

# Low-z emitter 現状報告

西塚拓馬

平野洸

村山卓

COSMOS 領域の中帯域バンド low-z 輝線天体についての学会後からの進捗報告です。  
はじめに、学会後からの進捗をまとめた後に、今後の方針（主に卒業研究(平野)の内容）と学会の内容をまとめました。

## 研究天体

### サンプル

表1 low-z 輝線天体

天体数	H $\beta$ +[OIII]	[OII]	MgII	CIV	CIII]	H $\alpha$ +[NII]
4734 天体	2347 天体	616 天体	546 天体	545 天体	509 天体	171 天体

学会前に low-z の強輝線天体(4734 天体)のうち、SED fitting から得られるパラメーターの精度を高めるため

- ・ CFHT(u\*), SUBARU(B, V, g', i', z', z'), 各 IA バンド), Ultra Vista(Y, J, H, Ks) で検出
- ・ SED フィッティング精度が  $\chi^2 \leq 2.0$

の条件で選別し、1734 個の強輝線天体が得られた。

表2 上記の条件を満たす low-z 輝線天体

天体数	H $\beta$ +[OIII]	[OII]	MgII	CIV	CIII]	H $\alpha$ +[NII]
1734	1435	97	34	48	39	81

現在、low-z 輝線天体(4734 天体)と上の条件を満たす H $\beta$ +[OIII]輝線天体(1435 天体)を主なサンプルとして解析しています。

# 1. 学会後の進捗

- low-z サンプルの  $z_{ph}$ ・SED フィッティングの傾向を掴むため、spectroscopic サンプル (zCOSMOS-bright (Lilly et al 2008)との比較を行った。

## 1. low-z サンプルと zCOSMOS サンプルのマッチング

両サンプルの座標のズレが 2arcsec 以内の天体を抽出し、視覚検査を行った。  
 そのうち zCOSMOS で  $z_{spec}$  が不明となっている 1 天体を省いた。  
 その結果、87 天体が得られた。

	RA (arcsec)	dec (arcsec)
最大値	0.936	0.324
中央値	0.036	0.036

表 3 : RADEC の相違の最大値・中央値

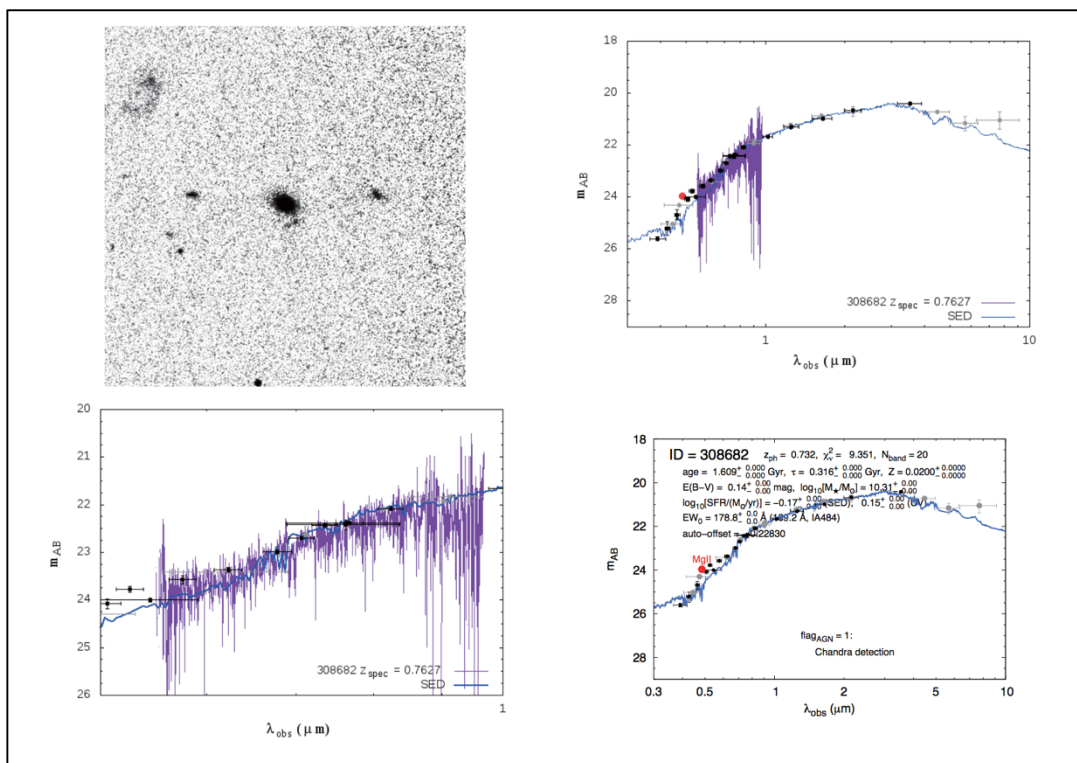


図 1 : スペクトル比較図 (<https://www.astr.tohoku.ac.jp/~k.hirano/COSMOS/zCOSMOS.pdf>) (87 天体)

左上 : ACS イメージ (15''×15'')      右上 : SED と zCOSMOS のスペクトル  
 左下 : スペクトル拡大図                  右下 : フィッティングより得られた SED

