A physically motivated definition for the size of galaxies in an era of ultra-deep imaging / Are ultra-diffuse galaxies Milky Way-sized?

Trujillo, Chamba and Knapen arXiv:2001.02689v1, / Chamba, Trujillo and Knapen, arXiv: 2001.02691v1

[Abstract] 1本目) 銀河外縁部の暗い構造を考慮に入れてサイズを評価できるように、 半径 R_1@1M_{sun}/pc^2を新しく定義した。 星が形成されるガス密度の閾値をもとにしており、一般的なeffective radiusや$R_{23.5,i}$、R_Hなどよりも星質量–サイズ関係の分散は小さくなる。
2本目) R_1を用いて、近傍の矮小銀河(dwarf)とUltra Diffuse Galaxies (UDG), MW-like銀河を比較したところ、UDGはdwarfの分布範囲に収まり、平均してMW-likeより1/10の大きさだった。銀河の光度分布に影響を受けるような半径(eg. R_e)をもとにしたこれまでの比較では、UDGの性質をミスリードしていた。

[Goal] 様々な銀河の性質を、”サイズ”を手掛かりに理解する。

[Originality] 銀河の物理過程(=ここでは星形成)を反映するような新しい半径の定義R_1を導入した。

[Logic] 星が生まれるガス密度の閾値は、理論的にはΣ_c~3-10M_{sun}/pc^2、実際の変換効率も考慮して、星密度$\Sigma_\star$~1M_{sun}/pc^2となる銀河中心からの距離R_1を定義。

luminosity profile + M/L based on (g-r) -> stellar mass profile -> R_1 (例:図1)

図2: IAC stripe82中の1005の近傍銀河。星質量とR_1は、R_eの場合よりタイトな関係(0.06dex vs 0.15dex)を示す(上図)。mass-R_1関係でdwarfとS-Im (10^7-$10^{11}M_{sun}$)は、同じpower low(β=0.35)に乗るが、>$10^{11}M_{sun}$のE-S0ではβ=0.58(下図)。
巨大楕円銀河はhigh-zで爆発的な星形成(>1000M_{sun}/yr)を経験しているので、R_1よりも大きな閾値が適する可能性がある。(矮小銀河も逆に小さな値が適切？)

図3: 星質量がほぼ同じUDGとdwarfの光度と星質量profile。光度の中心集中度によってR_eが大きく変わるのに対し、R_1は銀河の”edge”を捉えることができている。

図4: R_eでUDGはMW-likeとdwarfの間に分布する(左)のに対して、R_1を使うとMW-likeは平均でUDG/dwarfの10倍大きい(右)。UDGはdwarfに比べて中心の明るいコアがないので、R_eを用いると過大評価され“銀河系と同じサイズの銀河”とされてしまう。

[Comment] isophoteで評価するR_HやR_{25}のdeep survey版として有用かもしれないが、limiting-magnitudeの異なるdata setでの比較は難しそう。

