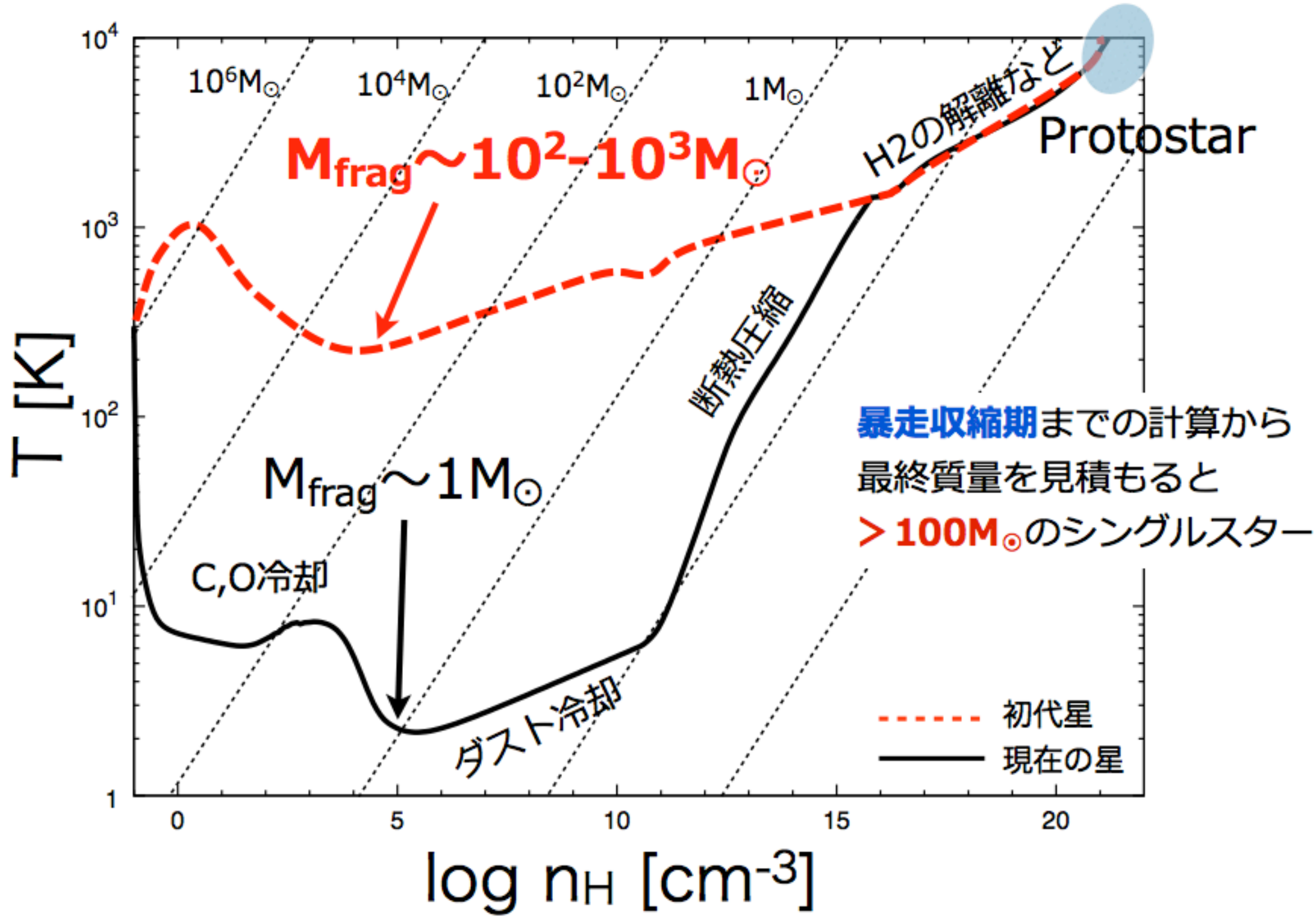
初代星は矮小銀河ハローのどこにいるのか？

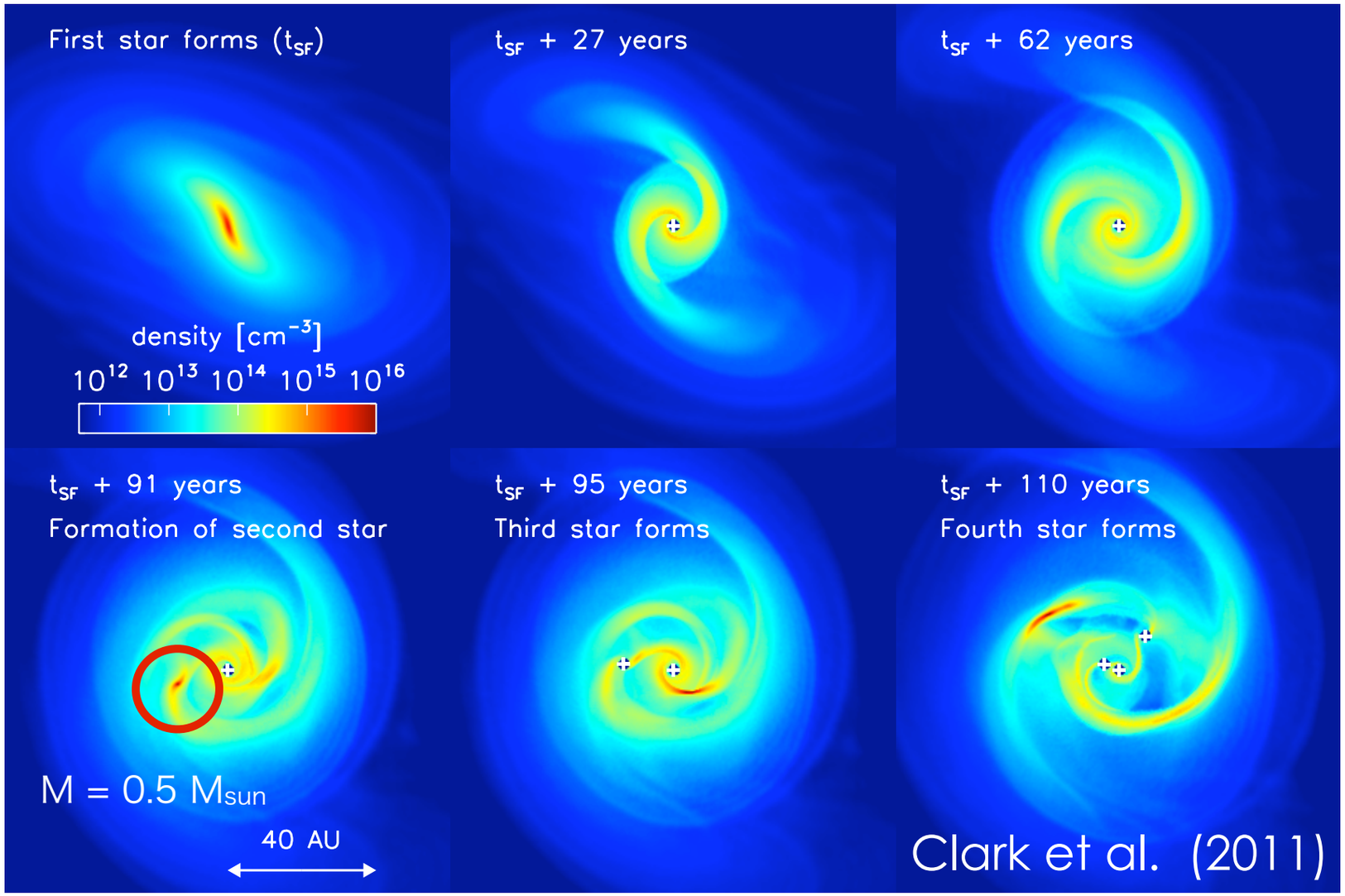
甲南大学　須藤佳依
共同研究者：横井慎吾, 冨永望, 須佐元

温度進化



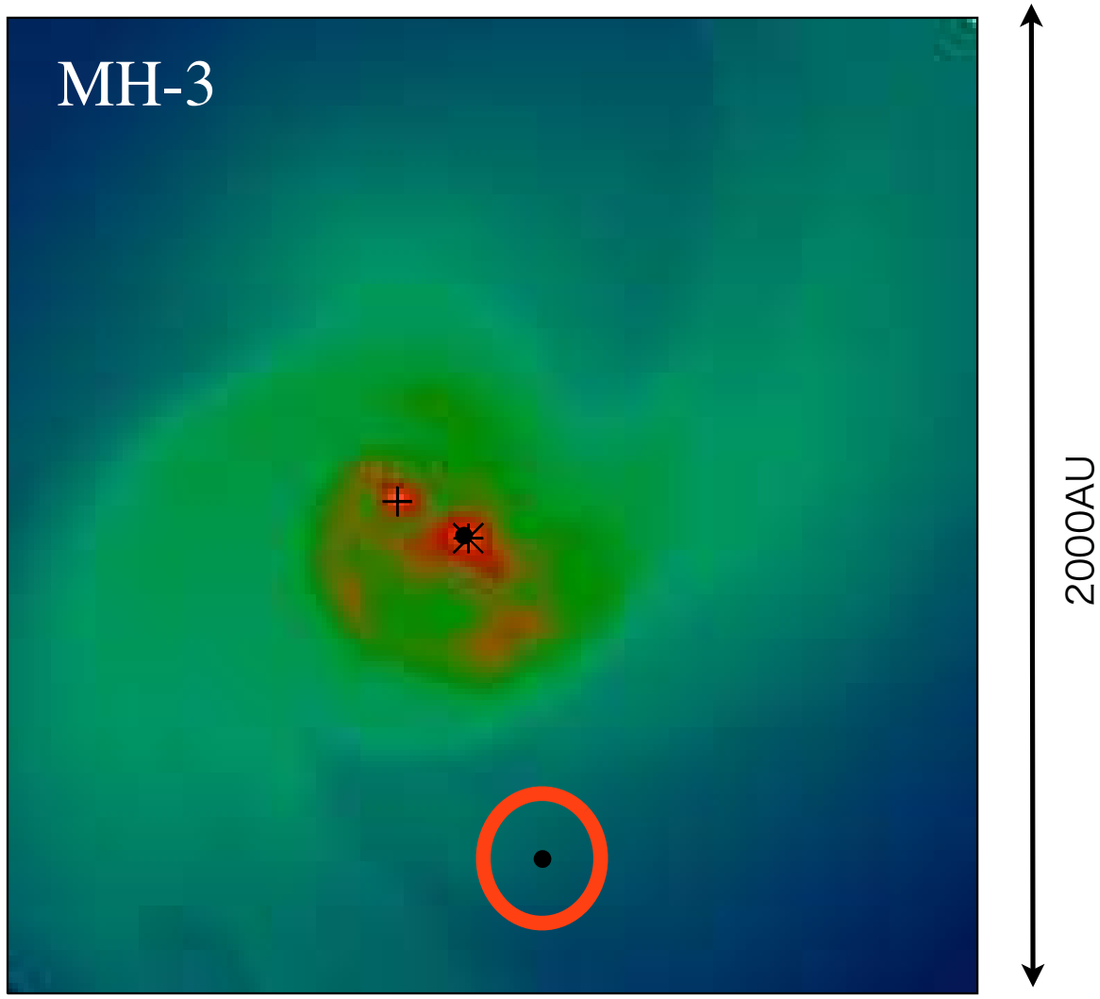
暴走収縮期までの計算から
最終質量を見積もると
＞100M$_\odot$のシングルスター

降着円盤の分裂



原始星は**数十AU**の範囲内で複数に分裂する

Slingshot



Greif et al. (2011)

力学的な相互作用
(slingshot)によって
はじき飛ばされる星

↓

高密度領域 から
低密度領域へ

↓

降着が止まる

初代星は現在でも生き残っているかもしれない！

Motivation

- ✧ 近年のシミュレーション結果から、初代星が現在でも生き残っている可能性があることが示唆されるようになってきた

- ✧ 初代星を形成するようなミニハローは現在の銀河ハロー内にどのように分布するのか？
  -> 宇宙論的なN体シミュレーションで**矮小銀河**
  ($M_{DM} \sim 10^{10} M_{sun}$)の進化を調べる

- ✧ 生き残っている初代星は観測可能か？

手順

- N体シミュレーションを用いて、ダークハローの進化を調べる
- z＞10でコラプスしたミニハローが現在の矮小銀河内にどのように取り込まれていくのか時間進化をみる
- シミュレーションによって得られたミニハローの分布に従って、初代星が形成されると仮定する
- 初代星が次世代の観測機器で観測可能か評価する

