

Clustering of Galaxies at $z \sim 4-6$ Revealed with the Half-Million Dropouts

Harikane et al. 2017 arXiv: 1704.06535

Yuichi Harikane (U. Tokyo)

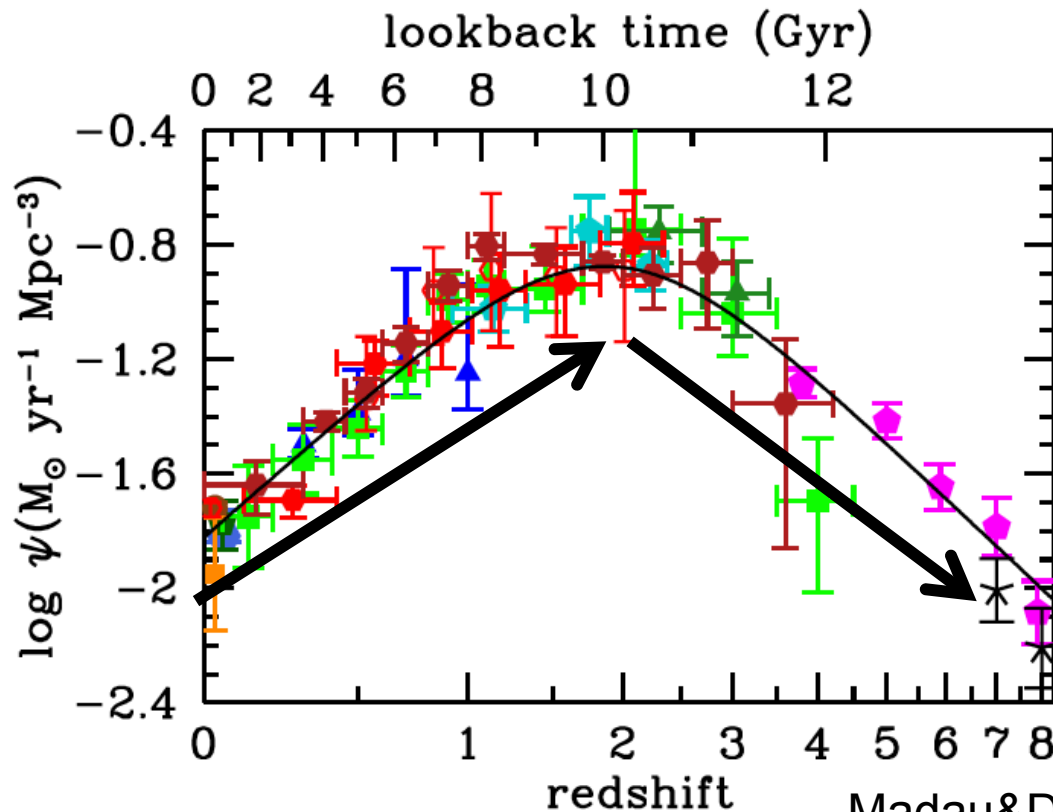
M.Ouchi, Y.Ono, S.Saito, P.Behroozi, S.More, K.Shimasaku,
J.Toshikawa, Y-T.Lin, M.Akiyama, J.Coupon, Y.Komiyama, A.Konno,
S-C.Lin, S.Miyazaki, A.Nishizawa, T.Shibuya, J.Silverman

Outline

- UV高度関数とダークマターハロー
- HSCデータとサンプル
- クラスタリング解析
- 結果、議論

星形成率密度の進化

- 赤方偏移 $z=0-2$ で増加、 $z=2-8$ で減少
 - $\text{SFR}_{\text{tot}} = \text{SFR}_{\text{UV}} + \text{SFR}_{\text{IR}}$ (UV光度関数+ダスト)

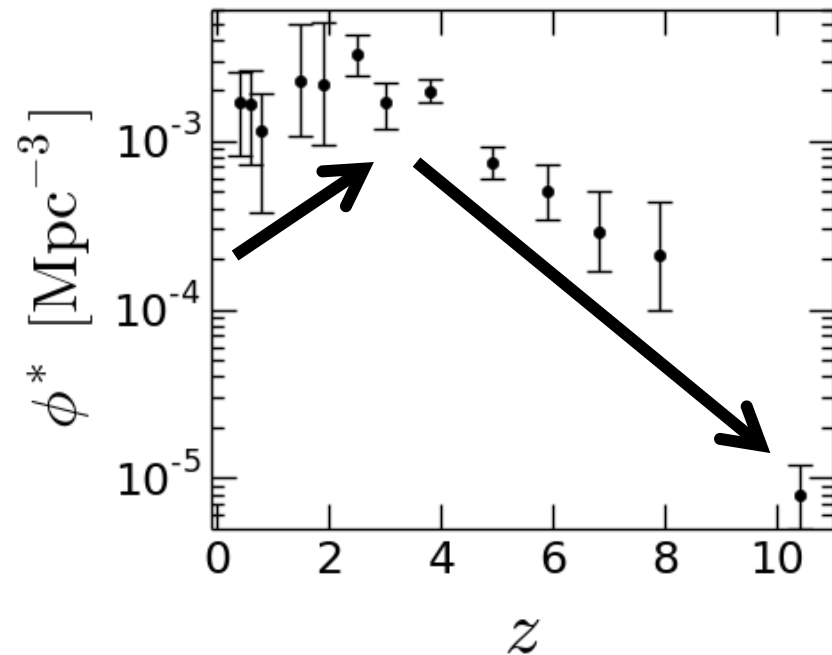
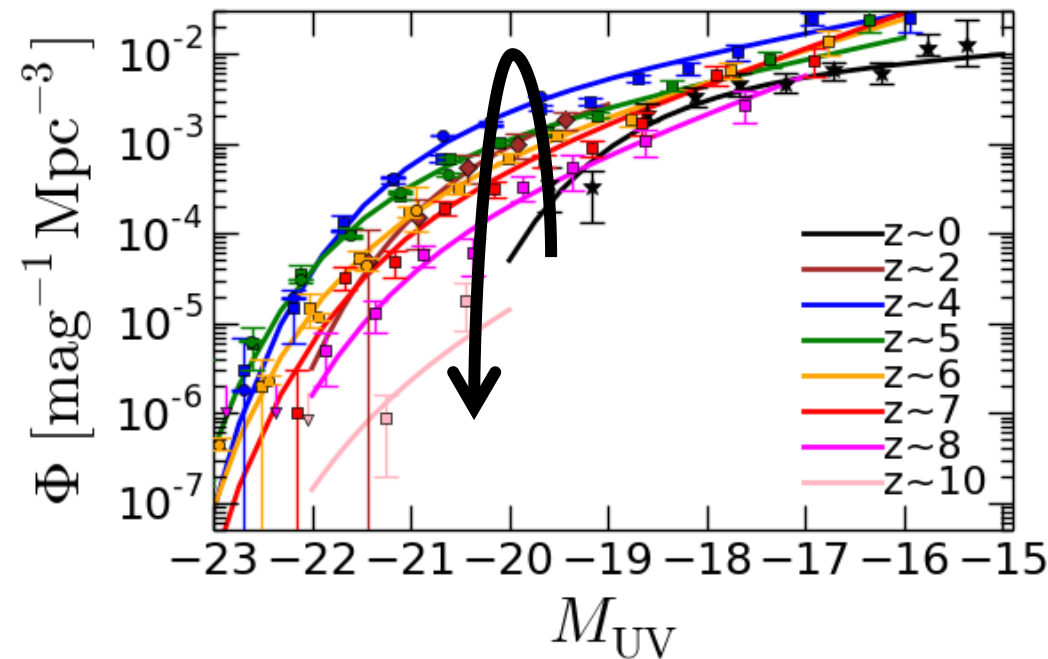


