

Observational results with Subaru telescope (Extra galactic systems)

Presentator TORI
ERI

Contents

(1) Cosmic reionization and cosmic dark age

By Tori

(2) Dark matter distribution and cosmic
large scale structures

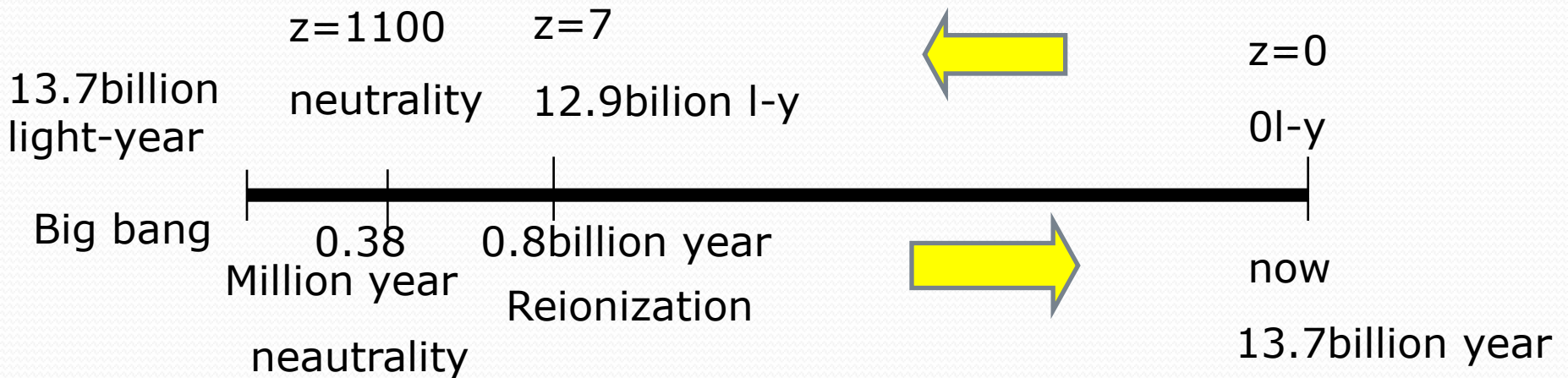
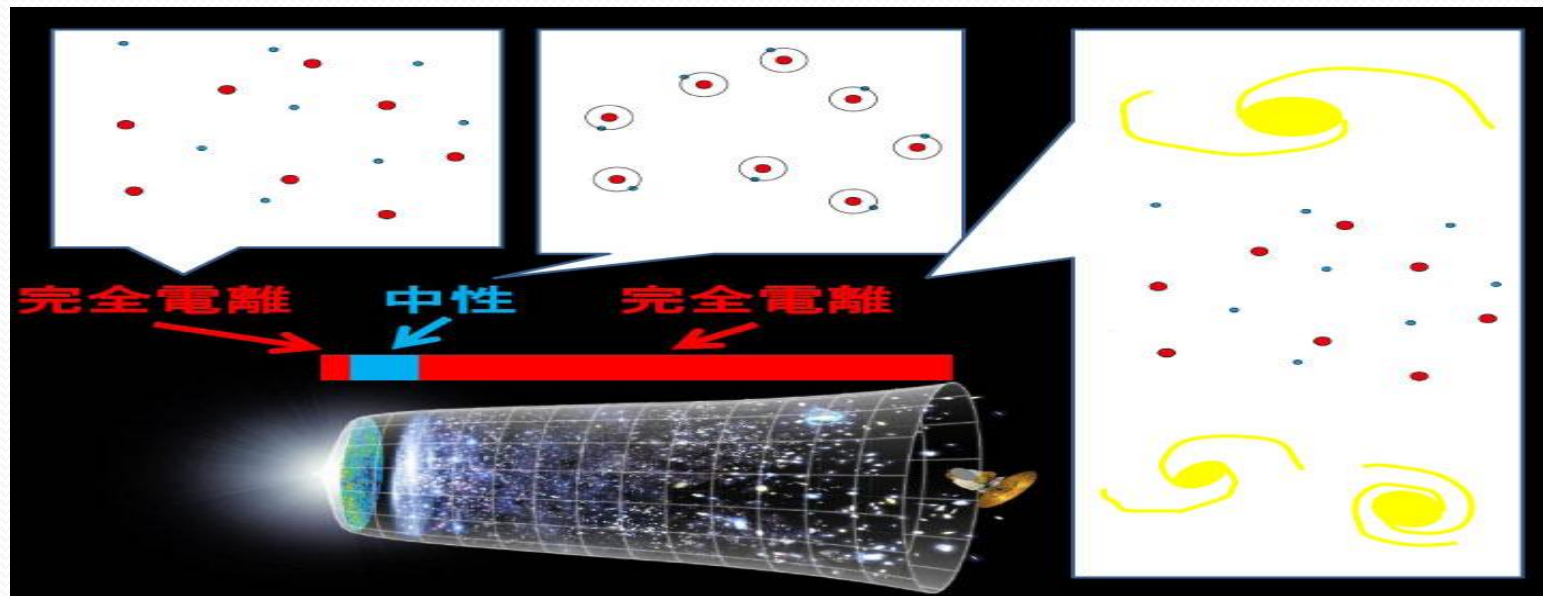
By Eri



