“A Supermassive Black Hole in a Diminutive Ultracompact Dwarf Galaxy Discovered with JWST/NIRSpec+IFU”, Taylor et al. 2025 (ApJL, 991, L24, 8, 2025)

GAゼミ@20251127 林航平

【アブスト】

JWST搭載のNIRSpec+IFUデータを用いて、おとめ座銀河団にあるultra compact dwarf galaxy (UCD)のUCD736の動力学解析を行ったところ、このUCDには $M_{\rm BH} = 2.1 \pm 1.1 \times 10^6 M_\odot$のブラックホールが中心に存在することを示唆した。このBH質量は星質量に対して~8%を占める。massive BHがUCDに存在することは、UCDは球状星団起源ではなく、 $\sim 10^9 M_\odot$級の矮小銀河の核が tidal stripping を受けて残ったものというシナリオを強く支持する。

【ゴール】

UCDの起源と形成シナリオ

【オリジナリティ】

NIRSpec+IFUを用いてUCDの分光観測から得られる速度情報から、massive BHの存在を示唆した。

【ロジック】

観測＆データ解析

- Virgo Cluster領域にあるUCD736（図１）についてHST ACS/WFC (pixel scale < 4pc)の測光データとJWST NIRSpec+IFU(R~2700, $\Delta v_r \approx 47\,\mathrm{km\,s^{-1}}$)の面分光データを取得。
- Light profileはMulti Gaussian expansionを用いてfitting。
- Gauss-Hermiteで展開したLine-of-sight velocity distribution (LOSVD)をintegrated lightの速度データからPPXFを用いてfitting。速度分散(σ)やKurtosis(h_4)の値を推定。銀河の外側はS/Nを稼ぐためにbinningしている（図２）。Fittingの際、PHOENIXのsynthetic spectraを用いている。

動力学解析（３つの方法）

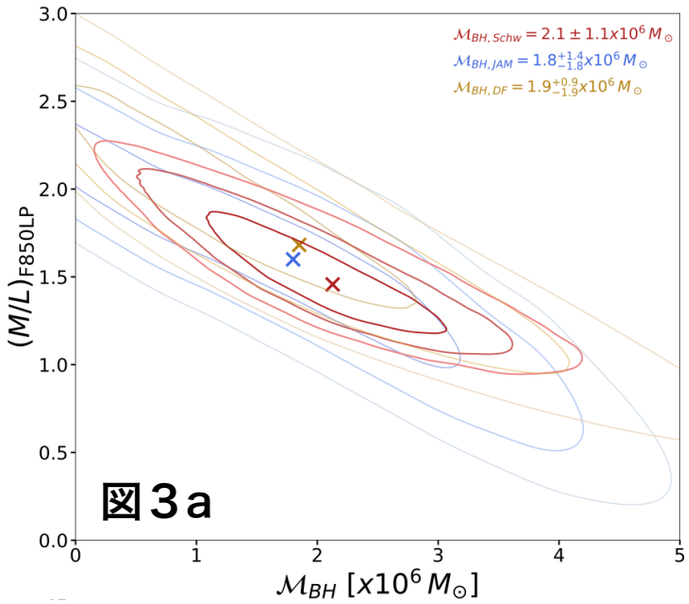
- **ダークマター成分は考えない**（潮汐効果で全て剥ぎ取られた）ので、パラメータは**BH massとconstant stellar M/L** と非等方性パラメータ (Jeans解析、DF解析のみ)。

1. Schwarzschild modeling by AGAMA with BH (Plummer potential with 10^-4 pc as scale radius)
2. Jeans Anisotropic Modeling (JAM)
3. 分布関数 $f(E, L)$ での解析

- 結果は図３と表２。(3a)はM/LとBH massのパラメータ推定。縮退が生じているがSchwarzschild modelingの結果では3sigmaでM_BH=0を棄却している。
- (3b),(3c)は速度分散とh_4 profileのfitting結果。 No black hole (黒破線)だと内側の観測値（灰色破線）を再現できない。
- 表２が各パラメータ推定値。Schwarzschildでは$M_{\rm BH} = 2.1 \pm 1.1 \times 10^6 M_\odot$という結果となった。

