

# 宇宙論的密度ゆらぎの 普遍的密度プロファイルと 確率密度分布関数

東京大学 大学院理学系研究科  
須藤 靖 (ADAC project: hys22a)

2001年12月13日

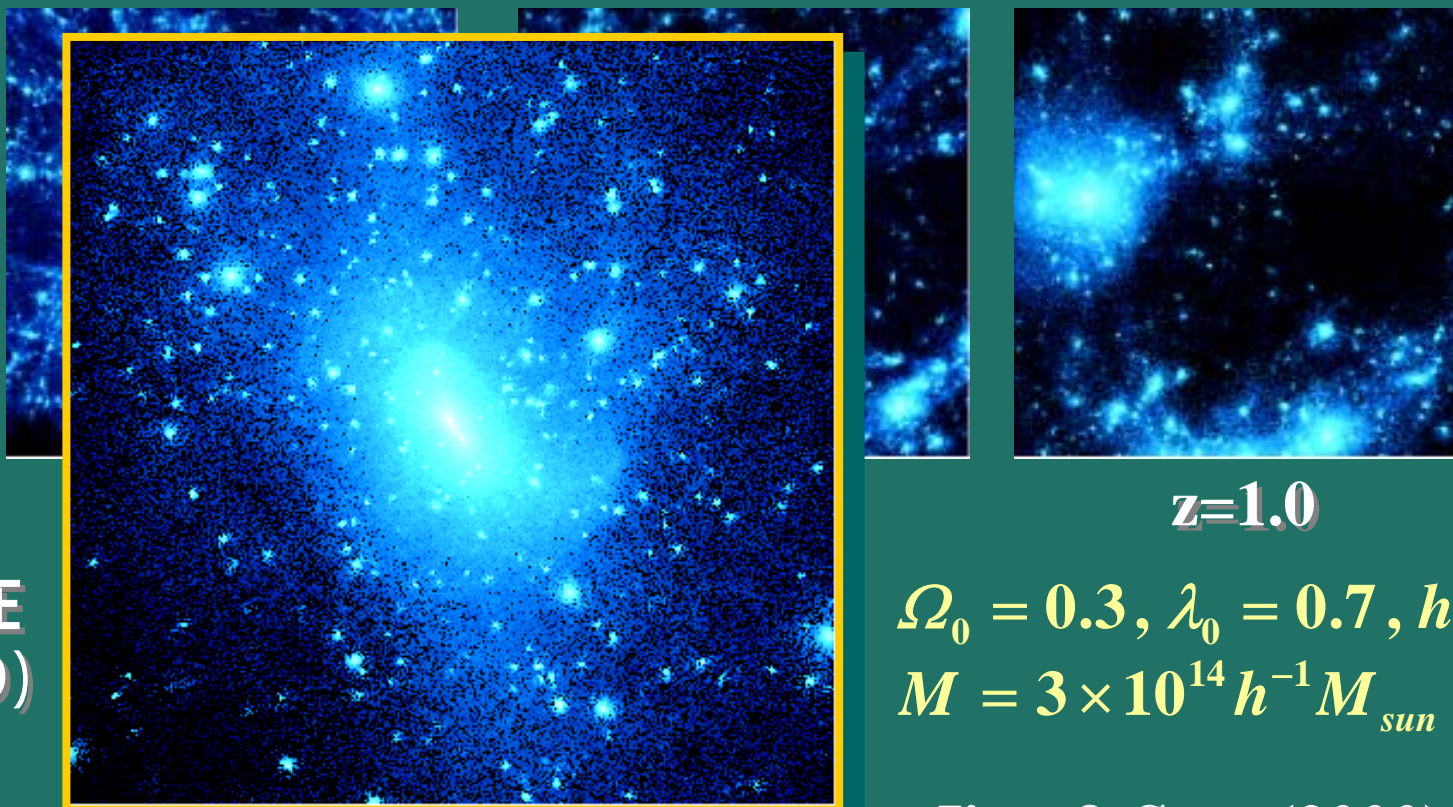
第11回天文学データ解析センター  
ユーザーズミーティング

## **hys22a: プロジェクトメンバー**

- **景益鵬 (上海天文台)**
- **吉田直紀 (CfA PD)**
- **浜名崇 (国立天文台PD)**
- **日影千秋 (東大物理D1)**
- **桑原健 (東大物理D1)**

# 数値シミュレーション:銀河団

## ■ 冷たい暗黒物質モデルにおける、銀河団の形成



現在  
( $z=0$ )

