# “Fast-moving stars around an intermediate-mass black hole in ω Centauri”

GAゼミ@20240823 林航平

Häberle, et al. 2024, Nature (arXiv:2405.06015)

【アブスト】
HST20年分の観測データを用いて球状星団ωケンタウリに属する星の固有運動を求めたところ、球状星団中心付近(~0.08pc)に7つの高速度星を発見した。これらの星は、球状星団の脱出速度を大きく超える速度を持つことから、ブラックホールに束縛された星であると考えられる。また力学解析からそのブラックホール質量の下限値が8200太陽質量程度であると見積もられる。したがって球状星団に中間質量ブラックホールが存在する可能性を示唆している。

【ゴール】
近傍の中間質量ブラックホールの発見とその性質を明らかにする

【オリジナリティ】
HST20年分のデータを用いて星の固有運動を求めた。

【ロジック】

◆ **Data & Sample selection**

- HST20年以上の観測データがある星のみ使用。固有運動エラーが0.194mas/yr (~5km/s)以下で、線形フィッティングの換算$\chi^2$<10（図１）。
- CMD上にある星のみ（図２）。PSF fit（図３）の精度も(B,G除いて)良い（B,Gは近くに明るい天体がある）。
- 視線速度データはS/Nが足りず使用しない。
- 結果、中心付近(~3arcsec)に７つの高速度星を発見（図４）。

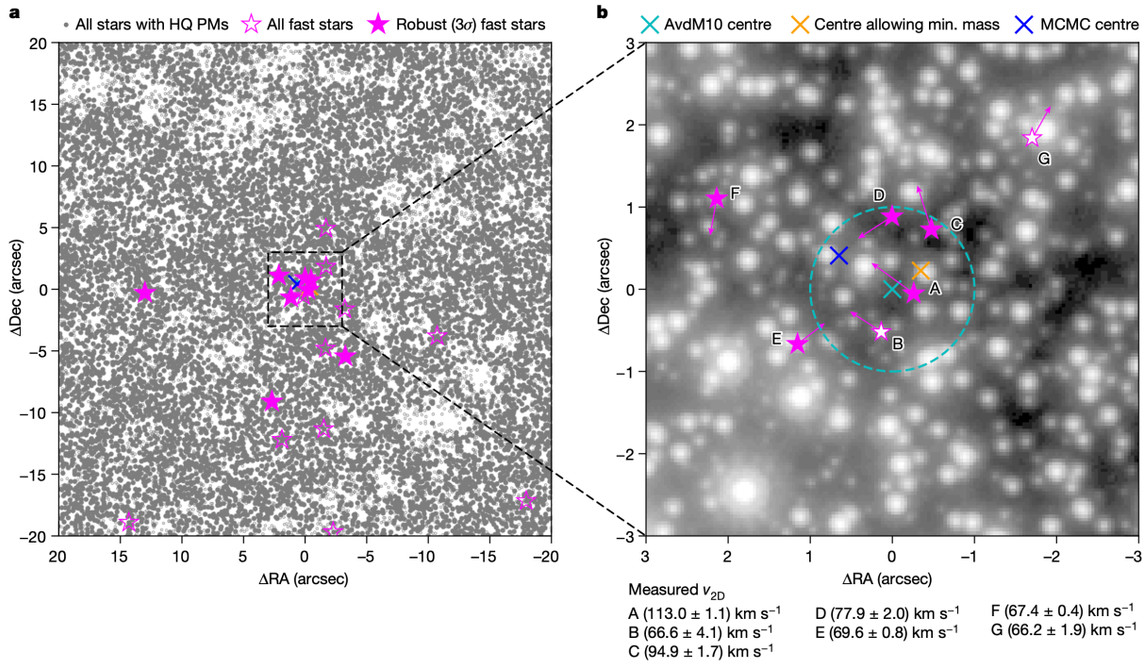
◆ **銀河系ハロー星の可能性**

- Besancon modelを用いてωケンタウリ周りのCMD上にありかつ固有運動が2.41mas/yr (脱出速度程度)以上のハロー星の平均密度を計算（図５）。
- 観測範囲全体の平均密度とBesancon modelから算出した平均密度が一致。つまりbackground levelは銀河系ハローのコンタミとコンシステントである。
- 星団中心付近で密度超過があり、７つの高速度星がコンタミである可能性は３σで排除できる。

