“No cores in dark matter-dominated dwarf galaxies with bursty star formation histories”

Bose et al. 2019 arXiv:1810.03635

GAゼミ@20190603 林航平

【アブスト】

高解像度銀河形成シミュレーションであるAPOSTLEとAURIGAを用いて、dwarf-sized galaxyのダークマター密度分布を調べた。その結果、星形成史によらずコア構造を持つダークマターハローは確認されなかった。つまり星形成フィードバックによってコア構造を作るというメカニズムに疑問を投げかける結果となった。

【ゴール】

・コア-カスプ問題の解明

【オリジナリティ】

最新の高解像度シミュレーションを用いてダークマター密度分布を調べた。

【ロジック】

・APOSTLE vs. AURIGA simulation

1. 分解能はだいたい一緒：m_{DM}~10^4Msun, m_{gas}~7×10^3Msun, ε~180pc
2. SPH vs. AREPO
3. SNe energy: thermal only vs. thermal+kinematic
4. star formation threshold n_{sf}: $0.1\,(Z/0.002)^{-0.64}$ cm^{-3} vs. 0.13 cm^{-3}

・Sample selection

$10^9 < M_{DM}/M_{star} < 5\times10^{10}$、isolated system (~300 kpc away from a host halo)

324個 (APOSTLE) vs. 163個(AURIGA)

・観測結果との比較

1. 半光度半径 - 星質量 (図1)。isolated LG dwarfsとSPARC sample(つまり低表面輝度銀河)の観測結果を再現している。
2. 累積星形成史（図2）。シミュレーションのdwarfsは孤立系に限ったとしても様々な星形成史を持つ。

・ダークマター密度分布（図3）

APOSTLE simulationで得られたdwarf-sized DM haloの密度分布（青がdark matter only、赤がhydro入り。薄い線の領域はconvergeしていない領域。点線はビリアル半径の１%に相当する半径。灰色領域は密度スロープを計算した領域）。

DMOの結果とほどんど変わらない。これらのサンプルは割と最近まで星形成していた銀河。

図４は星形成率(青線)と密度スロープ(灰色・黄色)の時間変化の比較。コンスタントな星形成史を持つが、ダークマターの密度分布は変化しない。

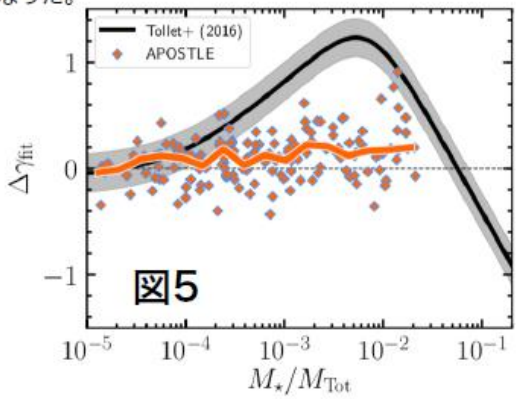
図５は $\Delta\gamma_{fit} = \gamma_{fit}^{Hydro} - \gamma_{fit}^{DMO}$ と星-総質量比。密度スロープはこの比に大きく依存するとされていたが、今回の結果はこの比に依らず、ダークハローはコア構造を持たない。