$z=1.0$

$$\Omega_0 = 0.3, \lambda_0 = 0.7, h = 0.7$$

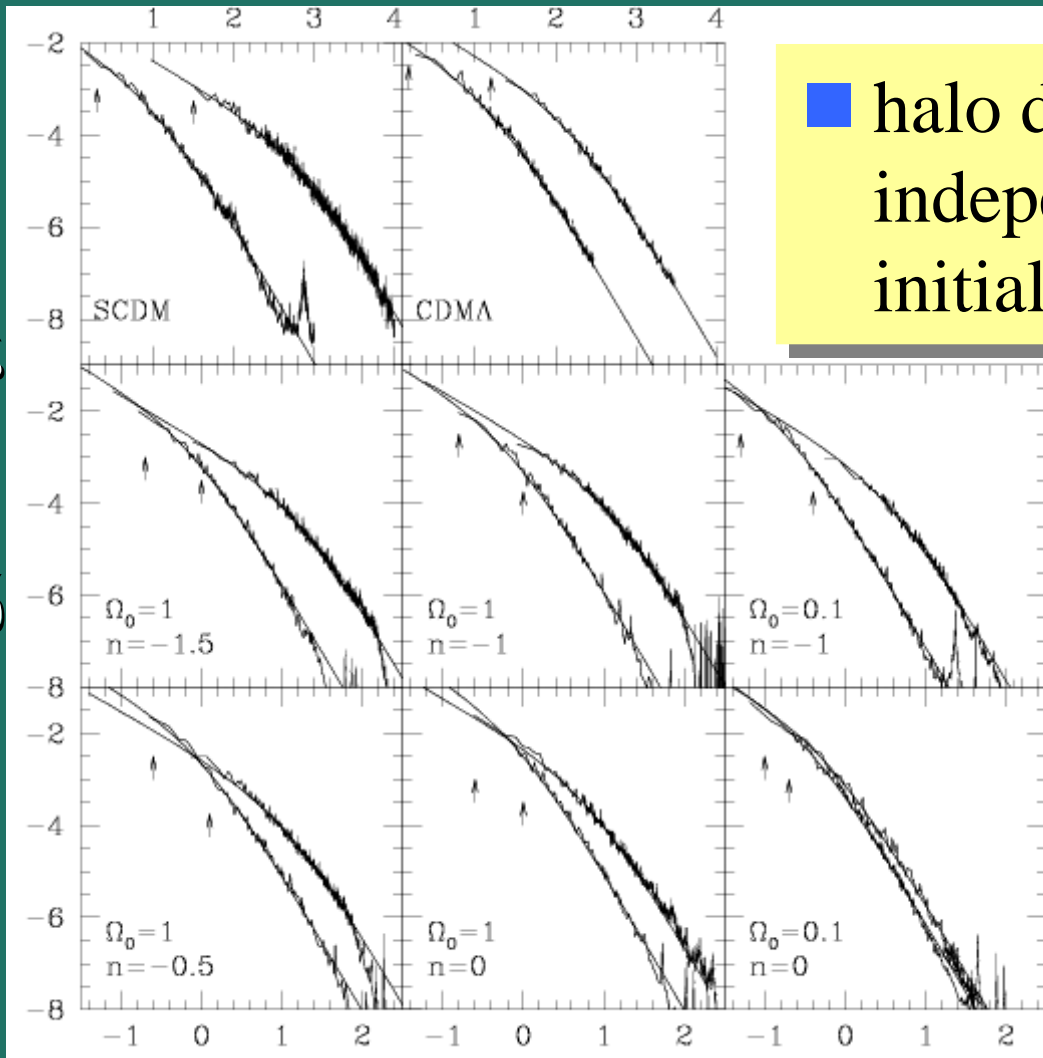
$$M = 3 \times 10^{14} h^{-1} M_{sun}$$

Jing & Suto (2000)

# NFW universal density profiles

■ halo density profile is independent of cosmological initial condition

log(density)



log(radius)

Profile of Dark Halos and PDF

$$\rho(r) = \frac{\delta_c \rho_{crit}}{(r/r_s)(1+r/r_s)^2}$$

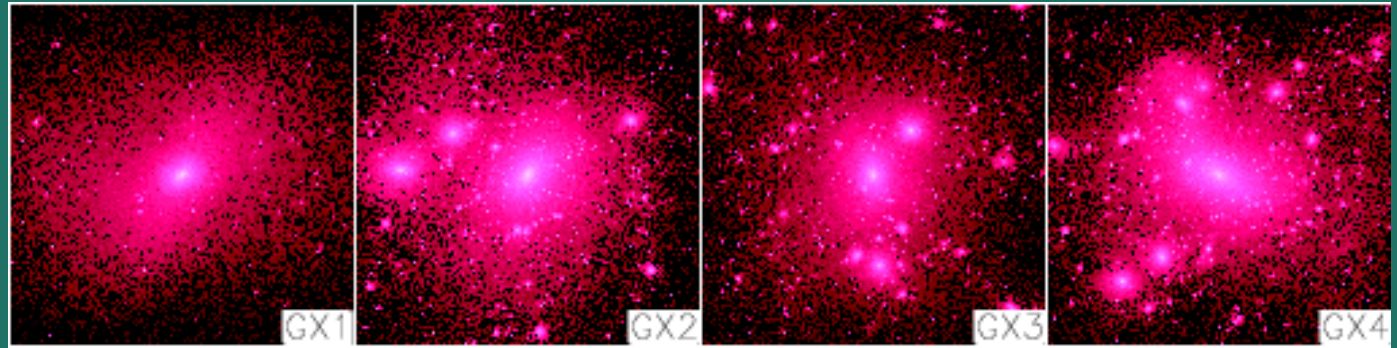
$$c_{vir}(M) \equiv \frac{r_{vir}(M)}{r_s(M)}$$

