

# 銀河天文学入門

## 銀河の生い立ち

平下 博之

筑波大学 (計算科学研究センター)  
理工学群 物理学類 担当

# 内容

1. 銀河とは？
2. 現代銀河天文学の夜明け
3. 宇宙（銀河）の歴史学
4. 銀河の成長と宇宙の構造形成
5. まとめ



# 1. 銀河とは？

ぎんが [銀河] 恒星の集団。川のように見えるので言う。天の川。・・・

角川新国語辞典



恒星？  
川のように見えるけどなぜ？

# 物理学辞典を見てみよう

**銀河** 天体の階層のひとつで、多数の恒星と星間ガスからなる。・・・

物理学辞典(培風館)



天体の階層？  
恒星だけでなく星間ガスも？

## ちなみに、天文学辞典では

**銀河** 星が重力で結び付けられて構成する系。  
星間ガスおよび塵を含むものも多い。・・・

オックスフォード天文学辞典(朝倉書店)

# 実物を見てみよう



Naoyuki Kurita

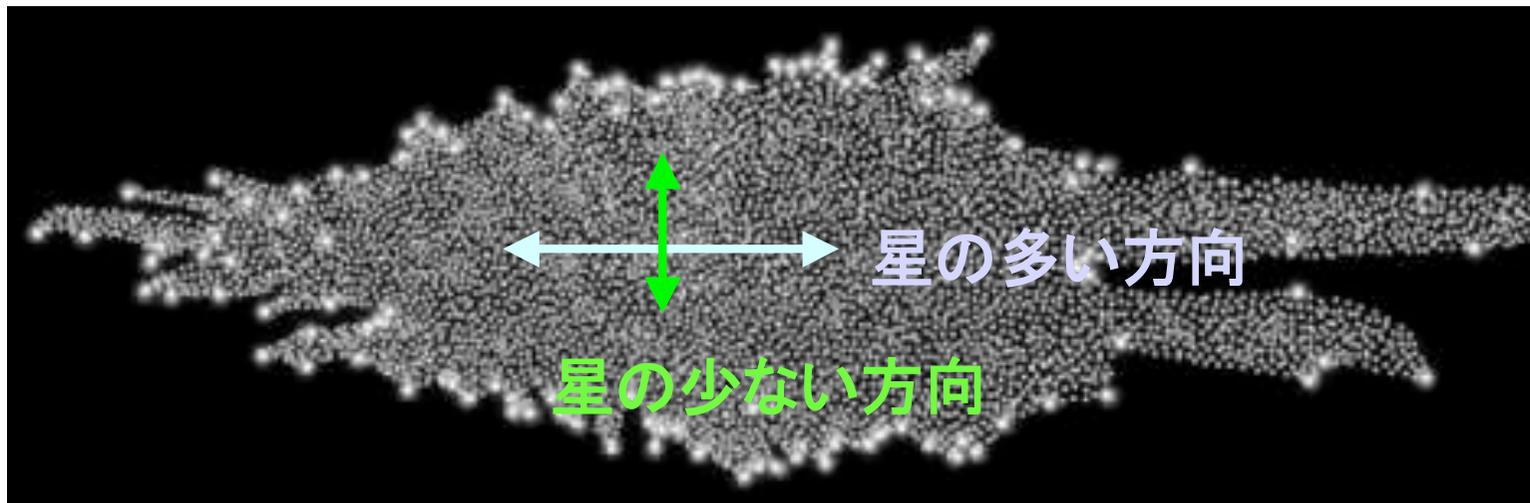
影の部分は、ガス(星間ガス)が存在している(塵による吸収)



明るい部分は星(恒星)の集まり:ガリレオ(16世紀)

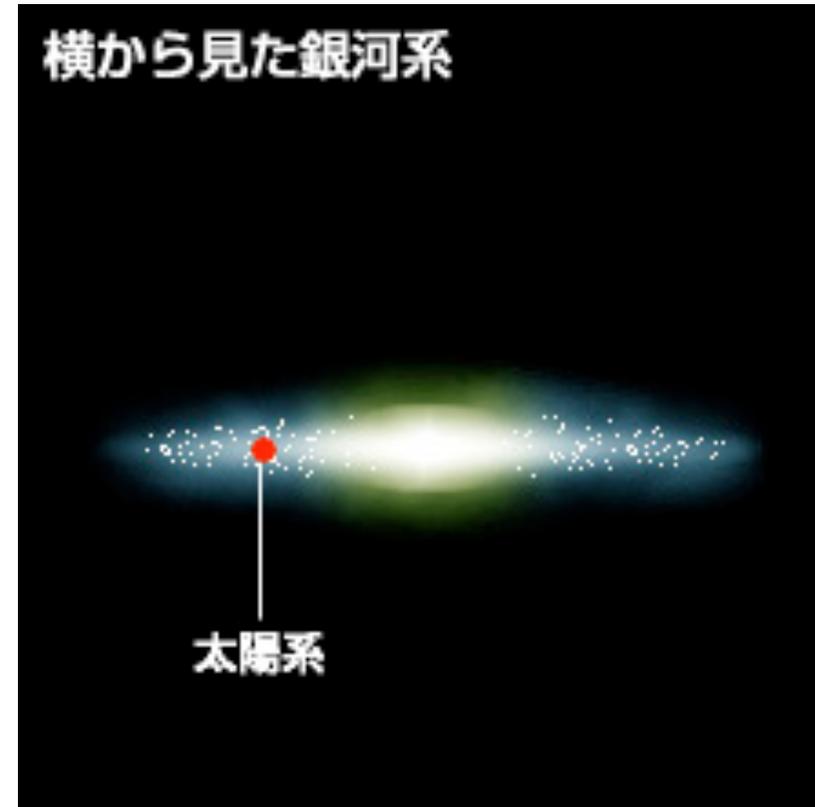
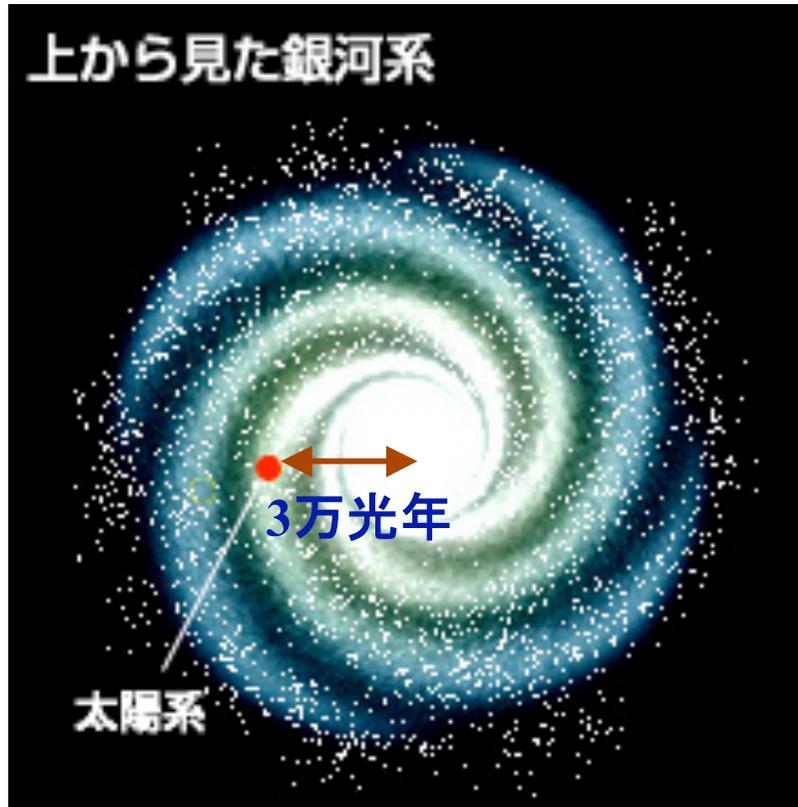
# 天の川は、なぜ「川」なのか？