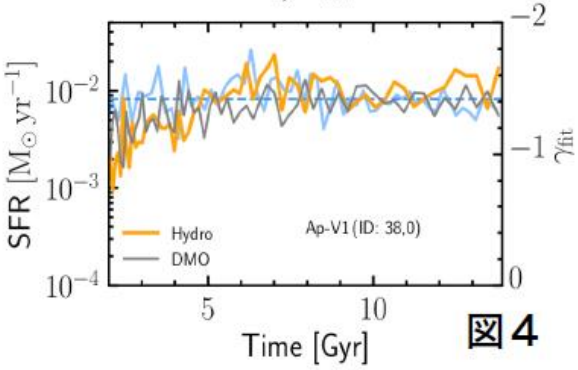
・なぜコア構造を作らないのか？

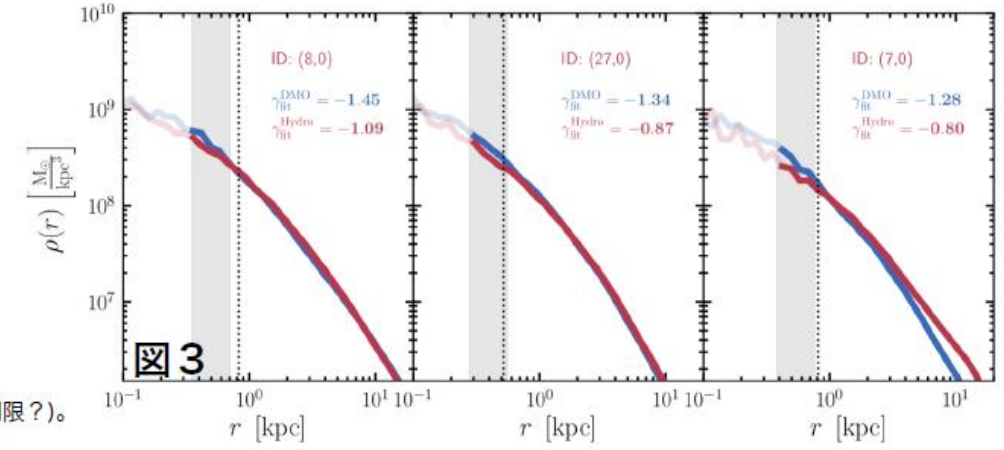
1. SN feedback energy：1kpc内での1力学時間内に得られる総エネルギーを計算。
   Chabrier IMF (8-100Msun), 10^{51}ergs/CCSNでE_{SN} ~ O(10^{55})ergs。
   他のコア構造を作るシミュレーションとコンパラ。
2. Star formation threshold：n_{sf} = O(0.1) cm^{-3}
   他のコア構造を作るシミュレーションは10-1000 cm^{-3}。これが原因と推測。
   high n_{sf} →星ができにくく中心部にガスが溜まりやすい。SNが起きた時にガスが一気に抜けるので、中心部ダークマター分布の変化が起きやすくなる。
   つまり各時刻におけるガス-DM質量比がコア構造を作る上で重要。
   しかし観測からその情報を得るのは難しい。