計算条件

CODE : GADGET-2 (Springel 2005)

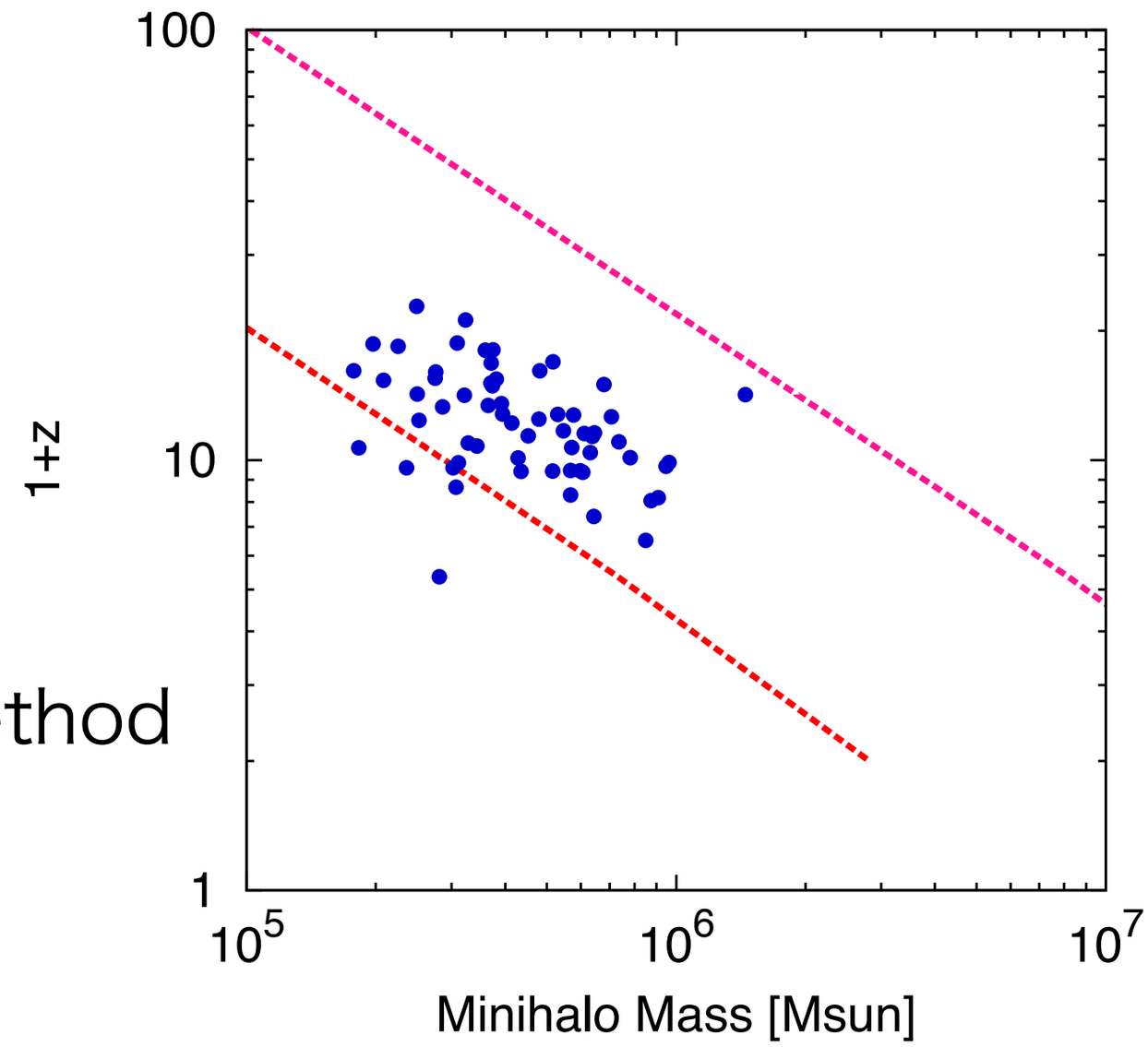
SETUP :

粒子数	256^3
１粒子の質量	$4.57\times10^3\ M_\odot$
総質量	$7.67\times10^{10}\ M_\odot$
Boxsize	1 Mpc

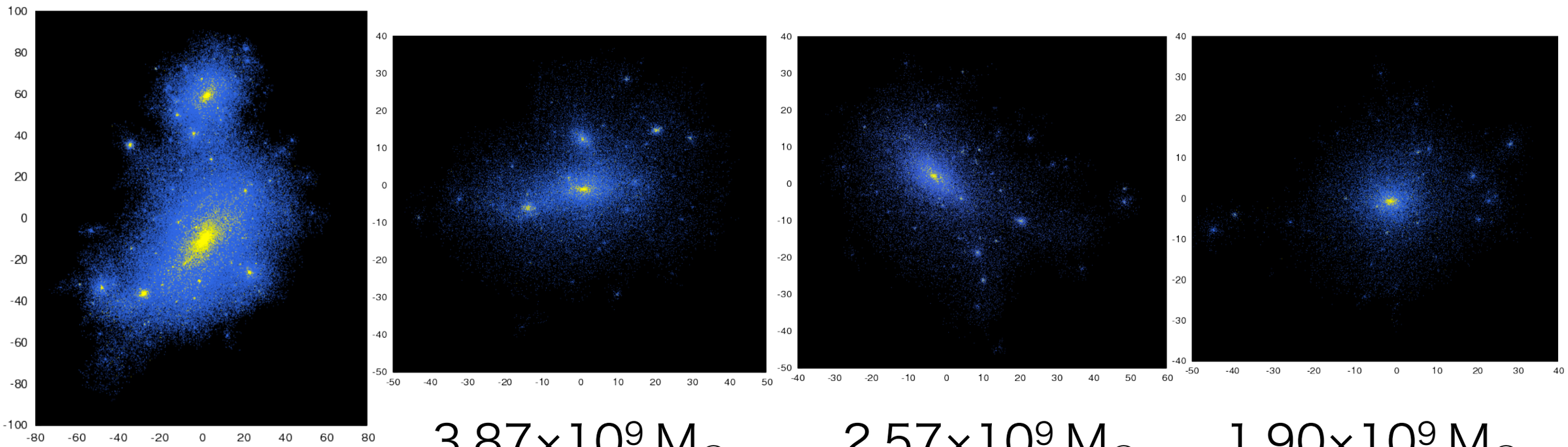
ミニハローの同定:

Friends Of Friends (FOF) method

$T_{vir} \propto M^{2/3}(1+z)$



矮小銀河内の分布

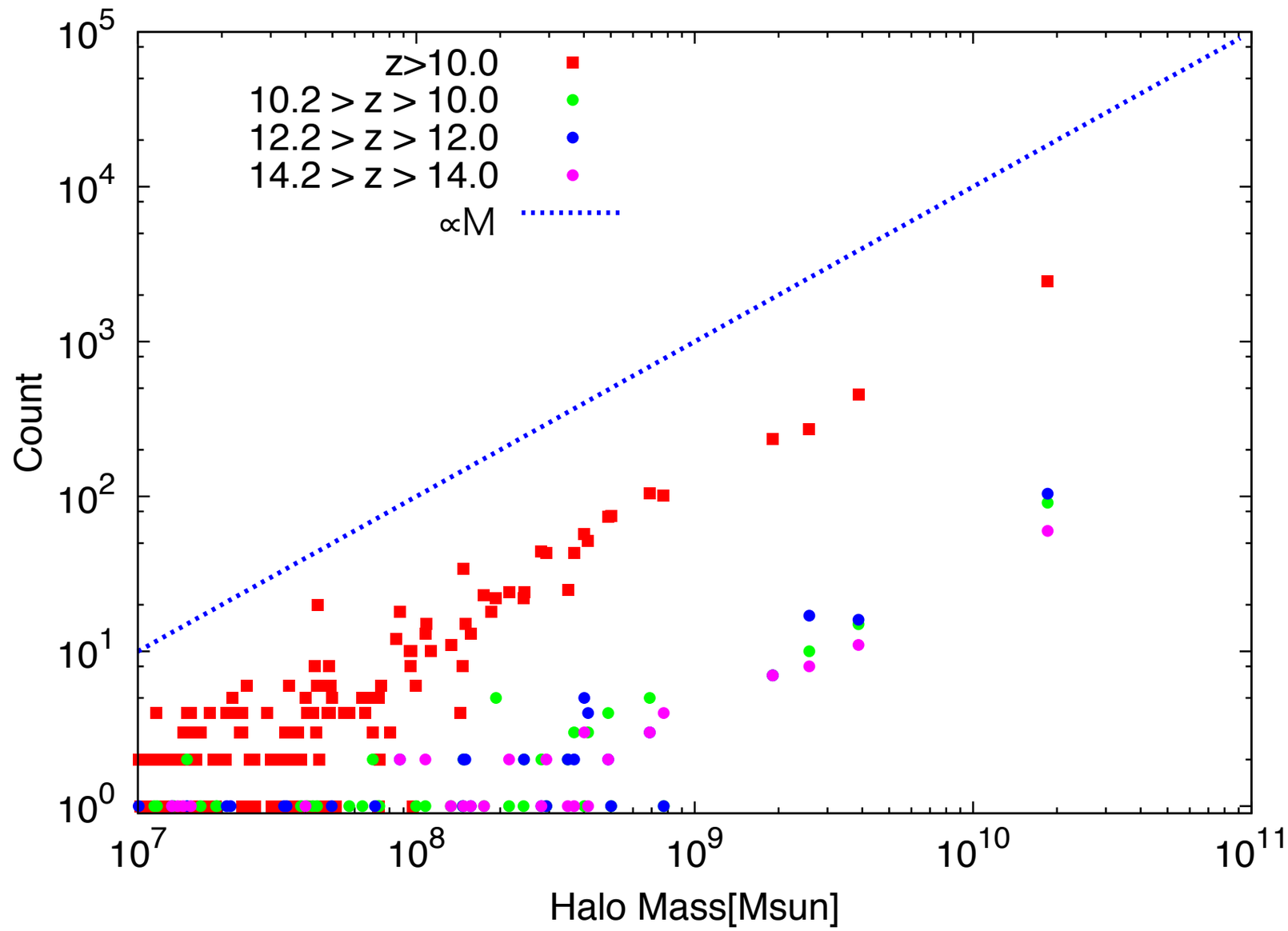


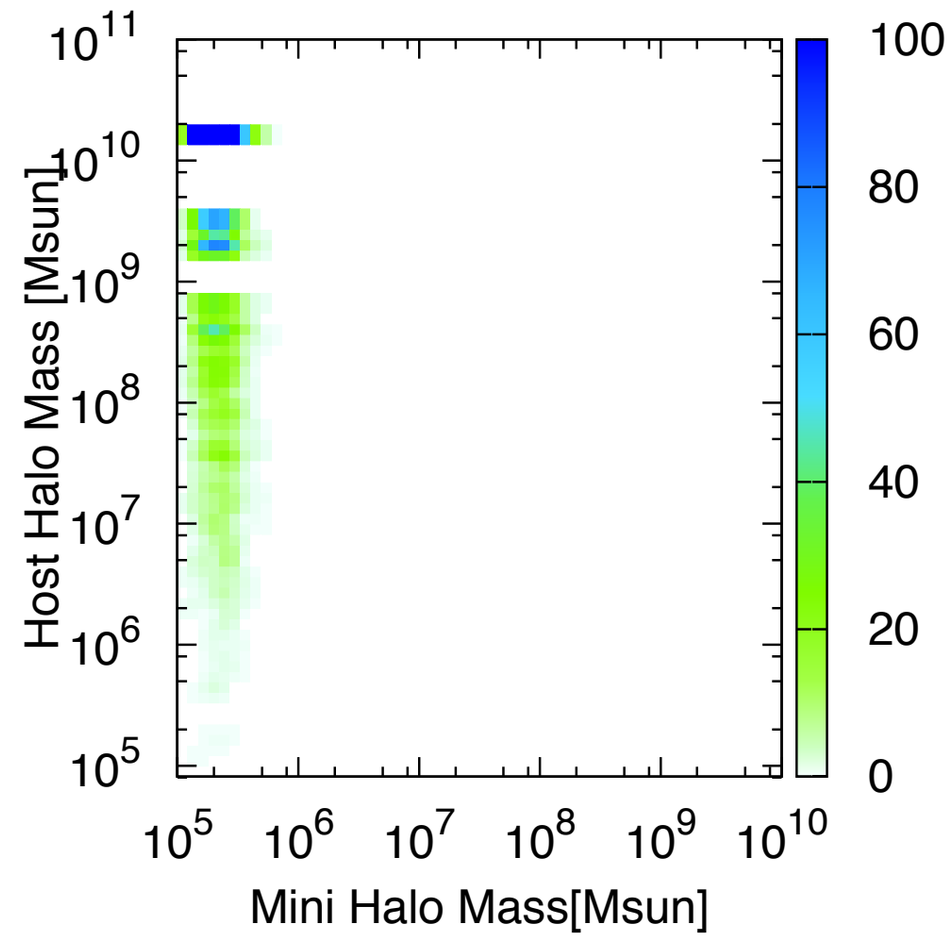
$1.85\times10^{10}\,M_\odot$　$3.87\times10^{9}\,M_\odot$　$2.57\times10^{9}\,M_\odot$　$1.90\times10^{9}\,M_\odot$

