“Pushing back the limits: detailed properties of dwarf galaxies in a LCDM universe”

Revaz Y. & Jablonka P., 2018, arXiv, 1801, 06222

GAゼミ@20180313
本間英智

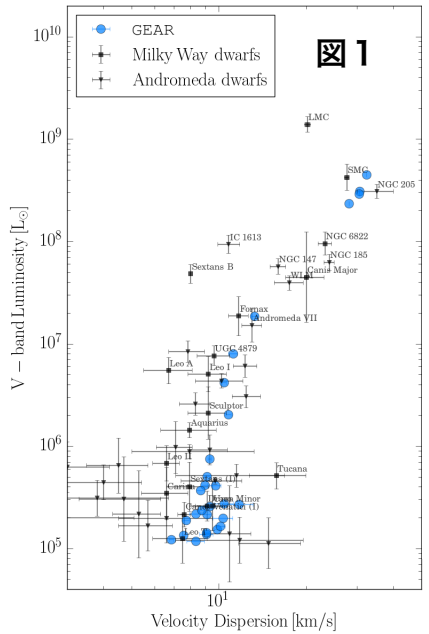
【アブスト】
ΛCDM 宇宙論での矮小銀河の形成・進化について、高解像度の化学動力学シミュレーションを行った。27 個の矮小銀河について zoom-in シミュレーションを行い、計算結果を局所銀河群の矮小銀河と比較した。また NGC6822 を含む 6 個の矮小銀河の金属量と視線速度分布を再現した。シミュレーション結果は、局所銀河群のうち数個の矮小銀河の進化には大質量銀河の影響が必要であるが、多くの矮小銀河の星生成史はΛCDMから自然に導かれることがわかった。ただし、Leo T や Leo P のような gas-rich で星生成している矮小銀河については、再現することができなかった。

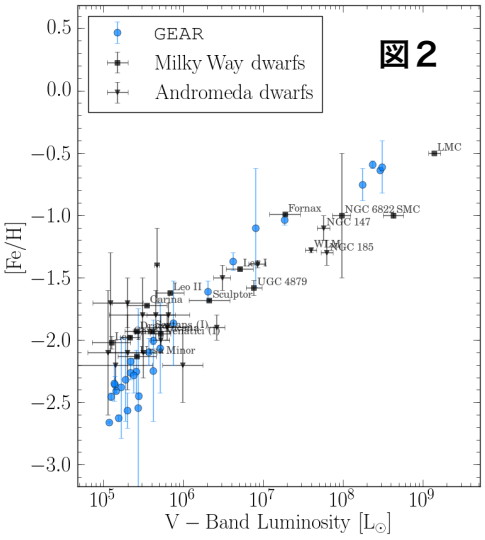
【ゴール】
矮小銀河の形成・進化過程を解明する。

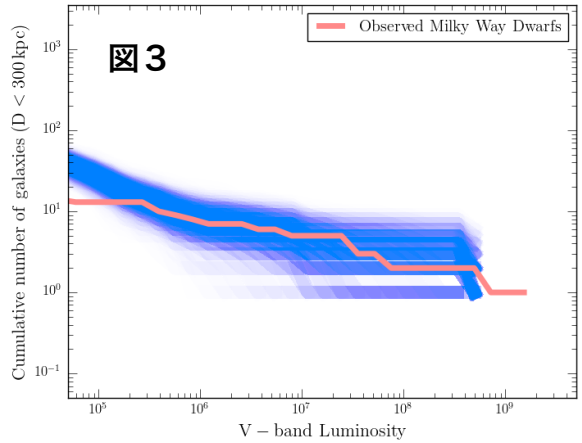
【オリジナリティ】
ΛCDM に基づく高解像度な、矮小銀河の化学動力学シミュレーションを行った。

【ロジック】
Method; DM only のシミュレーションから z=0 で 10^8-10^9 $M_\odot$ のハローを抽出し、うち 62 天体について化学動力学シミュレーションによる zoom-in 計算を行った。62 天体のうち最終的に V バンドで 10^5 $L_\odot$ 以上になった 27 天体について、局所銀河群の矮小銀河と比較する。

