

不活性コンパクト連星の フォローアップ分光観測

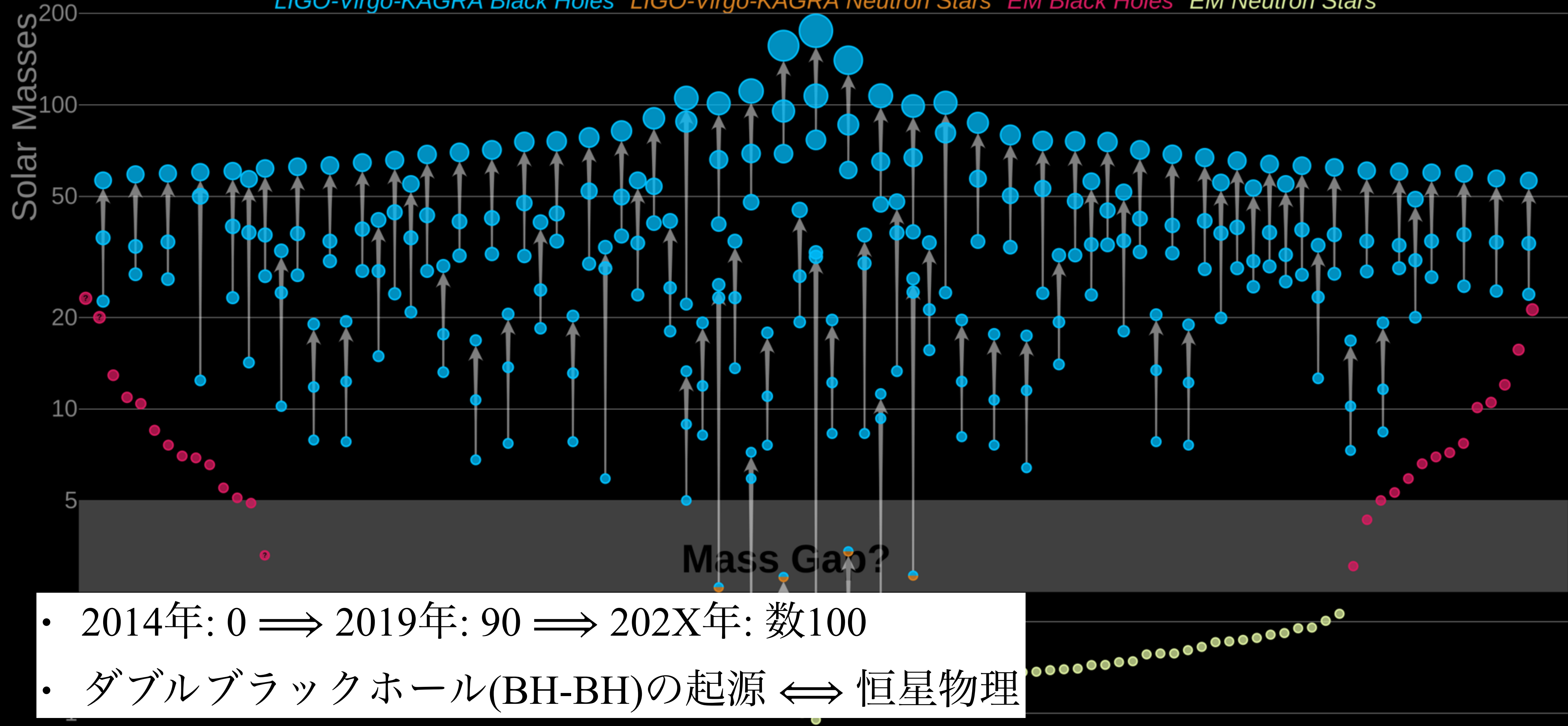
谷川衝（東京大学）

共同研究者：前原裕之、田實晃人、佐藤文衛、本田敏志

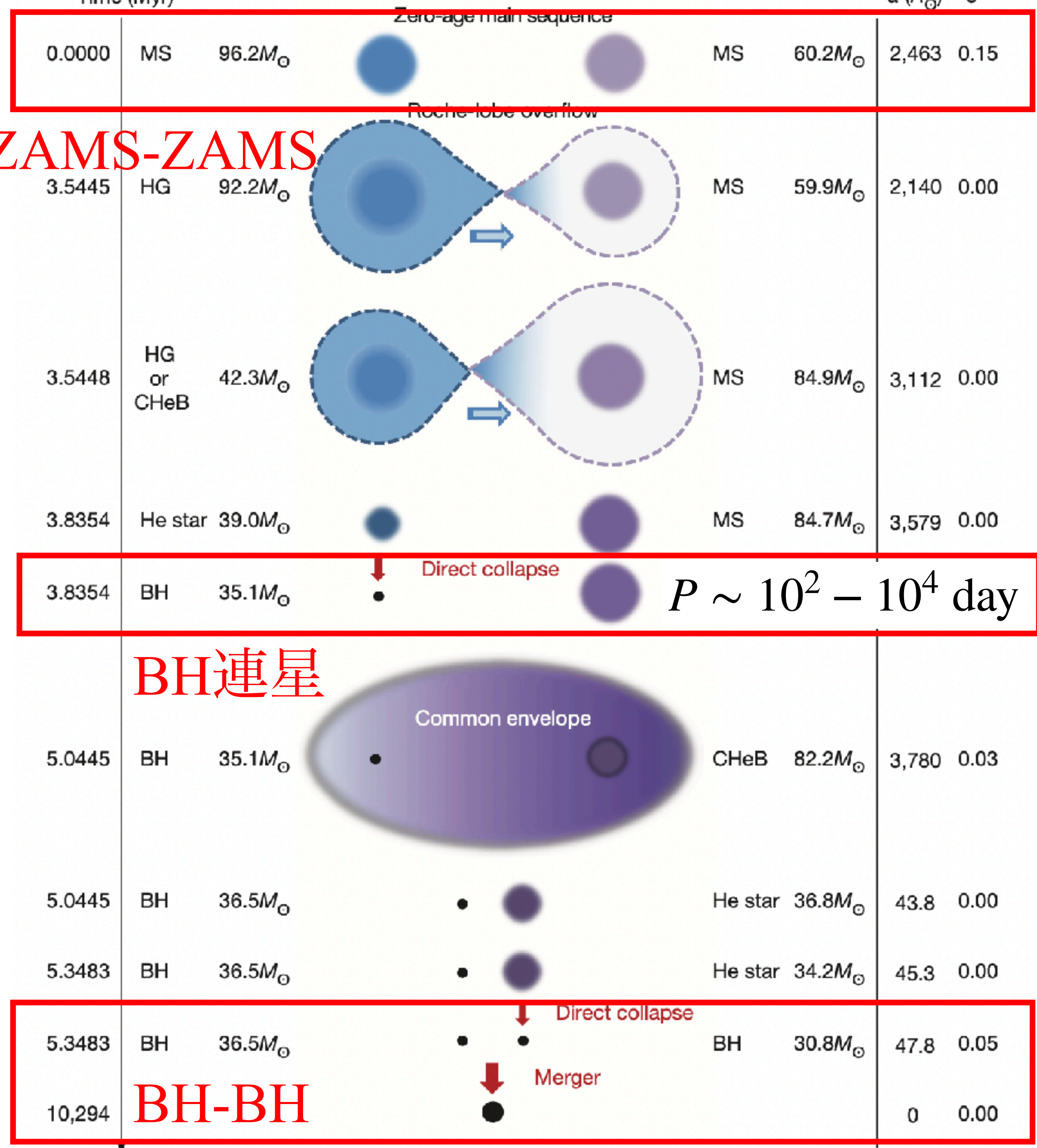
2023年度なゆたユーザーズミーティング, 2023年9月14日

Masses in the Stellar Graveyard

LIGO-Virgo-KAGRA Black Holes *LIGO-Virgo-KAGRA Neutron Stars* *EM Black Holes* *EM Neutron Stars*