$$\delta_c(M) \equiv \frac{\Delta_{vir} \Omega_0 c^3}{3[\ln(1+c) - c/(1+c)]}$$

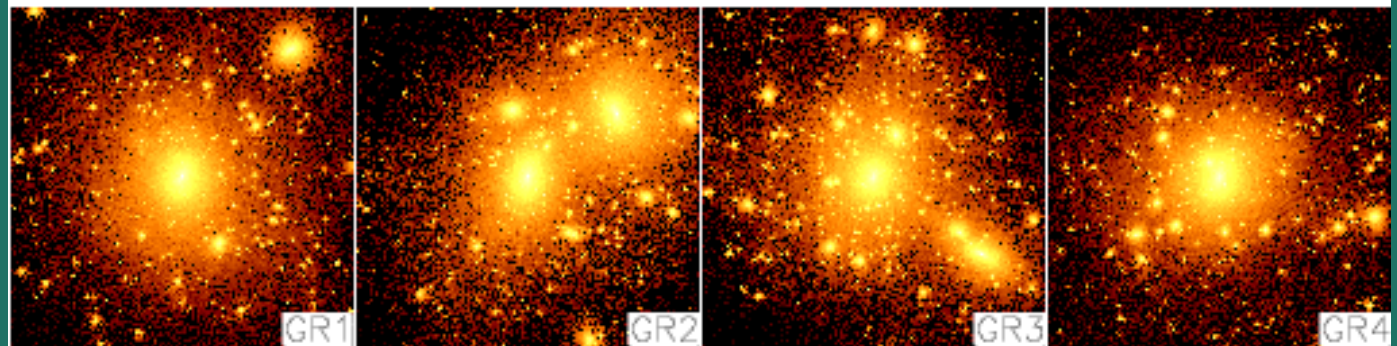
Navarro, Frenk & White (1997)

# Density profiles of Simulated Halos

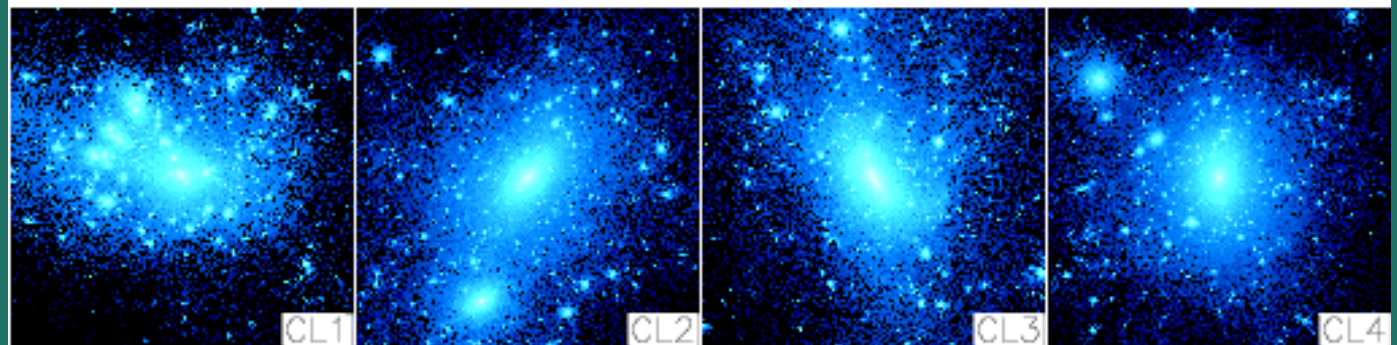
galaxies  
 $\sim 5 \times 10^{12} M_{\text{sun}}$



