

# 觀測的宇宙論2

## 銀河形成



# 多様な銀河の誕生

渦巻き銀河



楕円銀河



不規則銀河



# 銀河の中での現象

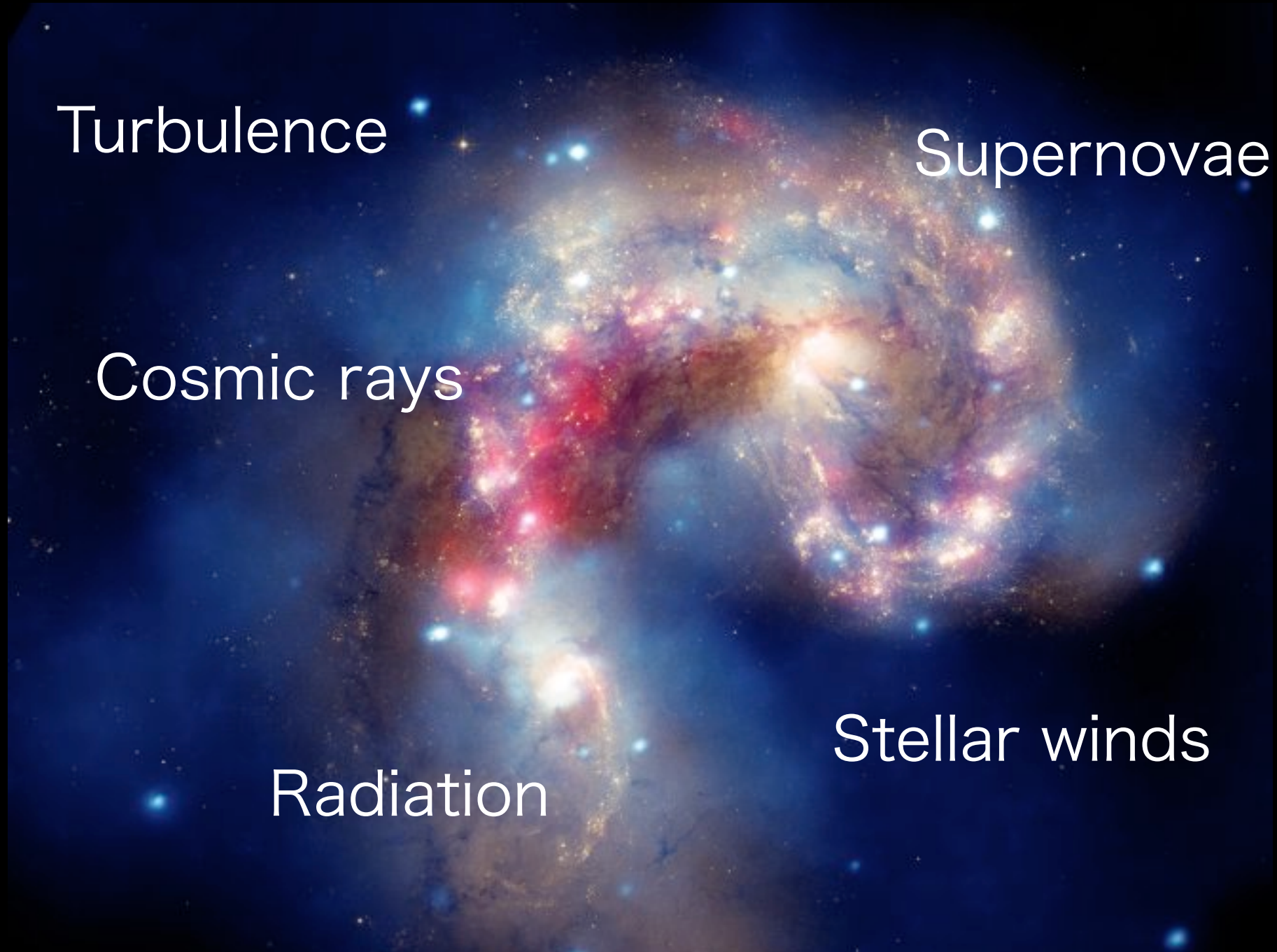
Turbulence

Supernovae

Cosmic rays

Stellar winds

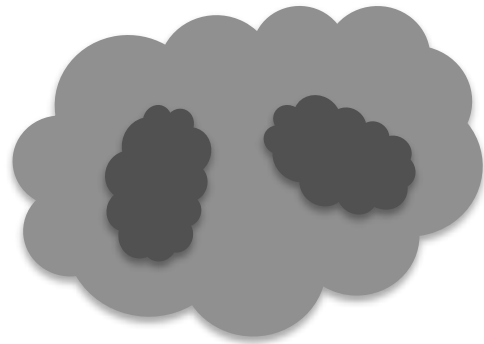
Radiation



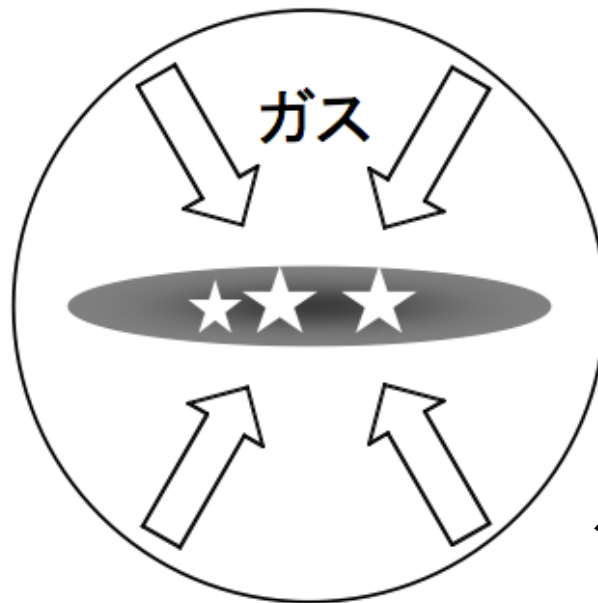


# それがどうやって起こるのか

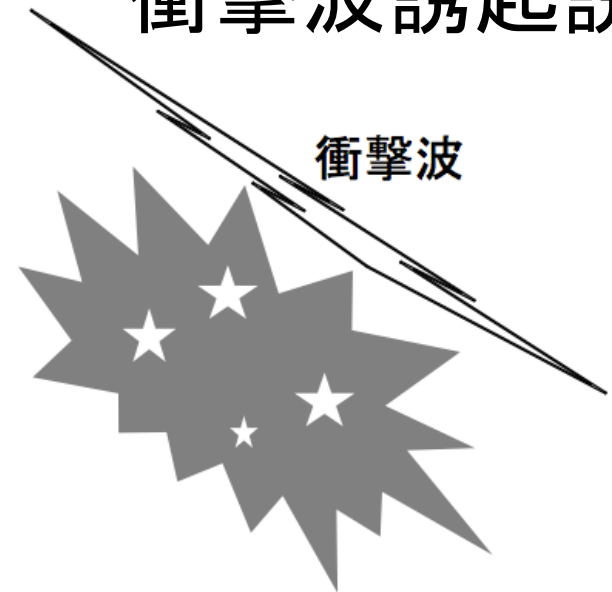
~1980まで



巨大なガス雲の  
重力不安定性説



衝撃波誘起説



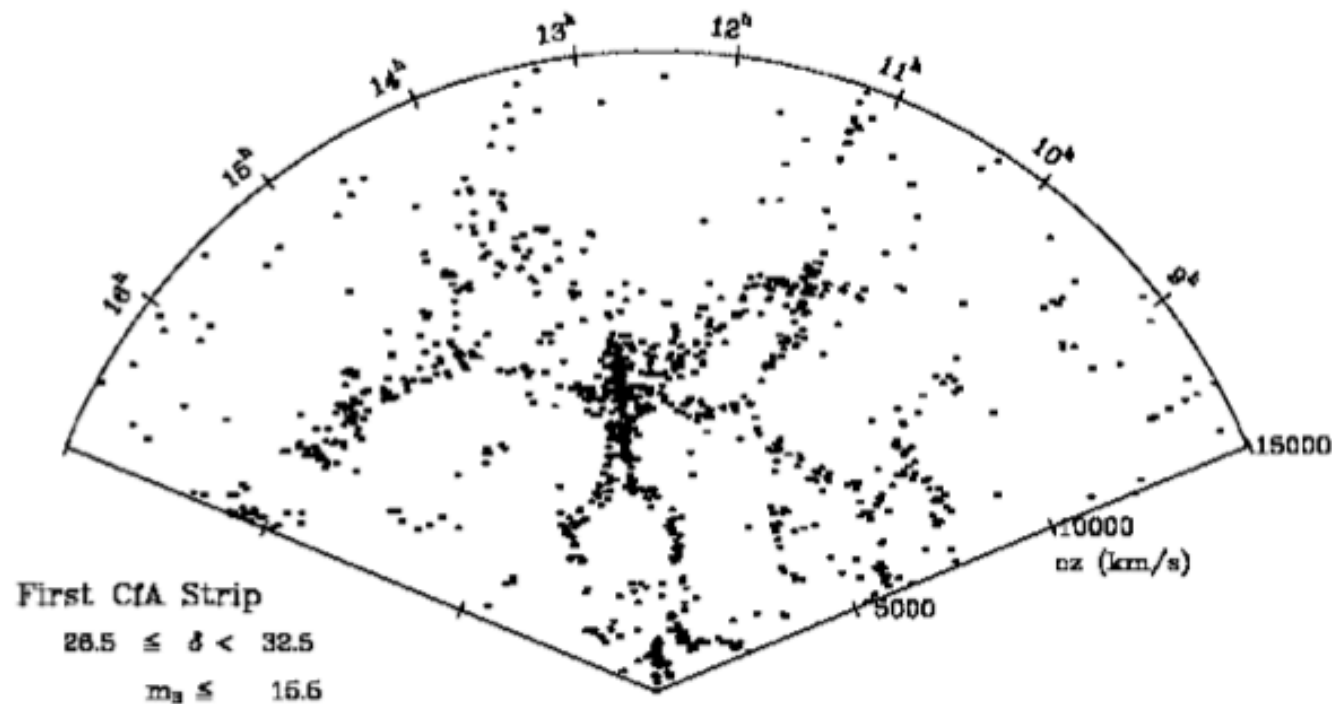
ダークハロー器説



