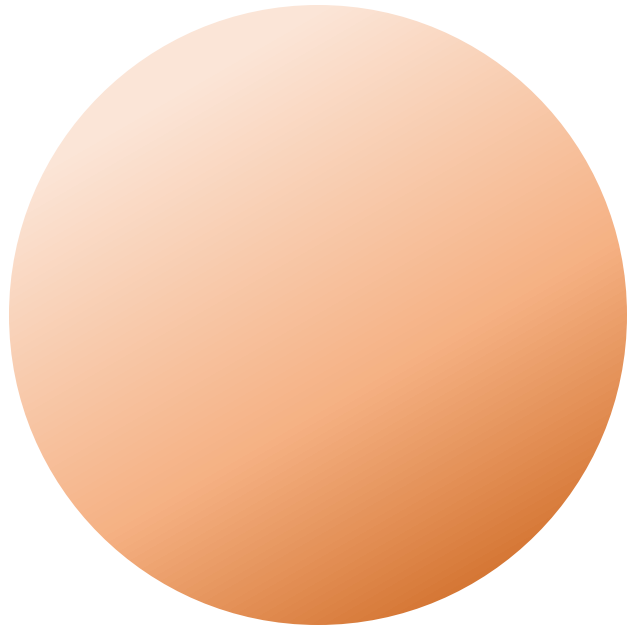


大規模恒星サーベイ観測による
短周期恒星-コンパクト天体連星探査

東大 白石祐太

<https://arxiv.org/abs/2509.12808>

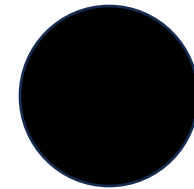
Dormant compact object binaries



a normal star
(Sun)



< 10 solar radius
period < 10 days



Compact Object
-- Black Hole
-- Neutron Star
-- White Dwarfs

短周期恒星-コンパクト天体

重要な連星たちの前駆天体/生産物

- 重力波
- X線連星
- 激変星
- Ia型超新星
- 共通外層

→恒星・連星進化やコンパクト天体形成理解への手がかり

具体的には...

- Cataclysmic binary WD mass problem

WD mass in CV ~ 0.8 Msun (obs) vs ~ 0.4 Msun (prediction)

