# Dwarf stellar haloes: a powerful probe of small scale galaxy formation and the nature of dark matter

GA-seminar Oct 18, 2021, 岡本

Deason et al., arXiv: 2110.05499 (submitted to MNRAS)

**[Abstract]** 宇宙論シミュレーションと銀河形成モデルを使って、矮小銀河($M_{halo}$~$10^{10}M_{sun}$)の合体史を調べたところ、major,minor mergersの回数はDM粒子の性質と銀河モデルに依り、銀河形成の閾値が大きいモデルでは、恒星ハロー成長へのminor mergerの寄与は小さかった。また孤立系のdwarf-dwarf mergerについて、DM質量比が1:5程度の場合に、広がった恒星ハローがよく形成されることがわかった。銀河系ハローの恒星ストリームのうち、衛星銀河と位相空間上で重なるようなものは、その衛星銀河の恒星ハローが剥ぎ取られてできた可能性が高い。

**[Goal]** 矮小銀河のハロー形成を理解する。 **[Originality]** 宇宙論/孤立系シミュレーションを使い、矮小銀河の合体と恒星ハロー成長の関係を調べた。

**[Logic]** Copernicus Complexio(COCO) のCDMとWDMシミュレーションからDM haloを検出して、peak massが$10^{10}M_{sun}$(~$10^5$粒子)程度のhaloの形成史と合体イベントを特定した。そして恒星質量-ハロー質量関係(1:shallow slope, 2:steep)とgalaxy occupationモデル(A:$M_{z=0,50}=10^{9.3}M_{sun}$, B:$10^{7.5}M_{sun}$)を仮定して(裏面**図A**)、モデルA1,A2,B1,B2について恒星成分を見積もった。

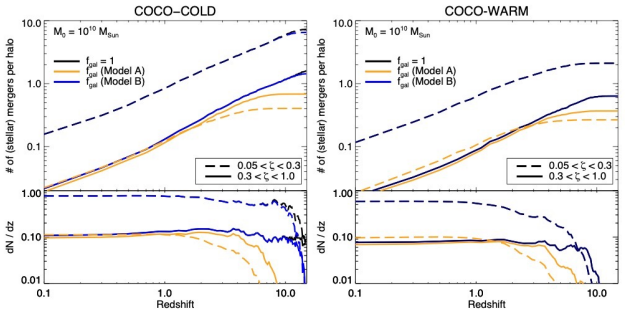



**図1.** merger数とredshift。実線がmajor、破線がminor。

**図1：** galaxy occupationとmerger数の関係。全てのhaloに銀河が含まれる場合(f=1)と、low mass threshold(Model B)にほぼ差はないが、high mass threshold (Model A)では恒星を伴うmerger数に大きな影響があり、特にminor mergerイベントではf=1に比べて7-16倍少なかった。

**図B/C(裏面)：** 各銀河形成モデルでの$10^{10}M_{sun}$ハローの恒星質量降着史の、CDMとWDM、及びCentralとSatelliteの比較。

**[Logic2]** 孤立系のdwarf-dwarf mergerのシミュレーションで、矮小銀河のhalo形成を調べた。中心銀河の質量 $M_{200}=10^{10}M_{sun}$、halo concentration $c_{200}=10$、$N=10^6$に対して、$0.05<(M_{sat,halo}/M_{cen,halo})<1$の幅のsatelliteを、中心銀河のvirial半径の円軌道と同じ軌道エネルギー、角運動量は$j=J/J_{circ}=0.5$で降着させた。そしてLG矮小銀河の$r_h$-恒星質量関係を適用して、恒星の分布を求めた(**図2**)。

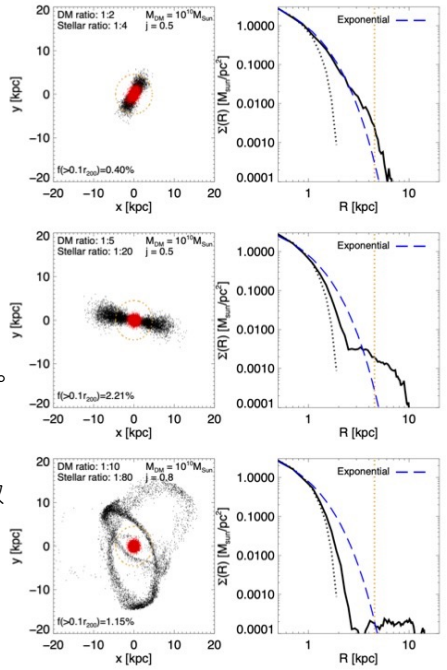



**図2.** dwarf-dwarf merger後の恒星分布例

**図3：** merger後に$0.1r_{200}$以遠にいる星の割合とhost,satelliteのDM質量比の関係。質量比が1:5程度のmergerイベントが、最も多くの割合の星を外縁部に運んでいる。(satelliteのbinding energyが大きすぎず、降着する恒星成分も十分あるから？)

