

# Ⅲ 宇宙の果てを見る



銀河宇宙

原始銀河

第一世代天体

宇宙マイクロ波背景輻射

宇宙の誕生

遠くの宇宙は  
過去の宇宙

Modern universe

137億年

HDF

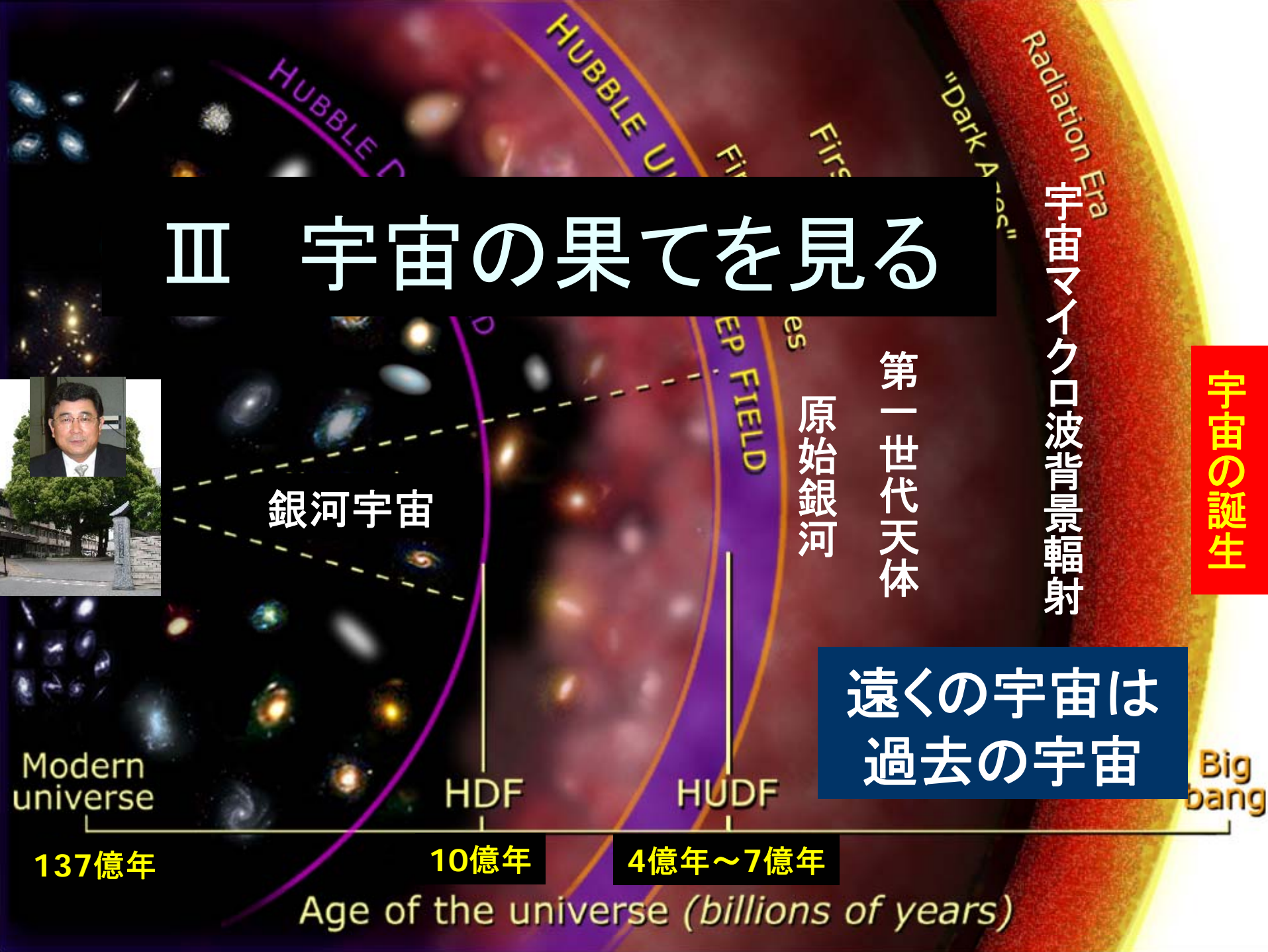
10億年

HUDEF

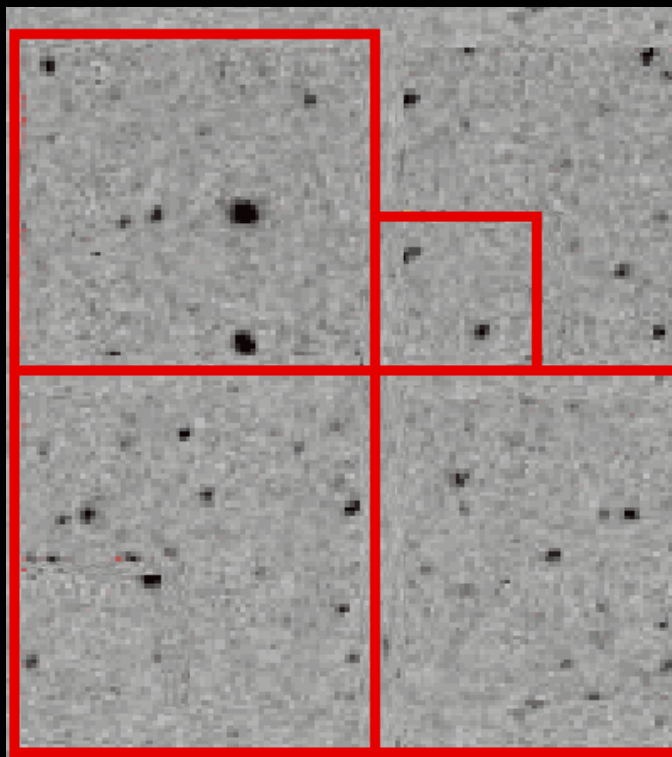
4億年~7億年

Big bang

