

# 大型光赤外線望遠鏡で探る 階層的構造形成

大内 正己

東京大学 宇宙線研究所

# 共同利用研究課題

- 平成23年度

代表:大内正己 100千円(旅費)

参加研究者：岡村定矩、嶋作一大、Janice Lee, Jeff Cooke, 小野宜昭、中島王彦、橋本拓也、篠木新吾

- HSC狭帯域フィルター関連 (学振:基盤A:代表者:大内)

# 論文

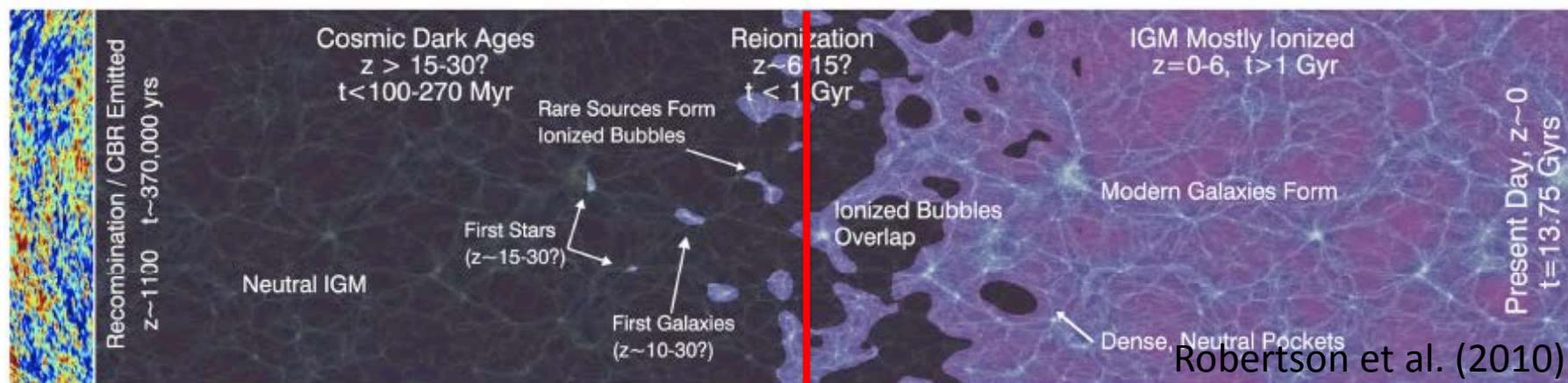
- Nakajima, Ouchi, et al. “Average Metallicity and Star Formation Rate of Ly $\alpha$  Emitters Probed by a Triple Narrow-Band Survey”, ApJ in press.
- Kashikawa et al. “Completing the Census of Ly $\alpha$  Emitters at the Reionization Epoch”, 2011, ApJ, 734, 119
- Jiang et al. “Keck Spectroscopy of Lyman-break Galaxies and Its Implications for the UV-continuum and Ly $\alpha$  Luminosity Functions at  $z > 6$ ”, 2011, ApJ, 743, 65
- Ono, Ouchi et al. “Spectroscopic Confirmation of Three z-Dropout Galaxies at  $z = 6.844 - 7.213$ : Demographics of Lyman-Alpha Emission in  $z \sim 7$  Galaxies” ApJ in press.
- Stern, Ellis, & Ouchi, “Keck Spectroscopy of Faint  $3 < z < 7$  Lyman Break Galaxies: A High Fraction of Line Emitters at Redshift Six” 2011, ApJ, 728, 2