groups  
 $\sim 5 \times 10^{13} M_{\text{sun}}$



clusters  
 $\sim 3 \times 10^{14} M_{\text{sun}}$



# Our new cosmological N-body runs

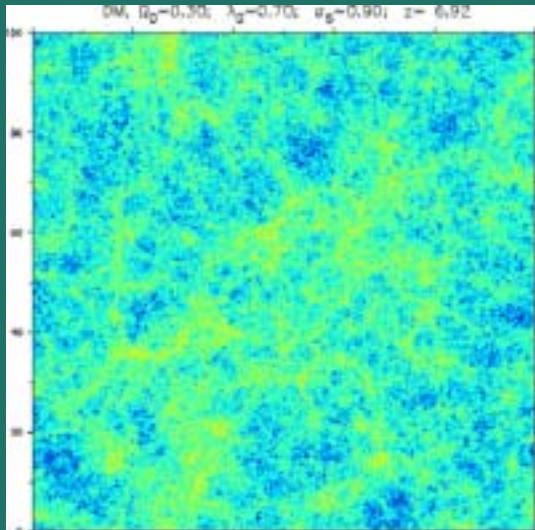
- $N=512^3=1.34 \cdot 10^8$  particles,  $L=100$  Mpc/h
- Primary model: LCDM
  - $\Omega_m=0.3$ ,  $\Omega_b=0.04$ ,  $h=0.667$ ,  $\sigma_8=0.9$
- Comparison model: SCDM
  - $\Omega_m=1.0$ ,  $\Omega_b=0.04$ ,  $h=0.5$ ,  $\sigma_8=0.55$

	Box size (Mpc/h)	Softening (kpc/h)	Time steps	Realizations
LCDM 1	100	10	5000	1
LCDM 2	100	20	1200	2
SCDM	100	20	1200	2

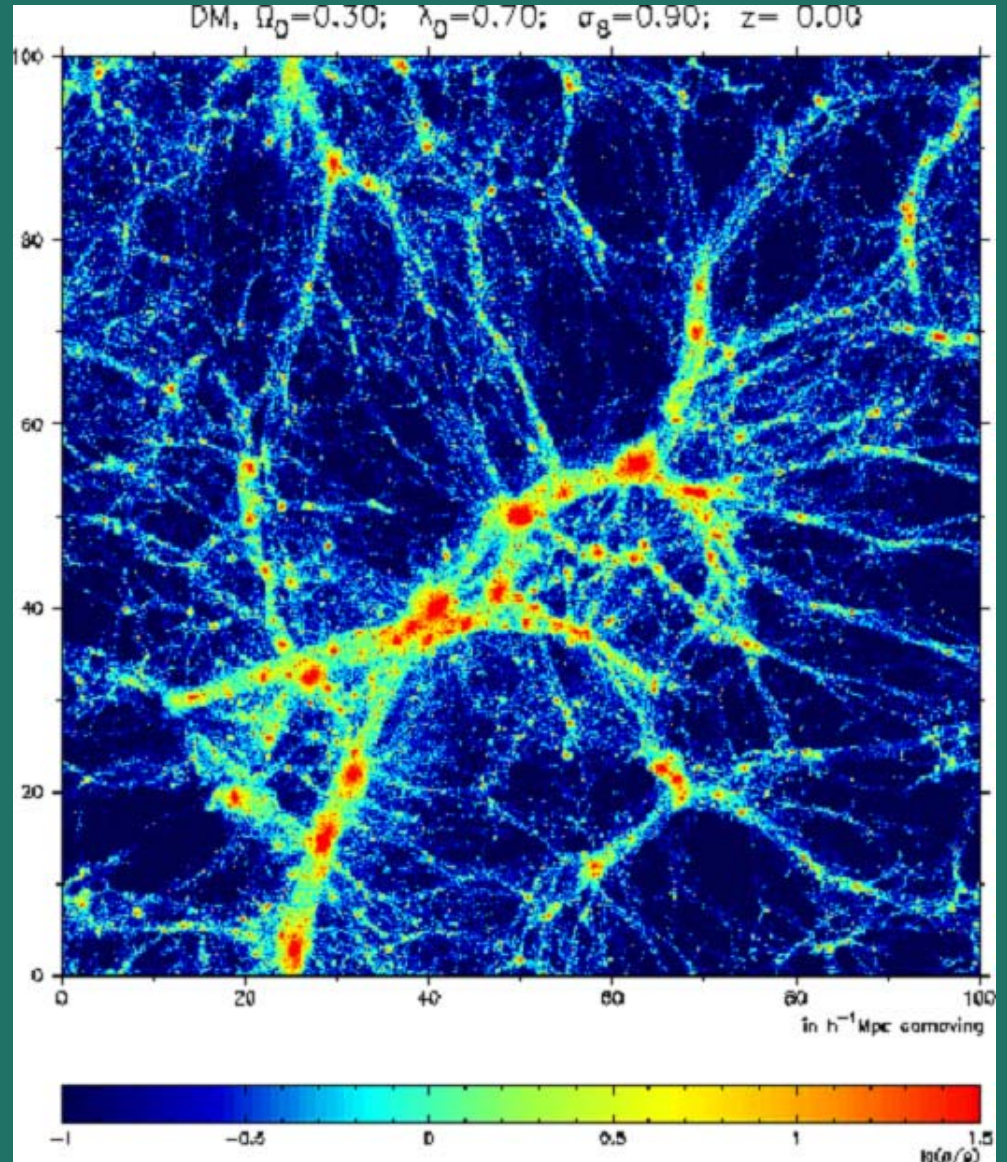
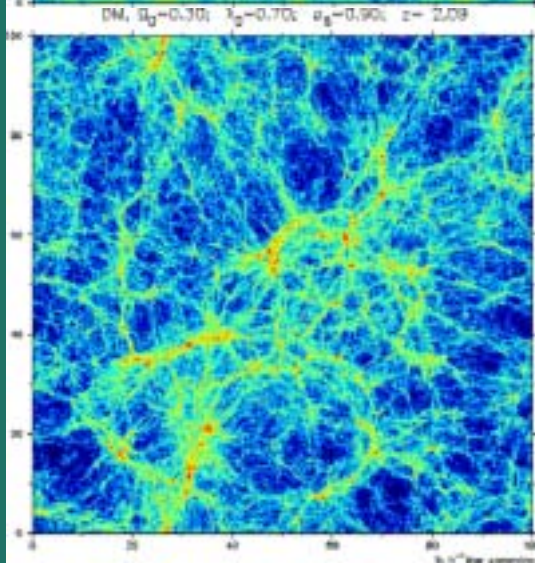
# Slice output