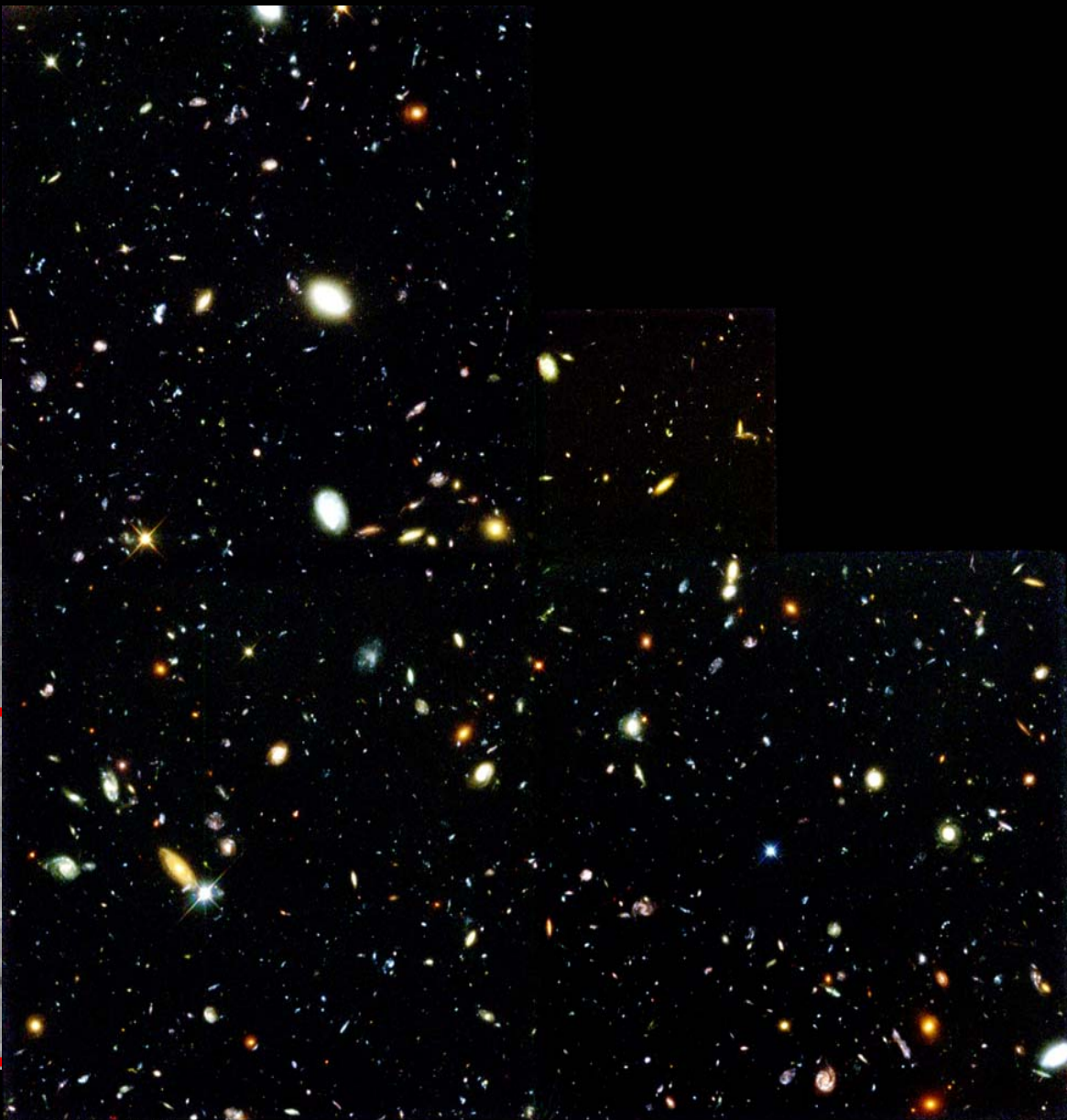
Age of the universe (billions of years)



# 宇宙を見る目 の進歩



地上4m望遠鏡+CCD  
100×写真乾板



Hubble Deep Field  
ST ScI OPO January 15, 1996 R. Williams and the HDF Team (ST ScI) and NASA