e.g., Zorotovic+11

- SNe Ia formation channel

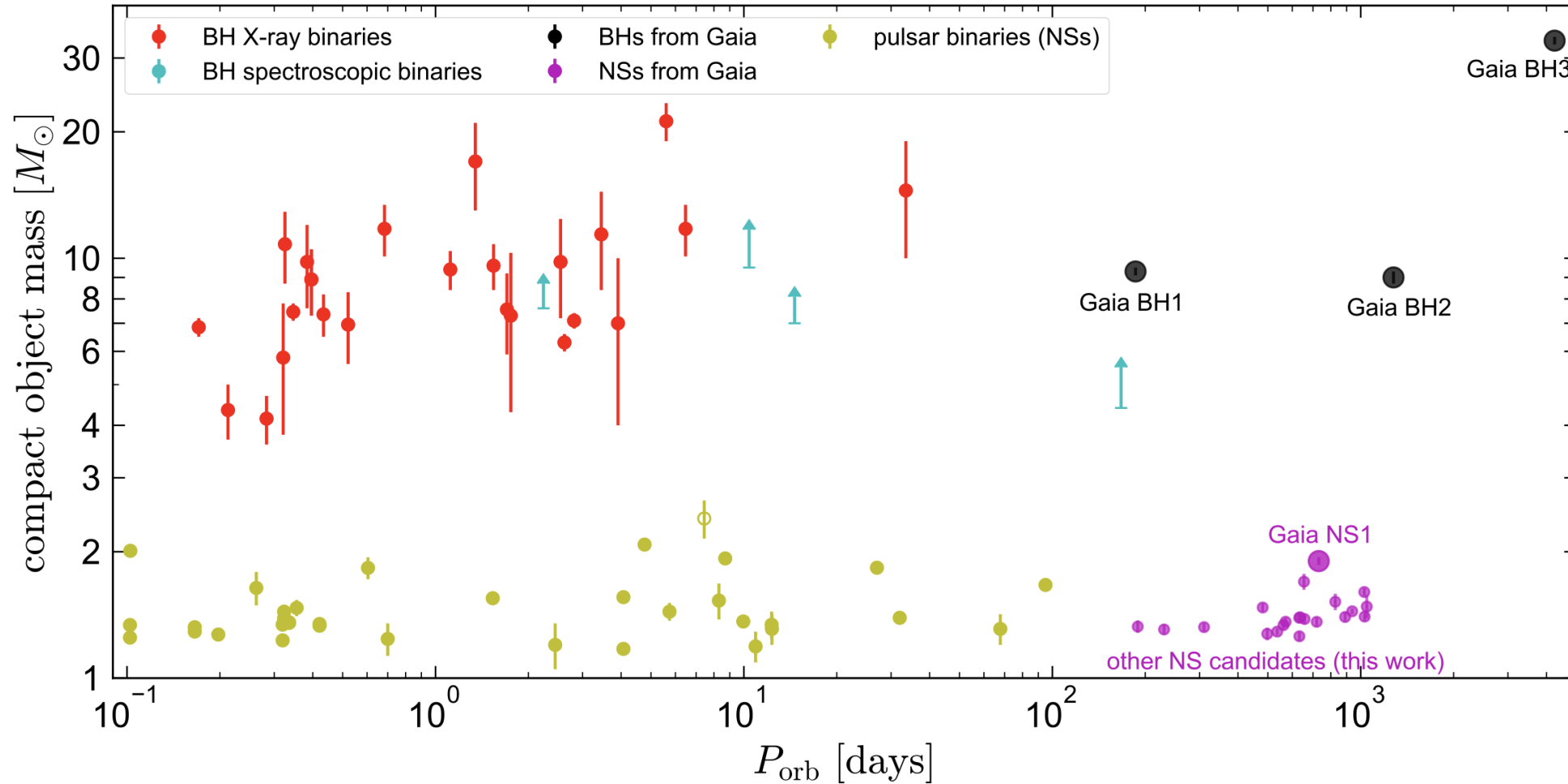
single degenerate vs double degenerate

peculiar SNe Ia (.Ia, Iax, ...)