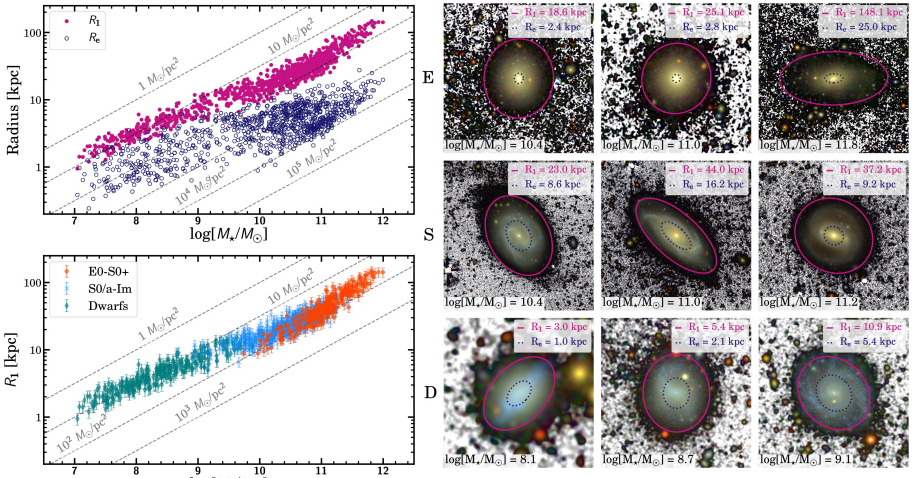


図2. 銀河の星質量-サイズ関係

図1. 様々な星質量/タイプの銀河のR_eとR_1

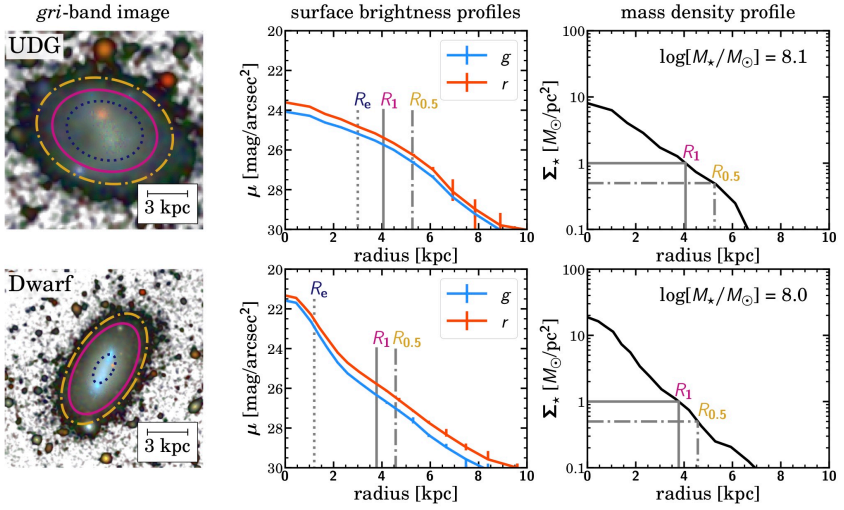


図3. UDGと矮小銀河のradial profileの例

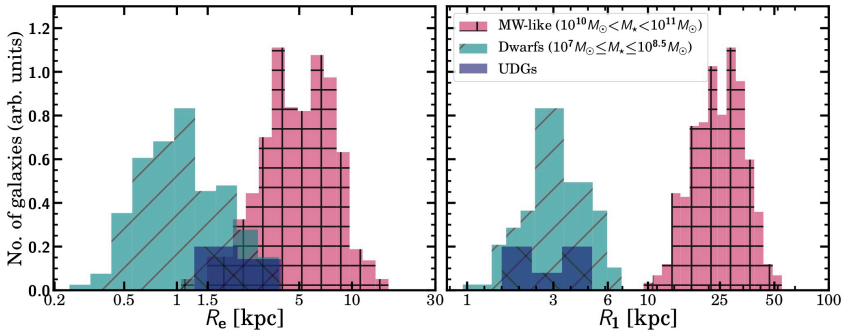


図4. MW-like, 矮小銀河, UDGのサイズ分布

A physically motivated definition for the size of galaxies in an era of ultra-deep imaging / Are ultra-diffuse galaxies Milky Way-sized?

Trujillo, Chamba and Knapen arXiv:2001.02689v1, / Chamba, Trujillo and Knapen, arXiv: 2001.02691v1

