The star formation histories of quiescent ultra-diffuse galaxies and their dependence on environment and globular cluster richness

GA-seminar Nov 29, 2023, 岡本桜子

Ferré-Mateu+2023 MNRAS, 526, 4735

[Abstract] 11個のquiescentなUltra Diffuse Galaxies (UDGs)を分光観測し、文献サンプルと合わせて、25個のUDGsの分光サンプルを作って恒星種族を調べた。得られた星形成史とα-enhancementには強い相関があり、短期間の星形成を経験したUDGsは銀河団の高密度環境にいて高い[α/Fe]を、星形成期間の長いUDGsは低い[α/Fe]を示した。多くのUDGsが近傍の矮小銀河と同様のscaling-relationsに従っている。球状星団を多く持つUDGsは年齢が中間~古い傾向があったが、これまでに報告されていたようなGC数と銀河の金属量に相関は見られなかった。一部のUDGsは、GC-rich/高いα元素組成/短い星形成期間をもち、z~2の銀河の質量-金属量関係にも近いことから、”failed-galaxies”の可能性がある。

[Goal] UDGsの形成を理解する。

[Originality] さまざまな環境のUDGsについて、文献サンプルと追加データを合わせて統計的に調べた。

[Logic] Keck II/KCWIの分光データに対して、spectral fittingと吸収線解析を実施して、年齢/金属量/α-enhancement ratioを算出、星形成史も求めた。11サンプルの平均は以下。

<t_M>=8.3±3.3Gyr,
<[M/H]>=-1.03±0.37dex,
<[Mg/Fe]>=+0.51pm0.32dex ([α/Fe]~0.32dex),

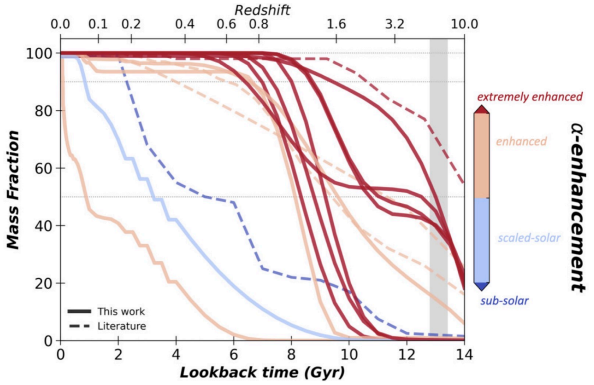


図1. 各UDGの星形成史

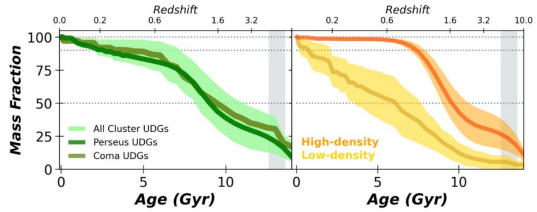


図2. UDGsの星形成史と環境

図1：星形成史とα-enhancement。再電離の時期に星形成を止めたUDGはないが、短い星形成期間を示すUDGsはα-enhancedしている。

図2：UDGsの属する銀河団と密度環境で分けた平均星形成史。ComaもPerseusも似たような質量進化を示している。高密度環境のUDGsの方が、低密度(field, group, cluster outskirts)のUDGsよりも早く星形成している。=> 降着時期の違いか。

図3：年齢-金属量ではdEとdSphの分布と一致。[Mg/Fe]-金属量ではGCやdSphと同様のenhancementを示す。質量-金属量では分散が大きいが、多くはLV銀河と同様。低金属量側の5つのUDGsはz~2での関係(dotted線)に近く、failed galaxyの可能性がある。