UV光度関数

- UV光度関数: $z=0-2$ で上昇、 $z=2-10$ で減少
 - Schechter関数 (Schechter76) で近似

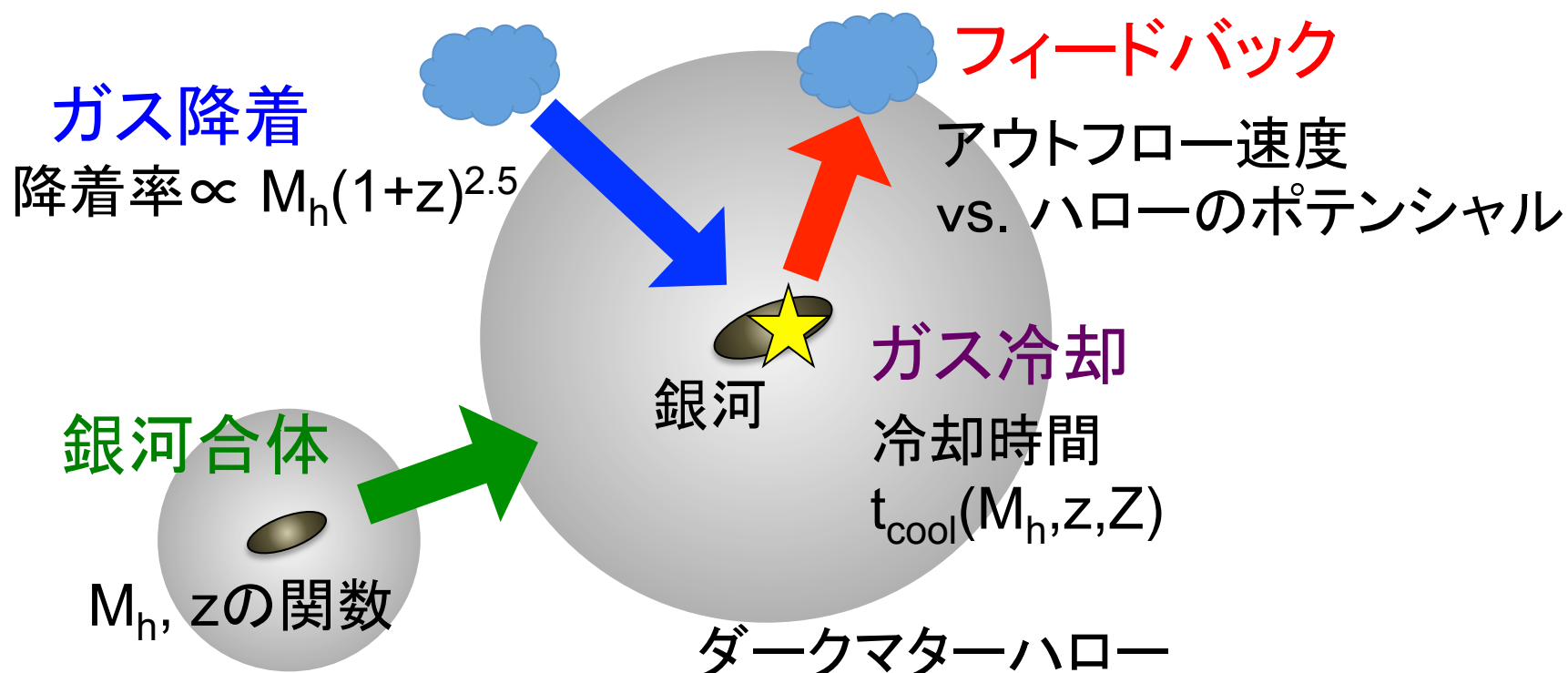
$$\phi(L)dL = \phi^* \left(\frac{L}{L^*} \right)^\alpha \exp \left(-\frac{L}{L^*} \right) d \left(\frac{L}{L^*} \right)$$

- 何が進化を引き起こす？(星形成、フィードバック)



ダークマターハロー

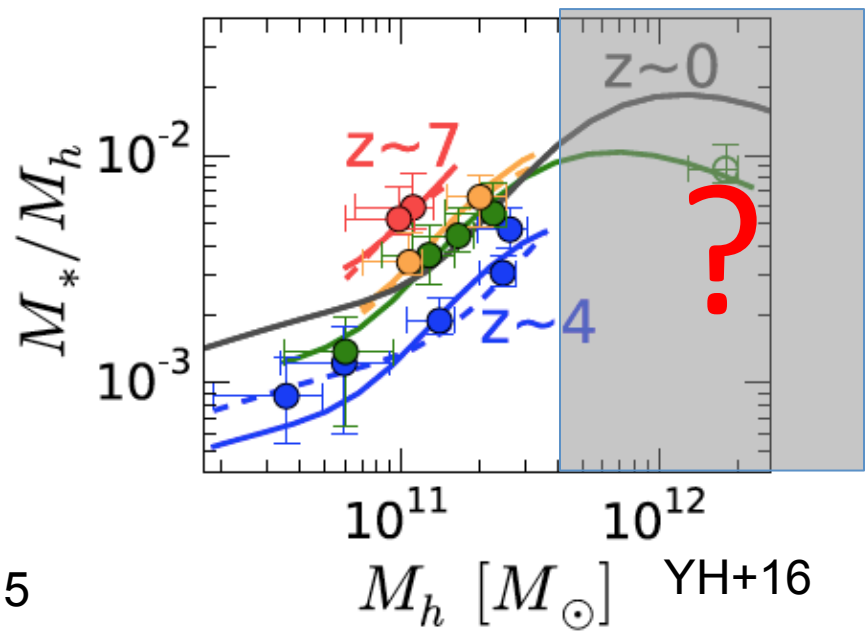
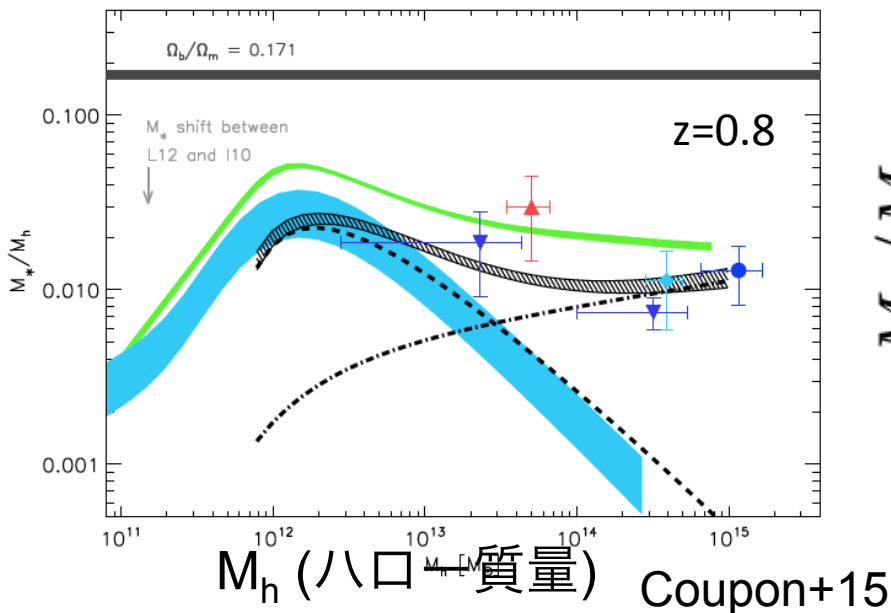
- 銀河形成プロセスと密接に関連
-> UV光度関数(星形成) 進化の理解に重要