Cosmic reionization and cosmic dark age

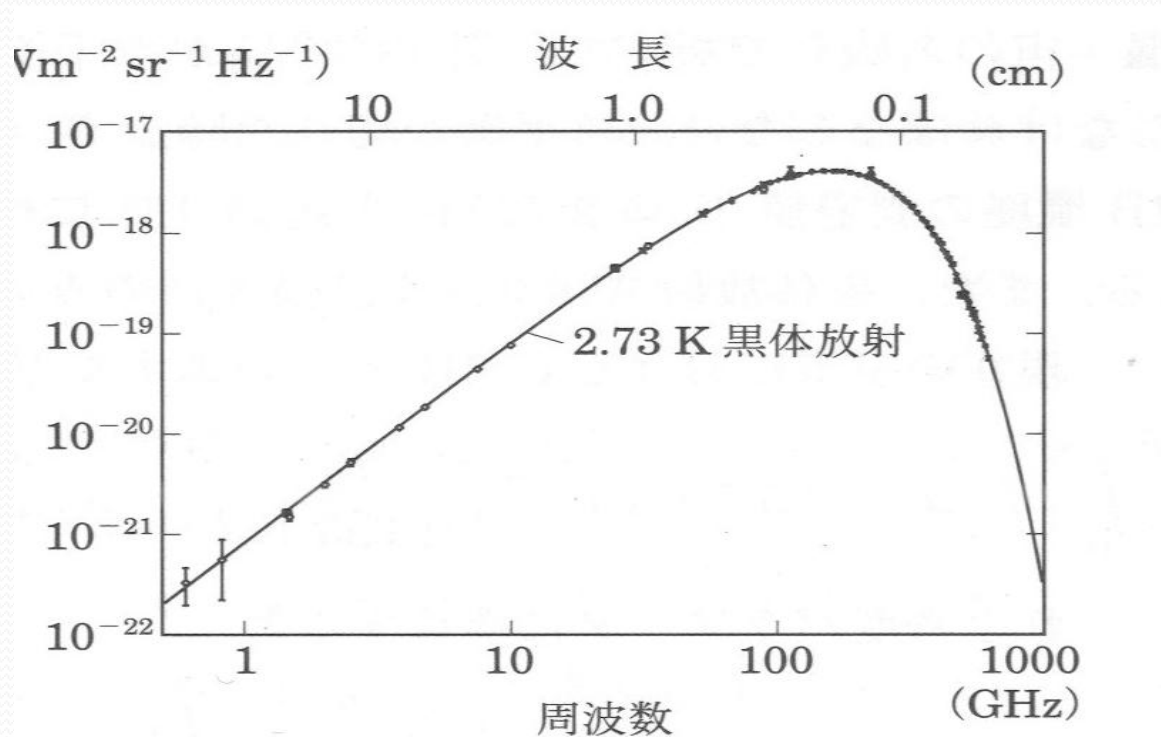
Big bang ~ Reionization

(提供; 愛媛大学 宇宙進化研究センター)



Cosmic Microwave Background radiation(CMB)

