

# PFSへの期待

---

柏川伸成 （国立天文台）

# SACからの期待

## ■ 2011年1月19日SAC「PFSに関するSAC提言」

SACはすばるの次世代装置としてPFS計画を推進することを以下の条件付きで推奨する。

- 1 装置はコミュニティが納得する仕様を実現すること
- 2 計画推進強化のために、日本人マネジャーを中心とした国内体制を確立すること
- 3 SAC代表が今後の国際協力交渉の重要な局面に参加すること
- 4 人材育成の観点から若い人を装置開発に参加させる枠組みを作ること

## ■ SAC 意見交換会 (Feb.24)

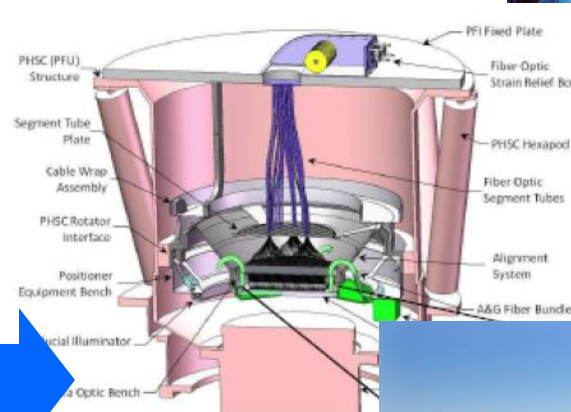
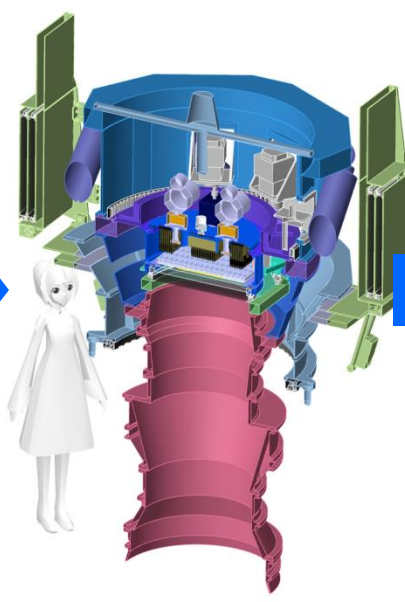
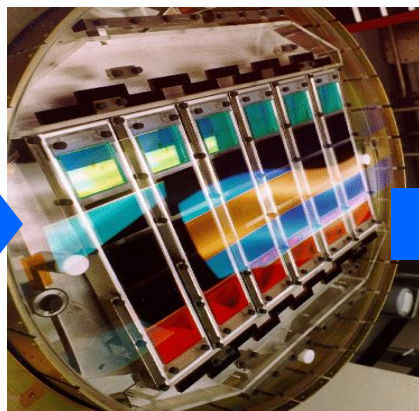
- スペックを落としもしも遅らせずもせず、とにかく予算を獲得するのであるという装置Gの強い意志表明。

## ■ PFS review (Jul.7) → 高田さん's talk

## ■ 今後: PFSの必要最低性能とそのスケジュールについて議論

関連して、HSC/PFS SSPの共存、SSPデータ公開、解析パイプラインなどコミュニティからの要望を聞きたい。

# TMTからの期待



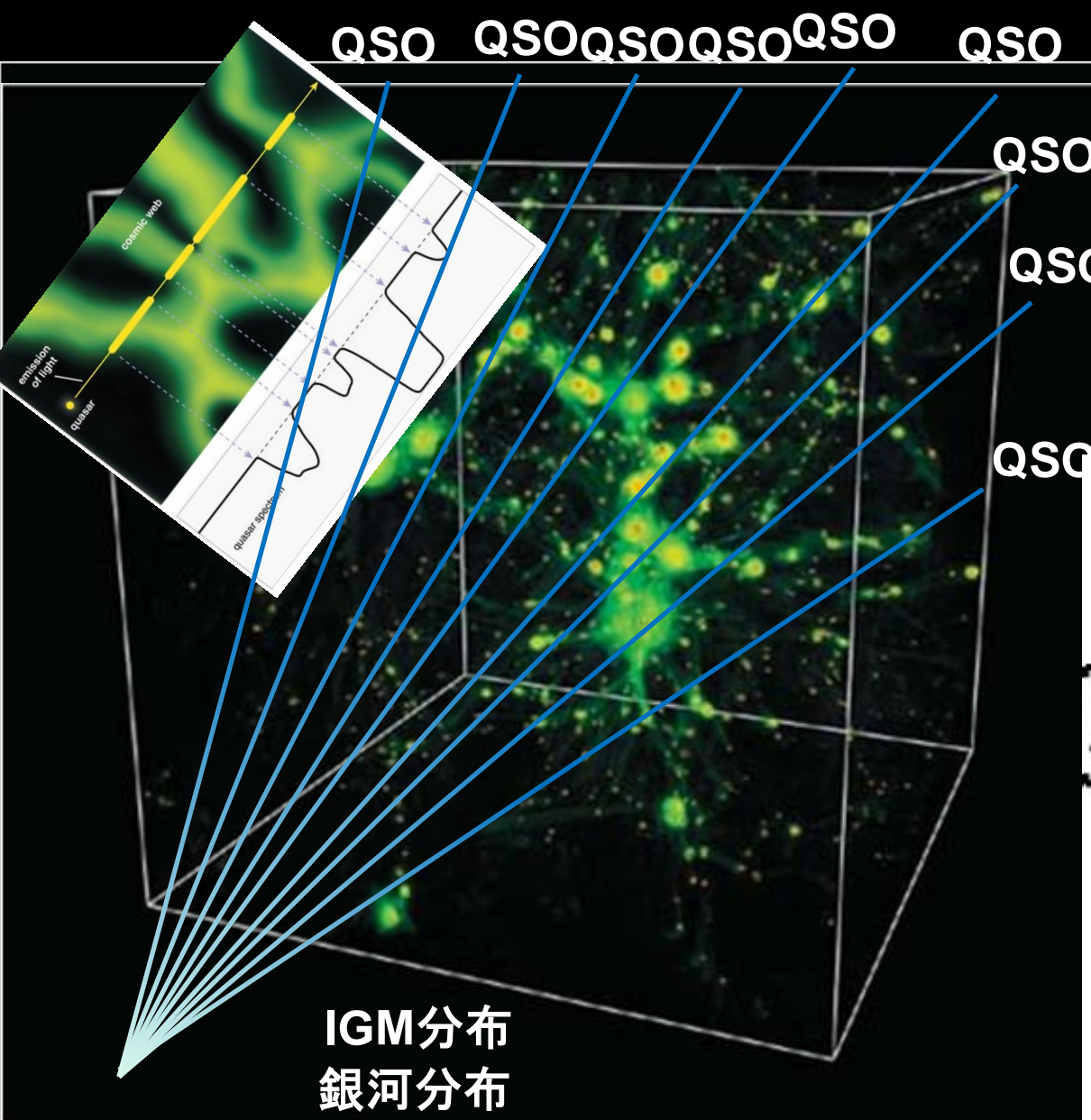
Survey	Diameter	FoV (deg <sup>2</sup> )	Resolution	# fibers	Starting:	N/S
SDSS-IV	2.5	7	2000/20,000	1000/300	2014	N
PFS	8.2	1.1	2400-5000	2400	2018	N
ngCFHT	10		2000-20,000	800/3200	2021	N
BigBOSS	3.8	7	3000-4000	5000	2018	N/S?
HETDEX	9.2	0.1	700	33,600	2014	N
4MOST	4	>3	5000/20,000	>1500	2018	S
LAMOST	4	20	1800	4000	2012	N
Euclid	1.3	1	250	(slitless)	2020	Both
AFTA/ WFIRST	2.4	0.28	550-800	(slitless)	2021	S

