

GREX-PLUSで探る宇宙の質量集積史



Credits: NASA, ESA, CSA, STScI

兒玉 忠恭(東北大)

JWST image

SMACS J0723.3-7327 ($z=0.39$, 46億年前)

GREX-PLUSで探る宇宙の質量集積史

児玉 忠恭(東北大学)

Credits: Subaru

CL0024+1652 ($z=0.395$)



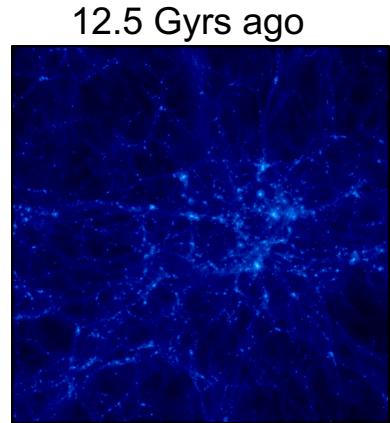
JWST image

Stephan's Quintet

Credits: NASA, ESA, CSA, STScI

Hierarchical Mass Assembly in the CDM Universe

Numerical simulations at <http://4d2u.nao.ac.jp/>

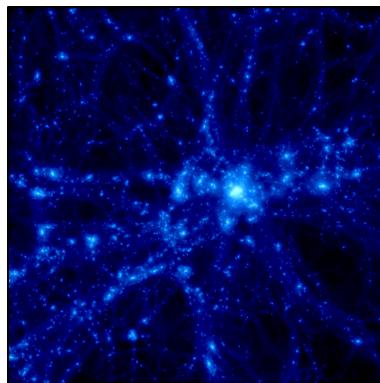


Cluster scale

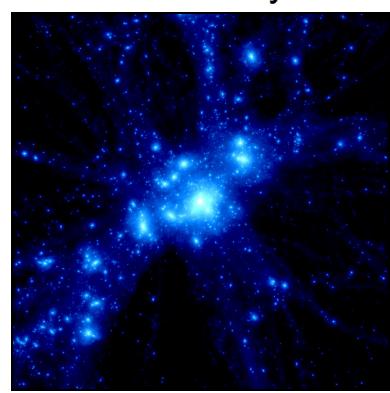


Galaxy scale

10 Gyrs ago



movie



movie



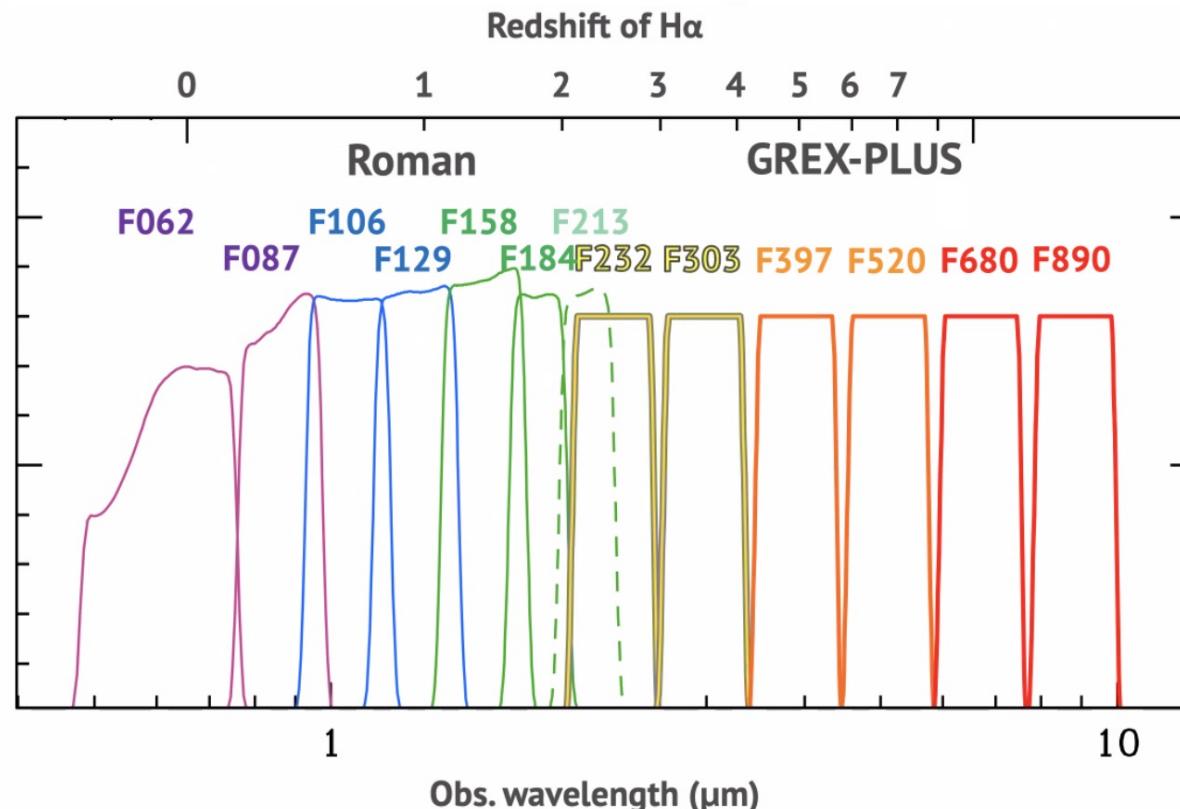
Saito et al.

Yahagi et al.