Result;
図 1：光度と速度分散の関係。10^5 – 10^9 $L_\odot$ の広い範囲に対してモデルは観測データをよく再現した。
図 2：光度と金属量の関係。10^5 – 10^9 $L_\odot$ の広い範囲に対してモデルは観測データと概ね一致したが 10^6 $L_\odot$ 以下では金属量をやや過小評価した。小スケールの銀河では第 1 世代星のイールドが重要なため、この差はイールドや IMF が原因と考えられる。
図 3：光度と矮小銀河の累積数の関係。10^5 – 10^9 $L_\odot$ の広い範囲で missing satellite problem 無く観測データと一致した。モデルの結果は、他の DM シミュレーションによる DM サブハローを抽出して、本シミュレーションで得た DM ハローと光度の関係をランダムに適用するという計算を、1000通りやった結果である。
図 4：個々の矮小銀河の観測データとモデルとの比較。局所銀河群の 6 天体について、視線速度分布と金属量分布、元素組成比をよく再現した。

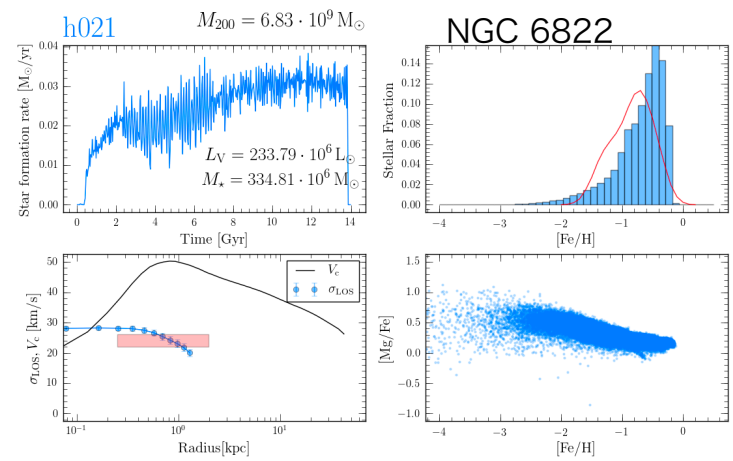