**LSST followup spec. candidates**

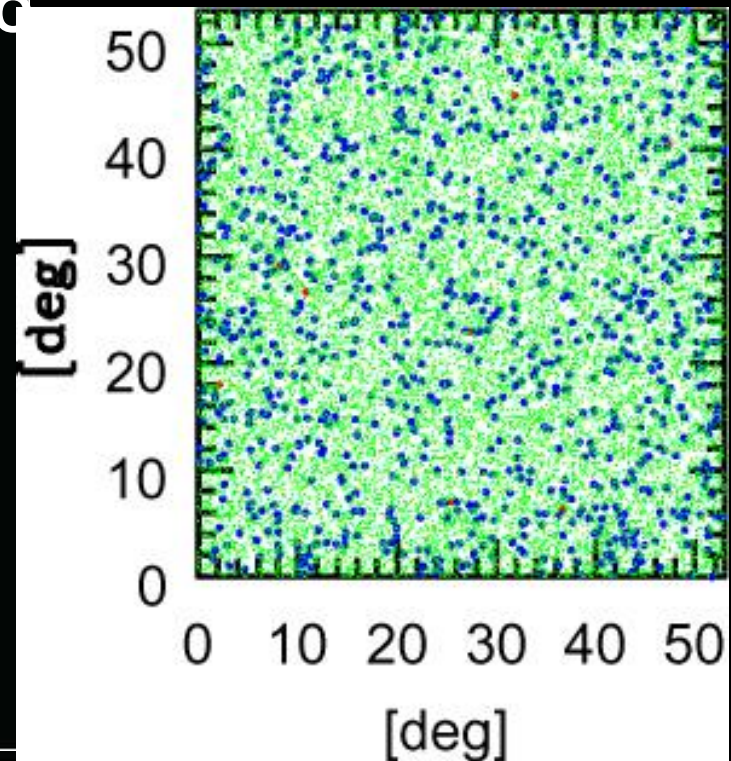
**“Spectroscopy in the Era of LSST”, 2013**



# IGM tomography

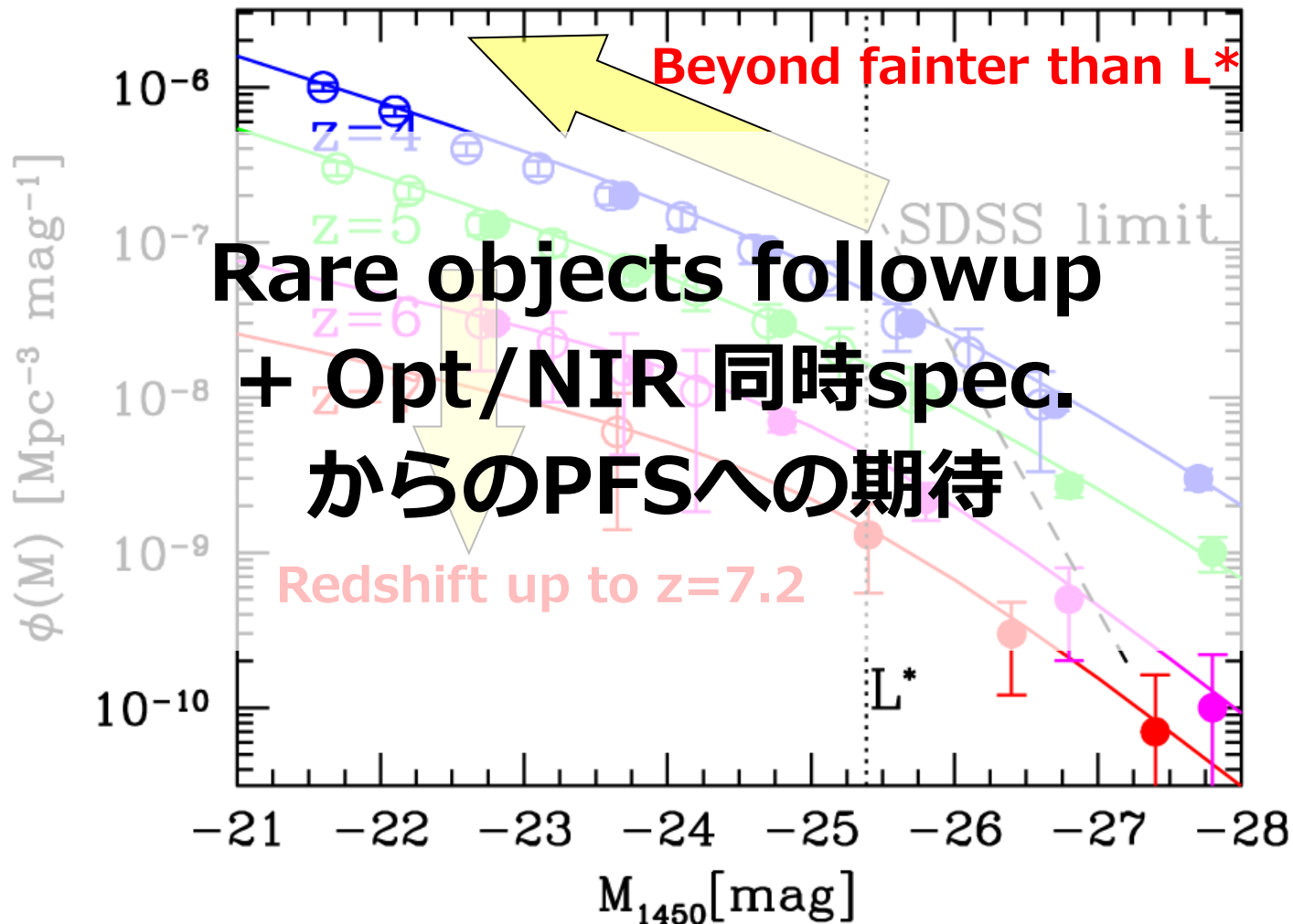


- LOS上しか分布がわからないというQAL最大の欠点を解消
- $< 300\text{kpc}$ の空間相関を得ることができる
- 背景光源の数密度が高くなればHI・metal・星・DMの3次元地図が描ける