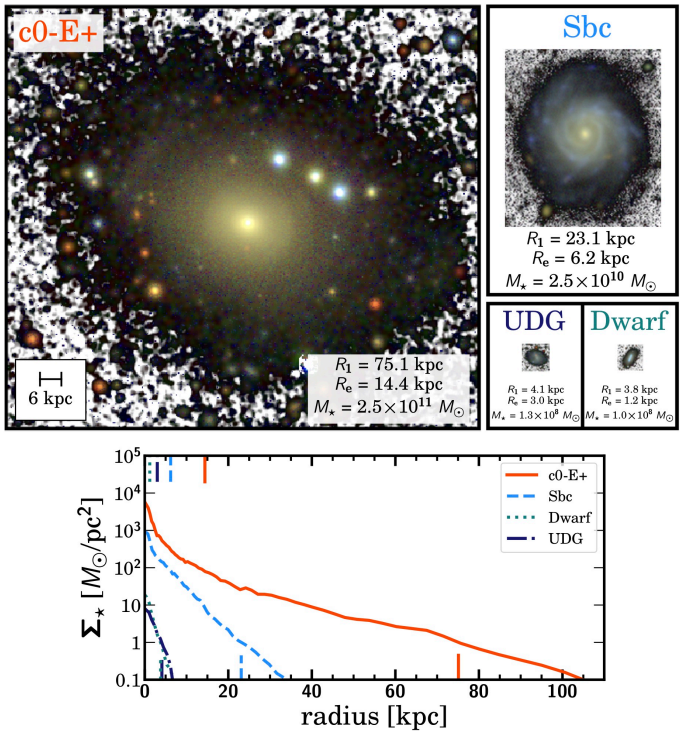


図5. 様々な銀河の比較

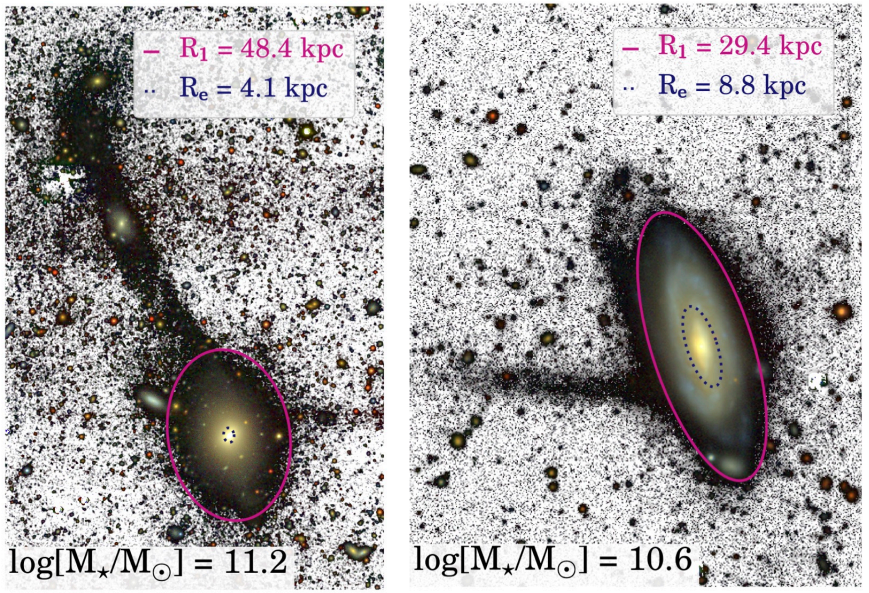


図6. 相互作用中の銀河のR_eとR_1

JID	R.A. (deg)	Dec (deg)	q	PA (deg)	TType	R_c (kpc)	$R_{c,M_\star}$ (kpc)	$R_{23.5,i}$ (kpc)	R_H (kpc)	R_1 (kpc)	Log($M_\star/M_\odot$)
J010301.72-010639.46	15.75723	-1.11113	0.88	95.0	-2	2.45	3.67	7.94	11.67	18.56	10.38
J005753.69-004852.90	14.47382	-0.81479	0.96	120.0	-2	2.78	4.47	12.41	17.27	25.08	11.03
J000150.32+010155.24	0.45973	1.03172	0.49	179.0	-5	24.99	29.13	46.05	71.98	148.12	11.82
J003934.82+005135.83	9.89529	0.85979	0.71	61.0	5	8.64	7.70	16.39	20.87	23.01	10.37
J012223.77-005230.73	20.59913	-0.87523	0.44	42.0	4	16.17	9.65	32.27	44.35	44.04	10.96
J021219.69-004841.46	33.08210	-0.81153	0.89	37.0	0	9.18	5.90	23.68	32.61	37.17	11.24
J021808.12+004529.8	34.53385	0.75830	0.64	133.0	-99	1.00	1.49	1.79	2.86	2.97	8.05
J233646.86+003724.2	354.19526	0.62341	0.86	88.0	-99	2.13	2.38	2.58	4.44	5.44	8.65
J010607.19+004633.5	16.52997	0.77599	0.84	48.0	-99	5.43	5.21	4.14	10.87	10.91	9.10
J235618.80-001820.17	359.07860	-0.30583	0.71	99.0	-3	4.11	5.08	16.70	26.56	48.39	11.15
J024331.30+001824.49	40.88040	0.30676	0.36	108.0	3	8.82	5.72	22.89	30.75	29.43	10.57

表1. 銀河の様々な半径

Name	R.A. (deg)	Dec (deg)	q	PA (deg)	R_c (kpc)	R_1 (kpc)	R_H (kpc)	Log($M_\star/M_\odot$)
DF44	195.24167	26.97638	0.69	60.0	3.31	4.34	3.33	8.16
[KKS2000]04	40.44500	−8.40258	0.87	40.0	1.30	2.62	1.69	7.86
UGC2162	40.09625	1.22917	0.77	25.0	2.23	2.22	2.91	7.58
UDG-B1	50.08800	−1.17000	0.46	95.0	3.93	4.11	6.94	7.90
UDG-B3	49.96000	−0.85500	0.86	41.0	3.26	4.91	5.17	8.41
UDG-B2	9.60000	1.10600	0.50	7.0	1.76	1.92	3.28	7.29
UDG-B4	9.88900	1.11500	0.67	107.0	1.49	2.25	2.57	7.51
UDG-B5	9.96900	0.38300	0.75	15.0	2.95	4.06	4.64	8.11
UDG-R1	9.97400	0.80800	0.64	167.0	1.26	1.55	0.61	7.07
UDG-R4	9.76900	1.09900	0.63	10.0	1.52	1.61	1.22	7.30
UDG-R5	358.61600	0.32200	0.59	120.0	2.07	2.65	1.96	7.51
UDG-R6	358.49700	0.45400	0.73	30.0	1.78	3.95	2.55	8.03

表2. UDGの半径