◆ **脱出速度とブラックホール質量推定**

- 表面輝度分布を用いた方法（図６）。tidal radius=74.6 pc, D=5.43 kpc, M/L=2.4で脱出速度を計算。
- これを用いてBHの下限値と位置を計算（図７）。BH下限値は右式から得られる。 $M_{\rm BH} > \sqrt{\left(\frac{v_{\rm 3D}^2 r_{\rm 3D}}{2G}\right)^2 - v_{\rm esc,cluster}^2} \geq \sqrt{\left(\frac{v_{\rm 2D}^2 r_{\rm 2D}}{2G}\right)^2 - v_{\rm esc,cluster}^2}$
- 下限値は8200太陽質量で、表面輝度分布中心から少しずれた場所にある。

**図４**



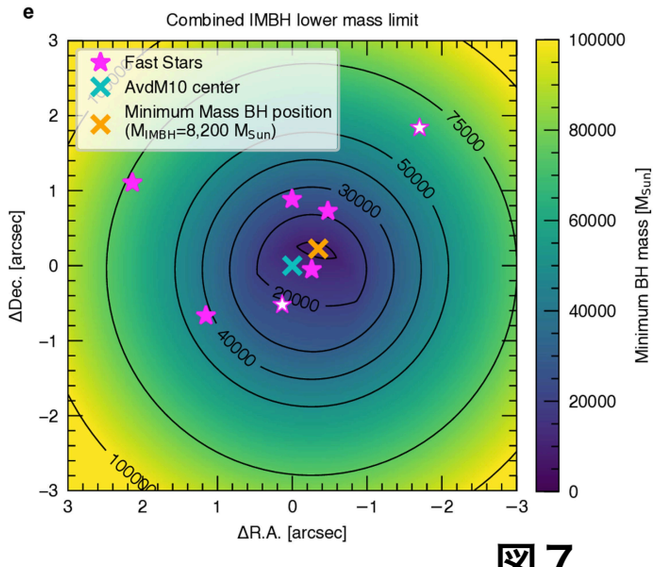




**図７**

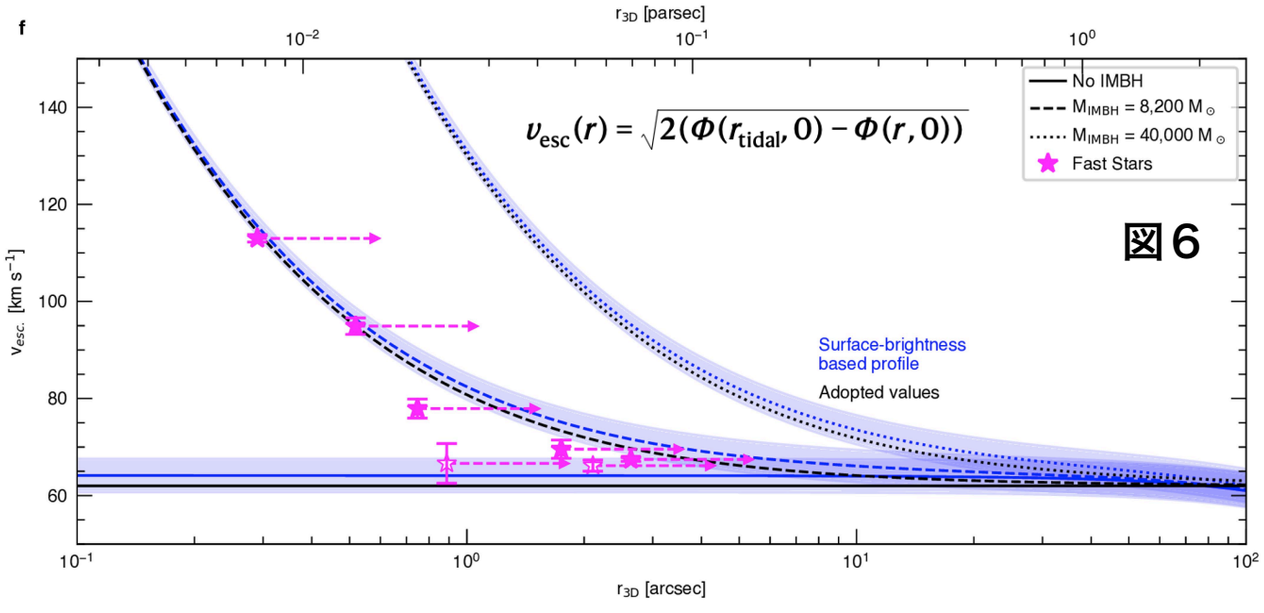



**図６**

【コメント＆感想】

- N体計算も使ってBH質量推定もしている。
- 視線速度データが得られればBH質量により強い制限が得られる。
- ３次元空間分布もわかると尚良い。
- ωCentauriの形成過程との関係は？ダークマターは残っているか (e.g., Henriette, Bekki, KH 2020)？
- 他の球状星団や矮小銀河にも普遍的に存在しているのか？
- 星形成矮小銀河ではIMBHが見つかっている (Mezcua & Sanchez 2020)

