“The asymptotic tidal remnants of cold dark matter subhalos”
By Errani, R. & Navarro, J. F.　arXiv:2011.07077

GAゼミ@201119　千葉柾司

【アブスト】
N体数値実験により、ホストハローの中を様々な軌道運動をする、NFW density profileを持ったsubhaloの構造変化を追跡した。Subhaloは潮汐力により（外側から）質量喪失をするが、一定の軌道時間後に必ずユニバーサルなdensity profile（exponentially-truncated NFW)になっていくことが明らかになった。最終的な内部典型密度は、ホストの近銀点距離内の平均密度で決まる。

【ゴール】
サブハローの非線形進化を追跡し、現在生き残っているサテライトのダークマターの性質について知見を得る。

【オリジナリティ】
固定したhost halo (isothermal potential)の中で、近銀点：遠銀点が 1:1. 1:5, 1:10, 1:20の軌道にあるsubhalo (cuspy NFW)の密度変化を調べた。Subhaloは10^7個の粒子で表し、超高解像度計算。

【主な結果】
（1）図1と2（裏）：軌道面内でのデブリ粒子（図1）と重力束縛された粒子分布の時間変化（図2）。円運動が最も潮汐力の効果大で粒子を失う時間が短い。外側から質量を喪失する。
（2）図3：回転曲線の時間変化。Subhalo内の回転曲線が最大になる半径r_maxとその回転速度V_maxが比例する関係（tidal track）を保ったまま、ある一定のプロファイルに落ち着いていく。その時間は、subhalo内の力学時間T_maxが、ホスト内の近銀点距離における軌道時間T_periの1/4になる。こうなる時間は軌道離心率が大きいほど遅れるが、必ずT_max=T_peri/4に落ち着き（図4）、r_max ∝ V_maxになる（図5）。これは内部典型密度が近銀点距離内の平均密度の1/16に対応する。
（3）図6：質量の減少（色：log M_max/M_max,0)に伴う、回転曲線と内部密度プロファイルの変化。実線がNFW、破線が現在で外側がexponential にtruncatedされたNFW profileになる。