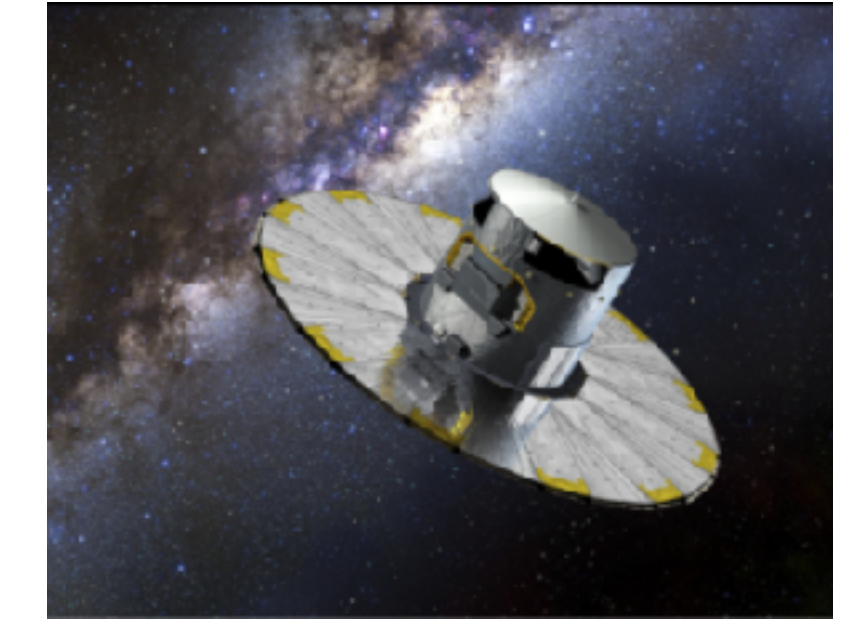
From Belczynski et al. (2016)



位置天文連星（周期 $10^2 - 10^4$ 日）

明るい恒星

位置天文衛星Gaia

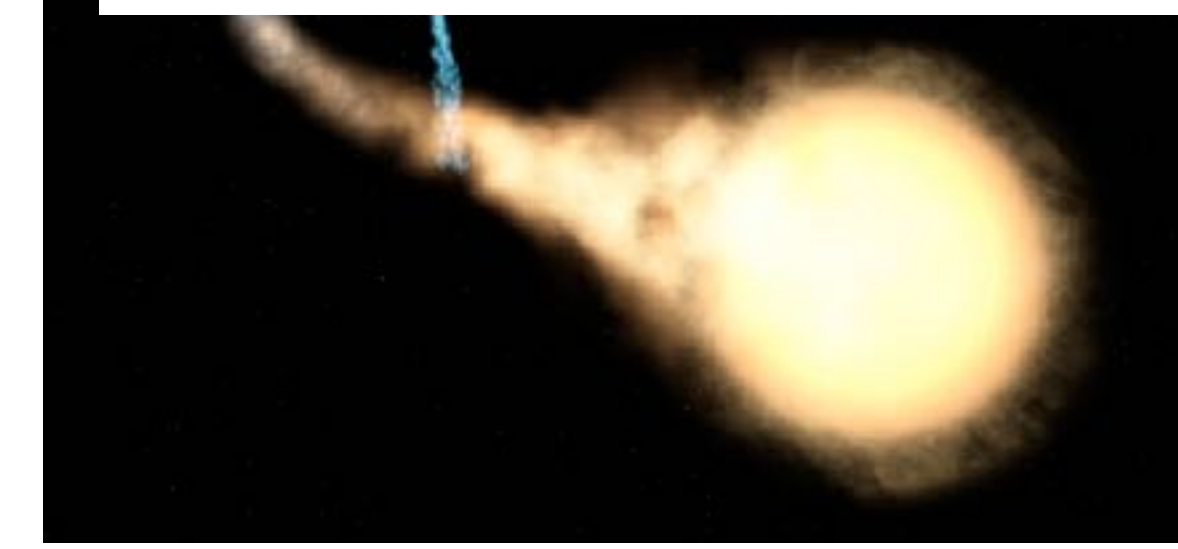


Shikauchi et al. (2020; 2022)

見えない天体 (e.g. BH)

- ・ 時間分解能：60日（観測期間：10年）
- ・ 空間分解能： $\lesssim 0.1$ mas

$$A \sim 5.3 \text{ mas} \left(\frac{P}{10^3 \text{ day}} \right)^{2/3} \left(\frac{M_{\text{binary}}}{20 M_{\odot}} \right)^{1/3} \left(\frac{D}{1 \text{ kpc}} \right)^{-1}$$



