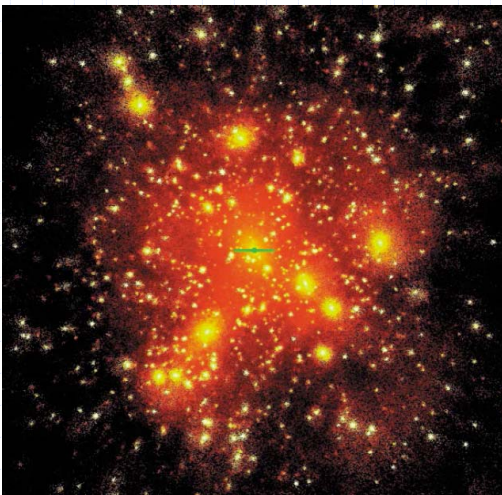


暗黒物質サブハローと 銀河円盤との力学相互作用

林 寛人、千葉 柁司(東北大)

1. Introduction

1.1 暗黒物質(CDM)サブハロー



◆mass functionはホストハローの質量にほとんど依存せずほぼ等しい形

$$\frac{dN}{dM_{\text{sub}}} \propto M_{\text{sub}}^{\alpha}$$

$$-1.7 \leq \alpha \leq -1.9$$

◆速度分布はradialに非等方の傾向

(B.
Moore)

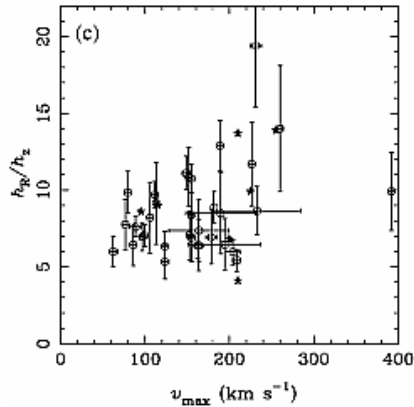
1.2 問題点

サブハローと円盤構造との力学相互作用により
銀河円盤が観測されるような薄い状態になり得なくなる

銀河円盤の
scale length : h_R
scale height : h_z

$$h_z / h_R \leq 0.2$$

h_R/h_z



Kregel et al.(2002) 回転曲線の最大値

1.3 本研究の目的

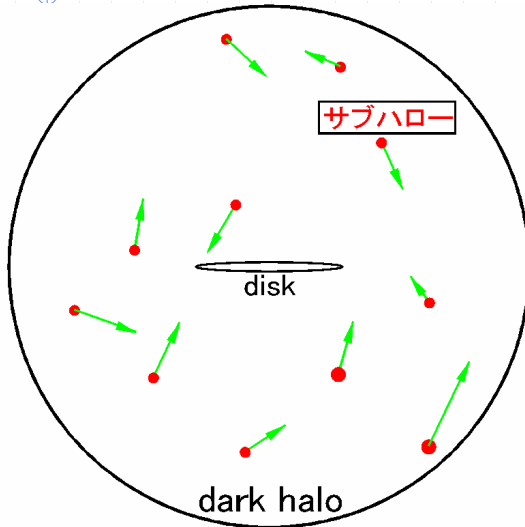
今までの研究から現在のサブハローの分布では
サブハローは銀河円盤にほとんど影響しない
しかし今までの研究ではサブハローがdiskに与える
効果について定量的な評価がなされていない



薄い円盤を含む銀河モデルの中で
詳細なN体計算を行いサブハローが
円盤に与える効果を定量的に得る

2. Model

2.1 モデルの概略図



個々のサブハローの密度分布

◆point massモデル

◆Kingモデル

(以下tidalモデル)

- diskは軸対称モードとbarモードに安定
- 計算時間は5 Gyr
- Tree codeを用いて計算

2.2 host銀河の密度分布

Hernquist(1993)の銀河モデルを使用

$$\rho_{disk} = \frac{M_d}{4\pi R_d^2 z_d} \exp(-R/R_d) \operatorname{sech}^2(z/z_d)$$