図3

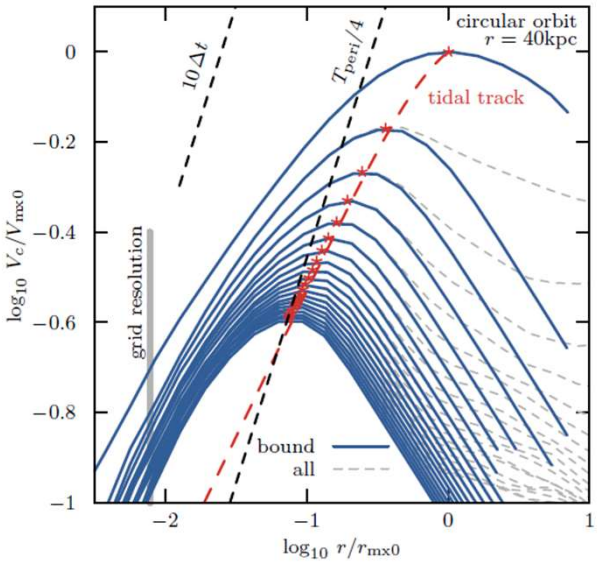


図4

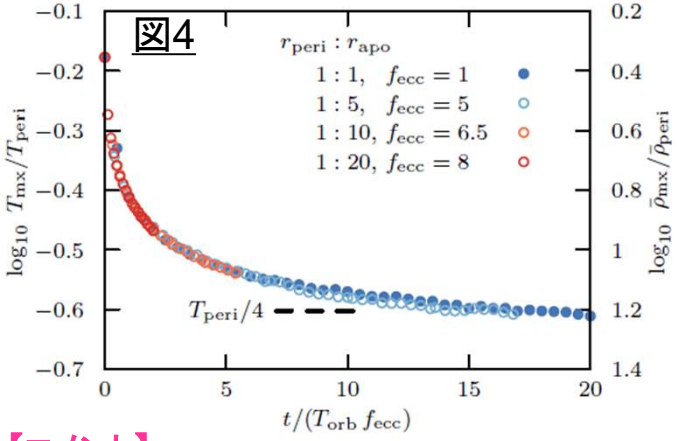


図5

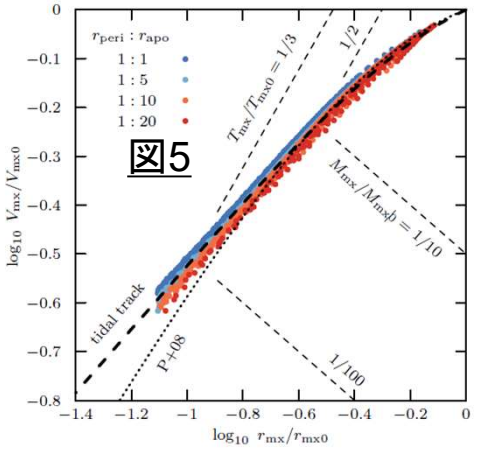
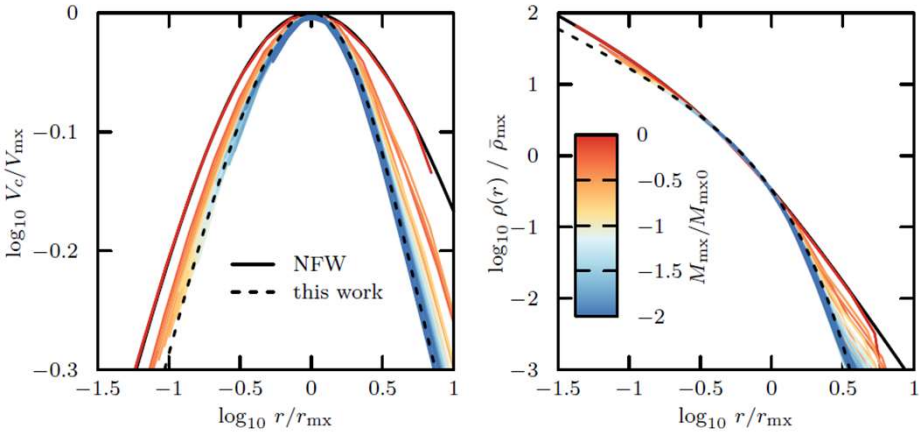


図6



【コメント】
・典型例：質量10^{8-10}Msunで10Gyr前に降着したサテライトで、近銀点：遠銀点=1:10の軌道でかつ近銀点=10kpcを持つものは、最初にあった質量の0.1%から1%しか現在残っていないことになる。これは今回の高解像度計算のおかげで生き残っており、一般の計算では消えていた。
・この結果を踏まえて、サテライトの軌道進化と星形成史との関係などを調べてみたい。