## ハーシェルが考えた銀河の形状(18世紀後半)



国立科学博物館

# 銀河系(天の川)の「実際」



1000億個の星からなる。  
太陽は、1000億個の星のひとつでしかない。

# 天の川(銀河系)についてのまとめ

- (1)なぜ、川なのか? ⇒ 円盤を横から見ているから。
- (2)銀河には何が存在するのか? ⇒ 恒星や星間ガス

## 銀河系(天の川)

成分: 恒星(2000億個)、星間ガス( $2 \times 10^{42}$  g)

形状: 円盤(渦巻銀河)

形成時期: 約100億年前

## 2. 現代銀河天文学の夜明け

### 宇宙の階層性

地球 ⇒ 太陽の周りを廻る一惑星に過ぎない。

太陽 ⇒ 太陽は銀河系に多数存在する「恒星」の一つ。

銀河(天の川) ⇒ ???

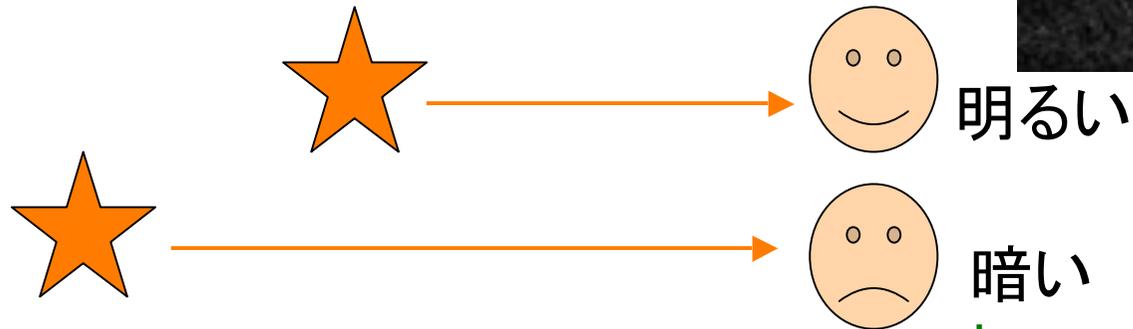
渦巻き星雲は  
銀河の外か中か(1920年)  
シャプレー・カーチス論争

横浜こども科学館

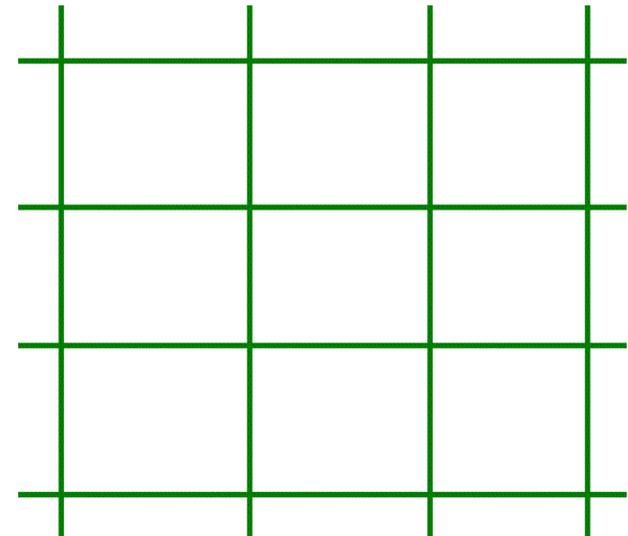
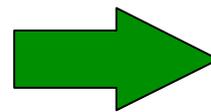


# ハッブル

アンドロメダ星雲の距離:230万光年  
←セファイド変光星を利用(1923年)



ハッブルの法則(1929年)  
遠くの銀河ほど速く  
遠ざかっている⇒宇宙が膨張



# 銀河を見てみよう

天の川銀河は、宇宙にたくさん存在する銀河の一つでしかない。

## ハッブルの形態分類



渦巻銀河

青い

(活発な星形成活動)

# 銀河を見てみよう



楕円銀河

赤い

(星形成していない)

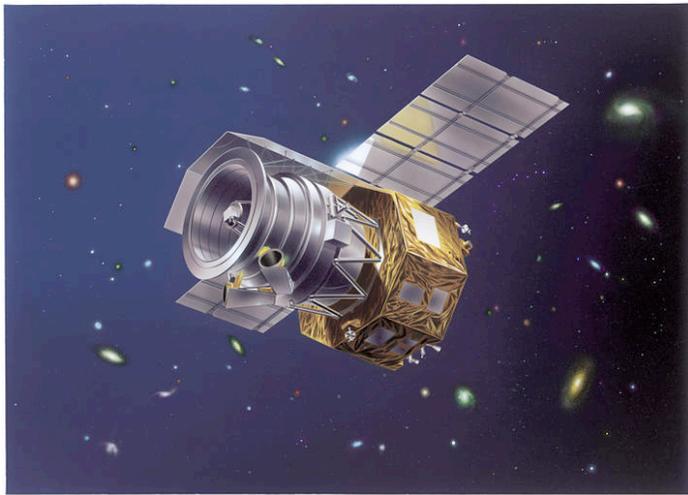


不規則銀河

すごく青い

# 遠赤外線で見える星間ガスを見る

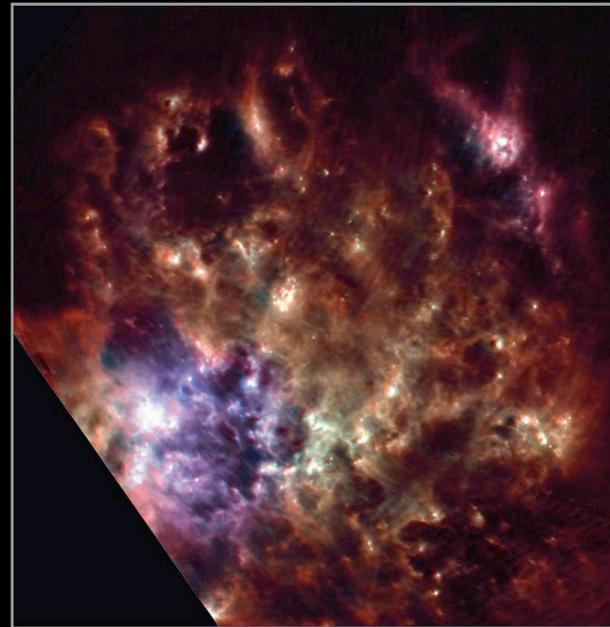
赤外線天文衛星 **あかり**



今年2月打ち上げ  
観測中



大マゼラン星雲の遠赤外線画像



「あかり」遠赤外線サーベイヤー  
(60  $\mu\text{m}$ , 90  $\mu\text{m}$ , 140  $\mu\text{m}$  の画像から疑似カラー合成)