Spectrum strength



CMB; 3000Kで熱平衡が切れたときの名残である光子のマイクロ波
CMBの観測から宇宙は過去に熱平衡状態にあったことがわかる。

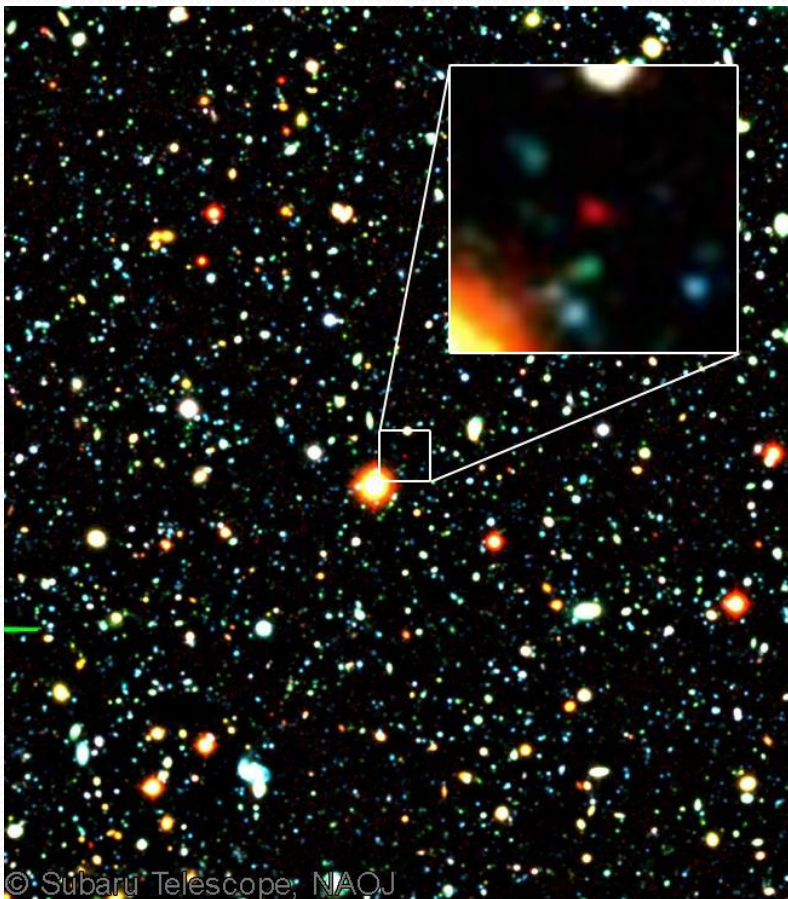
電磁波観測の限界

$z=1100$ よりさらに遠方の宇宙はプラズマ状態にあり、光子と電子の散乱と吸収が行われ光が我々の元まで届かず電磁波で観測できない。



CMBが電磁波観測における限界。

An observation with SUBARU



銀河の観測

→ ライマン α 輝線の観測

Red shift;6.96

(Iye et al 2006)

© Subaru Telescope, NAOJ

(すばる望遠鏡の探査領域の一部;かみのけ座の一角)

(Suprime-Cum, FOCASによる観測)

about the Lyman series

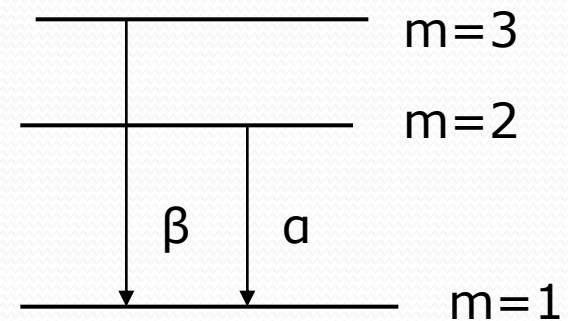
水素原子のエネルギー準位(nからmへの遷移)における波長

$$\lambda_{nm} = \frac{ch^3}{2\pi^2 m_e e^4} \left(1 + \frac{m_e}{m_p}\right) \left(\frac{1}{n^2} - \frac{1}{m^2}\right)^{-1}$$