$z=0$  (LCDM;  $N=512^3$ )

$z=7$

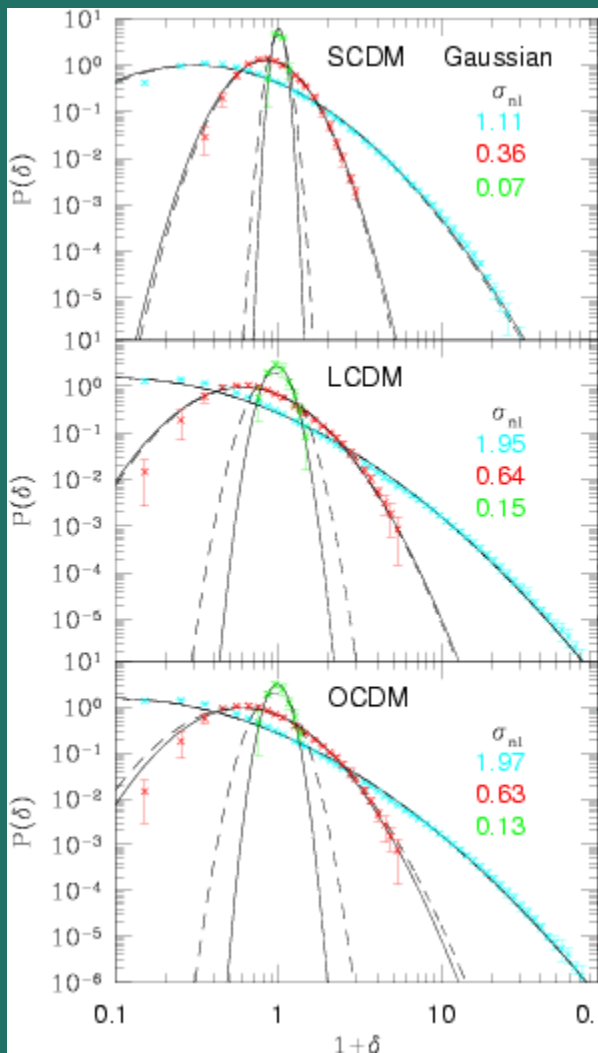


$z=2$



*Profile of Dark Halos and PDF*

# 宇宙論的密度ゆらぎ確率分布関数



■ 初期条件 : random-Gaussian



■ 重力非線形成長によってlog-normal(対数正規分布)に近づく

$$P_{LN}(\delta) = \frac{1}{(1+\delta)\sqrt{2\pi\ln(1+\sigma^2)}} \exp\left[-\frac{[\ln\sqrt{1+\sigma^2}(1+\delta)]^2}{2\ln(1+\sigma^2)}\right]$$

■ 1点分布関数のみならず2点分布関数も同様にして記述できる

(Kayo, Taruya & Suto 2001)