【コメント＆感想】

- ダークマター成分を考えなくて本当に良いのか。
- UCDの起源としてtidally stripped nucleated galaxy と massive globular cluster起源がある。他には考えられないか？high-zでのlittle red dotとの関連は？
- ωCenもUCDの部類に入る？



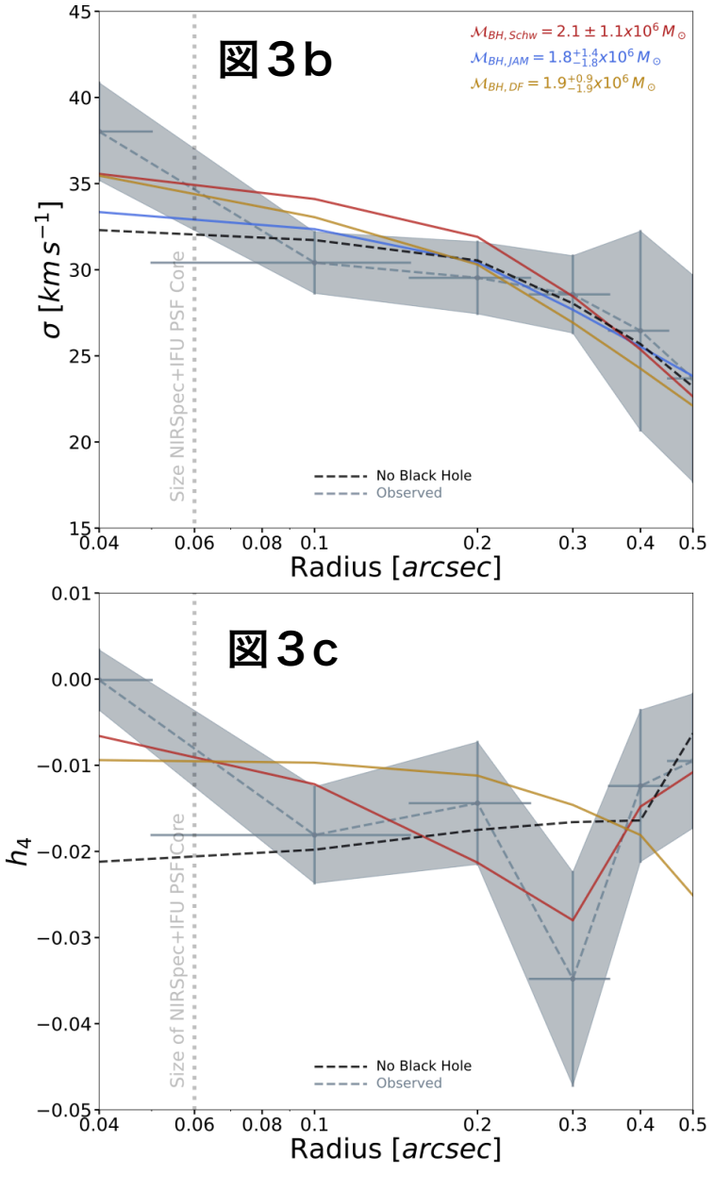


Table 2
BH Modeling Results

Technique	$\mathcal{M}_{BH}$ ($\times 10^6\,M_\odot$)	$(M/L)_{\rm F850LP}$ ($M_\odot/L_\odot$)	$f_{\rm BH}$ (% $\mathcal{M}_\star$)
Schwarszchild	2.1 ± 1.1	1.45 ± 0.15	8.4 ± 4.4
JAM	$1.8^{+1.4}_{-1.8}$	1.60 ± 0.20	$7.2^{+5.6}_{-7.2}$
DF	$1.9^{+0.9}_{-1.9}$	1.68 ± 0.20	$7.6^{+3.6}_{-7.2}$

Note. The uncertainties are $\pm 1\sigma$ statistical ranges; we do not include the small (7%) systematic uncertainty in distance.