## 2. マッチングサンプルの比較

### (1) マッチングし天体の $z_{\text{ph}}$ と $z_{\text{spec}}$ の比較

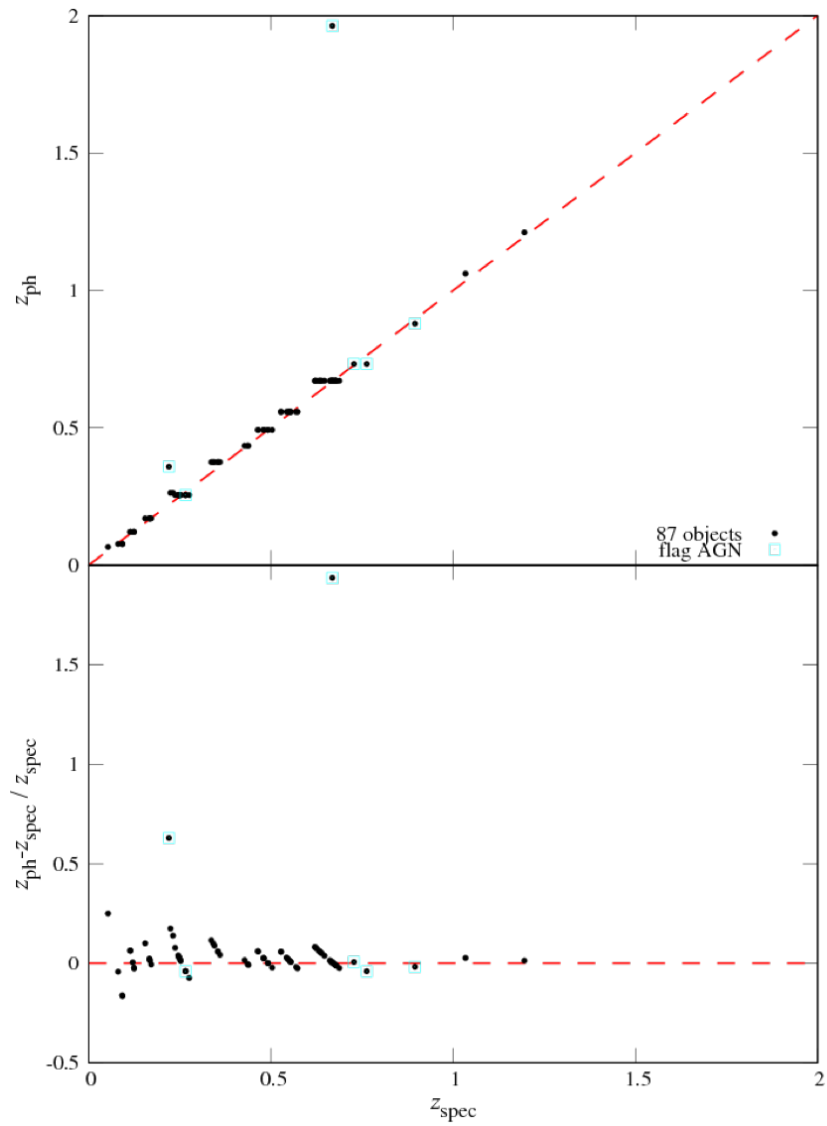


図 2 :  $z_{\text{ph}}$  と  $z_{\text{spec}}$  の比較

- $z_{\text{ph}}$  と  $z_{\text{spec}}$  はほぼ一致している。
- $z_{\text{ph}}$  で大きく突出している天体 (ID=726837) は AGN フラグ天体であった。

(2) マッチングサンプルの  $i$  バンド等級

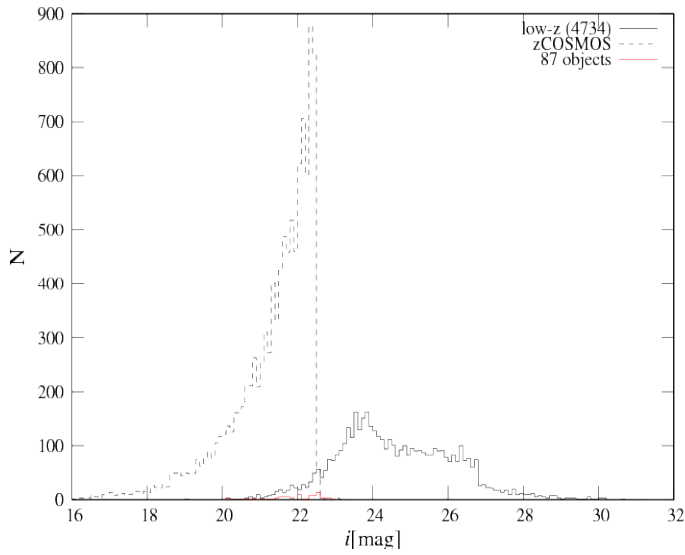


図 3:  $i$  バンド等級の分布図

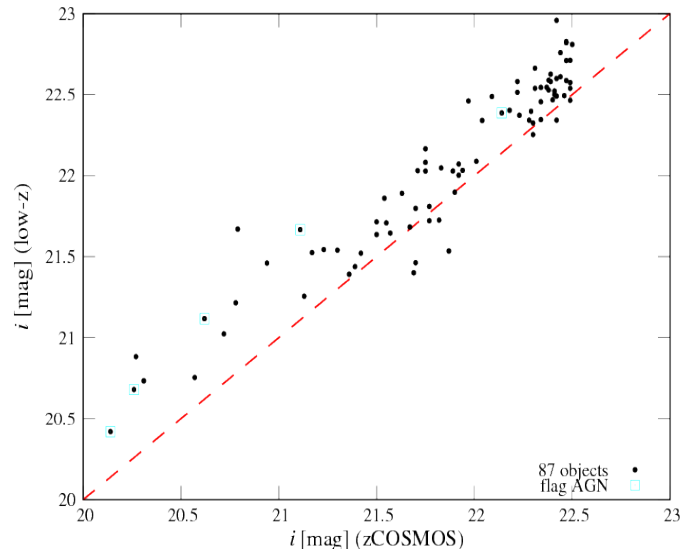


図 4:  $i$  バンド等級の比較

- ・ マッチングサンプルは low-z サンプルの upper-limit 側、zCOSMOS サンプルの lower-limit 側となった。
- ・ マッチングサンプルの  $i$  バンド等級は  $20 \leq i \leq 23$  であった。

