

# 高解像度シミュレーション を用いた暗黒物質分布の 精密評価

石山 智明

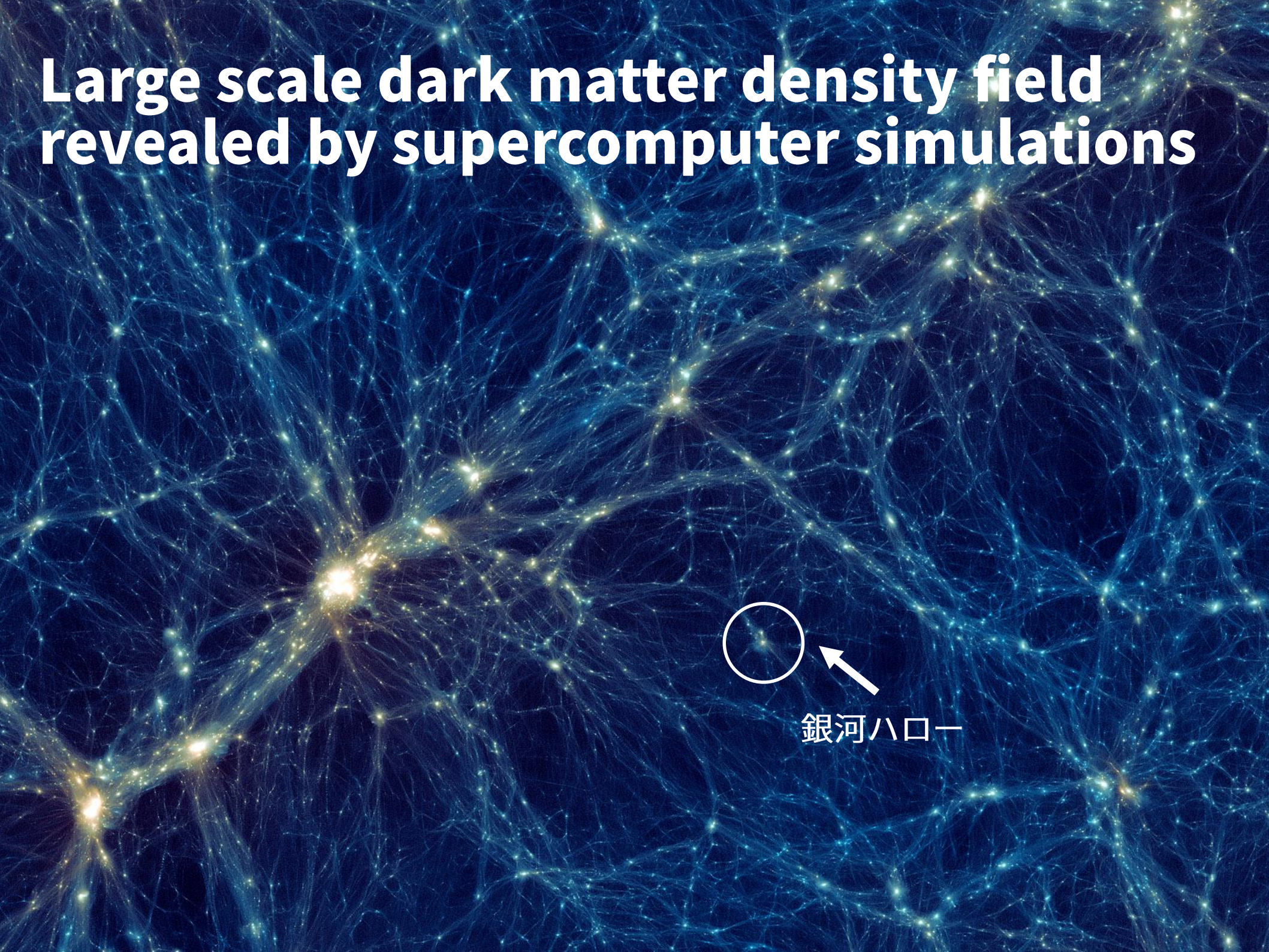
(千葉大学)

公募研究 20H05245

# 目的

- さまざまなダークマターモデルを採用した大規模な高解像度宇宙論的構造形成シミュレーションを行い、銀河ハローにおけるサブハローの個数、空間分布、内部構造やその進化史を定量化する
- 太陽系近傍のダークマター分布を精密に評価し、ダークマターモデルによる違いやその物理的起源を明らかにする
- ダークマターモデルの制限に役立てる