Small objects form first, they drag each other by gravity, merge together, and grow to more massive objects with cosmic times

GREX-PLUS 撮像サーベイ(例)

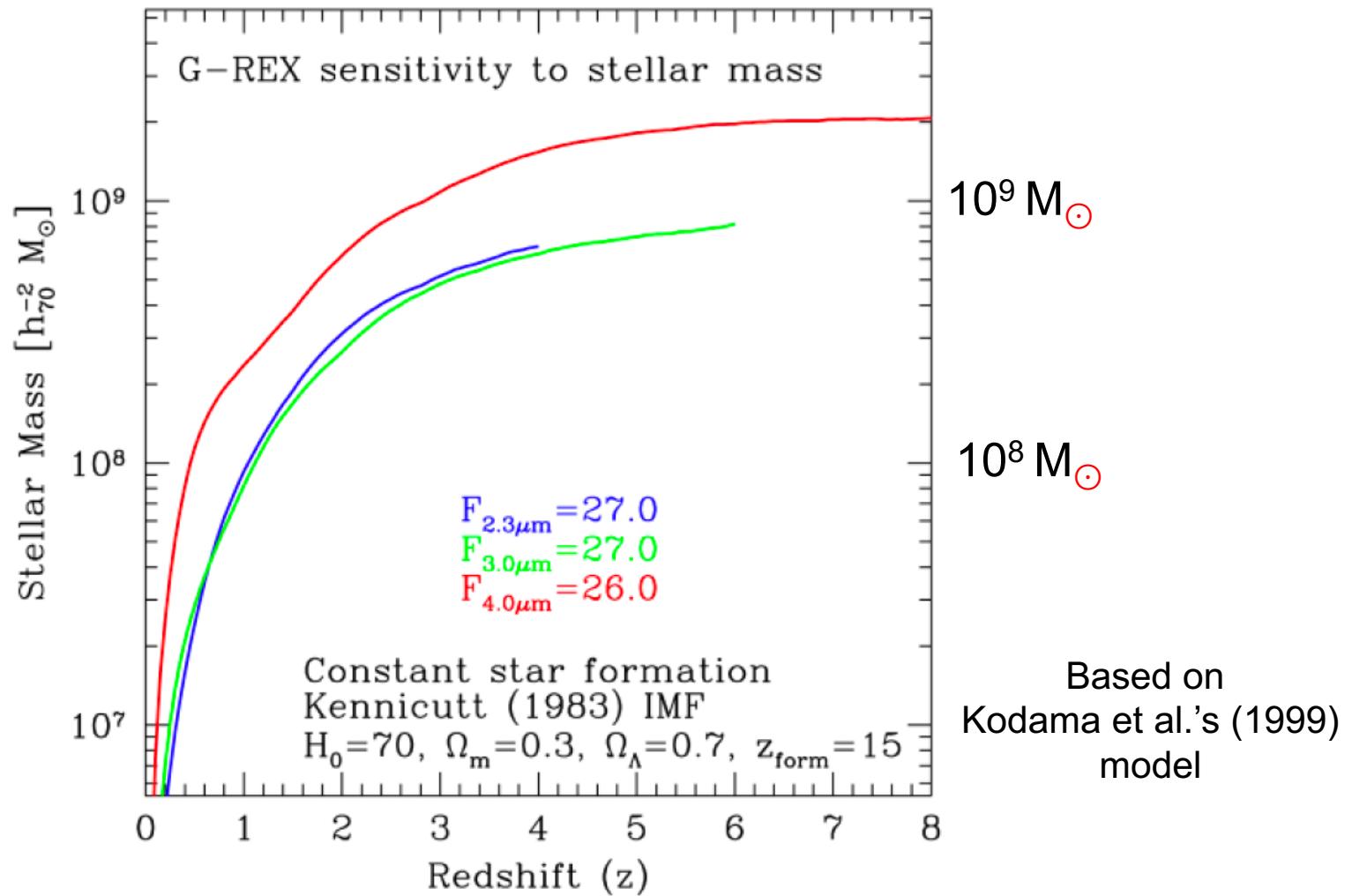
Parameter		Ultra Deep	Deep	Medium	Wide
Short wavelength (F232,F303,F397)	Area (deg ²)	1.3	40	200	2000
	Target Magnitude (AB)	27.7 (5σ)	27 (5σ)	26 (5σ)	24.5 (5σ)
Long wavelength (F520,F680,F890)	Area (deg ²)	~1	~40	~200	~500
	Target Magnitude (AB) F520/F680/F890	25.5/24/24 (5σ)	24.4/23/23 (5σ)	23/22/22 (5σ)	22.5/21/20 (5σ)



GREX-PLUS will sample rest-frame optical light including Balmer break feature and can construct stellar mass selected galaxies back to $z=10$!

