

面分光研究会 2019

大規模面分光サーベイでの AGNカタログ作成とサイエンス

HETDEX × HSC

東京大学宇宙線研究所
鹿熊亮太

"一般的な" 銀河のガス, フィラメント

寄り道 (宣伝)

arXiv.org > astro-ph > arXiv:1906.00173

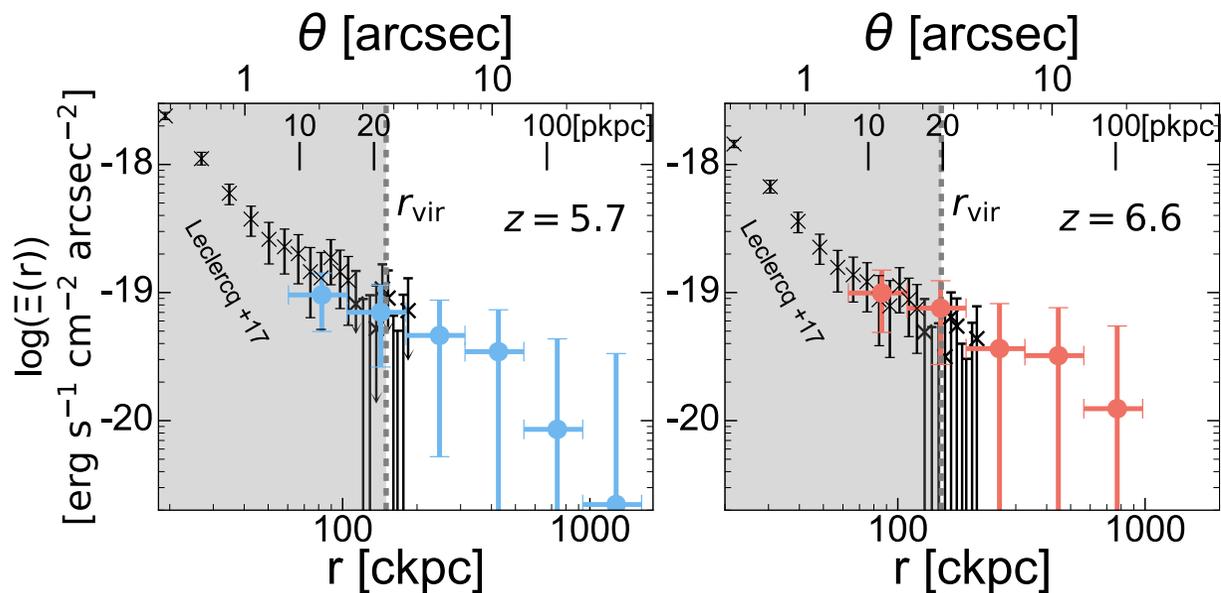
Search...

Help | Advance

Astrophysics > Astrophysics of Galaxies

SILVERRUSH. IX. Ly α Intensity Mapping with Star-Forming Galaxies at $z = 5.7$ and 6.6: Ly α Emission Extended at > 150 comoving kpc Beyond the Virial-Radius Scale of Galaxy Dark Matter Halos

Ryota Kakuma, Masami Ouchi, Yuichi Harikane, Akio K Inoue, Yutaka Komiyama, Haruka Kusakabe, [Chien-Hsiu Liu](#), Yuichi Matsuda, Yoshiaki Matsuoka, Ken Mawatari, Rieko Momose, Yoshiaki Ono, Takatoshi Shibuya, Yoshiaki Taniguchi



► [Kakuma+ 19](#)