図1

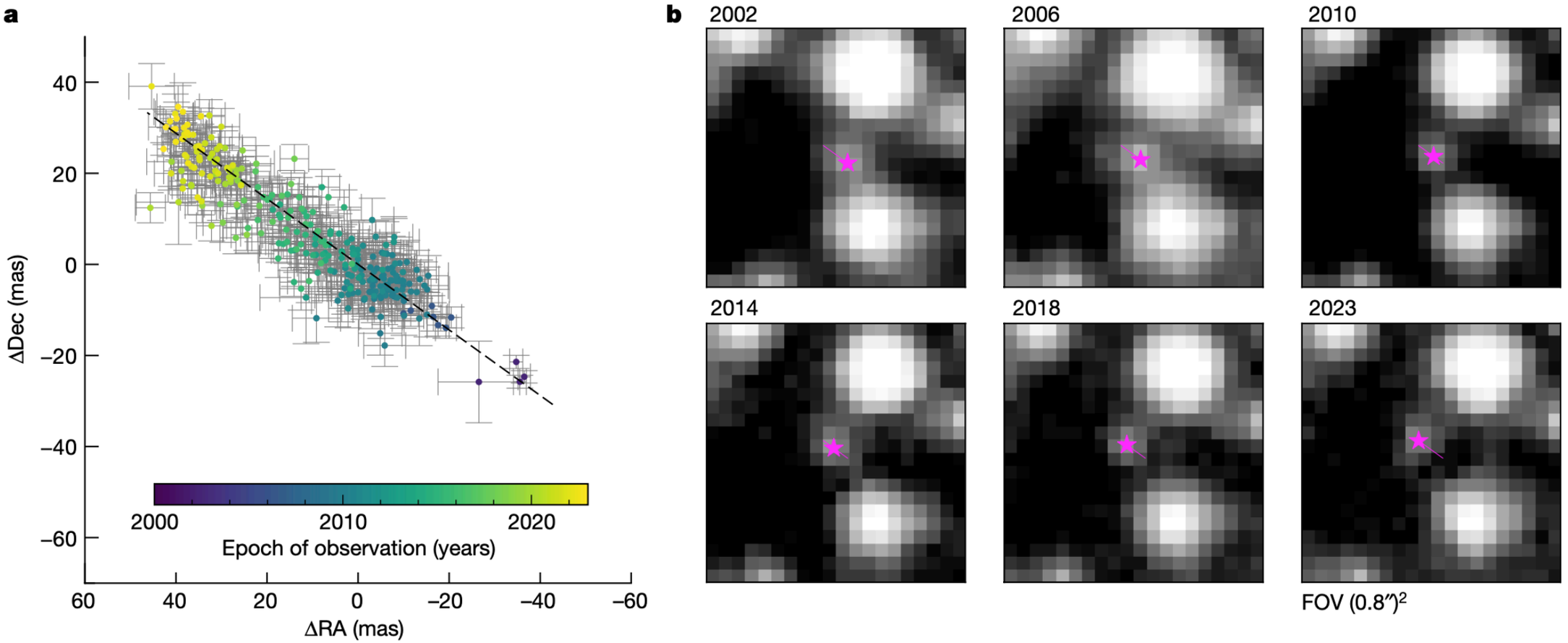

a
ΔDec (mas)
ΔRA (mas)
Epoch of observation (years)
2000
2010
2020
b
2002
2006
2010
2014
2018
2023
FOV (0.8″)²