# 決着は大規模構造で

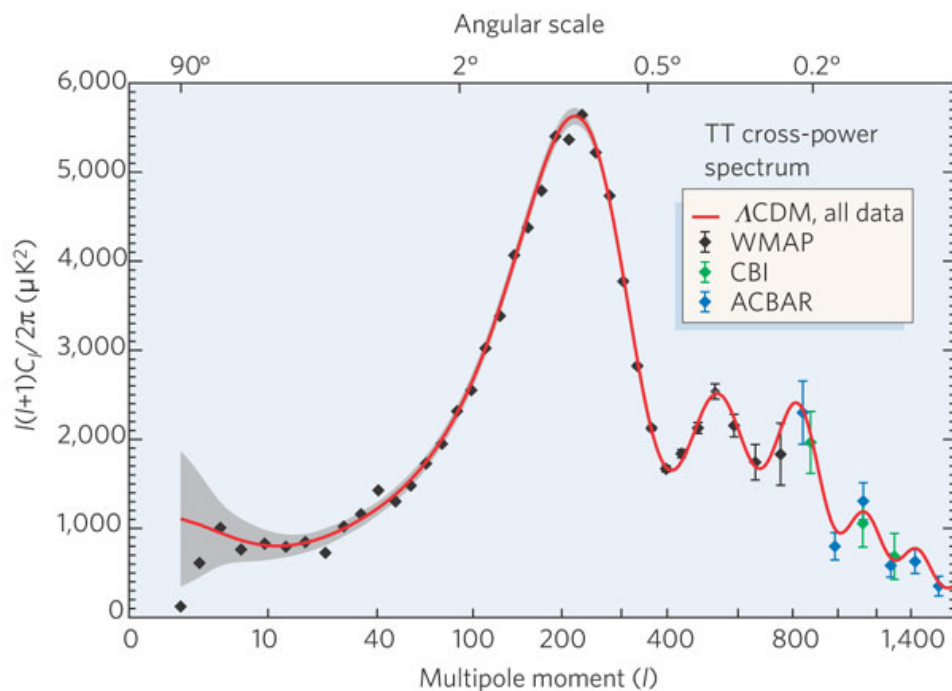
←形成現場を見たわけではない

CfA galaxy redshift survey in early 80's



# 構造は重力不安定性でできた

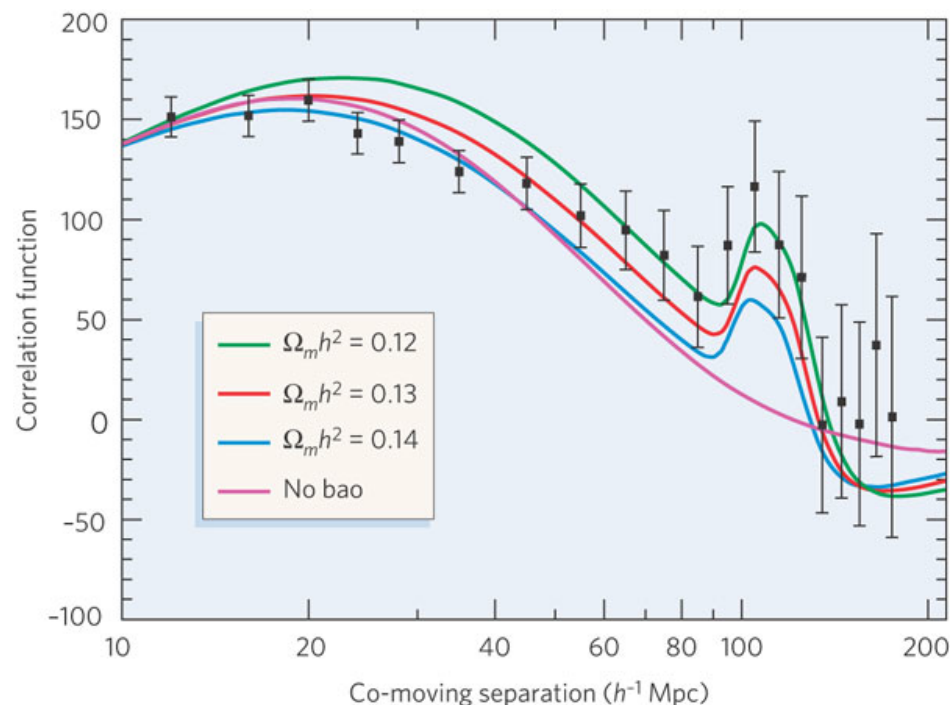
## CMBの揺らぎ



138億年前

宇宙初期の揺らぎ

## 銀河の相関関数



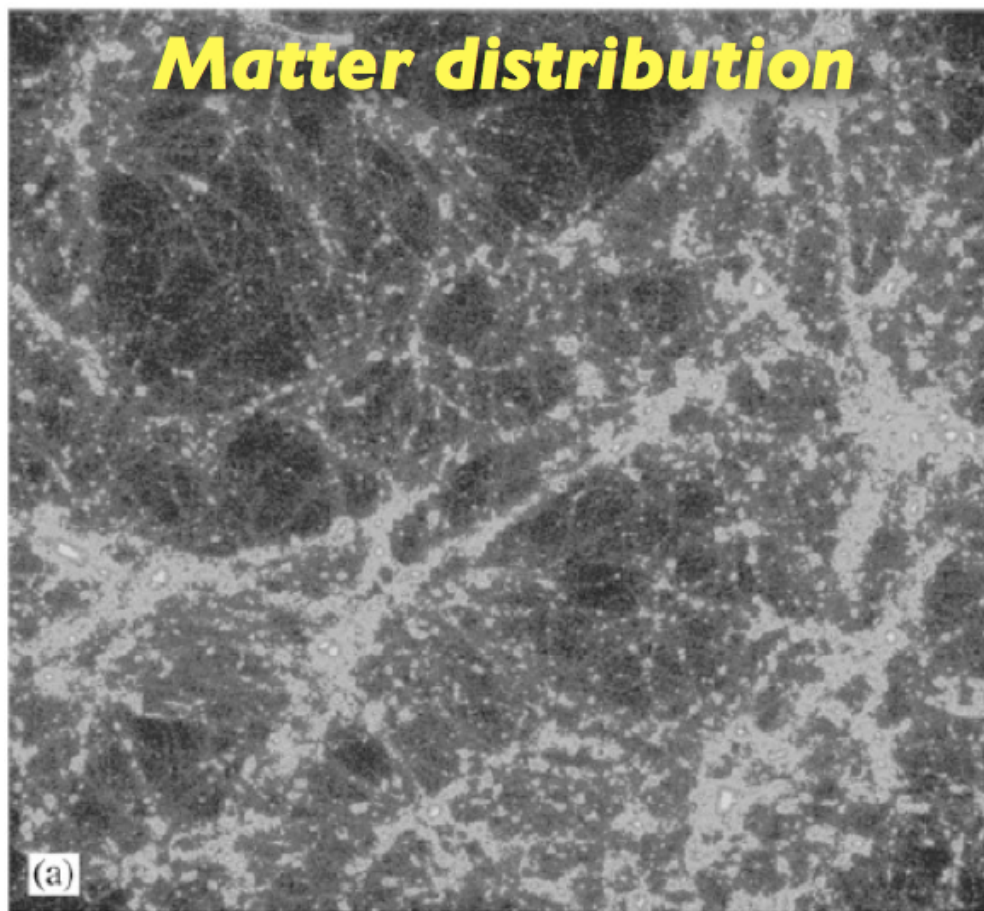
現在



# 内容

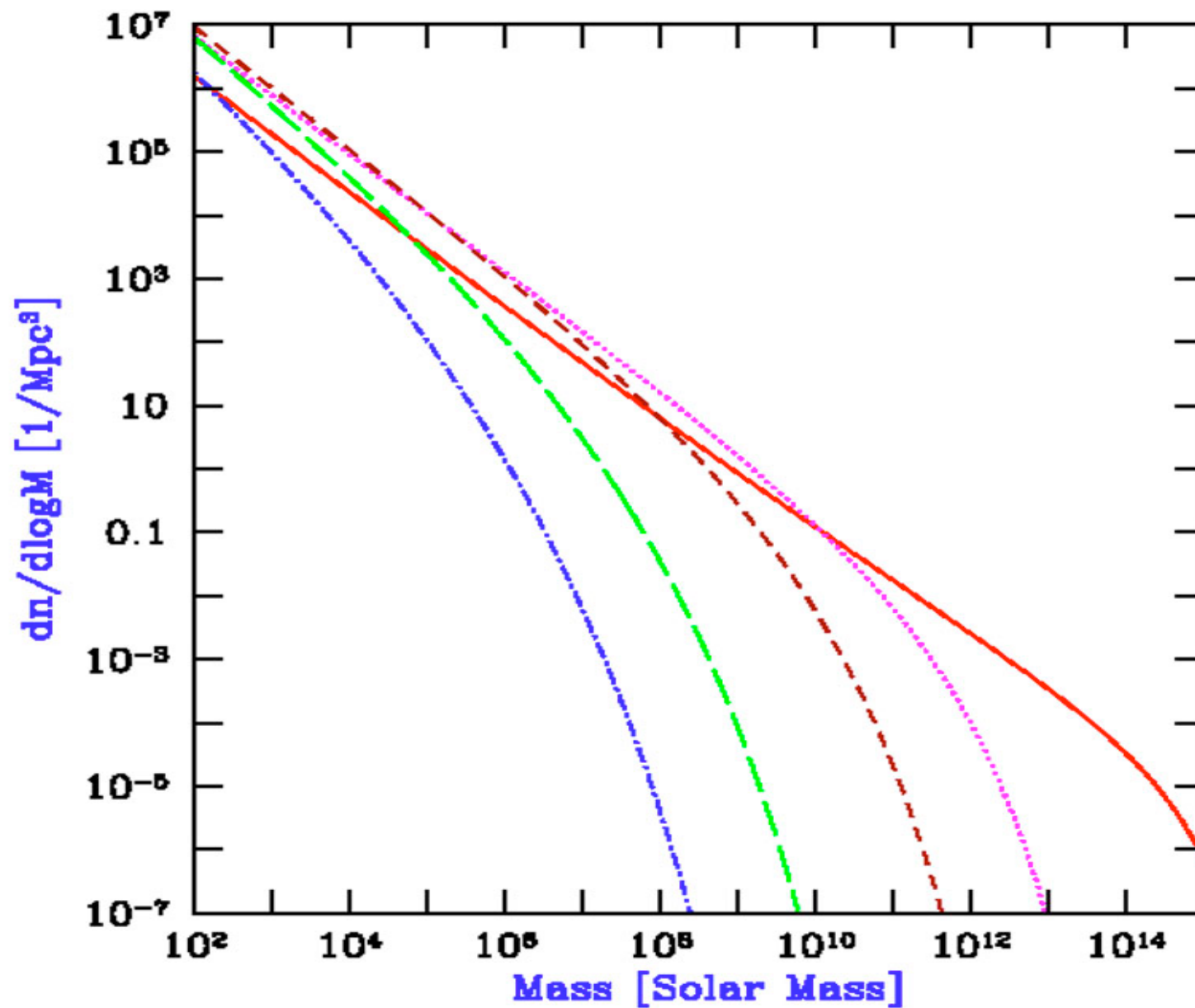
- ◆ 銀河内での星形成:観測
  - シュミット則
  - ケニカット則
- ◆ ダークハローの中での凝縮
- ◆ 星によるフィードバック効果
- ◆ ブラックホールの成長とフィードバック

