

# Ly 輝線銀河観測の意義と高密度領域 53W002 の研究

東北大学天文学専攻 M1 馬渡健

## 1 イン트로ダクション

私は今年の6月以降、LAE (Lyman emitter) 高密度領域候補である 53W002 の解析を、生の観測データの reduction から行っている。そこで今回、LAE とはどのようなものかを、作業を行った者の観点から説明する。そして、現在の研究の進展状況 (LAE の検出まで) と、今後どういうサイエンスにつなげていきたいかの展望も紹介する。

## 2 LAE とは？

### 2.1 定義

- 狭帯域フィルター (中心波長= $1216 \times (1+z)$ ) で撮像した際に、Ly 輝線により明るく写る天体  
⇔ 赤方偏移  $z$  の、Ly 輝線放射が強い銀河

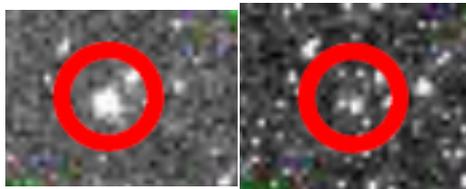


図 1: 狭帯域フィルター画像 図 2: 広帯域フィルター画像

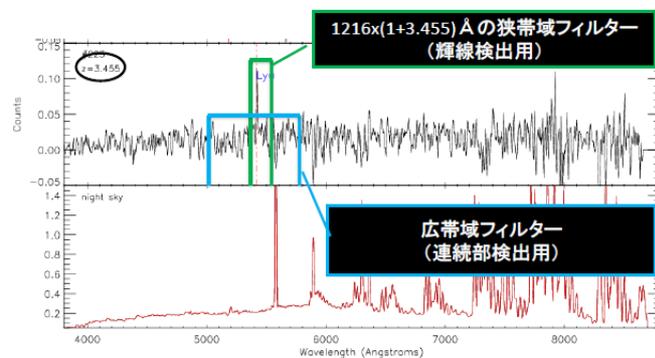


図 3: 分光 LAE イメージ

図 1 , 2 のようにある特定の波長まわりの狭帯域フィルターと広帯域フィルターを併用させて撮像することで、ある特定の  $z$  にある Ly 輝線の強い銀河が抽出できるのである (他の  $z$ , 輝線組み合わせの可能性もあるが)。これを分光スペクトルを用いてイメージ的に書いた模式図が図 3 である。要は赤方偏移してきた Ly 輝線を狭帯域フィルターで捕まえるだけである。

こうした連続光に比べて Ly 輝線が強い LAE は「dust-free な若い星形成銀河」と考えられているが、物理的性質で定義しているわけではないのでそれ以外の天体も含まれる。(AGN,dust-rich など) なので、物理性質の解明や更なる分類の必要性が望まれる。

## 2.2 LAE-selection

上記の定義に記述された通り狭帯域フィルターでのみ明るい天体を選べば良いのだが、それを定量的に評価する方法を示す。またそれだけだと、Ly 以外の輝線も選んでいる可能性があるがあるので、そうした contamination の割合も評価する。

### 1, 輝線銀河の検出

とにかく輝線により輝いてる (狭帯域画像のみ明るい) 天体を選び出すには色等級図を使う方法もあるが、私はとりあえず等価幅 (EW) を使った。EW は輝線の強さを定量的に表す指標で、次元は波長 ( ), 広帯域フィルターでのフラックスと狭帯域フィルターでのフラックスから計算することができる量である。この EW を使って

$$EW \geq 20(\text{restflame}) = 20 \times (1 + z)(\text{observed})$$

という条件を課するのが一般的である。

### 2,contamination の評価

自身が着目している  $z=2 \sim 3$  の範囲の LAE を観測しようと思ったら観測波長は  $\lambda = 3600 \sim 4800$  になるが、この波長域の観測では、Ly ( $z=2 \sim 3$ ) の他に [OII](3227 ,  $z=0.12 \sim 0.45$ ) と CIV(1550 ,  $z=1.32 \sim 2.1$ ) が引っ掛かってしまう。

