

# The Properties of Lyman $\alpha$ emitters

東京大学 岡村・嶋作研究室 M1

橋本 拓也

# 目次

- Lyman  $\alpha$  emitters (LAEs) の性質

- LAEsとは何か
- LAEsの先攻研究から分かっている性質
- LAEsの遠方銀河における位置づけ

- 私がやろうとしていること(研究紹介)

- LAEsで詳しく分かっていないこと
- それらが一般的にはどのようにして求められているのか
- LAEsの何を研究するつもりなのか

- まとめ

# 目次

## ▪ Lyman $\alpha$ emitters (LAEs) の性質

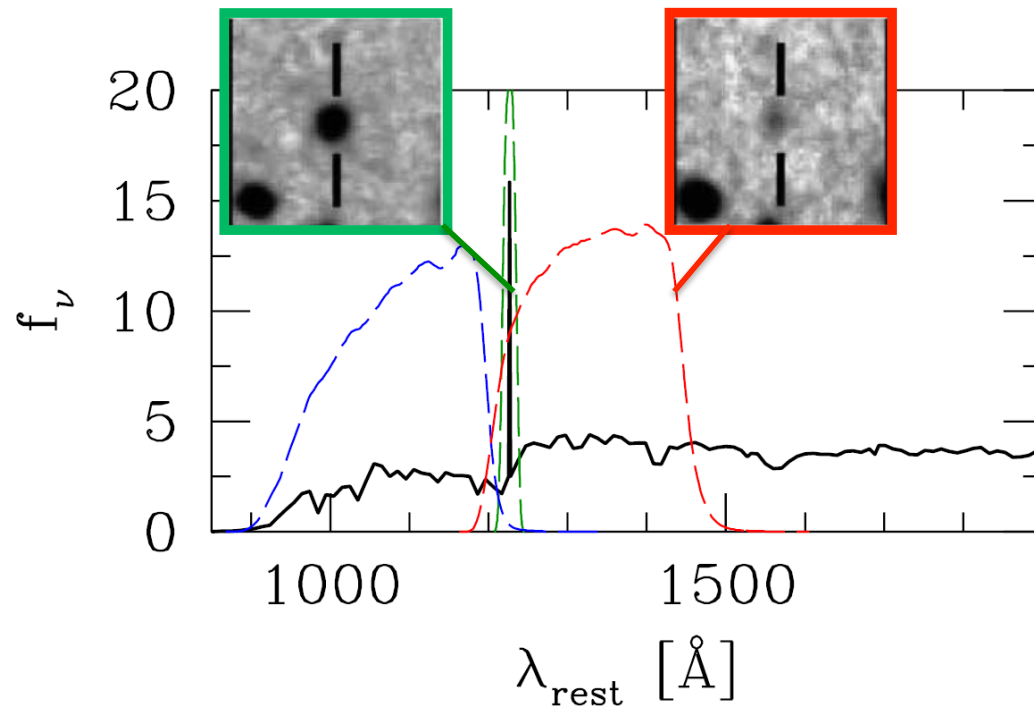
- LAEsとは何か
- LAEsの先攻研究から分かっている性質
- LAEsの遠方銀河における位置づけ

## ▪ 私がやろうとしていること(研究紹介)

- LAEsで詳しく分かっていないこと
- それらが一般的にはどのようにして求められているのか
- LAEsの何を研究するつもりなのか

## ▪ まとめ

# そもそもLAEsとは何か？



Text:

私は、銀河形成を考える上で大切な遠方銀河種族、LAEについて研究しようとしている。まずLAEをどのようにして見分けているのかが左図である。緑枠のnarrow band(NB)で強く、一方赤、青枠の紫外連続光で弱いという特徴を使ってLAEを検出する。このようにして観測されたLAEは赤方偏移 $z=2\sim 7$ で1000個以上発見されている。

また、上記の選び方から分かることはLAEは年齢が若く(UV連続光が青いことより)、metallicityが低く(UV連続光が青いことより)、質量の低い(UV連続光が暗いことより)、しかし星形成が活発( $\text{Ly}\alpha$ で強いことより)な銀河だということである。