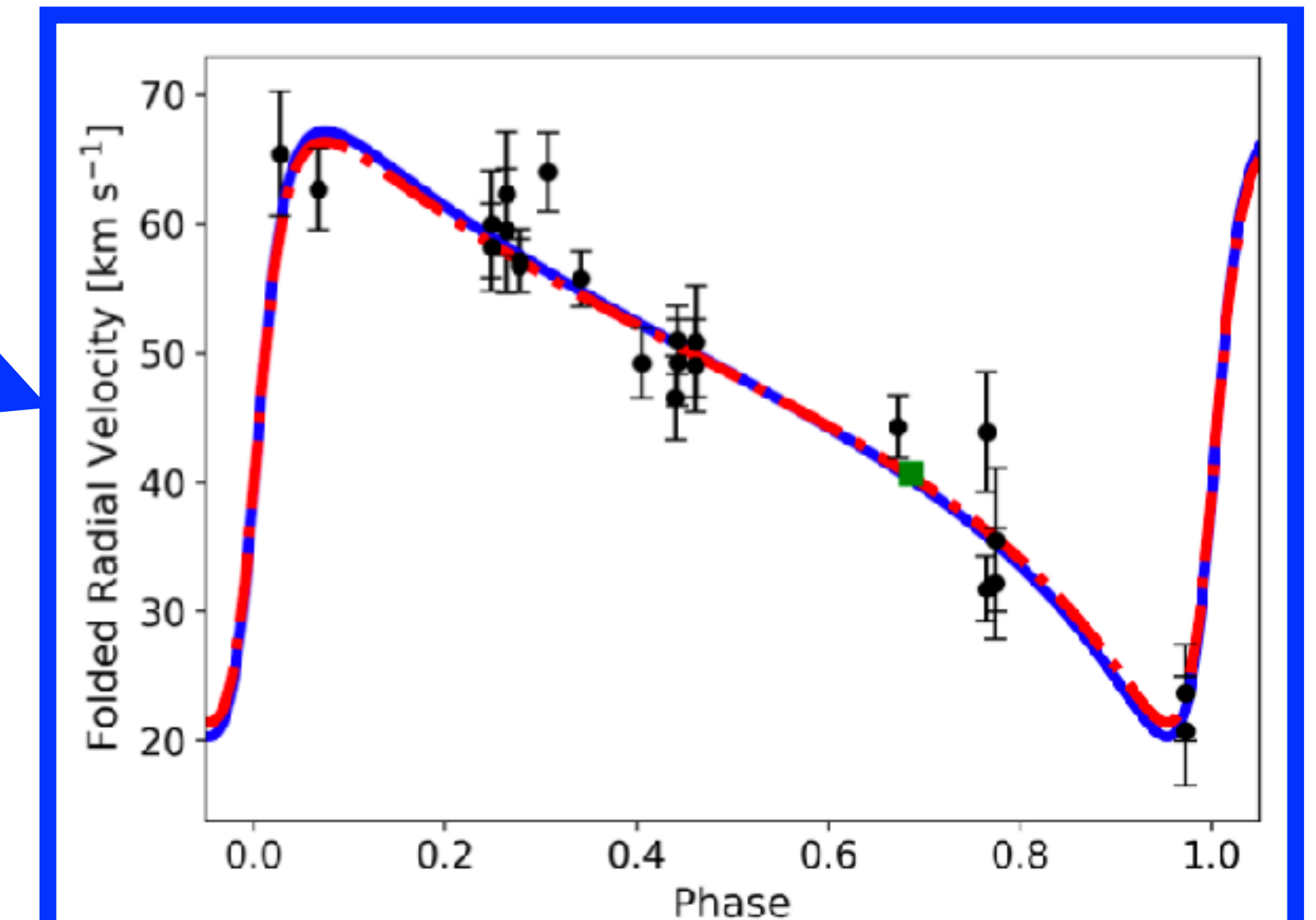
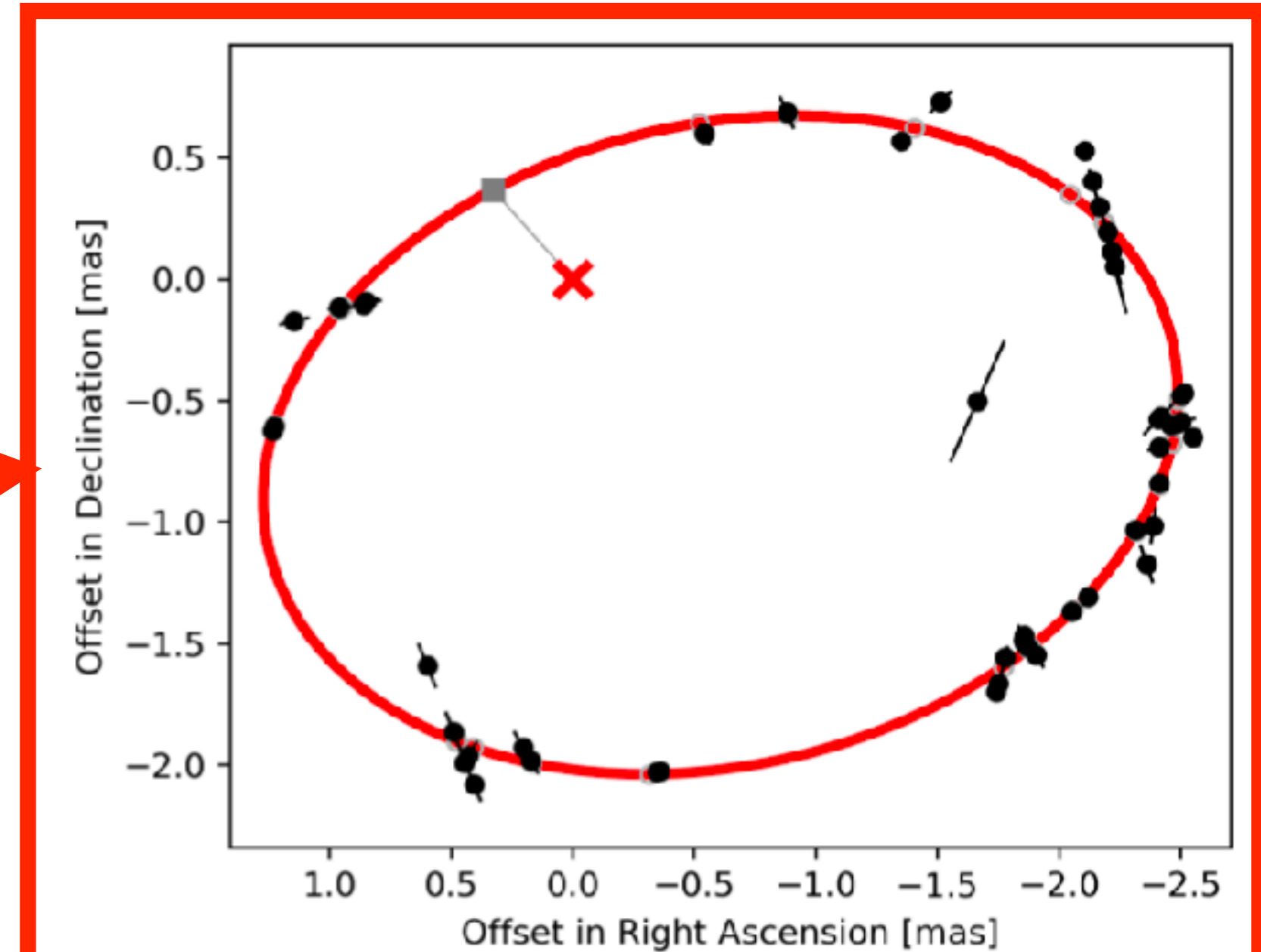
X線連星（周期 $< 10^1$ 日）