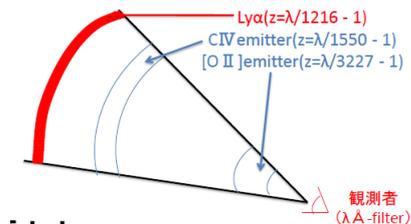


図 4: 観測フィルターにかかる輝線とその赤方偏移

- CIV emitter  
CIV が十分強いのは AGN だけなので、AGN の LF から survey-volume 中の数を推定できる。 $z=1.32 \sim 2.1$  の CIV emitter を見ている限りにおいては無視できる程度の数しかない。(Nilsson, K.K. et al, 2009, AA, 498, 13N)
- [OII] emitter  
輝線より短波長側の連続光の強さで判断すれば良い。 $\text{Ly}$  輝線の場合、 $\text{Ly}$ -forest-absorption により輝線より短波長側の連続光はかなり弱い、[OII] ならばそうしたことは起こらない。  
しかし、結局 survey-volume が  $\text{Ly}$  の場合のそれと比べてかなり小さいことから、無視できる程度の数しかないことが予想される。

## 2.3 LAE 観測から分かること

- 遠方銀河の物理性質の解明  
LAE のほとんどは「若い星形成銀河」と考えられる (特に high- $z$  において) ので、個々の銀河形成の詳細を探るツールとなる。
- 宇宙再電離  
 $\text{Ly}$  光子は中性水素により容易に吸収・散乱される。よって宇宙再電離が完了する前はその後に比べて LAE 個数が少ない (escape-fraction が小さい) はずである。そのことから再電離完了時期に制限をかけられる。
- 大規模な構造形成の過程を探る  
LAE は high- $z$  まで見えるため、密度超過領域をより古い時代まで調べられる。それにより、どのようにして銀河団のような大規模構造が形成されてきたか (構造形成史) を観測的に考察し理論に制限をかけることが出来る。

## 3 53W002 領域の解析研究

### 3.1 53W002 領域について

53W002 領域は  $z=2.39$  の LAE が狭い領域内に多数存在する高密度領域と考えられている。具体的には、Keel ら (Keel et al., 1999, AJ, 118, 2547) の Mayall 望遠鏡での観測で、10 分スケールで見た時に参照領域に比べて高密度領域であることが明らかにされている。更に Keel らは、その数密度分布が King プロファイル (近傍銀河団を近似的に説明可能) と比較して、中心集中度が低い/より浅い密度勾配、

等の特徴を持つことから、この領域が以降の時刻の重力収縮によって成長する原始銀河団である可能性を示唆している。

### 3.2 観測データ

提供：中村有希、山田亨 (東北大学)

- 日時 … 2009/5/22 ~ 23( 2 晩)
- 観測機器 … Subaru/S-Cam(視野  $34' \times 27'$ )、B-band+N413-narrow band 使用

### 3.3 解析の進展状況

#### 1, 一次処理

SDFRED(S-Cam 用パイプライン使用)。PSF 合わせ、画像の zero 点 (測光原点) 決めも行った。

→ N413 画像での  $5\sigma$  検出限界=26.63(mag)

#### 2, LAE-selection

基本的には「 $EW \geq rest - 20$ 」と「N413 バンド等級  $\leq 26.63$ ( $5\sigma$  検出限界)」の二つを選出基準にした。

ただし、図 5 の EW 図を見れば分かるように EW が相当大きい天体があるが、これらは信用できない (星にマスクがけしてないせいかもしれない) ので、EW に適当な上限値 500 を設けた。また、よくみると  $EW=0$  の系列 (即ち、普通の星や銀河の系列) が正確に  $EW=0$  になっていない ( $EW \sim -12$  になってしまっている)。これは zero 点に問題があるせいなのかもしれないが、応急処置として  $EW=-12$  を  $EW=0$  系列とみなしてしまうことにした。

これらを踏まえた結果

「 $67.8(rest - 20) - 12 \leq EW \leq 500$ 」「N413 バンド等級  $\leq 26.63$ 」を満たすものを確からしい LAE として選出した。