青点：z＝０での矮小銀河ハローのDM粒子全ての分布
黄点：青点のうち、ミニハローの条件 (z >10)を満たしていた粒子の分布

黄点のうちのどこかに初代星がいるかもしれない！

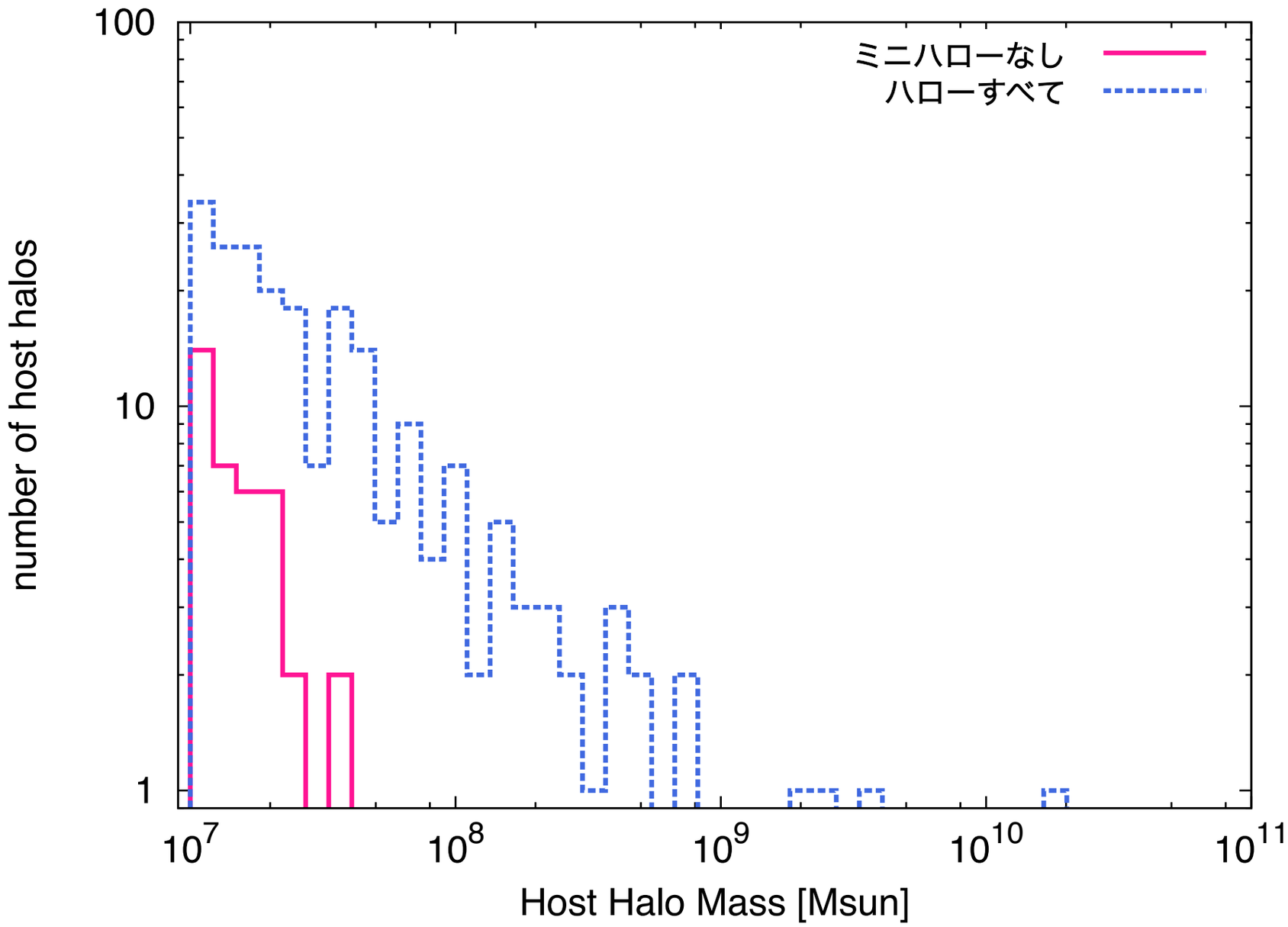
ミニハローの数





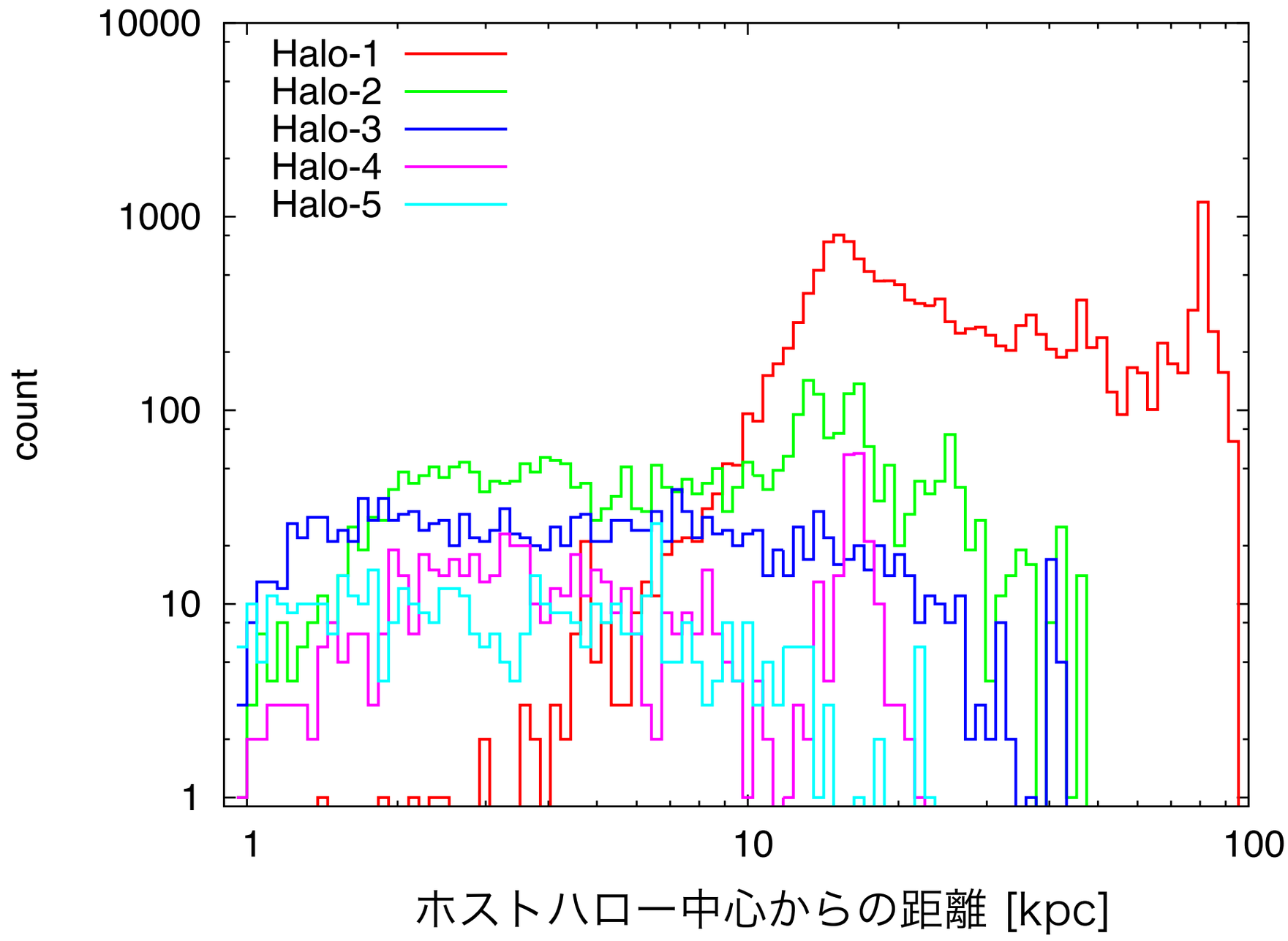
ミニハローの質量と数

ミニハローを取り込む矮小銀河ハロー



10^8 Msun以下の矮小銀河を観測してもミニハローを含まないものがある

矮小銀河内での分布