# HSCからの期待

- Beyond the limit of SDSS: higher-z & fainter quasars
  - Large ground-base telescope
  - High-sensitivity instrument
  - Very wide FOV
  - Effective selection technique



# CGMに関する 3 つのお話

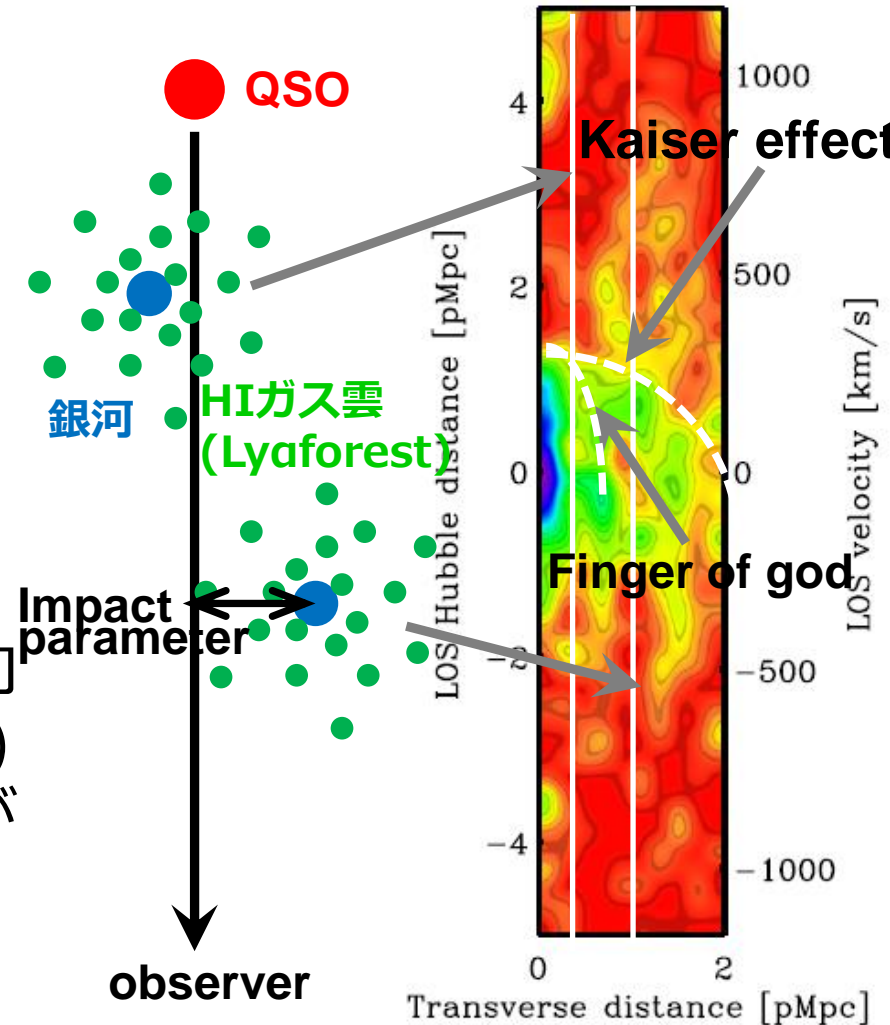
# CGM (Circumgalactic medium)

## 銀河の周囲に広がるHI ガス

QSO吸収線スペクトルを見ると、LOS上にある銀河の周囲( $\sim$ Mpc)で HI吸収が増えている。

いろんなimpact parameterのLOS上のoptical depth分布を銀河の位置を合わせてスタックして2Dmapを作る。

銀河から3Mpc内で確かにLyA吸収が増え、横方向よりもLOS方向に圧縮している("Kaiser effect")ことからlarge-scale gas infallがあることを指摘。(Rakic+2012)

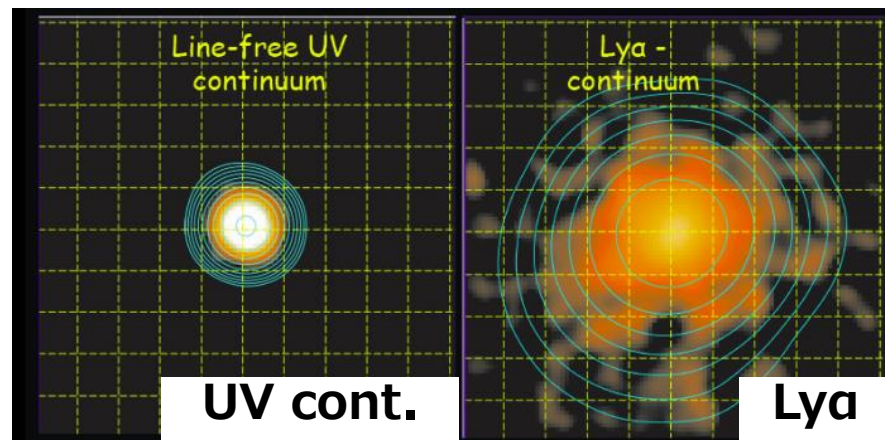
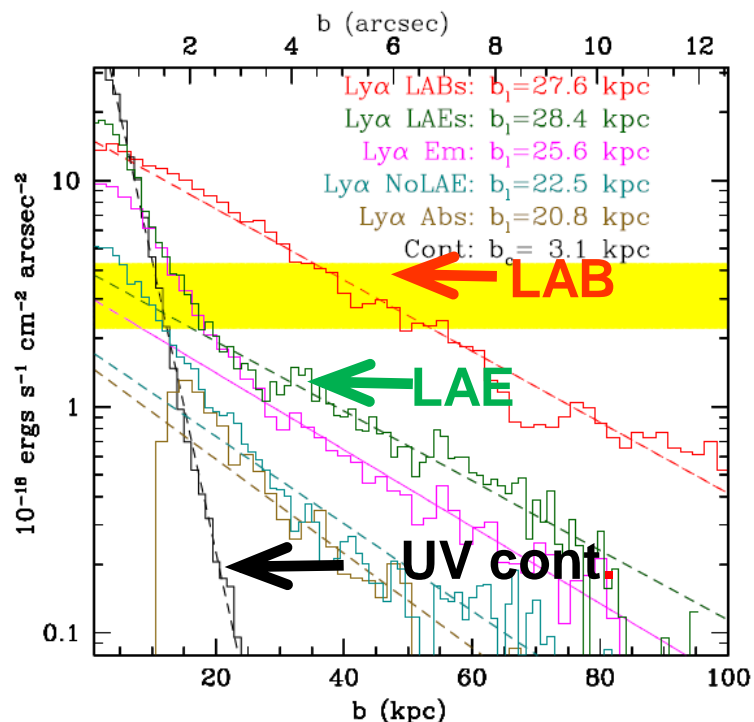




