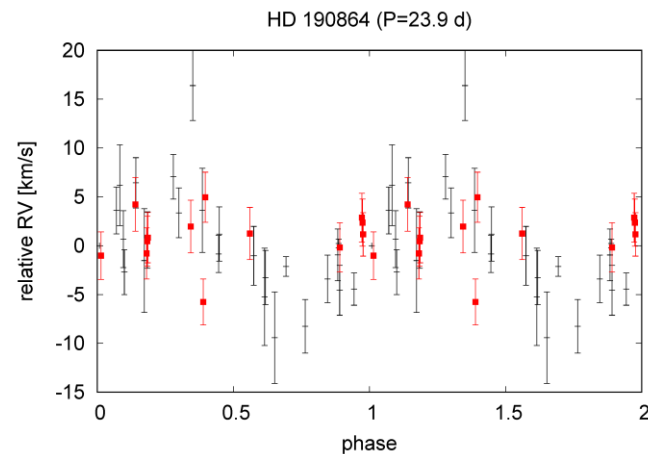
# HD184279

- 主星は10 Msun (B2e) or 18 Msun (B0V C)
- 先行研究で連星の報告はこれまでにない
- 周期 3.3日 or 12日の可能性
  - PDM (Phase Dispersion Minimization) 解析
- Gaia DR2とHipparcosの固有運動を比較するとbinary flag=1 (Kervella+19)
- 2022.07.27-29に集中観測



# HD190864

- 主星30 Msun (O6)
- 先行研究で連星の報告なし
  - 10年間の17夜の観測でHeII4686 に変動あり (Mahy+ 2013)
  - AOを使った観測で伴星非検出 (Turner+2008)
- 周期24日 or 146日の可能性
  - PDM (Phase Dispersion Minimization) 解析
  - $146 \approx 24 * 6$  ... 倍振動が見えている？
- Gaia DR2とHipparcosの固有運動を比較すると binary flag = 0 (Kervella+19)
- 2022.07.27-29に集中観測



# まとめ・今後

- OB型星の視線速度変動モニタリングを行っている。
  - 大質量星と低質量星からなる連星...第一世代の大質量星連星の間接的証拠
  - 大質量星とコンパクト星からなる連星 ...重力波候補天体
- 2016年から観測を継続中
  - 岡山188cm 望遠鏡、なゆた望遠鏡、ぐんま天文台150cm望遠鏡の観測を組み合わせ
  - 14天体→現在は8天体（視線速度変化）
- HD93521で周期20.25日、軌道パラメータの決定
  - 伴星が主系列星かどうかの検証...高分散分光の解析
- HD184279、HD190864で周期変動の可能性
  - 2022.07.27-29 で集中的に観測
  - HIDESを使って同時観測...系統誤差の再確認