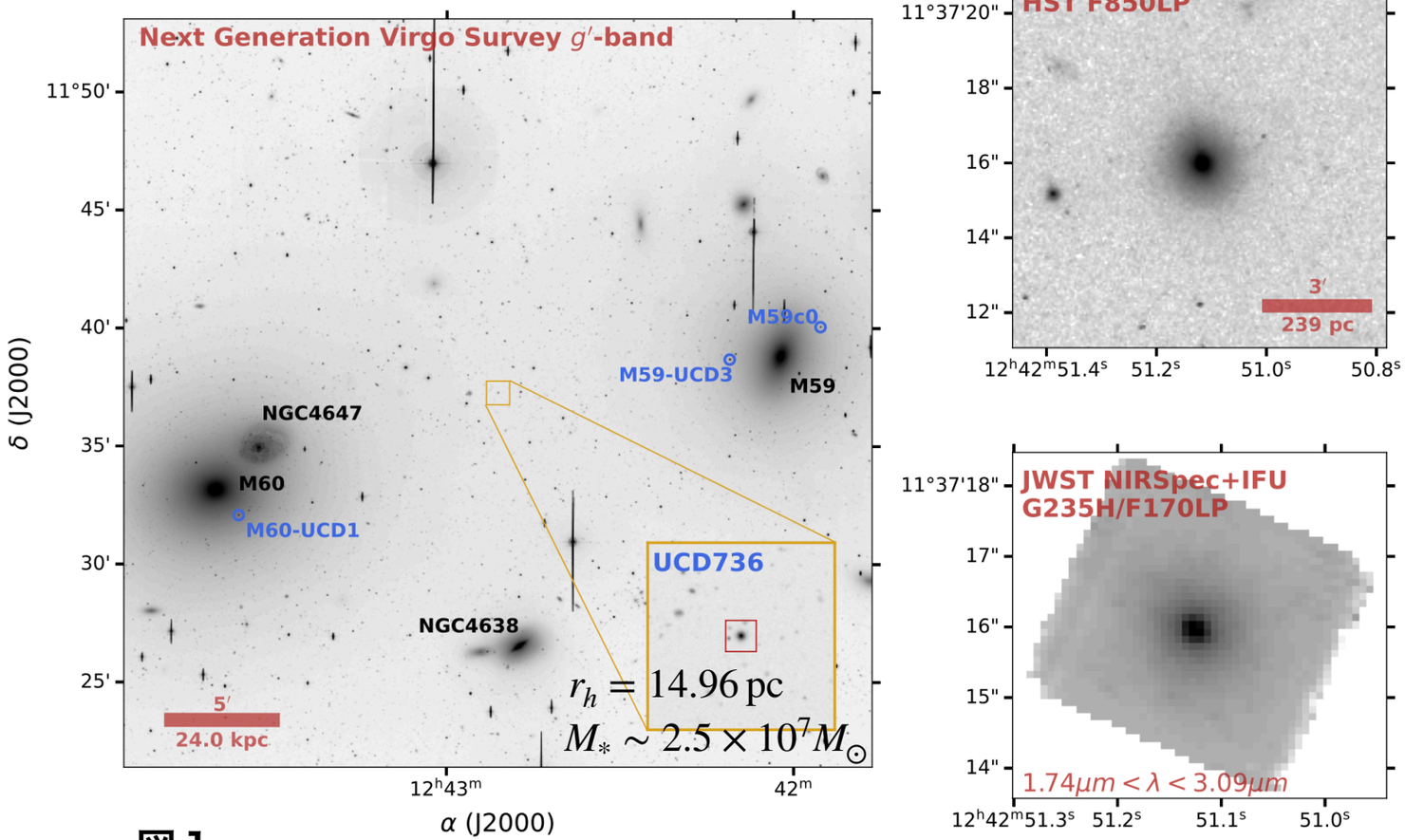

Next Generation Virgo Survey g′-band
11°50'
45'
40'
35'
30'
25'
δ (J2000)
12h43m
42m
α (J2000)
M59c0
M59-UCD3
M59
NGC4647
M60
M60-UCD1
UCD736
NGC4638
5′
24.0 kpc
$r_h = 14.96\,\mathrm{pc}$
$M_* \sim 2.5 \times 10^7 M_\odot$

図1

HST F850LP
11°37'20"
18"
16"
14"
12"
12h42m51.4s
51.2s
51.0s
50.8s
3′
239 pc

JWST NIRSpec+IFU
G235H/F170LP
11°37'18"
17"
16"
15"
14"
12h42m51.3s
51.2s
51.1s
51.0s
1.74μm < λ < 3.09μm