Gaia DR3の連星データ

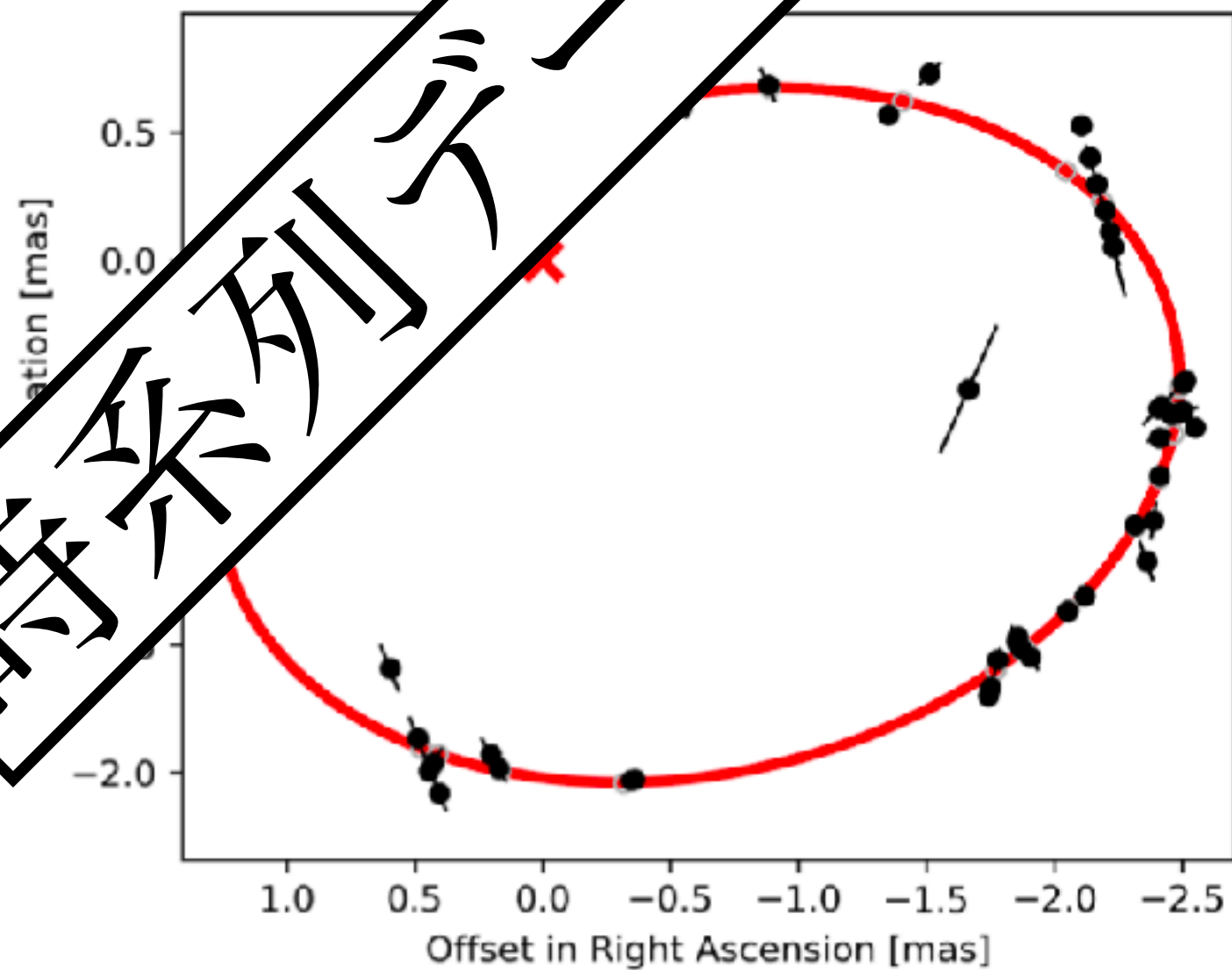
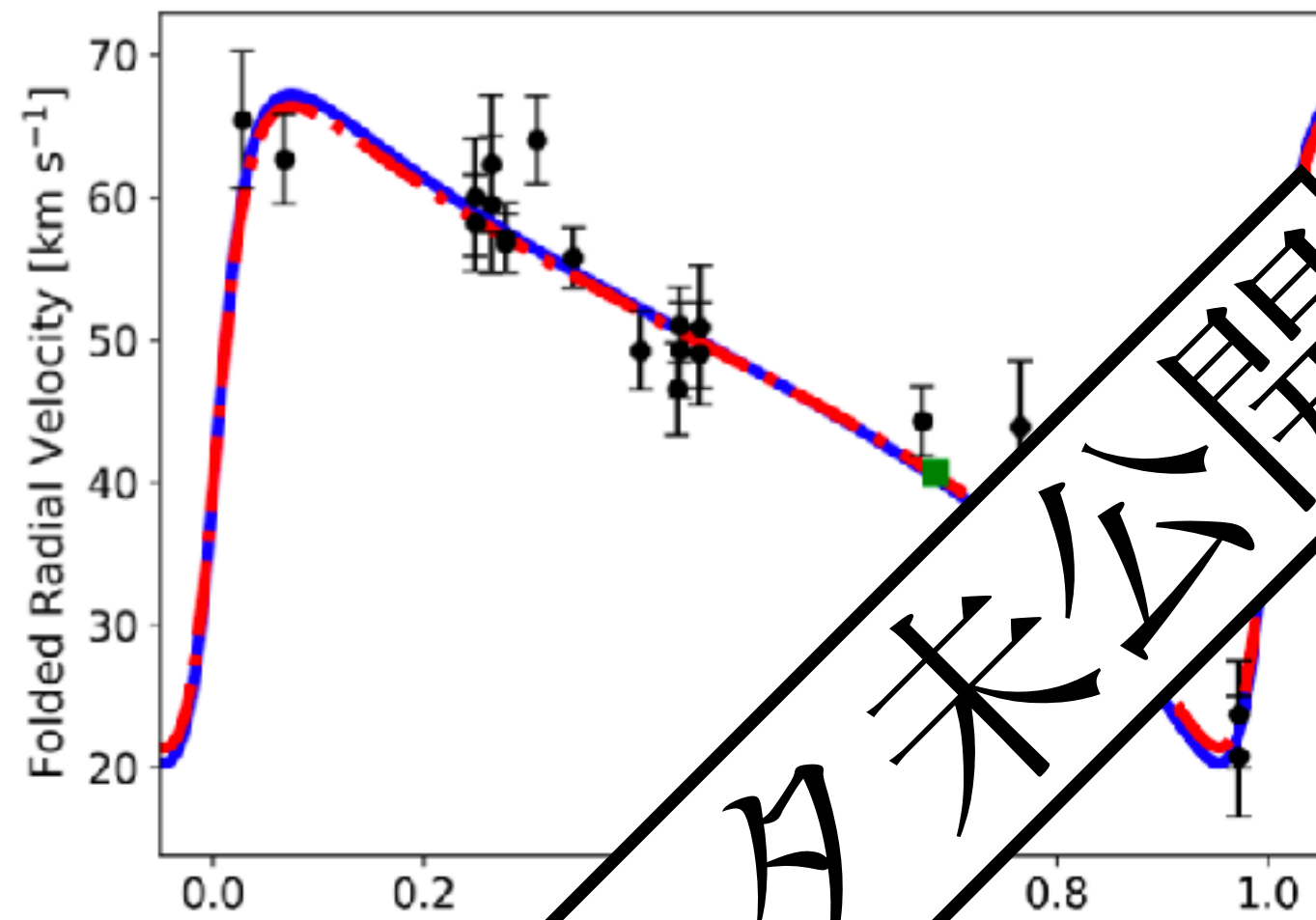
Table	nss_solution_type	Solutions
nss_acceleration_astro	Acceleration7	246 947
	Acceleration9	91 268
nss_two_body_orbit	Orbital	134 598
	OrbitalAlternative*	629
	OrbitalTargetedSearch*	533
	AstroSpectroSB1	33 467
	SB1 or SB2	186 905
nss_no	EclipsingSpectro	155
	ngBinary	86 918
	greeTrendSB1	24 083
	egreeTrendSB1	32 725
nss_vim_fl	VIMF	870