図A：銀河団内の位置-速度図からも、低質量で初期に降着した古いUDGsが、α-enhancedであることを示す。

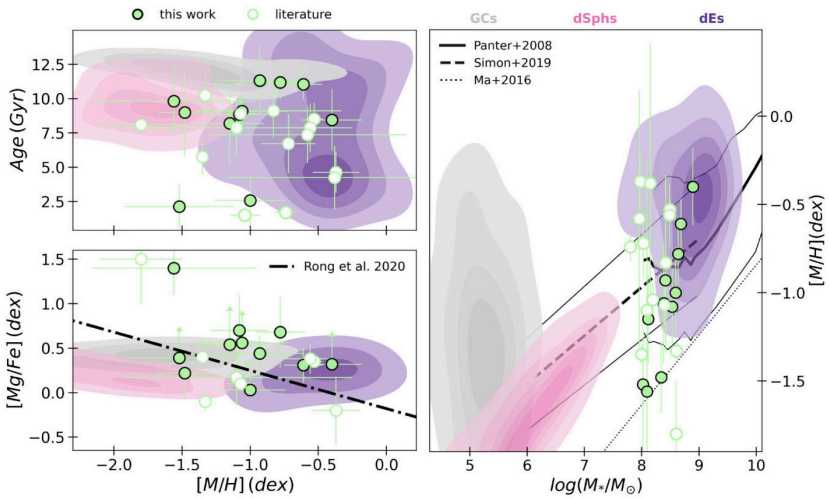
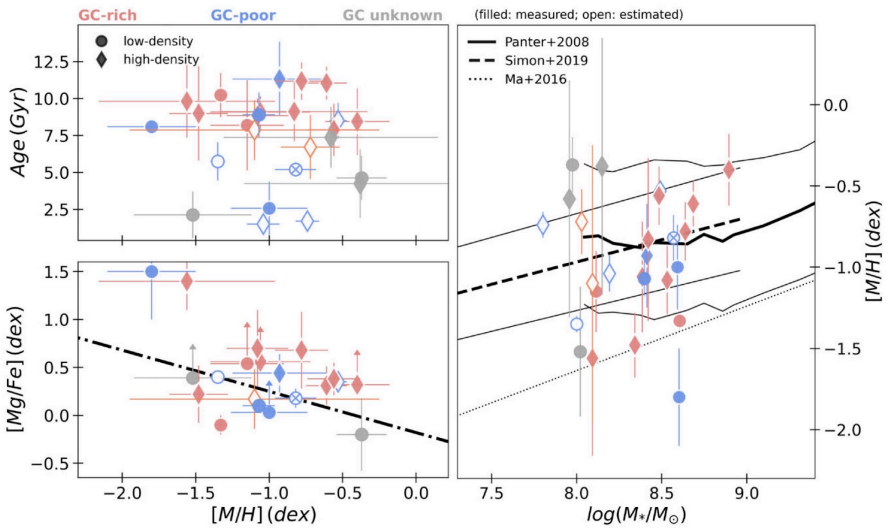


図3. UDGsと近傍銀河のscaling-relations。

[Comment]
古いUDGsは主に、再電離期に影響を受けない程度にはmassiveで、銀河団に降着した時に短期間に星形成をしたことでα-enhancedになった?
Local VolumeやLGでもUDGs相当の(ただしもっと暗い)dSphが見つかってきていることと、銀河団でもsub-UDGsが多く見つかっていることを考えると、まだ見つかっていない暗い(μ>28)UDGsが多くありそう。

