“On the early evolution of Local Group dwarf galaxy types: star formation and supernova feedback”

Bermejo-Climent et al. 2018 arXiv:1806.07679

GAゼミ@20180704 林航平

【アブスト】

Local Group矮小銀河はz=2を境に星形成がほぼ終了したfast dwarfと継続しているslow dwarfに分類される。この研究では矮小銀河内でz=2までに出来た星の総量($M_{\star,z>2}$)を用いて、その時期の超新星爆発フィードバックが星間ガスやダークハローに与える影響を調べた。slowはz=2以降でもガスが残るため、フィードバックエネルギーとポテンシャルエネルギーの比較から、ガスに対するフィードバック効率 ε は10%以下と制限される。この効率をfastに艇王するとガスが全て抜けないため、ラム圧などによるガスの剥ぎ取りが必要になる。一方でダークハローは ε <0.1で、どのdwarfsにもコア構造を作ることができる。しかしfastは星形成が止まるため、コア半径が小さくなると予想される。

【ゴール】

形成初期の星形成が矮小銀河に与える影響を探る。

【オリジナリティ】

古い星(z>2)の総質量の算出方法とそれを用いたフィードバック効率の観測的制限

【ロジック】

・<u>$M_{\star,z>2}$の算出方法</u>：LG dwarfの星形成史(SFH)の解析では、よりHSTの深い撮像データを用いるが空間的に広いデータではないため、星の年齢勾配によってときに外側にある古い星の影響を考慮できていない可能性がある。そこで
①色等級図上で古い星(old MSTOやHB星)を用いて、その空間分布(half-light radius, ellipticityなど)を推定する。
②その空間分布に沿ったmock galaxyを生成する。
③現在の観測領域と比較し、mock galaxyの何パーセントをカバーしているか(coverage)を計算する。
④深い撮像データから得られたSFHをz=2まで積分し、それをcoverageで割ることで古い星の空間分布を考慮した$M_{\star,z>2}$を見積もる。（表１左６列を参照）
図１は現在とz=2での星質量をプロット。fast dwarfはz=2までにほとんどの星を作っていることがわかる。

・<u>SN feedback energyの計算</u>：$M_{\star,z>2}$をもとにKroupa IMFで星を作り、M≥6.5MsunがII型超新星爆発を起こすと仮定。爆発エネルギーは10^{51}erg。表１のE_{SN}はz=2までの総エネルギーを示す。この値と
- ガスがすべて吹き飛ぶための最小ポテンシャルエネルギー $\Delta W_{\rm GAS}/2 = (W_{\rm DM} - W_{\rm DM+GAS})/2$
- カスプがコアになるための最小ポテンシャルエネルギー $\Delta W_{\rm CORE}/2 = (W_{\rm CORE} - W_{\rm NFW})/2$
を比較する。

・$\Delta W_{GAS}/2$ vs. E_{SN}：Fornaxに注目。z=2以降ガスが残るため、$\Delta W_{GAS}/2 > E_{SN}$ → フィードバック効率 ε <10-15%。

・$\Delta W_{CORE}/2$ vs. E_{SN}：どのdwarfも ε <10-15%を仮定しても$\Delta W_{CORE}/2 < E_{SN}$となりコアが形成される。
ただし、これはz=2までの議論。よって星形成が続くslow dwarfのコア半径はさらに大きくなり、z=0でfastより大きなコア半径のダークハロー構造を持つ。

・この議論から、DracoやUMiは小さいコア、SculptorやFornaxは大きいコアを持つと予測できる。

【感想】

- HSCの深く広い撮像データを使えば、coverageなどの計算をしなくても同様の議論ができるのでは。
- SN feedback energyの計算は不定性が大きい。他の観測量(metal?)などからこれに制限をつけられないか。