1st Nov., 2006

# 3. 宇宙(銀河)の歴史学

銀河はいつ、どのようにつくられてきたのか？

銀河の多様性の起源は？

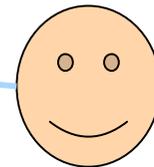
どのようにすれば、宇宙の歴史を知ることができるか？

ヒント：我々は、230万年前のアンドロメダ銀河を見ている。

遠く = 昔



230万年前



# 宇宙の歴史学の現状

- (1) 電磁波で観測できる最も初期(宇宙年齢**40万年**)
- (2) 銀河の種の時代(130億年前～)
- (3) 原始銀河の時代(120億年前～**100億年前**)
- (4) **スターバーストの時代(100億年前～50億年前)**
- (5) **現代(50億年前～現在)**

赤い字は、観測的に見えている部分。

# 宇宙最初の40万年

140億年前: ビッグバン (宇宙の始まり)

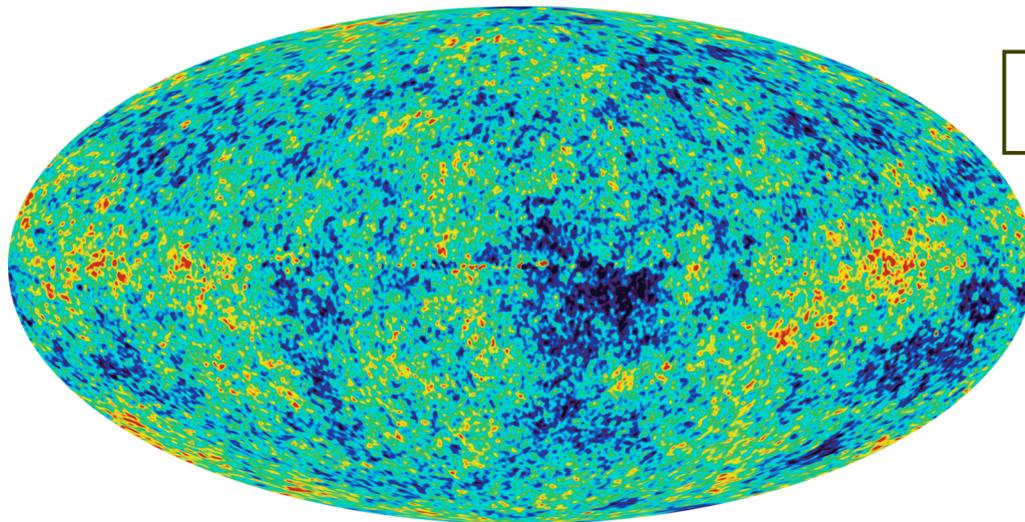
1秒 – 3分: ヘリウムの合成

(陽子とヘリウム核と電子の宇宙)

38万年: 陽子と電子が結合し、水素原子ができる。

↓ 温度の低下

宇宙に構造がほとんどない時代(コントラスト10万分の1)