# 先行研究から分かっていること

Text:

次に、先行研究からLAEについて分かっていることの内、特に関連のあるものを紹介する。右図は銀河の物理量—性質を知るためによく行われるSpectral Energy Distribution Fitting (SED fitting)の結果である。これは、測光多波長データとモデルとの比較を行うことで、銀河の物理量を推定するというものである。その結果が以下である。

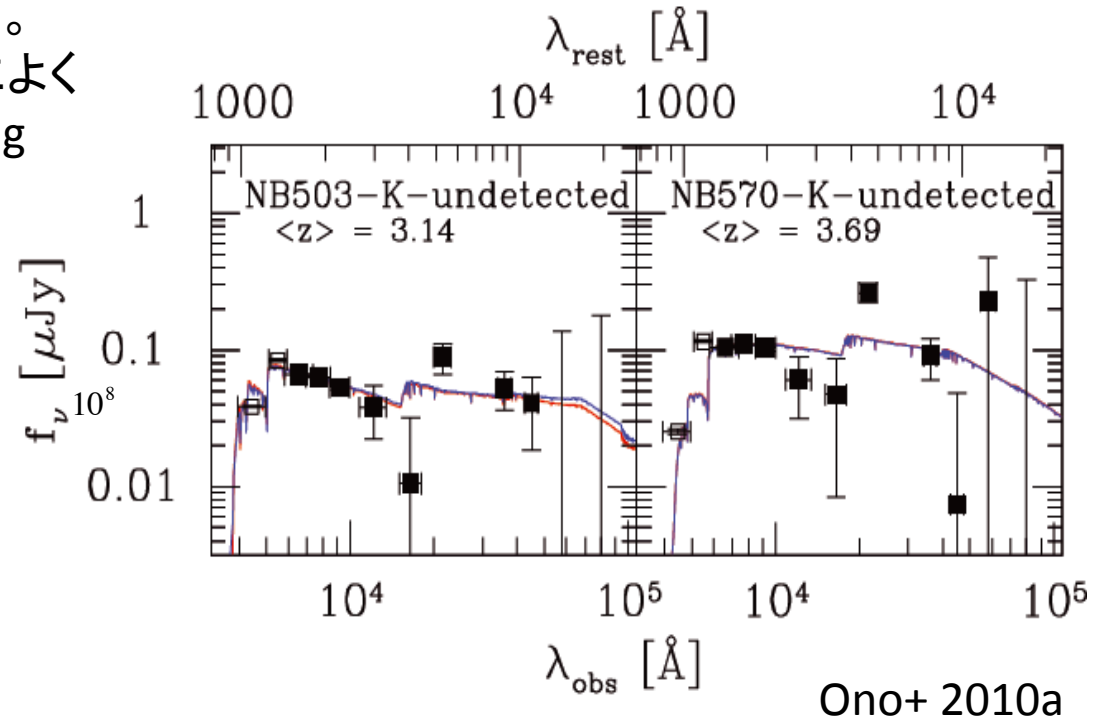
age : 若い (1~100 Myr)

Mstar : 軽い ( $10^8 \sim 10^9 M_{\text{sun}}$ )

dust : 少ない

SFR : やや大きい (1~100  $M_{\text{sun}}/\text{yr}$ )

