

ダークマターハローの 密度構造形成メカニズム

東京大学大学院

総合文化研究科広域科学専攻

修士課程2年 加倉井信久

目次

1. 研究背景
2. 目的
3. 意義
4. 方法
5. 結果
6. 考察
7. Future Work

研究背景

発表年	著者	内容
1995 ↓ 1997	Navarro,Frenk&White	<u>Universal Profile</u> を提唱 ▪ $N = 10^6$ ▪ ハロー中心付近の傾き = -1
1997 ↓ 2008	▪ Fukushige&Makino ▪ Moore et al. ▪ Power et al. ▪ Aquarius Project	<u>高解像度追試</u> ▪ $N = 10^7 \sim 10^{10}$ ▪ -1~-1.5 or 非定数(半径or宇宙論的初期条件依存)

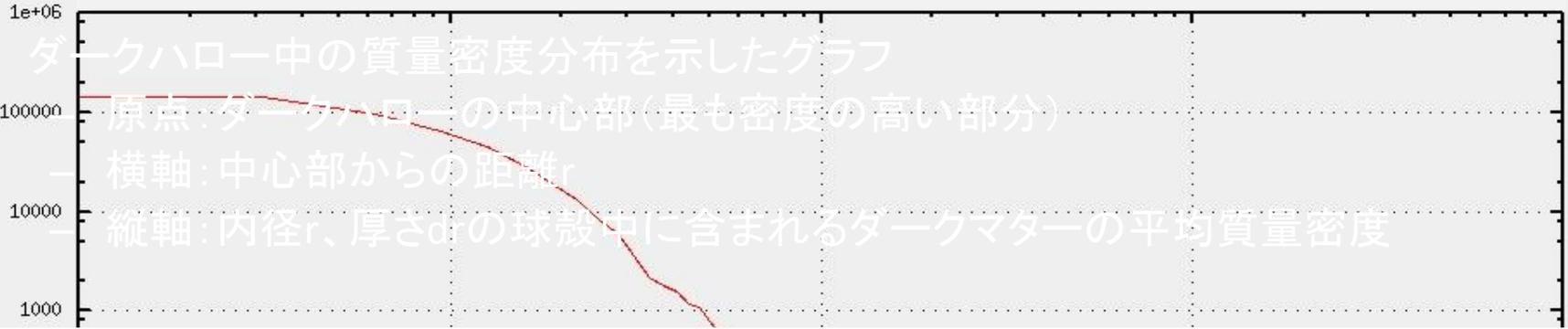
密度プロファイル

原点: ダークハローの中心部(最も密度の高い部分)

横軸: 中心部からの距離 r

縦軸: 内径 r 、厚さ dr の球殻中に含まれるダークマターの平均質量密度

Density Profile of a dark halo [N=8000 , eps=0.03125]



ダークハロー中の質量密度分布を示したグラフ

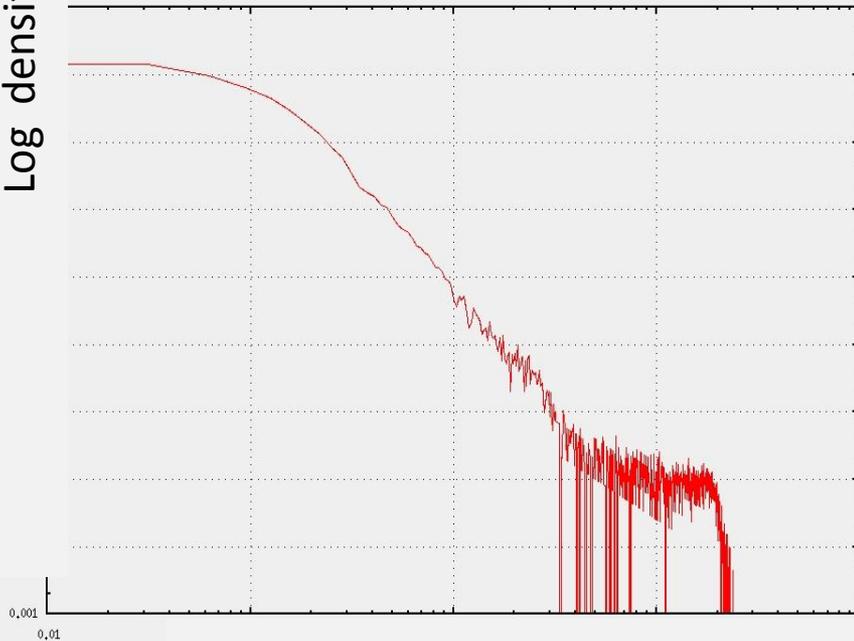
原点: ダークハローの中心部(最も密度の高い部分)