HST WFPC2

ハッブル宇宙望遠鏡+CCD:1000×  
地上望遠鏡

# SDSS (スローンデジタルスカイサーベイ) 米国ニューメキシコ州アパッチポイント天文台



NHK教育TV “サイエンスゼロ” 2003年6月11日放映





# 史上最大の銀河地図作りをめざして： 日米独共同スローンデジタルスカイサーベイ

8千万個の銀河を観測、そのなかの80万個の銀河の3次元地図作り

<http://www.sdss.org/dr1/>

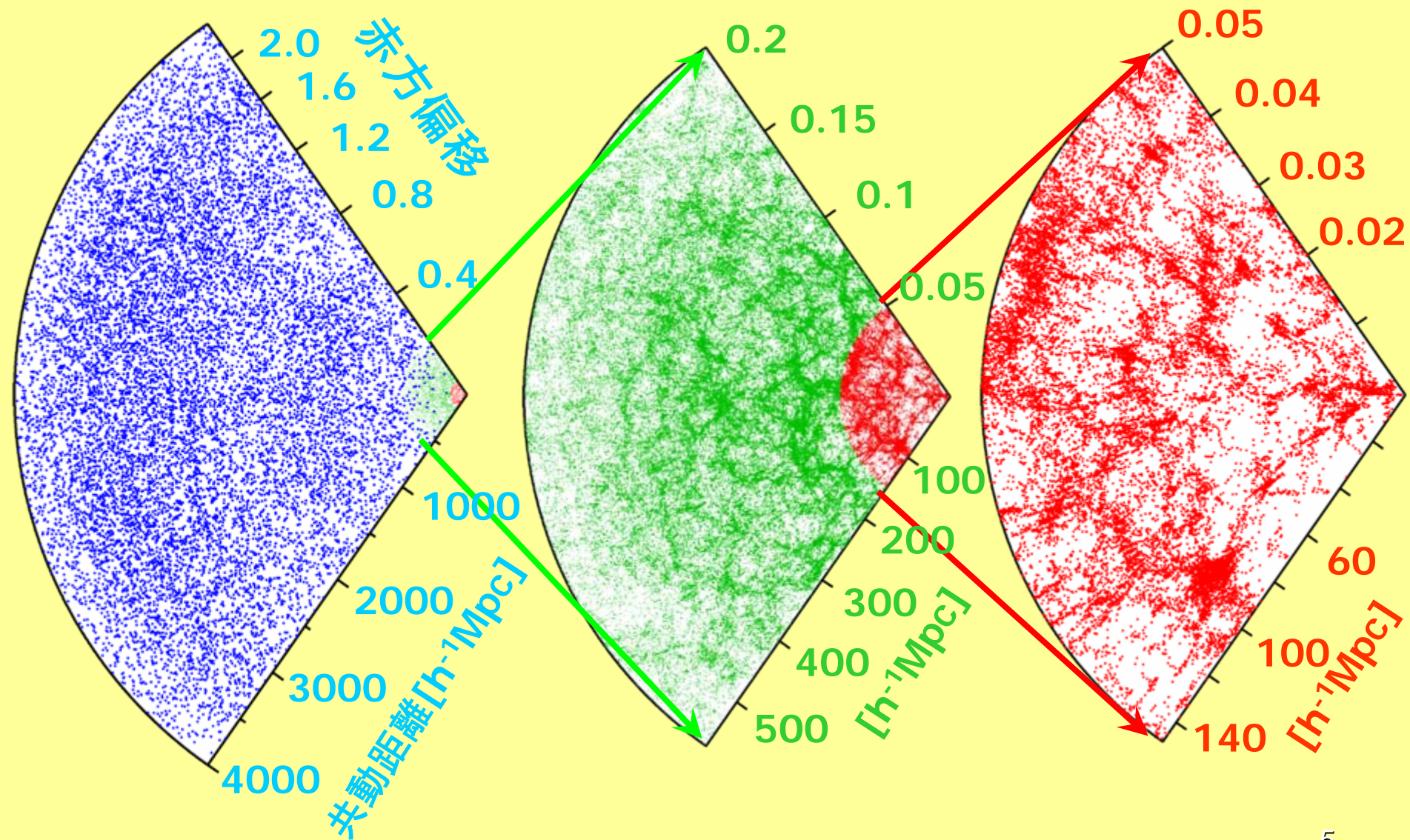


文部科学省

Ministry of Education, Culture,  
Sports, Science and Technology

NHK教育 サイエンスZERO 2003年6月11日 0:00 放映

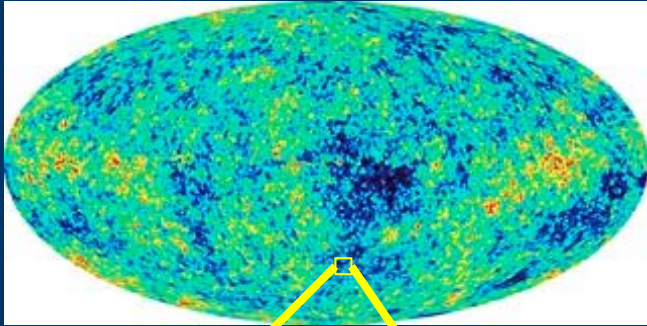
# SDSSクエーサーと銀河の宇宙地図



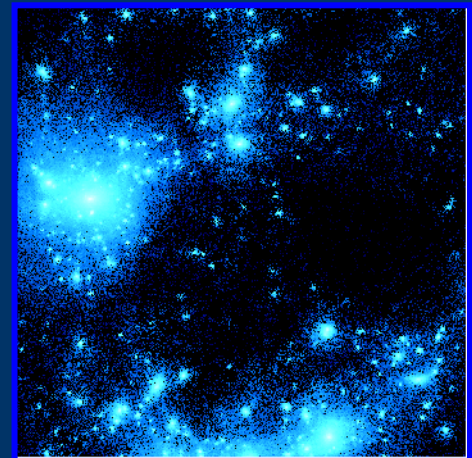
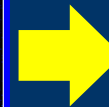
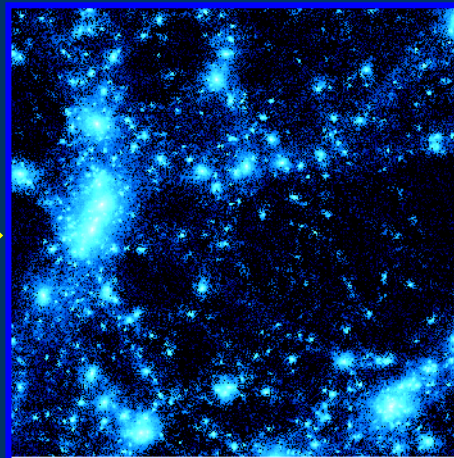
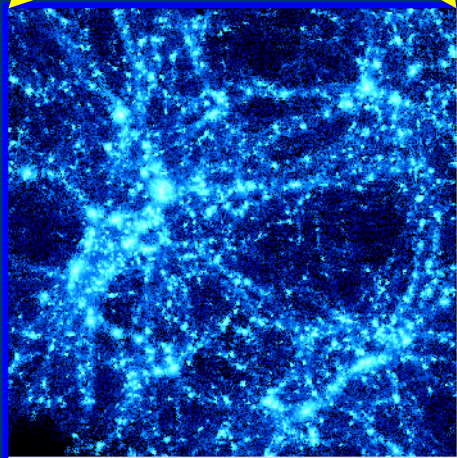


# 宇宙の構造形成標準理論

宇宙初期の空間ゆらぎ



- 小さなスケールの構造ほど初期に形成される
- いったんできた構造が重力的に合体あるいは集団化することで、より大きなスケールの構造へと進化する



万有引力(重力)によってでこぼこ度合いがどんどん成長する

# 宇宙構造進化シミュレーションの例



吉川 耕司、  
樽家 篤史、  
景 益鵬、  
須藤 靖  
(2001)