- ◆ HSC NB
- ◆ Cross-correlation
- "一般的な"銀河の周りのガスの『絵』見たい
- ◆ 物理起源探りたい

今日話したいこと

▶ 自分の Science Motivation

- ◆ SMBHの成長問題 → AGN の duty cycle 制限

▶ 面分光サーベイ: HETDEX

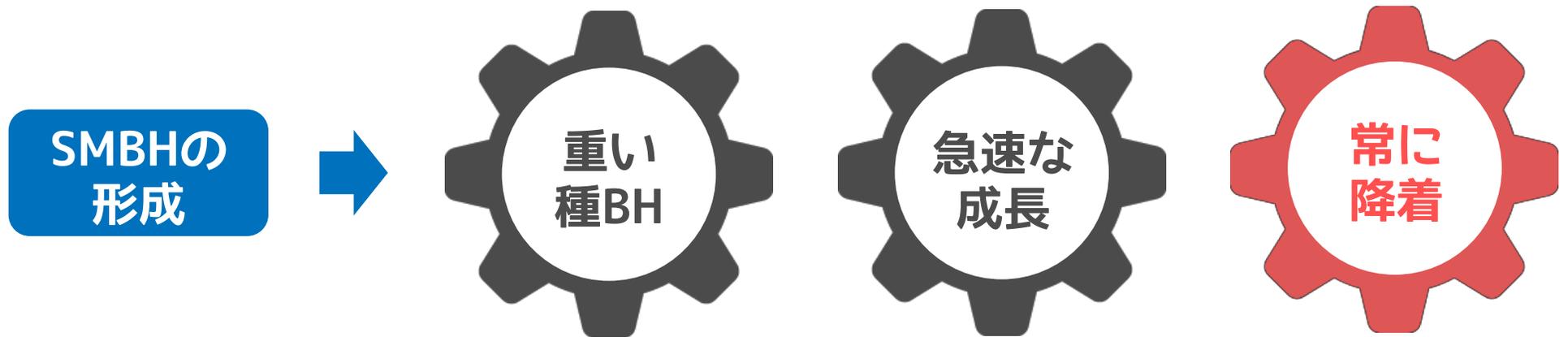
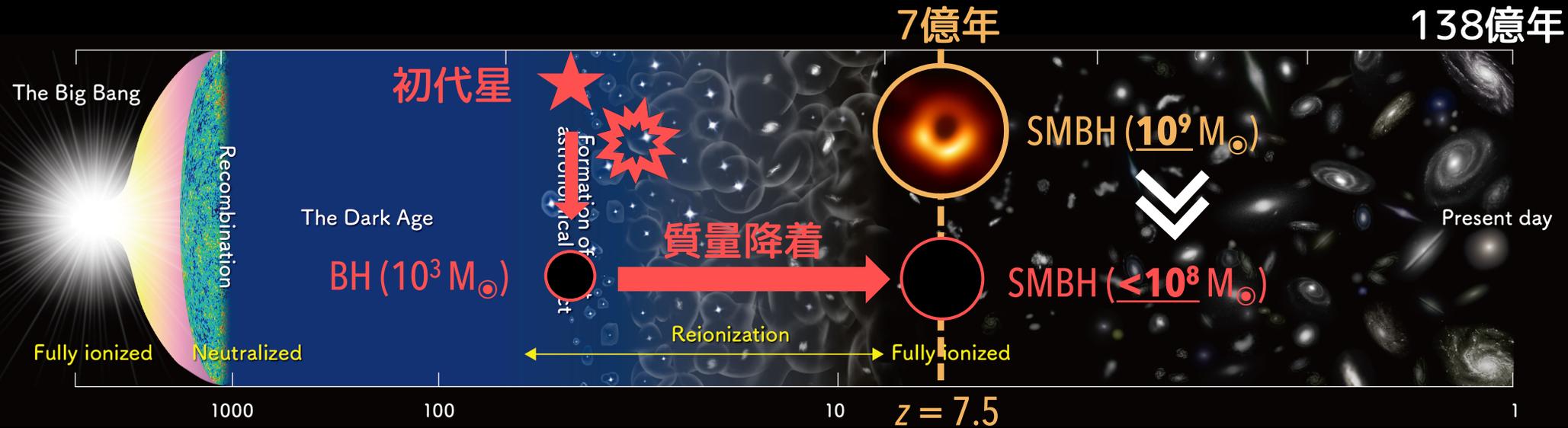
- ◆ スペック, サーベイデザイン
- ◆ メインサイエンス (BAO で dark energy 制限)
- ◆ 初期成果 (LAE 光度関数)

▶ 自分の Science: HETDEX × HSC で AGN カタログ

- ◆ スペクトル合成パイプライン
- ◆ AGN 検出パイプライン
- ◆ AGN 光度関数

One of the Biggest Problems

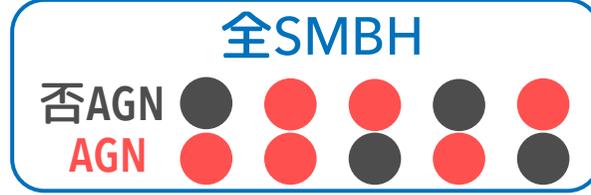
SMBHの形成が間に合わない。



AGN Duty cycle [f_{duty}]

$$f_{duty} = \frac{\text{AGNとして輝く期間}}{\text{SMBHの一生}} = \frac{\text{全AGNの数}}{\text{全SMBHの数}} = \frac{\int_{L_{min}}^{L_{max}} \Phi(L) dL}{\int_{M_{h,min}}^{\infty} \frac{dn}{dM} dM}$$

光度関数
Clustering解析



GOAL

種BHから成長途中の (=軽い) SMBHの duty cycleの制限

観測ターゲット

暗いAGN

∵ $L_{AGN} \propto M_{SMBH}$
ざっくり

赤方偏移

$z \sim 2-3$

∵ 初期宇宙は見えない
∵ AGN個数密度ピーク

解析

Clustering
光度関数

⇒ 大サンプル必要

First Step

「 $z \sim 2-3$ の」 「暗いAGNの」 「巨大サンプル作成」

Making a large AGN sample

明

暗

$M_{UV} \sim -24$

$M_{UV} \sim -22$

$\Rightarrow M_{BH} \sim 10^7 M_{\odot}$

分光観測



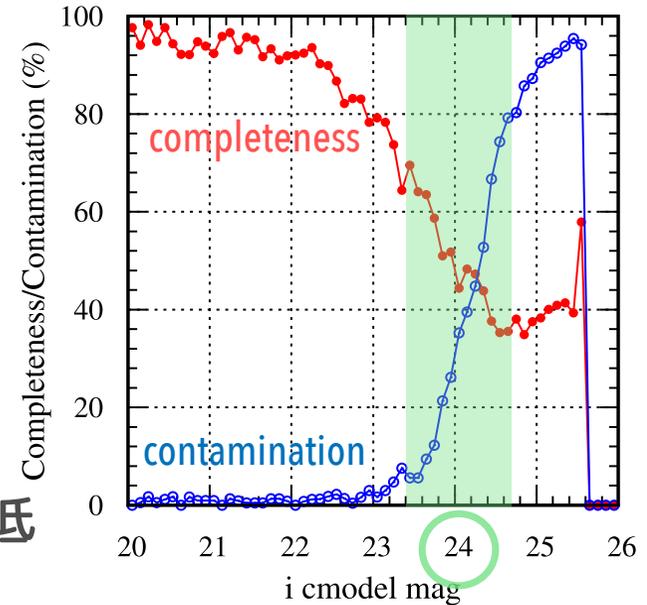
- 明るい天体はすべて分光！
- × 事前の分光ターゲット選択
- サンプルバイアスの可能性