# CGM (Circumgalactic medium)

## ■ Ly $\alpha$ halo

- CGM中のHIは2Mpcまで広がりLy $\alpha$  photonを散乱する
- 普遍的なLy $\alpha$  haloの存在

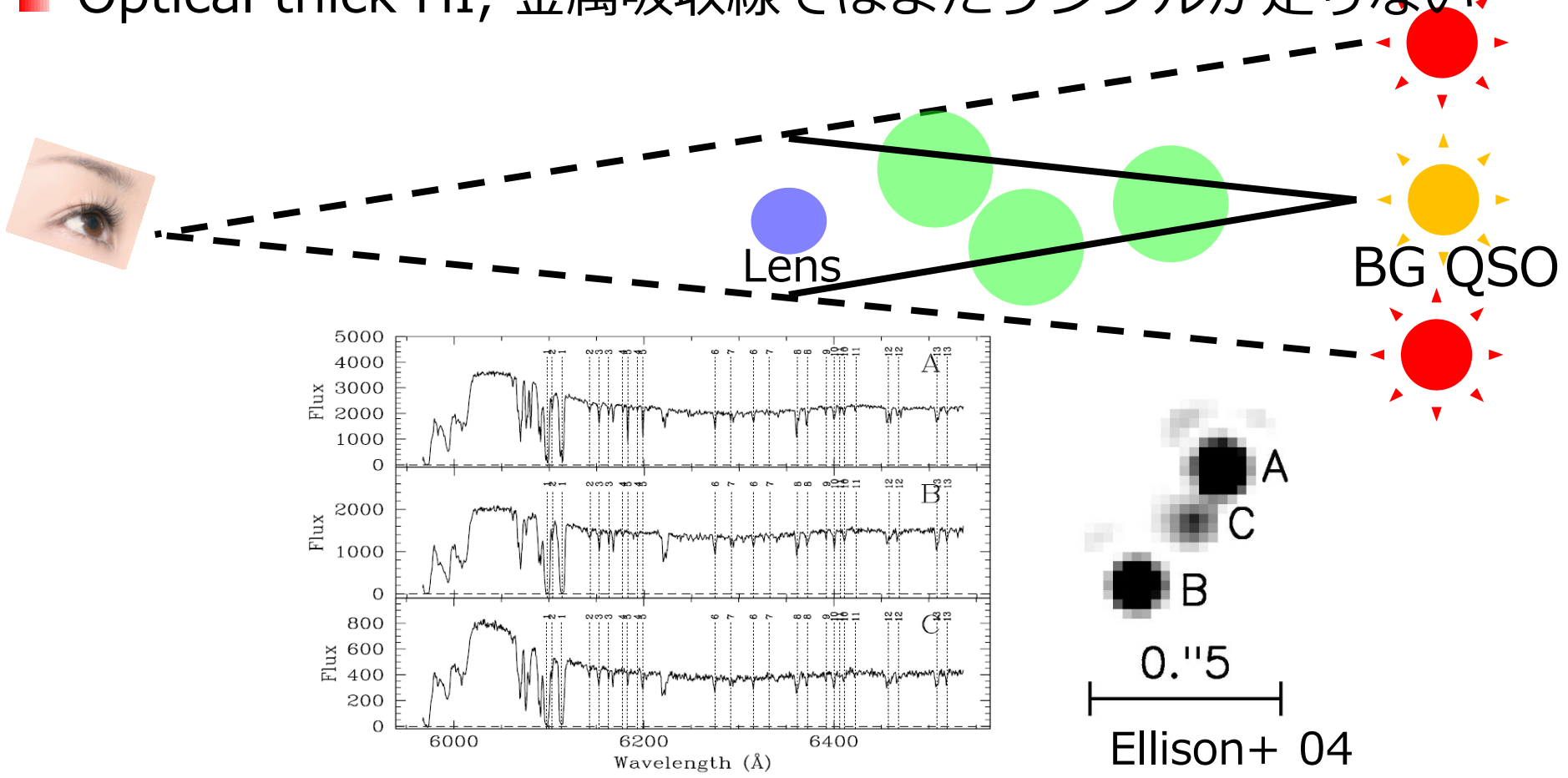


Steidel+ 11 see also Matsuda+12, Momose+14

- CGMからの物質の降着 → 星形成の材料
- AGN, SNe, outflow → 銀河からCGMへのフィードバック
- CGMの詳細は未知: internal structure? diffuse or clumpy?

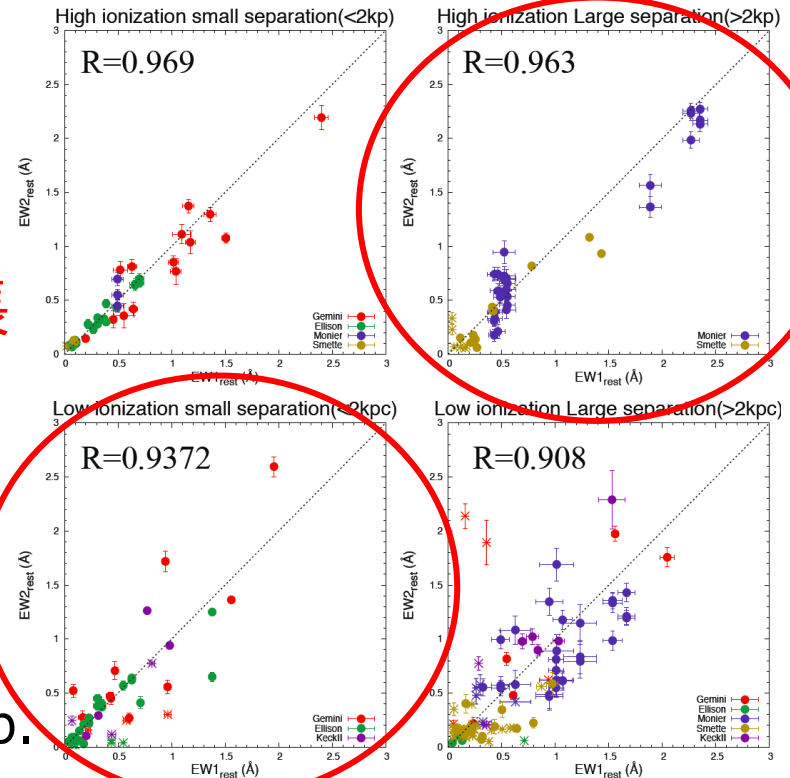
# CGM構造を探る I

- (lensed) QSO pairを用いて近接した2つのLOS上の吸収線強度を比較し、cloudのサイズ、構造、電離状態などに制限を与える。
- Ly $\alpha$  forestではよくやられる手法
- Optical thick HI, 金属吸収線ではまだサンプルが足りない