GREX-PLUS sensitivity to stellar mass back to z~8

$$M_{\text{stars}} = 10^8 M_{\odot} (z=1) \sim 10^9 M_{\odot} (z=8)$$

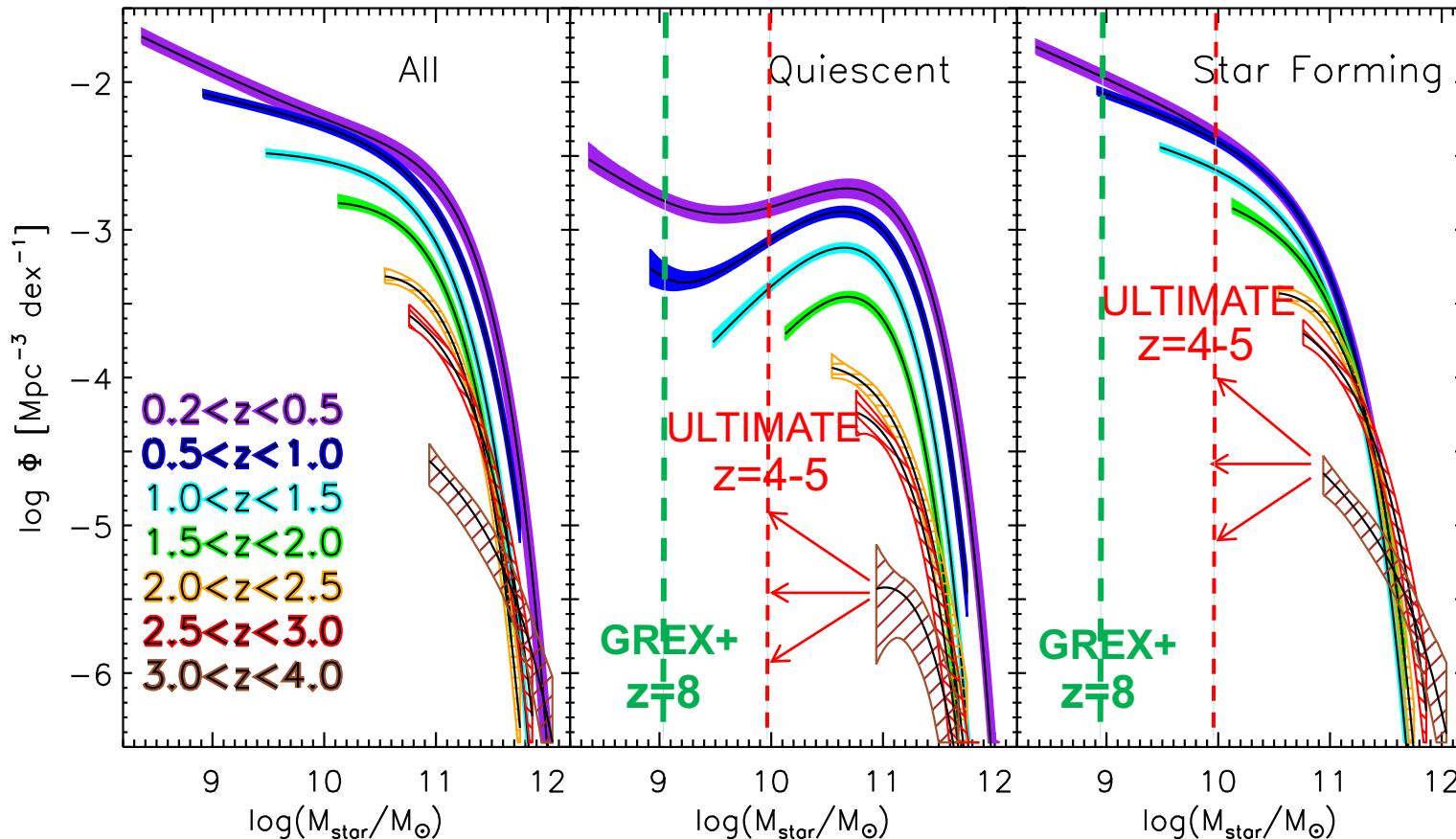


Trace galaxies with stellar mass down to 1/100 of MW back to z=8-10 (96% of the cosmic time).

Mass assembly history (SF and mergers) of galaxies: Stellar mass functions back to $z \sim 10$

ULTRA-VISTA (COSMOS) Muzzin et al. (2013)

100K galaxies over a 1.62 deg^2 field down to $K_s=23.4$ (AB)



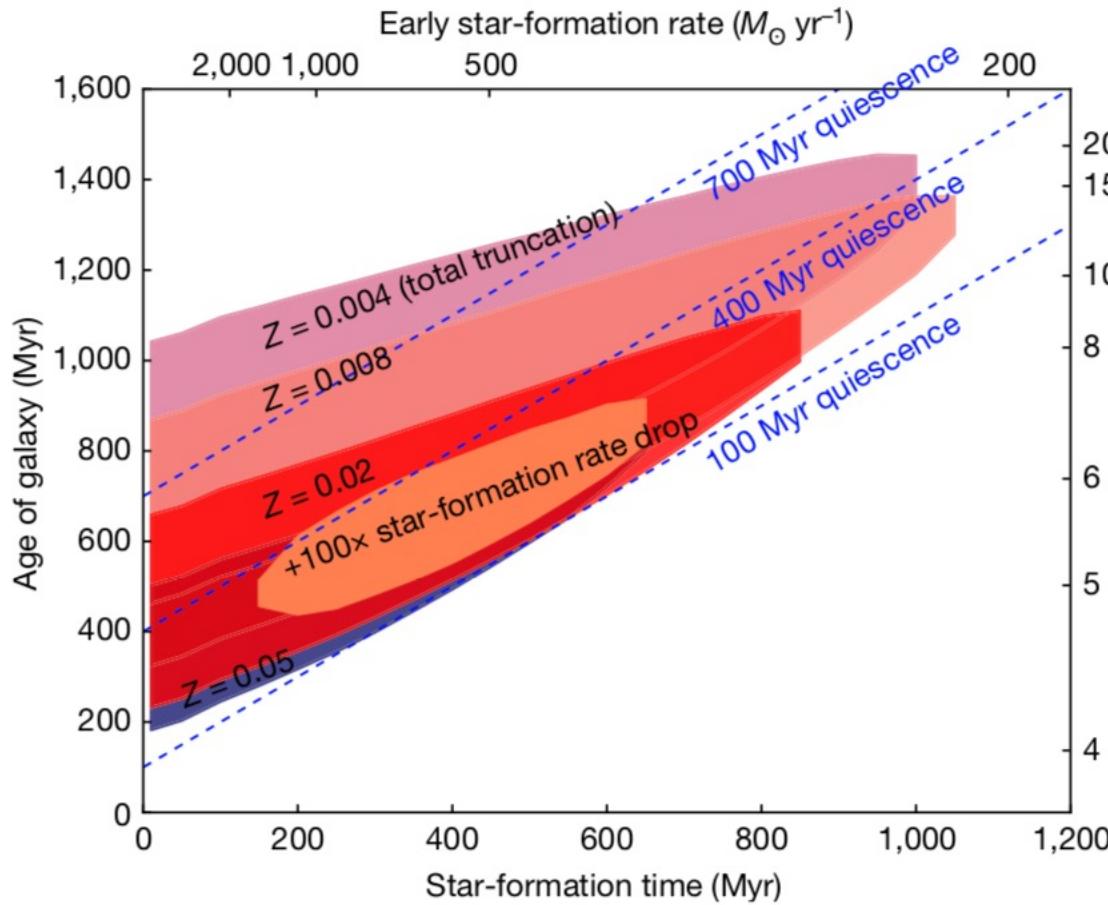
Down to $1 \times 10^9 M_{\odot}$ back to $z \sim 8-10$ with G-REX (1hr/band)

Hunting High-z Monsters !

Massive quiescent galaxies with strong Balmer abs. lines at $z \sim 3.7$

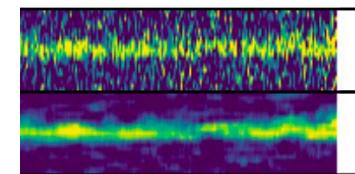
ZF-COSMOS-20115 at $z = 3.717$, $1.5 \times 10^{11} M_{\odot}$, $K(AB) = 22.4$

Glaž

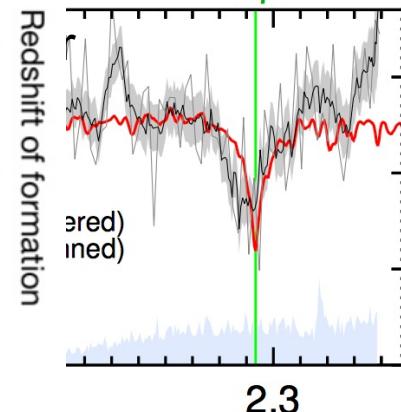


Kec

more (24) samples



$H\beta$



atively.