# Large scale dark matter density field revealed by supercomputer simulations



銀河ハロ一

# Structures of dark matter halos

- **Central Cusp**

- Not core, the density continues to increase toward the halo center
- Well fitted by NFW and Einasto profile

$$\rho(r) = \frac{\rho_s}{(r/r_s)[1 + (r/r_s)]^2}$$

- **Numerous subhalo**

- $dn/dm \sim m^{-(1.8-2)}$

- **Triaxial**

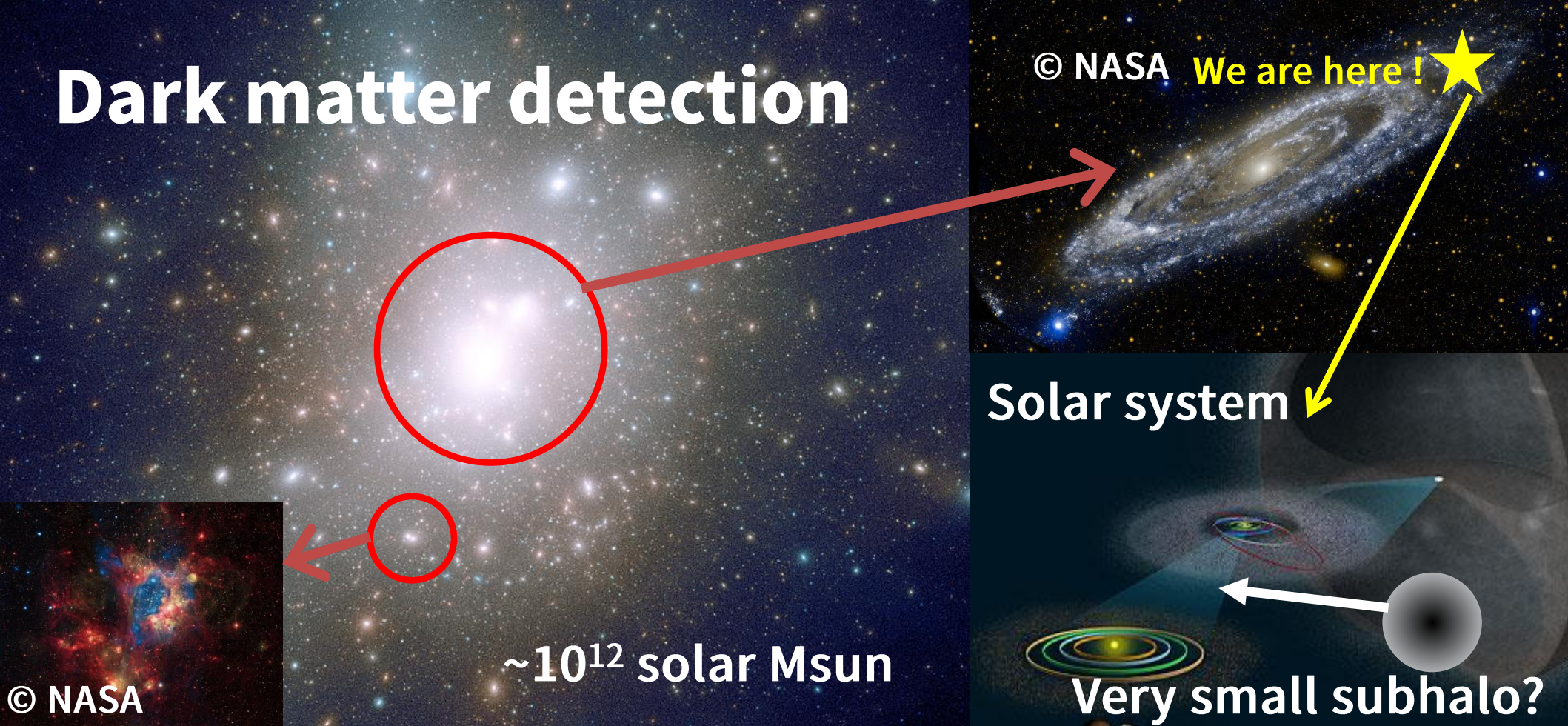
- **Non Universality**

- Weak dependence on the halo mass
- Halo to halo variation
  - Halo formation epoch