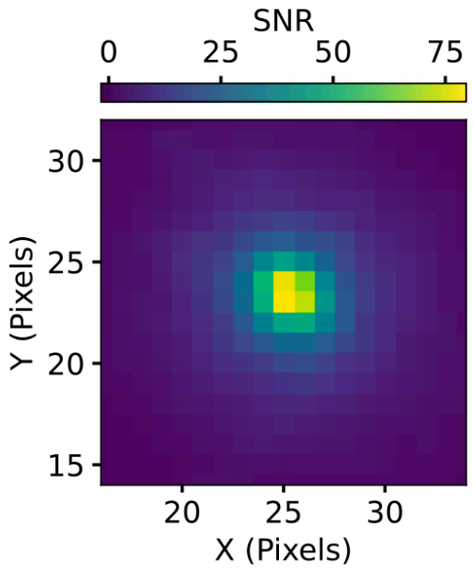
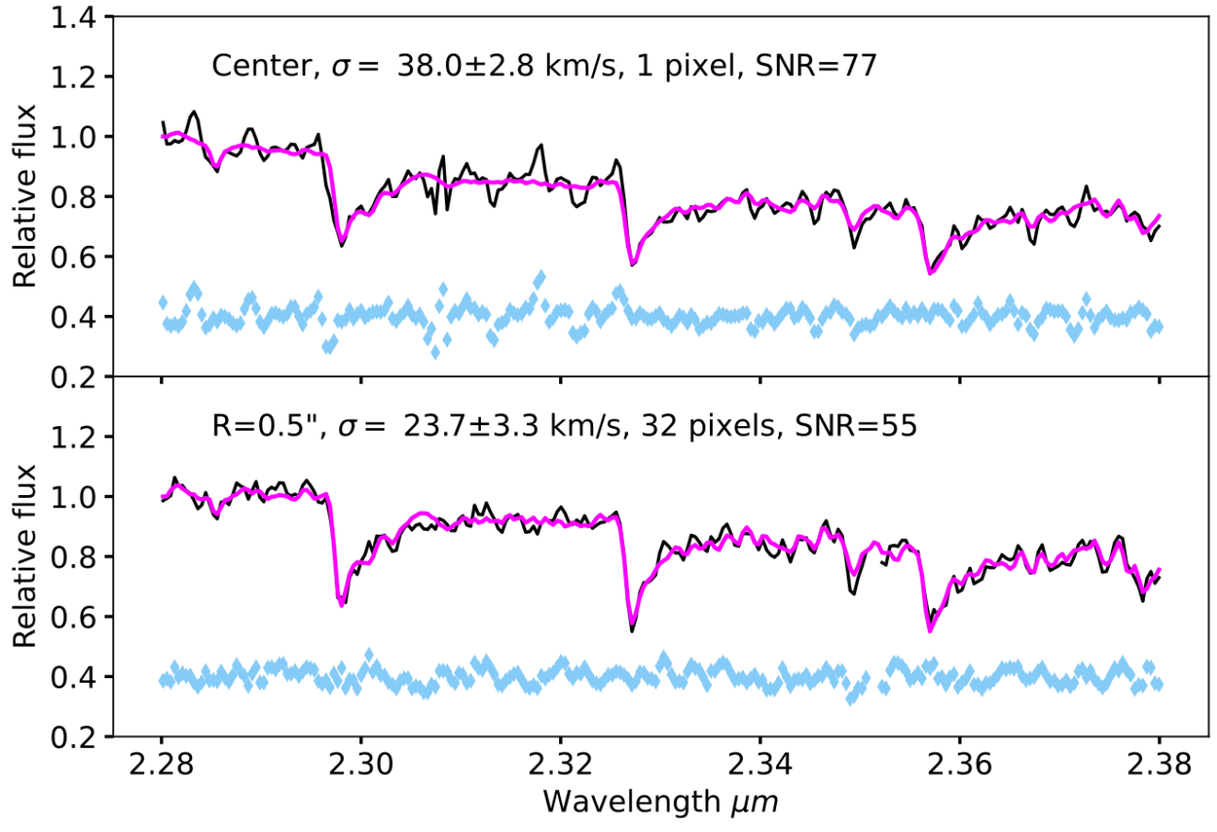

SNR
0
25
50
75
Y (Pixels)
X (Pixels)

図2


Center, σ = 38.0±2.8 km/s, 1 pixel, SNR=77
R=0.5", σ = 23.7±3.3 km/s, 32 pixels, SNR=55
Relative flux
Wavelength μm