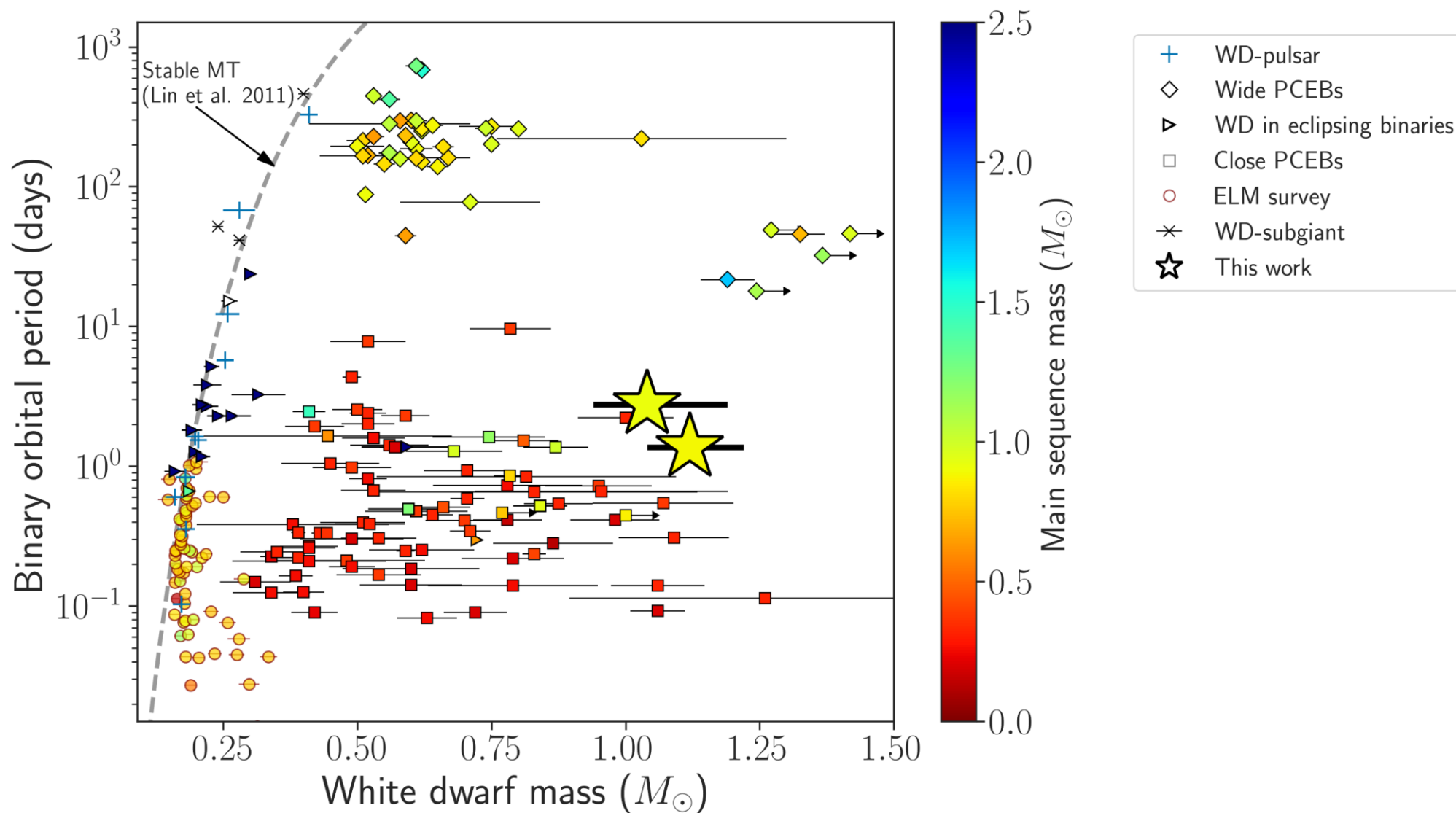
- compact object merger rate

KAGRA/LISA GW source, SNe Ia, R CrB, ...

BH/NSの発見状況



WDの発見状況



なぜ“短周期”？