# ジーナス統計の宇宙論的応用

- **ジーナス**: 等密度面における  
(穴の数) - (孤立した領域の数)



$$G = 0 - 9 = -9$$



$$G = 5 - 1 = 4$$

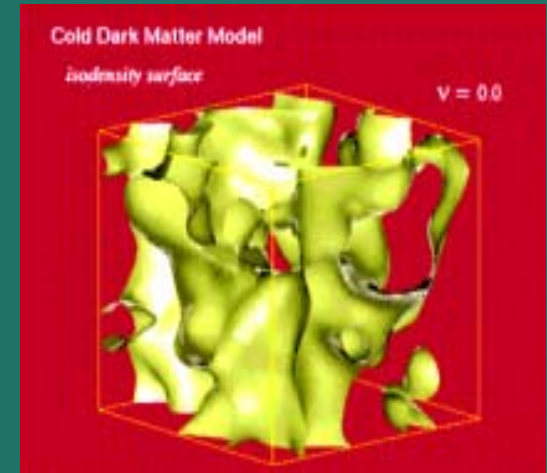
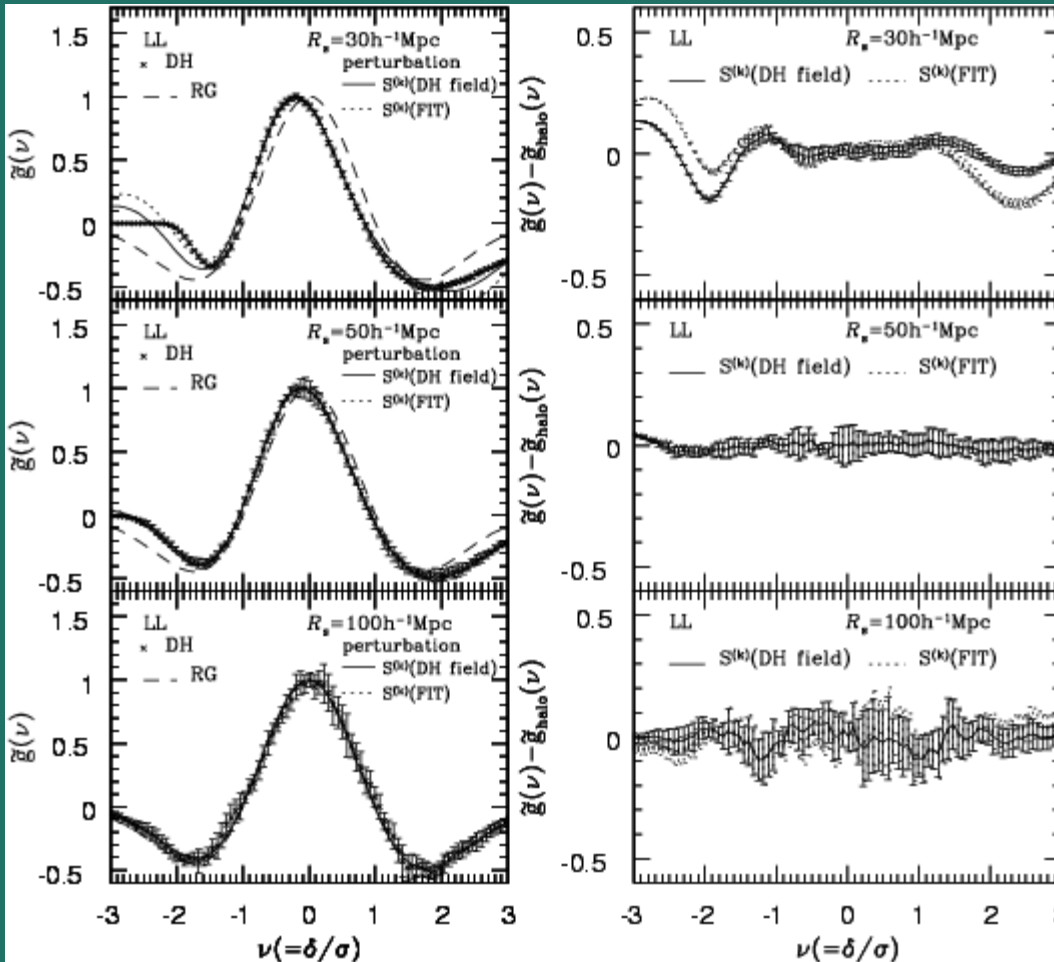


$$G = 0 - 3 = -3$$

日影千秋：東京大学修士論文 (2001)