**Impact on the galaxy formation,  
Dark matter detection experiment**

# Dark matter detection

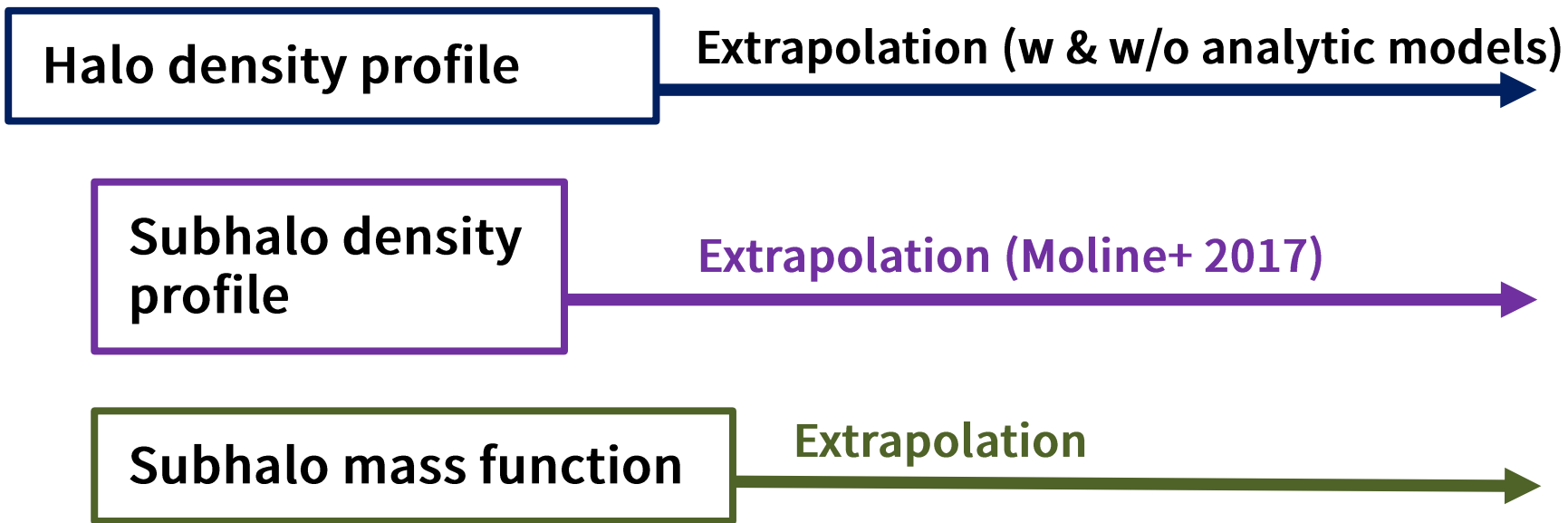
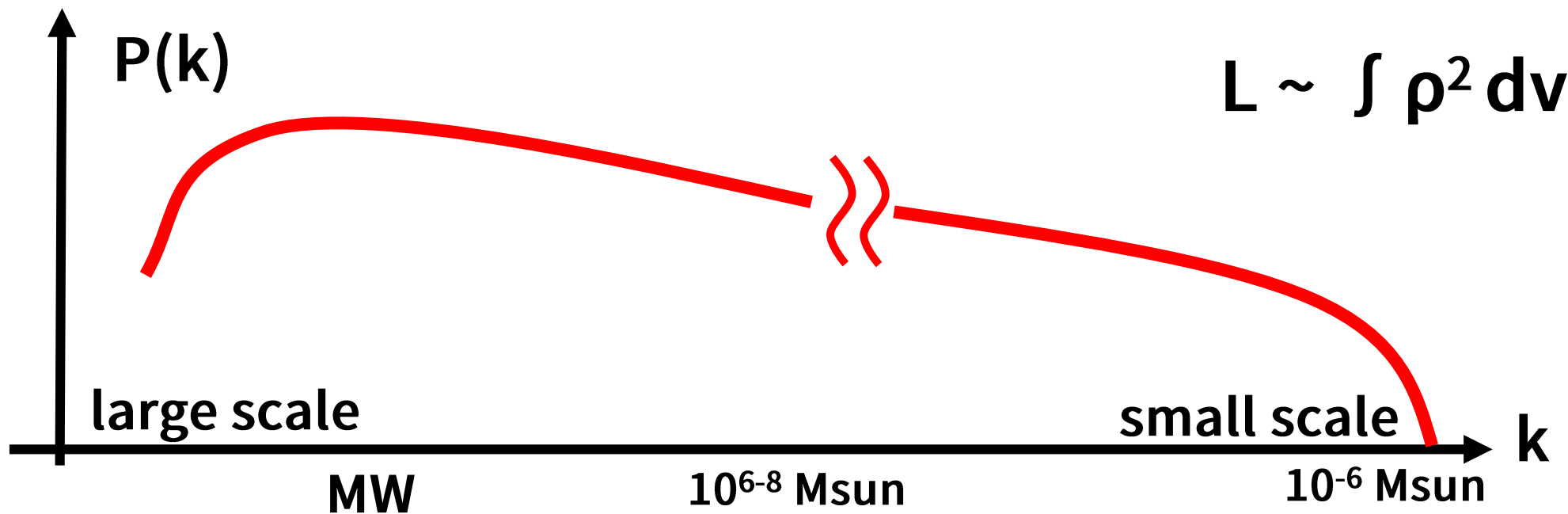