横軸: 中心部からの距離 r

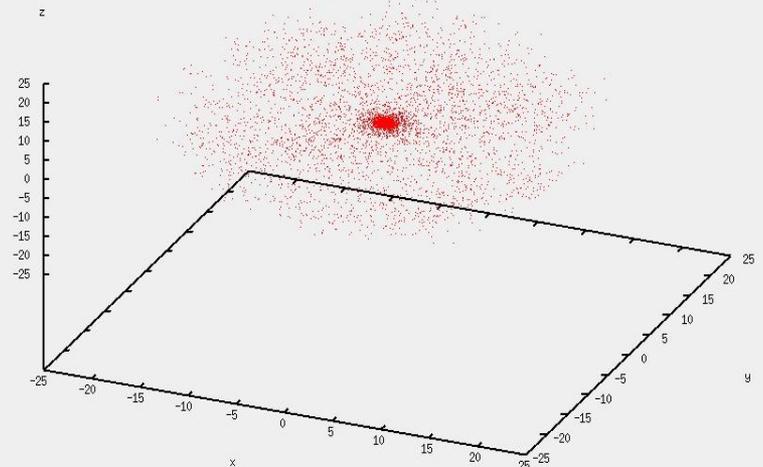
縦軸: 内径 r 、厚さ dr の球殻中に含まれるダークマターの平均質量密度

Log density

Density Profile [N=8000 , dt=0.03125 , eps=0.03125 , t_end=30]



cold collapse [N=8k , dt=0.03125 , eps=0.03125 , t_end=30]