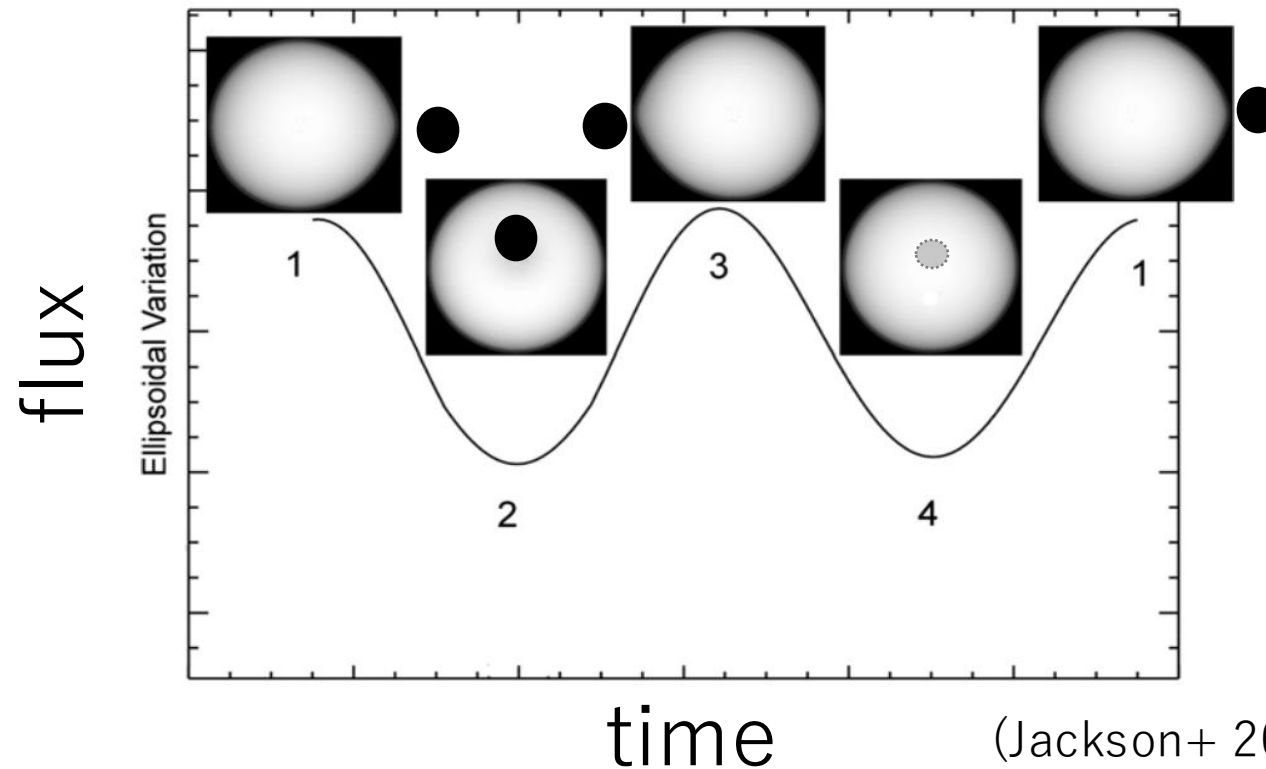
- 長周期 恒星-コンパクト天体も大事
(e.g., El-badry+23ab, 24ab, Tanikawa et al. 23)
- 短周期 連星系：
SNe Ia, 激変星, X線連星, 重力波源の直接的な前駆天体