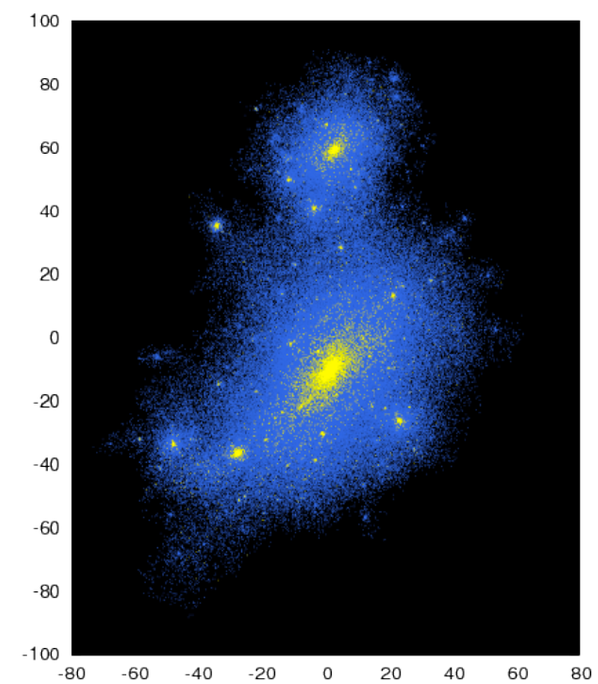


ほとんどのミニハローは矮小銀河中心から30kpc以内に分布

観測できるのか？

halo properties

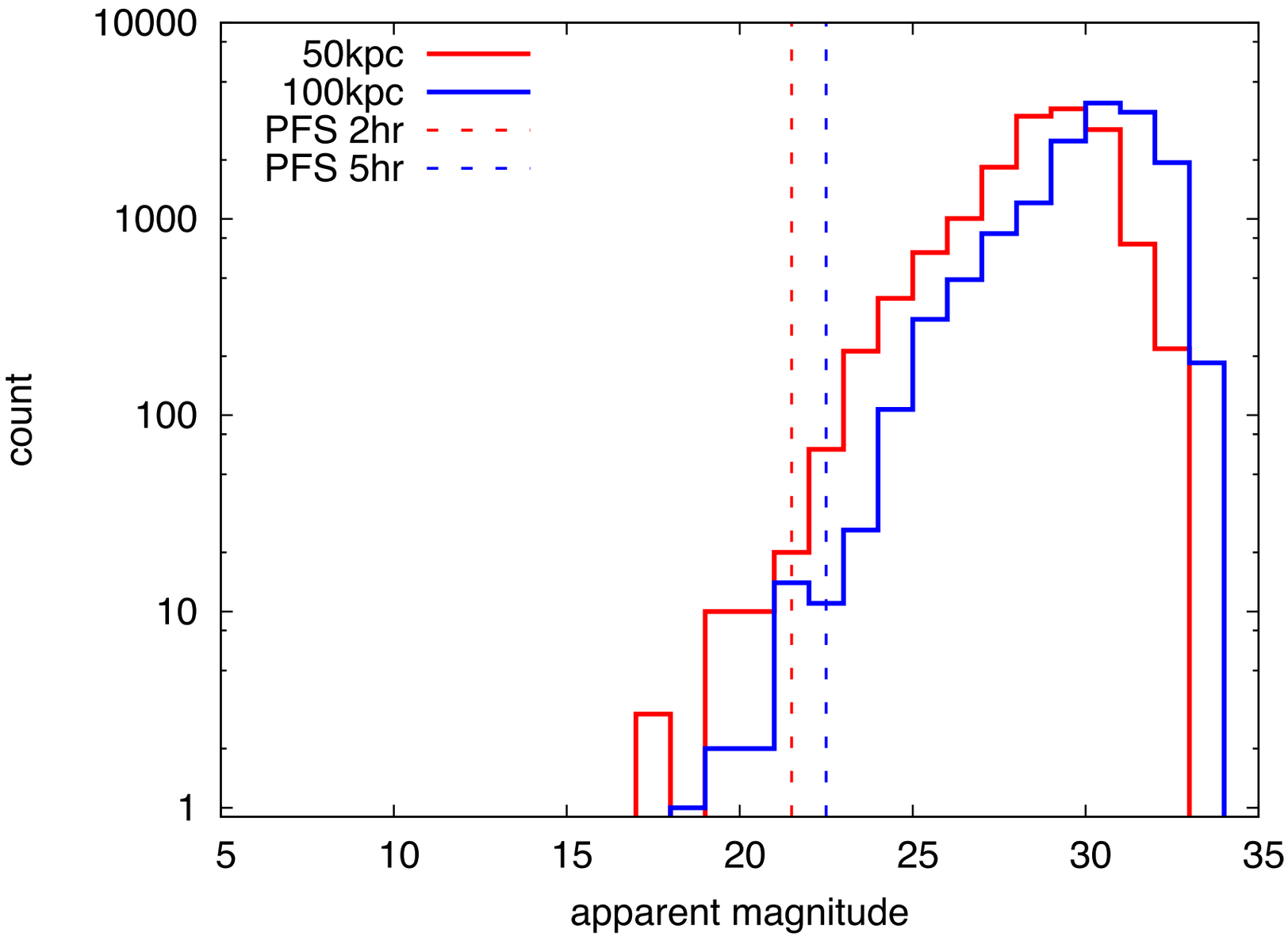
Halo-1 : Mass = $1.85\times10^{10}\ M_\odot$
(c.f. LMC : $1.6\times10^{10}\ M_\odot$, 距離： 48 kpc)
collapsed before z > 10
取り込んだミニハローの数：2,451個