# CGM probed by multiple LOS

- 高電離吸収体(CIV)はサイズは大きくて一様, 低電離(MgII)のサイズは小さくでclumpy
- 13天体ではまだ足りない。波長範囲が狭い。

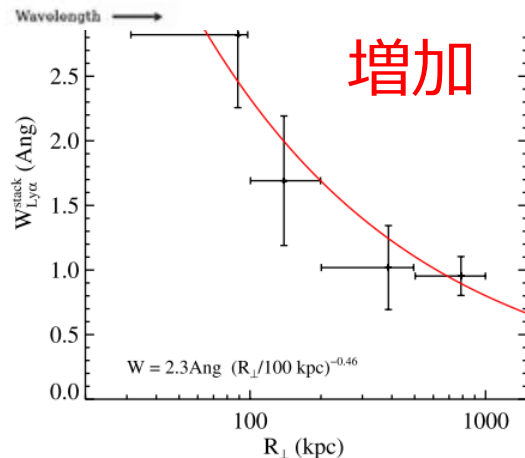
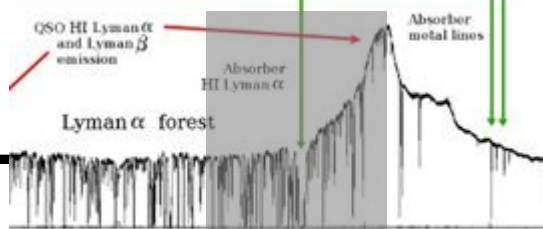
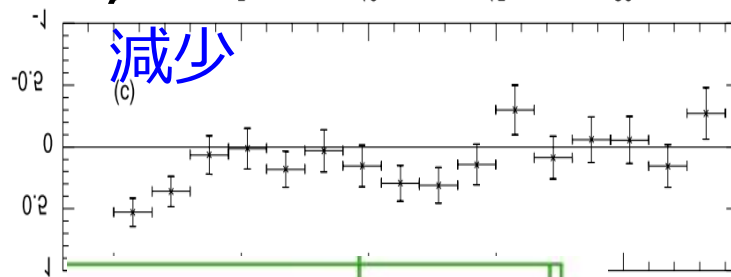


Koyamada+ in prep.

- BOSS+HSC lensed quasar sample  $\sim 40$ 個+400個
- separation: 0.01-100kpc @  $z=0.3-4.0$
- PFS → HI gas (DLA,LLS) + metal line (MgII,CIV, etc)
- HSC+PFS: photo-z+spec-z → identify host galaxies corresponding to the absorption lines
- CGM internal structure and its variation

# CGM構造を探る II

- proximity effect: the number of optically thin absorbers decreases in the vicinity of quasars (Bajtlik et al. 1988).
- QSO の近傍 (<8Mpc) ではQSOからの局所的な紫外光が強いためにLy $\alpha$  forestの数が減る。



HI absorberの視線方向と横断方向のクラスタリング傾向が逆

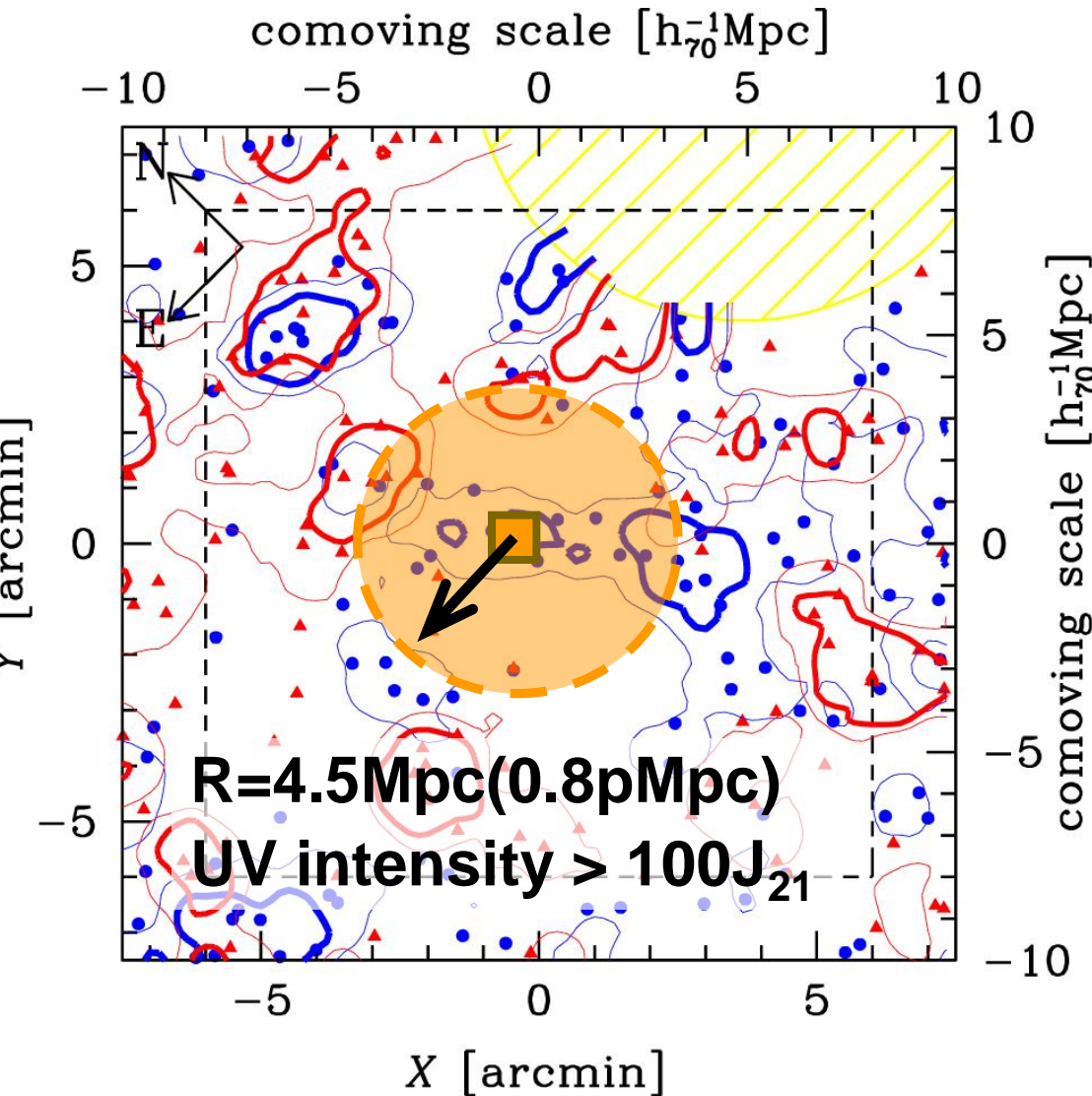
QSOの非等方放射によるもの?