分光・視線速度変動

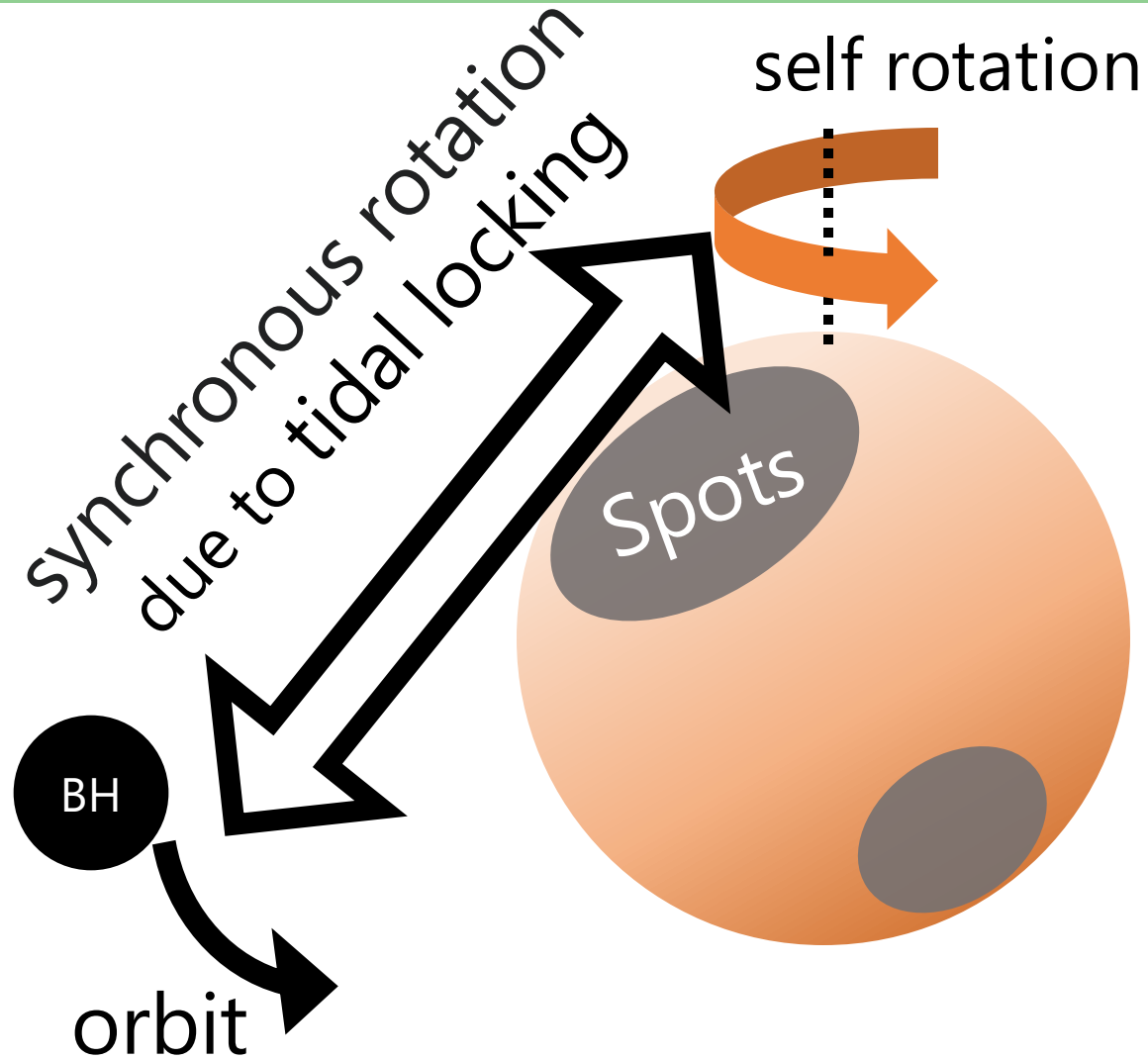
- 星の吸収線のDoppler Shiftから、星の速度を推定
星がKepler運動していれば、星の速度は周期的に変動する
- 分光サーベイは大変
観測回数を稼ぐのに時間がかかる
(e.g., Green+25)