撮像観測



- 広い & 深い！
- ▶ 点源条件
- × 観測限界際 Contamination 多
- ▶ SED fitting
- AGN SED バリエティ 多
- e.g. COSMOSz (Laigle+ 16): AGN無し
- ▶ X線
- × duty cycle 短, 観測 浅 → completeness 低

Akiyama+18 [点源条件]



面分光サーベイ

- 観測領域すべてを分光観測！
- サンプルバイアス 無, completeness 高

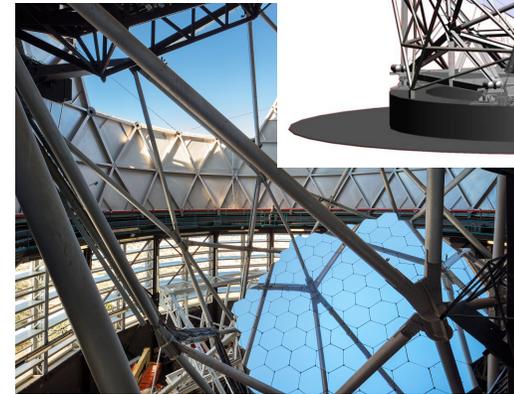
▶ Hobby-Eberly Telescope Dark Energy Experiment

- ◆ 史上初の blind, large-scale 面分光サーベイ
- ◆ 450 deg² の領域を3年かけて分光
- ◆ c.f. Hill+ 16

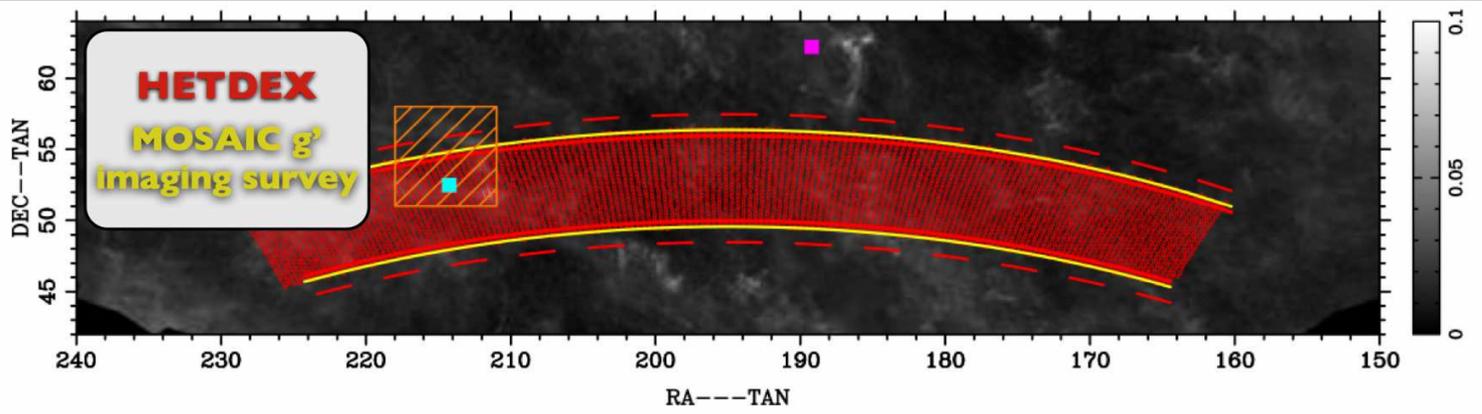
▶ Hobby-Eberly Telescope (HET)

- ◆ McDonald Observatory, Texas
- ◆ 主鏡: 11.1 x 9.8 m (有効口径 9.2 m)
合わせ鏡
- ◆ 視野: 22 arcmin²