図2

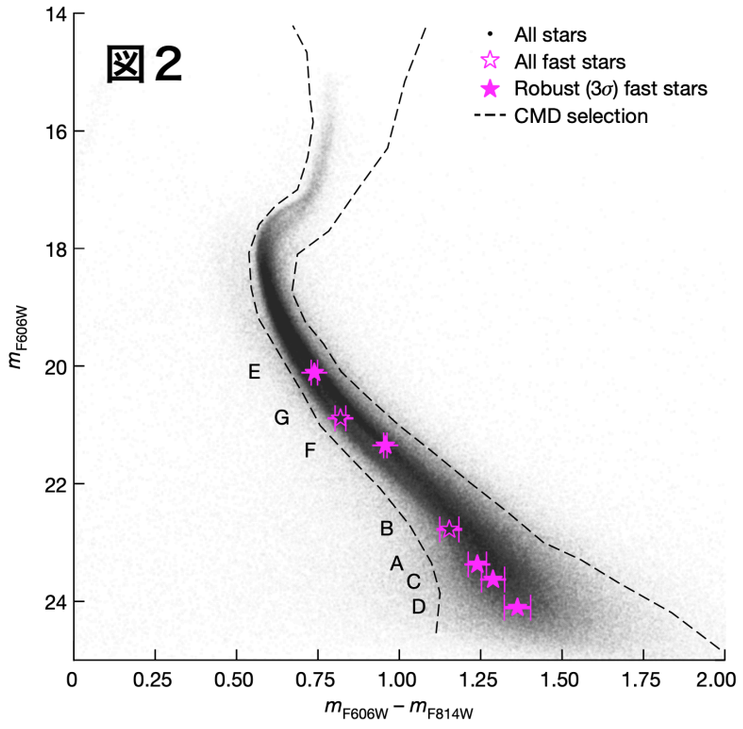

All stars
All fast stars
Robust (3σ) fast stars
CMD selection
E
G
F
B
A
C
D
$m_{F606W}$
$m_{F606W} - m_{F814W}$