BG QSO

Prochaska+ 13



# QSOの局所輻射環境



Photoionization による  
星形成阻害 or 銀河形成  
が著しく促進された領域

解釈 1 :

QSO周囲の高密度領域では  
LAEは既にすべてLBGに  
なってしまった。

解釈 2 :

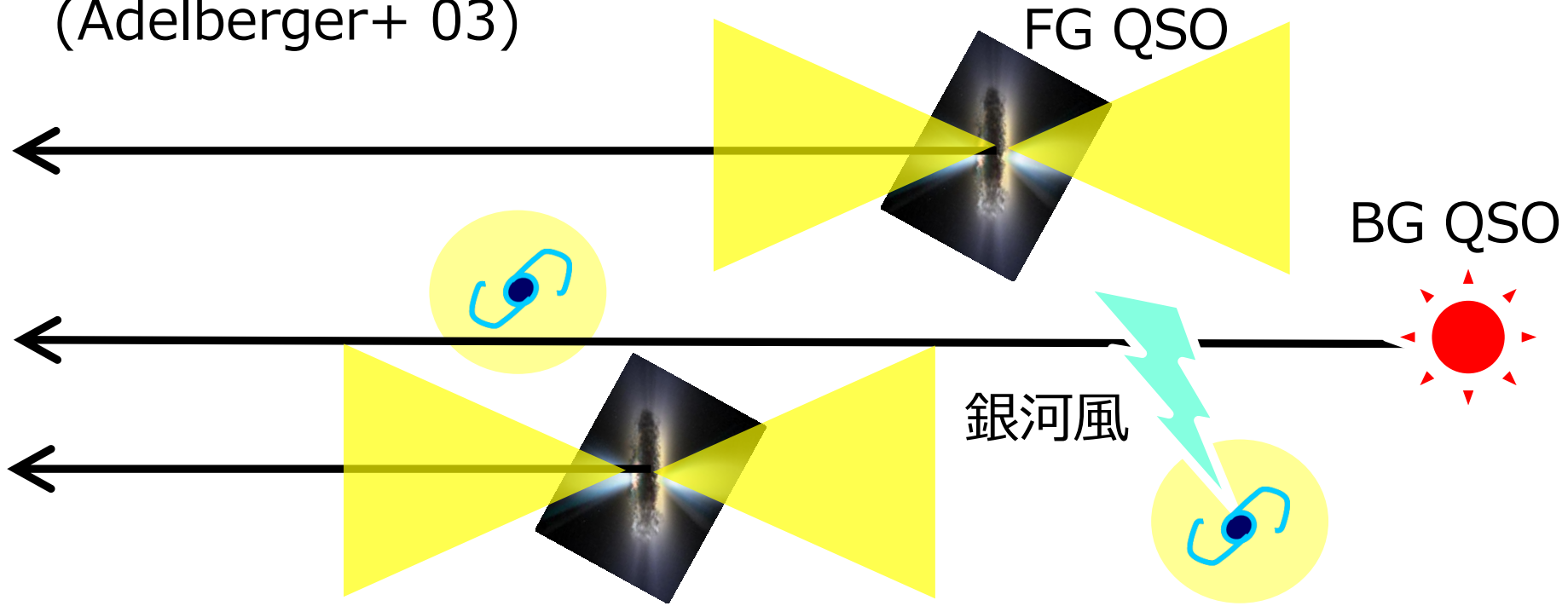
QSOのphotoionization  
effectによってLAEの星形成  
が阻害された。

解釈 3 :

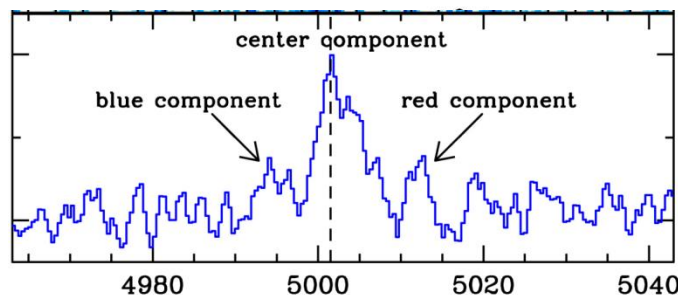
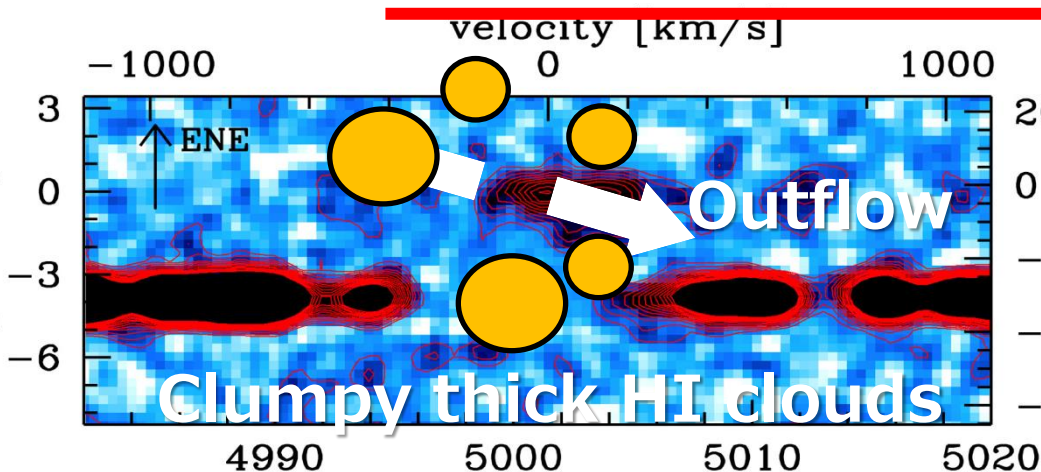
この領域だけたまたまLAEが  
ない？

# CGM構造を探る II

- HSCによるペアクエーサーサンプルに基づき、PFSによって系統的に、LOS and transverse proximity effect for QSOs and galaxiesを調べる事が可能。
- QSO luminosity dependence
- compared w/Isotropic? galaxy proximity effect(<1.0Mpc) (Adelberger+ 03)