metallicity: 少ない



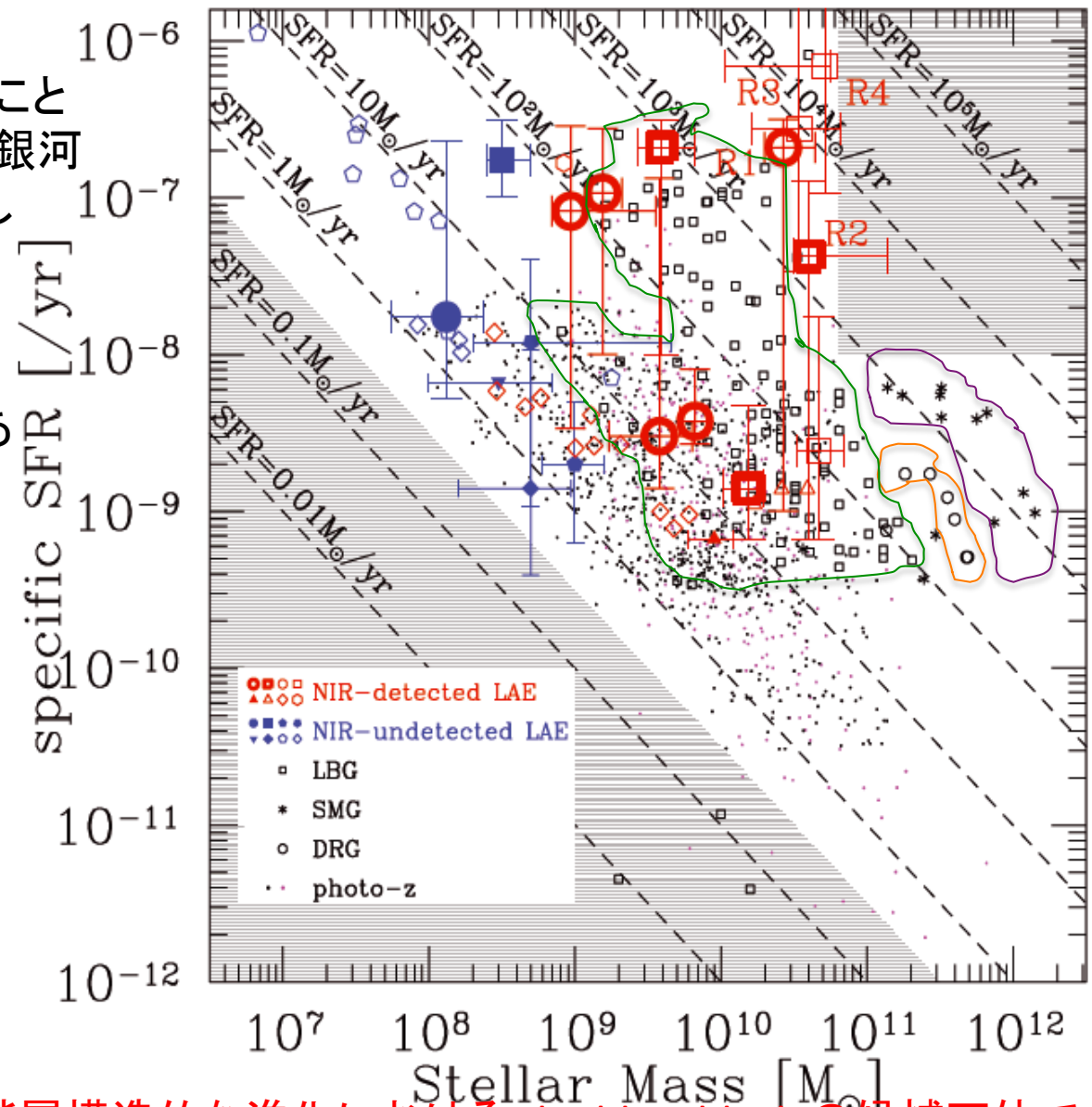
# LAEsの遠方銀河における位置づけ

Text:

もう1つ、先行研究から分かっていることを紹介する。右図はLAEが他の遠方銀河と比べてどのような存在なのかを表している。縦軸はspecific SFR=SFR/Mつまり単位質量あたり星形成率で、星形成の活発度合いの尺度である。また以下がそれぞれの色の意味である。

- 青 → 平均的なLAEsの性質
- 緑 → 大質量の星形成銀河
- 橙 → 重くて古い銀河
- 紫 → ダストの多いスターバースト銀河

右図から分かるのはLAEsの質量は遠方銀河で最小で、sSFRは他のよりも大きいということである。



以上より伝えたかったことは、LAEsは階層構造的な進化における、building blockの候補天体であり、宇宙初期の銀河進化を考える上で非常に重要だということである。