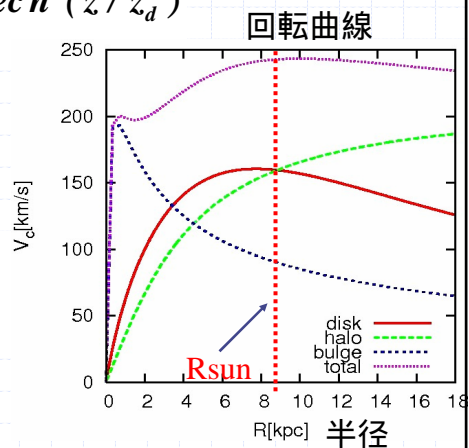
halo : isothermal sphere

bulge : hernquist model

diskのscale height $z_d = 245 \text{ pc}$

diskの粒子数 46000

bulgeとhaloはrigid potential



2.3 サブハロー系の初期条件

◆サブハローの質量関数

$$dN / dM_{sub} \propto M_{sub}^{-2} \text{ で与える}$$

上限、下限はパラメータ、総質量は M_{halo} の1/10

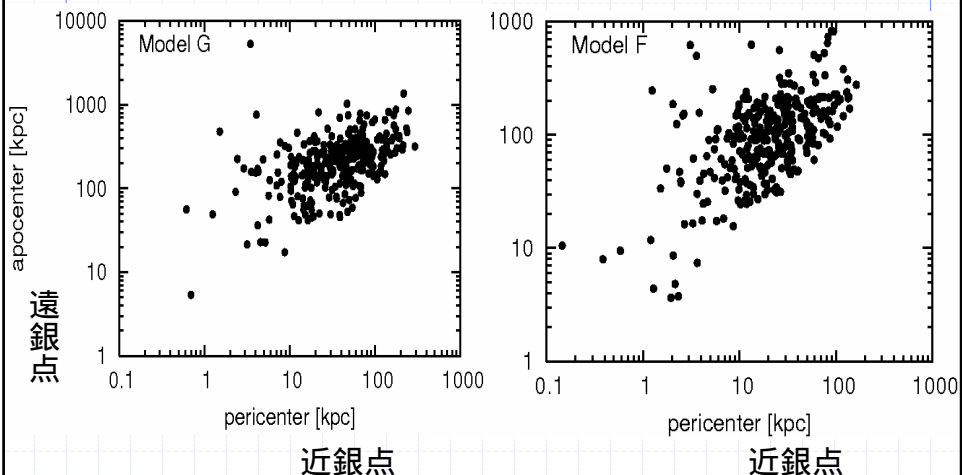
◆サブハロー系の空間分布・速度分布

$$\rho = \frac{M a}{2\pi r (a+r)^3} : a \text{ はパラメータ}$$

速度分布は等方の場合と $\beta = 0.5$ を仮定

$$\beta = 1 - \overline{v_\theta^2} / \overline{v_r^2} : \text{非等方性を表すパラメータ}$$

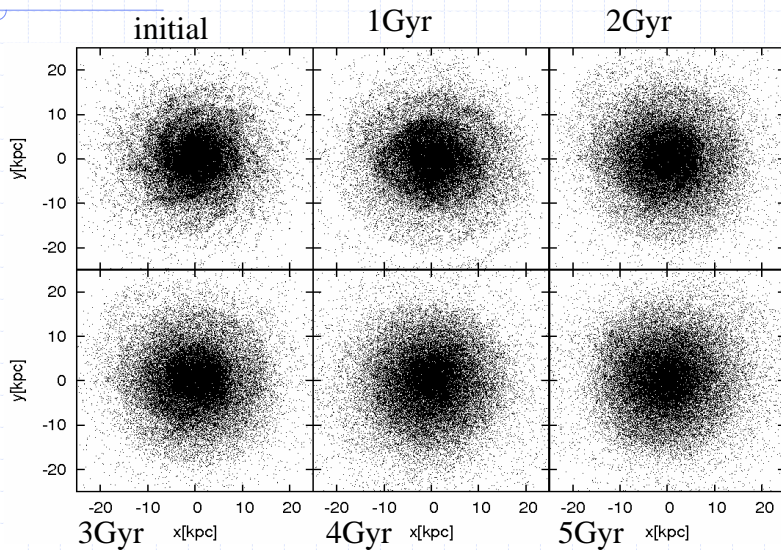
2.4 サブハローの分布の違い



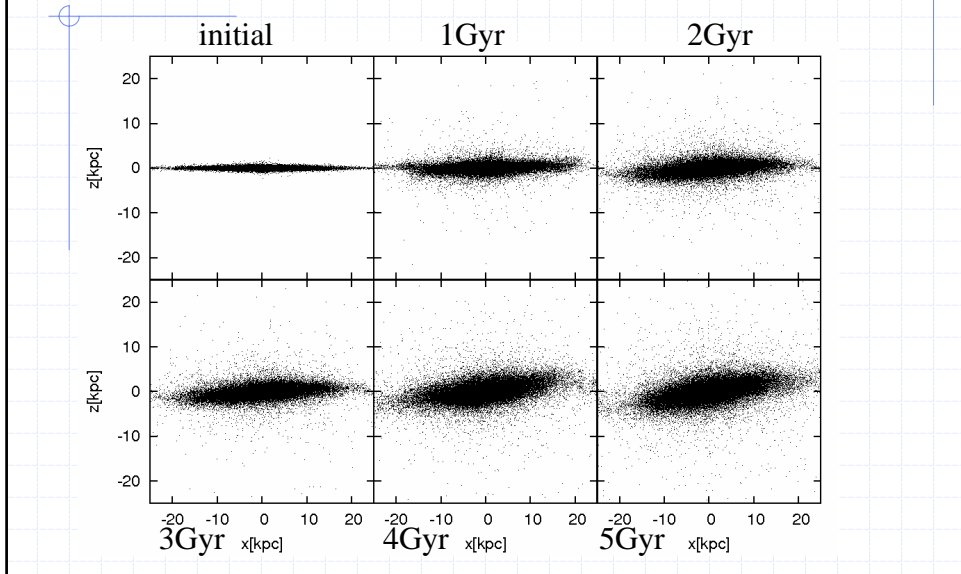
model	総数	scale length	$M_{high}[M_{\odot}]$	$M_{low}[M_{\odot}]$	粒子数
point mass モデル					
A	784	20	10^8	10^8	
B	784	40	10^8	10^8	
C	392	40	2×10^8	2×10^8	
D	261	40	3×10^8	3×10^8	
E	200	50	4×10^8	4×10^8	
F	318	25	10^9	10^8	
G	313	80	10^9	10^8	
H	175	40	10^{10}	10^8	
I	1141	50	10^{10}	10^7	
J	1959	40	10^9	10^7	
tidal モデル					
K	318	25	10^9	10^8	182
L	172	40	10^{10}	10^8	182
\dot{L}	172	40	10^{10}	10^8	485
M	362	7	10^9	10^8	182
N	200	50	4×10^8	4×10^8	182
O	112	20	7×10^8	7×10^8	182
P	280	15	10^{10}	10^8	170
Q	173	7	10^{10}	10^8	170
\dot{Q}	173	7	10^{10}	10^8	数千個
$\beta = 0.5$ モデル					
R	197	40	10^{10}	10^8	
S	362	25	10^9	10^8	
T	200	25	10^9	10^8	
U	249	40	$10^{9.3}$	10^8	
V	361	45	10^9	10^8	