合計で30万

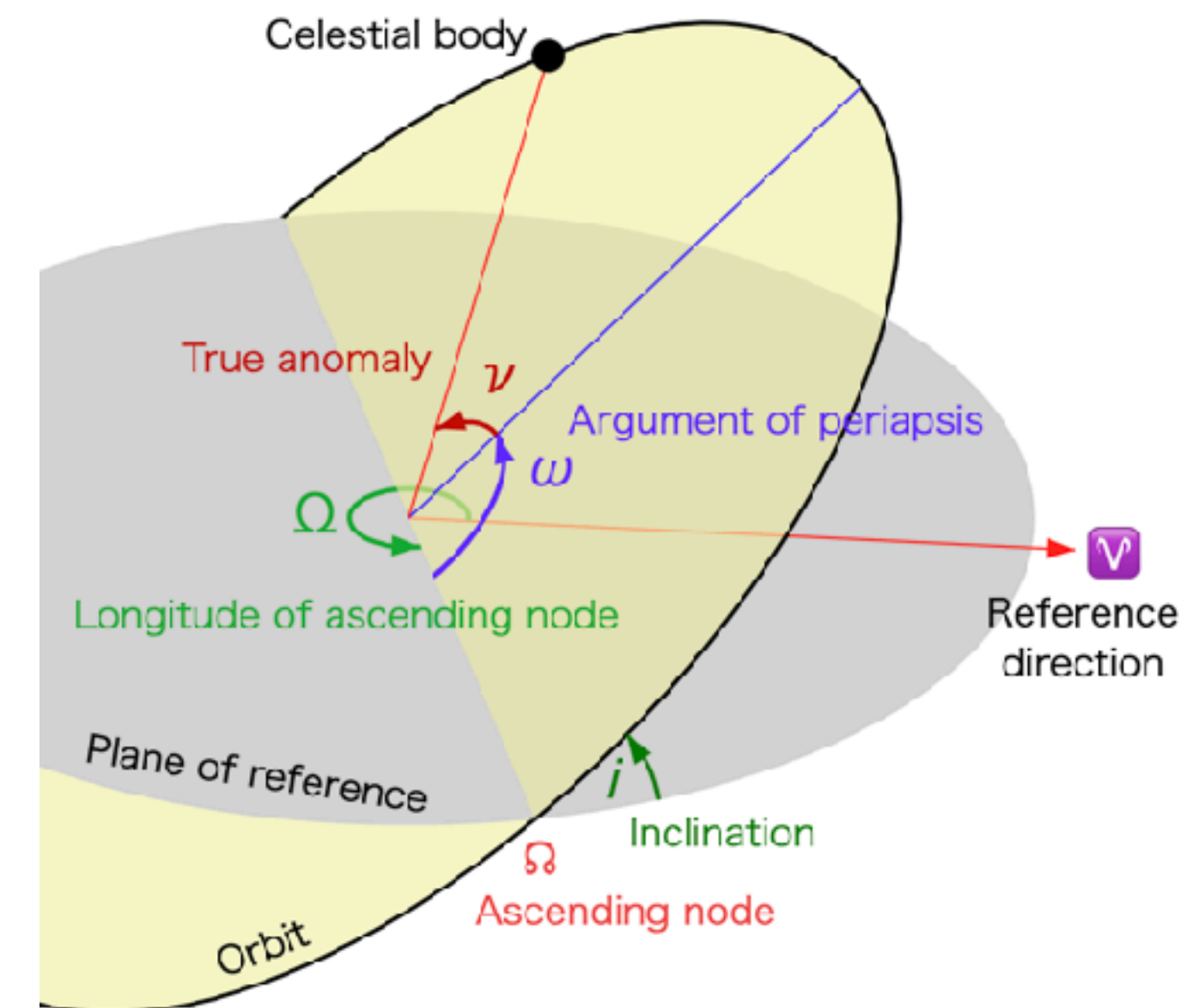
多数の連星⇒いくつかのBH



Gaia DR3の公開データ



- 軌道要素のみ公開
- 重心位置・速度
- 周期、軌道長半径、離心率、軌道傾斜角、昇交点経度、近点引数、近点通過時刻

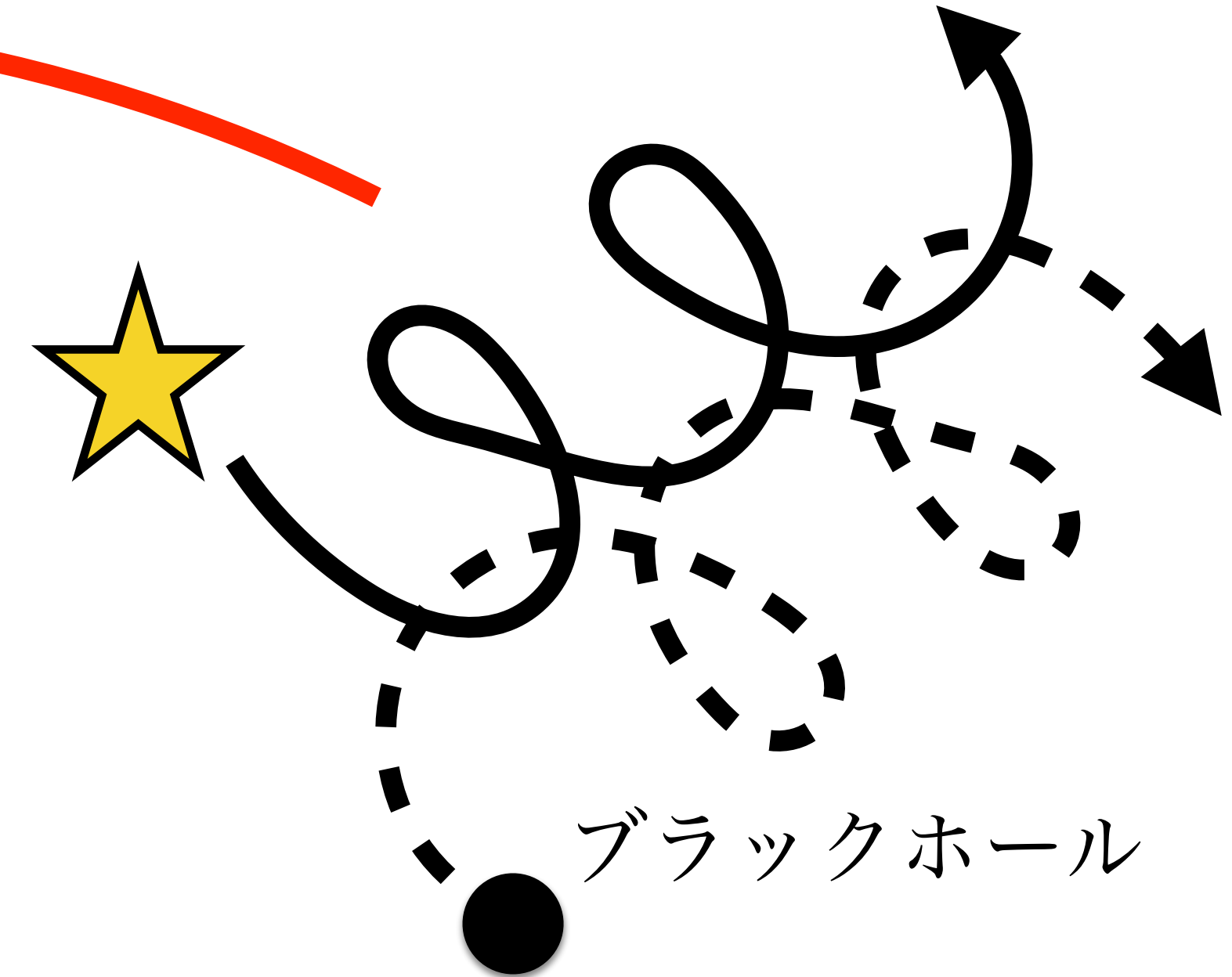


2つの独立したブラックホール質量の推定

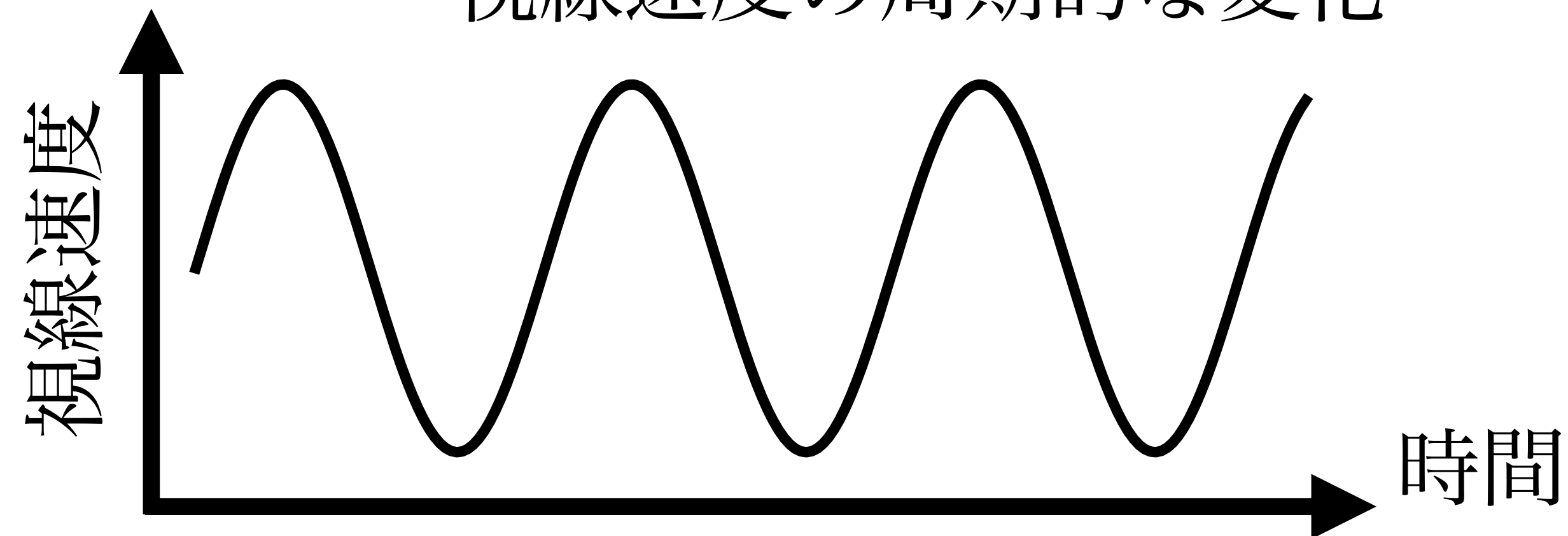
$$f_{\text{m,astro}} = 1 \left(\frac{\hat{a}}{\text{mas}} \right)^3 \left(\frac{\varpi}{\text{mas}} \right)^{-3} \left(\frac{P}{\text{yr}} \right)^{-2} [M_{\odot}]$$

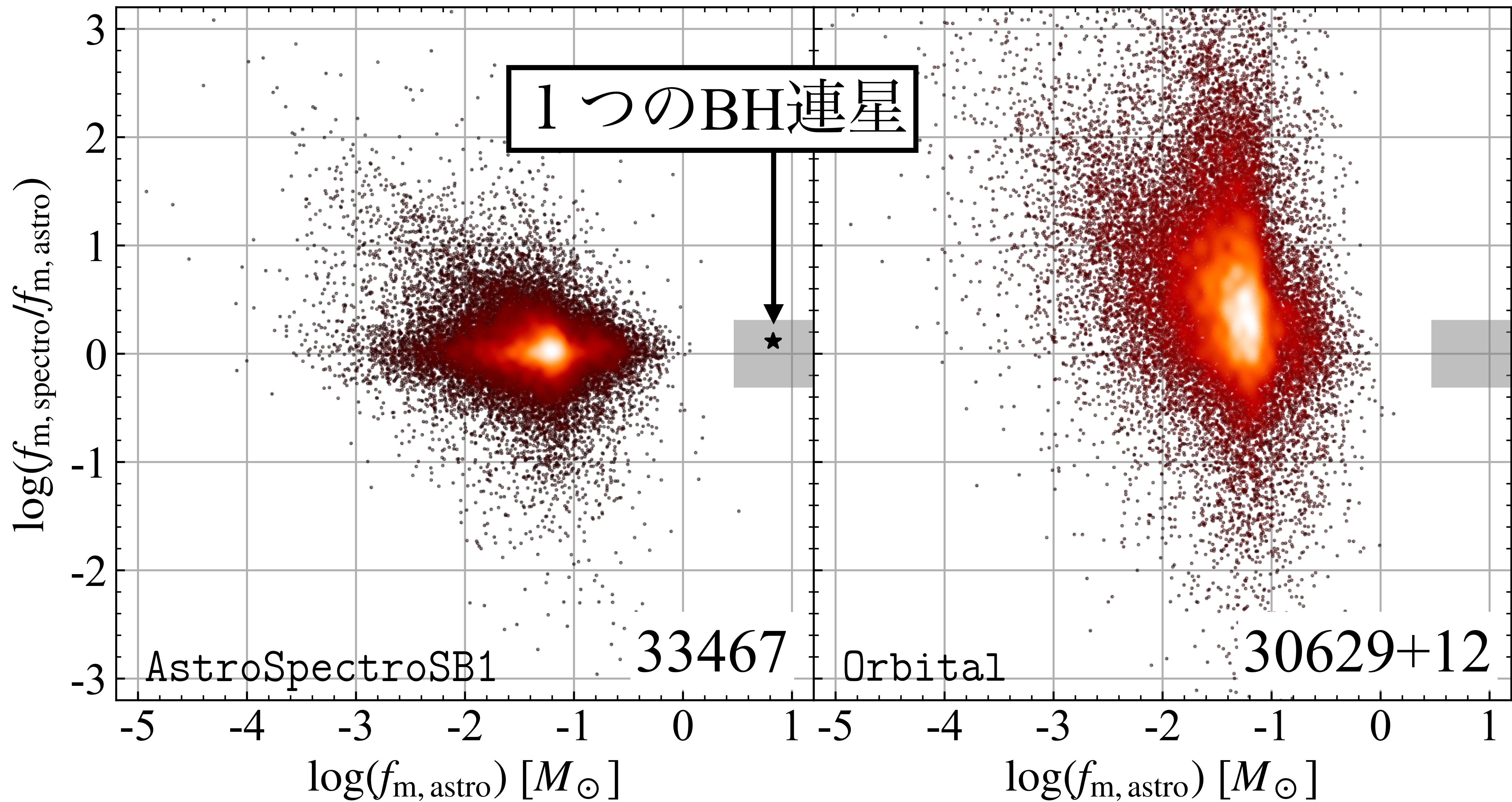
$$f_{\text{m,spectro}} = 3.8 \times 10^{-5} \left(\frac{K_1}{\text{km s}^{-1}} \right)^3 \left(\frac{P}{\text{yr}} \right) (1 - e^2)^{3/2} \sin^{-3} i [M_{\odot}]$$

- $f_{\text{m,astro}} \geq 3M_{\odot}$
- $f_{\text{m,astro}} \sim f_{\text{m,spectro}}$