表１

Galaxy	ϵ	θ (°)	$R_s^{\rm old}$ (arcmin)	SFH	Coverage (%)	$M_{\star,z>2}$ ($10^6 M_\odot$)	E_{SN} (10^{54} erg)	$M_{\rm vir,z=2}$ (10^9 $M_\odot$) B14	$M_{\rm vir,z=2}$ (10^9 $M_\odot$) M13	$W_{z=2}$ (10^{54} erg) B14	$W_{z=2}$ (10^{54} erg) M13	$\Delta W_{\rm gas}/2$ (10^{54} erg) B14	$\Delta W_{\rm gas}/2$ (10^{54} erg) M13	$\Delta W_{\rm core}/2$ (10^{54} erg) B14	$\Delta W_{\rm core}/2$ (10^{54} erg) M13
Cetus	$0.33^{(2)}$	$63^{(2)}$	$0.98\pm0.02^{(5)}$	fast$^{(12)}$	$28.1^{+0.4}_{-0.5}$	$5.99^{+0.34}_{-0.34}$	83	4.9	4.3	-60.8	-49.8	5.1	4.1	5.6	4.7
Tucana	$0.48^{(2)}$	$97^{(2)}$	$0.54\pm0.03^{(5)}$	fast$^{(13)}$	$92.7^{+1.2}_{-1.3}$	$2.39^{+0.18}_{-0.14}$	33	3.0	2.3	-26.9	-17.2	2.2	1.4	1.4	1.0
LGS-3	$0.20^{(2)}$	$0^{(2)}$	$0.87\pm0.09^{(5)}$	fast$^{(14)}$	$59.5^{+4.1}_{-4.9}$	$1.57^{+0.32}_{-0.24}$	22	3.0	2.3	-27.8	-18.0	2.3	1.5	2.2	1.5
Leo A	$0.40^{(2)}$	$114^{(2)}$	$1.61\pm0.68^{(8)}$	slow$^{(15)}$	$42.0^{+25.0}_{-15.0}$	$0.66^{+0.91}_{-0.44}$	9	4.4	3.8	-51.1	-39.7	4.3	3.3	2.8	2.3
And II	$0.20^{(2)}$	$34^{(2)}$	$10.0\pm8.5^{(11)}$	fast$^{(16)}$	$5.0^{+58.0}_{-3.5}$	54^{+162}_{-50}	748	5.9	5.6	-83.8	-75.7	7.0	6.3	9.5	9.8
And XVI	$0.00^{(2)}$	$0^{(2)}$	$0.53\pm0.03^{(2)}$	slow$^{(17)}$	$71.4^{+2.2}_{-2.1}$	$0.21^{+0.13}_{-0.07}$	3	2.5	1.8	-19.5	-11.2	1.6	0.9	0.6	0.4
Draco	$0.22^{(1)}$	$82^{(1)}$	$5.41^{+0.31(1)}_{-0.29}$	fast$^{(18)}$	$90.8^{+1.3}_{-1.9}$	$0.56^{+0.15}_{-0.15}$	8	2.1	1.5	-15.5	-8.4	1.3	0.7	0.7	0.4
UMi	$0.52^{(1)}$	$48^{(1)}$	$10.9^{+0.7(1)}_{-0.6}$	fast$^{(19)}$	$74.7^{+1.9}_{-2.4}$	$0.88^{+0.13}_{-0.11}$	12	2.6	1.9	-20.7	-12.2	1.7	1.0	1.6	1.0
Sculptor	$0.32^{(2)}$	$99^{(2)}$	$9.0\pm0.3^{(7)}$	fast$^{(20)}$	$99.3^{+0.2}_{-0.2}$	$6.78^{+0.60}_{-0.60}$	94	4.8	4.2	-58.8	-47.7	4.9	4.0	2.6	2.2
Carina	$0.28^{(1)}$	$67^{(1)}$	$7.78^{+1.39(1)}_{-1.15}$	slow$^{(21)}$	$92.7^{+2.6}_{-4.5}$	$0.31^{+0.16}_{-0.14}$	4	2.3	1.6	-17.0	-9.4	1.4	0.8	0.9	0.5
Phoenix	$0.40^{(2)}$	$5^{(2)}$	$1.56\pm0.05^{(6)}$	fast$^{(22)}$	$37.0^{+0.9}_{-1.2}$	$2.40^{+0.25}_{-0.27}$	33	3.4	2.7	-33.9	-23.2	2.8	1.9	1.6	1.2
Leo I	$0.35^{(1)}$	$77^{(1)}$	$2.35^{+0.09(1)}_{-0.09}$	slow$^{(23)}$	$13.1^{+0.9}_{-0.9}$	$0.39^{+0.28}_{-0.25}$	5	5.2	4.7	-66.7	-56.2	5.6	4.7	2.6	2.3
Leo II	$0.13^{(2)}$	$12^{(2)}$	$1.99^{+0.15(1)}_{-0.14}$	slow$^{(24)}$	$13.9^{+2.1}_{-1.4}$	$0.77^{+0.28}_{-0.25}$	11	3.3	2.6	-31.1	-20.7	2.6	1.7	1.0	0.8
Aquarius	$0.50^{(2)}$	$99^{(2)}$	$0.88\pm0.02^{(2)}$	slow$^{(25)}$	$77.6^{+1.6}_{-1.5}$	$0.67^{+0.30}_{-0.31}$	9	3.5	2.8	-34.5	-23.8	2.9	2.0	2.5	1.9
Sextans	$0.27^{(2)}$	$52^{(2)}$	$12.7^{+0.4(9)}_{-0.4}$	fast$^{(26)}$	$51.4^{+1.9}_{-2.0}$	$3.21^{+1.02}_{-0.94}$	45	2.8	2.1	-23.6	-14.5	2.0	1.2	2.5	1.7
Fornax	$0.30^{(2)}$	$41^{(2)}$	$13.7\pm0.2^{(10)}$	slow$^{(27)}$	$2.2^{+0.1}_{-0.1}$	$18.9^{+4.8}_{-3.9}$	261	8.6	9.1	-154.8	f-168.7	12.9	14.0	1.2	1.3
				slow$^{(30)}$	$88.2^{+0.5}_{-0.5}$	$3.8^{+0.8}_{-0.8}$	53	8.6	9.1	-154.8	-168.7	12.9	14.0	1.2	1.3

図１