$$= 912 \text{Å} \left(\frac{1}{n^2} - \frac{1}{m^2}\right)^{-1}$$

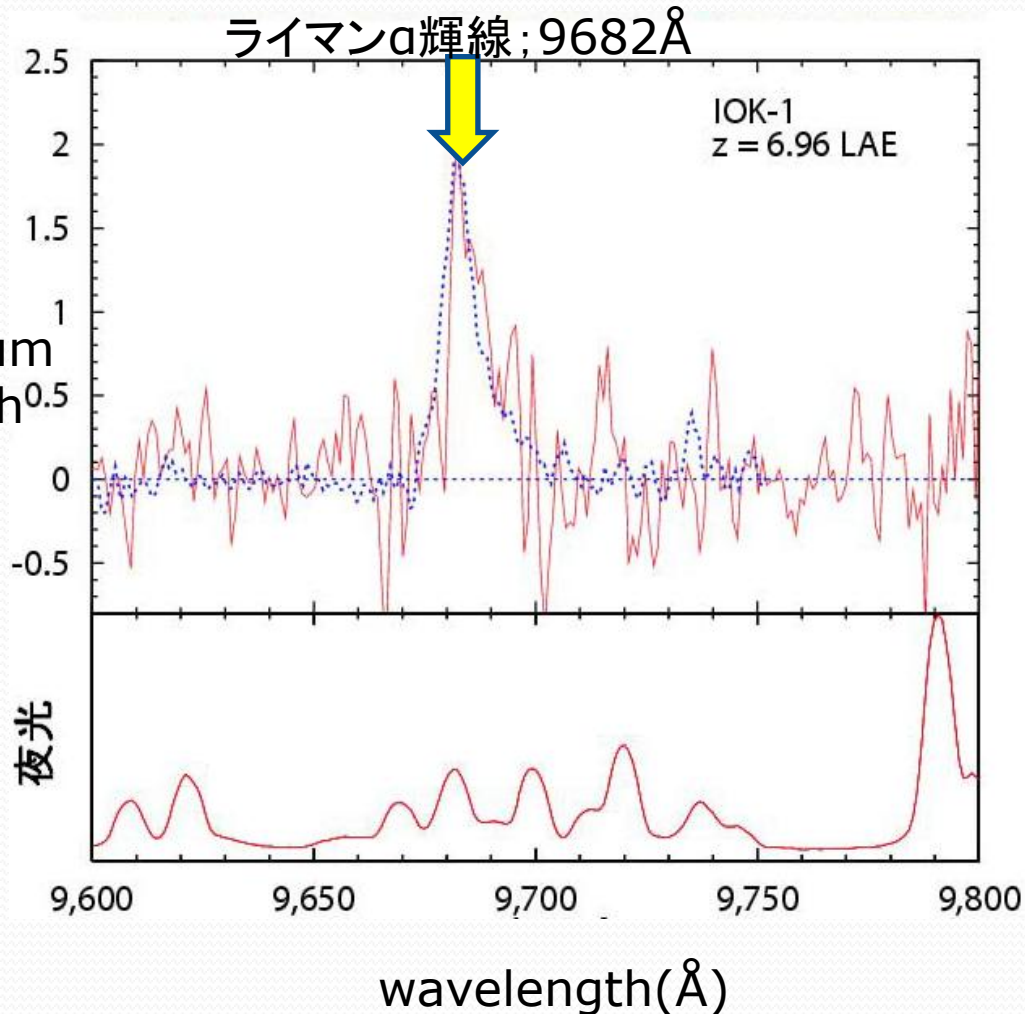
Lyman α line; n = 1, m = 2

∴ライマンα線 = 1215.6Å



A measured value(spectrum) by FOCAS

図①



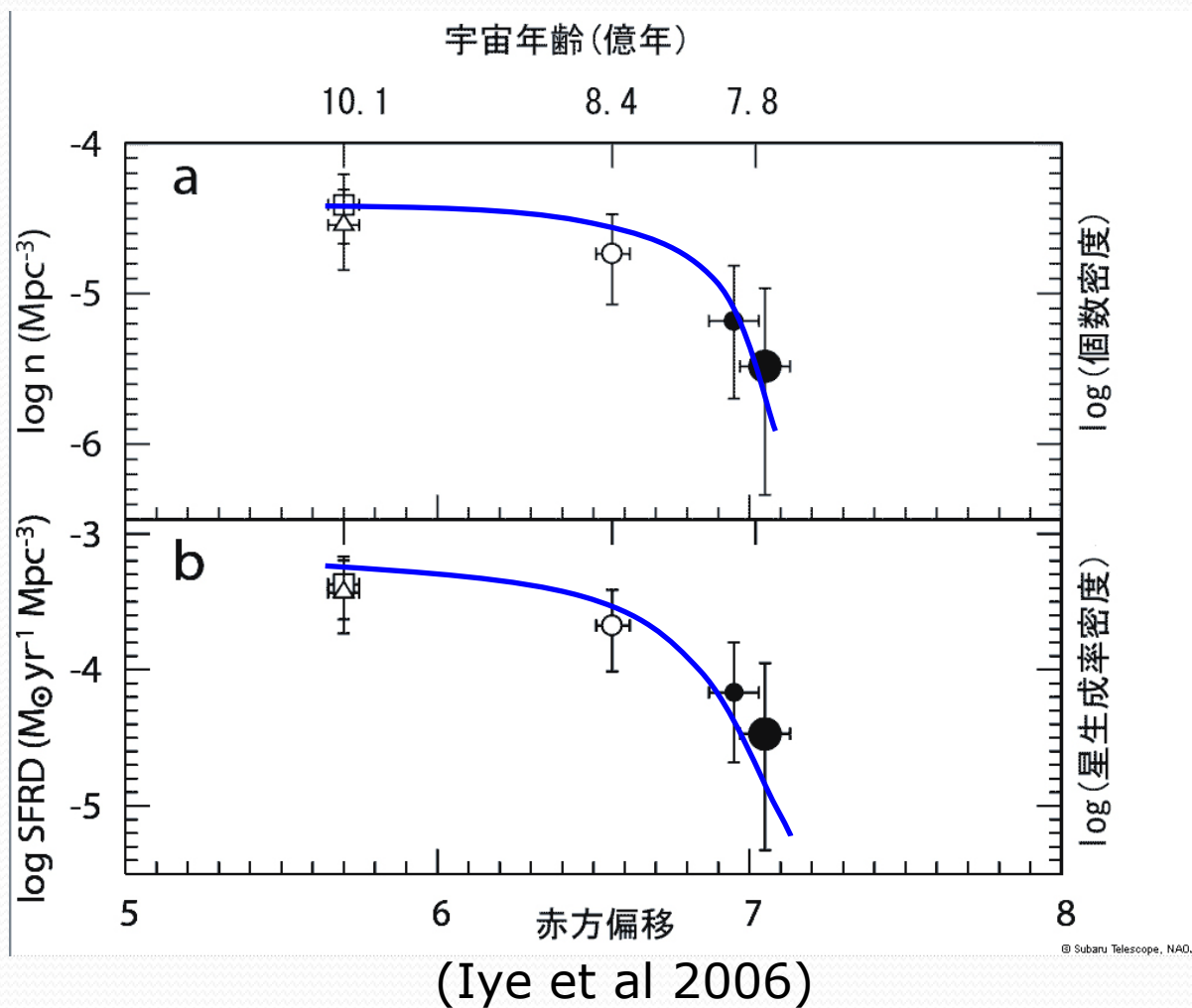
青線; 赤方偏移6.6
赤線; 赤方偏移6.96

$$\lambda = 1215.6(1+z) \text{ \AA}$$

(Iye et al 2006)

ライマン α 輝線銀河の個数密度変化 (上)と星形成率密度の変化(下)

図②



Result

図②より $z=6.6\sim 7.0$ にかけて個数密度が減少

→ 中性の割合が強まり、光が水素に吸収されて見えにくくなった

→ 以上の結果から赤方偏移7.0の宇宙では、宇宙再電離は完了していなかった可能性がある

A view

- さらなる宇宙再電離のメカニズムや時期を解明するには $z > 7$ の宇宙の観測が必要だが、 $z > 7$ のライマン α 線の観測波長は可視光から外れる。