図3

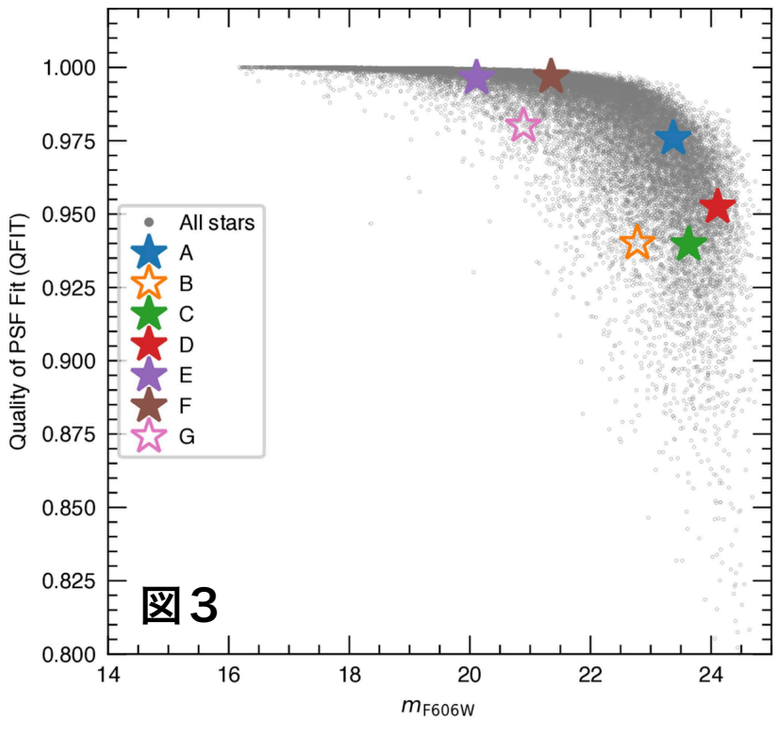
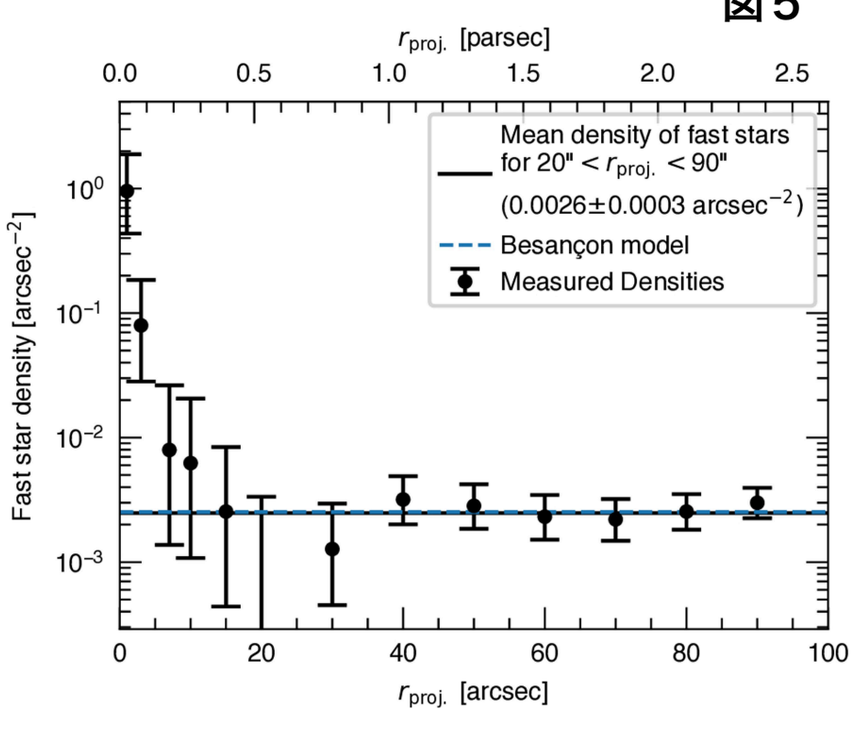

All stars
A
B
C
D
E
F
G
Quality of PSF Fit (QFIT)
$m_{F606W}$

図5


$r_{proj.}$ [parsec]
Mean density of fast stars
for 20" < $r_{proj.}$ < 90"
(0.0026±0.0003 arcsec$^{-2}$)
Besançon model
Measured Densities
Fast star density [arcsec$^{-2}$]
$r_{proj.}$ [arcsec]