▶ 国際チーム

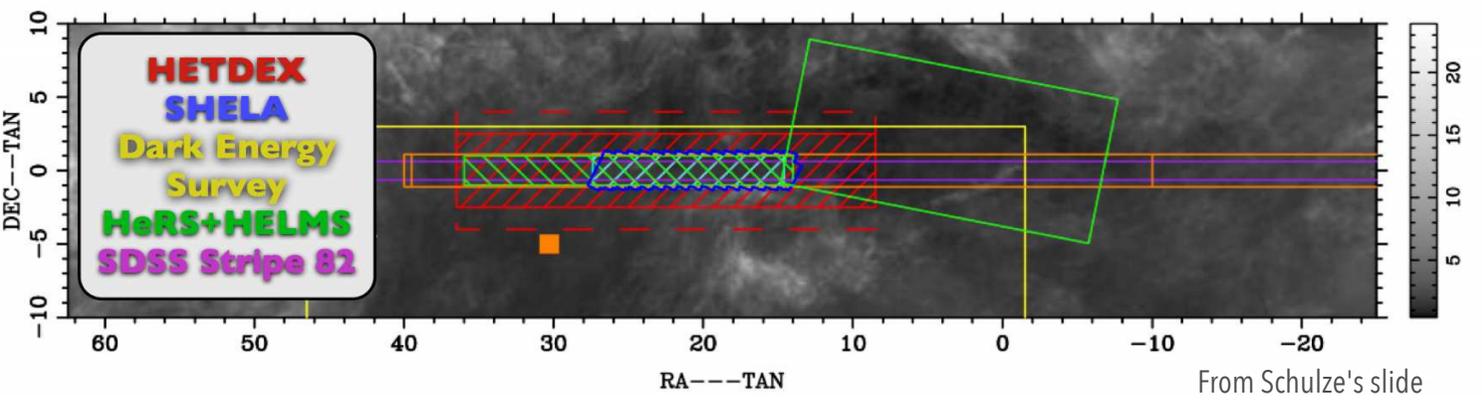


HETDEX - Survey design



Spring field

- (13hr, 53deg)
- $42 \times 7 \text{ deg}^2$
- 1/4.5 fill factor



Fall field

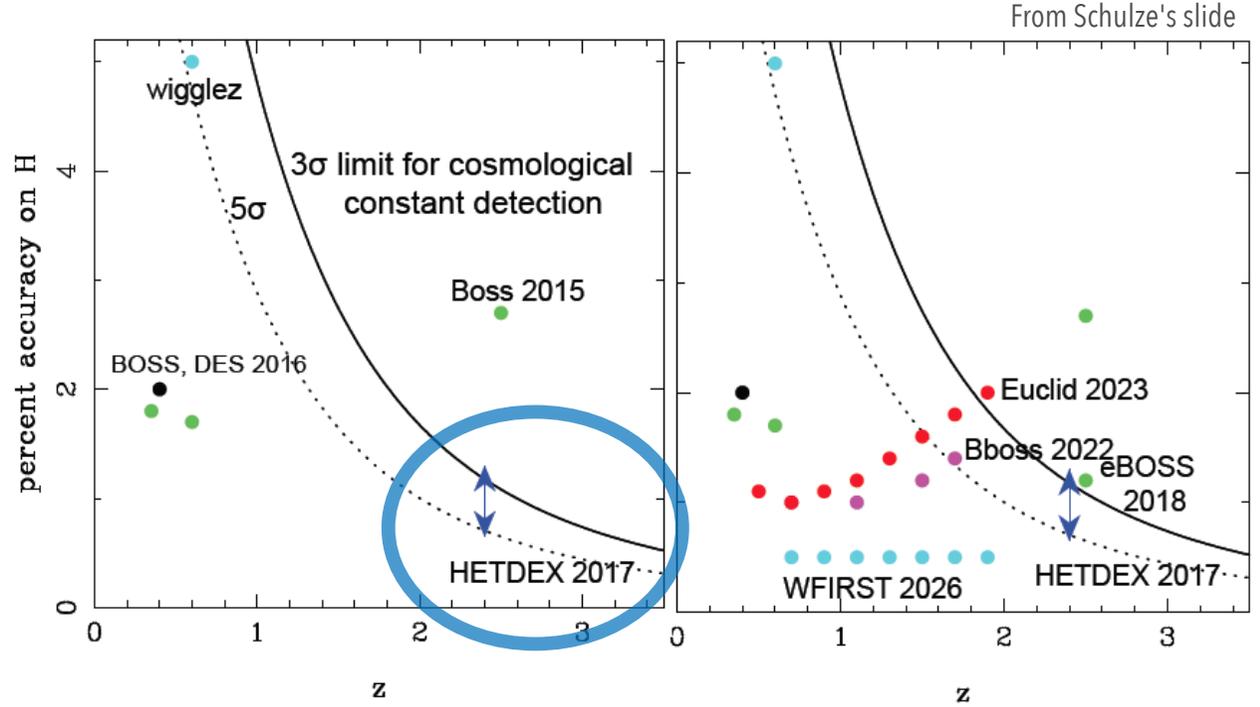
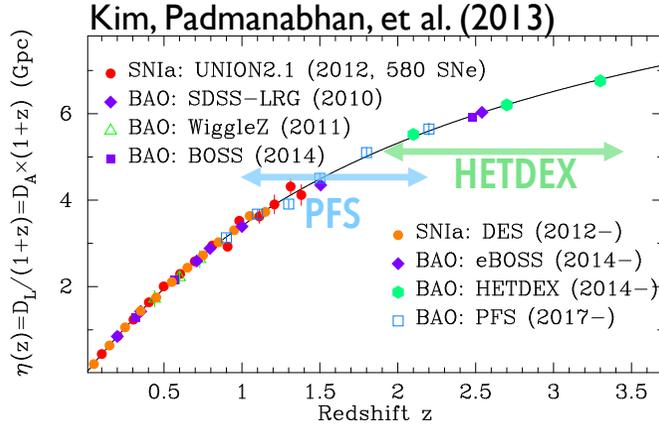
- (1.5hr, 0deg)
- $28 \times 5 \text{ deg}^2$
- 1/4.5 fill factor

+ COSMOS, AEGIS の一部 (calibration用)

➔ ~ 1,000,000 LAEs ($1.9 < z < 3.5$)