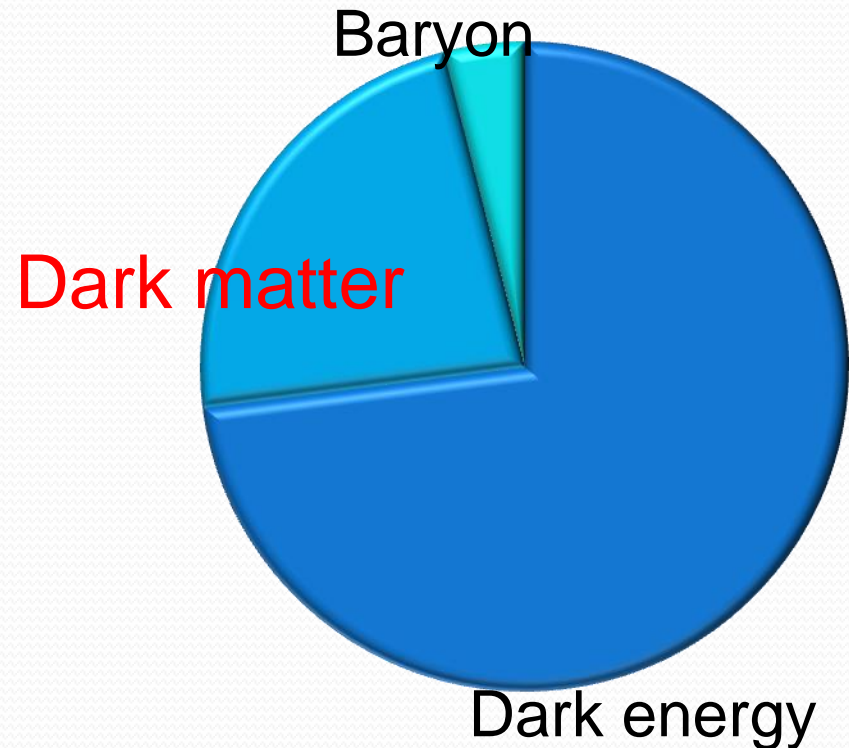
 $z > 7$ の宇宙は可視光より波長の長い赤外線や電波を使った観測が必要。



Dark matter distribution and cosmic large scale structures

Dark matter(DM)

- 光と相互作用しない
- 質量を持つため周りに重力を及ぼす
- 銀河形成に重要な役割を果たしている



■■■ How can we probe DM?

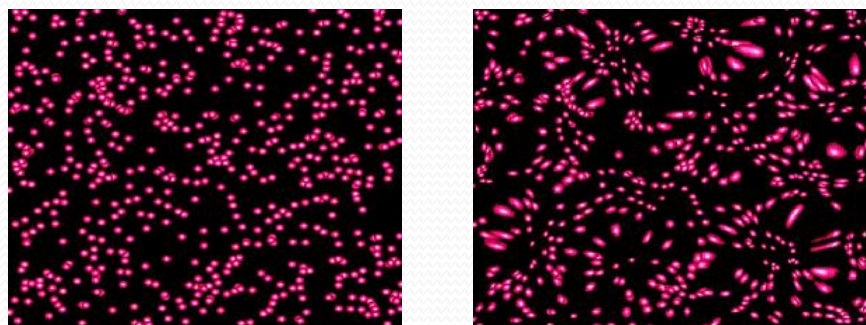
data : XMASS WEB page

Gravitational lens effect(1)



strong gravitational lens effect

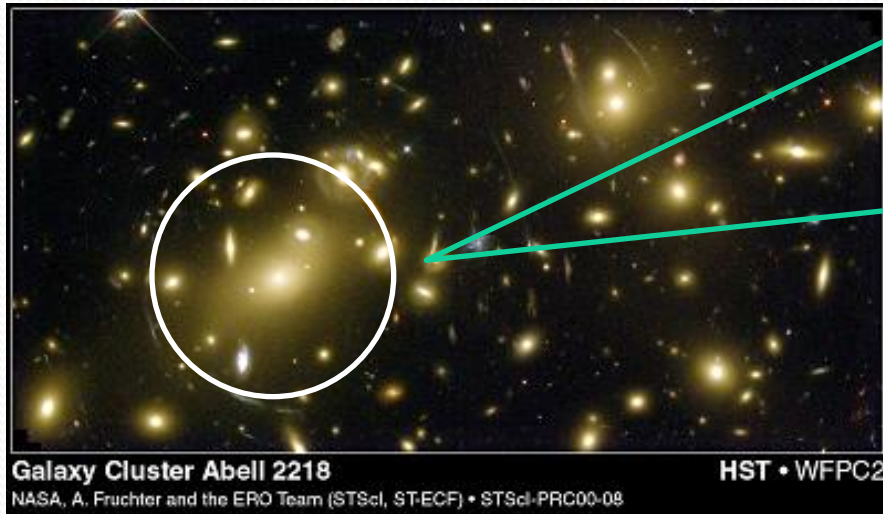
銀河団のようにダークマターが多く存在しているところによる強い重力で、背景銀河の像が複数に見えたり弓状に見える現象



weak gravitational lens effect

個々の像では重力レンズ効果を起こしているとは判断できず、統計的に見て重力レンズ効果を確認できるというもの

Gravitational lens effect(2)



$$M(< \theta_E) = \pi \theta_E^2 \Sigma_{crit}$$

θ_E アインシュタイン半径

$M(< \theta_E)$ 円筒領域内の全質量

Σ_{crit} 臨界面密度
(銀河団と背景銀河までの距離のみで決まる)

The DM distribution is probed by using these effect.

Cosmic large scale structure



Cosmic large scale structure can't be reproduced without the dark matter.