銀河-ダークマターハロー-関係

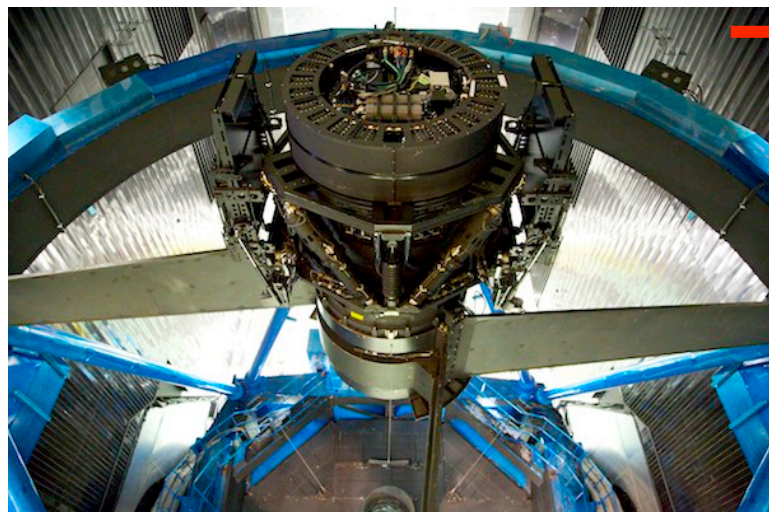
- 低赤方偏移 ($z < 1$)
 - 広い M_h 範囲で制限 (Leauthaud+12, Coupon+15, ...)
- 高赤方偏移 ($z > 4$)
 - 小質量 ($M_h < 10^{12} M_\odot$): 赤方偏移進化 (YH+16)
 - 大質量 ($M_h > 10^{12} M_\odot$): 不明 (AGN feedback, High T_{vir})

SHMR = M_*/M_h (星質量/ハロー質量)

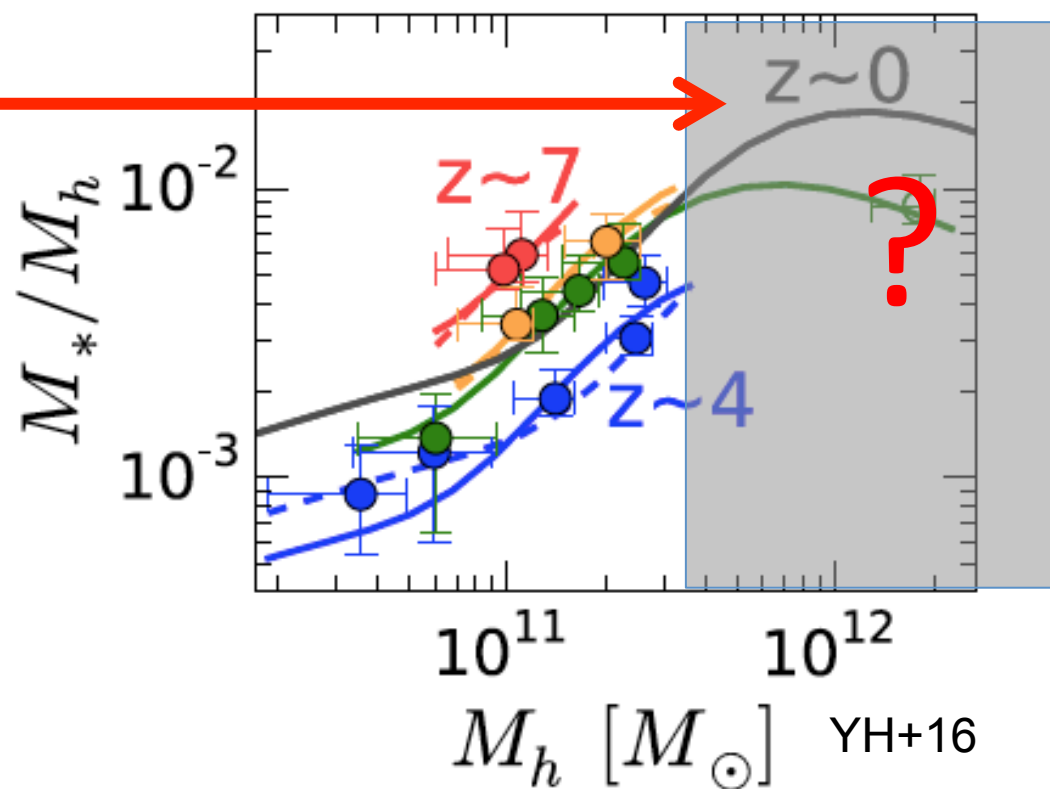


本研究

- すばる/HSC 広領域データ＋クラスタリング解析
-> 高赤方偏移 銀河-ハロー関係

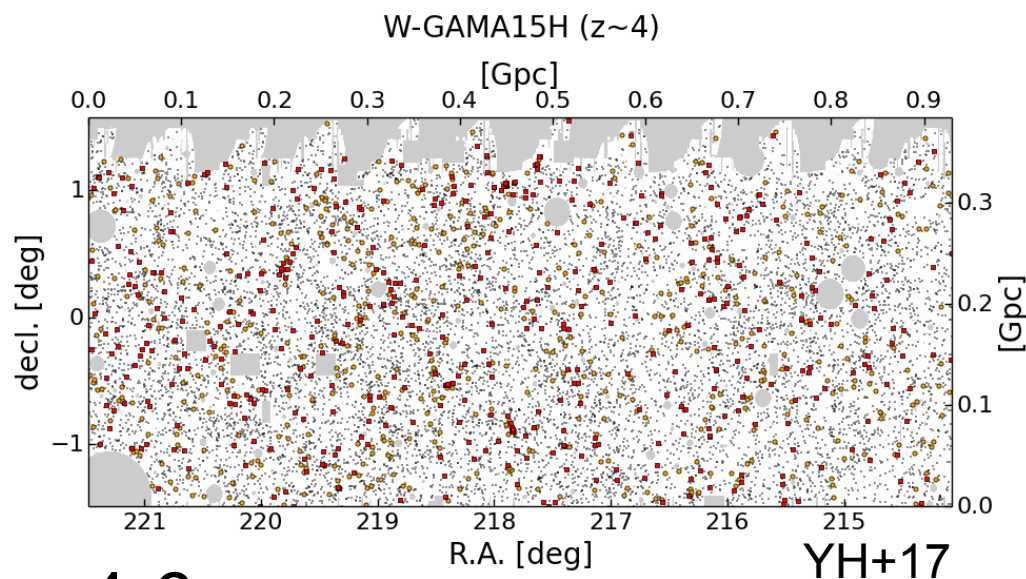
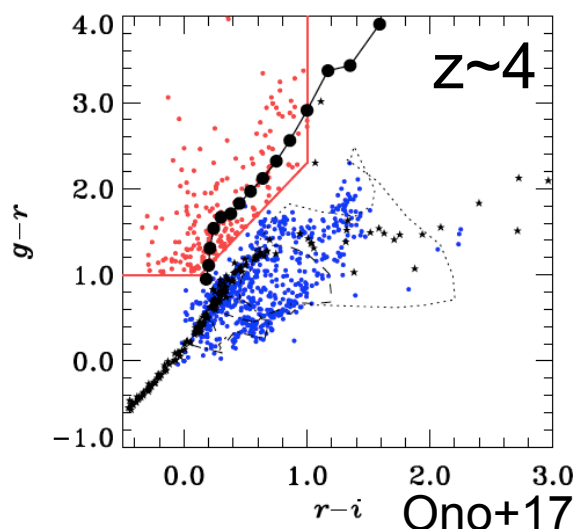