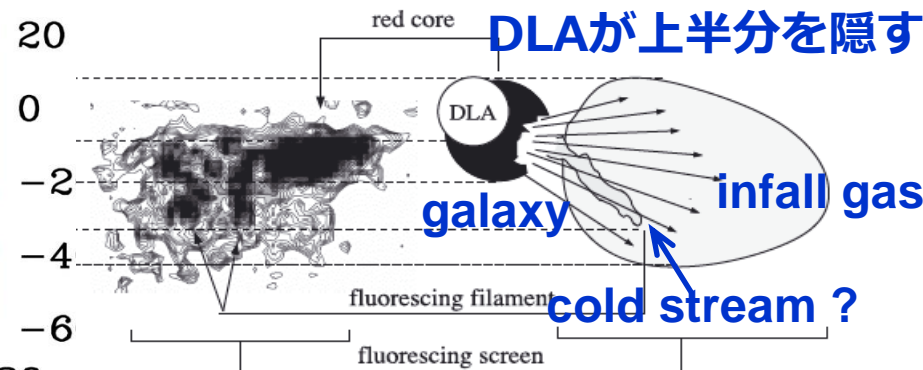
# DLA × outflow



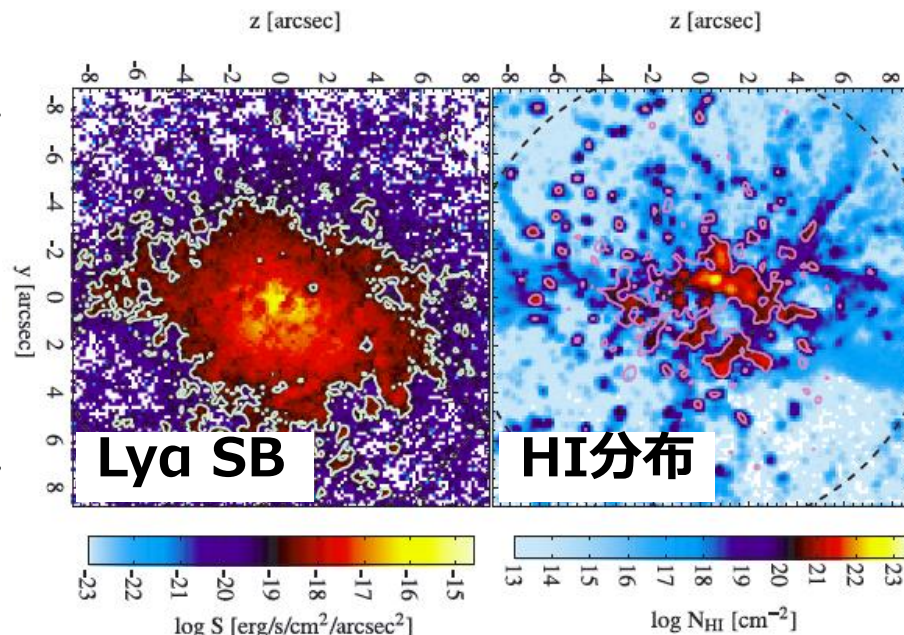
NK+ 13



Rauch+ 12



125 kpc



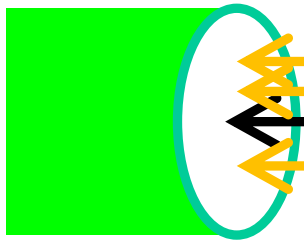
clumpy ISMを持つDLA銀河の輻射輸送モデル。複雑に散乱されたLyα photonは空間的に広がる (Barnes+ 11)

# CGM構造を探る III

- “Large-scale clustering of Lyman- $\alpha$  emission intensity from SDSS/BOSS” Croft et al. arXiv:1504.04088

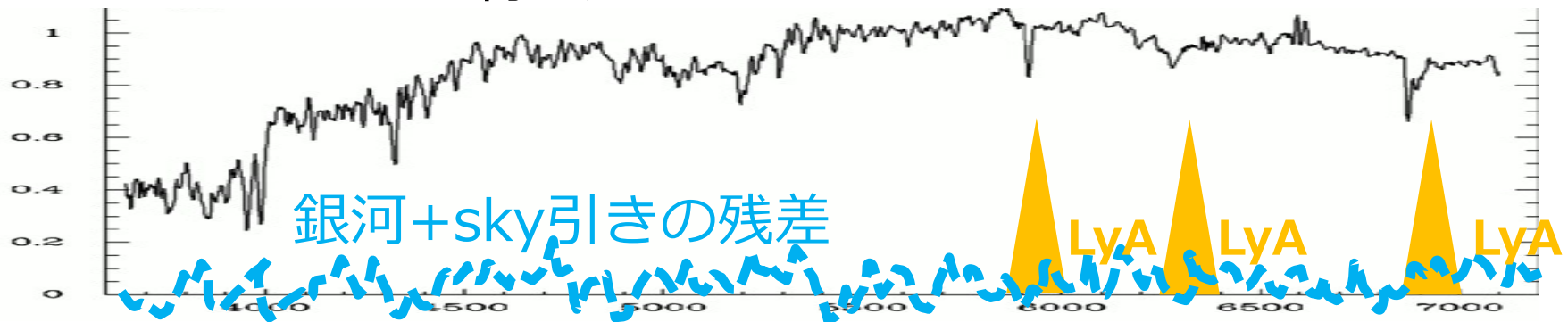
~100万個の銀河( $0.15 < z < 0.70$ )  
 $3647\text{\AA} < \lambda < 5470\text{\AA}$ のスペクトル  
→  $2.0 < z < 3.5$ のLyAに相当

~13万個の  
 $2.0 < z < 3.5$  QSO



ファイバー

銀河のスペクトルはbest-fit  
SEDモデルで除去



銀河+sky引きの残差



# CGM構造を探る III

- the 1st intensity mapping observation by cross-correlating the spectra from the SDSS with the QSO distribution at  $z = 2.55$