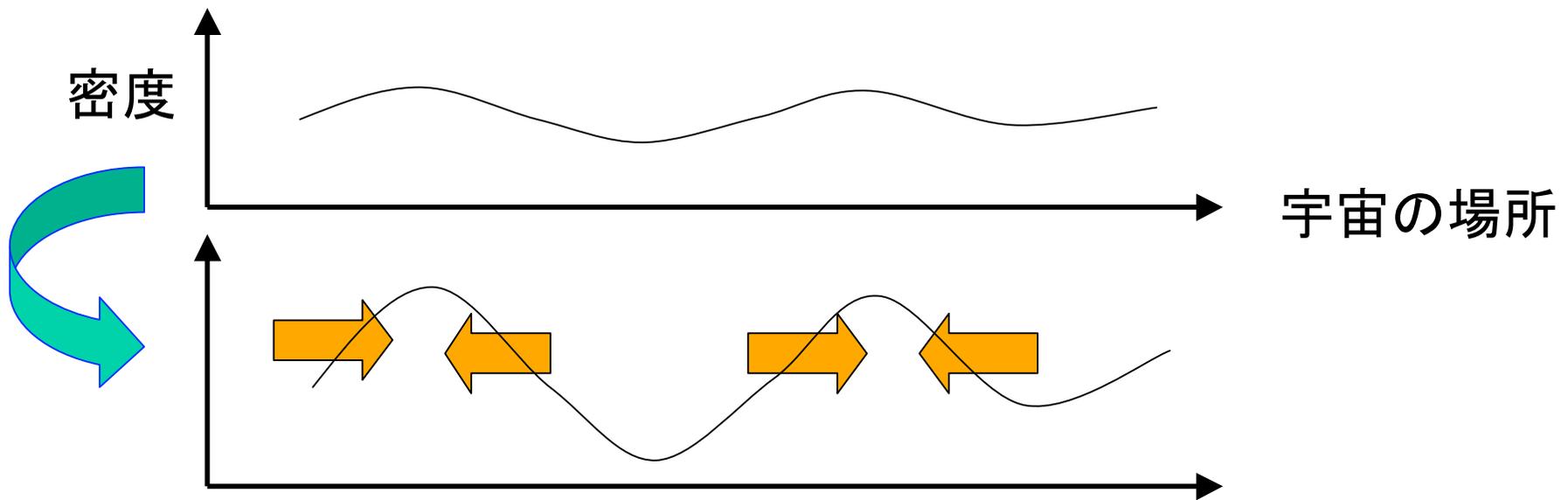
マイクロ波宇宙背景放射

*WMAP*

# 銀河の種の成長

構造の少ない世界から、構造のある世界を作る力が必要。

**重力: 密度の高い場所がもっと高くなる**

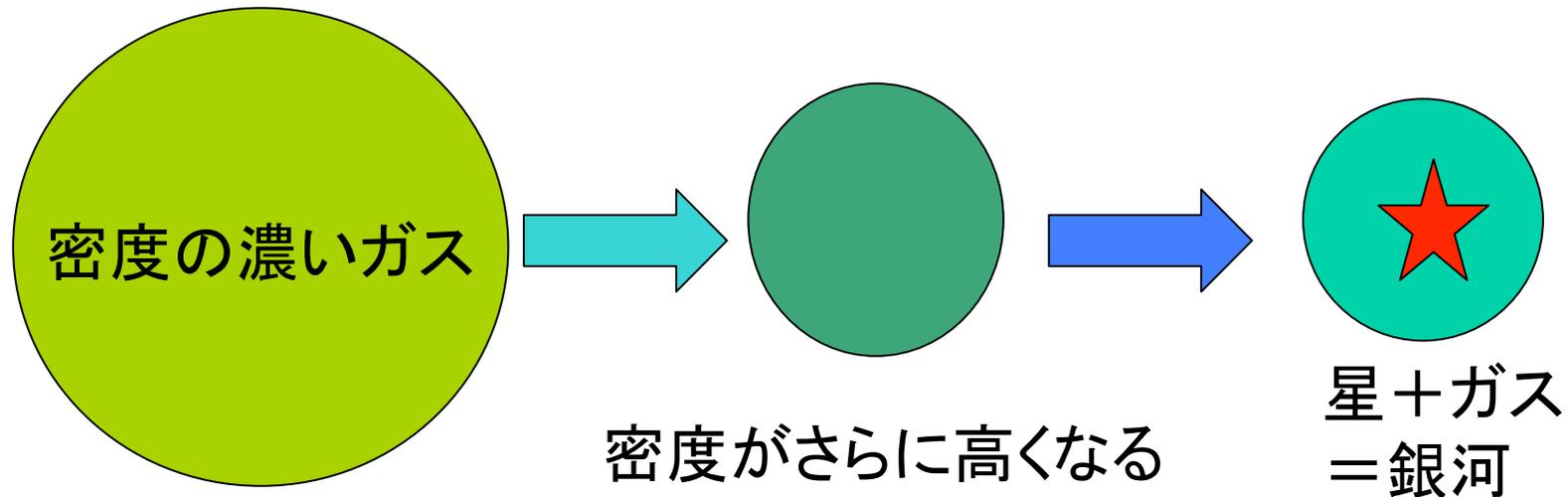


# 銀河誕生のシナリオ

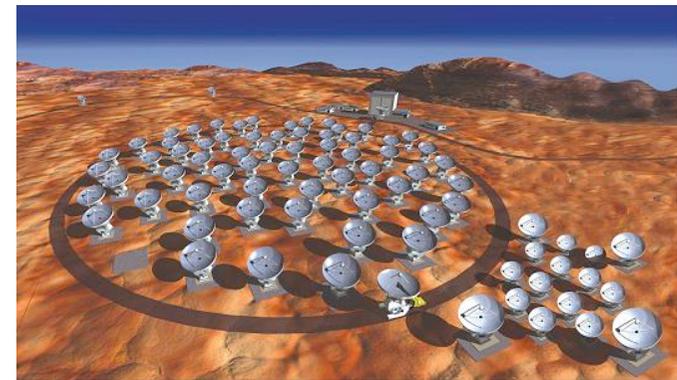
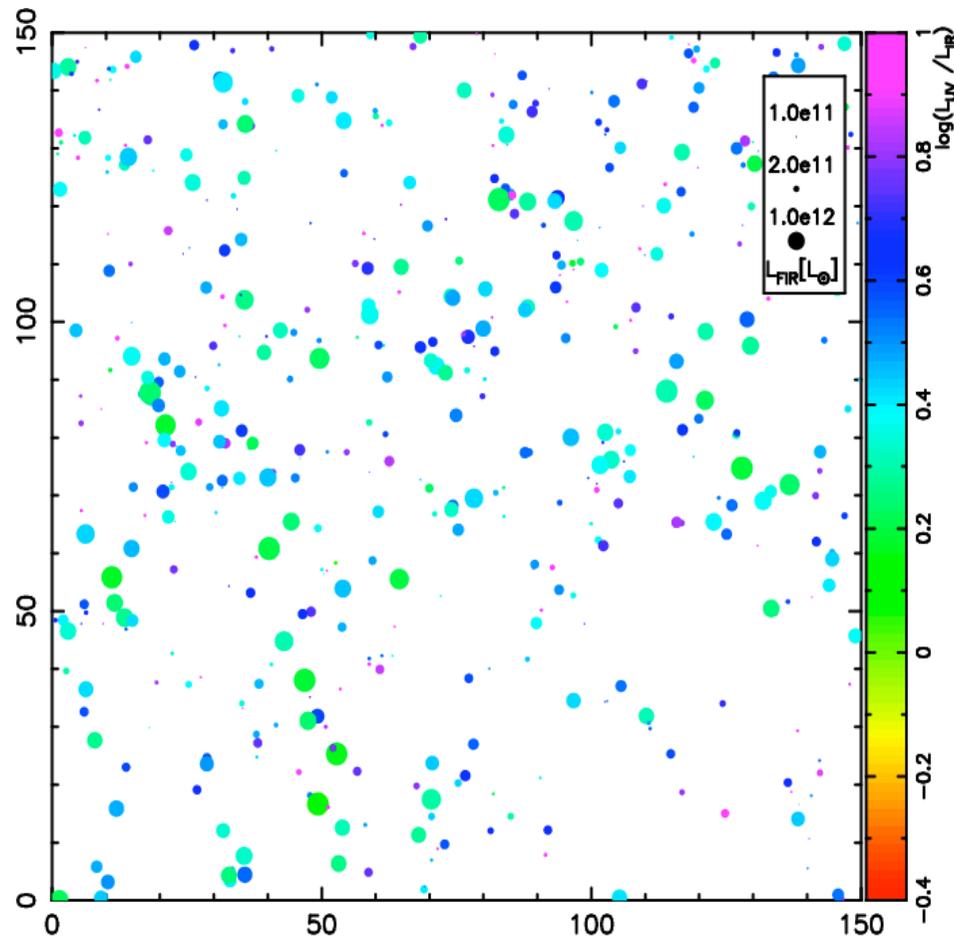
密度の高い部分の急激な成長  
密度が高くなったところに、星ができる。