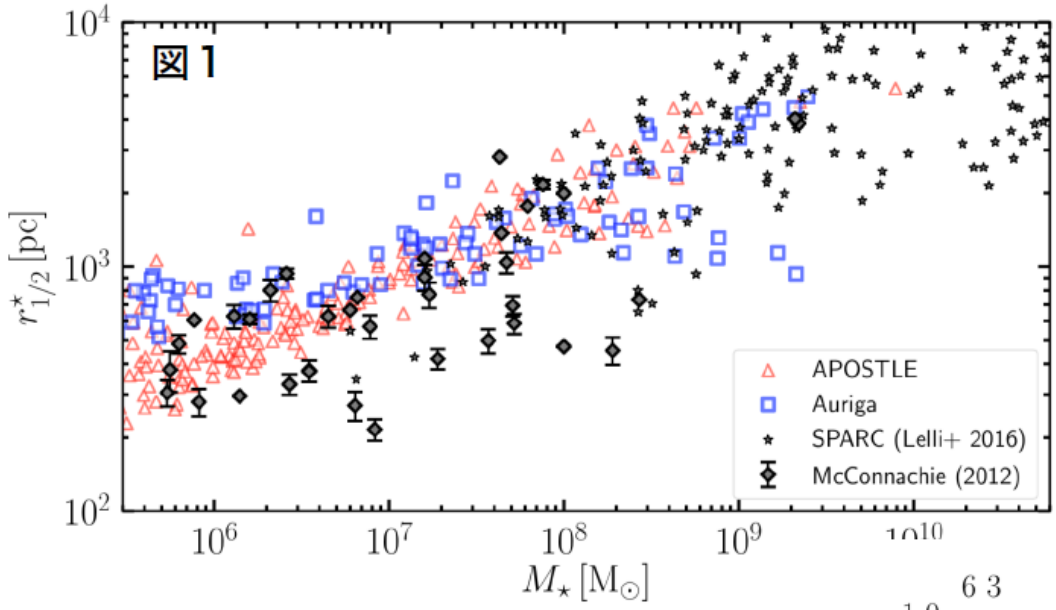
【感想】

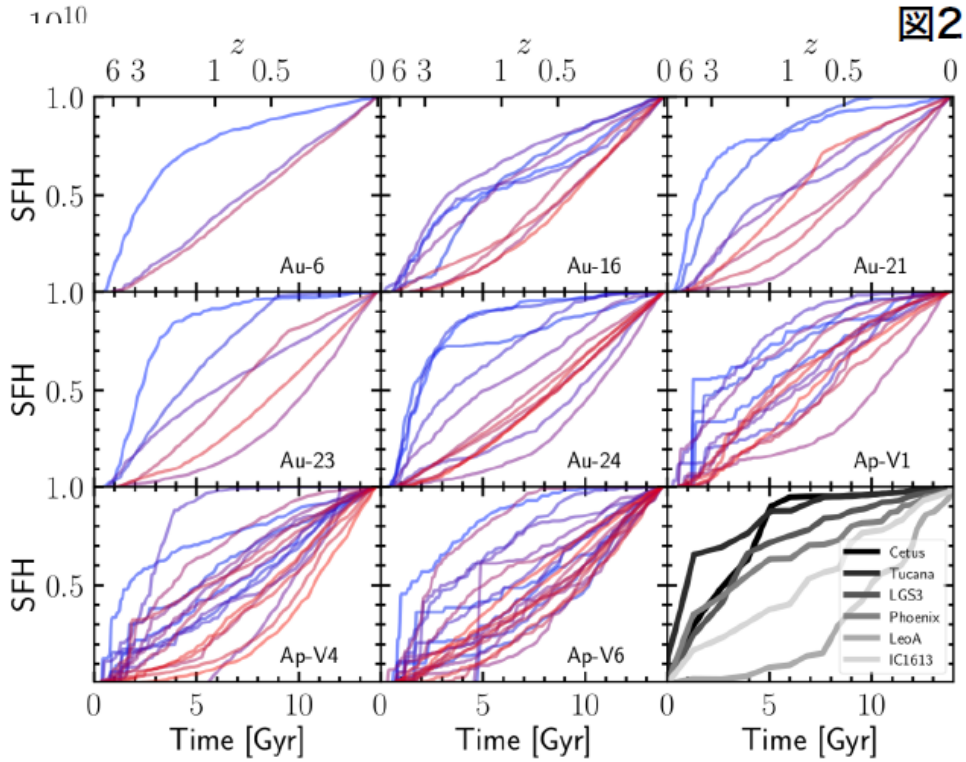
- sub-grid physicsはまだまだ理論的不定性が大きい。
- n_{sf} またはガス質量の時間変化の情報を得るにはどうするか(GMCの観測などからの制限？)。
- コア-カスプは観測的にも理論的にもまだまだ議論の余地あり。








図1
10^4
10^3
10^2
$r^{\star}_{1/2}$ [pc]
10^6
10^7
10^8
10^9
$M_{\star}$ [$M_{\odot}$]
APOSTLE
Auriga
SPARC (Lelli+ 2016)
McConnachie (2012)


図2
6 3 1 z 0.5 0
SFH
1.0
0.5
Au-6
Au-16
Au-21
Au-23
Au-24
Ap-V1
Ap-V4
Ap-V6
Cetus
Tucana
LGS3
Phoenix
LeoA
IC1613
0 5 10
Time [Gyr]