# 階層的構造形成 (冷たい暗黒物質モデル)

Photon decoupling  
 $z=1100$

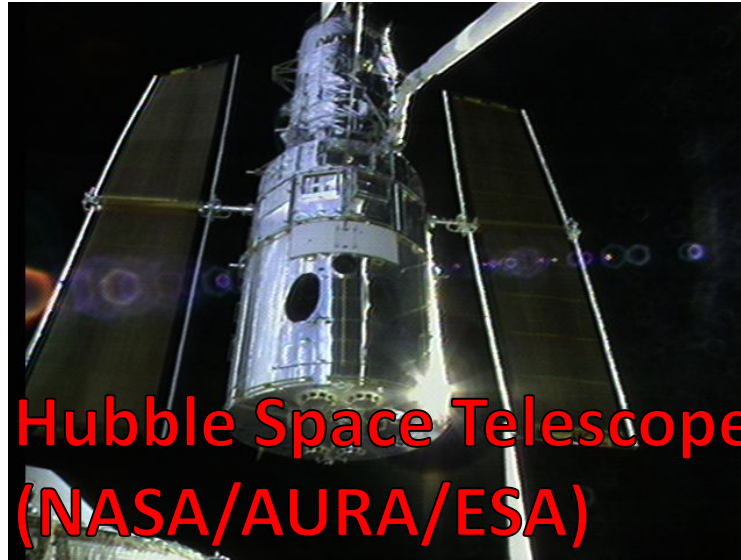
$z\sim 7-8$  (Obs. Limit)

Today  
 $z=0$

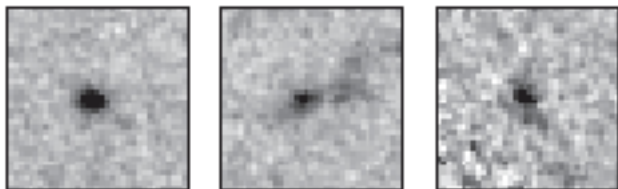


- 宇宙の初期密度揺らぎ
- 小質量暗黒物質ハロー→大質量暗黒物質ハロー(現在の我々の銀河etc)。星の質量集積との関係は？
  - 複雑なバリオン物理
  - ガスの冷却→星形成→ガスの加熱→星形成の抑制...？
- 暗黒物質一星質量集積は？高赤方偏移まで遡り調べる。