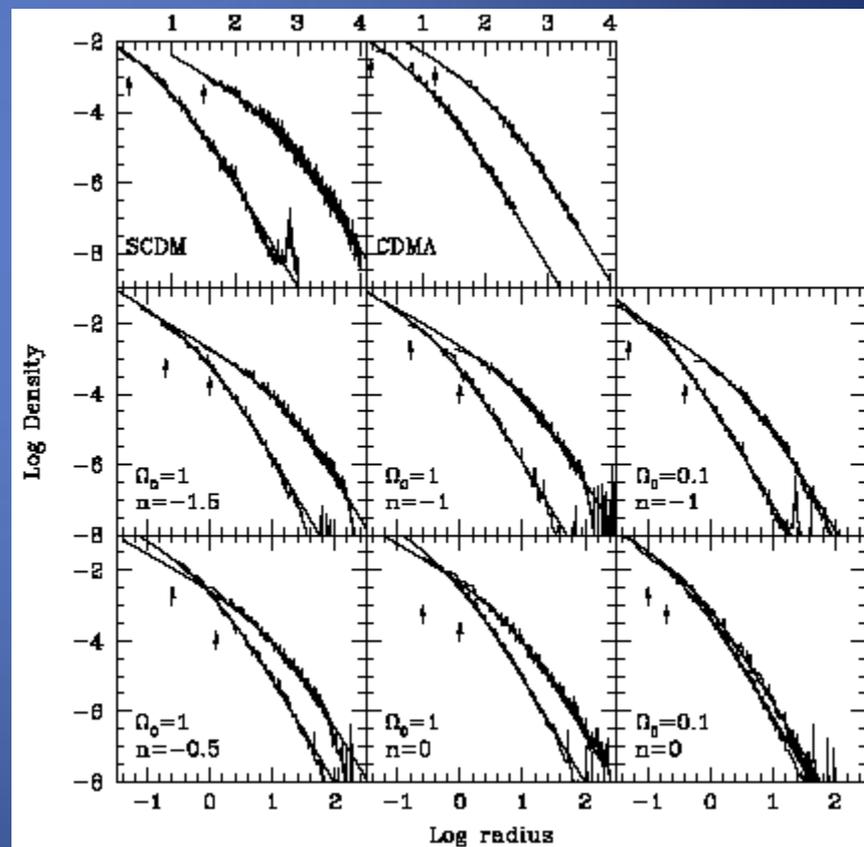


Log radius

Universal Profileとは

宇宙の初期条件・ハロー質量によらず、
ダークハローの密度プロファイルは
全て下式で表される

$$\rho(r) = \frac{\rho_0}{\frac{r}{R} \left(1 + \frac{r}{R}\right)^2}$$



研究背景

発表年	著者	内容
1995	Navarro,Frenk&White	<u>Universal Profile</u> を提唱
↓		• $N = 10^6$ • ハロー中心付近の傾き = -1
1997		
1997	• Fukushige&Makino • Moore et al.	<u>高解像度追試</u>
↓	• Power et al. • Aquarius Project	• $N = 10^7 \sim 10^{10}$ • -1~-1.5 or 非定数(半径or宇宙論的初期条件依存)
2008		

➤ Universal Profileの真偽は未だ不明

各先行研究の特徴

- $z=0$ 付近のハロー密度プロファイルのみ分析
 - 密度プロファイルの形成過程が不明

研究目的

ダークハローの
密度構造(密度プロファイル)
形成メカニズムの解明

アプローチ

宇宙論的初期条件の下で、
密度プロファイルに注目したMerger historyの追跡

密度プロファイル研究の意義

もしダークハロー密度プロファイルを定量的に定められれば、

- ① 渦巻銀河の回転曲線
- ② 銀河団高温ガスの分布

などについて観測可能な予言が導ける。

さらに、密度プロファイルが

Universal Profile
ならば...

- 描像が単純なので、ダークハローの関わる研究が容易になる

初期条件に依存して
定まるならば...

- ①や②の観測結果から、宇宙の初期条件に対して制約を加えられる可能性あり

研究方法概要

宇宙論的N体シミュレーション

1. 初期条件作成

宇宙モデル

- ・Einstein-de Sitter

初期密度揺らぎ

- ・ $P(k) \propto k^{-1}$

粒子数

- ・ $\sim 10^7$

その他

- ・re-simulation法(NFW)

2. 時間積分

境界条件

- ・open boundary

加速度計算&積分 (Cray-XT4)

- ・Phantom + 並列tree & leapfrog(Ishiyama)

その他

- ・可変dt,eps(kase2006)

3. 解析

- ・ハロー探索

- ・ハローパラメータ計算
 - ・密度プロファイル
 - ・ビリアル半径
 - ・merger tree ...etc

- ・密度プロファイルの信頼性分析

シミュレーション条件詳細

初期条件

宇宙論的パラメータ		初期粒子分布に関するパラメータ	
Ω	1	系の境界条件	open boundary
Ω_m	1	初期粒子分布密度ゆらぎパワー $P(k)$	$\propto k^{-1}$
σ_8	0.7	系の半径[共動Mpc]	32
H_0 [km/s/Mpc]	50	z_{init}	20.8
		z_{end}	0

時間積分条件

使用計算機	国立天文台並列計算機Cray-XT4 (256コア)
重力加速度の計算方法	Phantom-GRAPe(Nitadori in prep.) & 並列ツリーコード(Ishiyama in prep.)
時間積分アルゴリズム	leapfrog法
座標系	物理座標系
dt_{fin} [Myr]	1.2
ϵ_{fin} [kpc]	0.42
z_{crit}	5.0
θ	0.3

試行ごとのパラメータ

試行ID	N_{tot}	N_{high}	$m_{\text{high}}[M_{\odot}]$	N_{low}	$m_{\text{low}}[M_{\odot}]$	r_{200} [Mpc]	N_{200}	$M_{200}[M_{\odot}]$
G1	$2.6 \cdot 10^7$	$7.1 \cdot 10^6$	$9.4 \cdot 10^6$	$1.9 \cdot 10^7$	$7.5 \cdot 10^7$	0.67	2071741	$1.9 \cdot 10^{13}$