# ダークマターの器(ハロー)

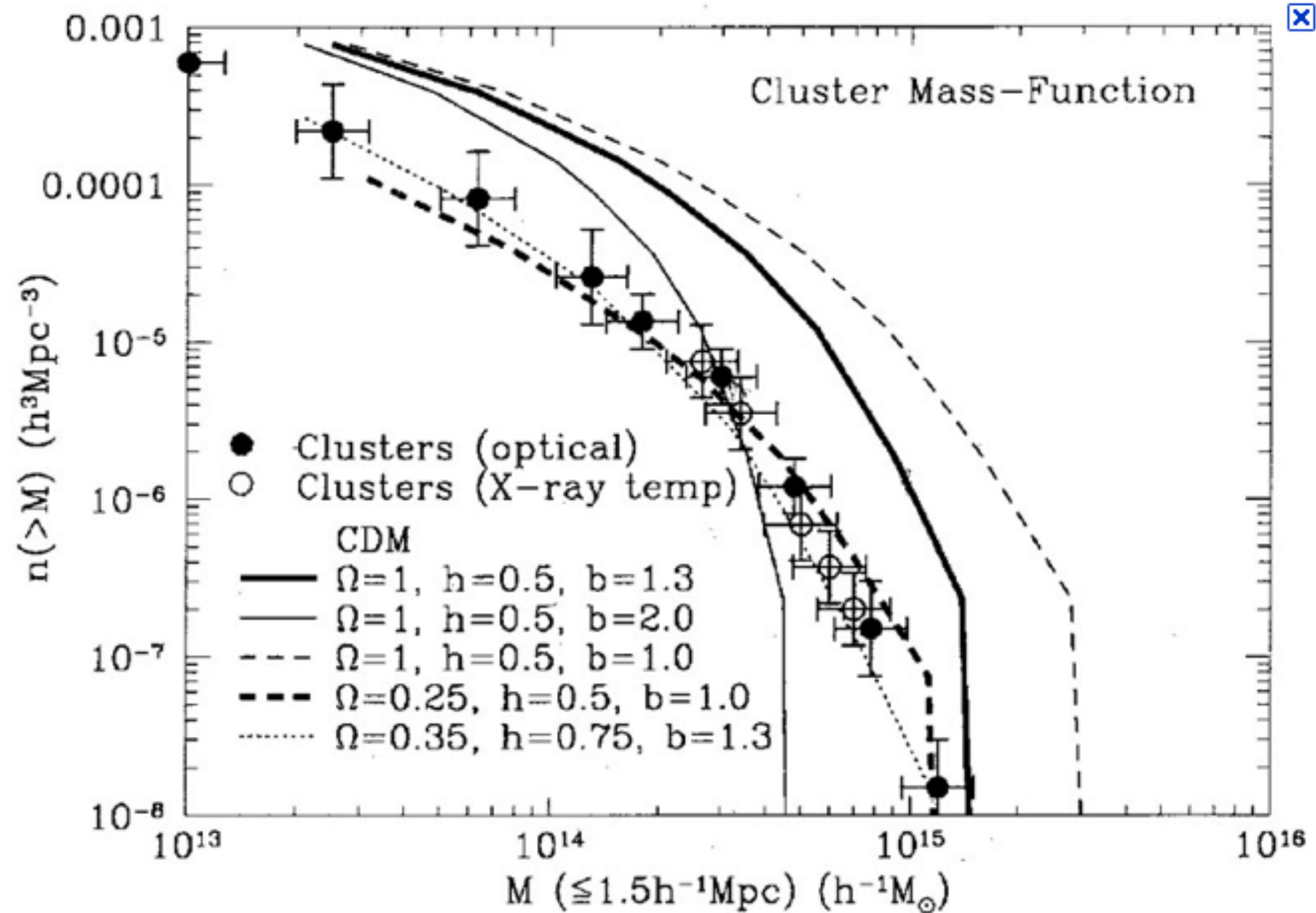




# 質量分布







# 星が生まれるまで



はじめに、冷たくて濃い分子ガス雲が必要

ガスの自己重力で収縮するだけでは冷たいガス雲はできない。(ガスは圧縮されると熱くなる)

ガスを冷やすメカニズムが必要

ガス雲は輻射冷却により冷え、圧力を下げ、凝縮することができる。

輻射冷却を起こすには冷媒が必要

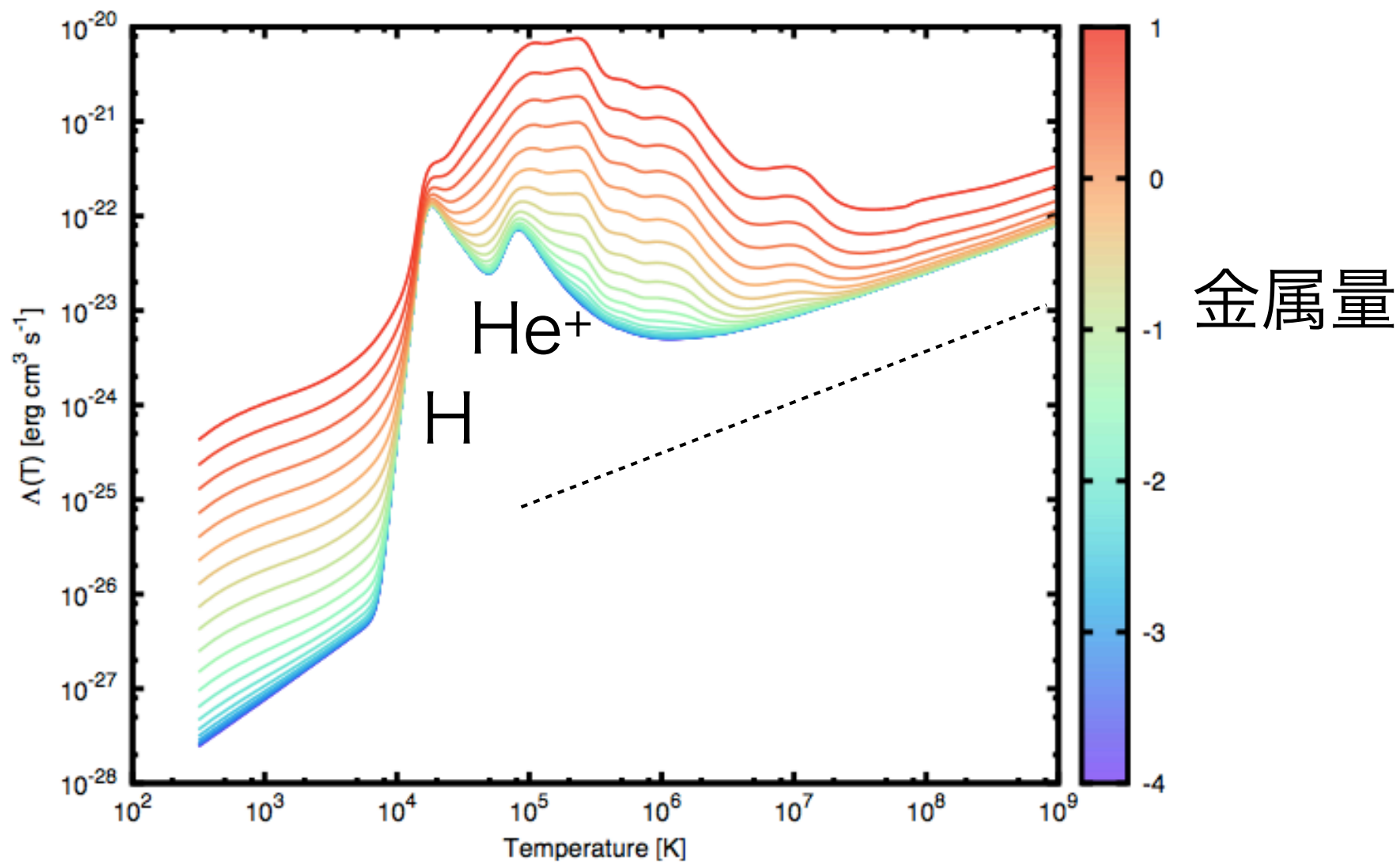
# Formation of a hot gaseous halos

## 板書

- Shock jump condition
- Rankine-Hugoniot relation
- Virialization and shock heating
- Virial mass - virial temperature

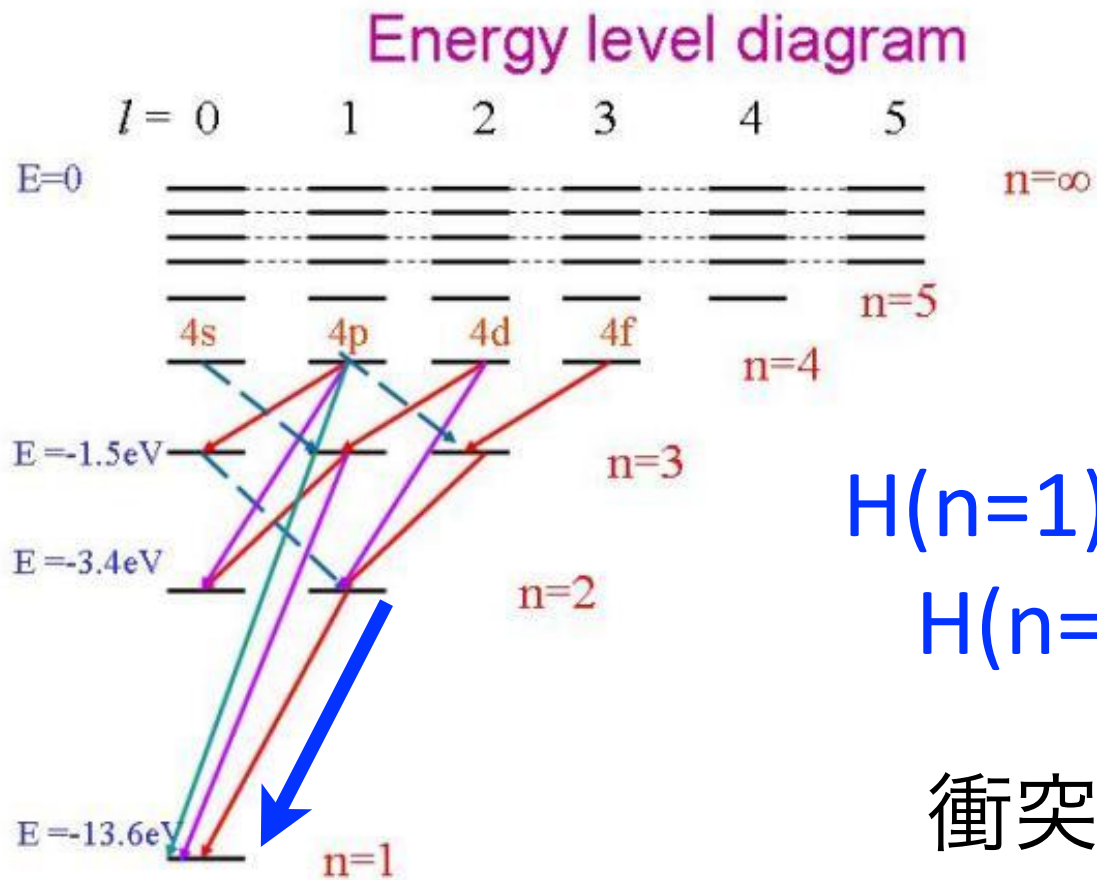


# 放射冷却



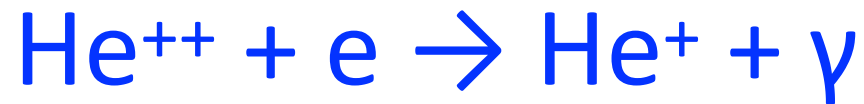
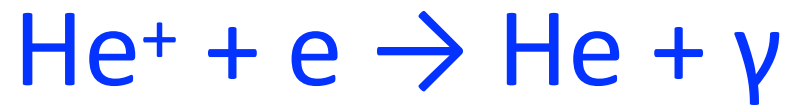
# 衝突励起