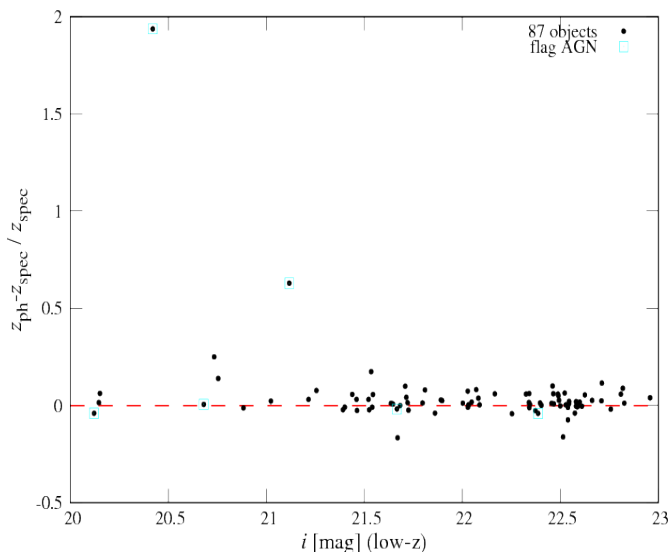


図 5:  $z$  エラーと  $i$  バンド等級の比較

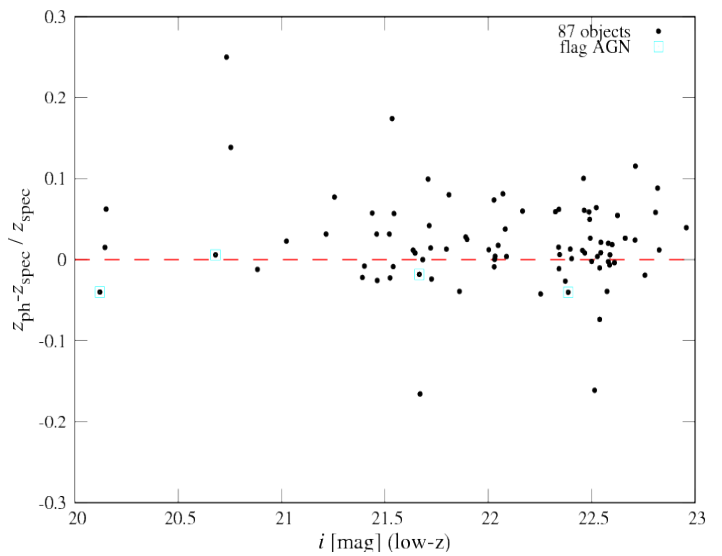


図 6: 拡大図

- ・  $z$  エラーと  $i$  バンド等級は明確な相関は見られなかった。

### 3. $EW_{[\text{OIII}]+\text{H}\beta}$ について

マッチングサンプル中、 $[\text{OIII}]+\text{H}\beta$  が受かっているものは 66 天体であった。

- $EW_0$  IA band of identified  $[\text{OIII}]+\text{H}\beta$   
low-z カタログ中の  $[\text{OIII}]+\text{H}\beta$  で超過している IA バンドの  $EW_0$  を使用した。
- $EW_0$  emission (zCOSMOS)  
zCOSMOS のスペクトルデータより  $\text{H}\beta$ 、 $[\text{OIII}] \lambda 4959$ 、 $[\text{OIII}] \lambda 5007$  の  $EW_0$  を見積もった。

#### (1) $EW_{[\text{OIII}]+\text{H}\beta}$ の評価

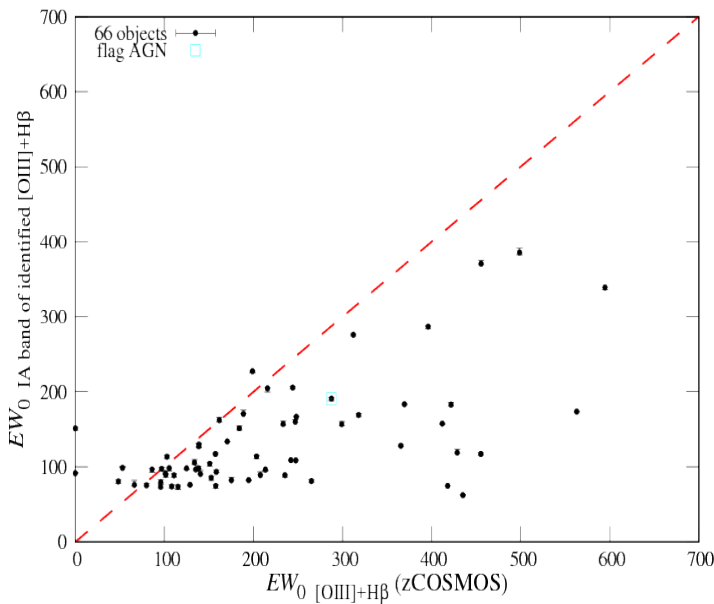


図 7 :  $EW_{0[\text{OIII}]+\text{H}\beta}$  の比較

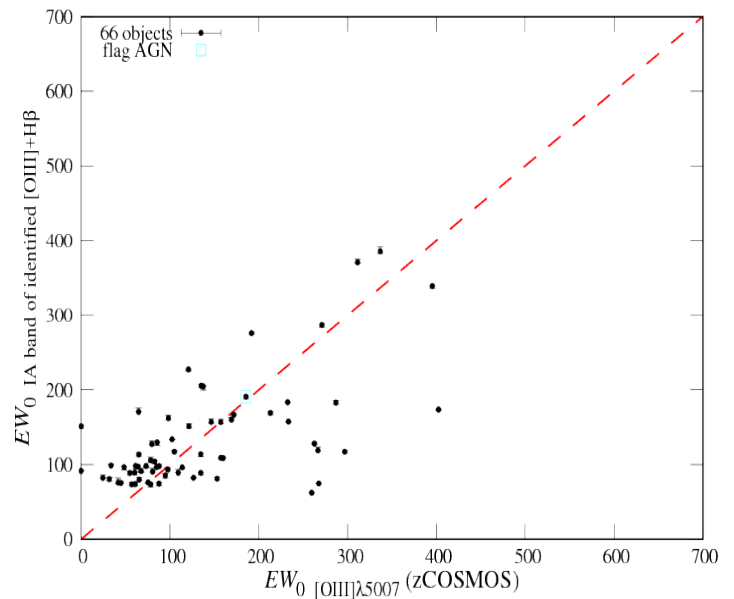


図 8 :  $EW_{0[\text{OIII}]+\text{H}\beta}$  と  $EW_{[\text{OIII}] \lambda 5007}$  の比較

- 図 7 は超過している IA バンドの  $EW_0$  IA band of identified  $[\text{OIII}]+\text{H}\beta$  と zCOSMOS の  $[\text{OIII}]$  と  $\text{H}\beta$  輝線の  $EW$  を比較した図になるが  $EW_0$  IA band of identified  $[\text{OIII}]+\text{H}\beta$  が小さく見積られていることがわかる。また、 $EW_{[\text{OIII}] \lambda 5007}$  (zCOSMOS) と比較するとより一致する。(図 8)
- これより  $EW_0$  IA band of identified  $[\text{OIII}]+\text{H}\beta$  は  $[\text{OIII}] \lambda 5007$  の  $EW_0$  が支配的になっていると考えられる。

(2)  $z_{\text{spec}}$  を用いて  $[\text{OIII}]+\text{H}\beta$  が超過した IA バンドの半値幅から、 $\text{H}\beta \cdot [\text{OIII}] \lambda 5007$  が欠落している天体のピックアップを行った。