一番最初の星 = 一番遠くにある星を探せばよい。



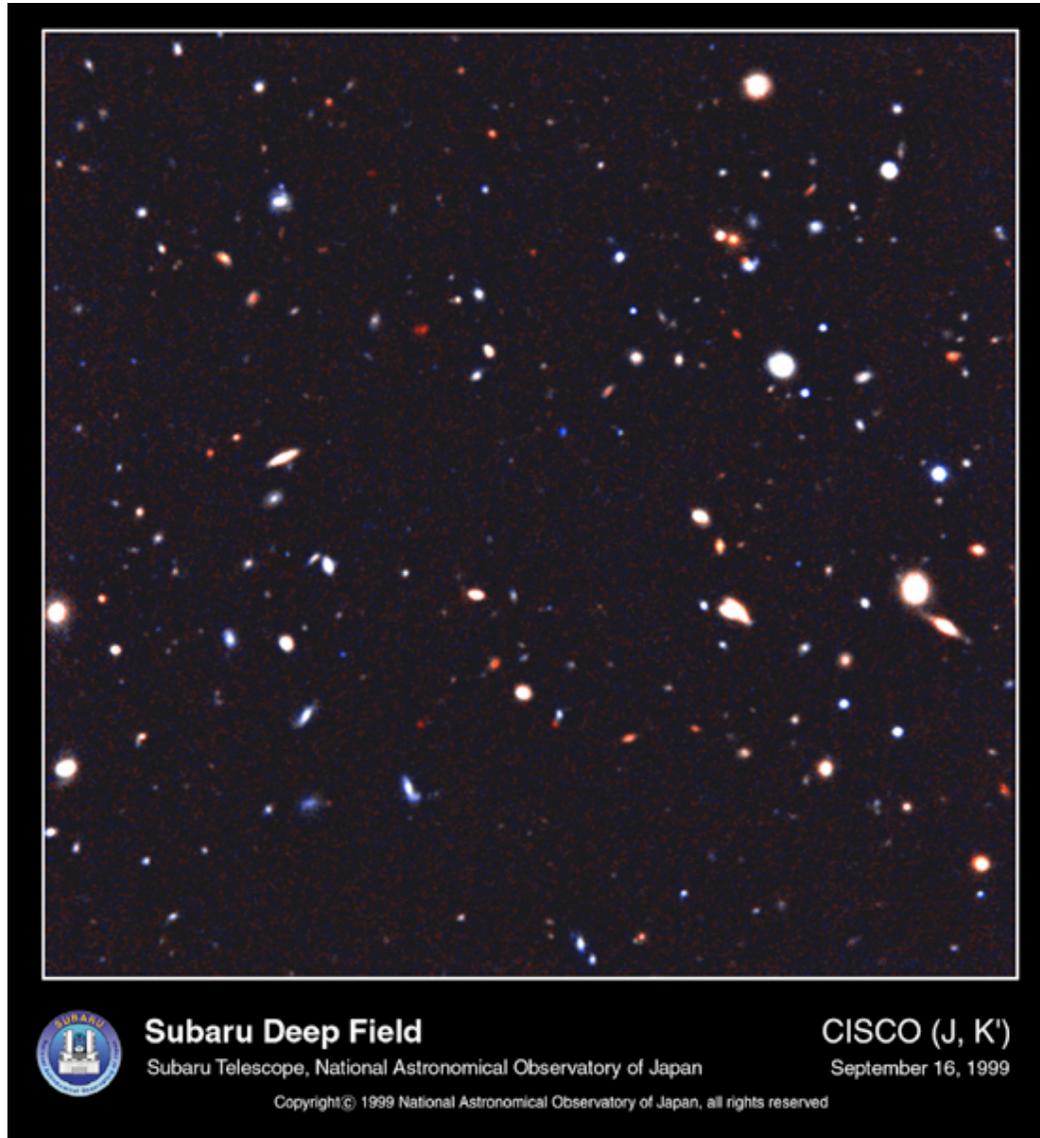
# 将来観測から銀河形成期に迫る



ALMA: 2010年頃本格運用  
(国立天文台)

ALMAによってサブミリ波で検出可能な  
遠方( $z = 6$ )銀河分布のシミュレーション(諏訪、平下:筑波大)

# 遠く(昔)の宇宙の姿



100億光年程度まで見ている。

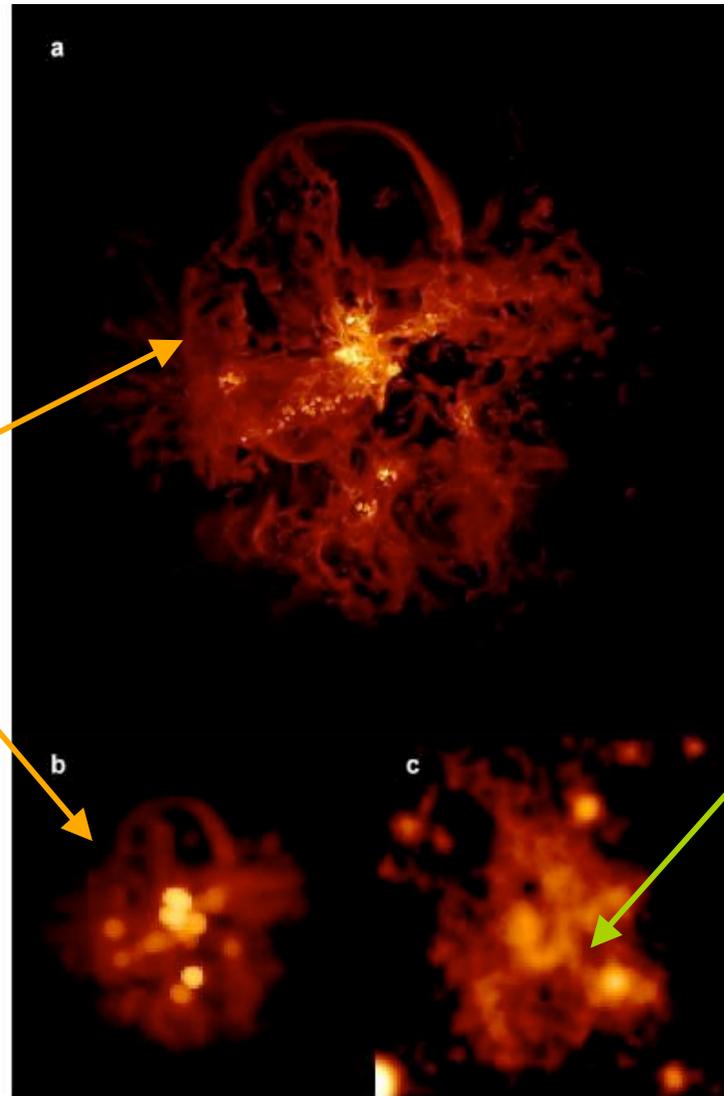


すばる望遠鏡

# 遠くにある銀河の例

理論計算  
(超新星爆発に  
よって乱された  
星間ガスの構造)

森、梅村  
(専修大、筑波大)



観測  
(110億年前)