# ダークハローのジーンズ統計

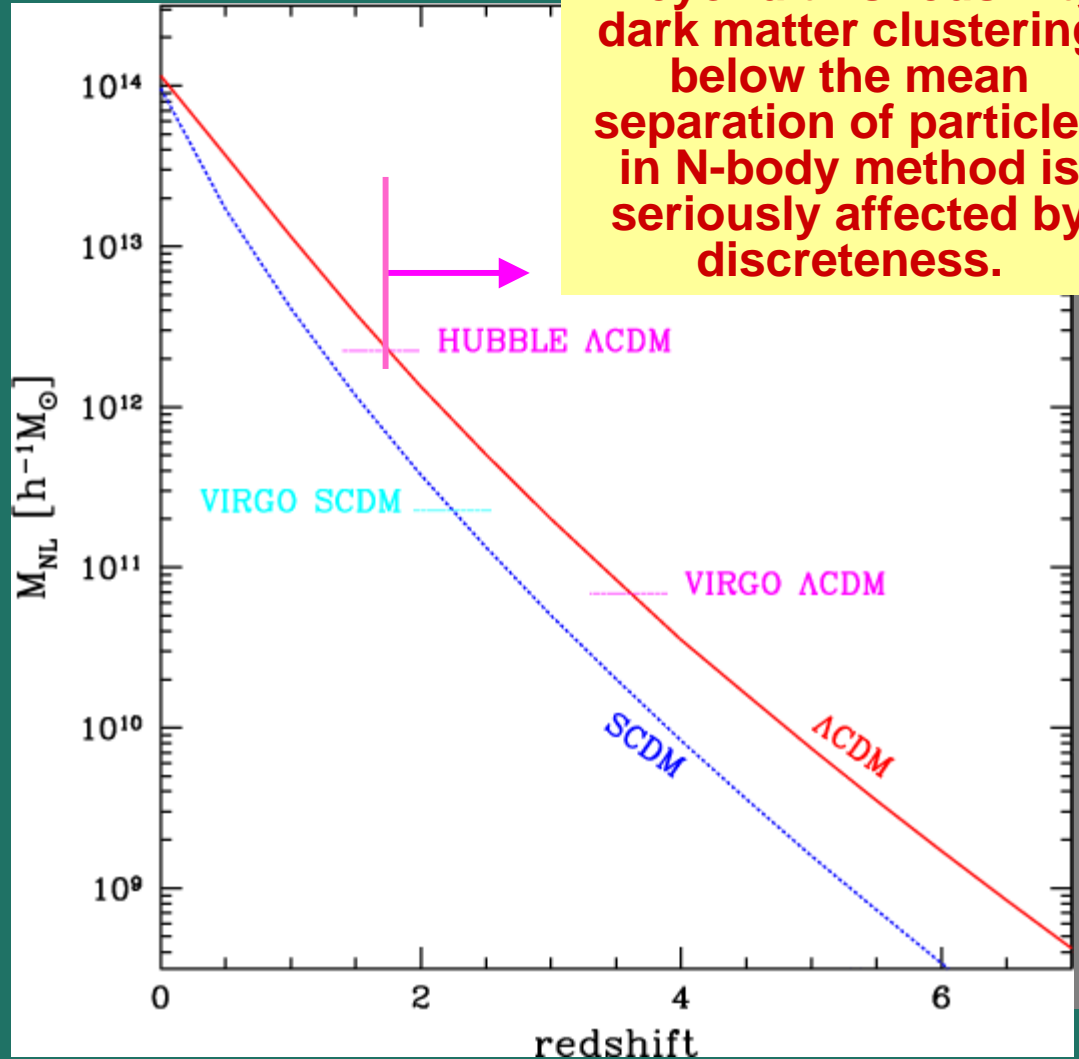
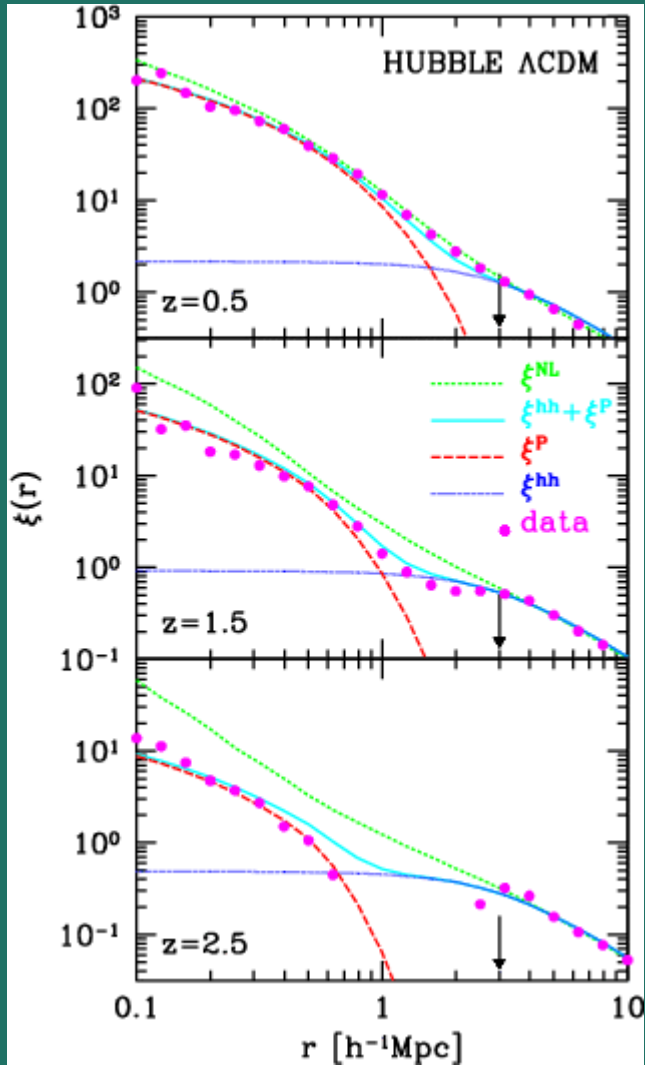
$G > 0$   $\nu = 0.0$