HETDEX - Dark energy constraint

▶ ~1,000,000 LAEs の power spectrum から BAO 測定

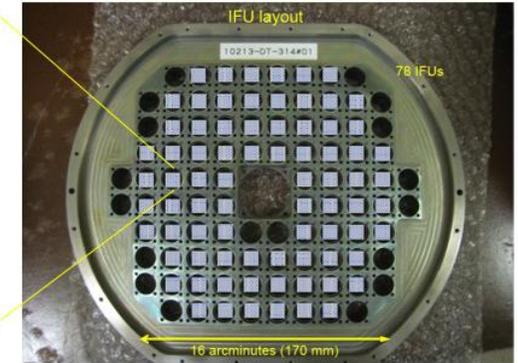
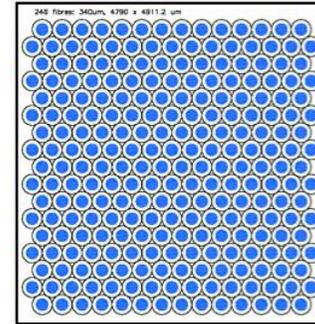


- ◆ $H(z = 2.3)$ and $D_A(z = 2.3)$ を ~1 %の精度で測定
- ◆ Euclid, WFIRST では cover しない赤方偏移 (PFSとも相補的)
 - ダークエナジーの進化の制限に。

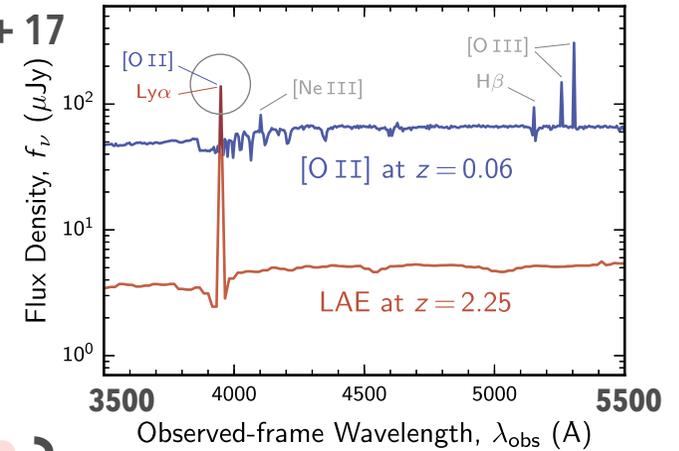
HETDEX - VIRUS

▶ Visible Integral-Field Replicable Unit Spectrograph

- ◆ Fiber 面分光
- ◆ 448 fibers × 75 IFUs
= 33,600 spectra
- ◆ 現在 8割くらい搭載
- ◆ Fiber: $\phi=1.5''$, 1/3 fill factor
 - 3500 - 5500 Å, $R \sim 750$
- ◆ IFU: $\sim 1/7$ fill factor
- ◆ 限界等級
 - 輝線: 3.5×10^{-17} erg/cm²/s
 - 連続光: $m_{AB} \sim 22$



Lenug+ 17



連続光検出 難

波長レンジ 狭

測光観測とマッチング

等価幅でLy α /[OII]分離

NB観測的にLAE検出

dr1 might be not suitable for AGN study...

- ▶ 連続光のピーク と 輝線検出位置 のずれ

In prep

- ▶ 連続光画像の無い or 浅い領域 あり

In prep

AGN 光度関数: 連続光 (UV)



連続光検出ベースでの
カタログ作り必要

Data: HETDEX × HSC-SSP

▶ HETDEX と HSC-SSP との overlap 領域あり

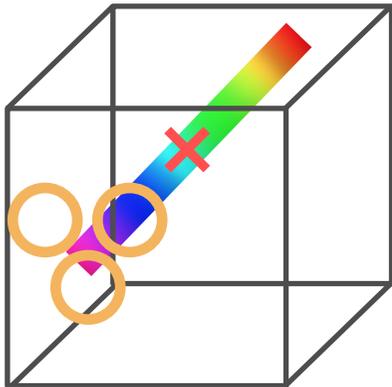
UD-COSMOSの一部
[~134 arcmin²]

HETDEX fall field
[~1.65 deg²]



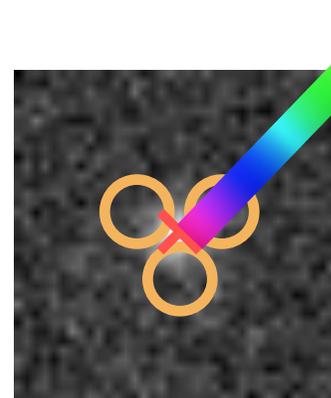
0.62 cMpc³

HETDEX official



- 3D cubeから輝線ピーク検出
- ✓ 輝線セレクト

HETDEX × HSC-SSP



- HSC-SSP r-band 画像検出
- ✓ 連続光セレクト

Analysis: Pipeline

HSC連続光検出サンプル

① HSC 5 σ detect (UD: r~28.15, WIDE: r~26.25)