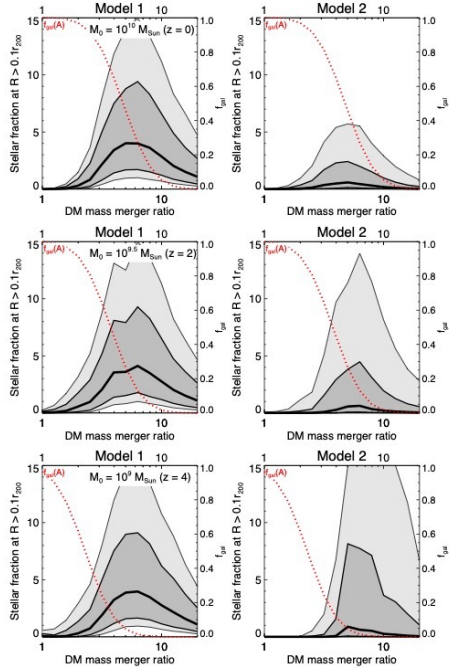
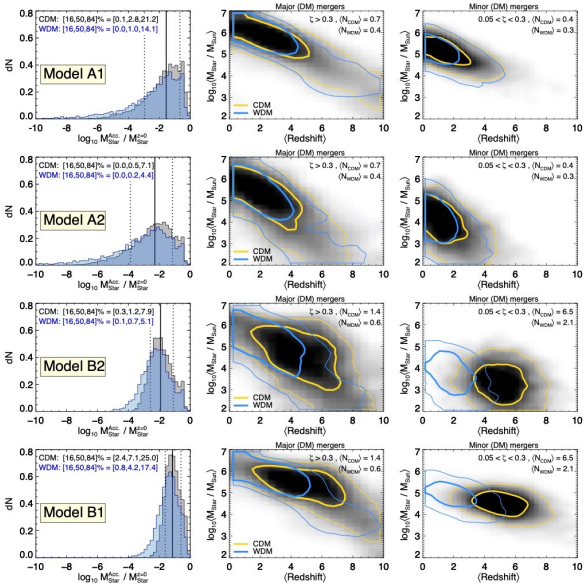


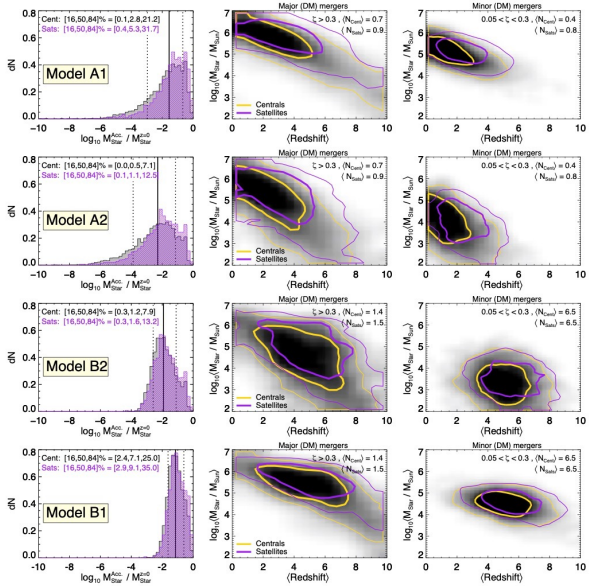

**図3.** merger後に遠方(>$0.1r_{200}$)に位置する恒星の割合(%)と、mergerのDM質量比。

**図D(裏面)：** dwarf-dwarf mergerを経験した$10^{10}M_{sun}$の矮小銀河が、$10^{12}M_{sun}$のMWハローに降ってきた場合の時間進化。3-4Gyr後には矮小銀河のハローが剥ぎ取られて、10Gyr後には、空間分布と速度空間両方で矮小銀河本体を横切るようなstreamとして存在。