Ellipsoidal Variation

- BHの潮汐力で恒星が変形
- $\sim 1\%$ の変光



Spots + Tidal Locking



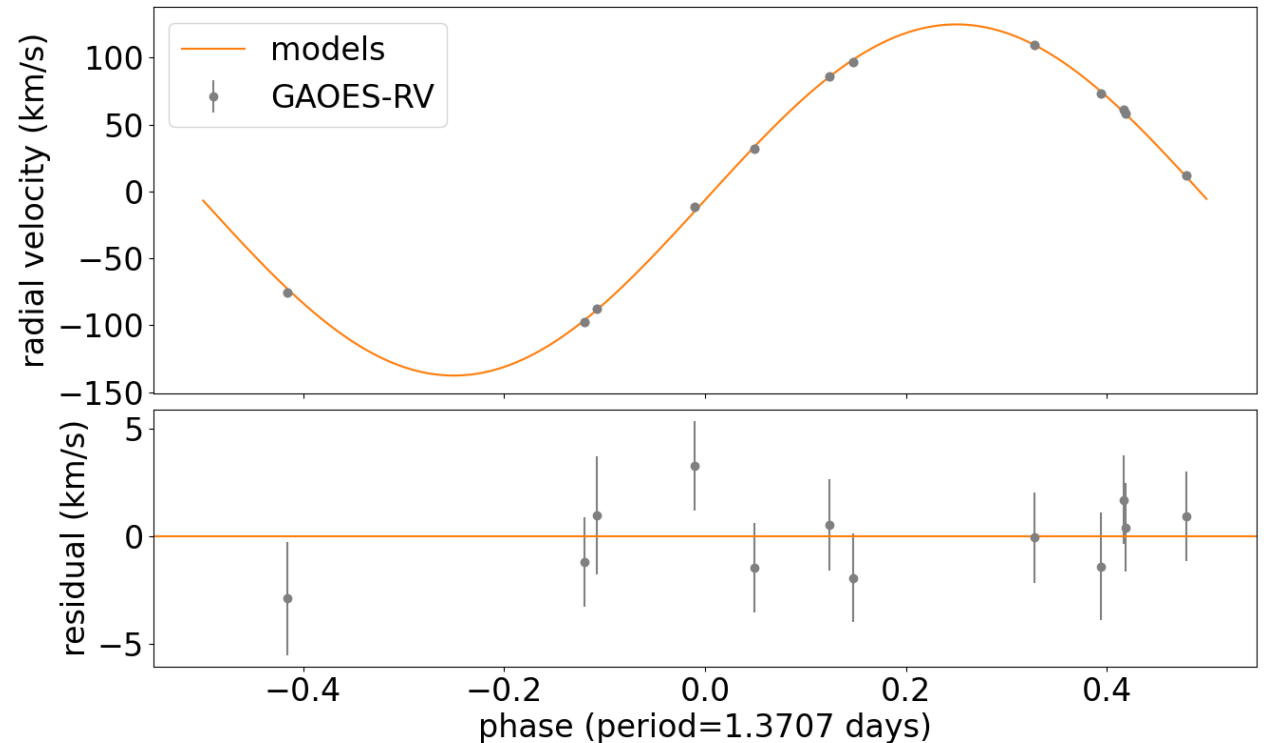
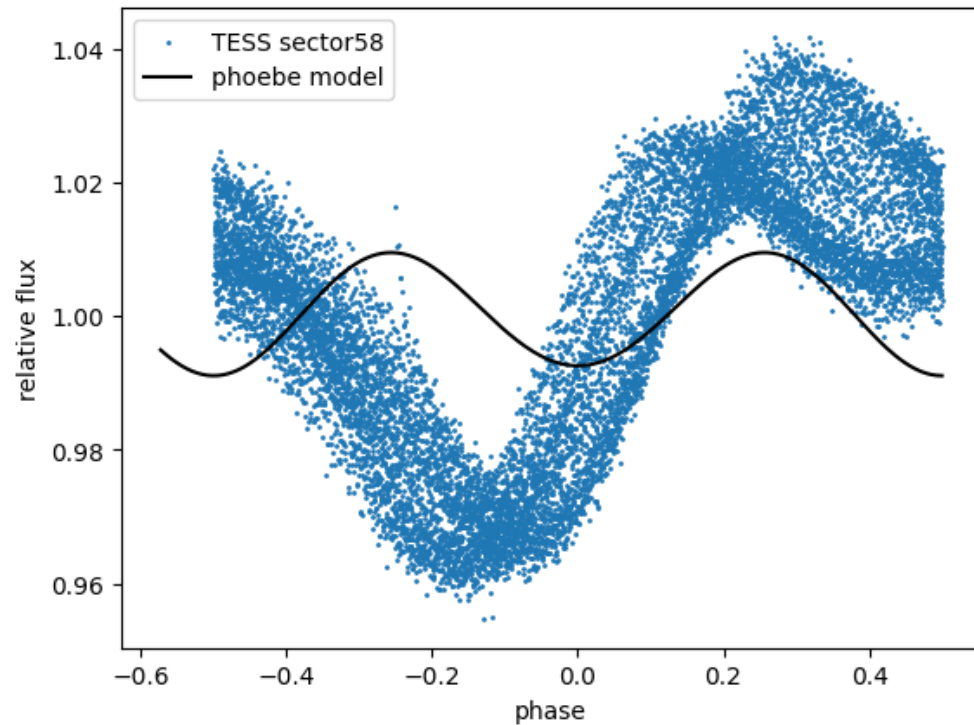
My Selection Criteria

- 明るい星がmid-F/G/K/M
- Gaia DR3 $\delta RV > 100$ km/s
- TESS 光度曲線で周期的な変光
- “Binary mass function” $\frac{\delta RV^3 P_{LC}}{8\pi G} \sim \frac{M_{compact}^3 \sin^3 i}{M_{tot}^2}$ を計算
 - > 伴星が重たいと見込まれるものを追観測
(mass ratio > 1 , $M_{compact} > 1$ Msun)

見つけてきた天体の例 Gaia DR3 4060...