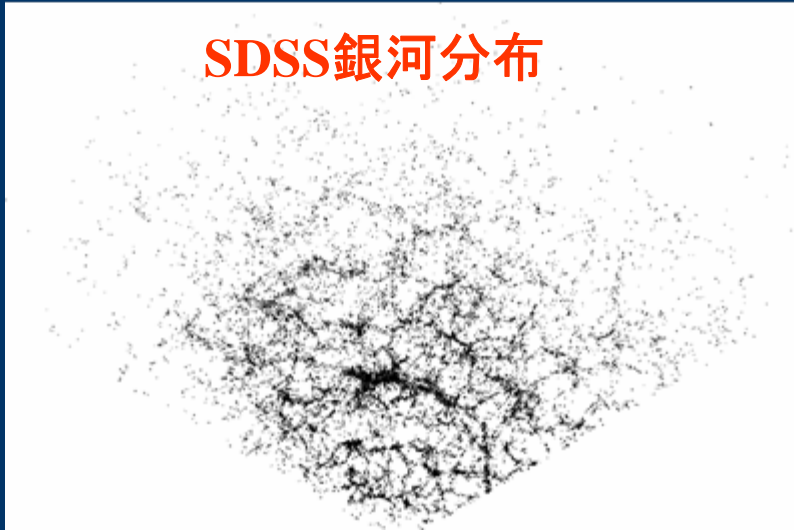
- ダークマター分布の進化
- ⇒ X線で見える現在の高温ガス分布
- ⇒ 可視光で見える現在の宇宙の銀河分布



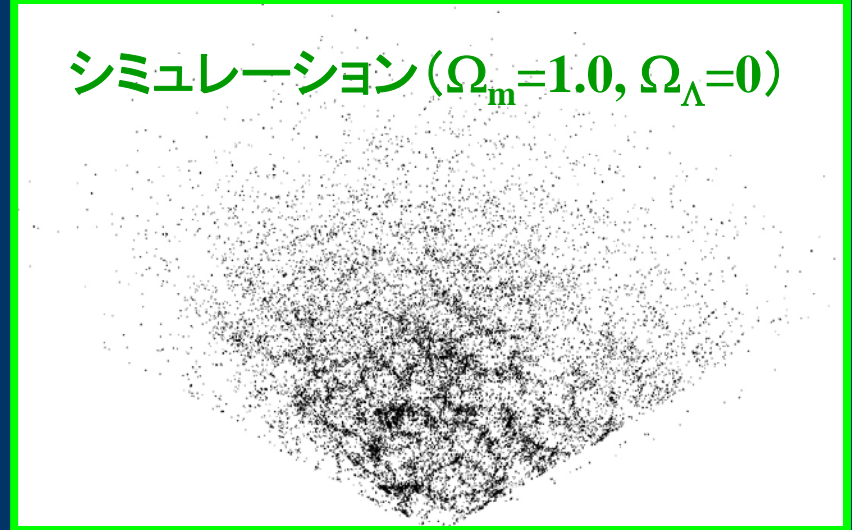
# 宇宙の大構造：理論モデルとSDSSデータ

4つのうち、1つだけが本当の銀河分布、残りは数値シミュレーション結果

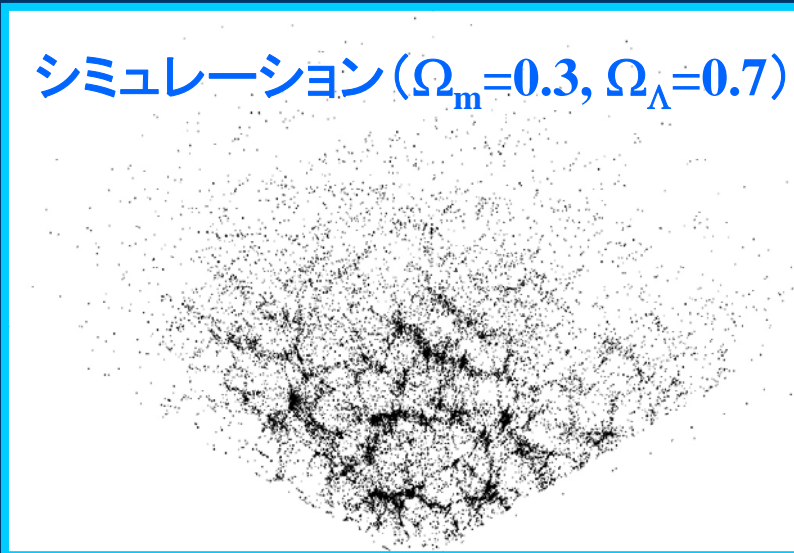
SDSS銀河分布



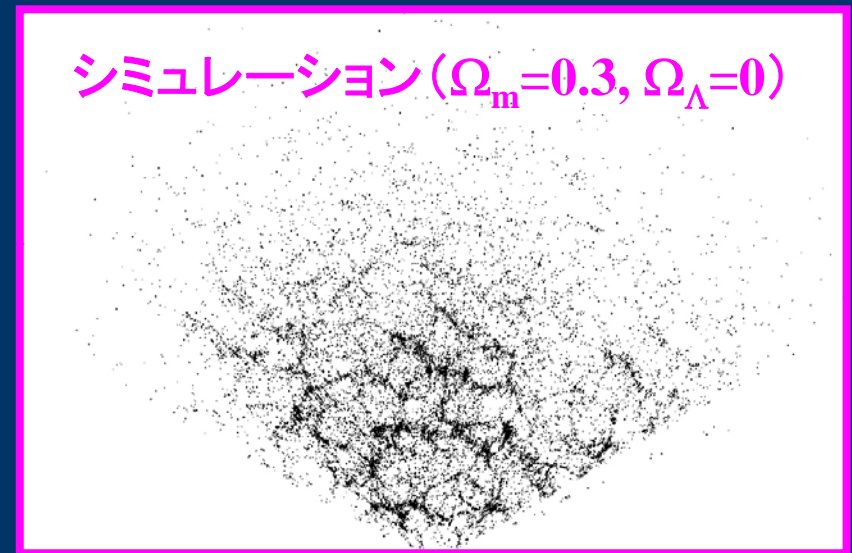
シミュレーション ( $\Omega_m=1.0, \Omega_\Lambda=0$ )



シミュレーション ( $\Omega_m=0.3, \Omega_\Lambda=0.7$ )