$$\xi_{q\alpha}(r) = b_q b_\alpha f_\beta \langle \mu_\alpha \rangle \xi(r)$$

$b_q$ : QSOのバイアスファクター

$b_\alpha$ : LyAのバイアスファクター

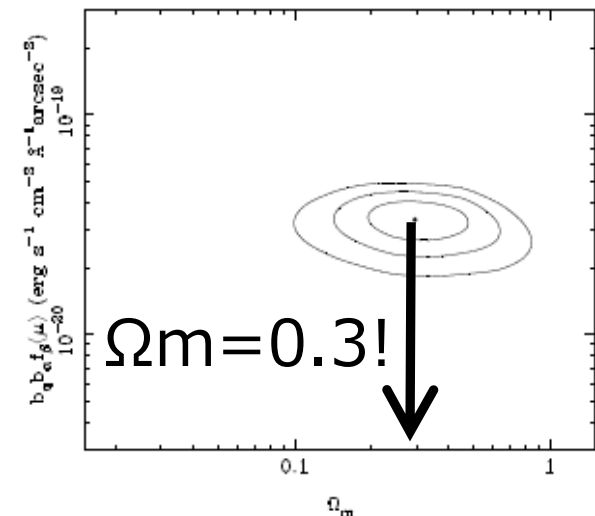
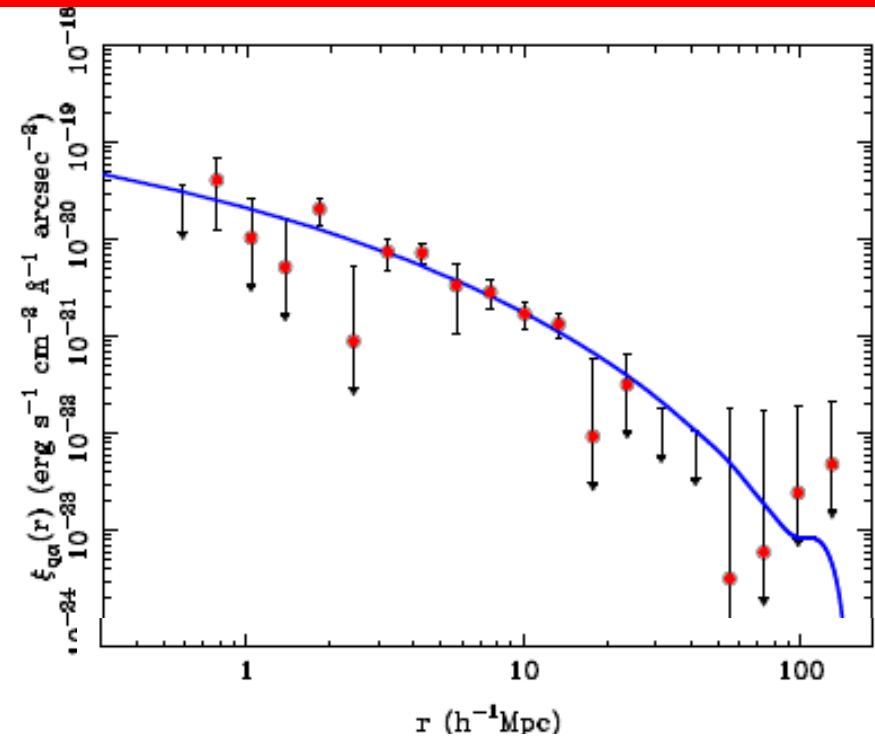
$f_\beta$ : redshift distortionの補正項

$\langle \mu_\alpha \rangle$ : LyAの平均表面輝度

$\xi(r)$ :  $\Lambda$ CDMのCF

$\Omega_m=0.3$ でベストフィット。

$\Lambda$ CDMから予測される $z=2.55$ での mass spectrumに起因した相関だと考えられる。

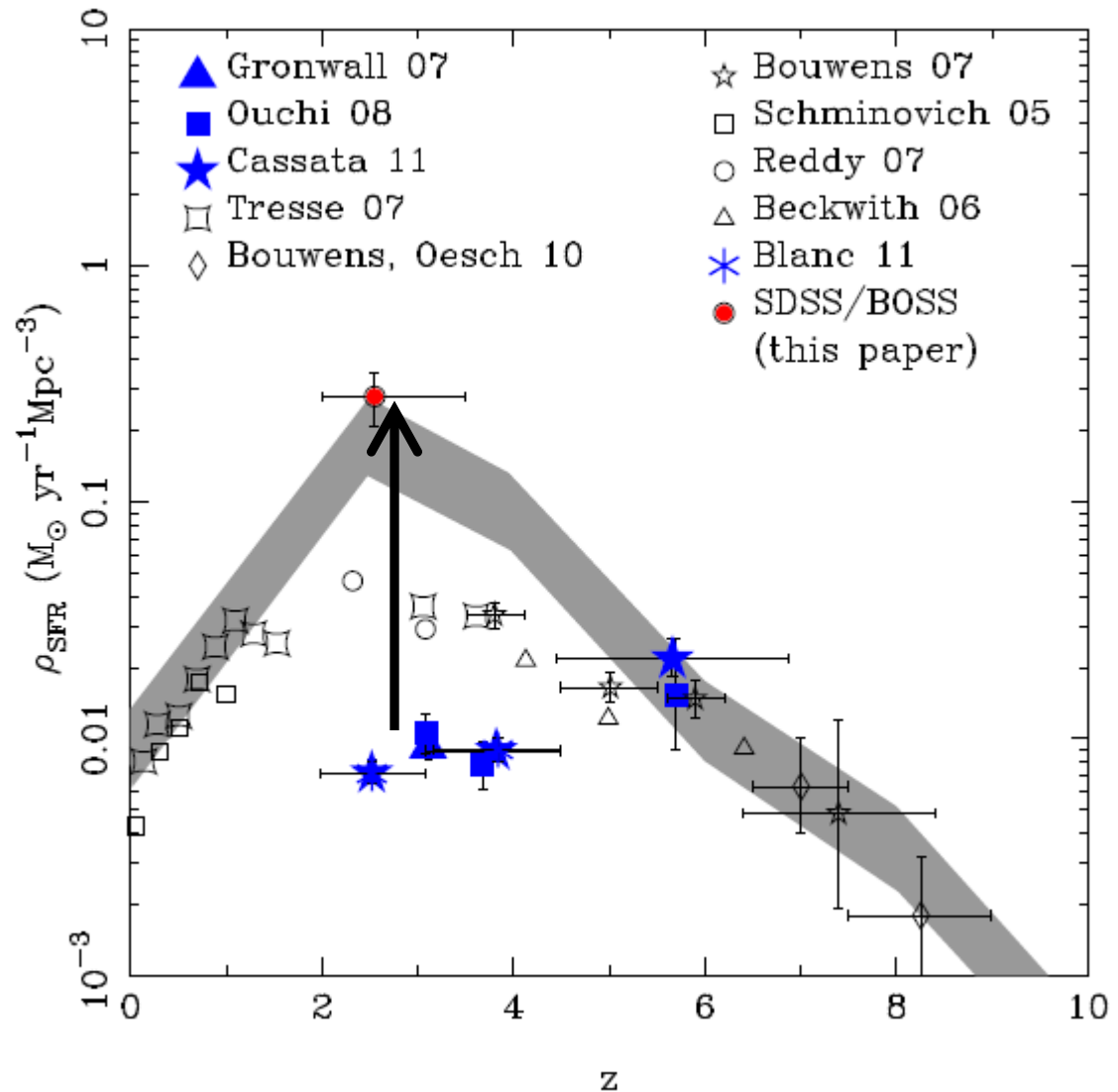


# CGM構造を探る III

■ 得られたLyA 表面輝度は、ダスト吸収補正をしたSFDRによく一致

→  $z \sim 2.55$ のすべての銀河のCGMから脱出したLyA photonをすべて検出したと考えてもよい?

■ PSFを使えばもっと精度よく大規模な測定ができる。QSOではなくて同じ $z$ にある銀河の大規模サンプルとのcross-correlationが取れる。CGMの進化も



- 光(輝線)だけでなく影(吸収線)にも期待
- 余剰ファイバーにも期待
- CGM
  - Size, internal structure
  - LOS and transverse proximity effect
  - Ly $\alpha$  intensity mapping