1D spectraを作成

② ①の位置の周り2.5秒以内の Fiber spectra を集める

③ PSF で重み付けして①の位置でのスペクトルを出す

輝線検出 & 測定

④ 連続光引き

⑤ 連続する波長ビン11個 (22Å) に対して SN 掛け算: 8 σ 検出

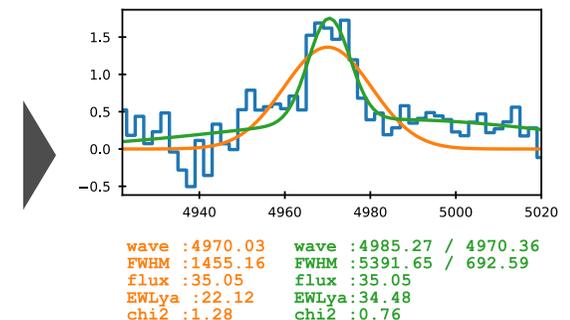
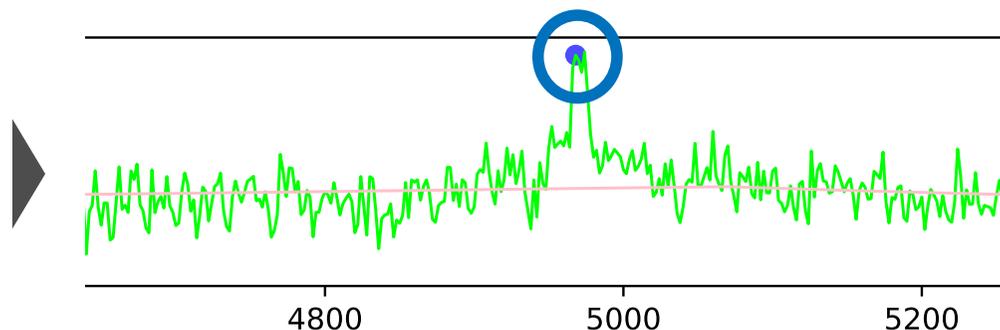
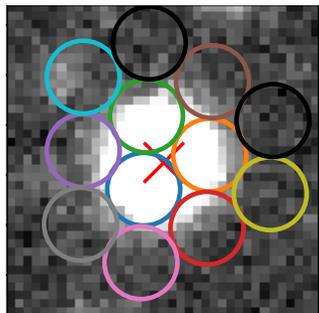
- 各 Fiber spectrum でも 5.813 σ で2本 (8 σ) 以上検出

⑥ Single Gaussian で FWHM, double Gaussian で flux

- HSC-r から連続光 \rightarrow EW (flat 連続光仮定)

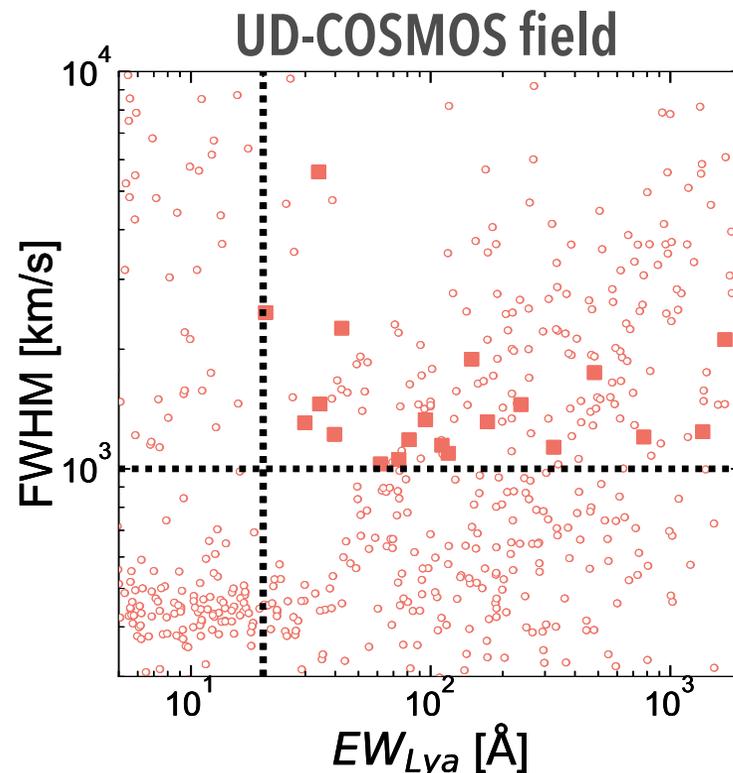
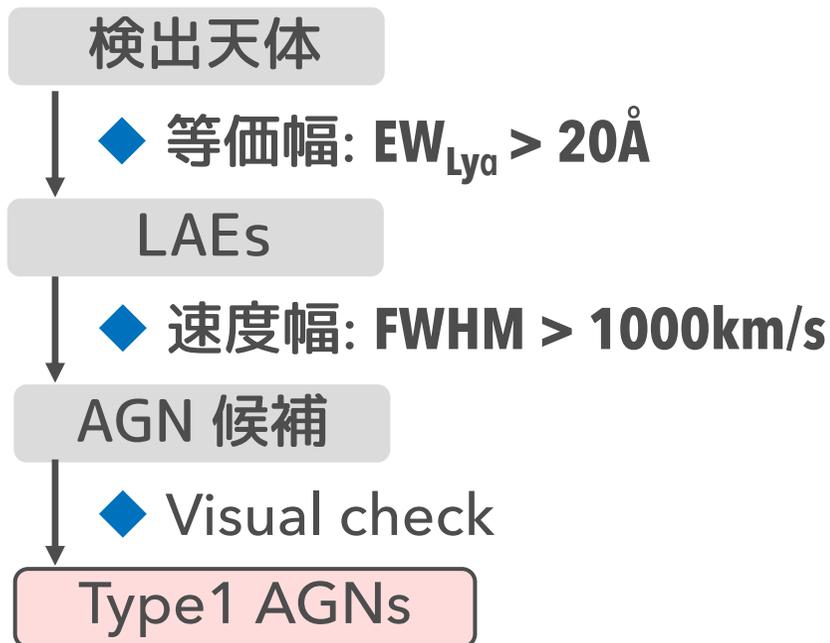
$$f_{obj} = \frac{\sum_i f_i \times p_i}{\sum_i p_i^2}$$