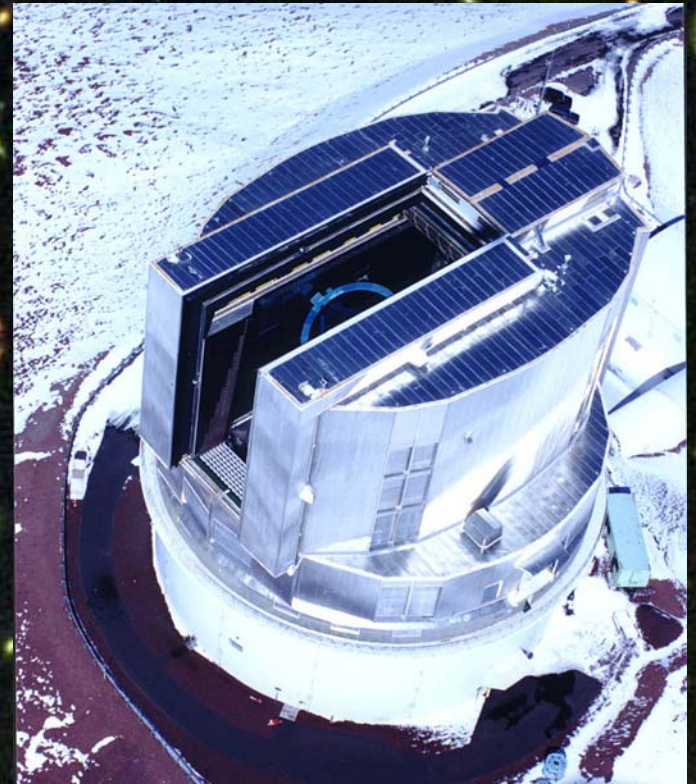


シミュレーション ( $\Omega_m=0.3, \Omega_\Lambda=0$ )





# すばる望遠鏡の見た夜空のむこう



<http://www.naoj.org/Gallery/>

98億光年先にある  
クエーサー

銀河団の重力を受けてクエーサーからの光線が曲げられてみかけ上5つの異なる天体として観測される

62億光年先にある  
銀河団

重力レンズ天体  
SDSS J1004+4112 :  
一般相対論的蜃気楼



*\*The red crescents represent lensing arcs —  
Smearred images of background galaxies.*

<http://hubblesite.org/newscenter/newsdesk/archive/releases/2006/23/>





# 100億光年先からの一般相対論的蟹気楼 (SDSS J1004+4112)



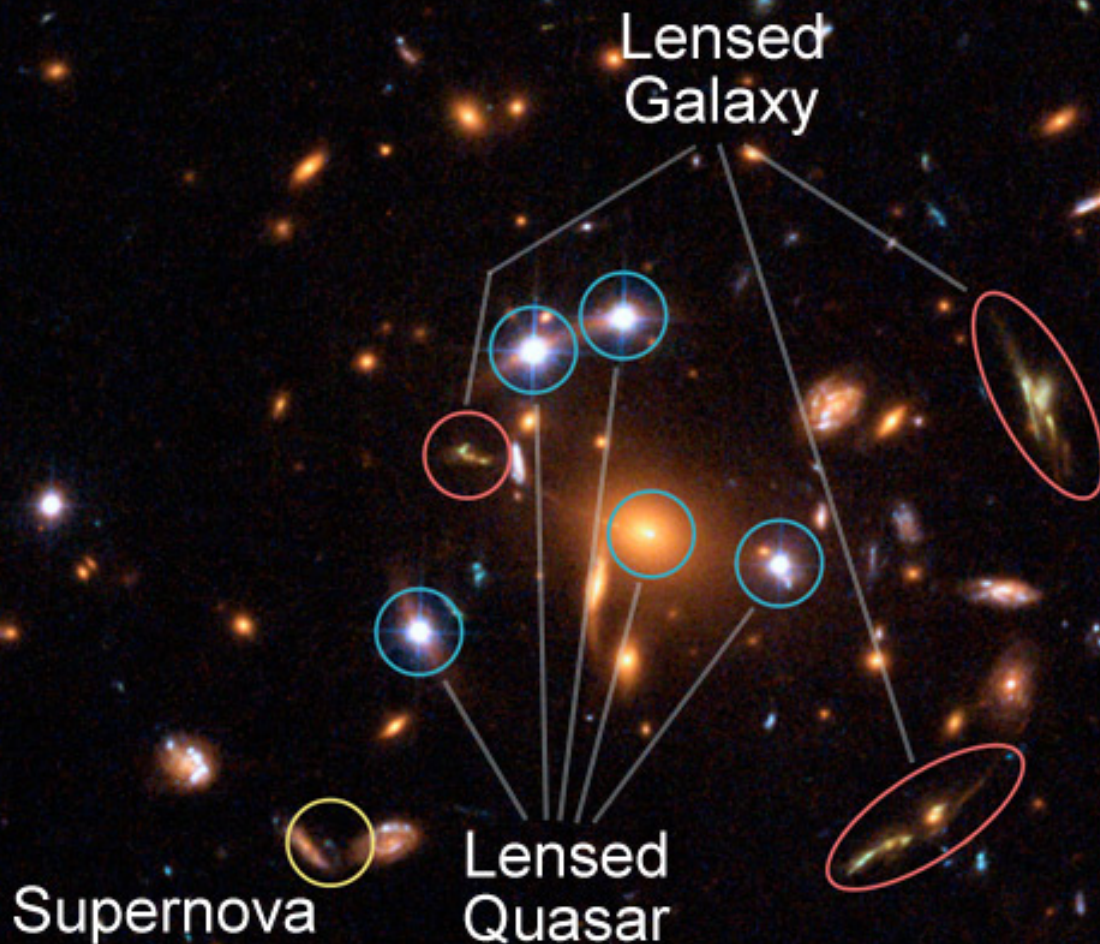
2003年に東京大学の稲田直久と大栗真宗がSDSSで発見、すばるで確認  
Inada et al. Nature 426(2003)810