NAOJ

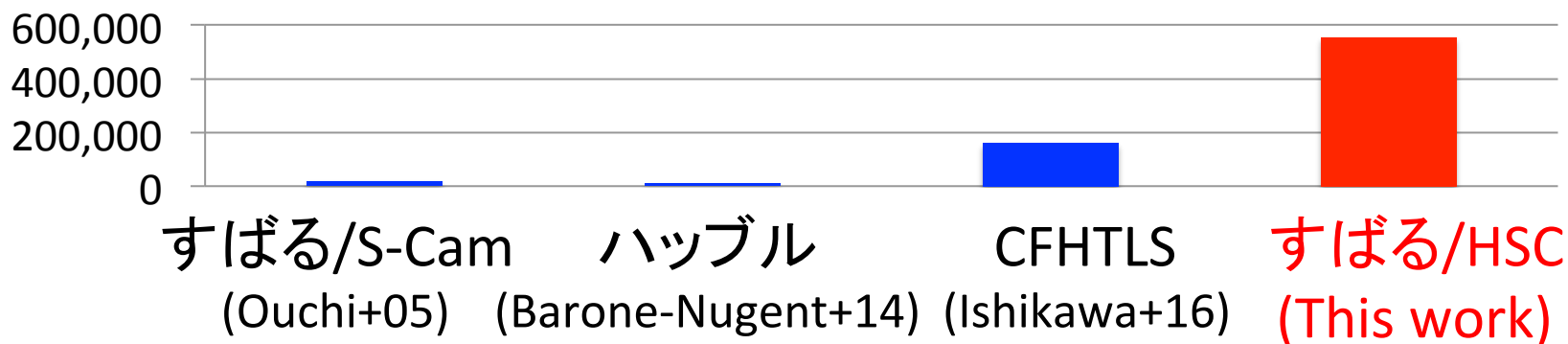


HSCデータと銀河サンプル

- $\sim 100 \text{ deg}^2$ grizy images with $r_{\text{lim}} \sim 26 \text{ mag}$