- $\text{H}\beta$  欠落天体 : 26 天体
- $[\text{OIII}] \lambda 5007$  欠落天体 : 5 天体

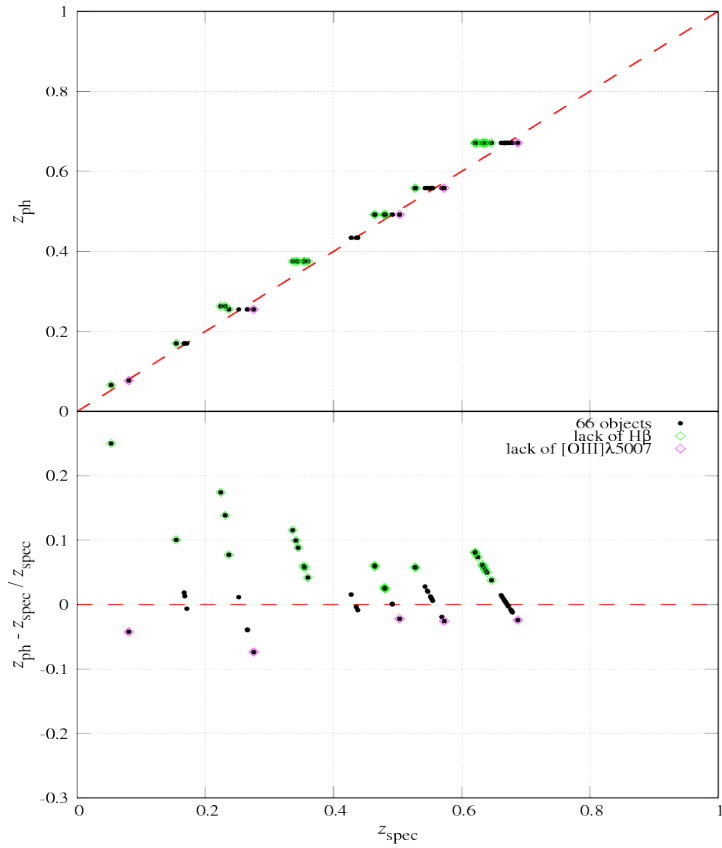


図 9 :  $z_{\text{ph}}$  と  $z_{\text{spec}}$  の比較 (H $\beta$  欠落(緑)、[OIII]  $\lambda$  5007 欠落(マゼンタ))

- $z_{\text{ph}}$  が大きく見積もられている天体は H $\beta$  が欠落、 $z_{\text{ph}}$  が小さく見積もられている天体は [OIII]  $\lambda$  5007 が欠落していることが確認できる。

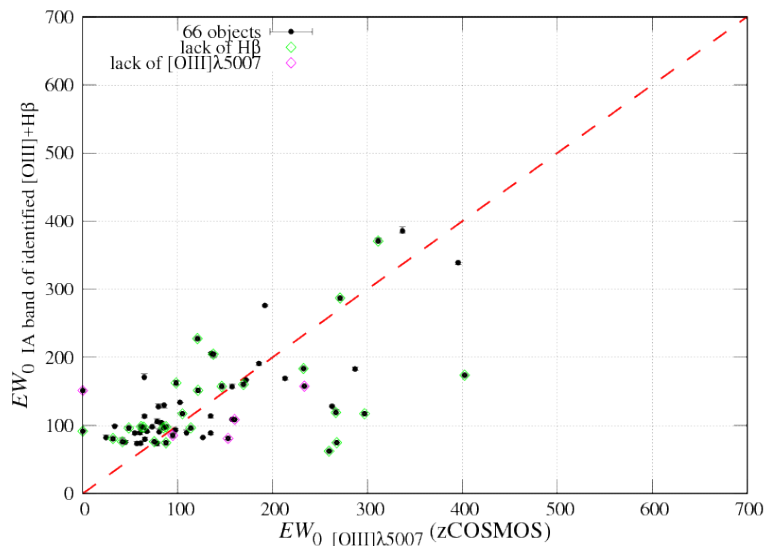


図 10 :  $EW_{0\text{[OIII]+H}\beta}$  と  $EW_{0\text{[OIII]}\lambda 5007}$  の比較 (H $\beta$  (緑)、[OIII]  $\lambda$  5007(マゼンタ)欠落)

- $EW_0$  が小さい範囲 (約  $0 \leq EW_0 \leq 200$ ) では良い相関が見られる。

#### 4. マッチングサンプルの物理量の確認

マッチングした天体に対して SED フィッティングから得られた幾つかの物理量についての確認を行った

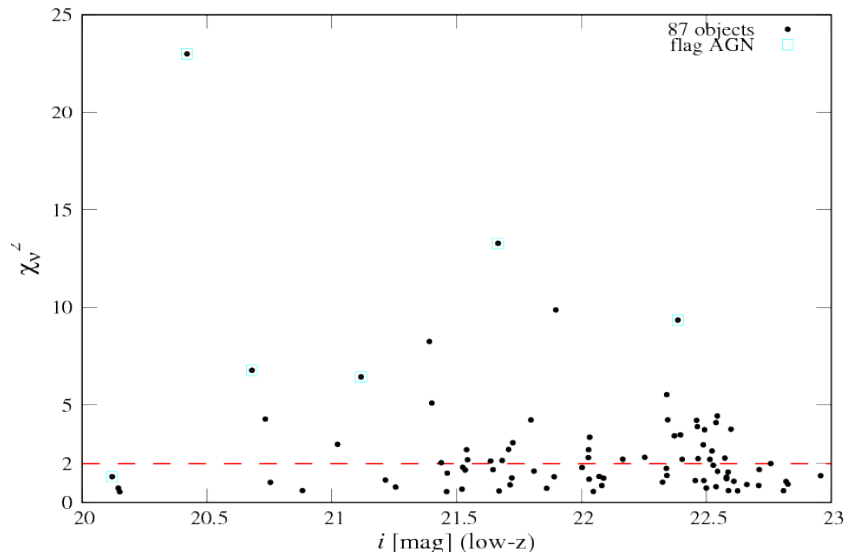


図 11:  $\chi^2$  と  $i$  バンド等級の比較

- ・ AGN フラグの天体は  $\chi^2$  の大きくなっている。
- ・  $i$  バンド等級が大きくなるにつれ、 $\chi^2$  が大きくなる傾向が見られる。