Galaxy Cluster SDSS J1004+4112

HST ACS/WFC

# ハッブル望遠鏡で見たSDSS J1004+4112



2006年5月23日 ハッブル望遠鏡 写真公開

10"  
<http://hubblesite.org/newscenter/newsdesk/archive/releases/2006/23/>

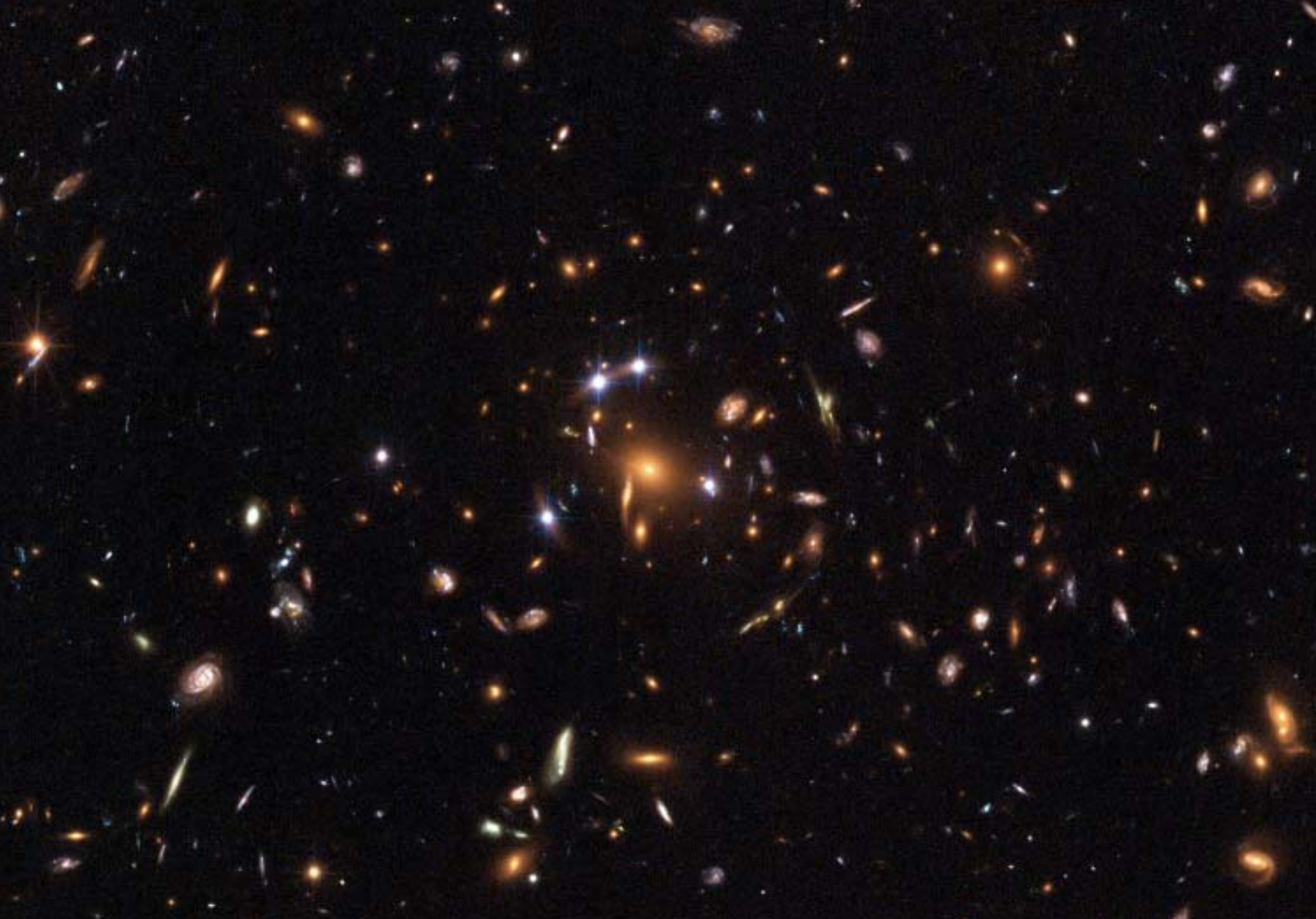


# 100億年を遡る



2006年5月23日 ハッブル望遠鏡 写真公開

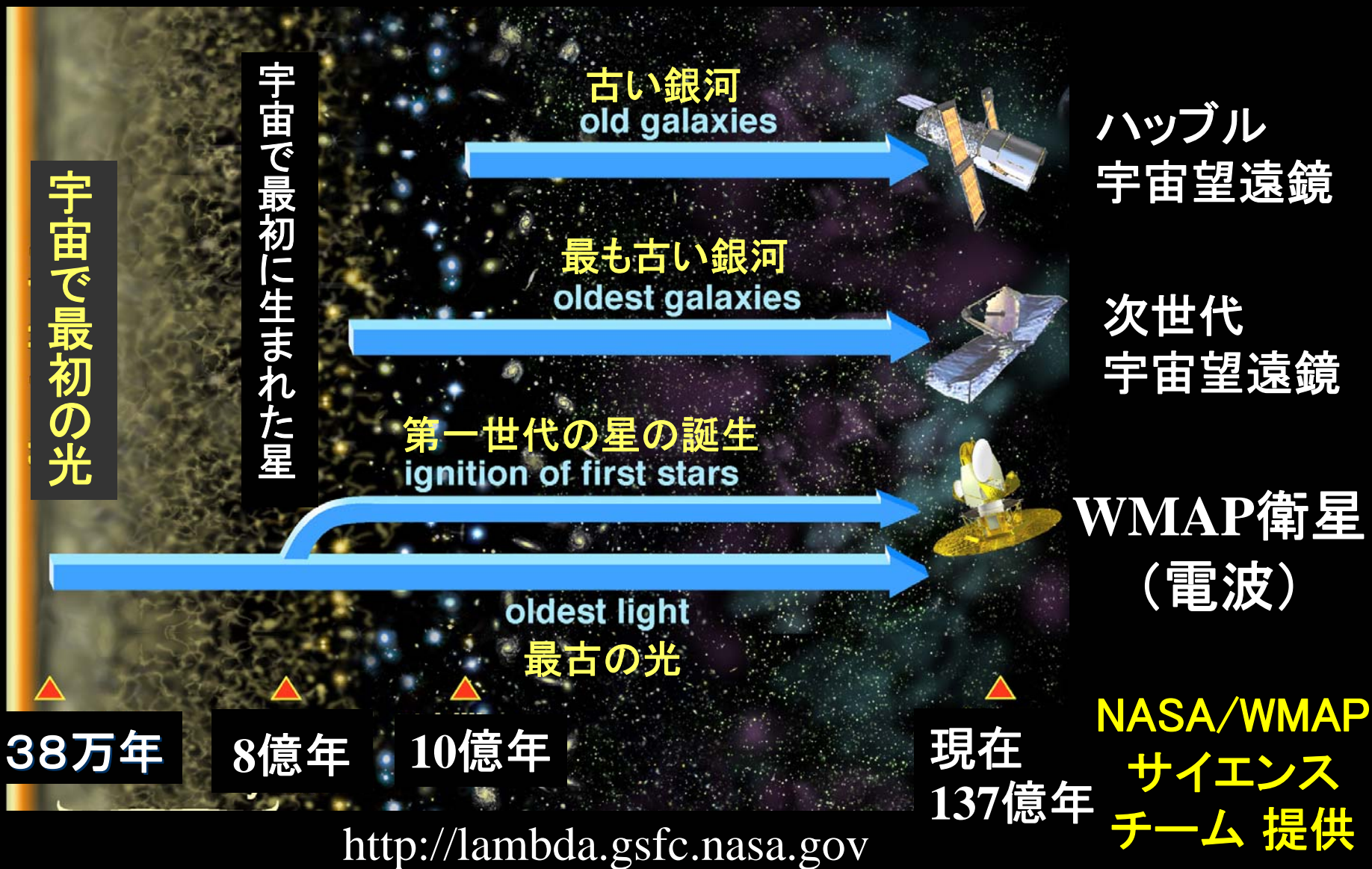
<http://hubblesite.org/newscenter/newsdesk/archive/releases/2006/23/>