水素のLyman- $\alpha$ が最も重要



衝突励起 + 自然放射

# 再結合



他の原子でも似たような反応

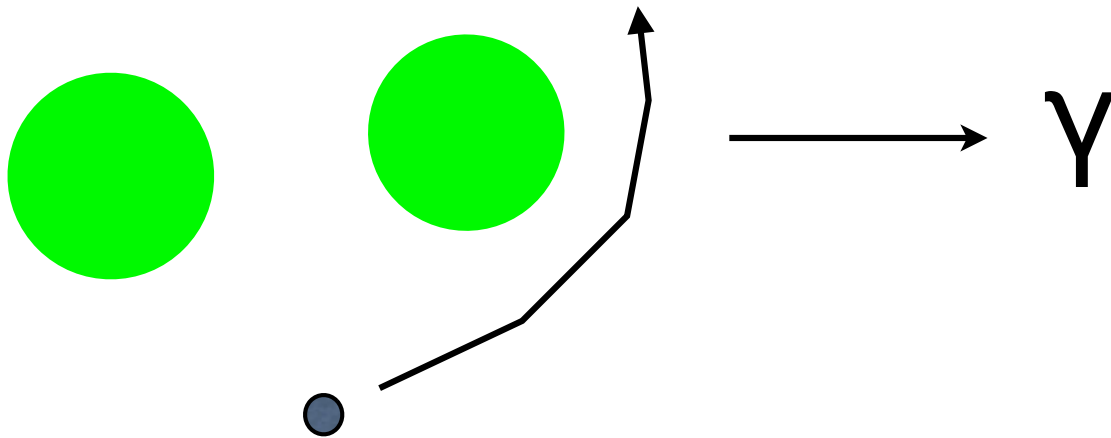
水素の場合は基底状態になるときに  
13.6eV の光子を放出する

Note! recombination preferentially removes low-energy electrons



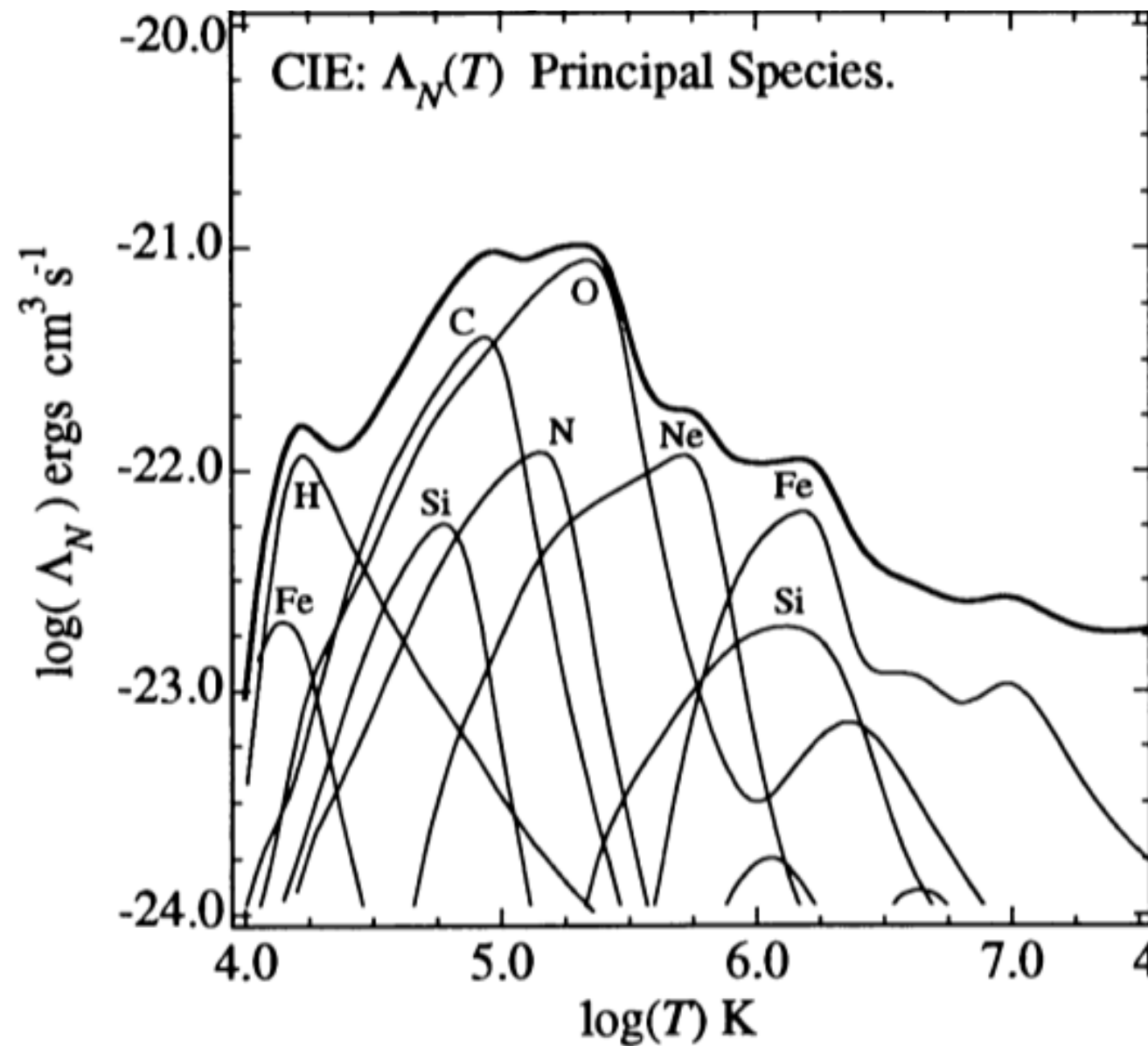
# 制動放射

Ion ( $\text{H}^+$ ,  $\text{He}^+$ ,  $\text{He}^{++}$ ) +  $e \rightarrow$  ion +  $e$

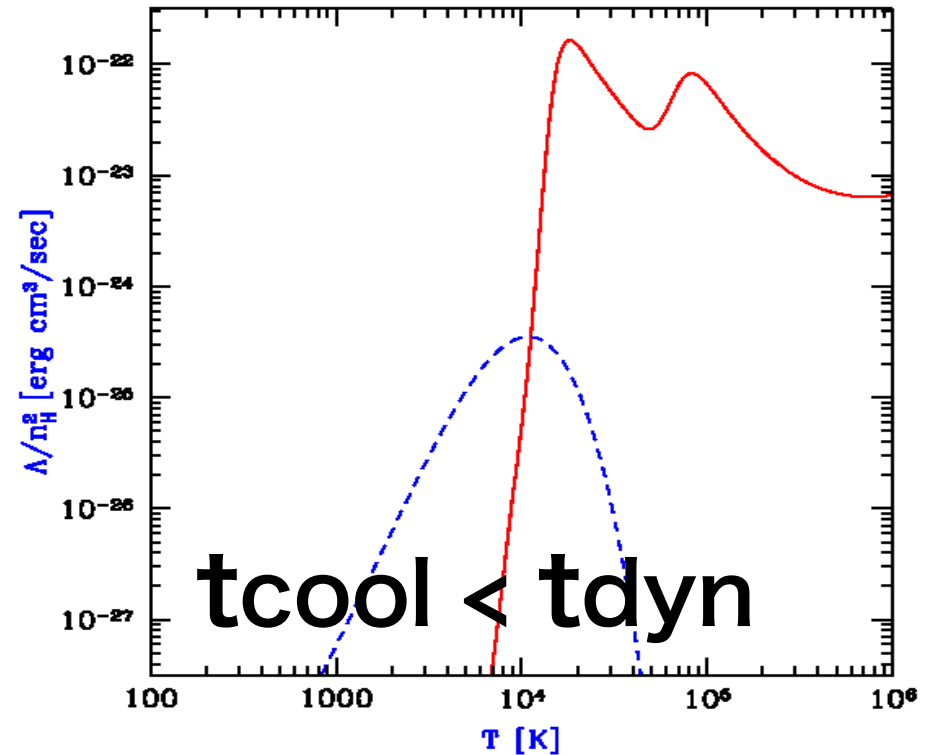


$$\epsilon_{\text{brems}}(\nu) = \frac{32\pi}{3} \frac{Z^2 e^6}{m_e^2 c^4} \left( \frac{2\pi m_e c^2}{3k_B T} \right)^{1/2} G(\nu, T) n_e n_i \exp \left[ -\frac{h\nu}{k_B T} \right]$$

