

Herschel 望遠鏡による SMG 分光 データ stacking の現状

微細構造線勉強会@天文センター 2014/12/3

山口裕貴, 田村陽一, 河野孝太郎 (東京大学)

1. Introduction

- SMG ような dusty な銀河の物理化学状態 (e.g. 電離度, 密度) を調べるためにはダストによる減光の効果が小さい微細構造線を調べるのが良い
- 代表的な微細構造線の多くは FIR の領域で放射される
- SMG の赤方偏移分布がピークとなる $z \sim 2$ 付近で放射される微細構造線は地上から観測しにくい
- 今回は Herschel 宇宙望遠鏡の SPISE FTS の分光アーカイブデータを利用した
- SMG の統計的性質を調べるためと S/N 値を改善するために stacking 解析を行なった

1. Introduction

- Herschel 宇宙望遠鏡 SPIER FTS (Griffin+10)
 - 観測周波数: SLW 447 – 990 GHz (303 – 671 μm)
SSW 960 – 1550 GHz (194 – 313 μm)
 - 分解能: ~ 1.44 GHz (FWHM)
 - $\sim 270 - 970$ km/s
 - $\Delta\lambda / \lambda \sim 370 - 1300$
- アーカイブデータ
 - 生データから calibration 済みのものまでダウンロード可能
- データ解析環境
 - Herschel Interactive Processing Environment (Ott+10)



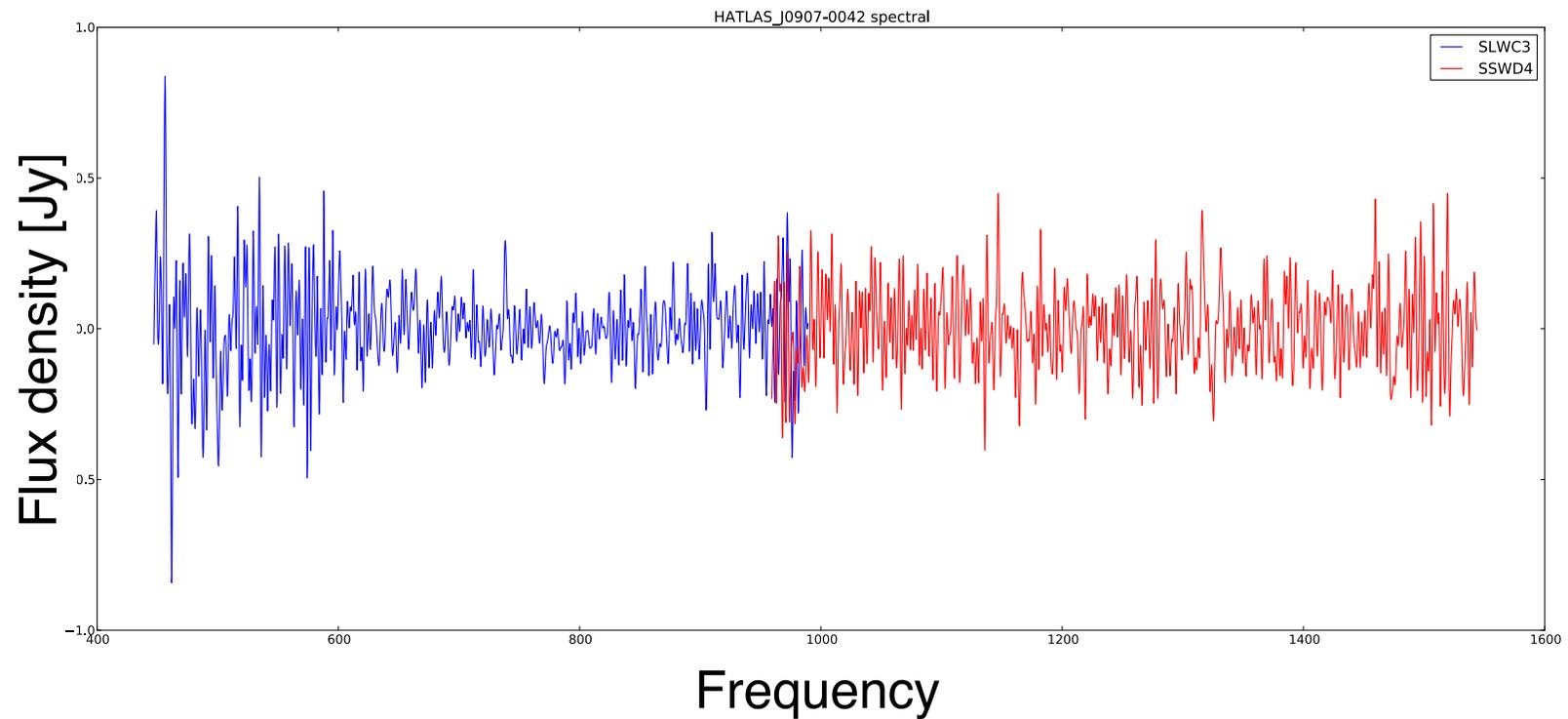
2. Sample selection

- 本研究では stacking 解析を行なうため分光赤方偏移 (CO 輝線観測) が正確に分かっている SMG のみを対象にする

サンプル数	23 天体
内訳	H-ATLAS × 18 SPT-S × 3 MMJ2135 IRAS F10214+4724
赤方偏移の中央値	$z_{\text{median}} = 2.3$
赤方偏移の最小値	$z_{\text{min}} = 1.027$
赤方偏移の最大値	$z_{\text{max}} = 3.634$