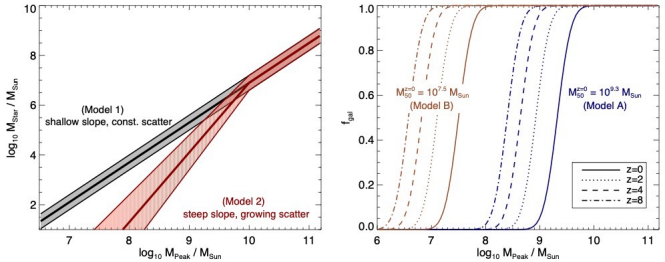
**[Comment]** wet mergerならmajor mergerでも星形成を起こすことで、halo形成に寄与しそう。PFSで$R_{tidal}$より遠くの星を同定すれば、銀河形成モデルを制限できるかも。(著者は複数のdSphのLSST画像をstackすれば、一部のモデルについて検証できると述べている。)



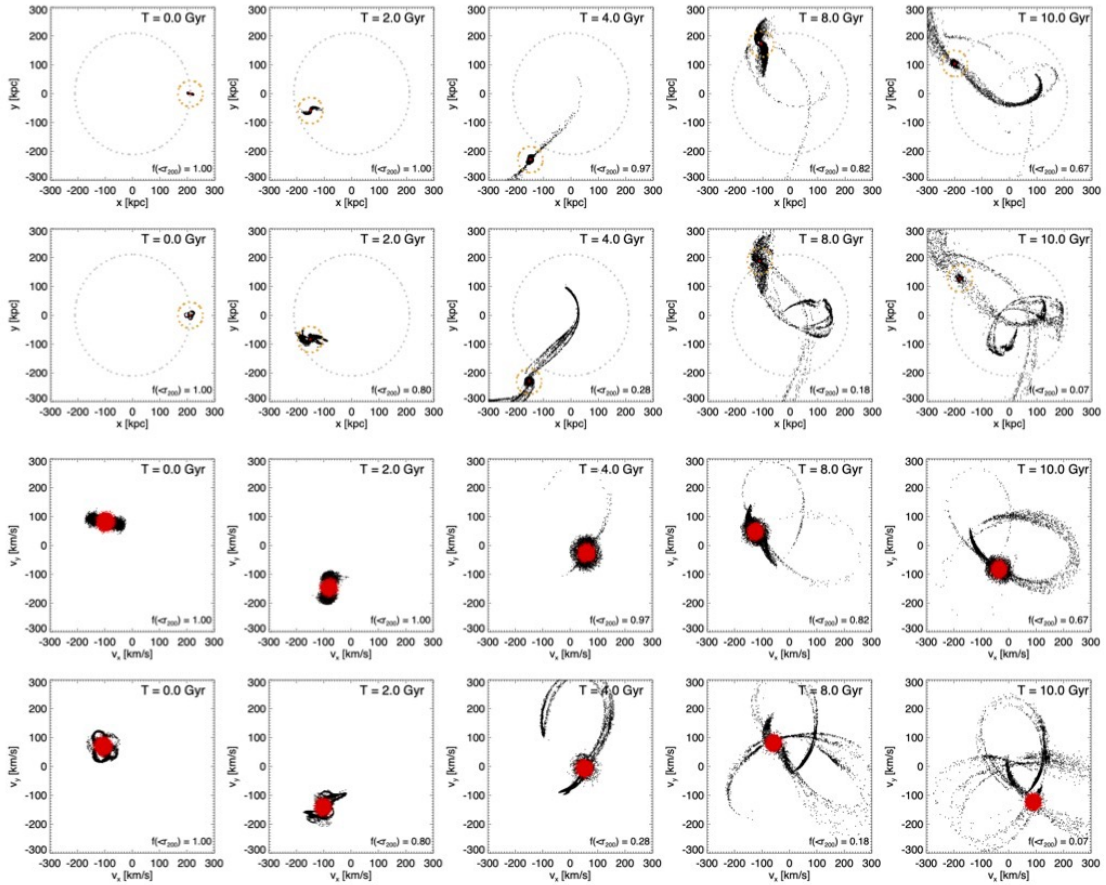

**図B**. CDMとWDMでの降着恒星質量/現在の恒星質量の分布(左)と、major,minor mergerイベントの平均progenitor質量と平均redshift (中央,右)。




**図C**. 中心銀河と衛星銀河での質量降着史の比較(CDMのみ)。




**図A**. 仮定した銀河形成モデル。左) 星質量-DMハロー質量関係。右) DMハローが銀河を内包している確率。




**図D**. MWハローに降着後の矮小銀河ハローの進化。(1,3段はDM比1:5のmergerを経験、2,4段目は1:10の場合)