# 宇宙シミュレータ FIRST

2~15号機



FIRST 240 ノード

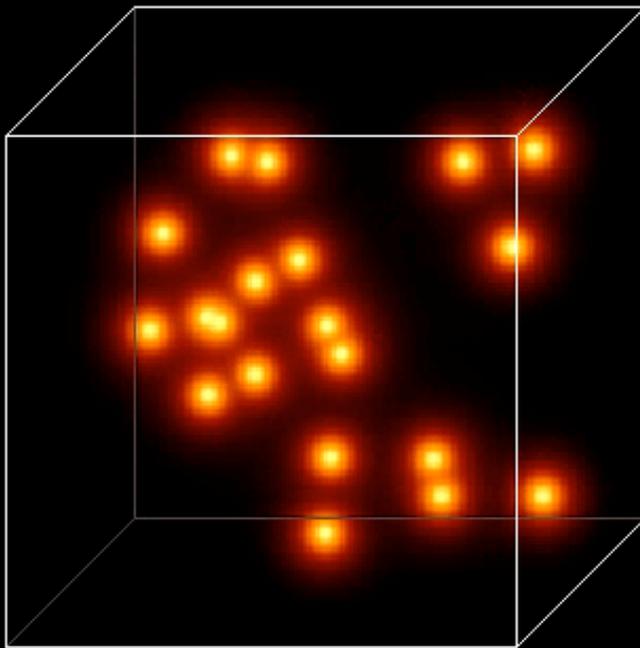
1号機

- 240 (16×15) ノード  
480 CPU +  
240 Blade-GRAPe (X64)
- 演算性能:  
汎用機(クラスター) 3 Tflops  
(1秒間3兆回の演算)  
専用機(Blade-GRAPe) 33 Tflops  
(1秒間33兆回の演算)
- 主記憶 480GB

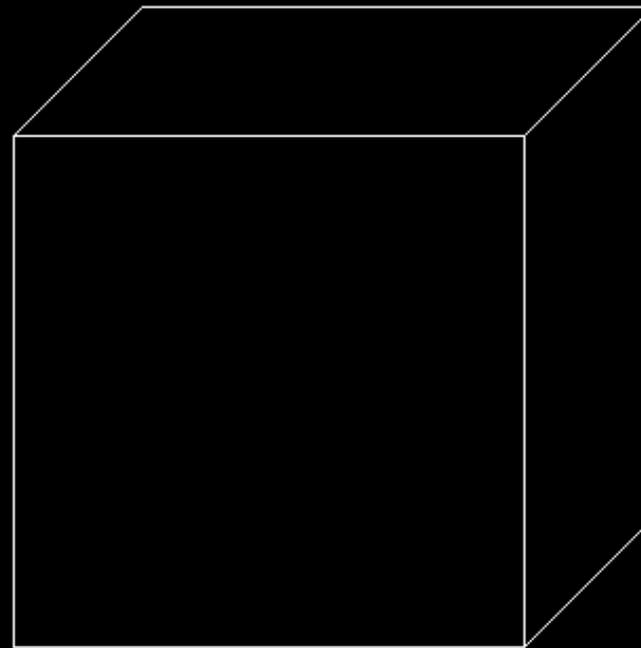
# Multiple Supernova Explosions in a Forming Galaxy

by Earth Simulator

Density



Metallicity



Box size: 40 kpc, Total mass:  $10^{11} M_{\odot}$

Sub-galactic units:  $5 \times 10^9 M_{\odot}$

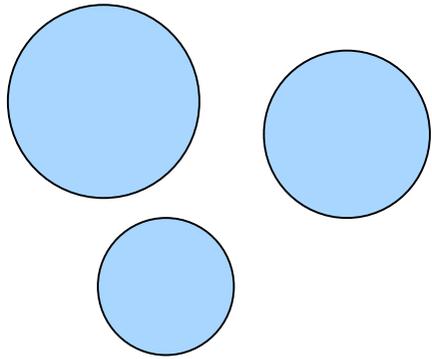
Star formation: Jeans unstable, Salpeter's IMF,

Supernovae: Type II

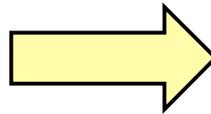
$N = 1024^3$



# 4. 銀河の成長と宇宙の構造形成

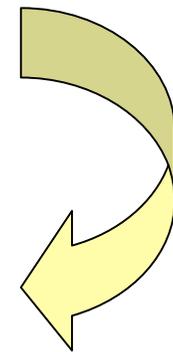
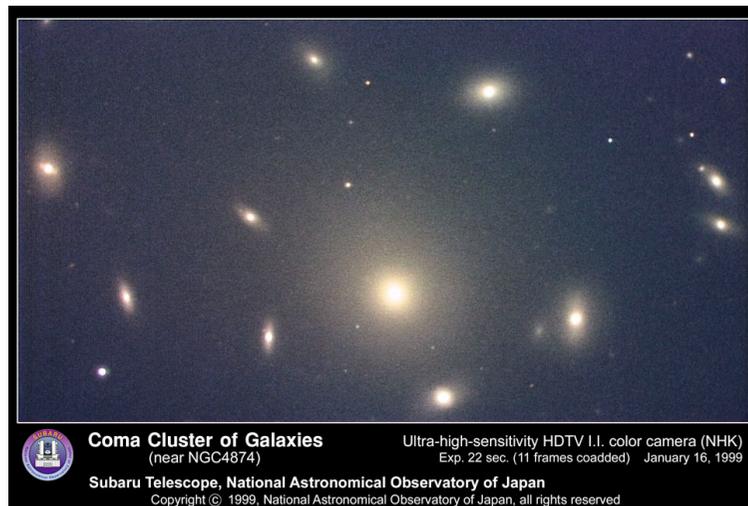


はじめに小さな銀河を作る



それらが合体し、  
大きな銀河に成長する

銀河はさらに銀河団という  
大きな集団を作る



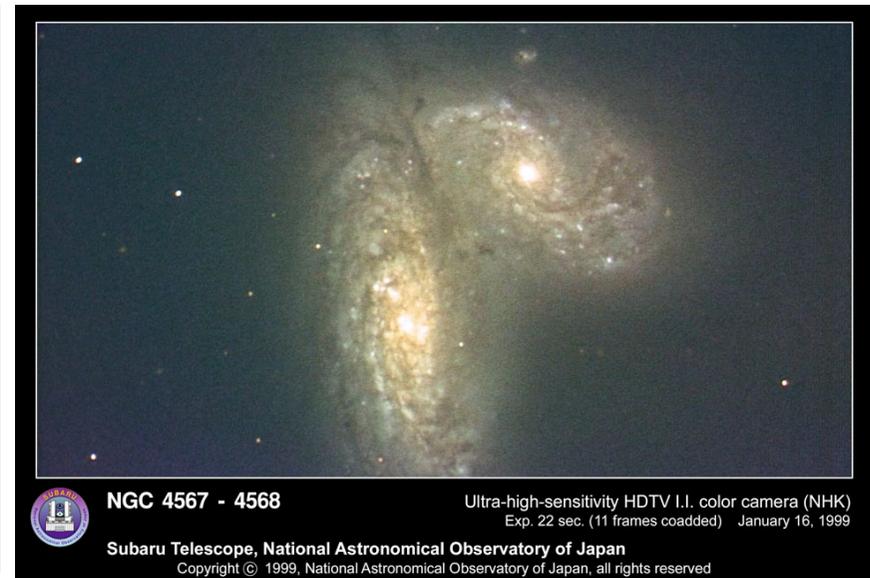
Coma Cluster of Galaxies  
(near NGC4874)