f_i : flux, p_i : PSF



Analysis: Type1 AGN (Quasar) selection

1本の輝線からAGNを ⇒ 等価幅 と 速度幅 で



Completeness: ~85%

81 SDSS Quasars
→ 68 再検出

Contamination (誤検出): <1%

2612 Sky天体 ($r > 29.15$)
→ 21 誤検出

Example of AGN Spectra 1.

- ▶ SDSS で検出済み Quasar
 - ◆ $r = 19.7$ ($M_{UV} = -25.3$)

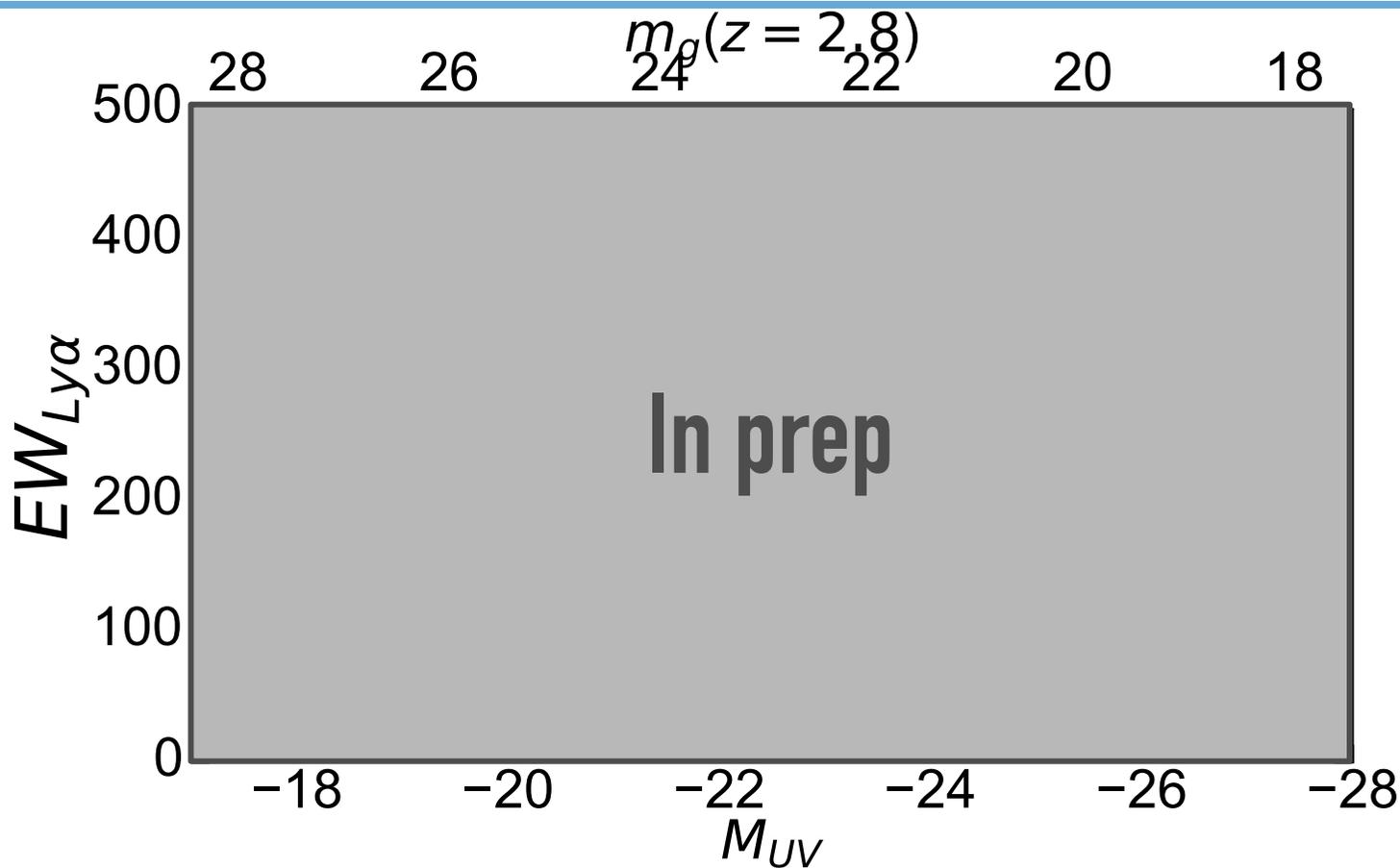
In prep

Example of AGN Spectra 2.