COSMOS project

代表研究者: ニック・スコヴィル教授(カリフォルニア工科大学)

Theme : 銀河やダークマターの進化と宇宙の大規模構造との関連性の調査

Hubble Space telescope

0.05秒角の分解能で約50万個の銀河の形態を詳細に調べ、
重力レンズ効果を用いて視野内のダークマター分布を調査

→ 2D DM distribution

Subaru telescope

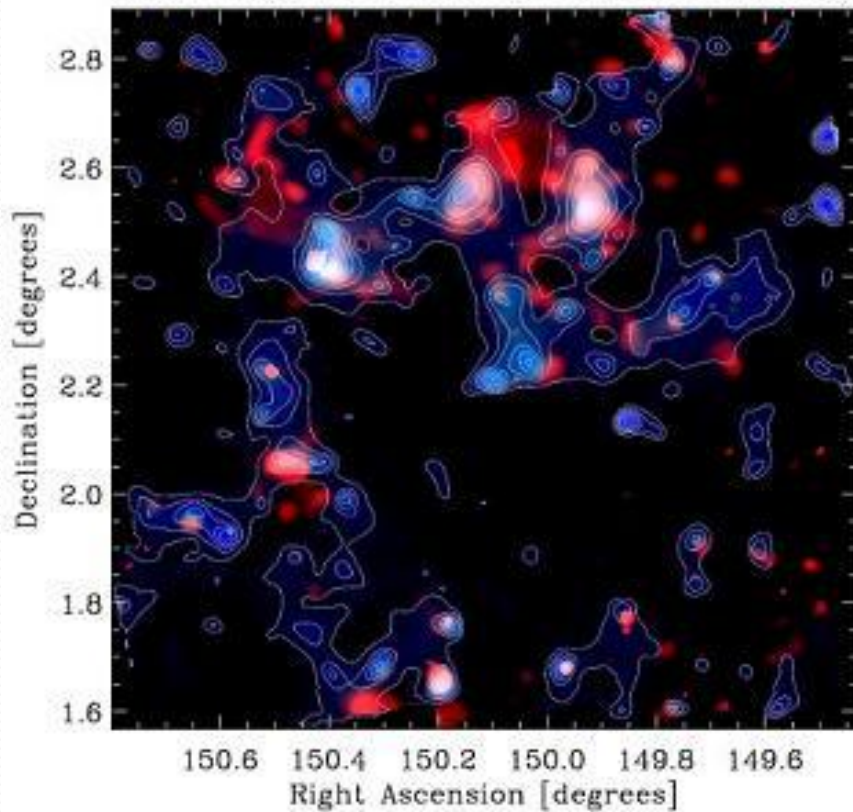
可視光帯全域に及ぶ撮像観測。その結果観測で用いられた
約50万個の銀河までの距離を推定。