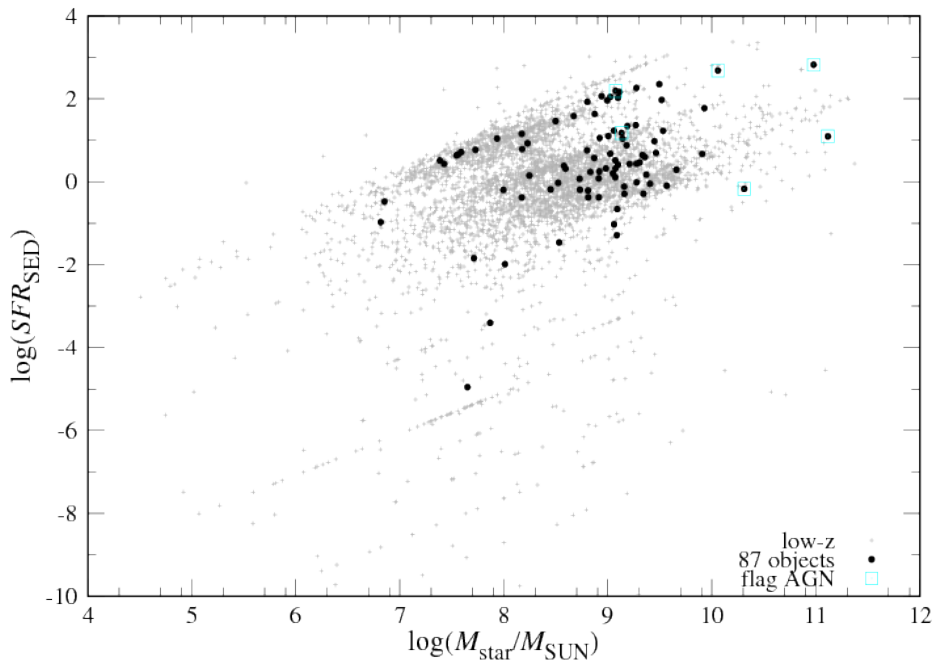


図 12:  $SFR_{SED}$  と  $M$  の比較

- ・  $SFR_{SED}$  と  $M$  の関係は図 10 のようになった。

➤ 先行研究で COSMOS 領域の中間赤方偏移の BCD 天体が、

(1)  $u - i < 1.3$  (2)  $\mu_{F814W} < 22 \text{ mag / arcsec}^2$  (3)  $M_* < 10^9 M_\odot$  (4)  $z < 0.7$

の基準で選別されていた。

その中で輝線の S/N が  $3\sigma$  を超え  $0.2 < z < 0.5$  の範囲で BCD(74 天体)の分光データが存在したため、今回の low-z 天体との比較を行った