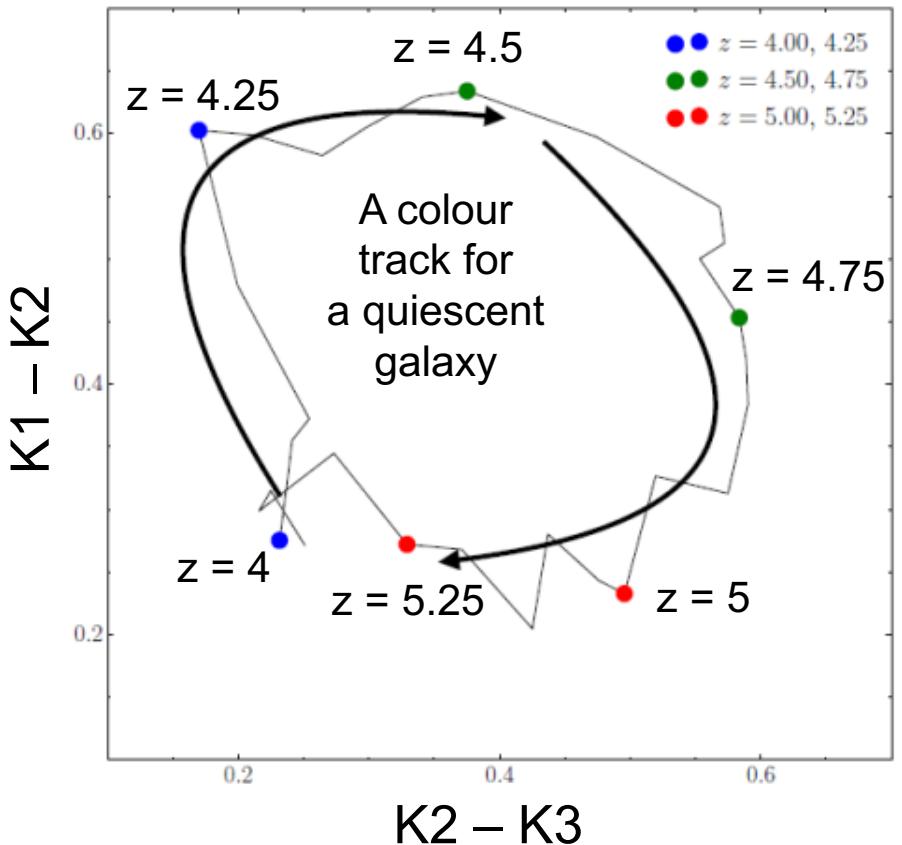
The existence of such massive high-z monsters, and/or their old stellar populations, can put strong constraints on cosmology & galaxy formation theory.

RUBY-RUSH

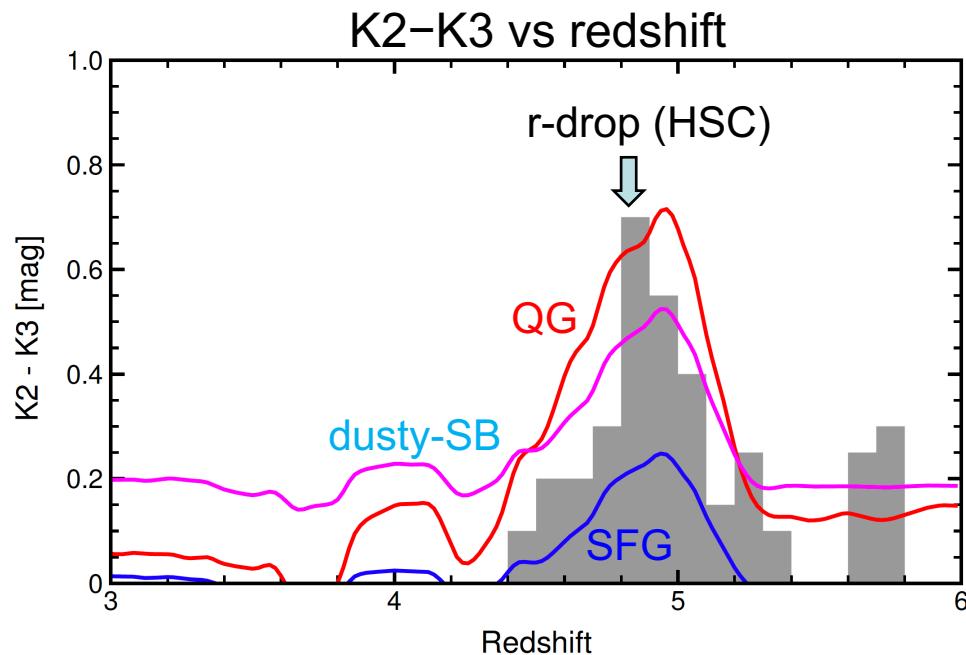
Red Ultra-massive Billion-YeaR-Universe SHiners
 (Kodama et al., Tadaki et al.)



SWIMS MBFs (K1, K2, and K3) will capture the Balmer-break to $z=5$



Toshikawa et al.