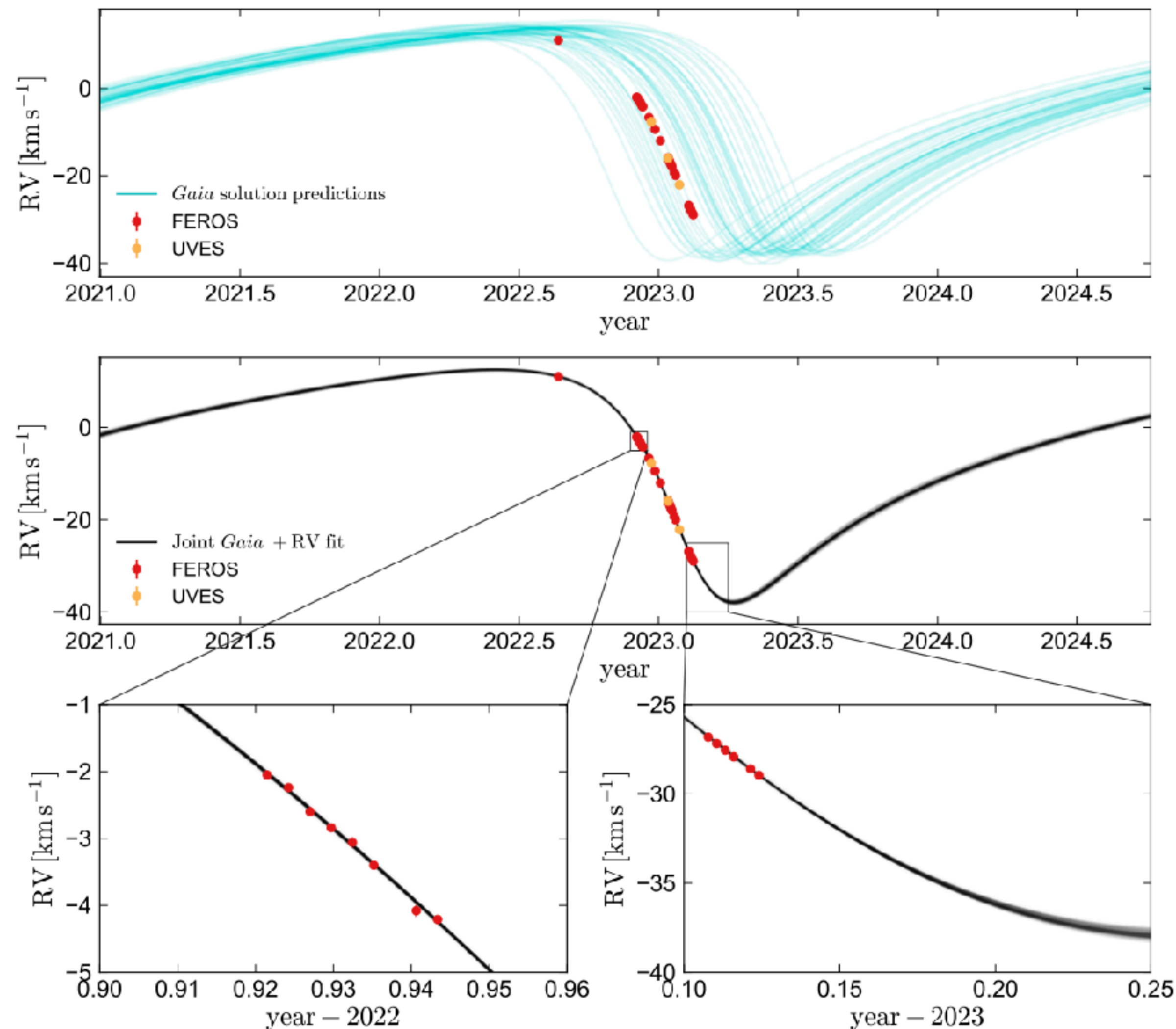
視線速度の周期的な変化





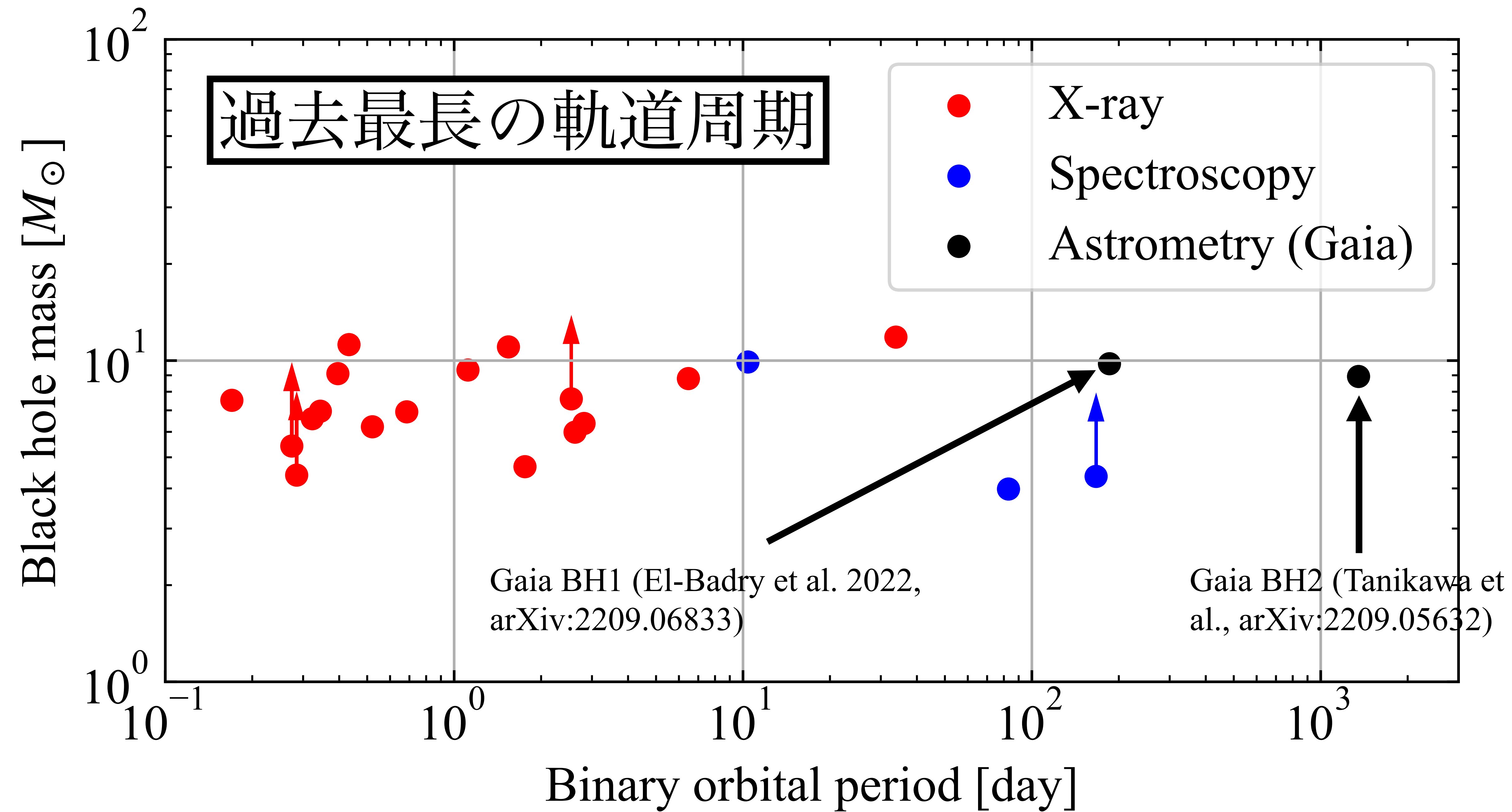
Tanikawa et al. (2023, ApJ, 946, 79)

Gaia BH2 として確定 (El-Badry+23)