SDSS J1004+4112



# 衛星によってさらなる宇宙の果てを見る



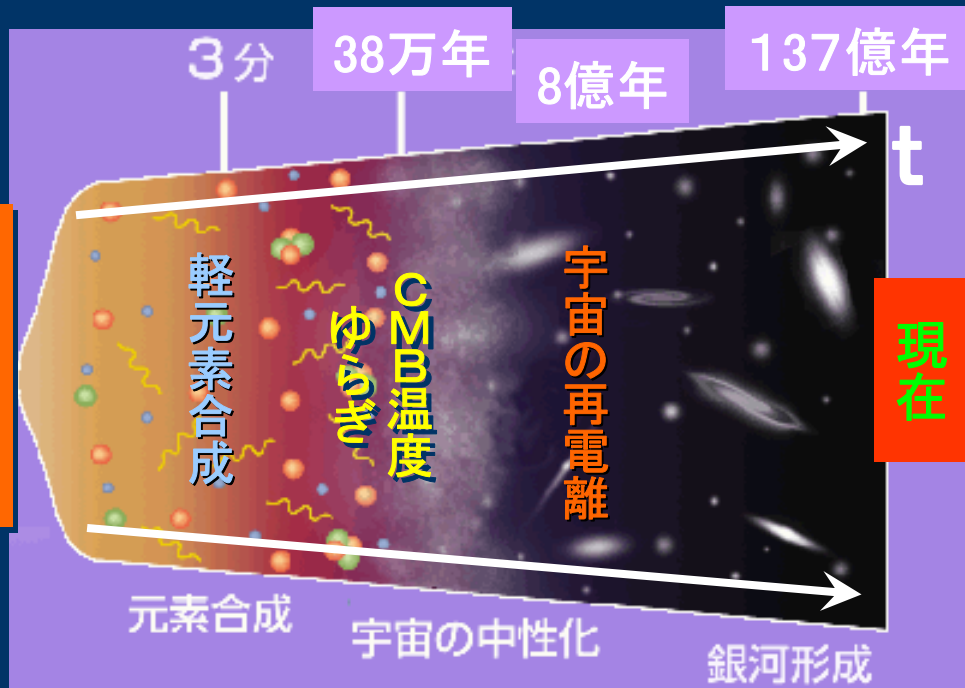
# さらに遠く(=過去)を見たい

- 現在は、宇宙が誕生してから137億年
- 宇宙が誕生してから8億年後(つまり、今から129億年前!)の姿はすでに観測可能な時代
- しかし、さらにその昔はまだ天体が誕生していないので、可視光では見たくても見ることができない
  - ⇔ **宇宙が生まれたときの最初の光を見る**
- 現在はマイクロ波と呼ばれる波長0.1cm程度の電磁波として全宇宙を満たしている
  - ⇔ **CMB:宇宙マイクロ波背景放射**



# 宇宙マイクロ波背景輻射

CMBは、晴れ上がり直後の宇宙を満たしていた電磁波  
(今から137億年前の宇宙の光の化石)