Matsubara & Suto (1996)

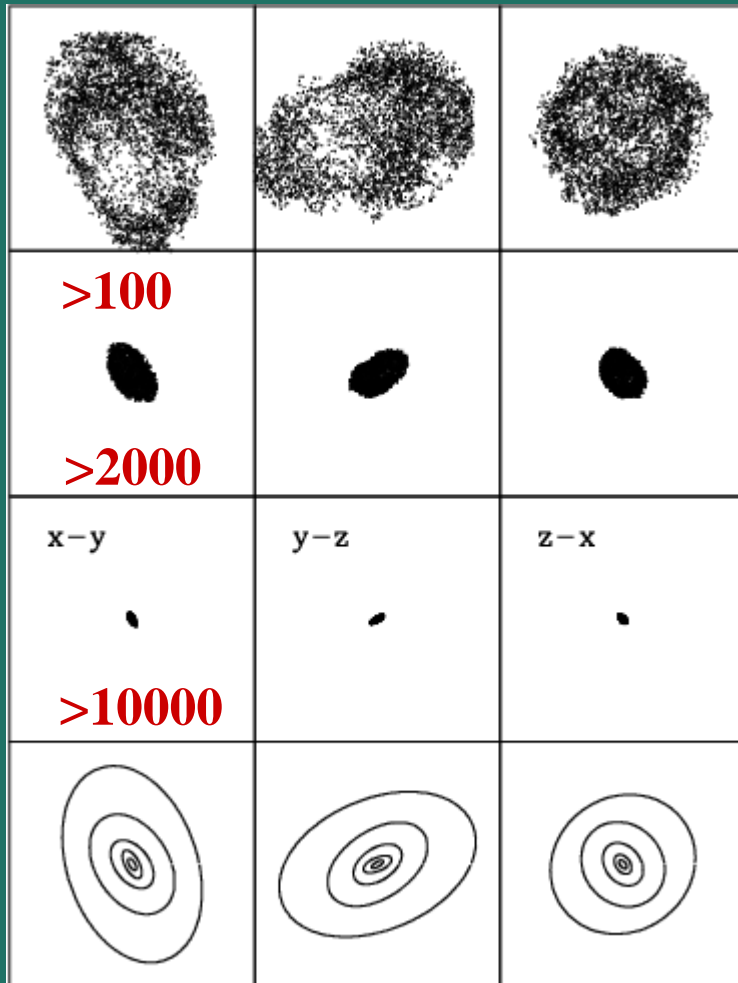
- 非線形重力進化とダークハローの非線形バイアス効果を考慮

# N体計算における粒子の離散性の効果



Beyond this redshift, dark matter clustering below the mean separation of particles in N-body method is seriously affected by discreteness.

# ハロープロファイルの非球対称性



- NFW以来の球対称近似での普遍密度プロファイルを超えた記述を試行

$$\rho(R) = \frac{\delta_c \rho_{crit}}{(R/R_s)^\alpha (1 + R/R_s)^{3-\alpha}}$$

$$R^2(\rho) \equiv \frac{X^2}{a^2(\rho)} + \frac{Y^2}{b^2(\rho)} + \frac{Z^2}{c^2(\rho)}$$

Jing & Suto, in preparation

# hys22aプロジェクト関連研究成果

- **ダークハローの密度プロファイルとstable condition**
  - Jing & Suto: ApJ (2000)
  - Fukushige & Suto: ApJ (2001)
  - Suginohara, Taruya & Suto: ApJ (2002)
  - Kuwabara, Taruya & Suto: PASJ, submitted
- **密度ゆらぎの確率分布関数とジーナス統計**
  - Kayo, Taruya, & Suto: ApJ (2001)
  - Hikage, Taruya & Suto: ApJ (2001)
- **N体計算における粒子の離散性の効果**
  - Hamana, Yoshida & Suto: ApJ (2002)
- **ダークハローの空間バイアスモデル**
  - Taruya, Magira, Jing & Suto: PASJ (2001)
  - Hamana, Yoshida, Suto & Evrard: ApJ (2001)
  - Hamana, Kayo, Jing, Yoshida & Suto: in preparation
- **ダークハローの非球対称性の定量化**
  - Jing & Suto: in preparation