### 1. low-z サンプルと zCOSMOS サンプルのマッチング

両サンプルの座標のズレが約 2arcsec 以内の天体を抽出し、視覚検査を行った。

その結果、35 天体が得られた。

	RA (arcsec)	dec (arcsec)
最大値	1.8	0.324
中央値	0.432	0.072

表 4：座標のズレの最大値・中央値

### 2. マッチングサンプル(BCD)の比較

#### 1) マッチングした天体の $z_{\text{ph}}$ と $z_{\text{spec}}$ の比較

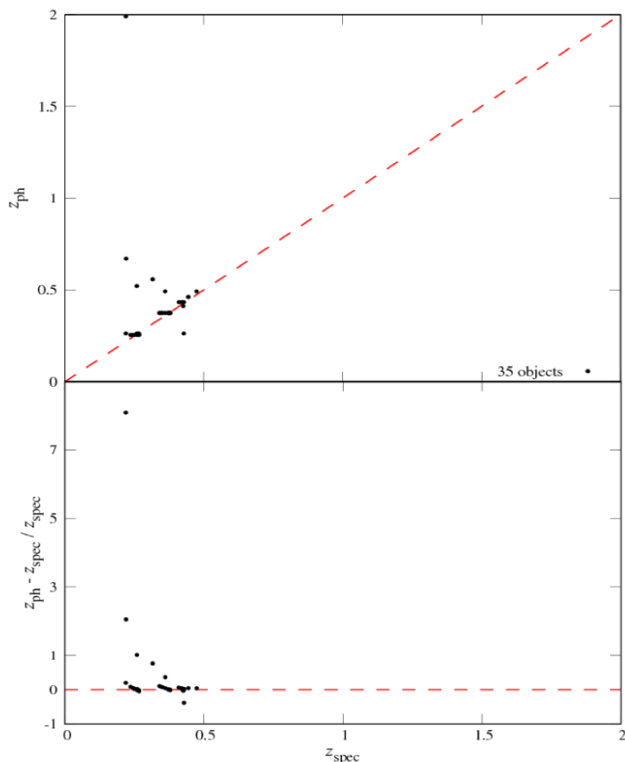


図 13： $z_{\text{ph}}$  と  $z_{\text{spec}}$  (BCD)の比較

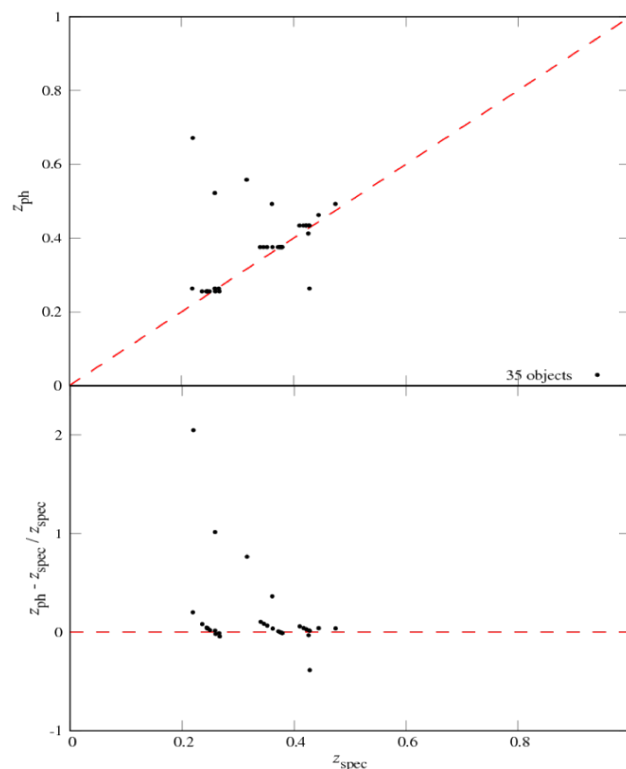


図 14：拡大図

- $|\Delta z| \geq 0.1$  の天体は 6 天体であった。
- AGN フラグを示す天体はなかった。



## 2) マッチングサンプル(BCD)の $i$ バンド等級

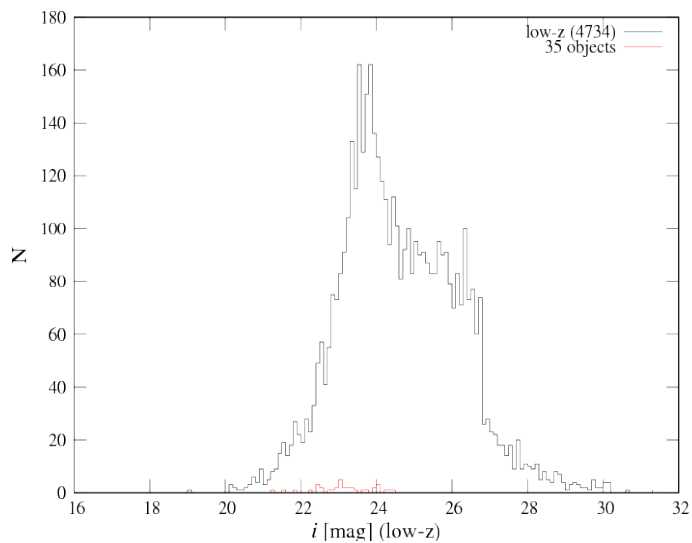


図 15:  $i$  バンド等級の分布図

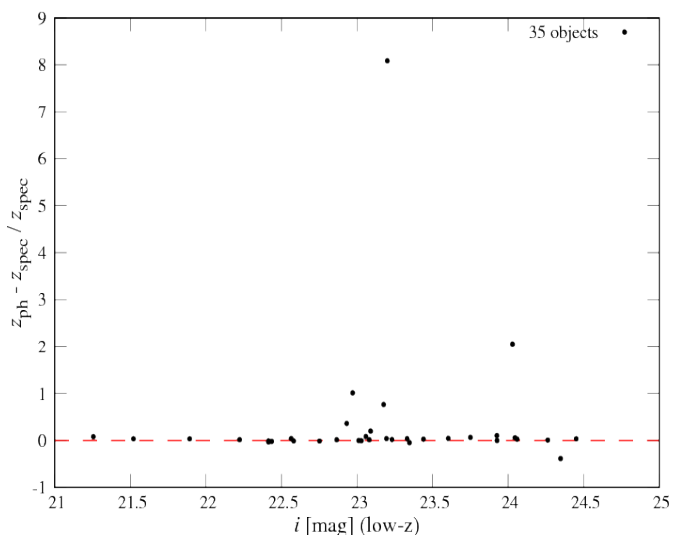


図 16:  $z$  エラーと  $i$  バンド等級の比較

- マッチングサンプル(BCD)の  $i$  バンド等級は  $21 \leq i \leq 24.5$  であった。
- $z$  エラーが大きい天体は暗い天体であった。

また、上記の一致したlow- $z$ 天体(4734天体)の中から、[OIII] +  $H\beta$  天体(1435天体)に該当するものは19天体存在した

- low- $z$ 天体(4734天体)の各統計量やIAバンドごとの等価幅のヒストグラム(小林さんのLAEの論文と類似)を作成
- $H\beta$  + [OIII]輝線天体の各物理量の相関図も学会ポスターには掲載しなかったが、代表的な相関図を作成

当初から星形成率 vs 星質量の相関図上で離散的な bimodal な分布が見られた。SED fitting から得られる他のパラメーターに対しても離散的な bimodal な分布が得られるか調べた結果、星質量と星年齢の間にもそのような傾向が存在した。