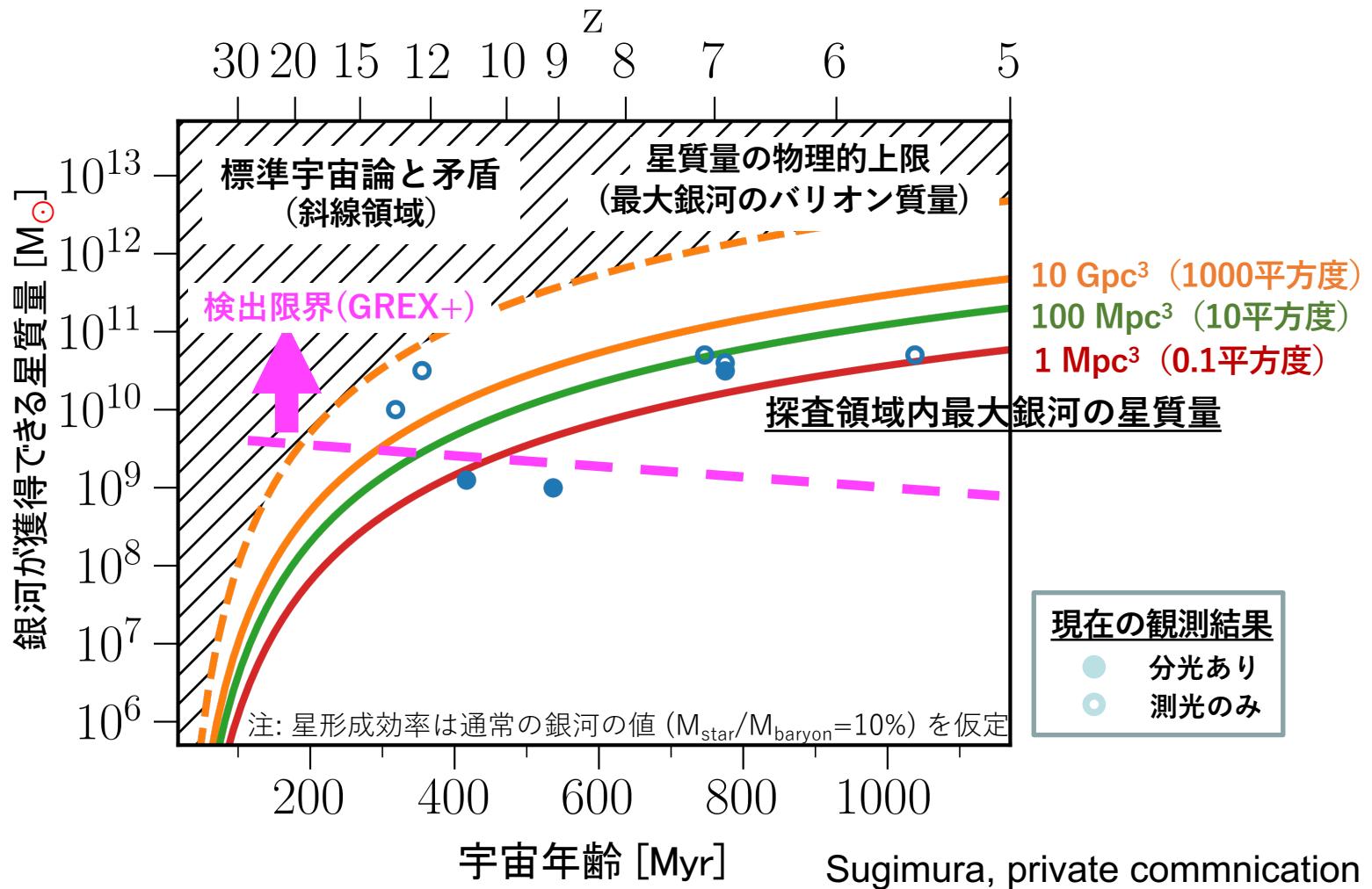


$K_2 - K_3$ can neatly capture Balmer break
 at $4.6 < z < 5.1$ (same as the r-drop range)

Tadaki et al.

GREX-PLUS can go up to $z \sim 10$!

遠方宇宙の大質量銀河の存在は、銀河形成論に強い制限を与える

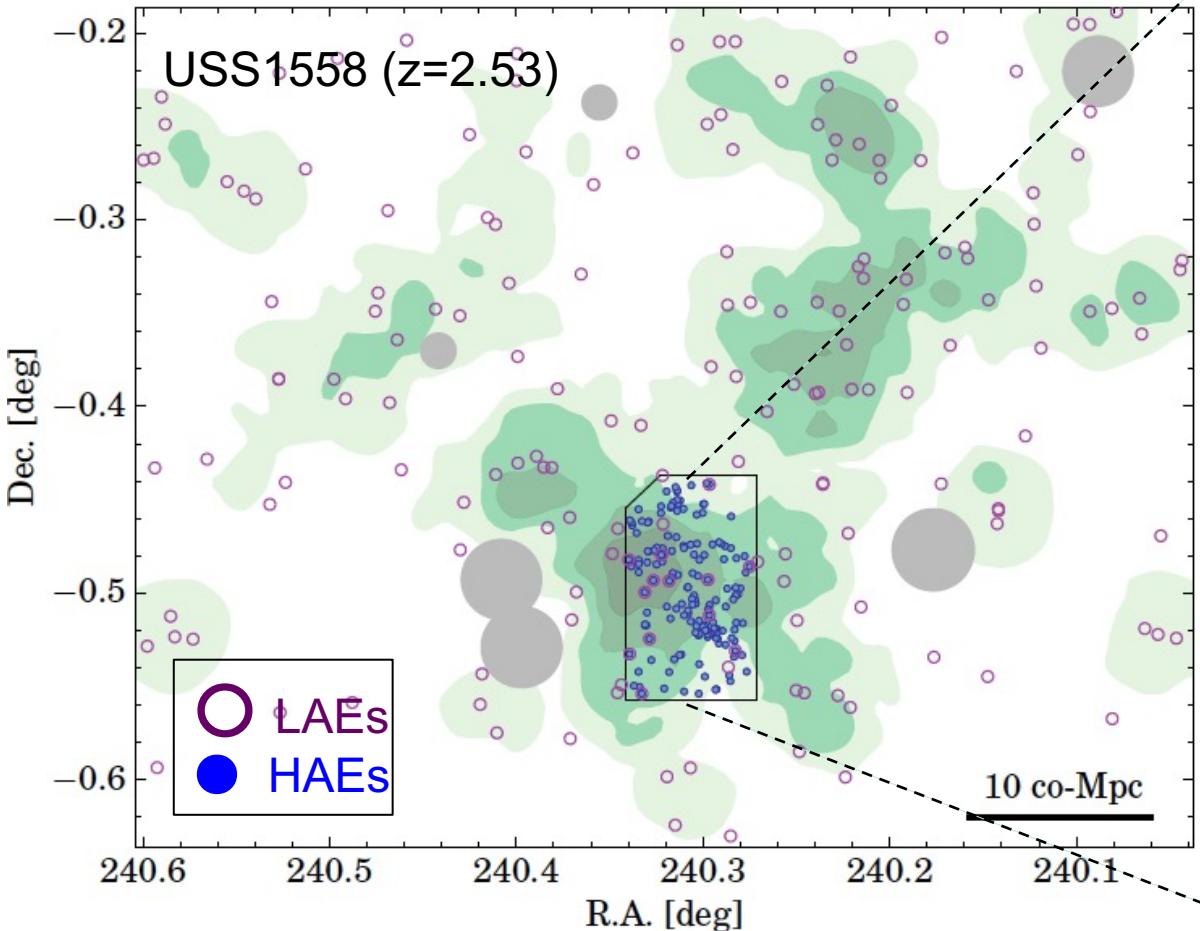


JWSTの1平方度程度のサーベイでは、 $z=5$ で $10^{11}M_{\odot}$ クラス、 $z=10$ で $10^{10}M_{\odot}$ クラスの巨大銀河は、存在しても稀すぎてなかなか見つからない。