図1

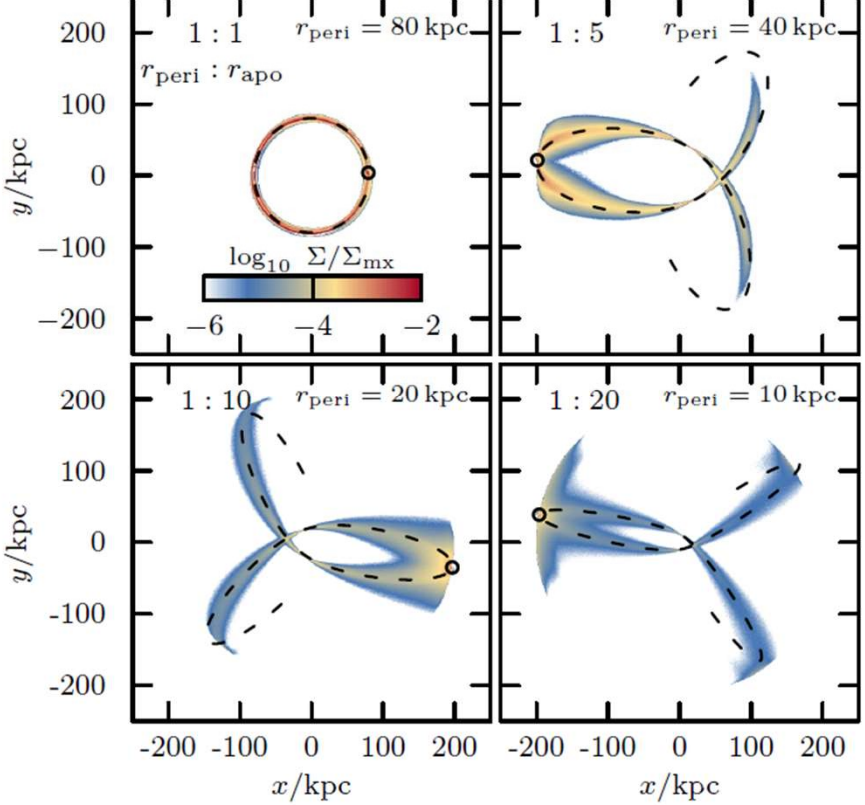
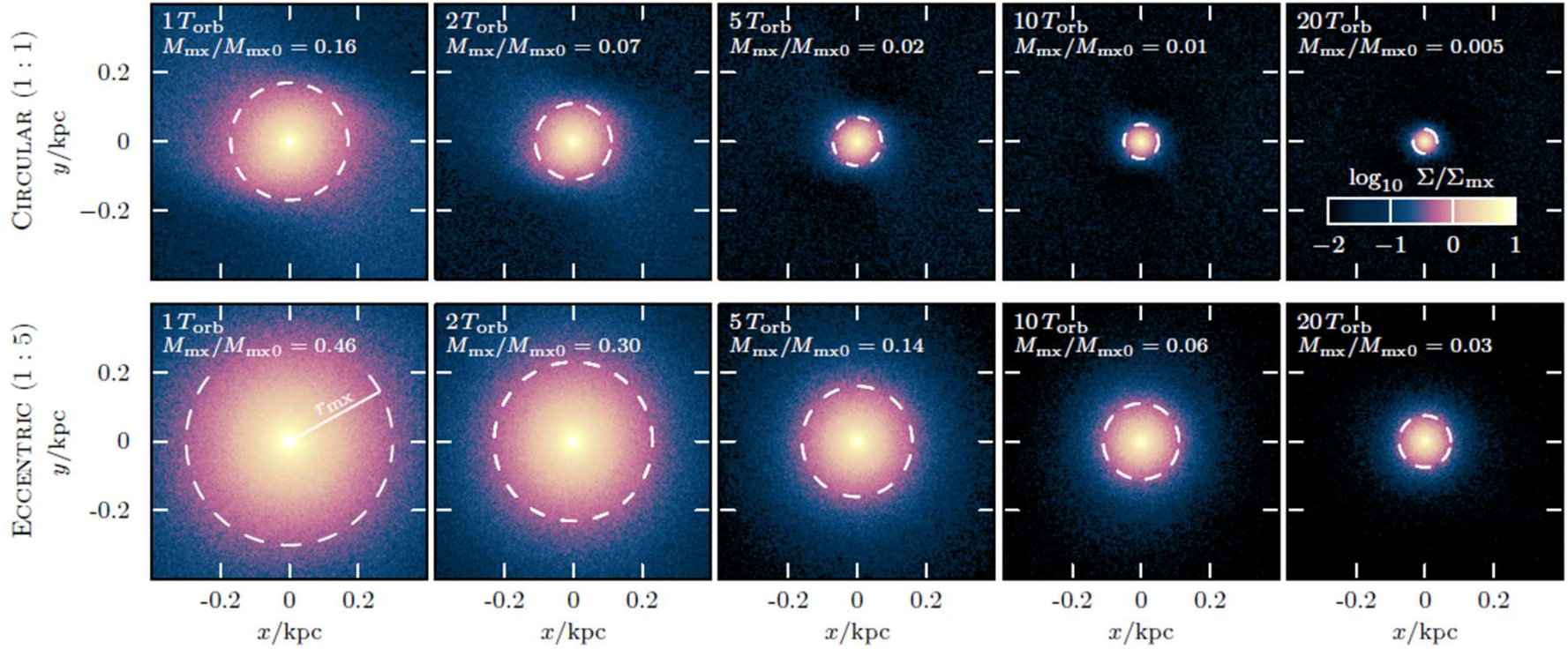

1 : 1
$r_{\rm peri}$ = 80 kpc
$r_{\rm peri}$: $r_{\rm apo}$
1 : 5
$r_{\rm peri}$ = 40 kpc
1 : 10
$r_{\rm peri}$ = 20 kpc
1 : 20
$r_{\rm peri}$ = 10 kpc
$\log_{10}\ \Sigma/\Sigma_{\rm mx}$
−6 −4 −2
200
100
0
−100
−200
y/kpc
x/kpc

図2


Circular (1 : 1)
Eccentric (1 : 5)
$1T_{\rm orb}$ $M_{\rm mx}/M_{\rm mx0}$ = 0.16
$2T_{\rm orb}$ $M_{\rm mx}/M_{\rm mx0}$ = 0.07
$5T_{\rm orb}$ $M_{\rm mx}/M_{\rm mx0}$ = 0.02
$10T_{\rm orb}$ $M_{\rm mx}/M_{\rm mx0}$ = 0.01
$20T_{\rm orb}$ $M_{\rm mx}/M_{\rm mx0}$ = 0.005
$1T_{\rm orb}$ $M_{\rm mx}/M_{\rm mx0}$ = 0.46
$2T_{\rm orb}$ $M_{\rm mx}/M_{\rm mx0}$ = 0.30
$5T_{\rm orb}$ $M_{\rm mx}/M_{\rm mx0}$ = 0.14
$10T_{\rm orb}$ $M_{\rm mx}/M_{\rm mx0}$ = 0.06
$20T_{\rm orb}$ $M_{\rm mx}/M_{\rm mx0}$ = 0.03
$r_{\rm mx}$
$\log_{10}\ \Sigma/\Sigma_{\rm mx}$
−2 −1 0 1
0.2
0
−0.2
y/kpc
x/kpc