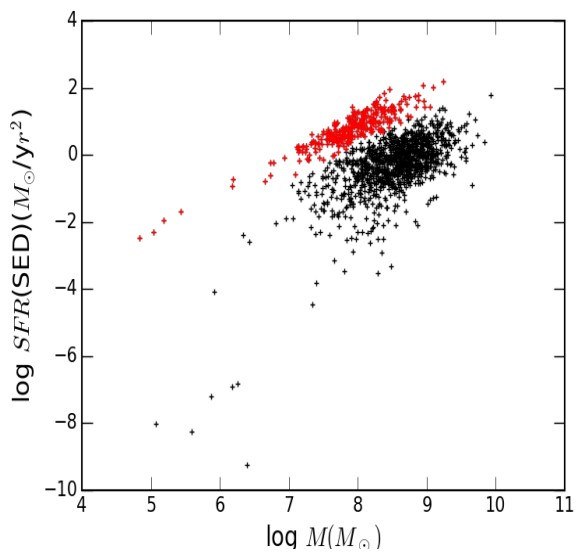


図 15 星質量 vs 星形成率

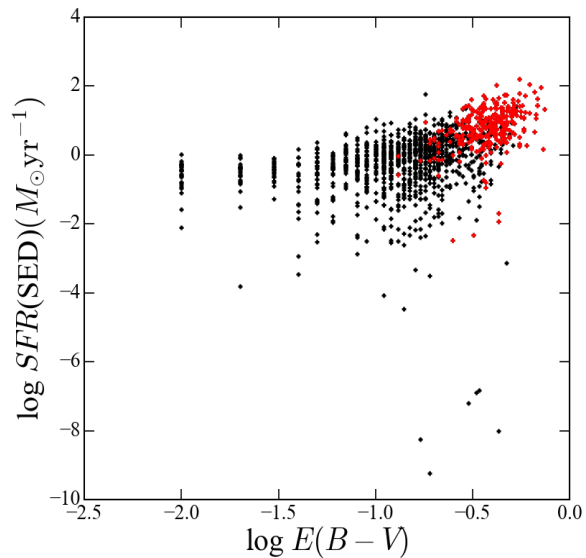


図 16 赤化 vs 星形成

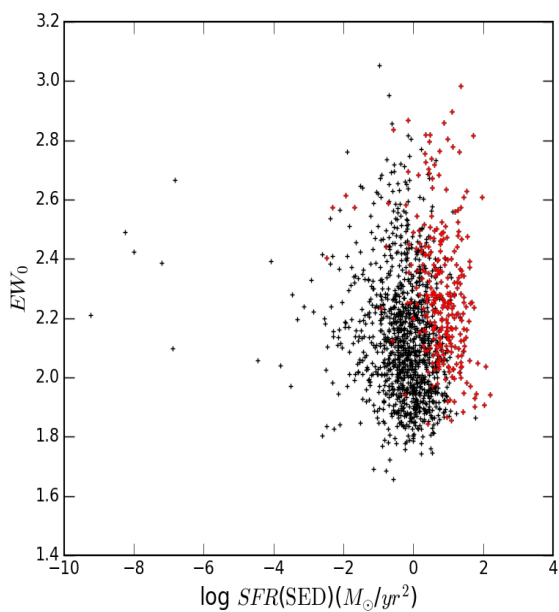


図 17 星形成率 vs 等価幅

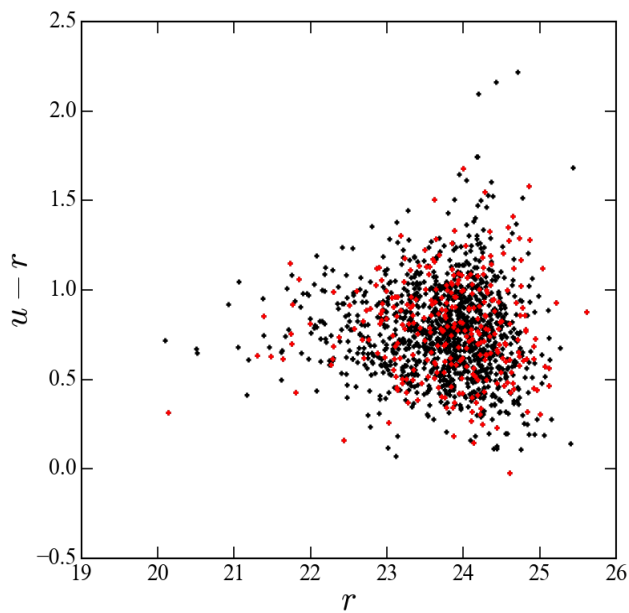


図 18 r vs u - r

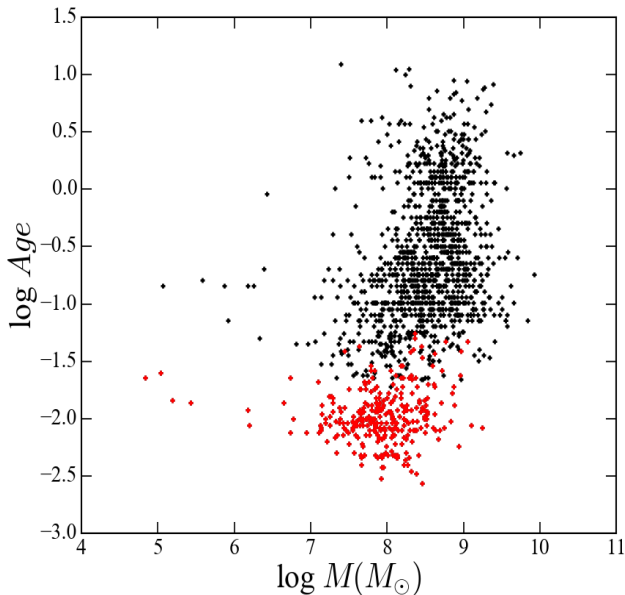


図 19 星質量 vs 星年齢

### 3. 今後方針

今年度の卒業研究（平野洸）の発表の機会があるため、卒業研究では

- ・ 小林さんのカタログの強輝線天体の選別の概要、及び得られた統計量の概要
- ・ より EW の高い天体に対する赤方偏移の正当性の評価
- ・ zCOSMOS のスペクトルデータと BCD サンプルを用いて photometric の傾向・精度の評価
- ・ 上記の傾向・精度を zCOSMOS・BCD とマッチングしていない天体に適用することで、暗い天体の正確な評価

などをまとめて発表していく予定です。

### 補足（学会内容）

#### 1) 秋季学会発表内容 学会ポスター (<https://www.astr.tohoku.ac.jp/~t.nishizuka/study/poster.pdf>)

##### ① 非常に大きな EW を考慮して求められた $z_{ph}$ の妥当性

測光偏移カタログ (Ilbert et al. 2009) の  $z_{ph}$  と比較を行い概ねの一致が見られたが、等価幅が系統的に高い天体に対して強輝線カタログと測光偏移カタログ (Ilbert et al. 2009) に乖離が見られた (図 1: 紫点 及び 図 2: 紫線) ポスター結果では、測光偏移カタログは中帯域バンドを考慮していないため、2つのカタログの間で  $z_{ph}$  の乖離が生じるとの内容を記載した。

実際には、測光偏移カタログ (Ilbert et al. 2009) では中帯域バンドデータは用いているものの、非常に大きな等価幅を持つ SED の天体は、輝線を  $H\alpha$  と判定される可能性が高く、正しく  $z_{ph}$  を求めることができていないとのコメントをいただいた。

非常に大きい等価幅を持つ天体の  $z_{\text{ph}}$  についてより正確に求められていることがわかった。

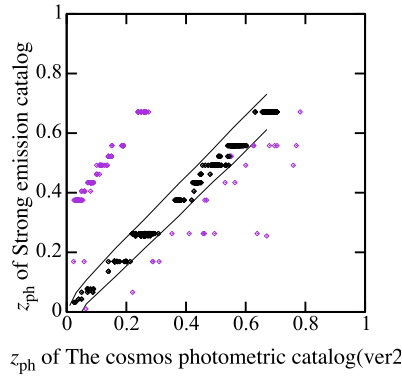


図1 測光偏移カタログ(Ibert et al.2009)と強輝線カタログ

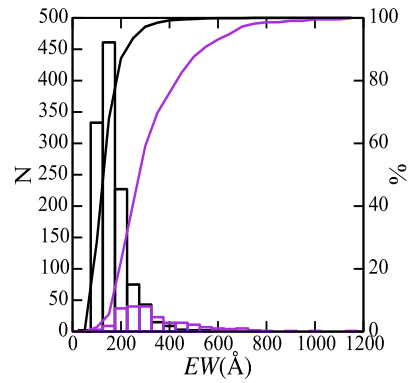


図2 強輝線天体の EW の分布

## ② $H\beta + [OIII]$ emitter の性質の評価

強輝線カタログに記載されている SED フィッティングから見積もられる天体の物理量の分布図をそれぞれ作成し、ポスターでは等価幅、星質量、星形成率、及び星形成率と等価幅の散布図を記載した(図 3,4,5,6)ポスターの研究結果には、各物理量の平均値を記載し、星形成率と等価幅の散布図から SFR と高い EW に関係性が見られない結果が得られたと結論付けました。