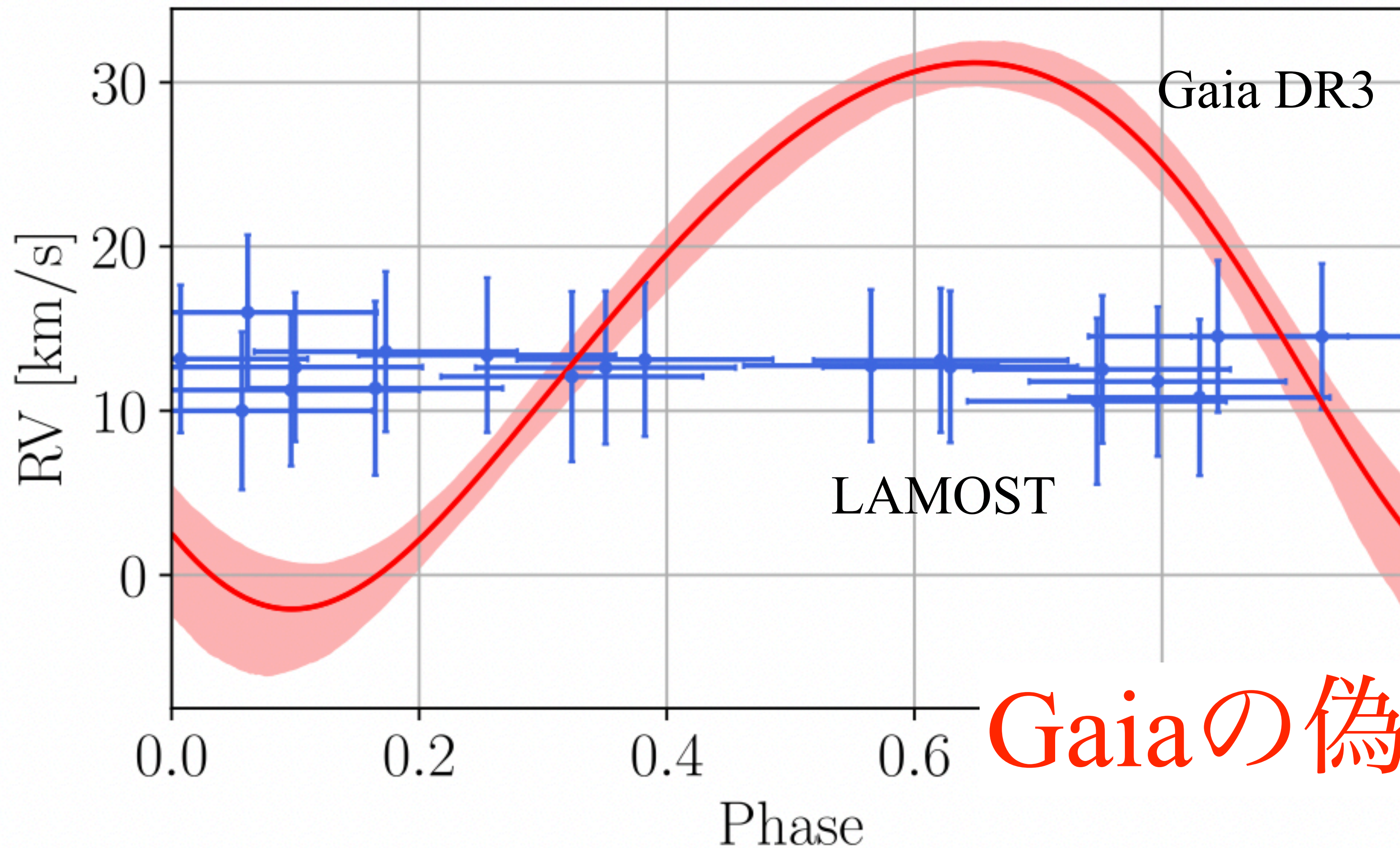


【注意】

- ~~BH-BH~~の親星 (主星質量は $1M_{\odot}$)
- Gaia DR3にはBH-BHの親星なし
- Gaiaの周期 $10^2 - 10^4$ 日のコンパクト連星の探査能力を証明

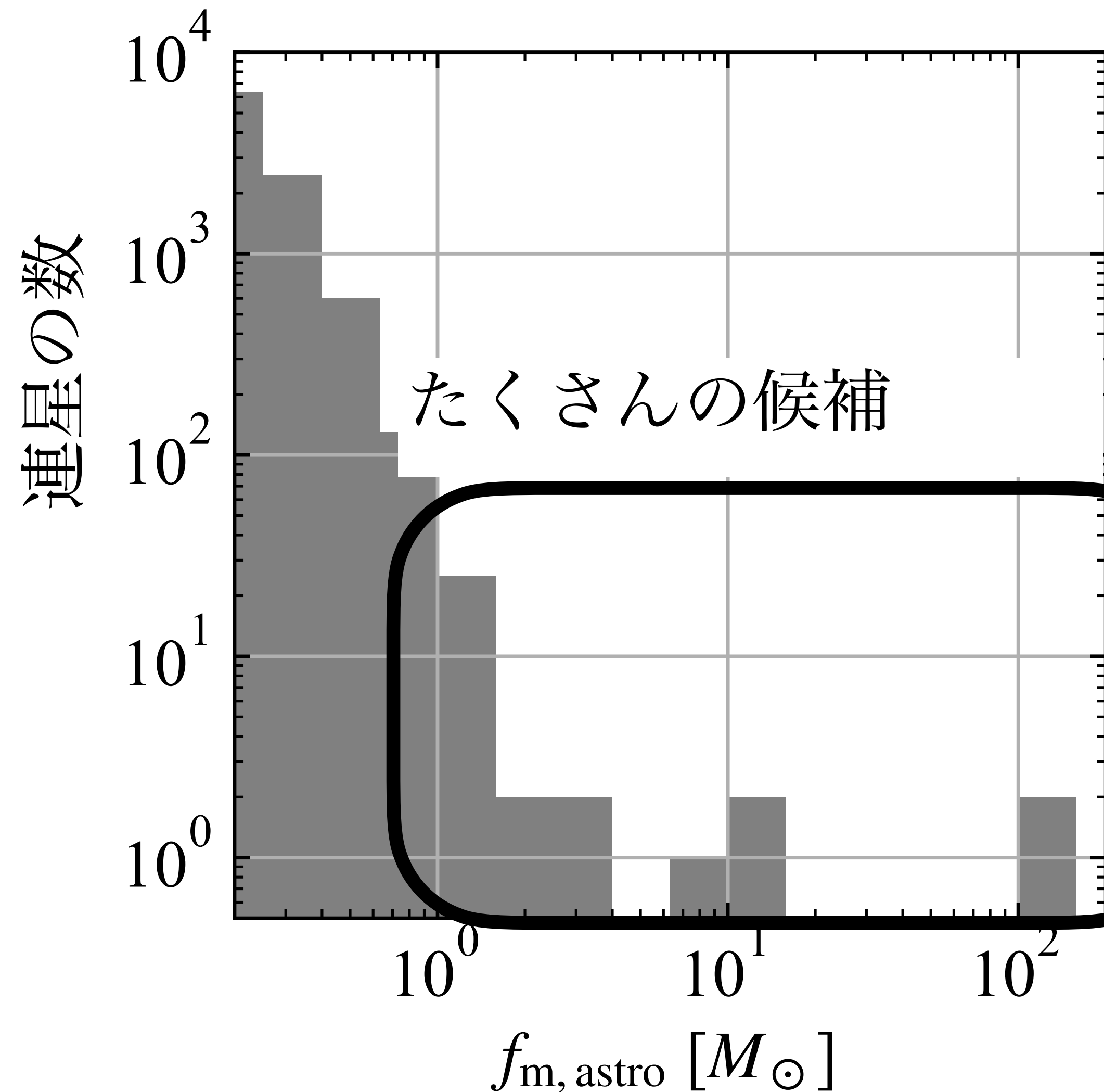


追観測の必要性



Gaiaの偽陽性

その他のコンパクト連星候補



せいめい望遠鏡@岡山



なゆた望遠鏡@兵庫



追観測

まとめ

- Gaiaによって**軌道周期 $10^2 - 10^4$ 日のコンパクト連星探査**が容易に
- コンパクト連星候補を**せいめいGAOES-RV（観測中）となゆたMALLS（申請中）**で追観測
- 未開拓のパラメータスペースであるため発見自体に意義
- Gaia DR4でBH-BHや連星中性子星の親星の発見へ