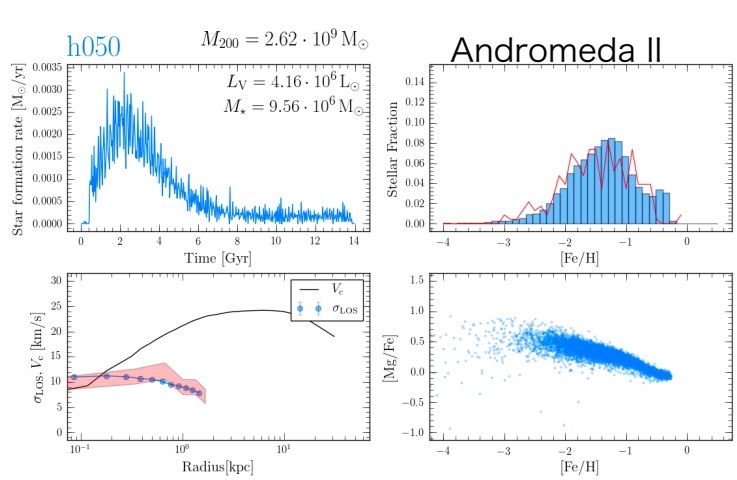


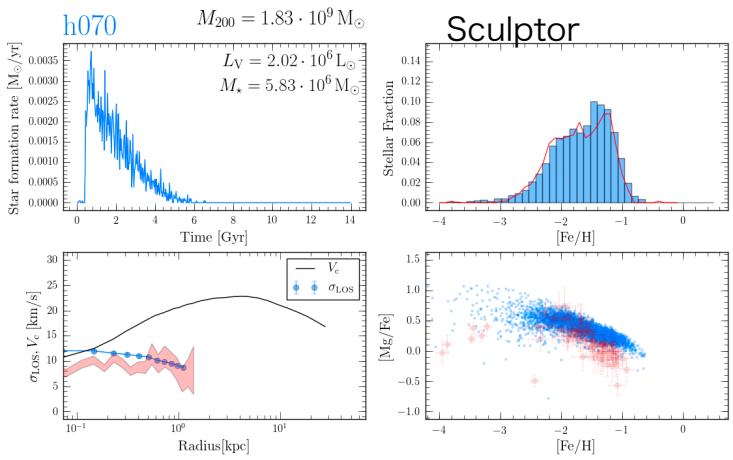


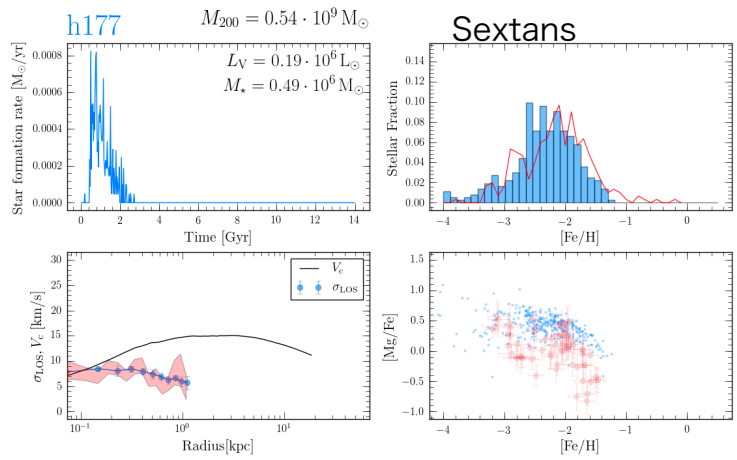
【結論】
3×10^8 $M_\odot$ 程度の小スケールな DM ハローであっても、再電離前に中性水素による self-shielding が働くことで 10^5 $L_\odot$ 程度の小規模な矮小銀河が誕生し、10^5 – 10^9 $L_\odot$ の広い範囲で観測データと一致した。ただし特徴的な星生成史を持つ Fornax dSph（中間年齢の星が支配的）や Carina dSph（断続的）は説明できず、これらは大質量銀河による環境効果が必要と考えられる。また Leo T や Leo P のような小規模でかつ HI ガスを持って星生成を続けている矮小銀河についても再現できず、今後も研究が必要である。また本シミュレーションでは cusp/core transformation は確認できず、DM ハローは cusp のままである。