初代星形成 : ~10 stars/ minihalo

stellar mass : 0.15 - 1.0 $M_\odot$
Kroupa IMF： 0.15 - 0.5 $M_\odot$ $\alpha = 1.5$
0.5 - 1.0 $M_\odot$ $\alpha = 2.3$

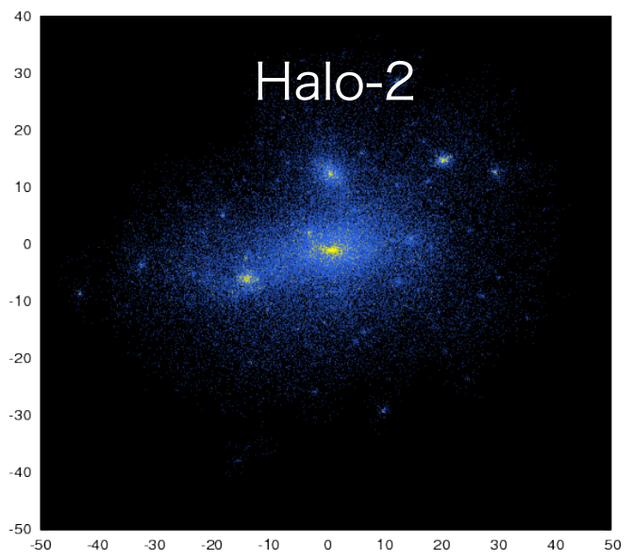
初代星の等級



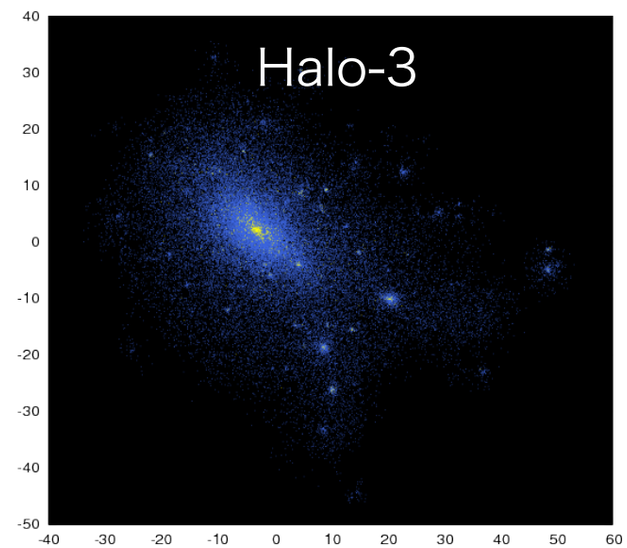
Subaru PFS
視野：1.3 deg^2
limiting magnitude
5時間積分: V < 22.5
201?~