- 0.9 Msun MS + 1.1 Msun WD

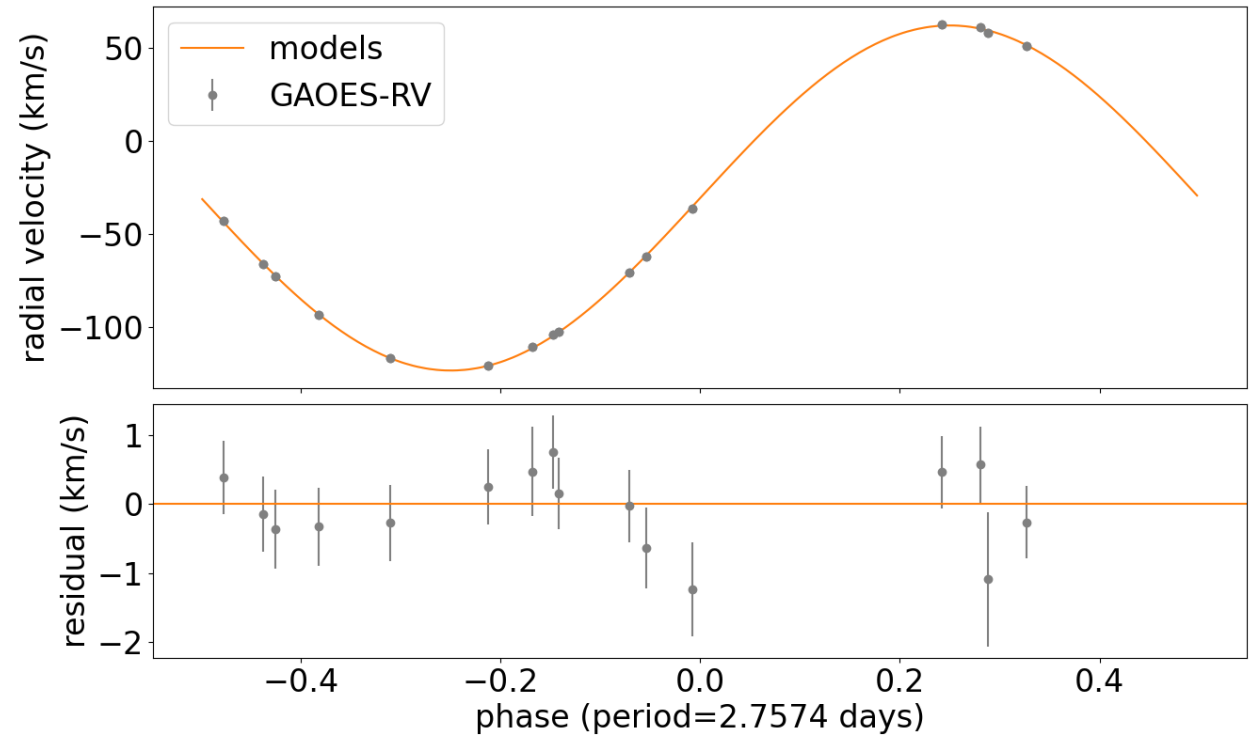
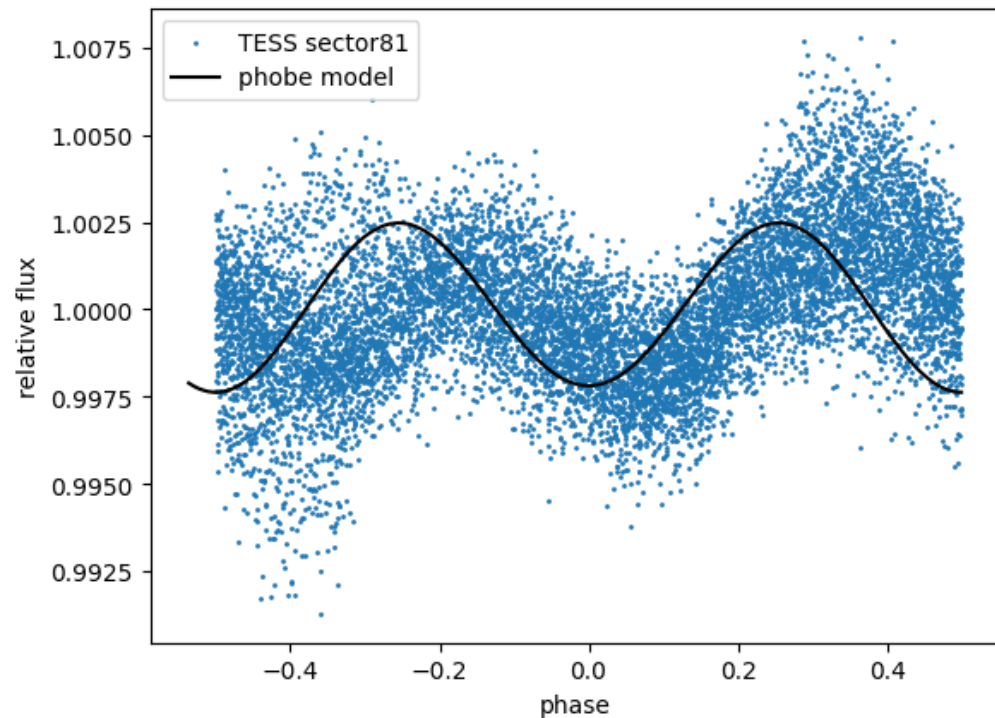
$P = 1.37$ days