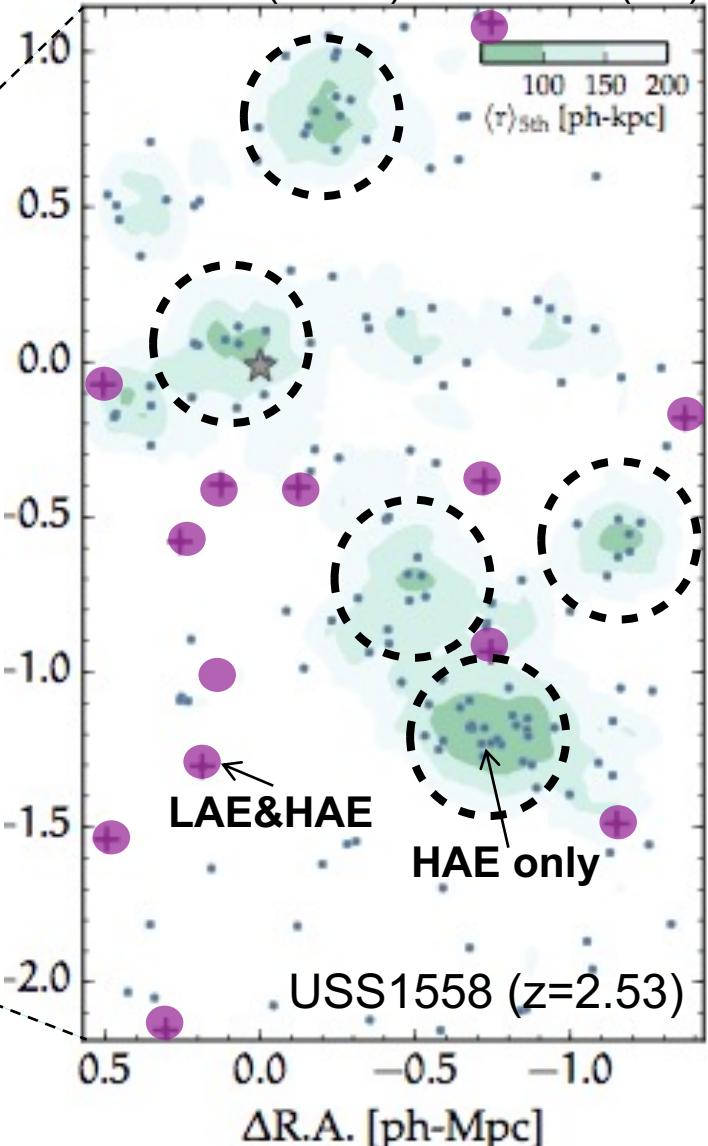
Large scale structures traced by star forming galaxies (Ly α , H α)

Dual NB survey (Ly α , H α) of USS1558 at $z=2.53$

Suprime-Cam (34' x 27') – NB429 (Ly α)



MOIRCS (7' x 4') – NB2315 (H α)



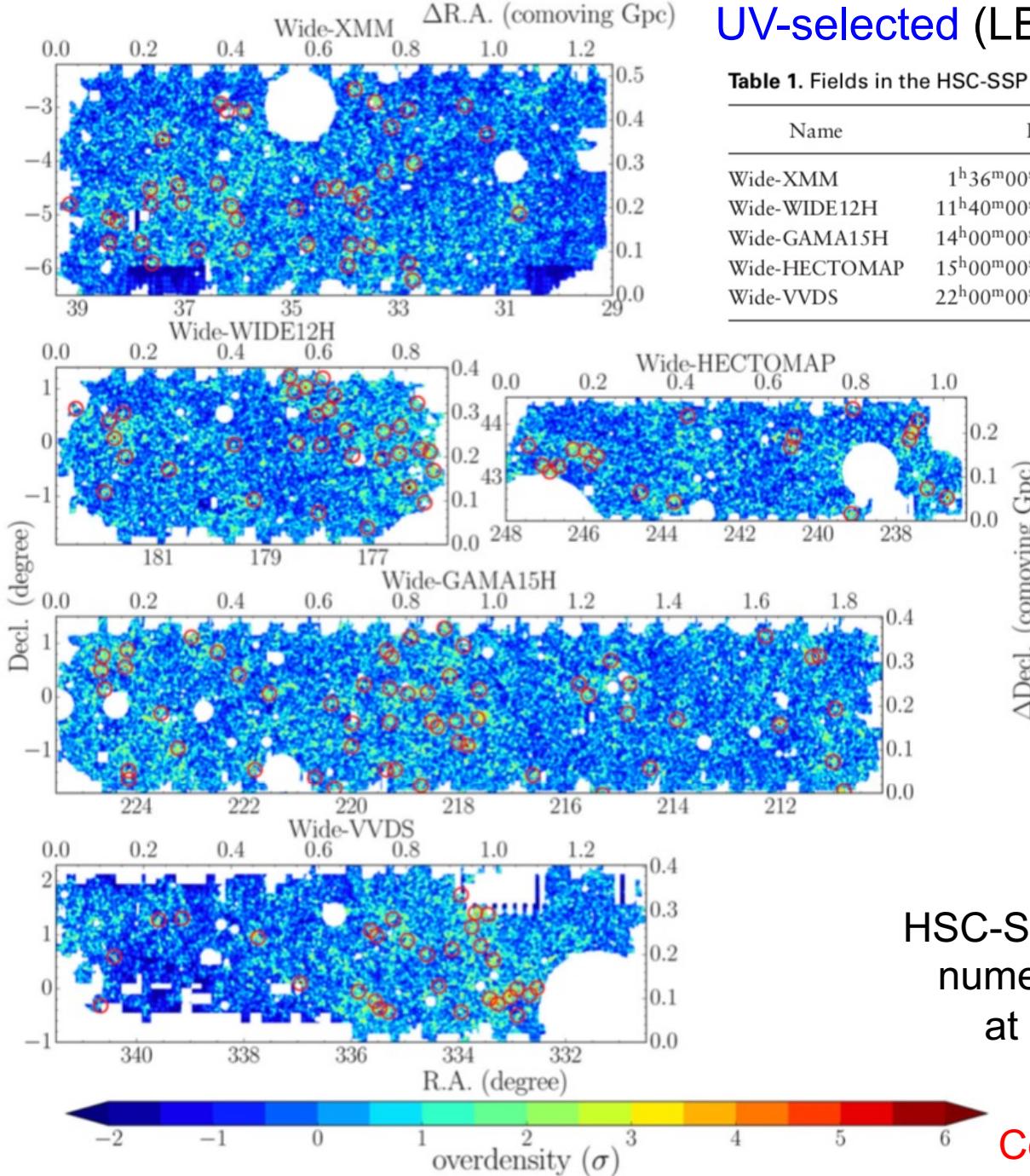
Dual emitters (LAE&HAE) avoid the dense clumps!
→ Dense cores are enshrouded by HI gas or dust