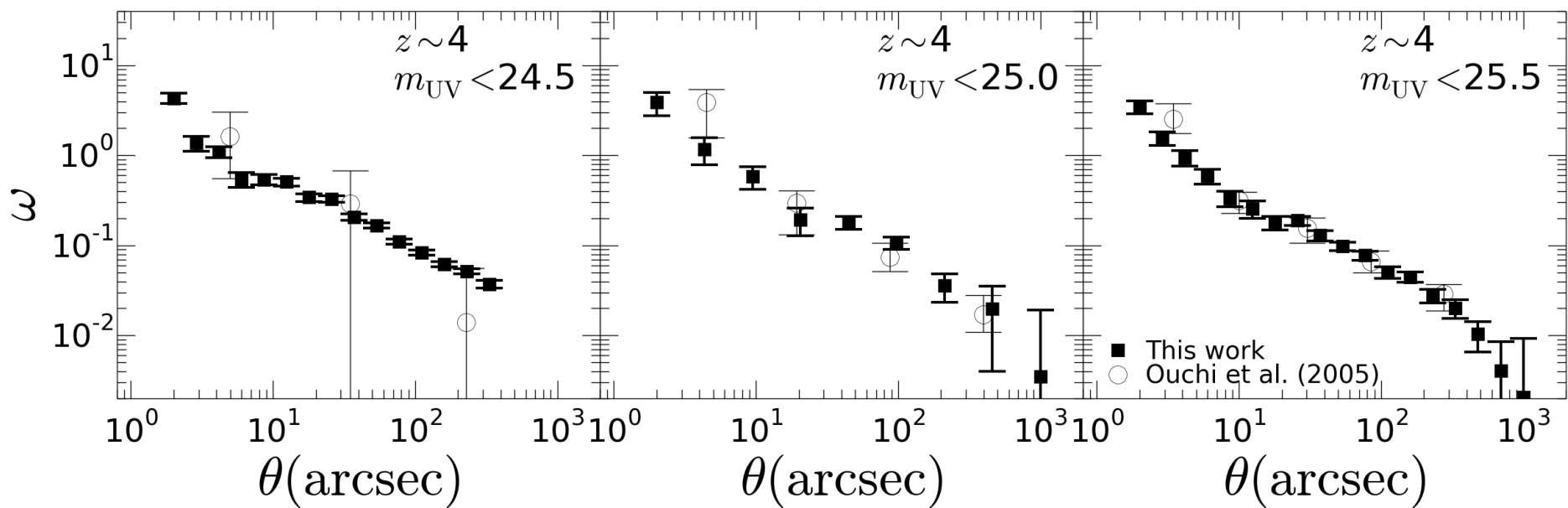


- 554,051 LBGs at $z=4-6$



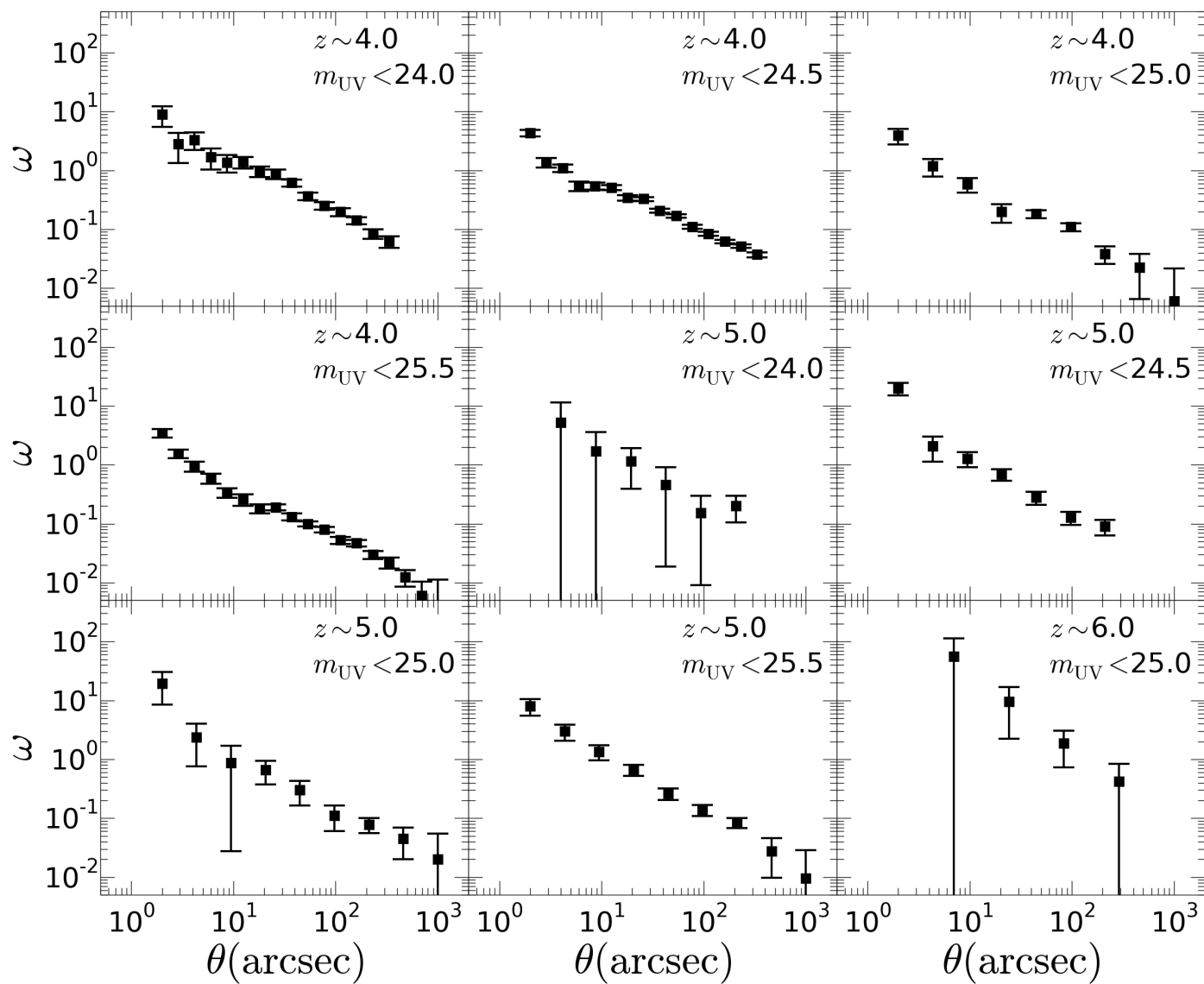
角度相関関数

- クラスタリング強度を評価



YH+17

角度相関関数



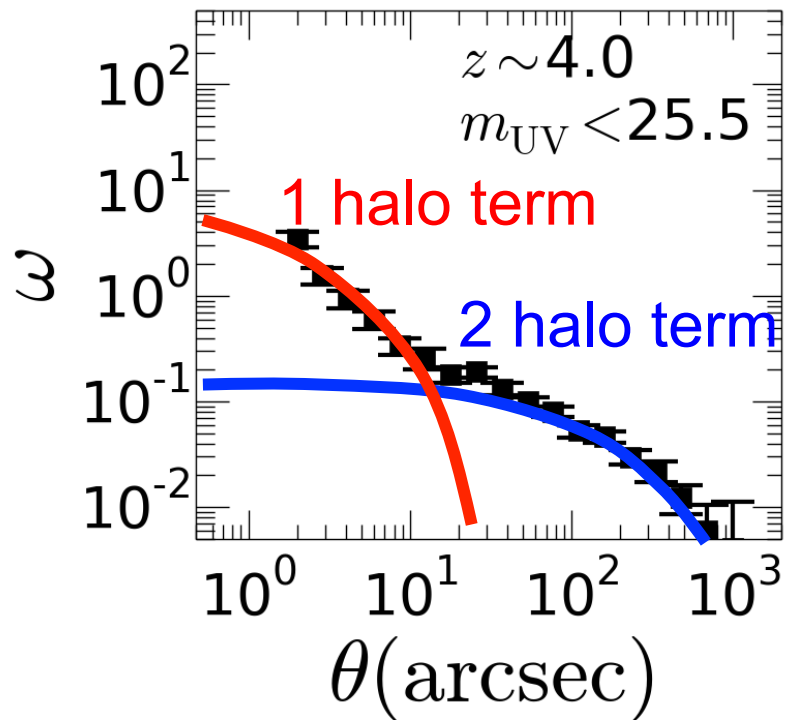
HODモデルによる M_h 推定

クラスタリング強度 \rightarrow ダークマターハロー質量 M_h

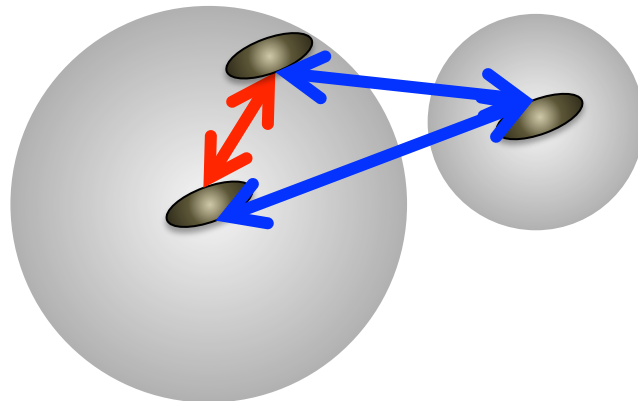
$$\underline{\omega(\theta)} = \int dz N^2(z) \left(\frac{dr}{dz} \right)^{-1} \int dk \frac{k}{2\pi} \underline{P_g(k, z)} J_0[r(z)\theta k],$$

角度相関関数
(観測クラスタリング強度)

halo occupation distribution
(HOD) モデルによる
銀河パワースペクトル(M_h の関数)