- ▶ HETDEX 初検出 AGN
 - ◆ $r = 23.7$ ($M_{UV} = -21.8$)

In prep

Result: EW limit for the AGN selection

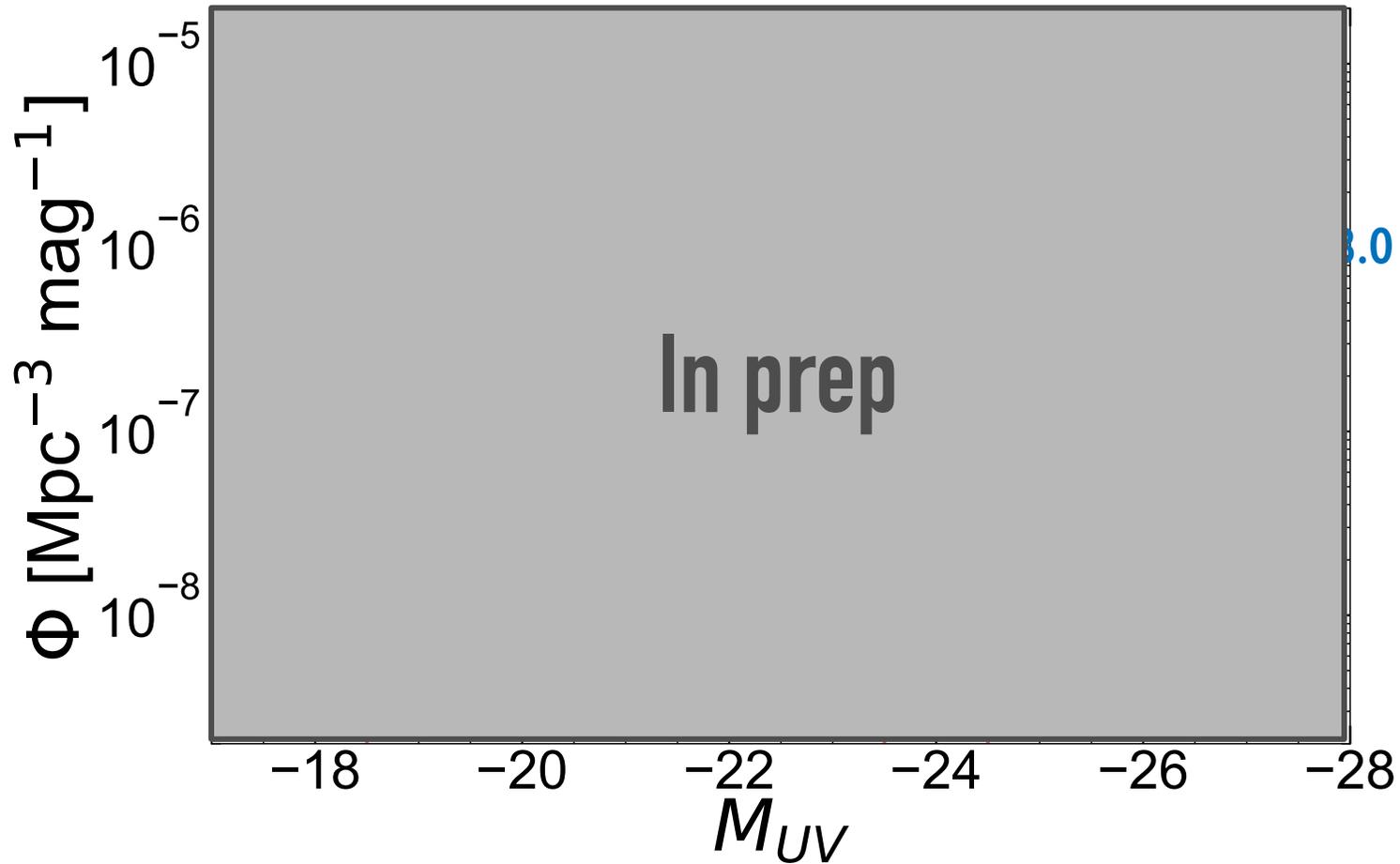


- AGN selection: Ly α 検出必須
- HETDEX line limit: 浅い
- 連続光のcompleteness: ~100%

▶ 等価幅limitのサンプル

■ : 補正必要

Result: Type1 AGN LF (UD-COSMOS)



COSMOS
N = 20



全領域
N ~ 500



等級ビンごとEW分布
→ EW分布補正



$M_{UV} \sim -19$ まで
LF制限可能

Discussion: Property of the faint AGNs

▶ UD-COSMOS

◆ Optical (HST-ACS, F814W)

✓ compact ✓ 複数 component ✓ tidal feature

◆ X-ray Chandra Legacy

✓ UV 明 → detect 多 ✓ UV 暗 → non-detect 多

In prep

HST検出限界際

SUMMARY

面分光サーベイ



▶ HETDEX

- ◆ 史上初の blind, large-scale 面分光サーベイ
- ◆ 448 fibers × 75 IFUs, 3500 - 5500 Å, $R \sim 750$, $f_{\text{lim}} \sim 3.5 \times 10^{-17}$ [cgs]
- ◆ PSF で重みつけ → 天球面全点のスペクトル

Science

Motivation

- ◆ SMBH形成問題の解決

GOAL

- ◆ 種BHから成長途中の(=軽い, 暗い)
SMBHのduty cycleの制限

Result

- ◆ HETDEX × HSC-SSPで
 $z \sim 2-3$ AGN カタログ作成
- ◆ $M_{UV} \sim -19$ までの AGN LF