- 直接検出
  - 太陽系近傍の暗黒物質密度
- 間接検出
  - 太陽系近傍のダークマター密度の二乗

**サブハローの構造、質量関数、空間分布の理解が非常に重要**  
→ 非常に大規模なシミュレーションが必要

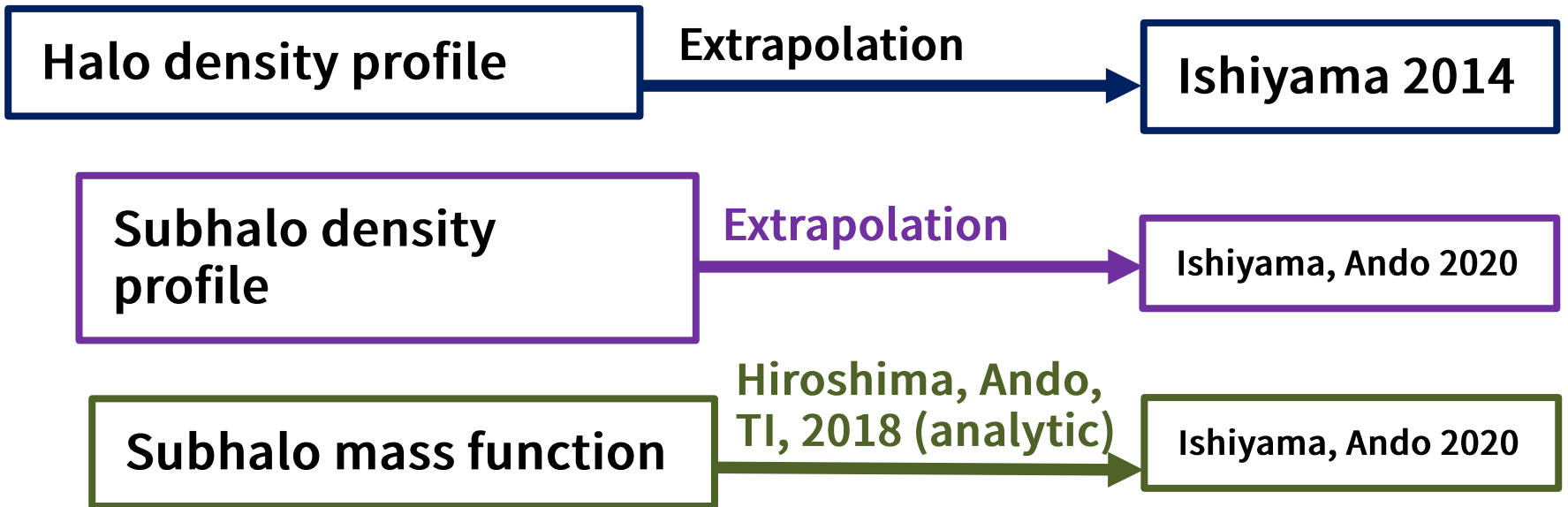
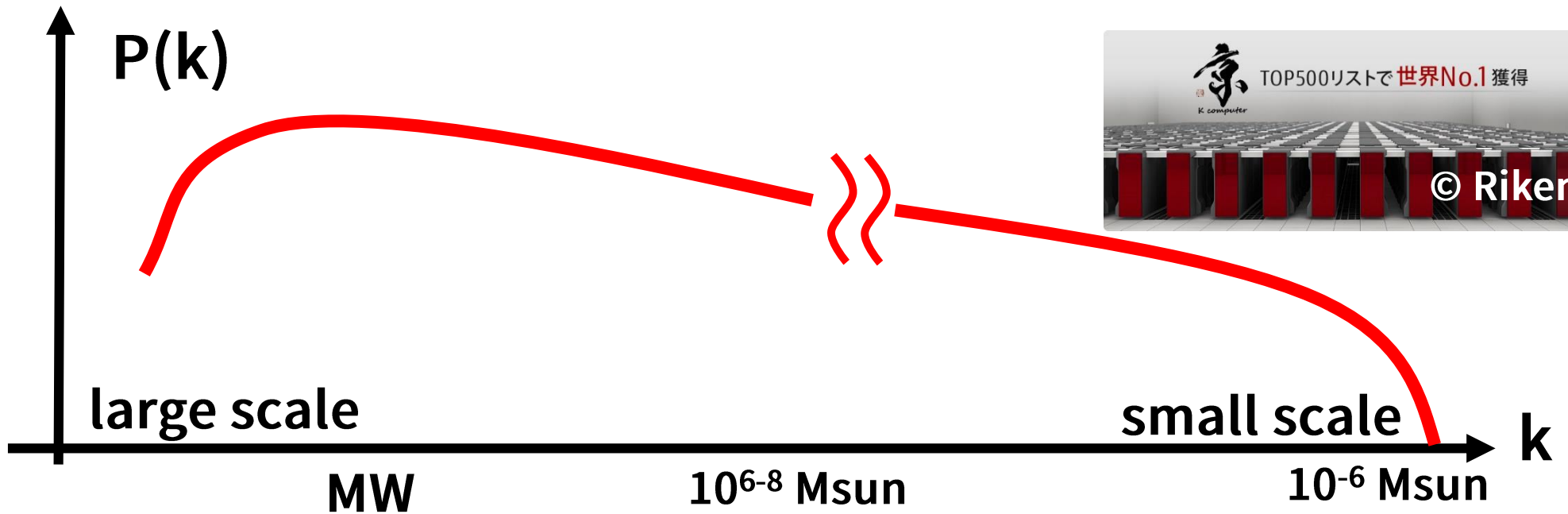
**So far (WIMPs)**