### 星形成率と等価幅の関係について

- 星形成率が高くなるとダストの吸収が増加して、連続光よりも輝線が選択的に吸収されることにより、結果的に SFR(SED)が高くても EW が大きいとは限らない
- 星質量の分布を見ると、比較的低質量であり、大きな EW が出るためには金属量が低いことが重要で SFR の大小にはさほど影響しない可能性がある

といったコメントをいただいた。

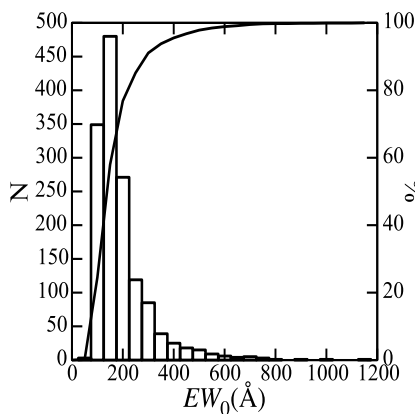


図3 EW の分布

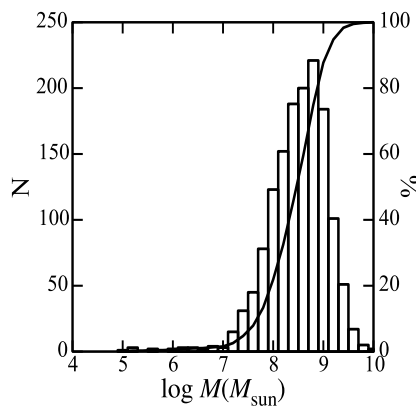


図4 星質量の分布

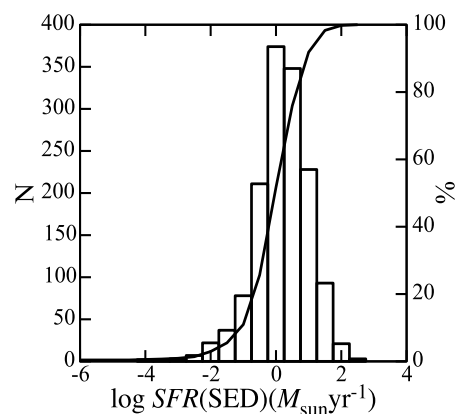


図5 星形成率の分布

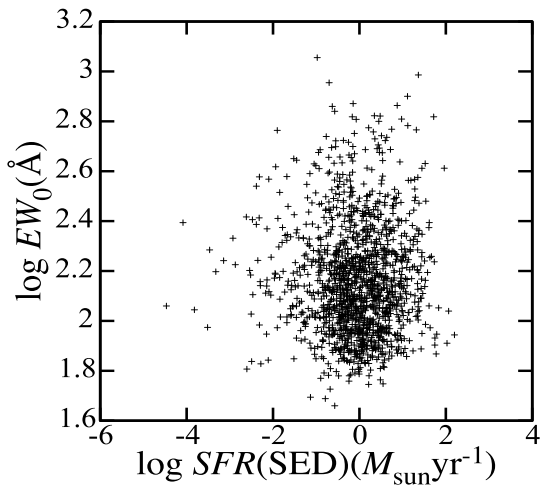


図6 星形成率と等価幅の相関

### ③ 面密度と $EW_0$ の関係の評価

強輝線天体自体の面密度の評価及び、 $EW$  に対する依存性があるか調べるため各範囲の  $EW$  に分けて面密度を評価

- 強輝線天体周辺の面密度を  $\Sigma_{10th} = \frac{11}{\pi r^2}$  を指標として評価 (ポスターでは IA767 及び IA827 の場合の記載)

<https://www.astr.tohoku.ac.jp/~t.nishizuka/study/menmitudo.pdf>

- 各面密度における各範囲の  $EW$  をもつ天体の割合

輝線天体の面密度を  $\Sigma_{10th} = \frac{11}{\pi r^2}$  を指標として、各面密度における各範囲の  $EW_0$  を持つ銀河の割合を示してある

$H\beta + [O III]$  輝線天体の面密度を評価したが強輝線を持たない天体と明確な差は見られず、強輝線天体の  $EW$  に対する面密度の依存性も見られないと結論付けた。

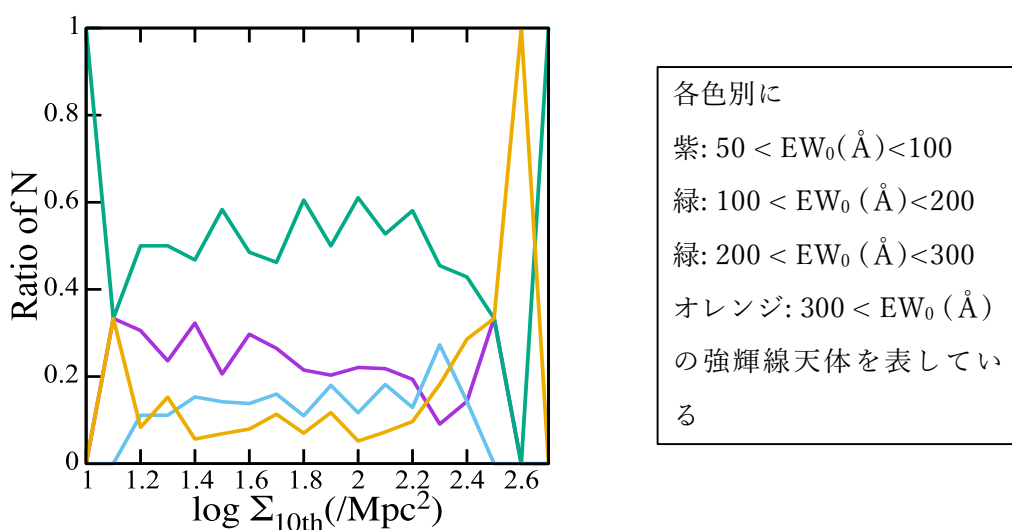


図7 各面密度における強輝線天体の  $EW$  ごとの割合