- 宇宙の晴れ上がり
  - 誕生後約38万年で、電子と陽子が結合して水素原子となる (宇宙の中性化)
  - その結果、宇宙は電磁波に対して透明となる

量子ゆらぎの生成

第一世代天体の誕生

銀河の形成

銀河団の形成

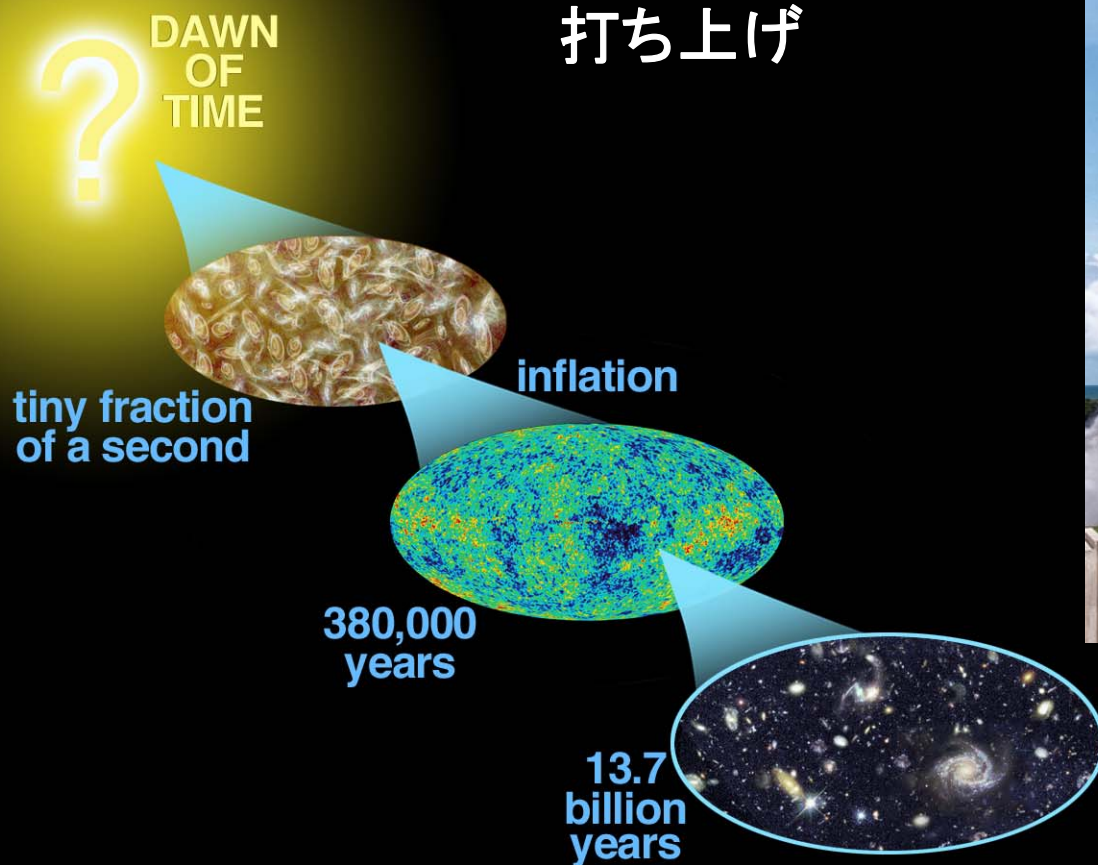
宇宙の大構造

**CMB:**  
*Cosmic Microwave Background*

# WMAP (ウィルキンソンマイクロ波非等方性探査衛星)

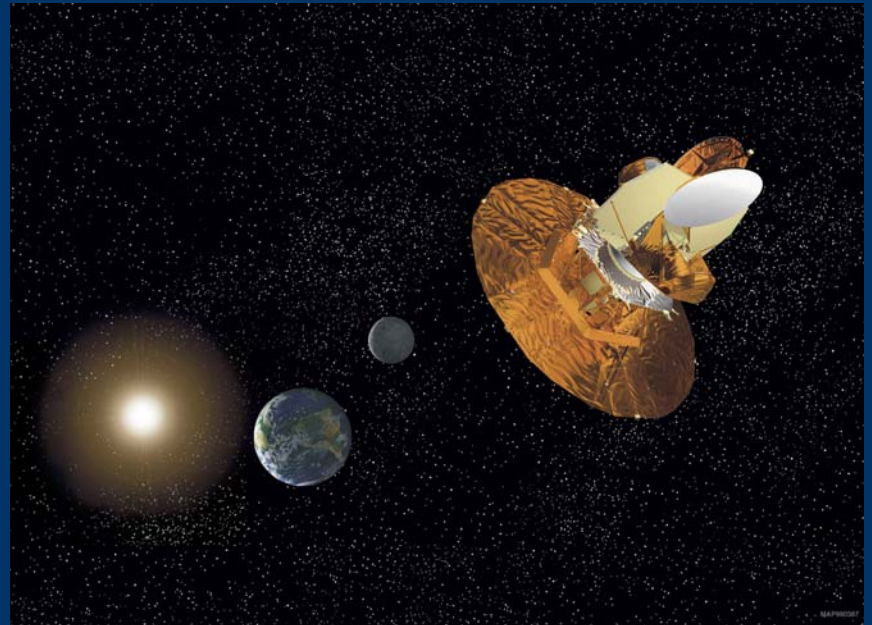
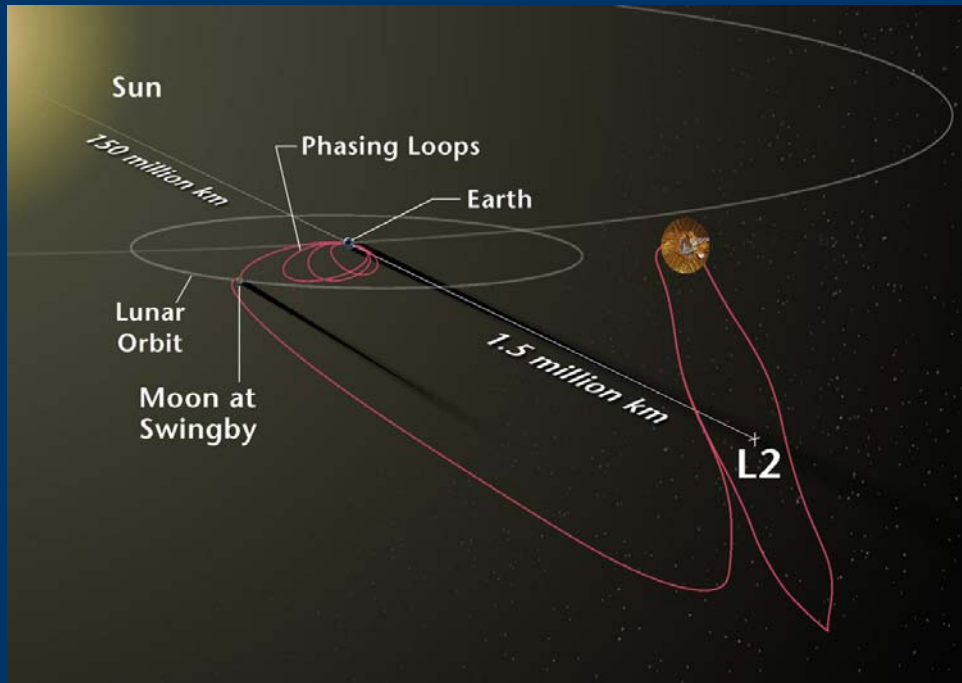
<http://lambda.gsfc.nasa.gov>

2001年6月30日 15:46:46  
米国東海岸標準時間  
打ち上げ



**NASA/WMAP**  
サイエンスチーム提供

# WMAP 衛星打ち上げ





# WMAP衛星：地球から宇宙の果てへの旅



NASA/WMAP サイエンスチーム提供

<http://lambda.gsfc.nasa.gov>