Shimakawa et al. (2017)

UV-selected (LBGs) protoclusters at high-z

Table 1. Fields in the HSC-SSP S16A data release.

Name	RA	Dec	Effective area [deg ²]
Wide-XMM	1 ^h 36 ^m 00 ^s –3 ^h 00 ^m 00 ^s	–6°00'00"–2°00'00"	31.3
Wide-WIDE12H	11 ^h 40 ^m 00 ^s –12 ^h 20 ^m 00 ^s	–2°00'00"–2°00'00"	17.0
Wide-GAMA15H	14 ^h 00 ^m 00 ^s –15 ^h 00 ^m 00 ^s	–2°00'00"–2°00'00"	39.3
Wide-HECTOMAP	15 ^h 00 ^m 00 ^s –17 ^h 00 ^m 00 ^s	42°00'00"–45°00'00"	12.6
Wide-VVDS	22 ^h 00 ^m 00 ^s –23 ^h 20 ^m 00 ^s	–2°00'00"–3°00'00"	20.7



GOLD-RUSH

Great Optically Luminous Dropout
Research Using Subaru HSC



HSC-SSP survey has been identifying
numerous proto-cluster candidates
at $2 < z < 6$ with LBG technique.

Cons: SF-limited, dust extinction

NIR (rest-frame optical) wide-field observation is essential to probe stellar-mass-selected LSSs/protoclusters at high-z

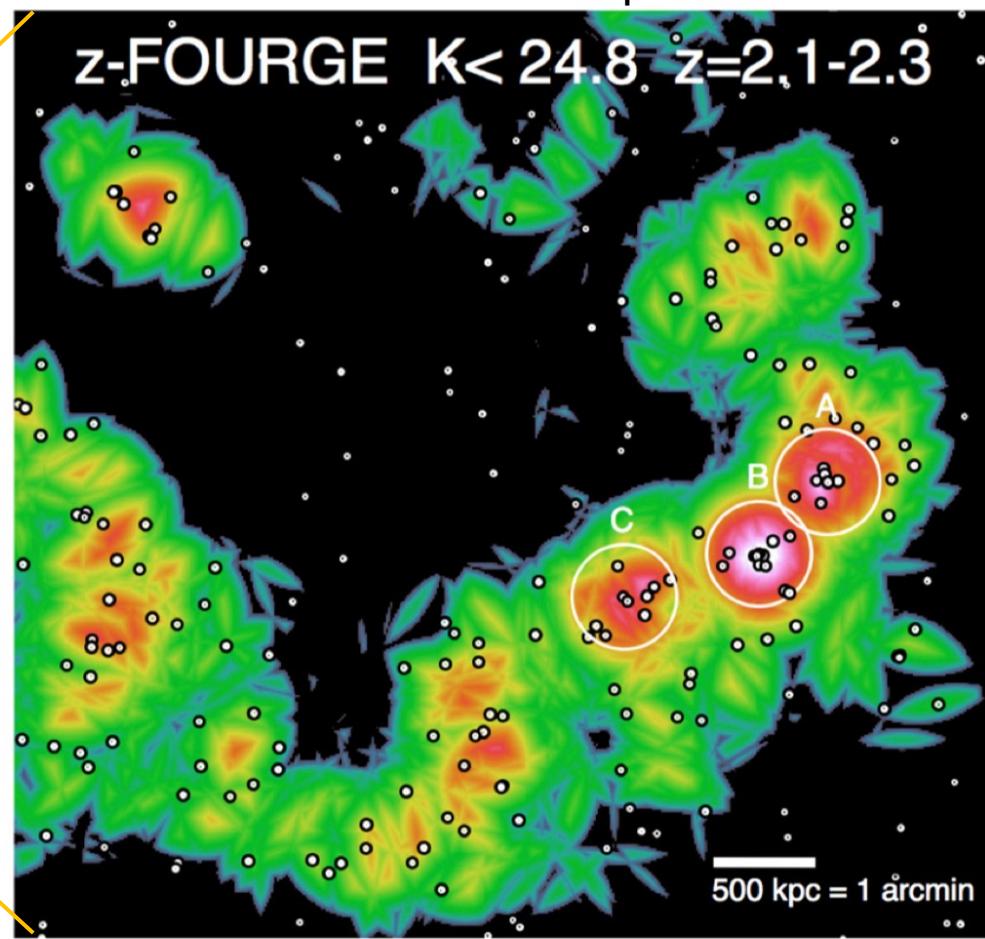
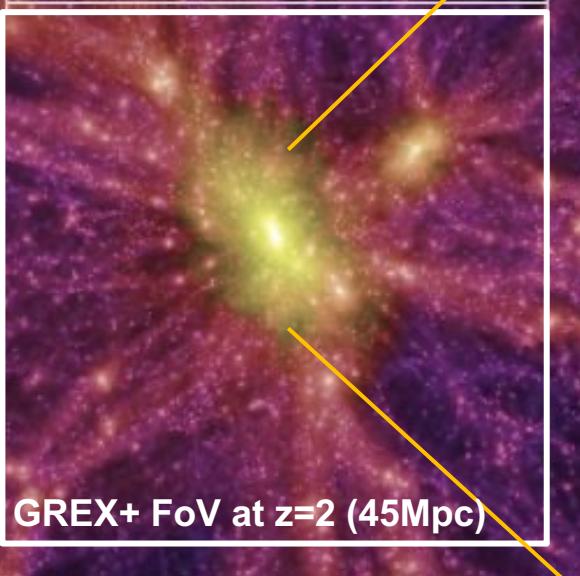
Spitler et al. (2012)