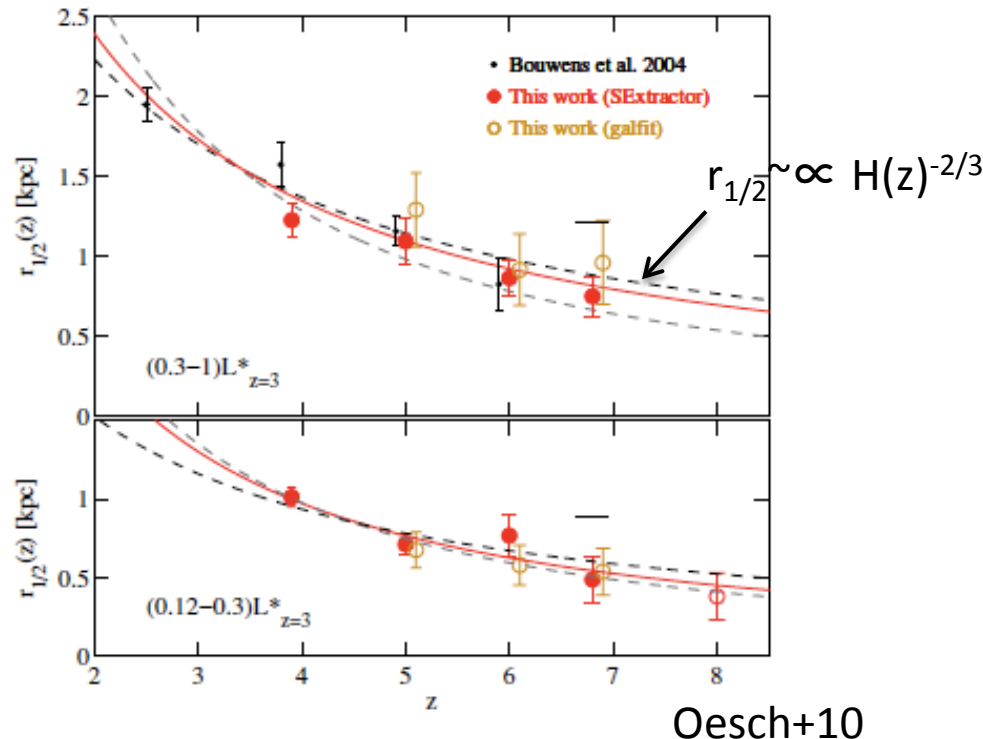
# 大口徑光赤外線望遠鏡



# $z \sim 7$ までの銀河半径の進化



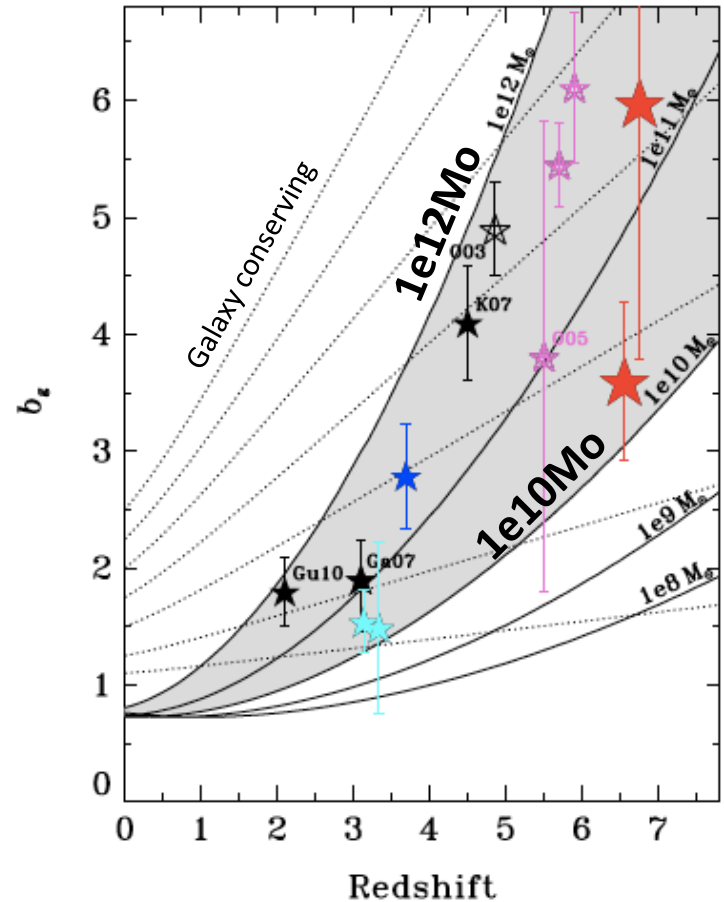
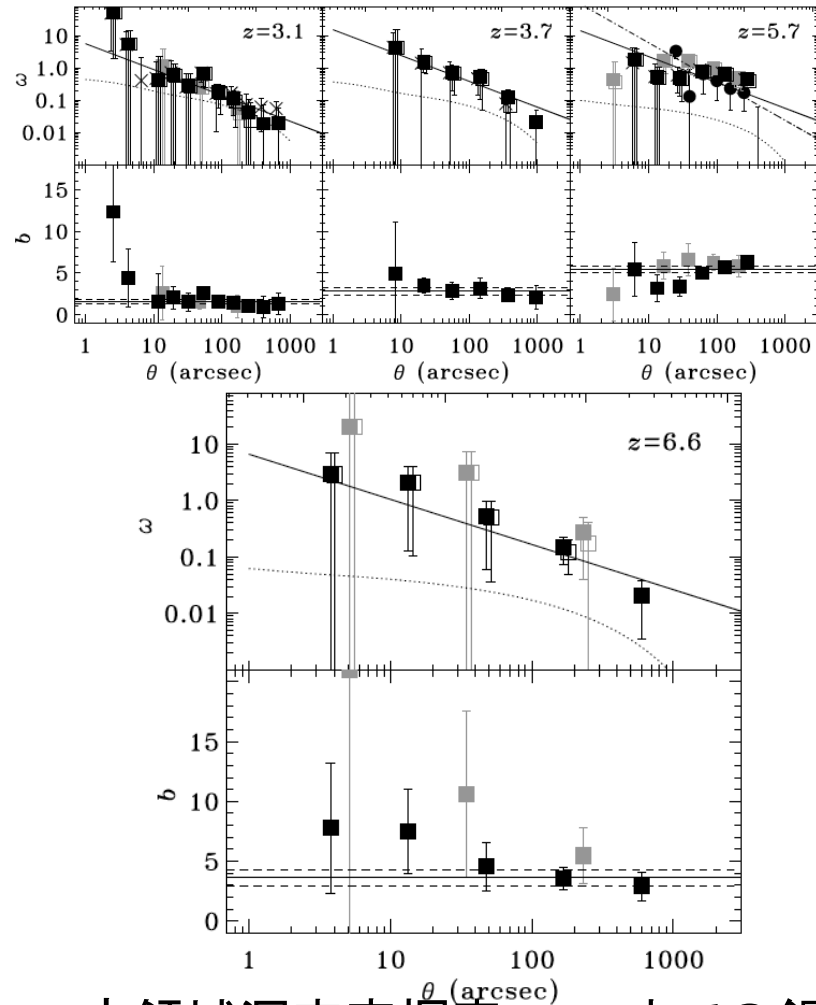
$z \sim 7$  galaxies in J band ( $2'' \times 2''$  cutouts)