Ultra-high-sensitivity HDTV I.I. color camera (NHK)  
Exp. 22 sec. (11 frames coadded) January 16, 1999

Subaru Telescope, National Astronomical Observatory of Japan

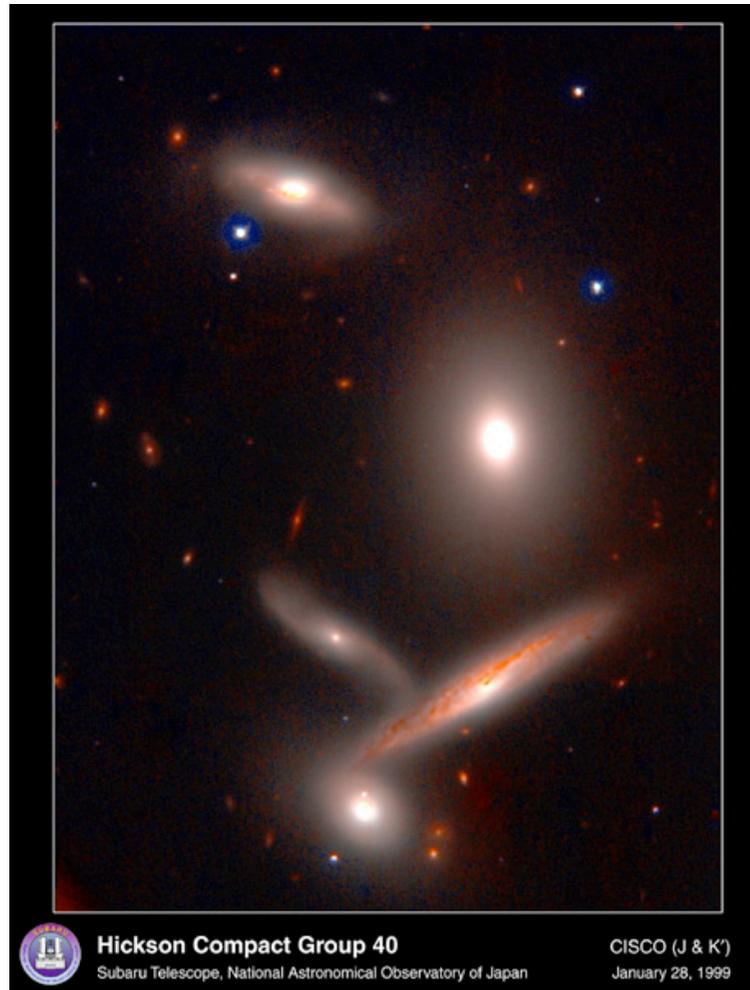
Copyright © 1999, National Astronomical Observatory of Japan, all rights reserved