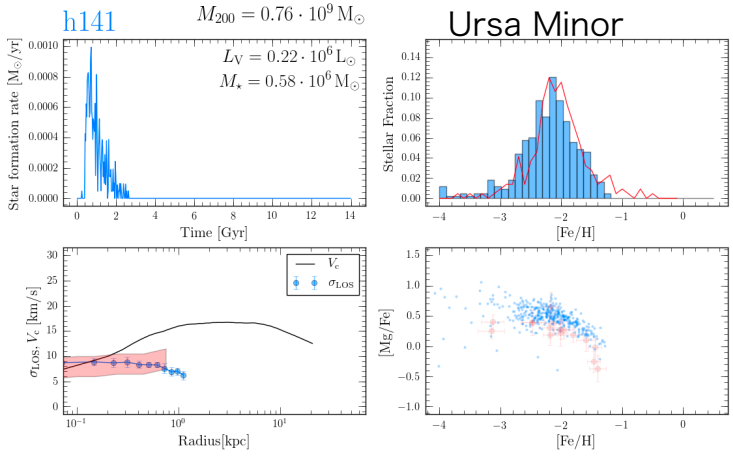
図4

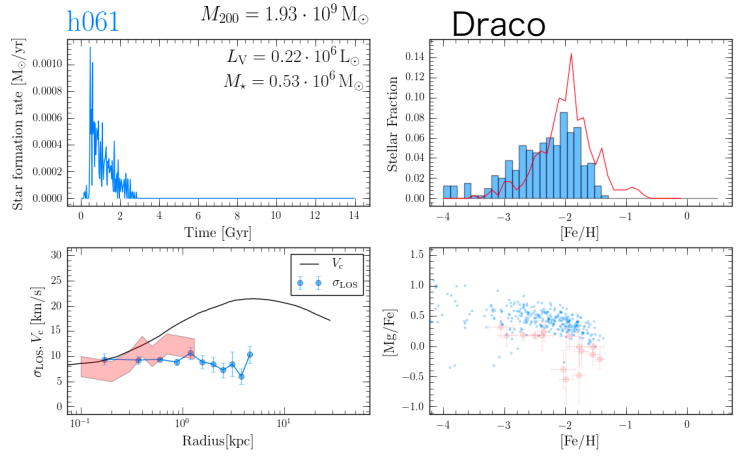

h021
$M_{200} = 6.83 \cdot 10^9\,\mathrm{M}_\odot$
NGC 6822
$L_\mathrm{V} = 233.79 \cdot 10^6\,\mathrm{L}_\odot$
$M_\star = 334.81 \cdot 10^6\,\mathrm{M}_\odot$
Star formation rate [M$_\odot$/yr]
Time [Gyr]
Stellar Fraction
[Fe/H]
σ_{LOS}, V_c [km/s]
Radius[kpc]
[Mg/Fe]


h050
$M_{200} = 2.62 \cdot 10^9\,\mathrm{M}_\odot$
Andromeda II
$L_\mathrm{V} = 4.16 \cdot 10^6\,\mathrm{L}_\odot$
$M_\star = 9.56 \cdot 10^6\,\mathrm{M}_\odot$
Star formation rate [M$_\odot$/yr]
Time [Gyr]
Stellar Fraction
[Fe/H]
σ_{LOS}, V_c [km/s]
Radius[kpc]
[Mg/Fe]


h070
$M_{200} = 1.83 \cdot 10^9\,\mathrm{M}_\odot$
Sculptor
$L_\mathrm{V} = 2.02 \cdot 10^6\,\mathrm{L}_\odot$
$M_\star = 5.83 \cdot 10^6\,\mathrm{M}_\odot$
Star formation rate [M$_\odot$/yr]
Time [Gyr]
Stellar Fraction
[Fe/H]
σ_{LOS}, V_c [km/s]
Radius[kpc]
[Mg/Fe]


h177
$M_{200} = 0.54 \cdot 10^9\,\mathrm{M}_\odot$
Sextans
$L_\mathrm{V} = 0.19 \cdot 10^6\,\mathrm{L}_\odot$
$M_\star = 0.49 \cdot 10^6\,\mathrm{M}_\odot$
Star formation rate [M$_\odot$/yr]
Time [Gyr]
Stellar Fraction
[Fe/H]
σ_{LOS}, V_c [km/s]
Radius[kpc]
[Mg/Fe]


h141
$M_{200} = 0.76 \cdot 10^9\,\mathrm{M}_\odot$
Ursa Minor
$L_\mathrm{V} = 0.22 \cdot 10^6\,\mathrm{L}_\odot$
$M_\star = 0.58 \cdot 10^6\,\mathrm{M}_\odot$
Star formation rate [M$_\odot$/yr]
Time [Gyr]
Stellar Fraction
[Fe/H]
σ_{LOS}, V_c [km/s]
Radius[kpc]
[Mg/Fe]


h061
$M_{200} = 1.93 \cdot 10^9\,\mathrm{M}_\odot$
Draco
$L_\mathrm{V} = 0.22 \cdot 10^6\,\mathrm{L}_\odot$
$M_\star = 0.53 \cdot 10^6\,\mathrm{M}_\odot$
Star formation rate [M$_\odot$/yr]
Time [Gyr]
Stellar Fraction
[Fe/H]
σ_{LOS}, V_c [km/s]
Radius[kpc]
[Mg/Fe]