Ono+ 2010a

# 目次

- Lyman  $\alpha$  emitters (LAEs) の性質

- LAEsとは何か
- LAEsの先攻研究から分かっている性質
- LAEsの遠方銀河における位置づけ

- 私がやろうとしていること(研究紹介)

- LAEsで詳しく分かっていないこと
- それらが一般的にはどのようにして求められているのか
- LAEsの何を研究するつもりなのか

- まとめ

# LAEsについてよく分かっていないこと

Text: それではLAEについてまだよく分かっていないことの内、私がやろうとしていることについてお話する。

metallicityやStar Formation Rate(SFR)は測光によるSED fitting からよりも分光データの方が詳しいことが分かる。これは、先程のSED fittingの結果から分かる物理量は縮退しているからである。この縮退を解くためには、より詳しくこれらの物理量を決められる分光データによる決定が必要となる。しかし、LAEにおいては分光データからこれらが詳細には決まっていない。

他の遠方銀河では、分光データから上記の物理量が決まっているのに対して、なぜ、LAEにおいては決まっていないのか、原因を下にまとめた。

## 原因

- LAEsは暗い
- $z \sim 2,3$  LAEsのmetallicityやSFRを知ろうとすると、近赤外の分光データが必要。  
しかし近赤外では夜光の影響、大気の吸収があり、データ取得が困難
- さらなる遠方ではますます暗くなってしまい困難

つまり、LAEの暗いという特徴のために困難になっているのである。



## どのようにしてStar Formation Rate(SFR)を求めるか

Text:ここでは、他の銀河ではどのようにしてSFRを求めているのか、そしてLAEでは具体的になぜSFRが詳細には分かっていないのかを説明する。

- ・SFRは紫外連続光やLy $\alpha$ 輝線、H $\alpha$ 輝線の強さと以下のような比例関係がある。

$$\text{SFR}_{\text{UV}}[M_{\odot} \text{ yr}^{-1}] = \frac{L_{1500}[\text{ergs s}^{-1} \text{ Hz}^{-1}]}{8.85} \times 10^{-27} \quad \text{Daddi+ 2004}$$

$$\text{SFR}_{\text{H}\alpha}[M_{\odot} \text{ yr}^{-1}] = 7.9 \times 10^{-42} L_{\text{H}\alpha}[\text{ergs s}^{-1}] \quad \text{Kennicutt+ 1998}$$

これまでにLAEにおいて算出されたSFRはUV連続光 又は Ly $\alpha$ 輝線の強さをを用いたものしかない。(Ouchi+ 2008など)しかし、分光データからSFRを求める場合でもこれらは誤差、不定生の大きな方法である。それは、短波長側の光ほどダストに吸収散乱されてしまうという性質があるからだ。