$$B(M) = \frac{1}{L(M)} \int_{M_{\min}}^M \frac{dn}{dm} [1 + B(m)] L(m) dm$$



# Our work

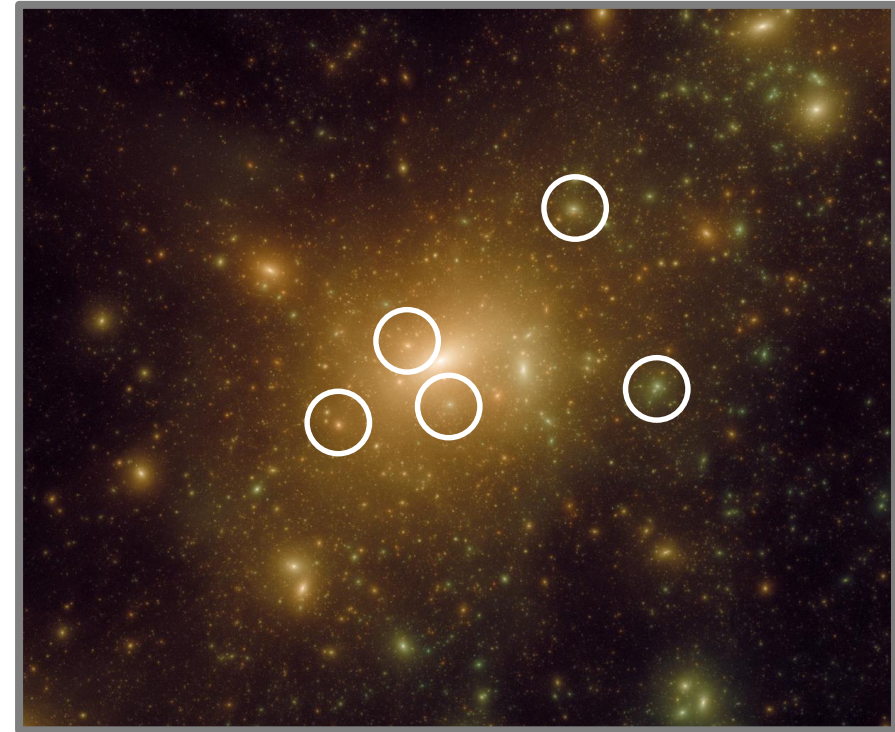
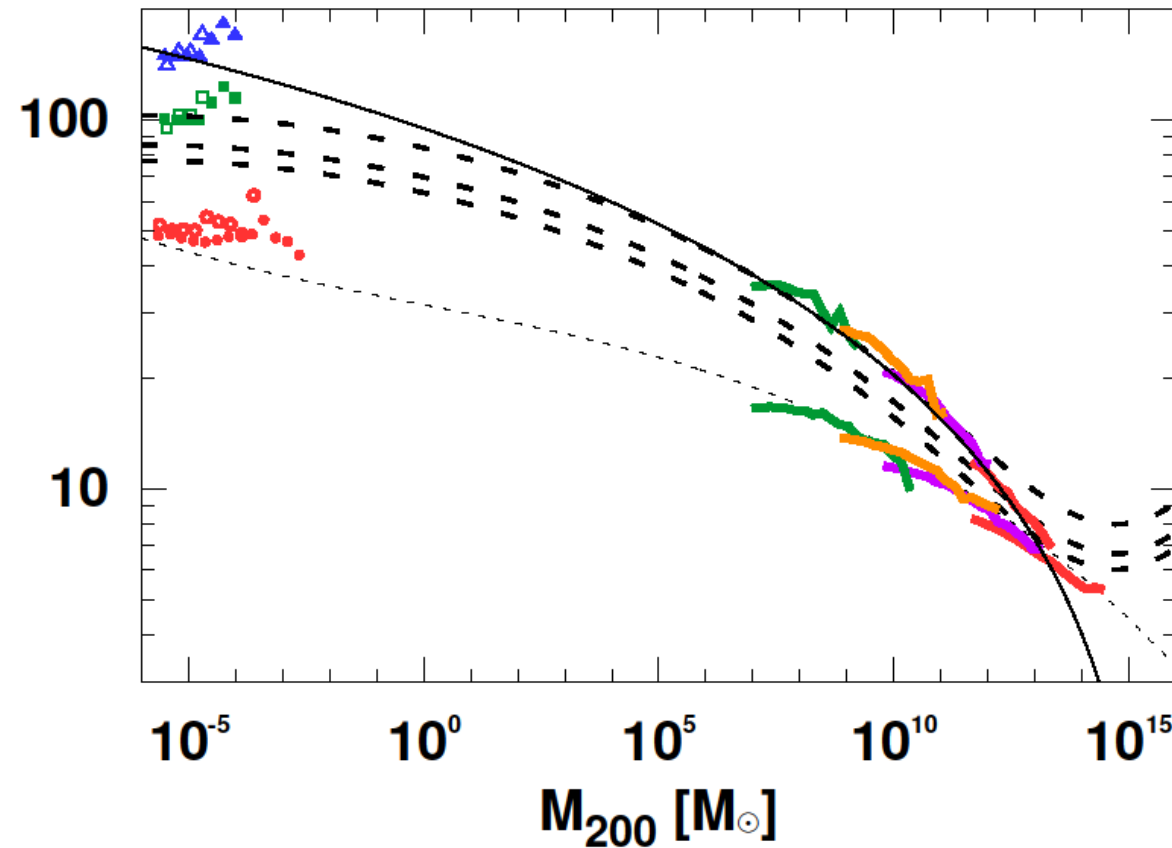
$$B(M) = \frac{1}{L_{\text{host}}(M)} \int_{M_{\text{min}}}^M \frac{dn}{dm} [1 + B_{\text{sub}}(m)] L_{\text{sub}}(m) dm$$