ハローが50kpc 離れていた場合で
V < 22.5 にあるものは 110個

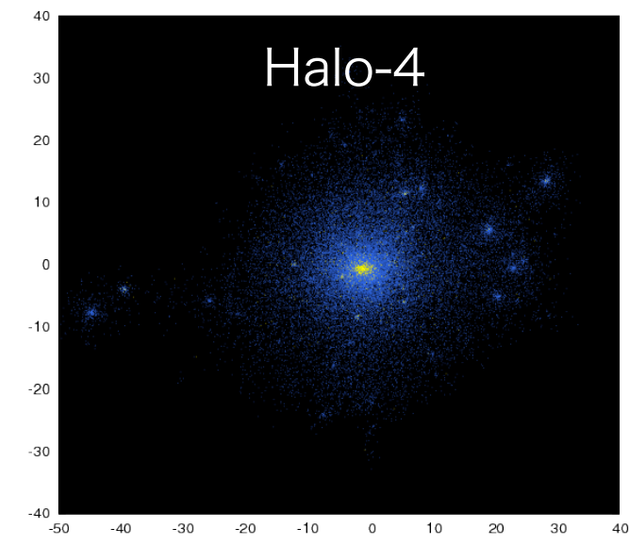
初代星の等級



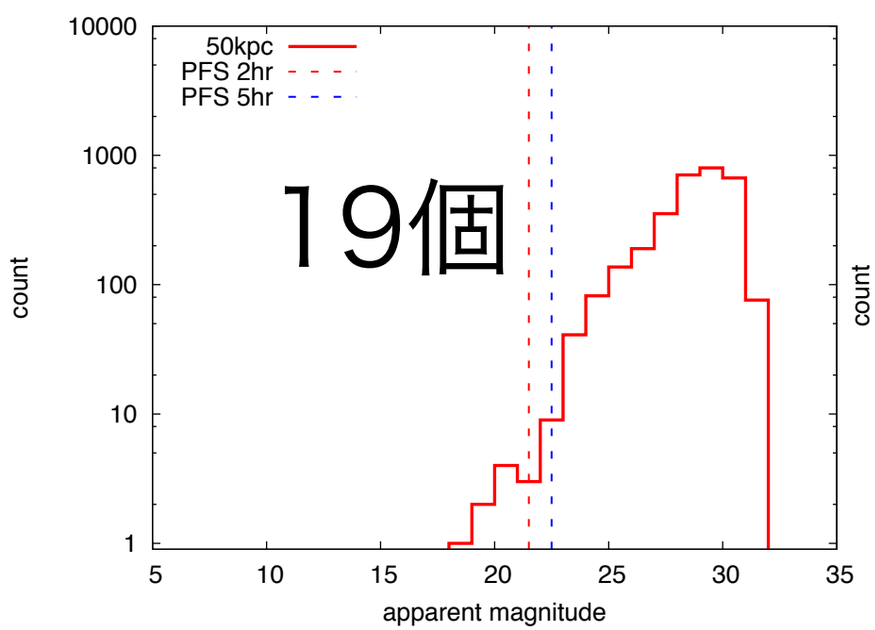
$3.87\times10^{9}\ M_{\odot}$

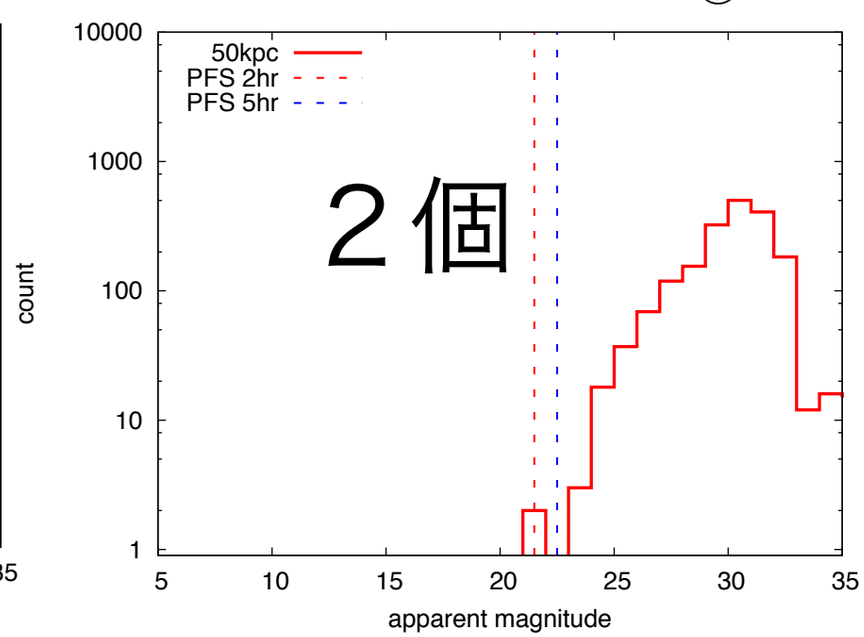


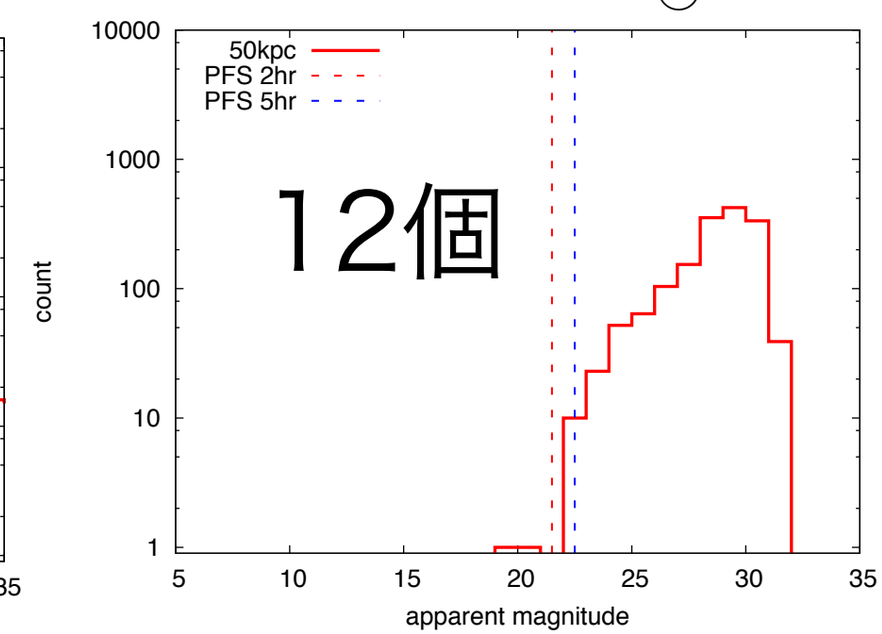
$2.57\times10^{9}\ M_{\odot}$



$1.90\times10^{9}\ M_{\odot}$







初代星の割合

Halo-1の質量：$1.855\times10^{10}\ M_\odot$
(LMC：$1.6\times10^{10}\ M_\odot$, 距離： 48 kpc)

取り込んだミニハロー：2,451個
Our dwarf galaxy -> ~ 20,000 stars
矮小銀河内の星の数 -> ~10^{10} stars
初代星は矮小銀河中に **5×10^5個** に１つ存在

25 個 / 1視野
V < 22.5 の星が1視野内に入る -> ～1/30 回

初代星は矮小銀河中に 5×10^5個 に１つ存在

project	観測した星の数	初代星の数
SEGUE-1	240,000	0.48
SEGUE-2	118,151	0.23
HERMES (GALASH)	100,000	0.2

まとめ

- ✧ 初代星を形成するようなミニハローが現在の銀河ハロー内にどのように分布するのか、宇宙論的なN体シミュレーションを用いて調べた
- ✧ 初代星を観測するには10^9 $M_\odot$以上の矮小銀河
- ✧ ミニハローは矮小銀河内部 30kpc以内 に広がる
- ✧ 初代星は 5×10^5 個 に１つ存在する