# 金属原子/イオンの寄与



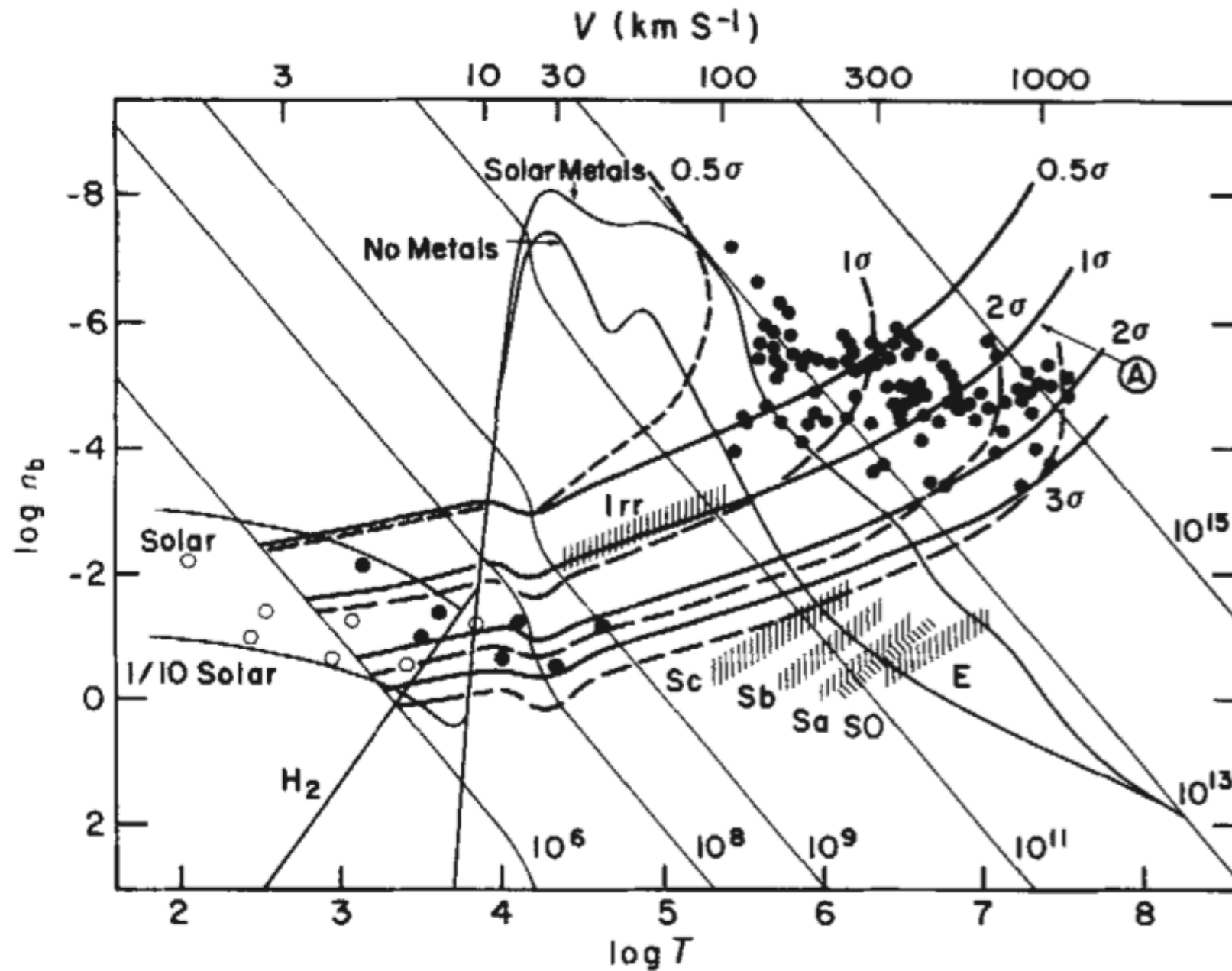
# Bottom-up scenario



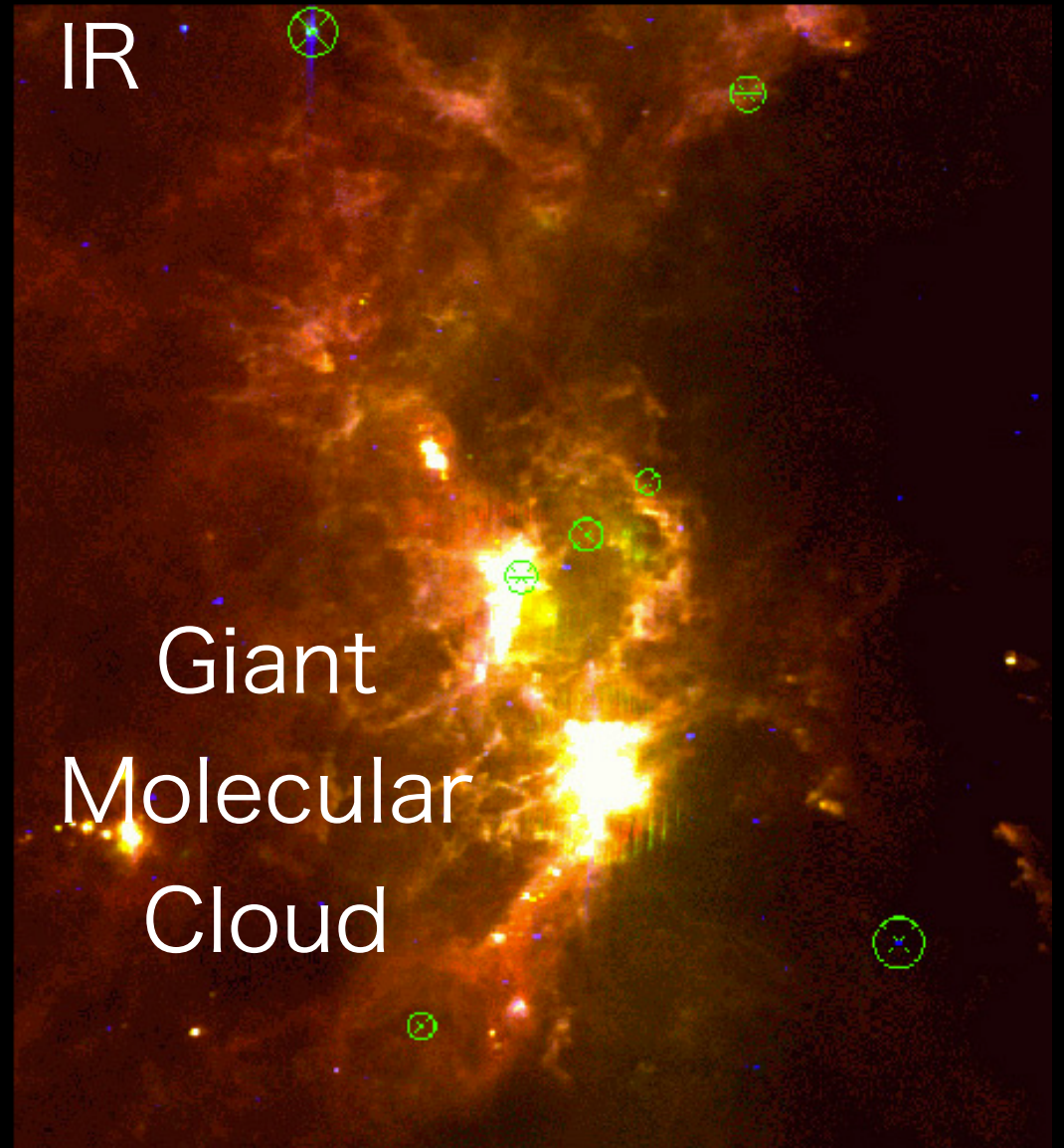
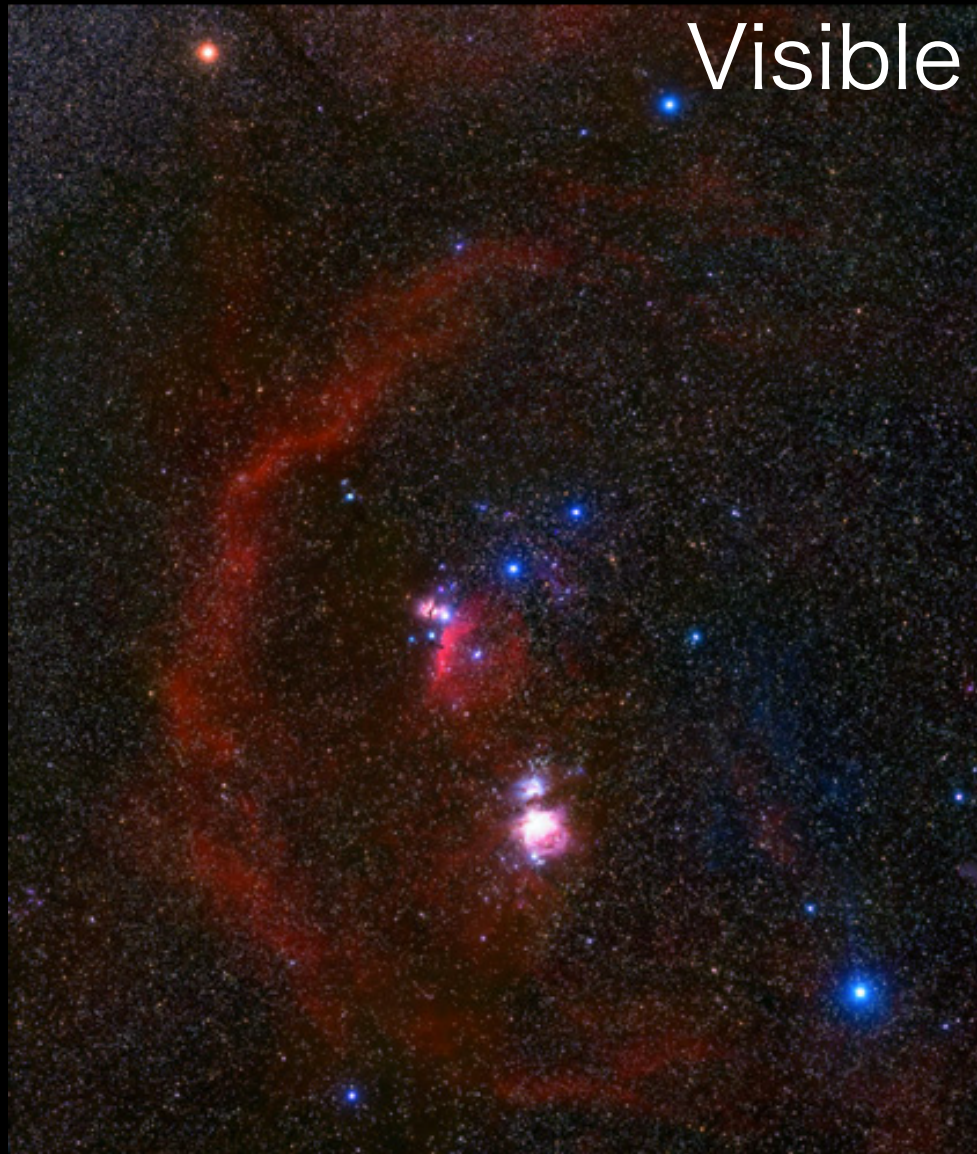
Hierarchical mergers  
and  
gas cooling,  
condensation