~5Mpc on a side

N-body simulation

Springel et al. 2005

31.25 Mpc/h

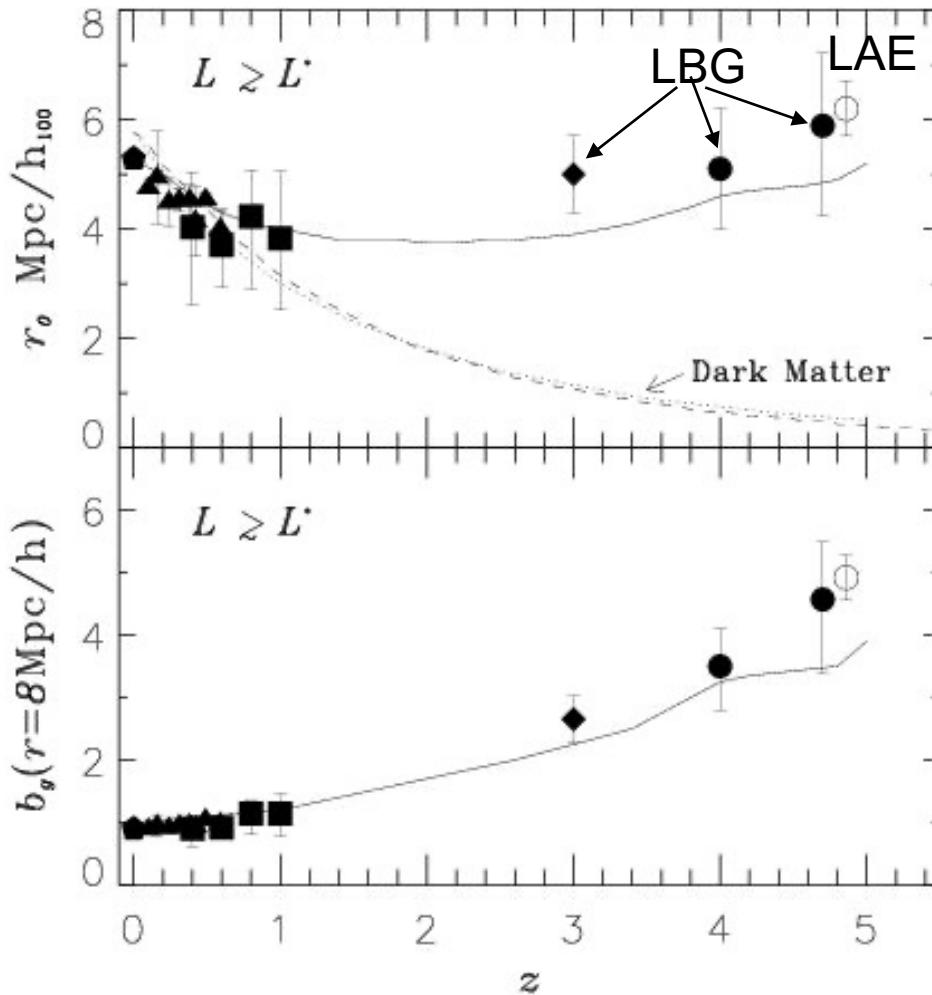


K-band and J1,J2 selected LSS at $z \sim 2$

GREX-PLUS FoV = 30 arcmin = 45 Mpc ($z=2$) and 70 Mpc ($z=5 \sim 8$) in co-moving scale

Grims/NB (optional) can also trace H α emitters (SFGs) to $z \sim 7$ in coordination with HSC Ly α emitters.

遠方(星形成)銀河のクラスタリングとバイアス



$$\delta = \frac{\rho - \bar{\rho}}{\bar{\rho}}$$

$$\delta_{\text{obj}} = b \delta_{\text{dm}}$$

$$\xi_{\text{obj}} = b^2 \xi_{\text{dm}}$$

b : バイアス

Ouchi et al. (2005)

紫外光選択の銀河は、星形成活動やダスト吸収の影響を受けるので、質量集積史に対応する星質量分布を直接反映していない。LAEはさらにHIの分布と共に鳴散乱の影響のため、より複雑。

近赤外線(2-10μm)のサーベイによって初めて、遠方宇宙の「星質量分布」を定量化し、クラスタリング解析や、大規模構造、原始銀河団の特定などをすることができます。

まとめ

GREX-PLUSによる2-5(10) μm の撮像サーベイにより、 $z=10$ から現在に至る、ビルディングブロックから大質量銀河、大規模構造までの質量集積史を明らかにする

銀河スケール

- * $z=10$ に至る銀河の星質量関数を $10^9 M_{\odot}$ まで構築し、銀河スケールの質量集積史を探る。
- * $4 < z < 10$ に至る大質量銀河の個数密度を測定し、銀河形成タイムスケールとバイアスを探る。

銀河団(LSS)スケール

- * $z=10$ に至るまで、星質量選択の大規模構造をトレースし、クラスタリング史を探る。
- * $4 < z < 10$ の星質量選択の原始銀河団を同定し、銀河団スケールの質量集積史を探る。
(オプション: * $z=7$ まで Ly α /H α 比を使ってHIトモグラフィーを行い、ガス集積史を探る。)

科学テーマ	ミニマムサクセス	ノミナルサクセス	エクストラサクセス
星質量集積史(銀河スケール)	$z>5$ で大質量銀河(星質量で $5 \times 10^{10} \text{Msun}$ 以上)を複数発見する。	$3 < z < 8$ で 10^9Msun の銀河まで検出し星質量関数の初期進化史を描く。	$3 < z < 8$ でクラスタリング解析に十分な数の銀河を検出し、銀河スケールの恒星質量-ハロー質量関係とその進化を描く。
星質量集積史(銀河団スケール)	$z>5$ で星質量選択の原始銀河団(10^{13}Msun 以上)を複数発見する。	$z>5$ に星質量選択の原始銀河団(10^{13}Msun 以上)を10個以上発見する。	$3 < z < 8$ でクラスタリング解析に十分な数の原始銀河団を検出し、銀河団スケールの恒星質量-ハロー質量関係とその進化を描く。