→ Distance to the gravitational lens

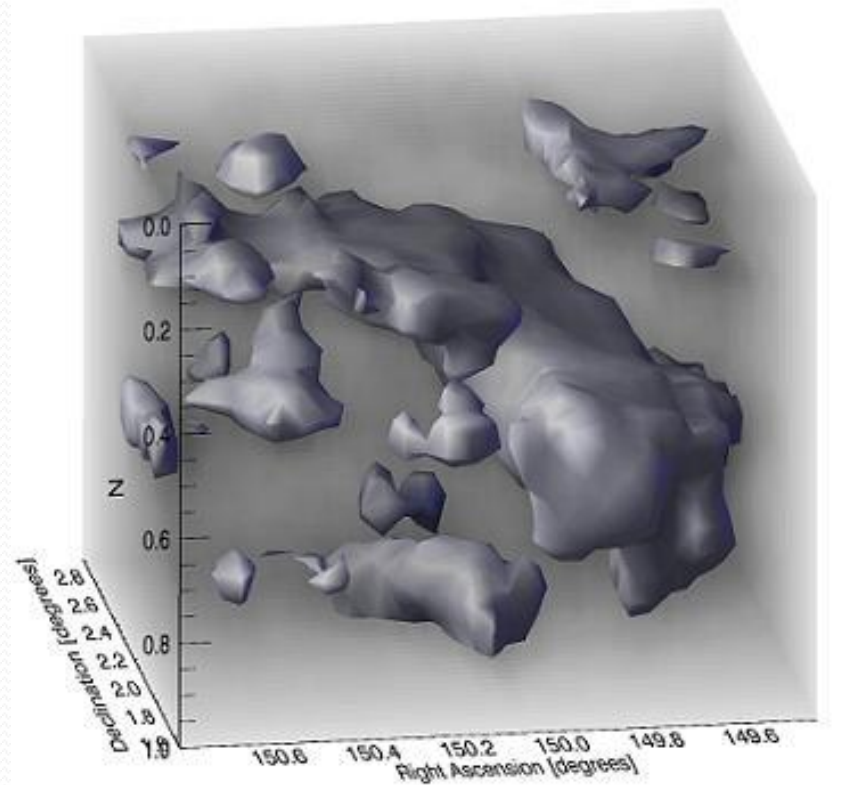
→ DM 3D distribution

DM distribution

Dark matter (blue) and baryons (red) in
Hubble Space Telescope COSMOS survey



2D DM distribution



3D DM distribution

Conclusion

ダークマター分布と目に見える銀河の分布に相関があるとわかった。

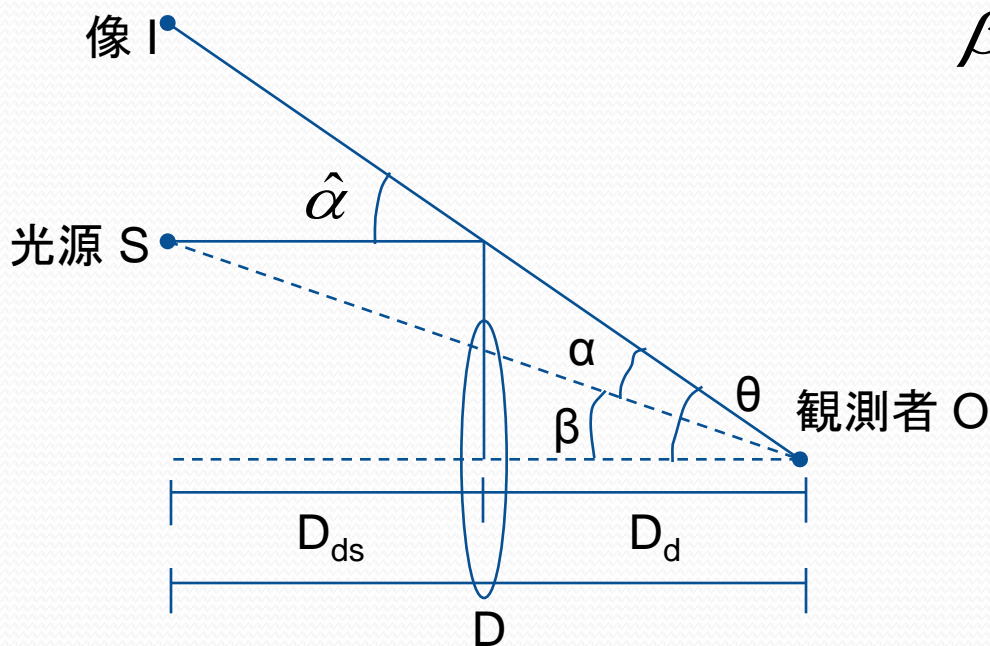
➡ ダークマターの密度が大きいところに銀河が集中していると考えることができる。

銀河団中のダークマターの分布を観測することで、現在正しいと考えられている宇宙の構造形成進化モデルでのダークマターの性質を検証することができる。

➡ ダークマター分布を調べることはダークマターの性質を知るための有効な手段だといえる。

fin...

重力レンズ方程式



$$\beta = \theta - \alpha \cdots \text{重力レンズ方程式}$$

$$\hat{\alpha} = \frac{2}{c^2} \int dz \nabla_{\perp} \Phi$$

$$= \frac{4G}{c^2} \int d^2 x' \frac{\vec{x} - \vec{x}'}{|\vec{x} - \vec{x}'|} \Sigma(\vec{x}')$$

$$= \frac{4GM(l)}{c^2 l}$$

球対称の質量分布
の場合

$\hat{\alpha}$ を α に規格化すると α も2次元レンズポテンシャルの勾配として書くことができる
 → α を θ の関数で書け、臨界面密度を

$$\Sigma_{cr} = \frac{c^2 D_s}{4\pi G D_d D_{ds}} \text{ と定義して } \beta=0 \text{ とすると } M(\theta) = \pi \theta^2 \Sigma_{cr} \text{ が導かれる。}$$