# 冷却ダイアグラム

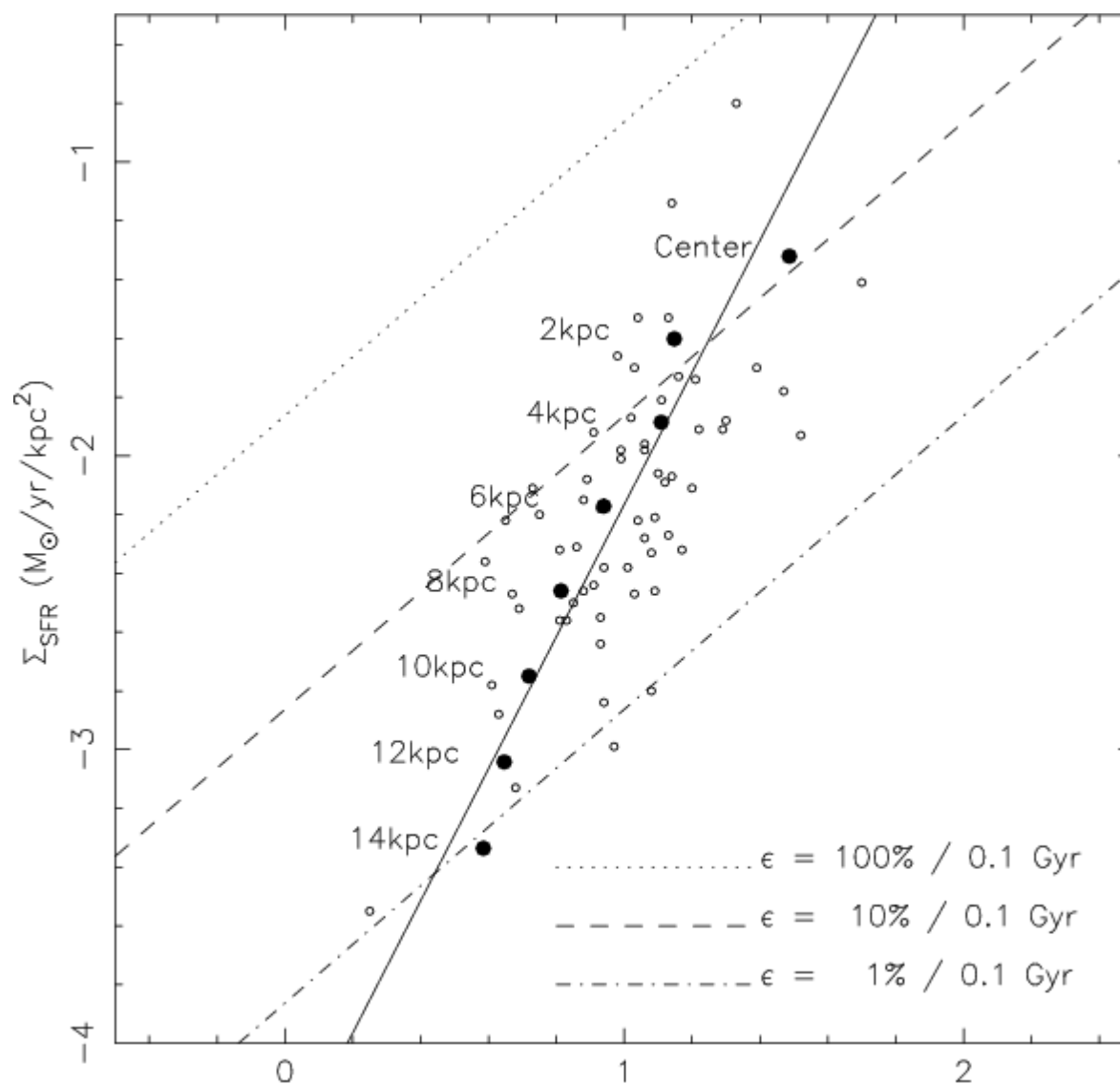


# オリオン星雲



# シュミット則

星生成率



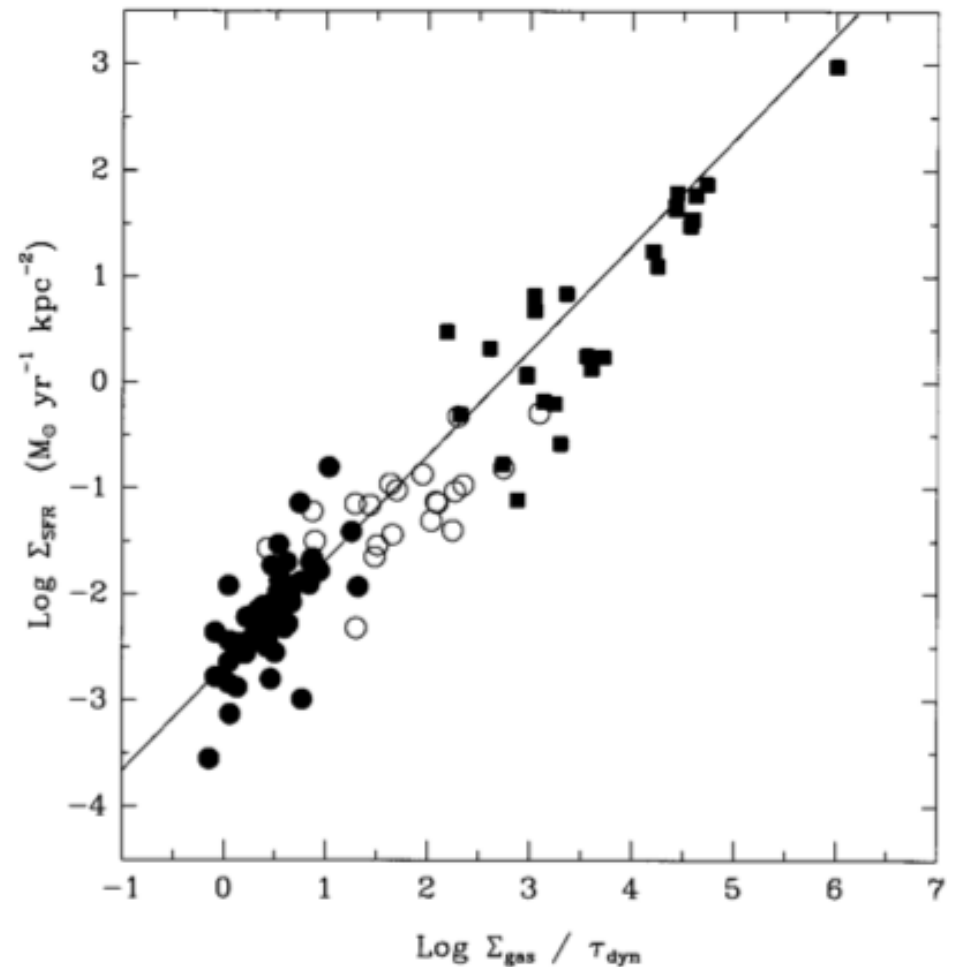
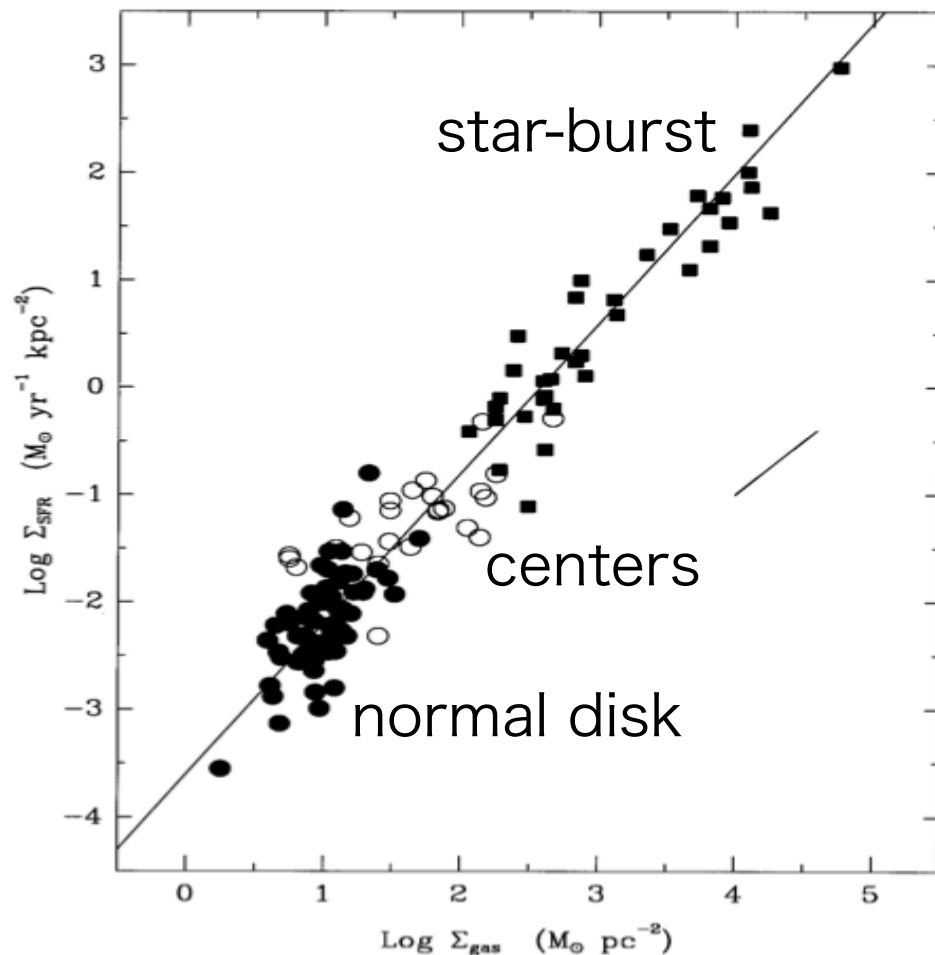
ガスの面密度

$\Sigma_{\text{gas}} (M_{\odot}/\text{pc}^2)$

Misiriotis et al. 2006

# ケニカット-シュミット則

$$\Sigma_{\text{SFR}} \text{ (M}_{\text{sun}}/\text{yr}/\text{pc}^2) = \text{Coeff.} \times \Sigma_{\text{gas}}^{1.4} \text{ (M}_{\text{sun}}/\text{pc}^2)$$