# Structure of subhalos

Ishiyama and Ando 2020, MNRAS

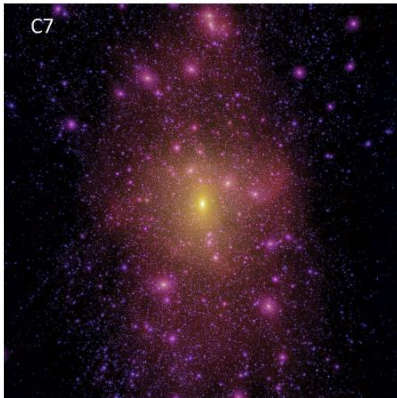
Concentration



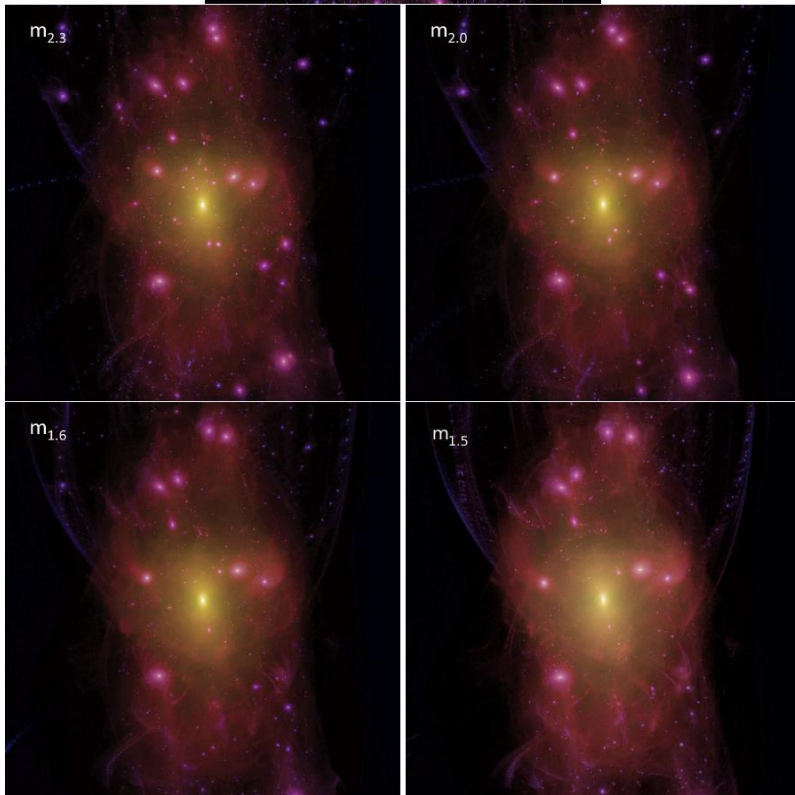
- サブハローは広いスケールにわたって、孤立したハローより中心集中度が高い