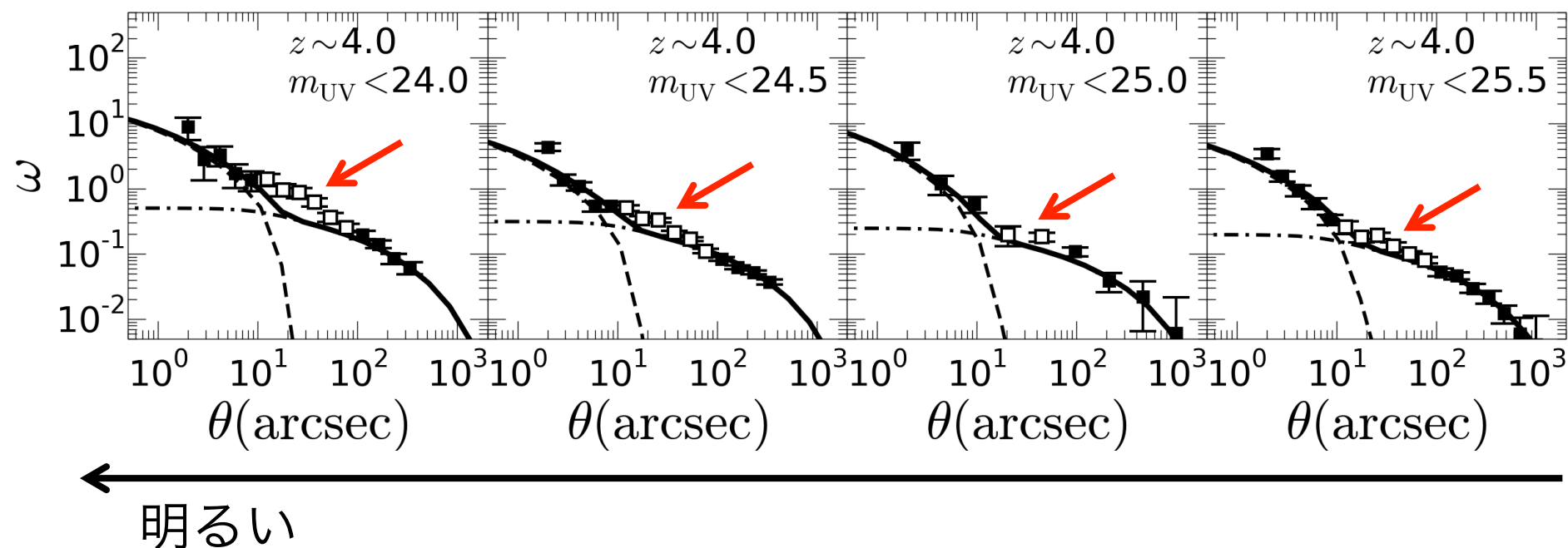


HODモデル

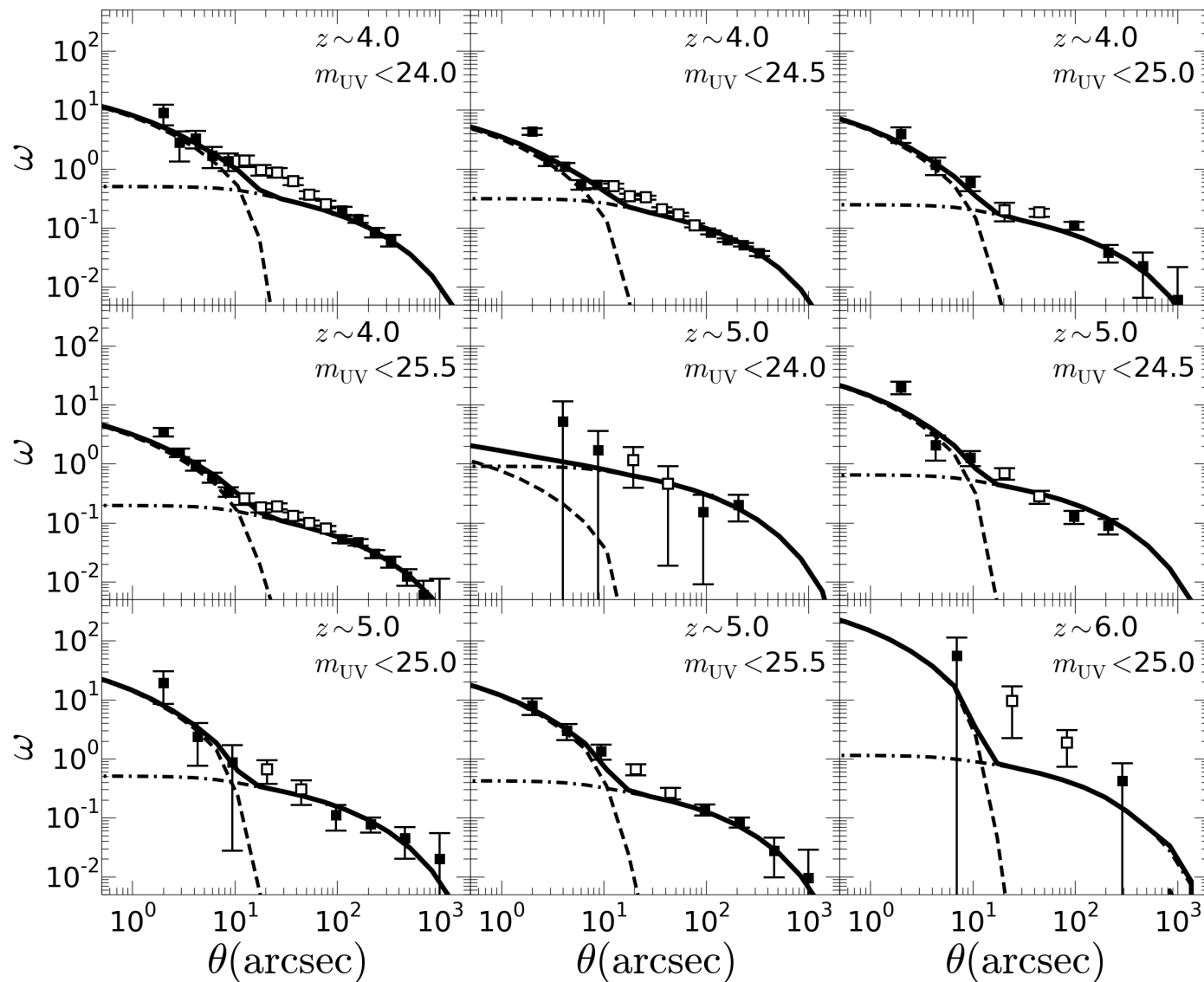


HODモデルfit

- 10-90 arcsecの相関関数の超過
- ハローバイアスの非線形効果 (~ 1 Mpc/h)
 - 明るいサンプルほど超過が大きい
 - 理論予測とconsistent (Jose+17)