この結果、画像内の LAE の分布は図 6 のようになった。もちろんこれはまだ途中結果でマスクがけなどをしてないため、これを鵜呑みにすることは当然できない。

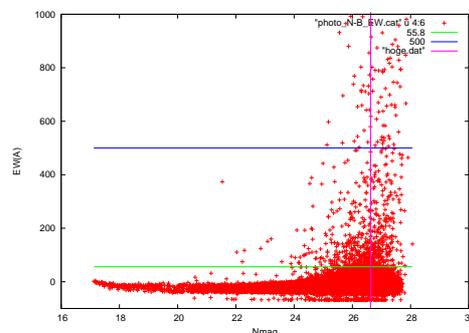


図 5: Nmag-EW 図。緑, 青, ピンクの線で囲まれた領域内天体が LAE

しかし、今後もっとしっかり selection をかけてもどうも大量の LAE が受かりそうな感じはする。

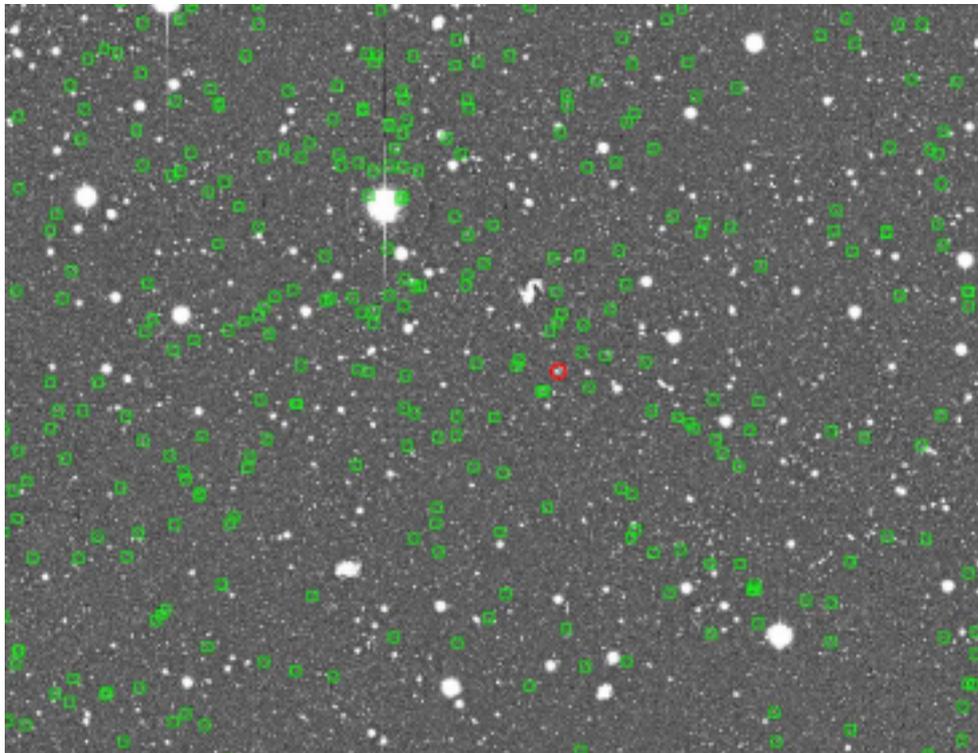


図 6: N413 バンド画像内における LAE 分布

### 3.4 53W002 解析研究の今後の展望

とりあえず LAE-selection をよりしっかり行う (zero 点決めの見直し、明るい星にマスクがけ、visual-check 等)。その後は …

- 密度 contour を書き、密度超過を見積もる  
より high- $z$  の研究結果と比較し、銀河団の形成史を考察したい。  
また、「密度が濃い所ではすでに銀河形成が行われてから時間がたっているため EW の小さい LAE 多い/中程度の密度の所の方が EW の大きい LAE(blob)が多い」といった傾向が見られることが予想されるので、一枚のスナップショットからでも構造形成に関する考察が出来るはずである。
- 他観測との組み合わせによる LAE の種族分け  
他の broad-band 観測のデータを併用し個々の LAE の photometric な SED をつくる。赤い LAE は「若い星形成銀河」とは本質的に物理性質が異なる別種族である、と個人的には予測している。