- 半光度半径,  $r_{1/2}$ , が  $r_{1/2} \sim \propto H(z)^{-2/3} \propto 1/(1+z)$  に従う ( $L = \text{一定}$ )

- 質量  $M_{\text{vir}} = \text{一定}$  の暗黒物質ハロー? に付随 Because  $R_{\text{vir}}(z) \propto [\delta \rho(z)]^{-1/3} \propto 1/(1+z)$
- 銀河の暗黒物質ハローの進化は?

# 暗黒物質ハローの質量進化

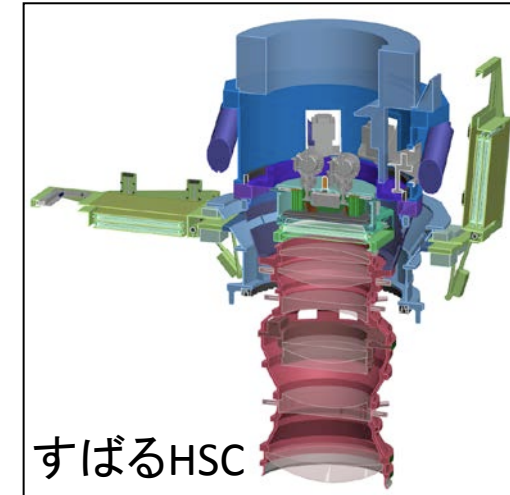


- 広領域深宇宙探査→ $z \sim 7$ までの銀河の角度相関関数の測定
- 銀河の相関関数→暗黒物質ハローの相関関数 (銀河-ハローの間の1対1関係)
- **暗黒物質ハローの質量** $\sim 10^{10}-10^{12} M_\odot$ で一定を示唆？(赤方偏移依存無し？)
- 質量-光度比(M/L)が一定？暗黒物質と星の質量集積史がほぼ同じ？
- **ただし**、非常に大きい(1-100倍)の統計エラー。より広領域の探査が必要。



# 次世代宇宙論観測に向けた準備研究 すばる望遠鏡HSCの狭帯域フィルター開発

- すばる望遠鏡主焦点超広視野可視撮像装置Hyper Suprime-Cam (HSC; 従来の10倍の探査能力)。2012年度から試験観測の予定(東京大学、国立天文台、プリンストン大学、台湾他)
- 高赤方偏移(2-7)にある銀河を狭帯域フィルターで検出(銀河からのLyman $\alpha$ 輝線)
- 宇宙論観測用HSC狭帯域フィルターの設計と技術的検証
- HSC狭帯域フィルター作成のための科学研究費申請  
 交付内定  
 学術振興会約4.0千万円[代表者:大内]  
 東レ1.5千万円[代表者:嶋作]





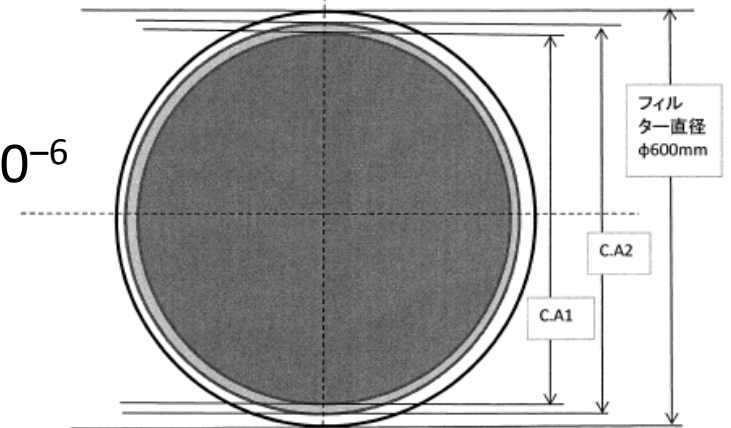
# 大型HSC狭帯域フィルター

- 基板

- Schott社B270(白板)