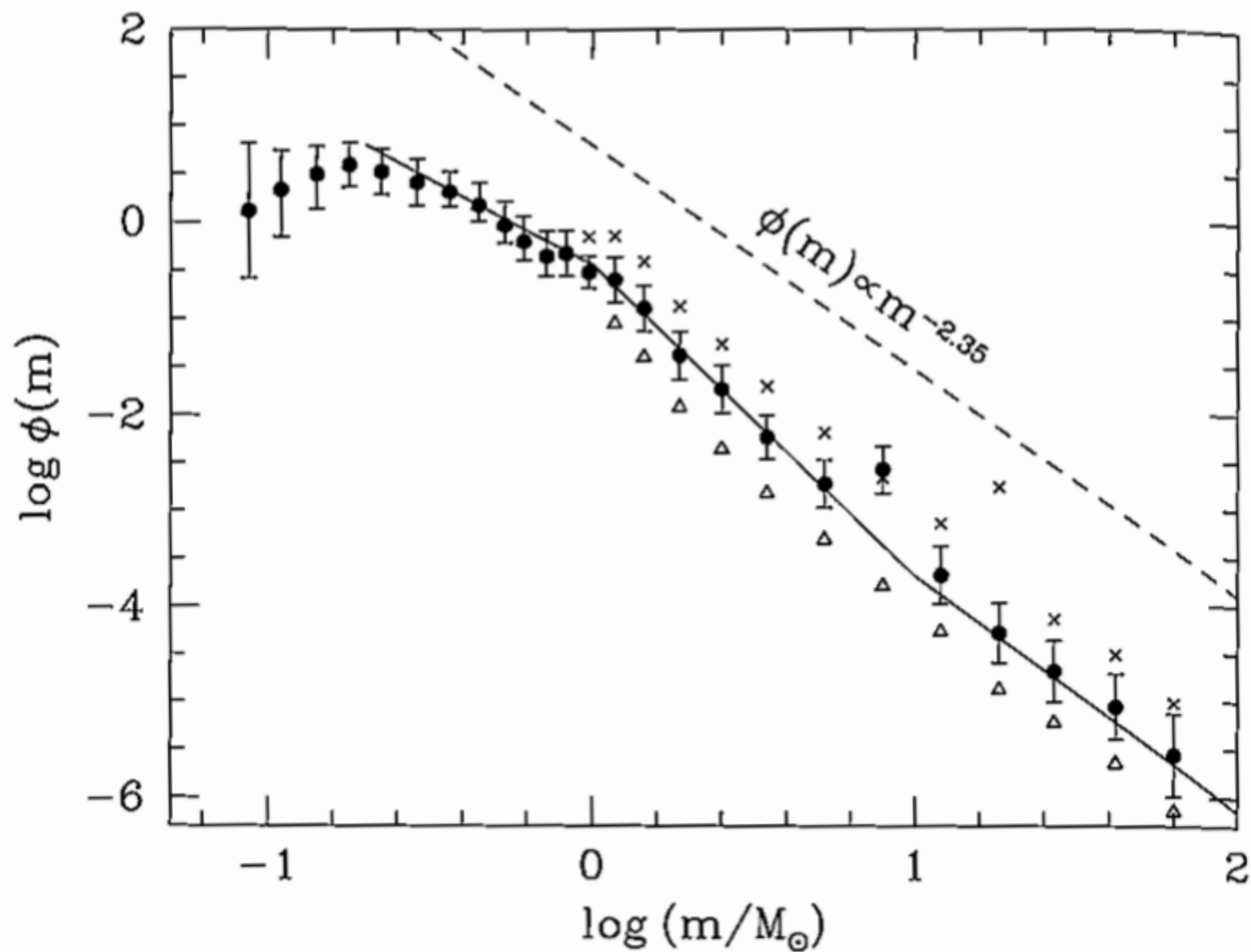




# 星の初期質量関数

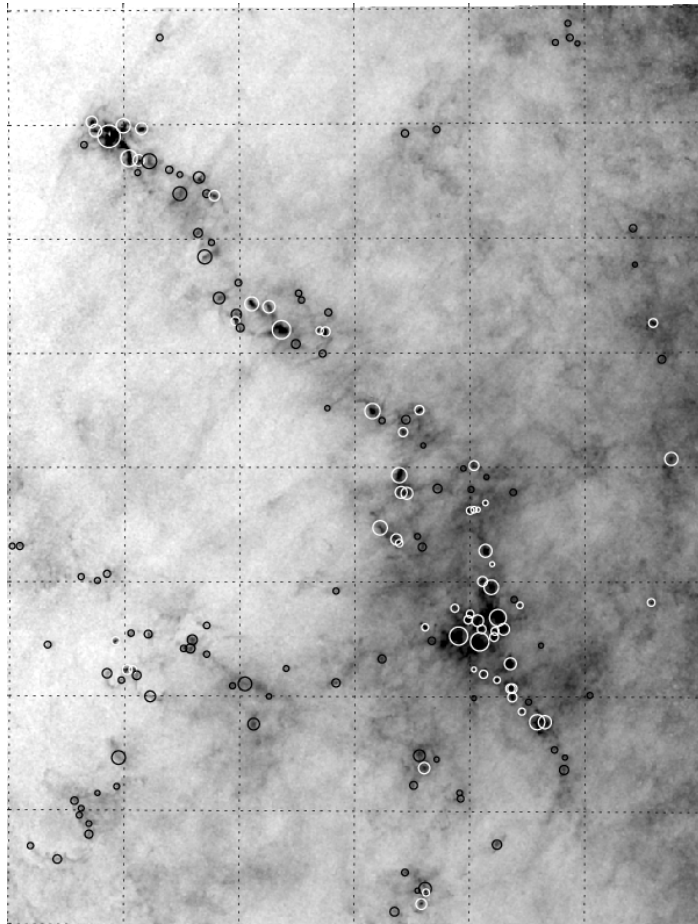


# 星の初期質量分布

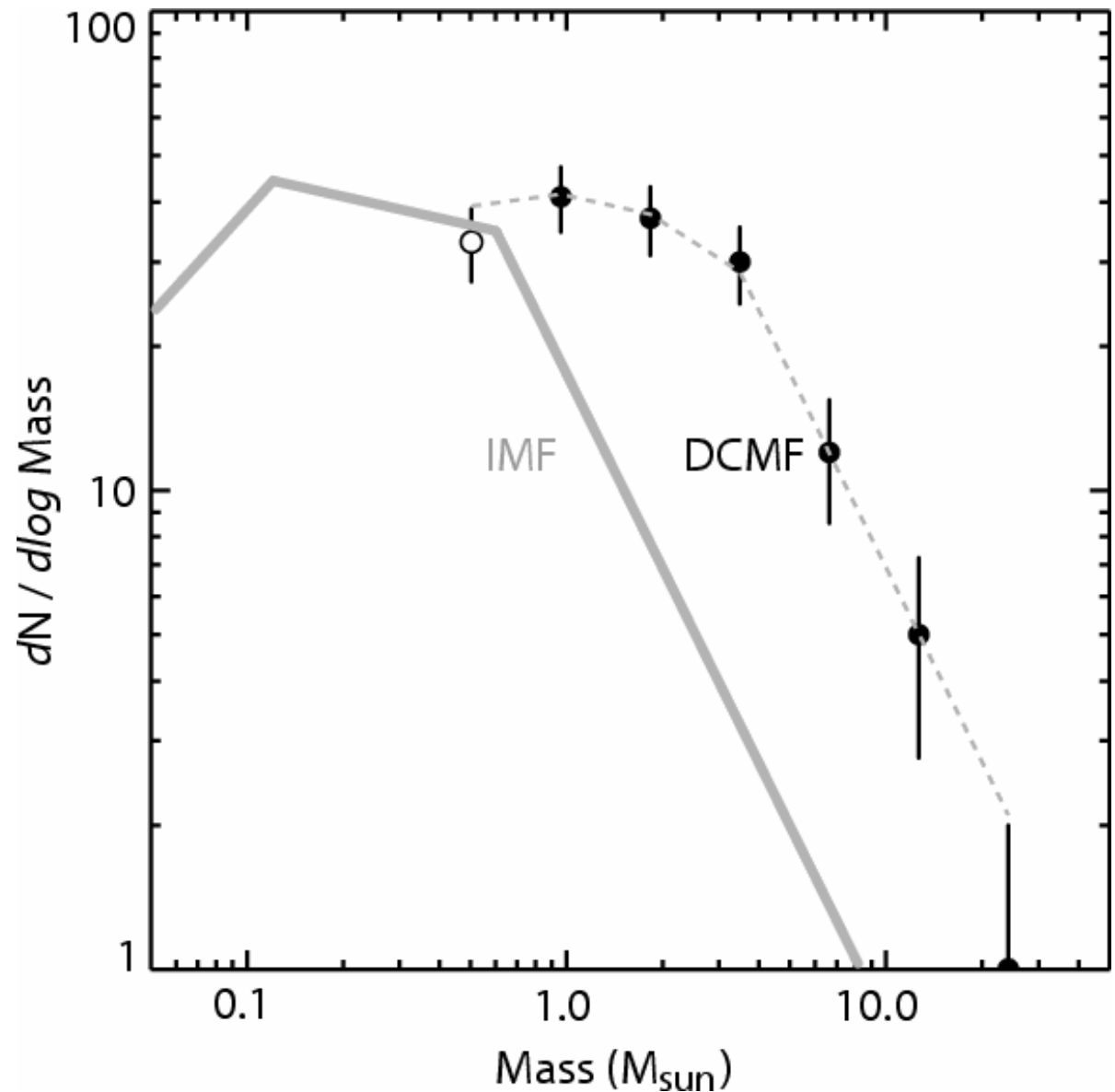


# ガス雲コアの質量

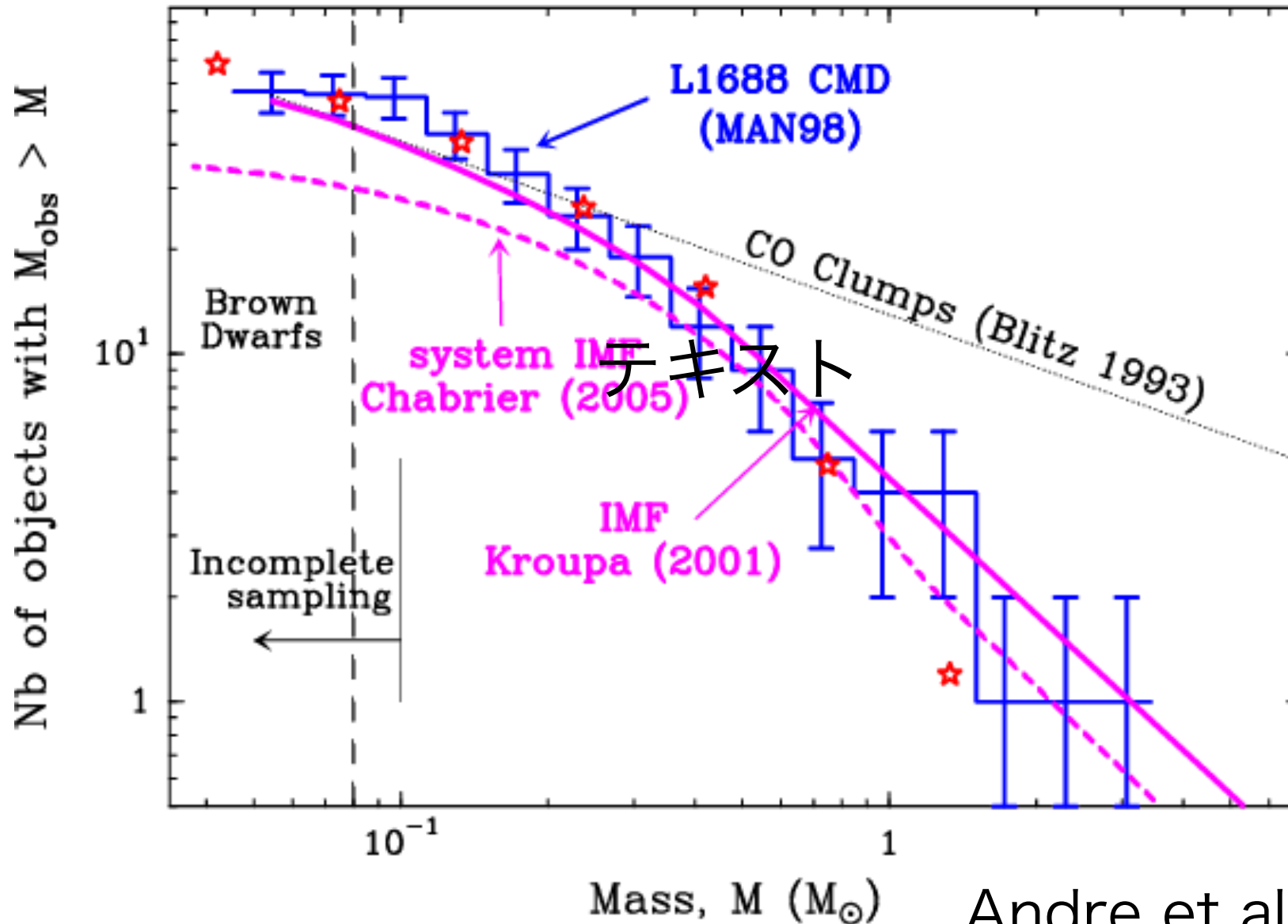
Pipe nebula



Alves, Lombardi, Lada 2007



# ガス雲コアの質量



Andre et al. 2007



# 星からのフィードバック



Carina nebula



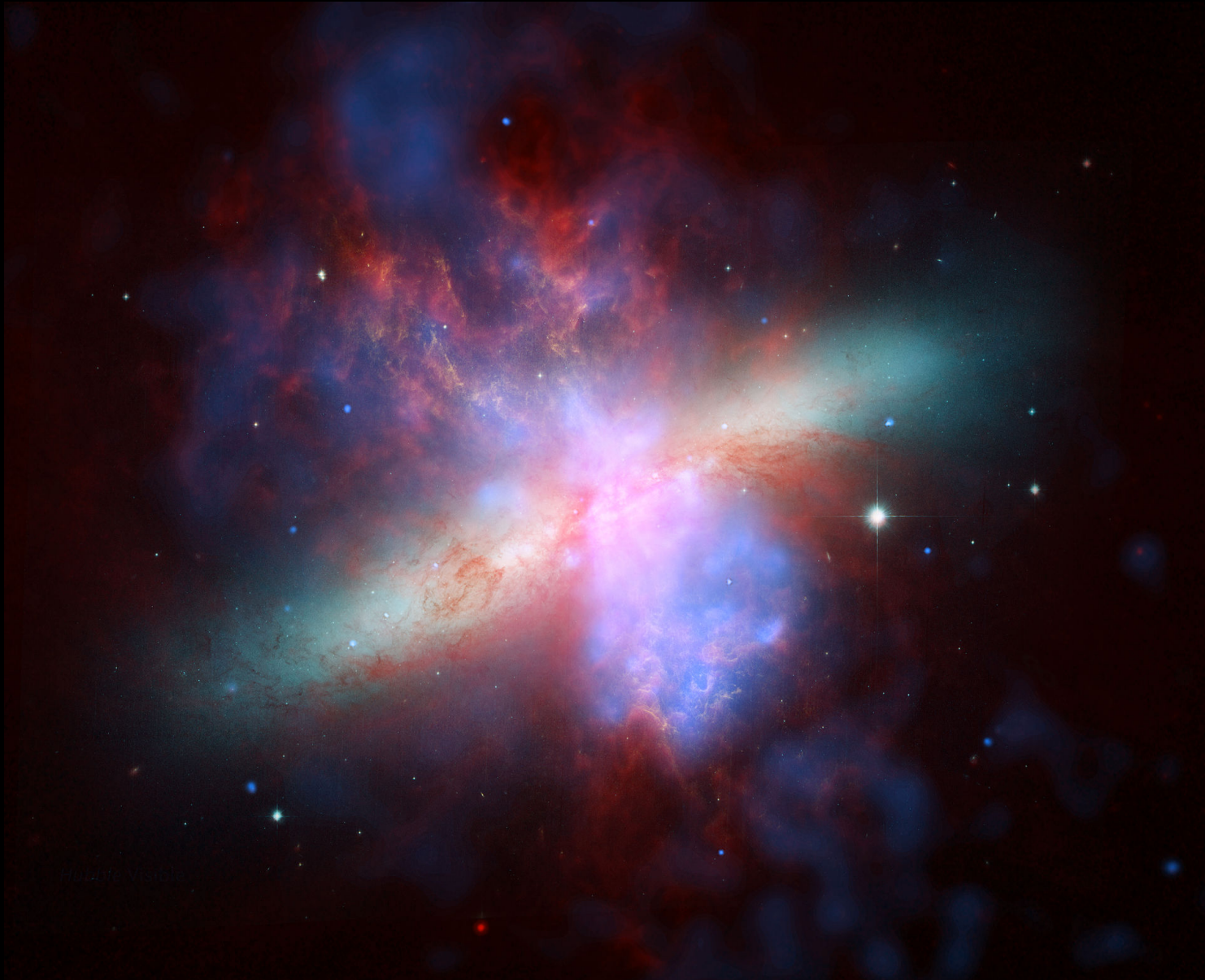
# N44 in LMC



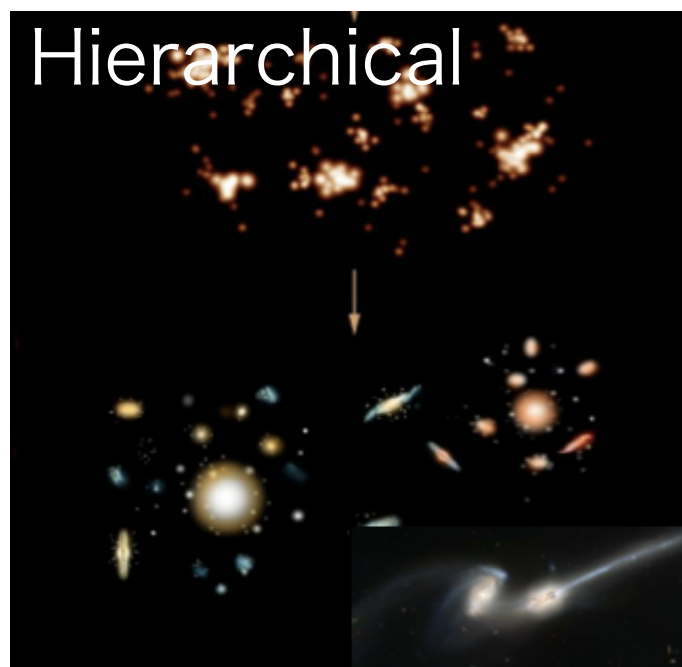
かならずしも  
負の影響とは  
かぎらない