# 銀河の合体の現場

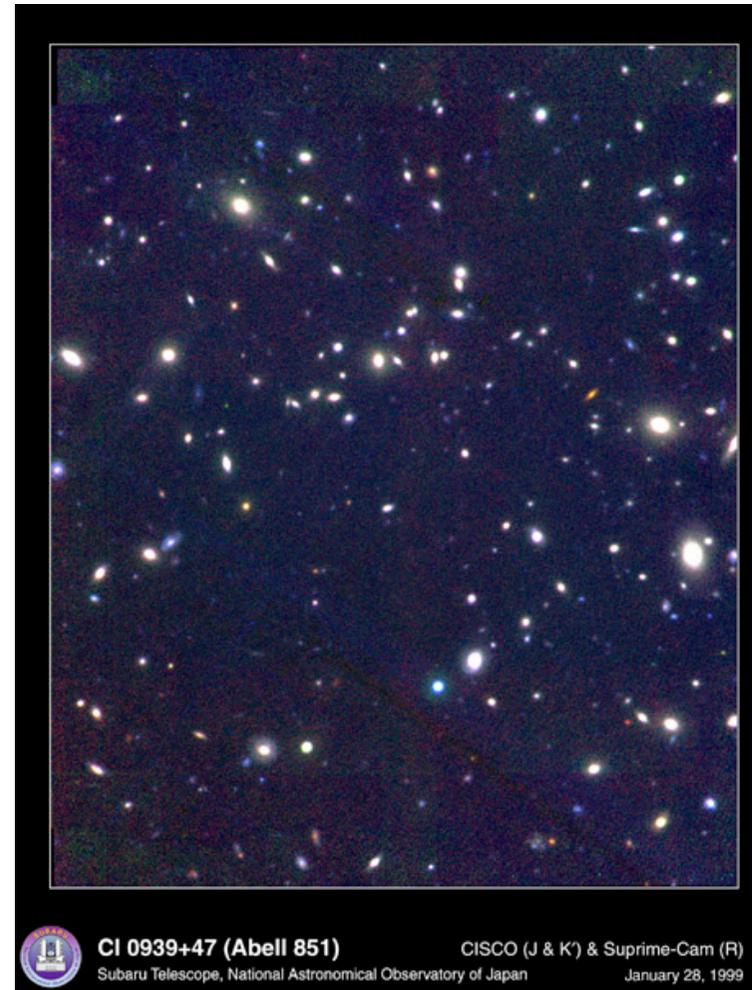


合体は、激しい星形成活動を引き起こすことが多い。  
「**スターバースト**」の一因

# 銀河の集まり



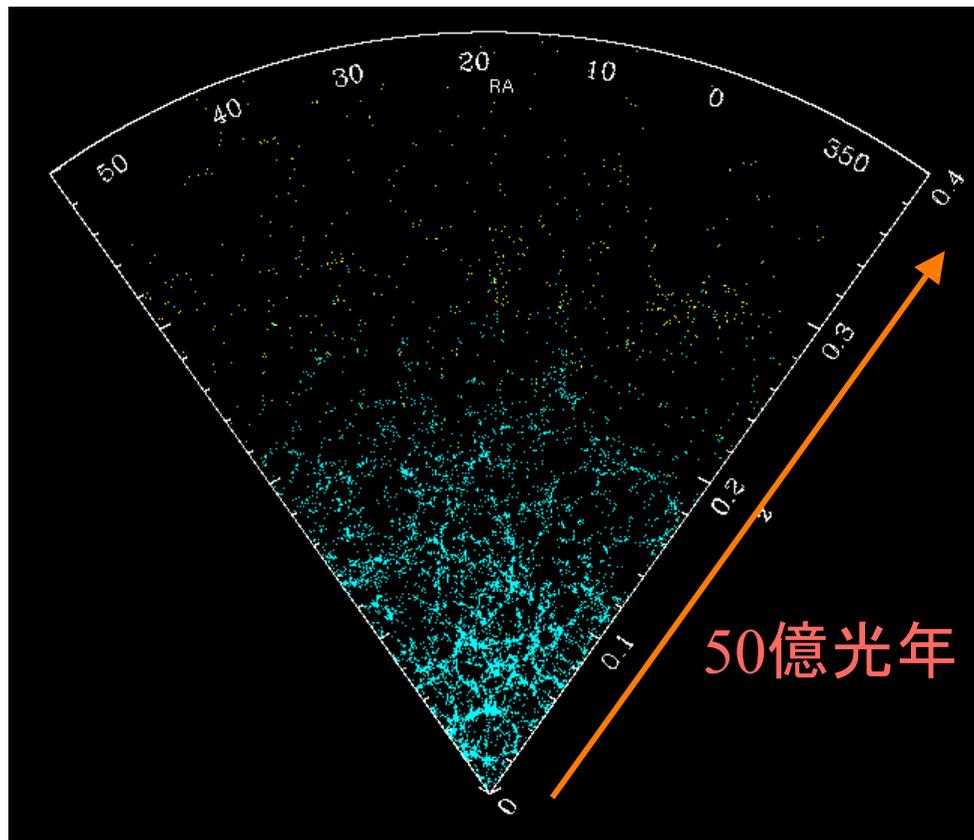
銀河群



銀河団

# 宇宙の地図を作る ～銀河の織り成す模様～

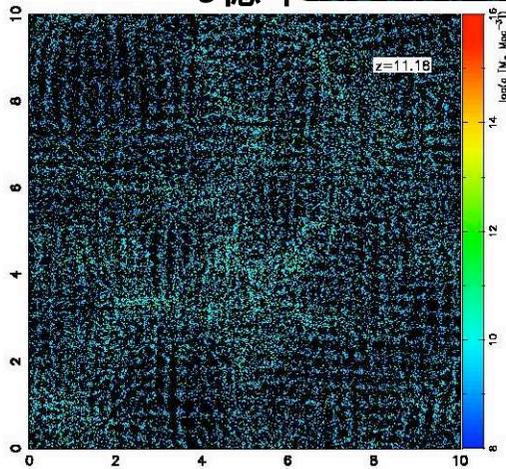
銀河の多くあるところ(銀河群、銀河団、超銀河団)と少ないところ(ボイド)がある。



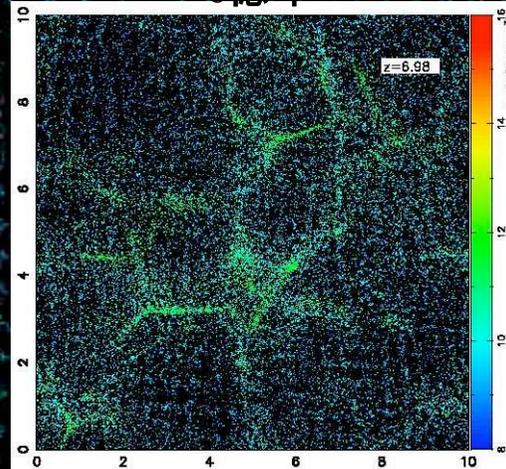
SDSS

# 初代銀河形成シミュレーション

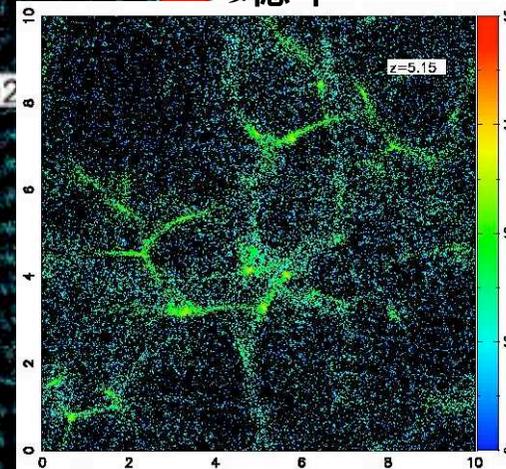
3億年



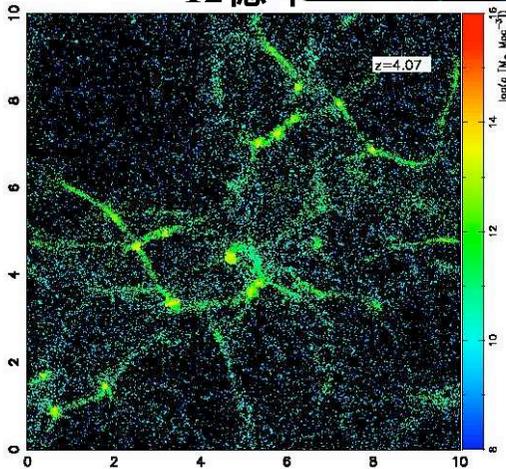
6億年



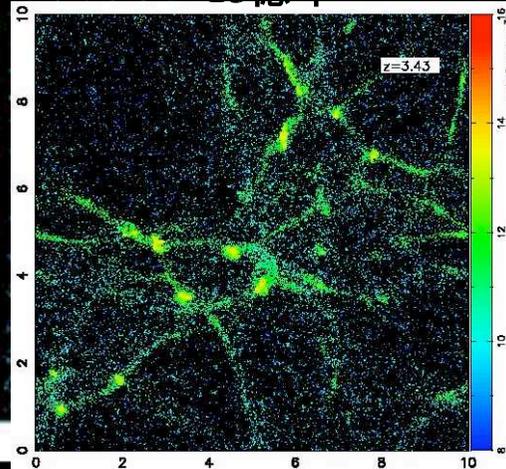
9億年



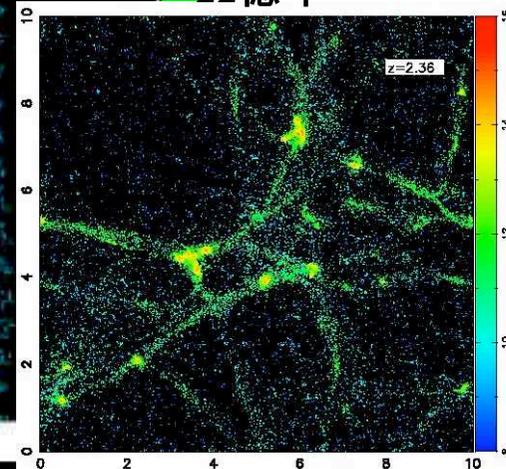
12億年



18億年



22億年



## 5. まとめ

1. 天の川は宇宙に何億と存在する銀河の一つである。
2. 銀河は、星と星間ガス(と暗黒物質)からなる。
3. さまざまな形態の銀河が存在する(履歴の違い?)。
4. 銀河は大規模構造という密度の濃淡模様を作って分布している。
5. 銀河は、わずかな密度の濃淡が重力により成長して形成された。
6. 銀河は、小さなものが集まって大きなものに成長してきたと考えられている。