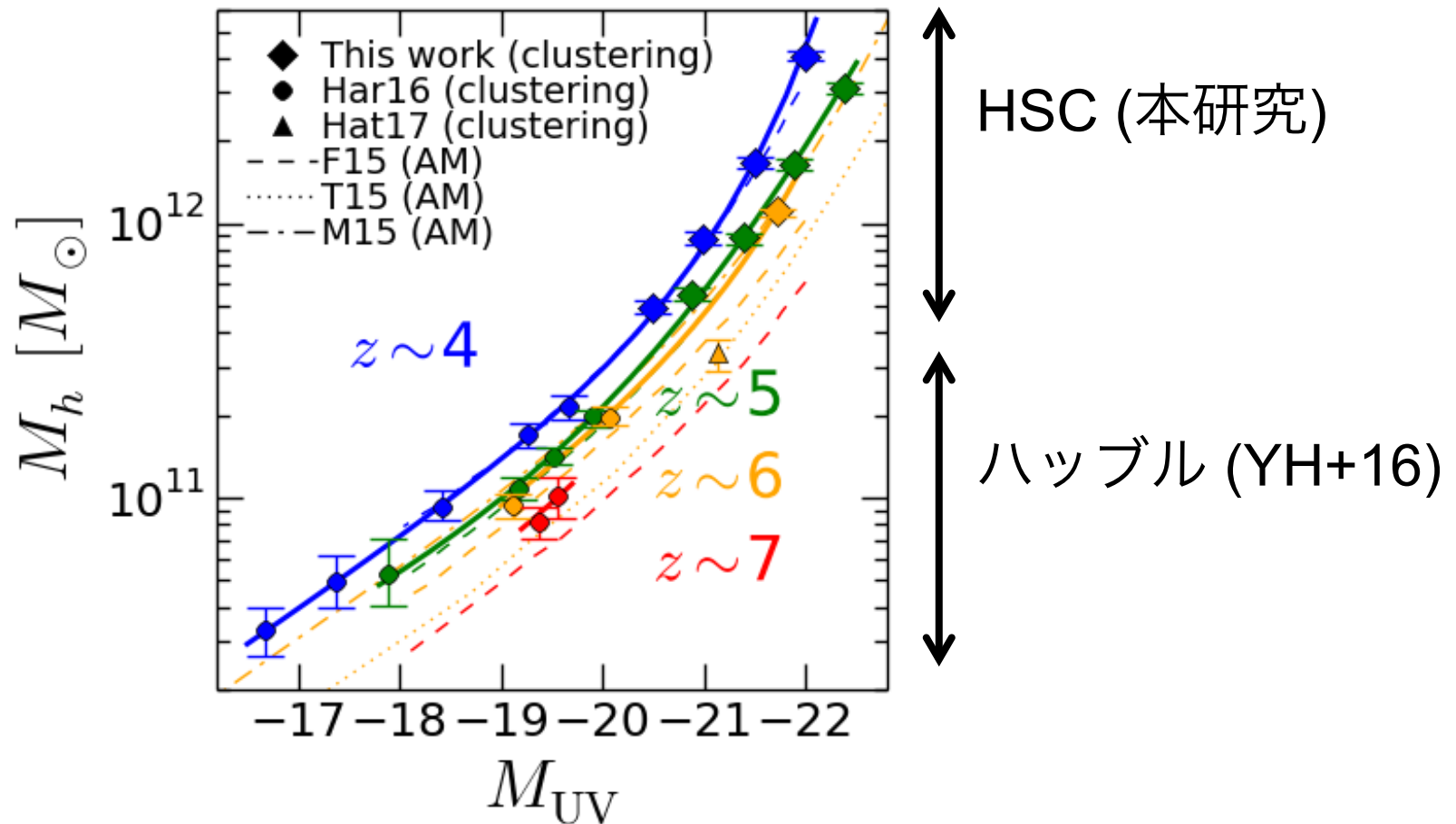


Angular Correlation Functions



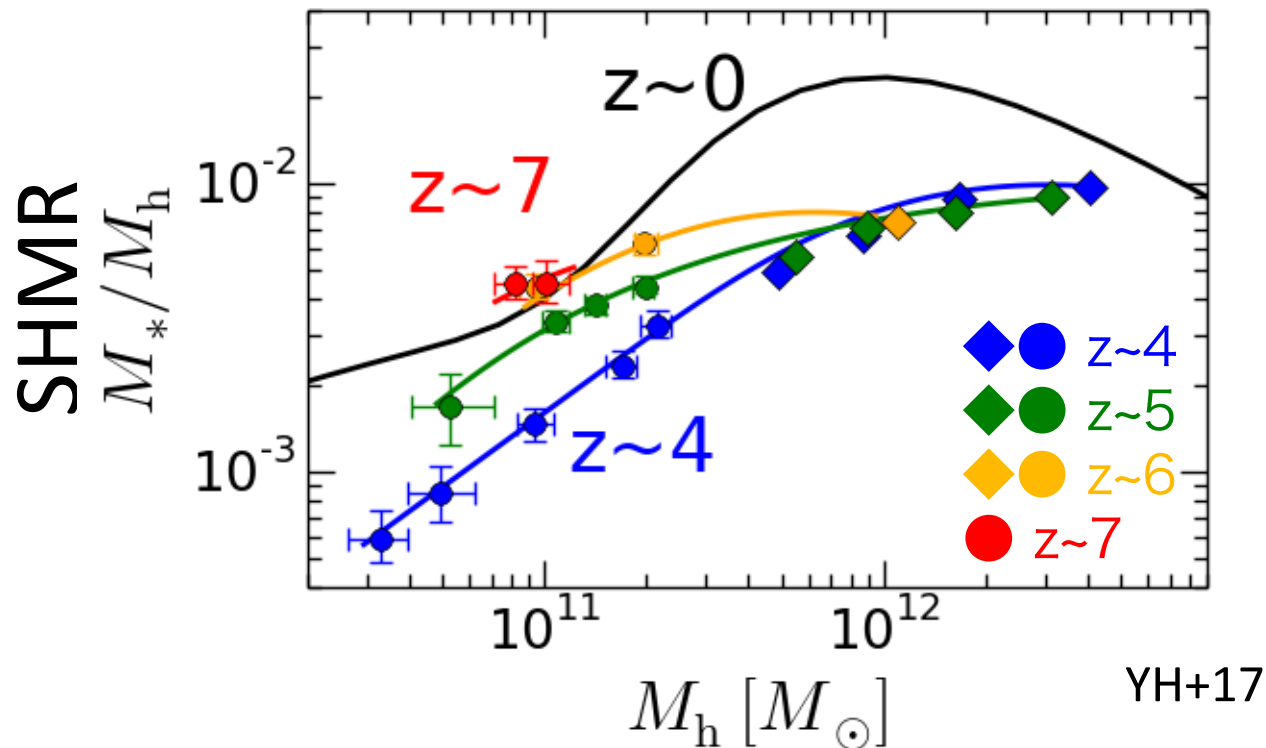
M_{UV} - M_h 関係

- 赤方偏移進化 (>5sigma)
- アバNdバンスマッチングと同等



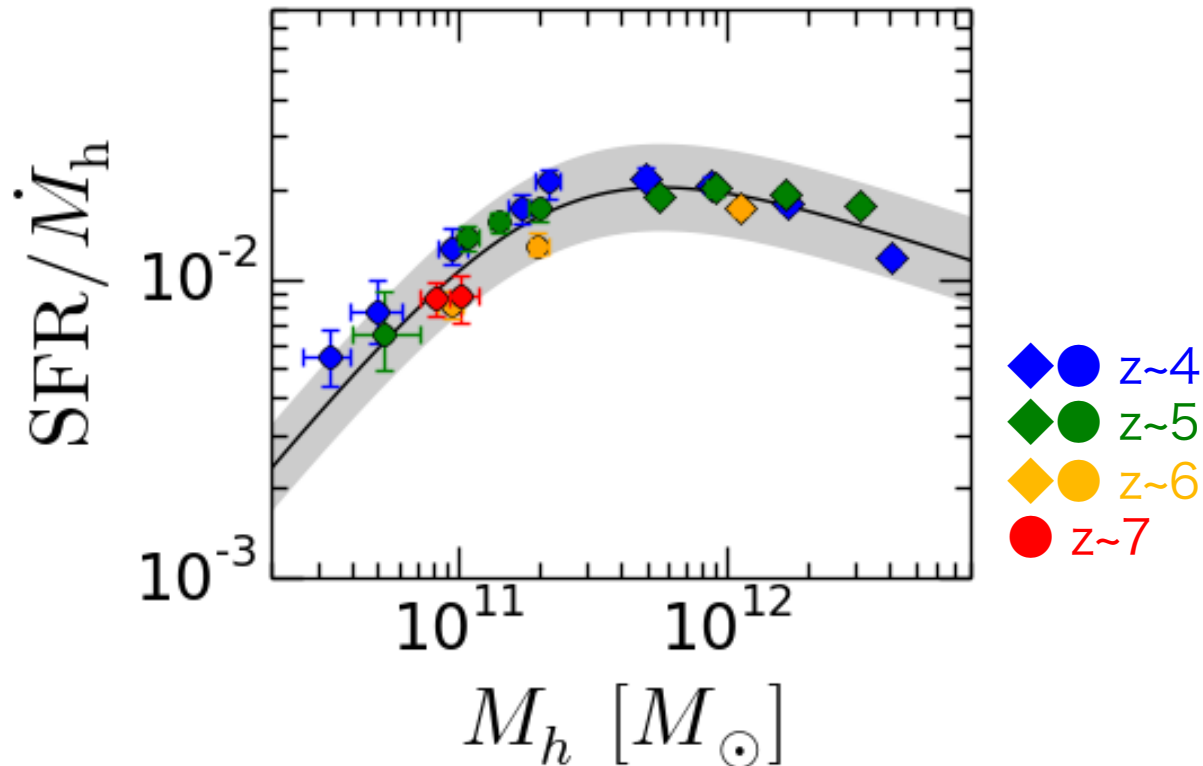
SHMR

- $\text{SHMR} = M_*/M_h$ を $z \sim 4-7$ で求めた
 - M_h に強く依存。大質量で flat に (AGN feedback, High T_{vir})
 - $M_h \sim 10^{11} M_\odot$ で赤方偏移進化、 $M_h \sim 10^{12} M_\odot$ では無進化？



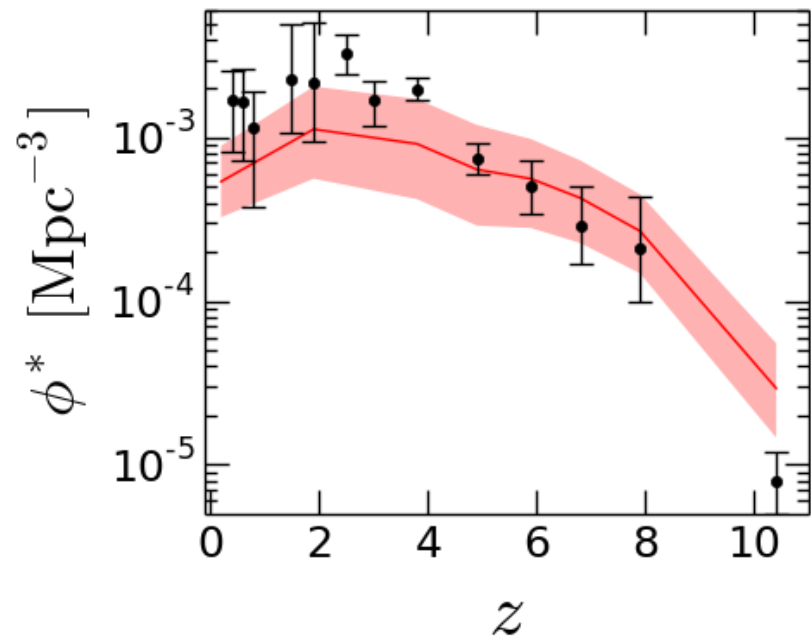
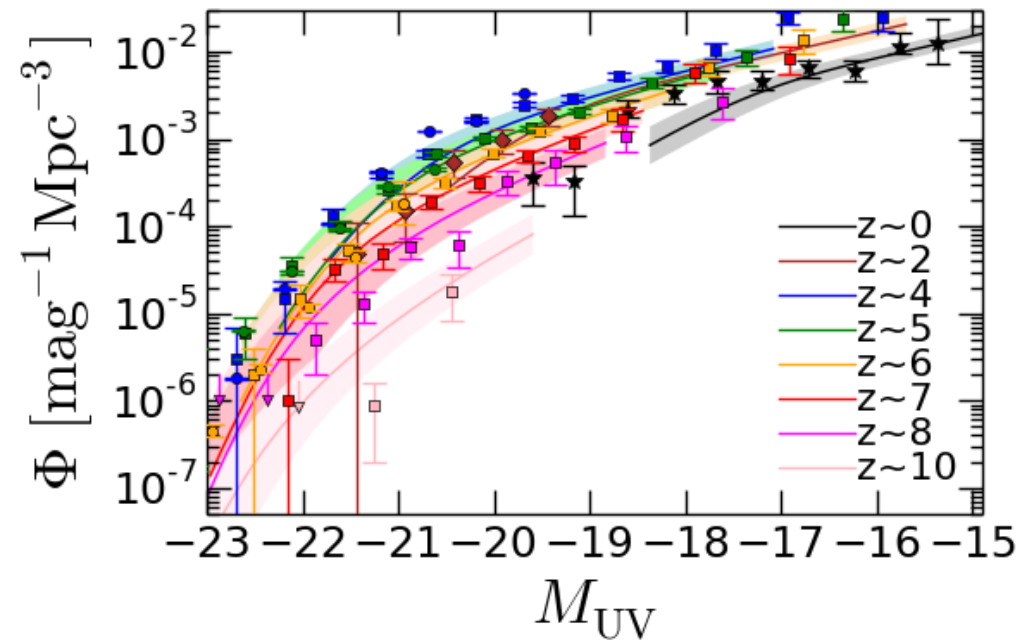
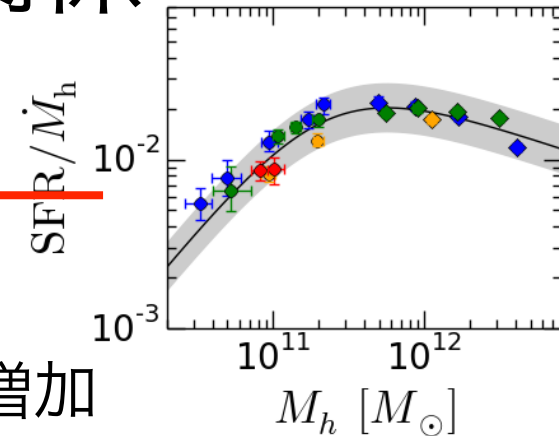
SFR/(dM_h/dt)-M_h 関係

- dM_h/dt(M_h,z): ダークマター降着率
- 0.15 dexを超える有意な進化なし
 - 星形成のfundamentalな物理を示唆 (ガス降着が支配的)



SFR/(dM_h/dt)-M_h 関係

- $\Phi(M_{UV}) = \frac{dn}{dM_h} \frac{dM_h}{dM_{UV}}$ ←
- **z=0-10のUV光度関数進化を再現**
 - z=0-2の上昇: ダークマター降着率の増加
 - z=2-10の減少: ハロー質量関数 (個数密度) の減少



まとめ

HSC 579,492個 $z \sim 4-6$ 銀河のクラスタリング解析

1. 10-90 arcsecの相関関数の超過を確認
2. SHMR ($=M_*/M_h$) は M_h に対して単調増加。傾きはAGNフィードバックや非効率な冷却を示唆
3. $SFR/(dM_h/dt)$ は無進化。 $z=0-10$ UV光度関数を再現 \rightarrow 星形成のfundamentalな物理を示唆