見つけてきた天体の例 Gaia DR3 1809...

- 0.9 Msun MS + 1.0 Msun WD

P = 2.76 days



2025年の進捗

- せいめいGAOES-RV

3月 5半夜 天候不順でほぼデータ取れず

- なゆたMALLS

1月に9半夜+4-6月に15半夜、解析中

My Selection Criteria

- 明るい星がmid-F/G/K/M
- Gaia DR3 $\delta RV > 100$ km/s
- TESS 光度曲線で周期的な変光
- “Binary mass function” $\frac{\delta RV^3 P_{LC}}{8\pi G} \sim \frac{M_{compact}^3 \sin^3 i}{M_{tot}^2}$ を計算
 - > 伴星が重たいと見込まれるものを追観測
(mass ratio > 1 , $M_{compact} > 1$ Msun)

My Selection Criteria

- 明るい星がmid-F/G/K/M
- Gaia DR3 $\delta RV > 100$ km/s
- TESS 光度曲線で周期的な変光
- “Binary mass function” $\frac{\delta RV^3 P_{LC}}{8\pi G} \sim \frac{M_{compact}^3 \sin^3 i}{M_{tot}^2}$ を計算
 - > 伴星が重たいと見込まれるものを追観測
(mass ratio > 1 , $M_{compact} > 1$ Msun)

“明るい星がmid-F/G/K/M”

- 連星にはequal-mass binaryが多い (e.g., El-Badry+19)
 - FGKM + コンパクト天体 連星系には
軽いコンパクト天体 (=白色矮星)が多いはず
- Aより早期の星をターゲットにできないか？

“明るい星がmid-F/G/K/M”

- B型星：周期数日で脈動 (slowly pulsating B stars)
→ 変光が連星由来ではない・変光と軌道が同期しない
- A型星：GAOESでRVが測れない
5000-6000 Å に吸収線がない・Balmer線しかない
→ MIDSSARに期待

分光・視線速度変動

- 星の吸収線のDoppler Shiftから、星の速度を推定
星がKepler運動していれば、星の速度は周期的に変動する
- 分光サーベイは大変
観測回数を稼ぐのに時間がかかる
(e.g., Green+25)

分光・視線速度変動

- 星の吸収線のDoppler Shiftから、星の速度を推定
星がKepler運動していれば、星の速度は周期的に変動する

- 分光サーベイは大変

観測回数を稼ぐのに時間がかかる

(e.g., Green+25)

Gaia DR4

- mid-2026 以降公開予定 (2026年12月？)
- RVの時系列データが新たに公開 (5.5年分)
 - cf) DR3はRV変動の全振幅のみ公開
 - RV追観測の必要回数が激減
- 追観測はおそらく必要
 - 周期の決定：ナイキスト周期の否定
 - Gaia RVSの信頼性 (DR3のRVデータは一部間違っている e.g., Bash+ 22)

Gaia DR4

- 公開後なるべく早く candidate を探して
速やかに追観測をしたい
→ せいめいで柔軟な時間割り当ては可能か？
ToO ? 公開日予想 ?

まとめ

- これまで $0.9M_{\text{sun}}$ MS + $1-1.2M_{\text{sun}}$ WD を > 2 個発見
- これらの系の統計(質量・周期の分布, 個数密度, ...)
→ SNe Ia, X線連星, 重力波源などの機構・起源解明へ
- MIDSSAR では A 型星を
- 来年の Gaia DR4 で革命