  - ハロー内での潮汐進化や、生まれた環境を反映



# WDM や SIDM などではどうか?

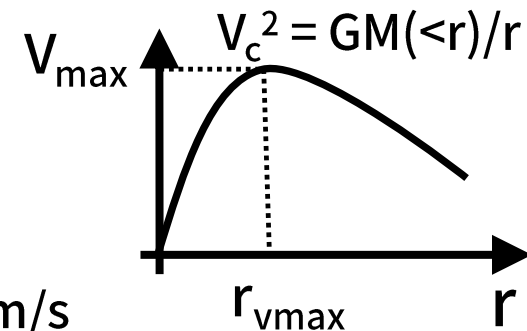
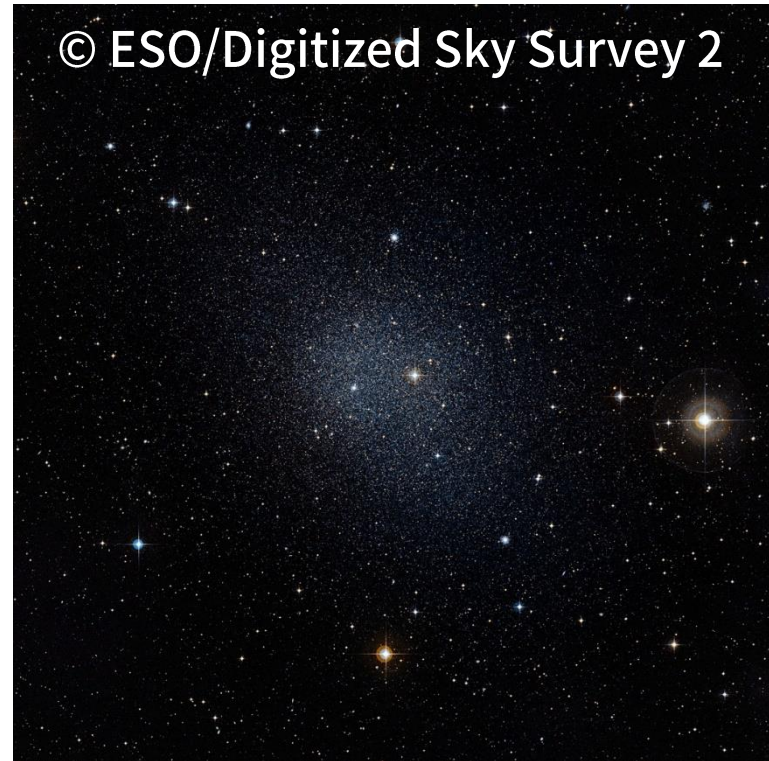
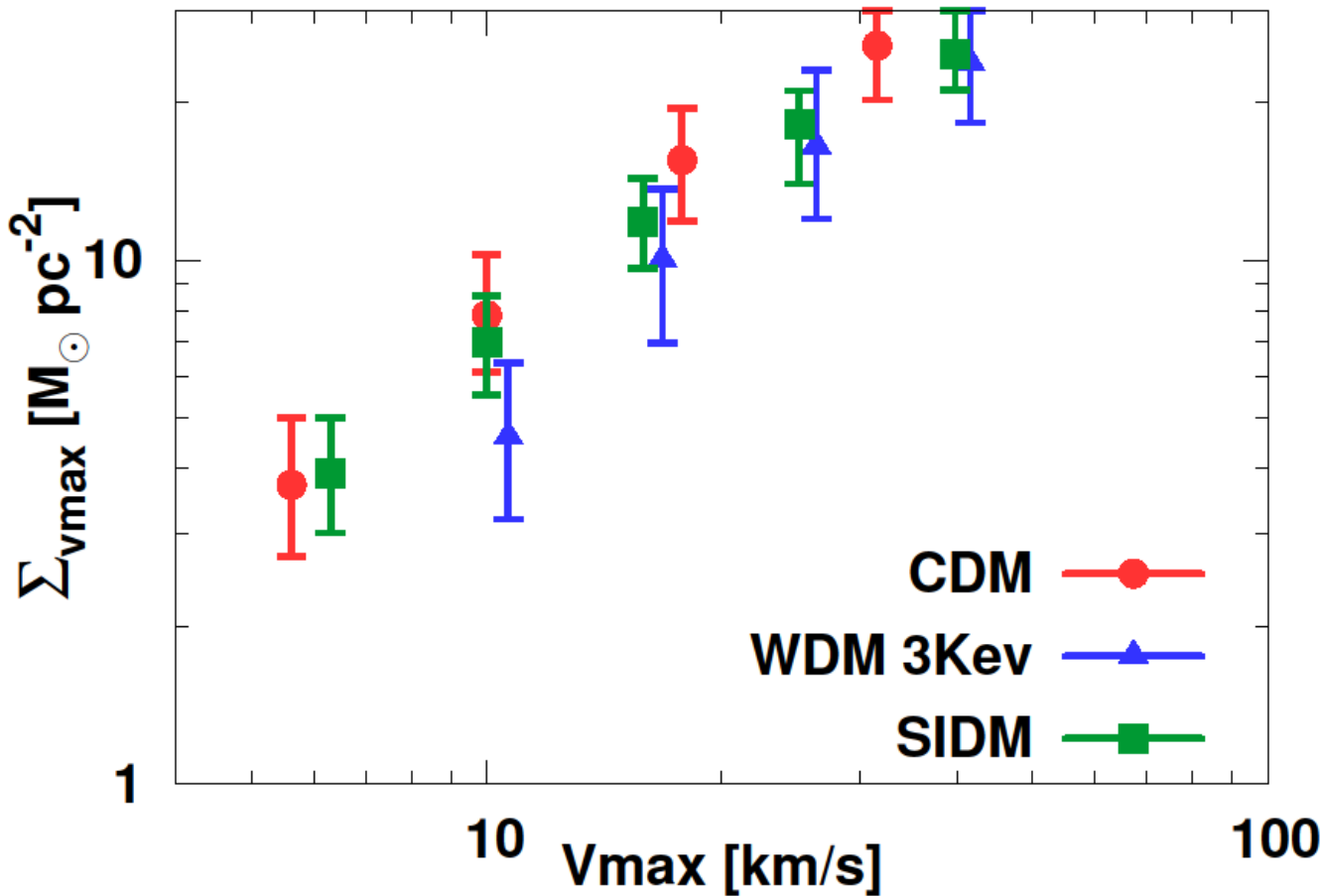