Galaxy	Age (t_M) (Gyr)	t_{50} (Gyr)	t_{90} (Gyr)	$t_{\rm inf}$ (Gyr)	Δt_{50} (Gyr)	Δt_{90} (Gyr)	[M/H] (dex)	[Mg/Fe] (dex)
VCC 1287	9.09 ± 1.07	9.2 ± 0.2	8.5 ± 1.1	10.0 ± 1.1	4.7 ± 0.2	5.9 ± 1.1	−1.06 ± 0.34	0.56 ± 0.11
NGC 5846-UDG1	8.20 ± 3.05	8.3 ± 0.1	7.5 ± 1.0	–	5.5 ± 0.1	6.8 ± 1.0	−1.15 ± 0.25	0.54 ± 0.18
UDG1137+16	2.13 ± 1.58	1.0 ± 0.3	0.1 ± 0.1	–	12.9 ± 0.3	13.7 ± 0.1	−1.52 ± 0.40	0.39 ± 0.10
PUDG-R15	11.32 ± 2.52	13.4 ± 0.8	9.5 ± 0.1	11.0 ± 0.1	0.8 ± 0.8	4.5 ± 0.1	−0.93 ± 0.32	0.44 ± 0.20†
PUDG-S74	8.44 ± 2.26	8.2 ± 3.3	9.5 ± 0.1	11.0 ± 0.1	4.2 ± 3.3	7.3 ± 0.1	−0.40 ± 0.22	0.32 ± 0.11
PUDG-R84	8.99 ± 3.20	8.4 ± 0.5	6.8 ± 0.4	8.5 ± 0.4	5.7 ± 0.5	7.2 ± 0.4	−1.48 ± 0.46	0.22 ± 0.30
PUDG-R24	2.58 ± 1.80	3.1 ± 0.1	0.8 ± 0.1	2.5 ± 0.1	10.5 ± 0.1	12.9 ± 0.1	−1.00 ± 0.26	0.03 ± 0.08
PUDG-R27	11.04 ± 1.11	10.3 ± 0.6	8.8 ± 0.7	10.0 ± 0.7	3.1 ± 0.6	5.3 ± 0.7	−0.61 ± 0.14	0.31 ± 0.20†
Yagi358	9.81 ± 2.46	13.2 ± 1.3	6.1 ± 0.1	7.5 ± 0.1	1.3 ± 1.3	7.4 ± 0.1	−1.56 ± 0.60	1.40 ± 0.20†
DFX1	8.84 ± 1.13	9.1 ± 0.8	8.1 ± 1.4	9.5 ± 1.4	5.1 ± 0.8	6.5 ± 1.4	−1.08 ± 0.21	0.70 ± 0.40†
DF07	11.18 ± 1.27	10.5 ± 1.0	9.1 ± 0.7	10.5 ± 0.7	2.8 ± 1.0	5.0 ± 0.7	−0.78 ± 0.18	0.68 ± 0.40†
Yagi093	7.88 ± 1.76	11.3	4.1 ± 0.1	5.5 ± 0.1	3.2	10.0 ± 0.1	−0.56 ± 0.18	0.38 ± 0.17
Yagi098	6.72 ± 2.16	11.3	2.1 ± 2.9	3.5 ± 2.9	2.8	10.5 ± 2.9	−0.72 ± 0.20	–
Yagi275	4.63 ± 1.50	5.1	2.2 ± 0.1	4.0 ± 0.1	4.7	11.8 ± 0.1	−0.37 ± 0.17	−0.25 ± 0.38
Yagi276	4.24 ± 2.32	9.0	2.0 ± 0.1	3.5 ± 0.1	4.9	12.0 ± 0.1	−0.38 ± 0.79	–
Yagi392	7.36 ± 2.06	10.5	2.8 ± 2.7	4.5 ± 2.7	4.3	8.2 ± 2.7	−0.58 ± 0.73	–
Yagi418	7.87 ± 2.02	12.3	3.2 ± 2.5	4.5 ± 2.5	4.0	9.9 ± 2.5	−1.10 ± 0.85	0.17 ± 0.31
Yagi090	5.75 ± 1.30	9.4	5.0 ± 0.1	6.5 ± 0.1	4.4	9.6 ± 0.1	−1.35 ± 0.05	0.40
OGS1	8.50 ± 1.20	13.8	10.4 ± 0.7	11.5 ± 0.7	0.1	3.3 ± 0.7	−0.53 ± 0.06	0.35
DF17	9.11 ± 2.00	–	–	–	–	–	−0.83 ± 0.50	–
DF44	10.23 ± 1.50	0.34	3.0 ± 4.7	4.5 ± 4.7	2.8	6.3 ± 4.7	−1.33 ± 0.05	−0.10 ± 0.10
J130026.26+272735.2	1.5 ± 0.10	–	–	–	–	–	−1.04 ± 0.11	–
J130038.63+272835.3	1.7 ± 0.10	–	–	–	–	–	−0.74 ± 0.08	–
NGC 1052-DF2	8.90 ± 1.50	–	–	–	–	–	−1.07 ± 0.11	0.10 ± 0.05
DGSAT I	8.10 ± 0.40	–	–	–	5.6	13.5	−1.80 ± 0.40	1.50 ± 0.50

表A. UDGsカタログ。上11行が分光データに基づくサンプル、下が文献からとってきたもの



図B. UDGsのscaling-relationsとGC数

図A. UDGsの銀河団内での性質