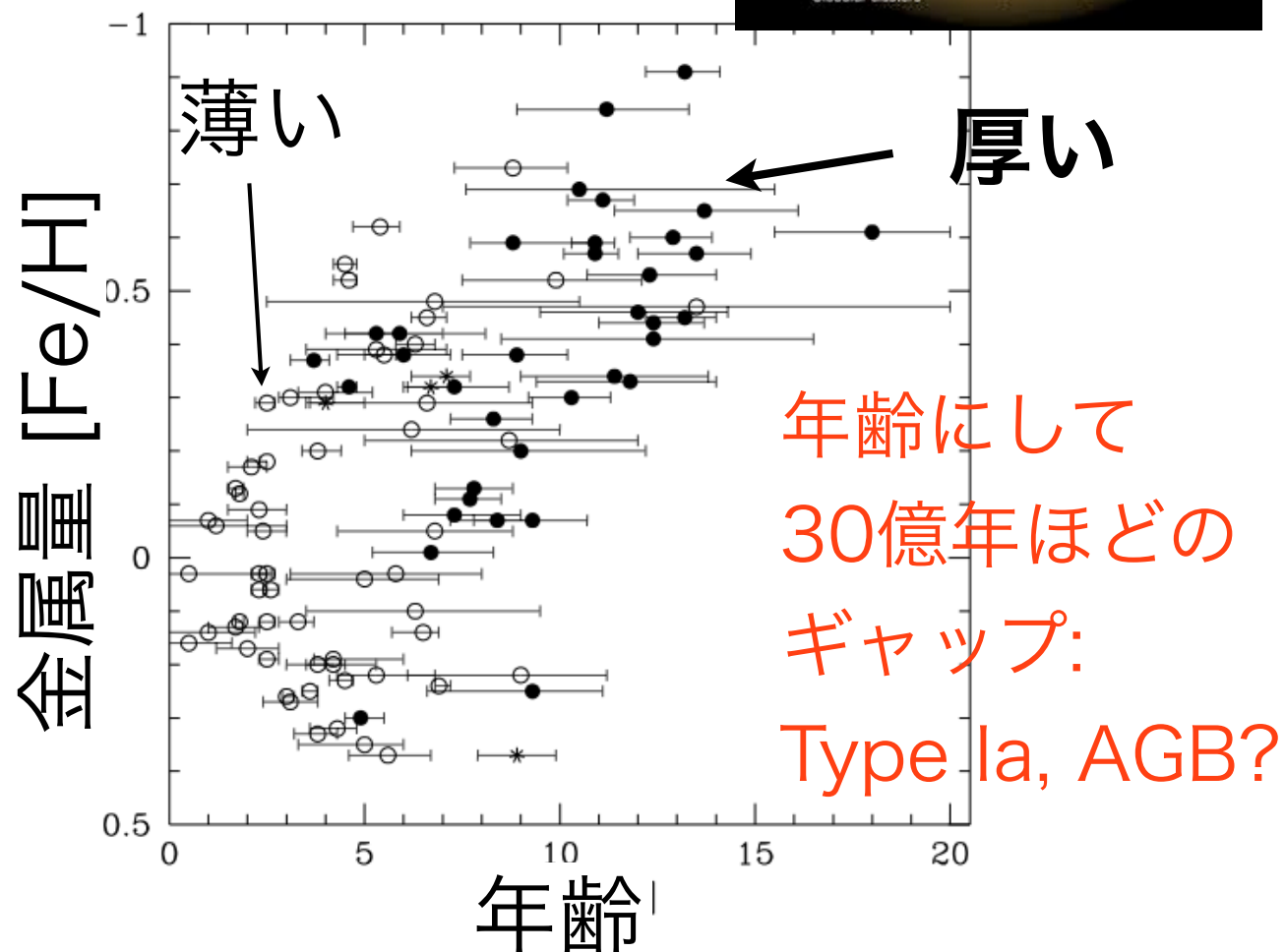
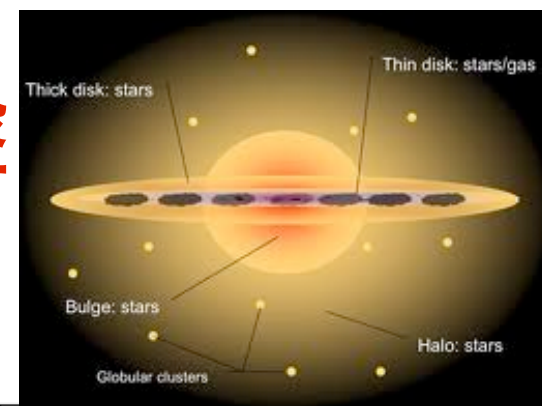
# 爆発の星形成



# 天の川銀河の形成



薄い円盤/厚い円盤  
の起源



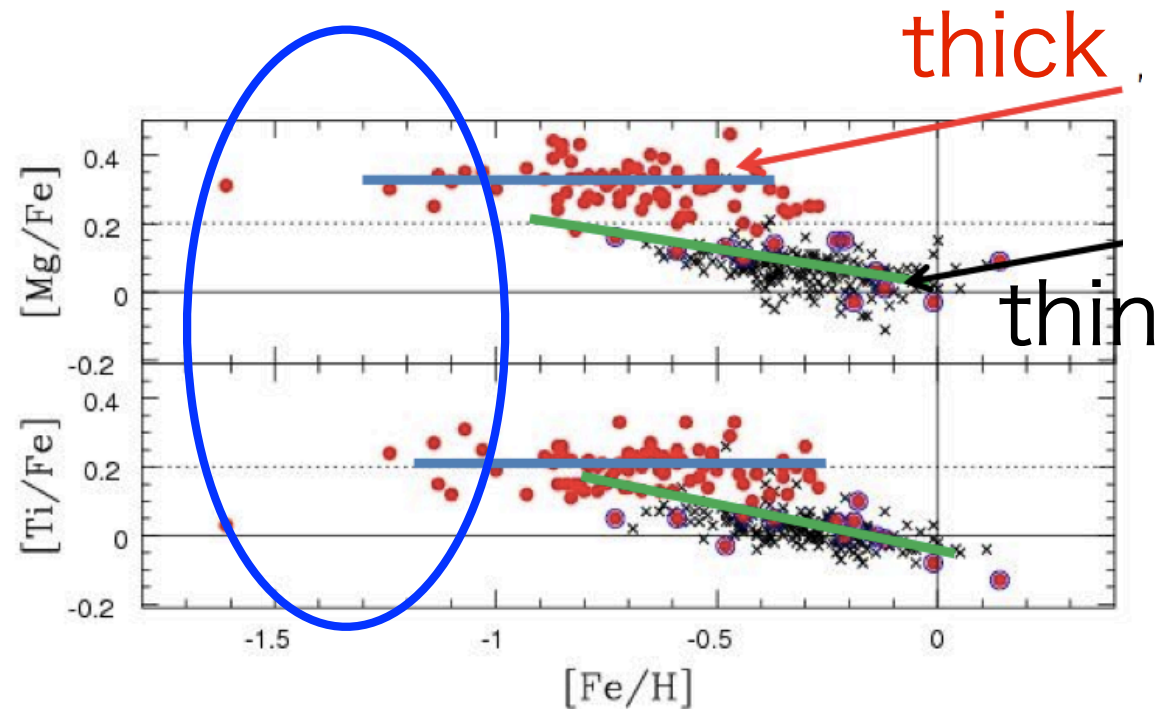


# 位置測定+分光化学診断

GAIA + TMT



GAIAは  
15等までの星2600万個  
18等まで2億個以上  
太陽系から > 10kpc



10m クラスだと分光( $R \sim 6000$ )に

1kpc:  $m_v = 14.8$  requires  $\sim 2$  hours

2kpc:  $m_v = 16.3$  requires  $\sim 9$  hours

5kpc:  $m_v = 18.3$  requires  $\sim > 50$  hours

30mによる統計で円盤力学構造解明