そこで重要なのは、誤差、不定生が小さくて済む、より長波長側のH $\alpha$ などからSFRを推定することである。

しかし、LAEにおいてはH $\alpha$ はまだ検出に成功した例はない！ そのために詳細が分かっていない。

# 他の遠方銀河ではどのようにしてmetallicityを求めているか

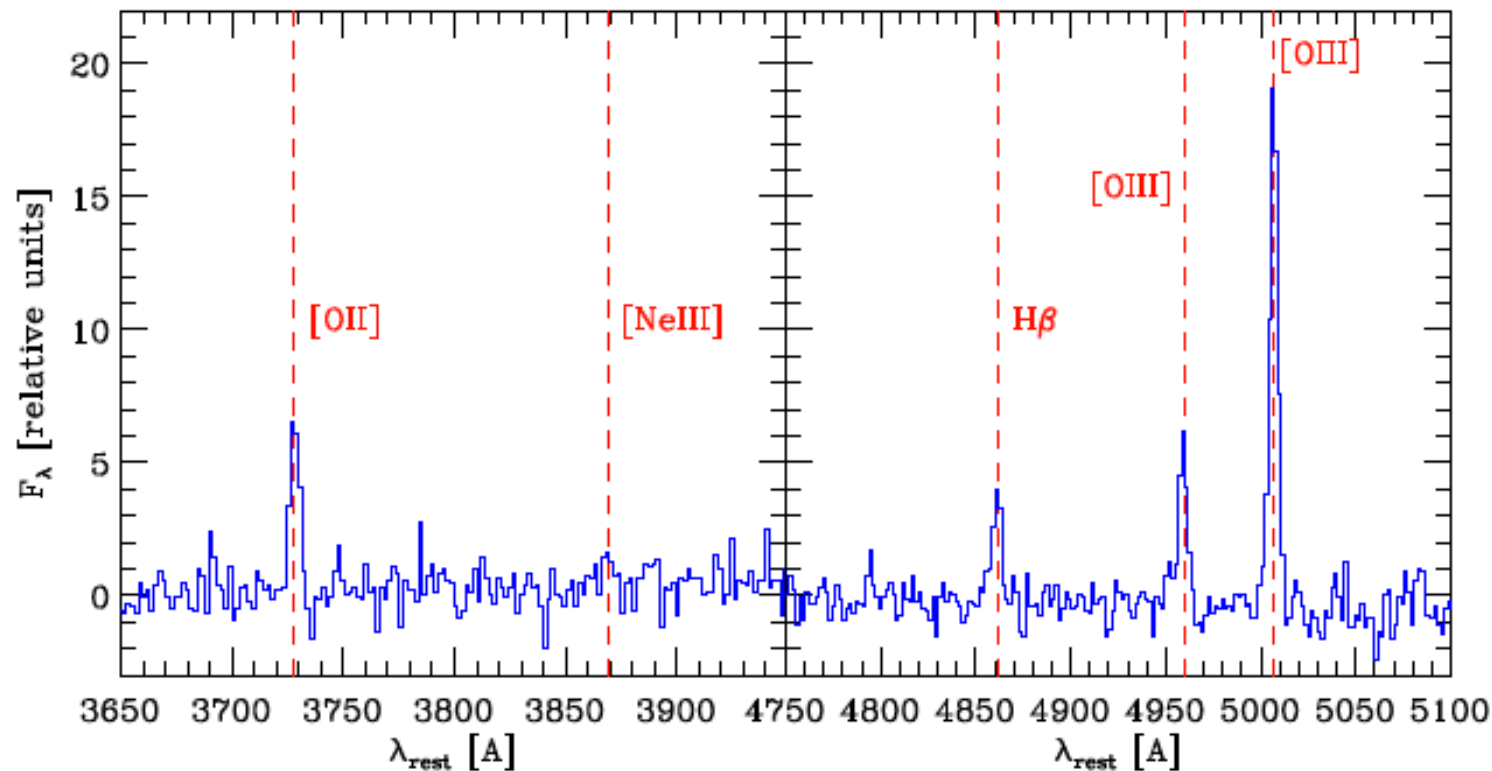
Text:

次にmetallicityについても見てみよう。

metallicityを知るには銀河の出すいくつかの輝線を調べてやる必要がある。

具体的には、複数の nebular emissionの強度比を用いて求める。

nebular emissionとは、星由来ではなく、それを吸収した星間ガス由来の輝線のことである。下図は、nebular emissionの一例である。



Maiolino+ 2008

## 他の遠方銀河ではどのようにしてmetallicityを求めているか

いくつかの**nebular emission**の輝線強度比が銀河のmetallicityを与えることについて、詳しくみていく。

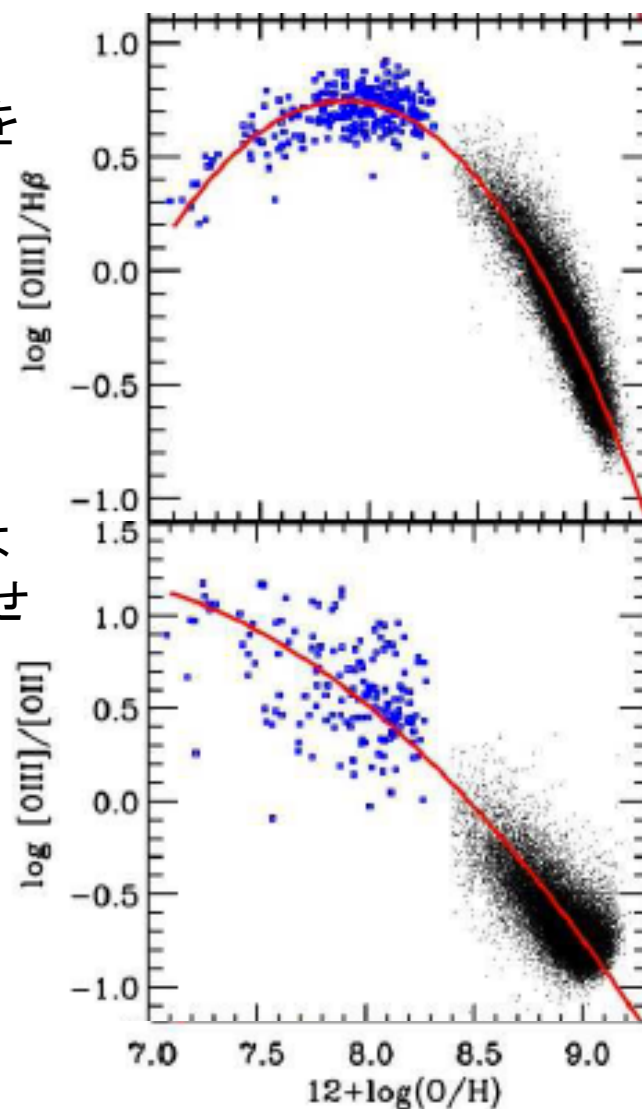
右図は横軸がmetallicityを表し、縦軸が輝線強度比を表す。

右図のように、複数のnebular emissionが観測されている銀河では、それらを組み合わせることでmetallicityを推定出来る。

各比は、右図を見れば分かるように一長一短である。

解を2つ持つてしまうがダスト影響の少ないもの(右図上)、解は1つだがダスト影響の大きいもの(右図下)、これらを組み合わせることで最良のmetallicityを求めているのである。

しかし、LAEにおいては、複数の**nebular emission**輝線検出に成功していないため(先日他グループにより世界で初めて[OIII]が検出されたが、複数のline検出には至っていない)、metallicityが詳細には分かっていないのである。



# 私がやろうとしていること-

## 近赤外分光から明らかにするLAEの性質

近赤外分光データからLAEのnebular emissionを検出して、SFRやmetallicityを知りたい！  
これにより銀河進化を考える上で重要なLAEについて今までより詳しい性質が分かる。  
以下が現有データと、入手できる予定のデータである。

Subaru/MOIRCS 近赤外分光データ

Magellan/MMIRS 近赤外分光データ+予定

Subaru/FMOS 予定

これらは全て近赤外分光データで、特に10月に予定しているMMIRS観測は私も参加する。

先立って、まずは現有データの解析を始めようとしているところである。

# 目次

## ▪ Lyman $\alpha$ emitters (LAEs) の性質

- LAEsとは何か
- LAEsの先攻研究から分かっている性質
- LAEsの遠方銀河における位置づけ

## ▪ 私がやろうとしていること(研究紹介)

- LAEsで詳しく分かっていないこと
- それらが一般的にはどのようにして求められているのか
- LAEsの何を研究するつもりなのか

## ▪ まとめ

LAEは銀河進化を考える上で重要な、遠方銀河種族の一つである。

測光データからある程度その性質が分かりつつあるが、SED fittingの欠点として、物理量の縮退がある。より詳細な性質を明らかにするためには、分光データを用いてSFRやmetallicityを調べてやる必要がある。

他の遠方銀河ではこれらが成功しているにもかかわらず、なぜLAEにおいては成功していないのかというと、LAEが暗いことが原因にある。

そこで我々は、なんとかしてLAEのnebular emissionを検出し、これらの物理量を求めようとしている。

以上