3. Result

3.1 サブハローによるheatingの1例 -xy plane-

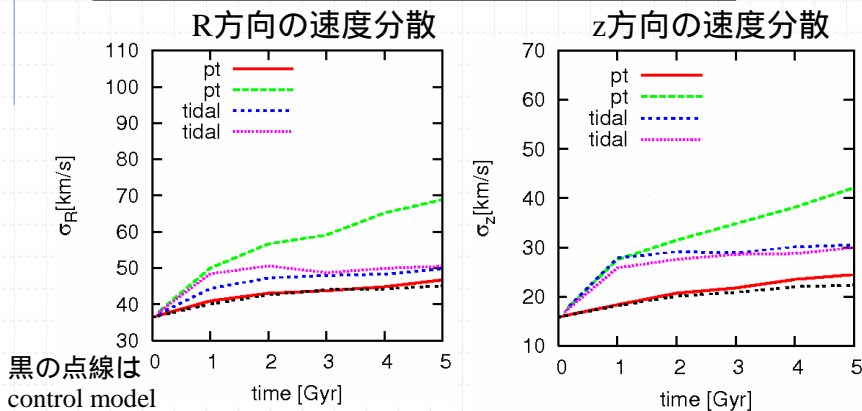


3.2 サブハローによるheatingの例 -edge-on(point massモデル)-



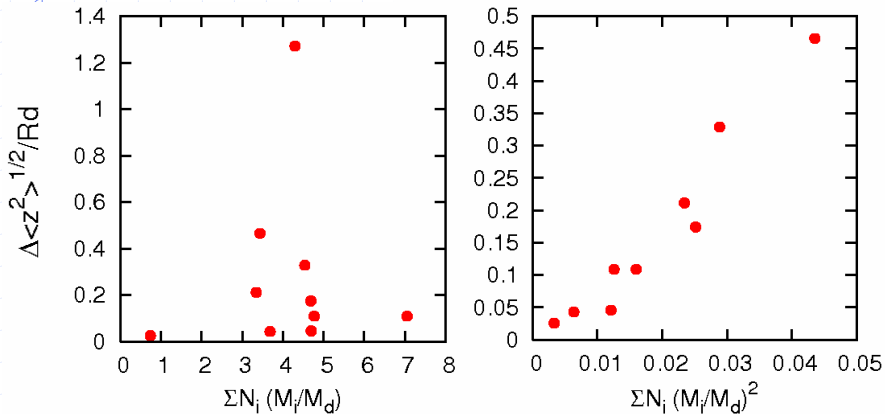
3.3 速度分散の時間変化-R=8.5kpcでの値- tidalモデルでは1Gyr後からほとんど変化しない

→ tidalモデルでは1回目のinfallのみ
diskに影響を与える



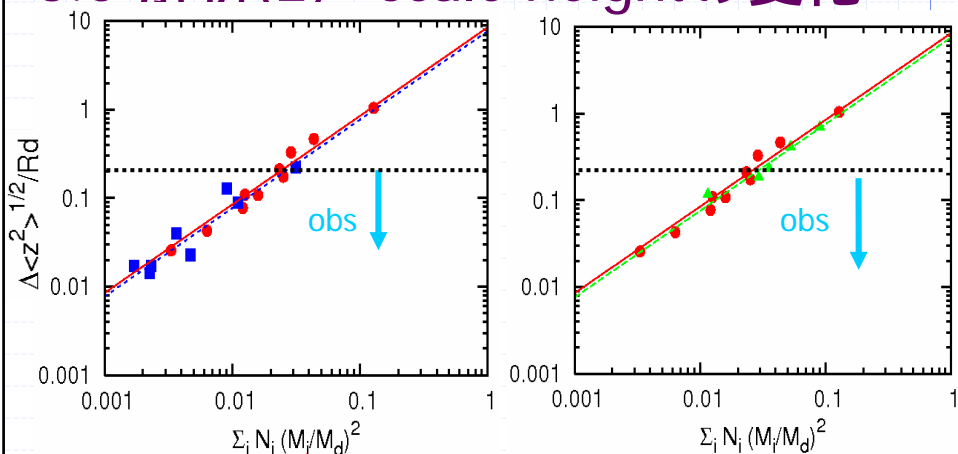
3.4 解析(1) –scale heightの変化–

注意: 以下ではz方向の二乗平均をscale heightと評価する



図の横軸はサブハローが3Rdに入ってきた回数 N_i とその質量 M_i を示す。縦軸はinternal heatingを除いてある。左図では質量に比例、右図では質量の二乗に比例

3.5 解析(2) –scale heightの変化–



- : pint massモデル(等方)
- : tidalモデル($N_i=1$ として計算)
- : =0.5 point massモデル

黒の点線は観測による制限(Kregel et al. 2002)

4. Discussion

4.1 結果の考察

- サブハロー系によるdisk heatingの効果を与える一般式

$$\frac{z_d}{R_d} = A \sum_i N_i \left(\frac{M_i}{M_d} \right)^2$$

Z_d : scale height
 R_d : scale length
 M_d : disk mass
 A : constant

N_i の計算の仕方

point massモデル

N_i は質量 M_i のサブハローがある時間 t 内に
 $3R_d$ 以内に入ってくる回数

tidalモデル(Kingモデル)

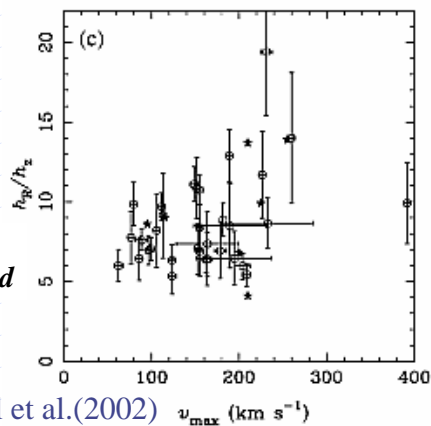
N_i は質量 M_i のサブハローが $3R_d$ 以内に入ってくる総数

$$z_d / R_d \leq 0.2$$

降着するサブハローの質量はdisk質量の約15%以下

$$\frac{z_d}{R_d} \propto V_{max}^{-2}$$

$$R_d / z_d$$



Kregel et al.(2002)

5. Conclusion

- ◆ disk heatingはサブハローの質量に強い依存性を持っている
- ◆ disk質量の約15%の以上の質量がdiskにaccreteしてくると観測される以上にdiskはheat upされる