- ホストハローの構造は、比較的よく調べられている
- シミュレーションの分解能は、最高  $10^4 M_{\text{sun}}$  程度
- ハローも1つ、または数個のみの研究がほとんど
- 十分な分解能で、サブハローの性質が統計的に調べられていない
- バリオンの効果を正確に評価するためにも、まずはダークマターシミュレーションを用いてサブハローを統計的に調べ上げる必要がある



# $\Sigma v_{\max} - V_{\max}$ relation in MW halos

SIDMの結果の詳細は、[パラレルセッション B1-3 \(蛭子さん\)](#)にて



- WDM simulations show lower surface density at  $V_{\max} < 20 \text{ km/s}$
- Factor  $\sim 1.5$  difference in  $\Sigma v_{\max}$  between CDM and WDM at  $V_{\max} \sim 10 \text{ km/s}$
- No significant difference between CDM and SIDM ( $\sigma/m=1$ , velocity independent)

# Supercomputing facilities



「富岳」成果創出加速プログラム  
「宇宙の構造形成と進化から惑星表層環境変動までの統一的描像の構築」

# Summary

- さまざまなダークマターモデルを採用した大規模な高解像度宇宙論的構造形成シミュレーションを行い、銀河ハローにおけるサブハローの個数、空間分布、内部構造やその進化史を定量化する

## 富岳を用いた大規模シミュレーション

- 太陽系近傍のダークマター分布を精密に評価し、ダークマターモデルによる違いやその物理的起源を明らかにする
- ダークマターモデルの制限に役立てる