- 低熱膨張係数 ( $\alpha_{20^{\circ}\text{C}-300^{\circ}\text{C}} = 7.2 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ )
- 高い透過率、感光安定性
- 薄く(0.8-10mm)加工可能
- 安価

フィルターサイズ:  $\phi 600\text{mm}(+0/-1.0)\text{mm}$   
フィルター厚み :  $13.7\text{mm}(+0/-0.1)\text{mm}$



上記CA1: フィルター有効径 : 560mm  
上記CA2: フィルター成膜エリア径: min. 574mm

- 多層干渉膜で $\Delta\lambda=10\text{nm}$ を実現

- 成膜(米MATERION社=旧Barr Assoc.)

- マグネトロンスパッタリング

- 自転運動、5酸化タンタル(屈折率高)+2酸化ケイ素(低)を成膜。磁場で制御。170層程度(合計 $\sim 10\mu\text{m}$ )



# 大型宇宙論シミュレーション

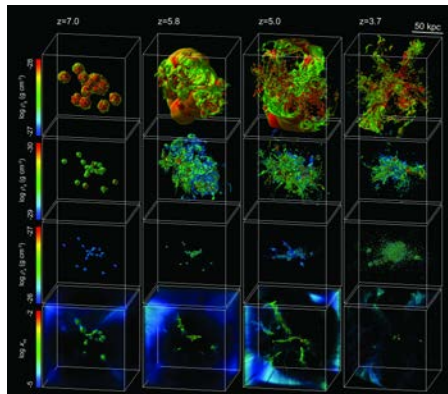
- N体、ガス粒子入り、輻射輸送シミュレーション。(梅村、森[筑波大]、井上[大産大]ほかとの共同研究)
- HSC探査と比較可能な体積(従来の10倍)を再現する構造形成、銀河形成、宇宙再電離のモデル
- 2ステップシミュレーション
  - 小(~100kpc)サイズのシミュレーション(与えられた暗黒物質質量での銀河形成を再現(resolution~10pc))
  - 大(~1Gpc)サイズのN体、輻射輸送 (resolution~ 100kpc)
- T2K-Tsukuba, K computerなど



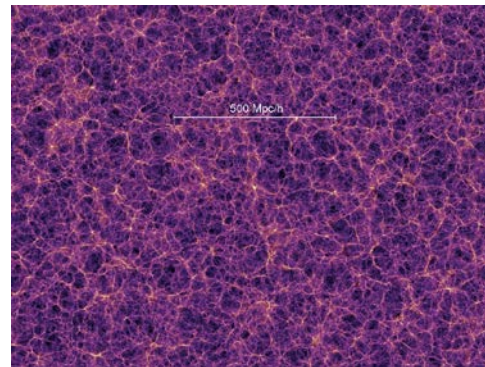
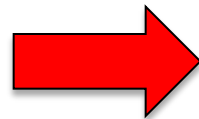
T2K-Tsukuba



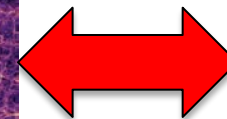
K computer (京)



SPH simulations with RT(Yajima+09)



N-body simulations (Springel+05)



Hyper  
Suprime-Cam  
探査結果

# まとめ

- 階層的構造形成と星質量集積
- 大型光赤外線望遠鏡で高赤方偏移(2-7)を探る
  - 銀河の暗黒物質—星質量比(M/L)一定？
    - 角度相関関数(M/L一定？)
      - バリオン物理ではなく、重力だけで星質量の集積が決定している??
- 広領域Hyper Suprime-Cam探査の準備
  - 大型狭帯域フィルターの開発
  - 大型宇宙論シミュレーション