3. Data analysis

- calibration 済みのデータ (LEVEL 2 data) を解析
- まずはベースラインを決める



3. Data analysis

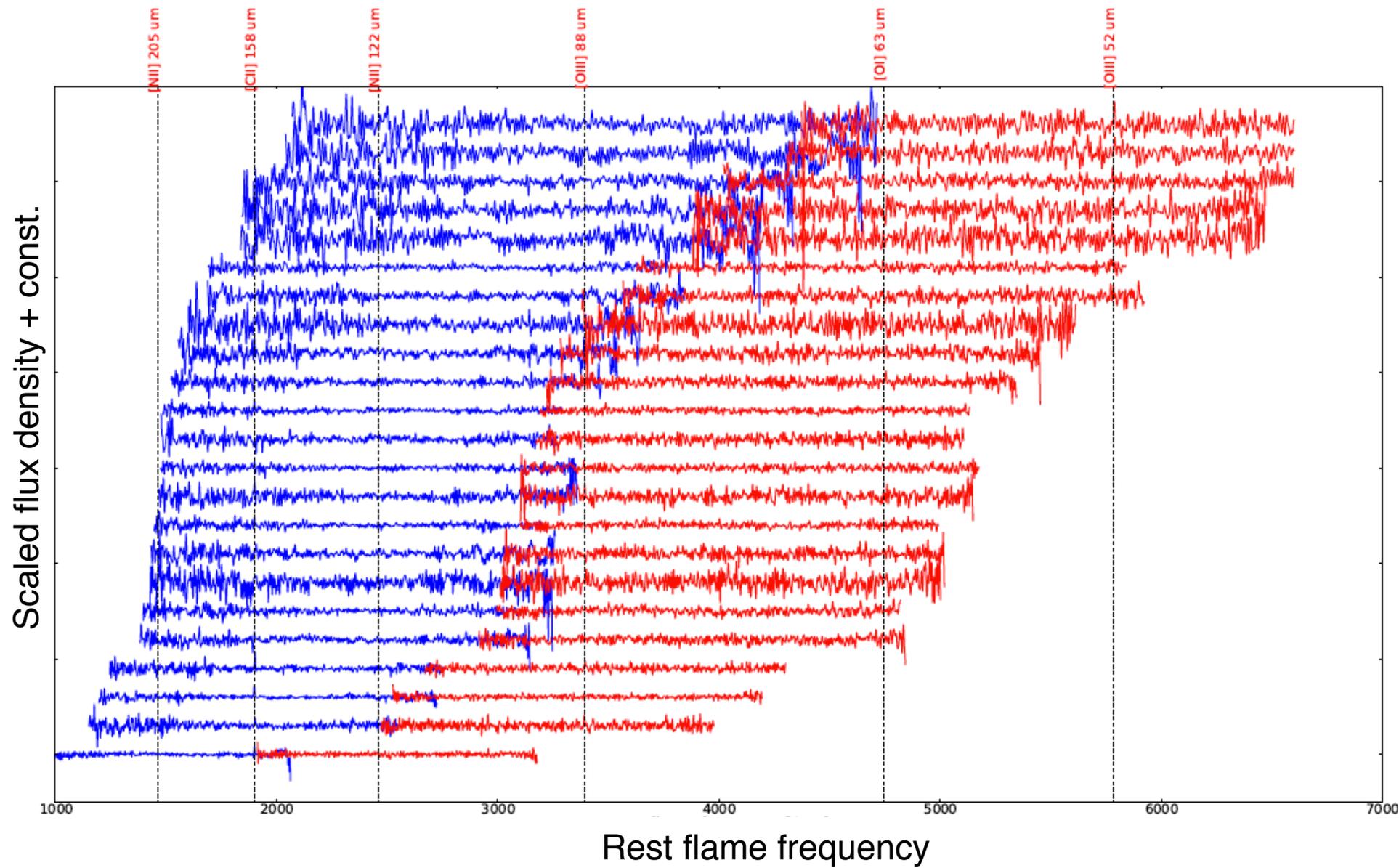
- 赤方偏移をそろえて stacking する (Spilker+14)
 - 遠い銀河が過小評価されないようにファクターをかける

$$\left(\frac{D_L(z_{\text{source}})}{D_L(z_{\text{common}})} \right)^2 \frac{1 + z_{\text{common}}}{1 + z_{\text{source}}}$$

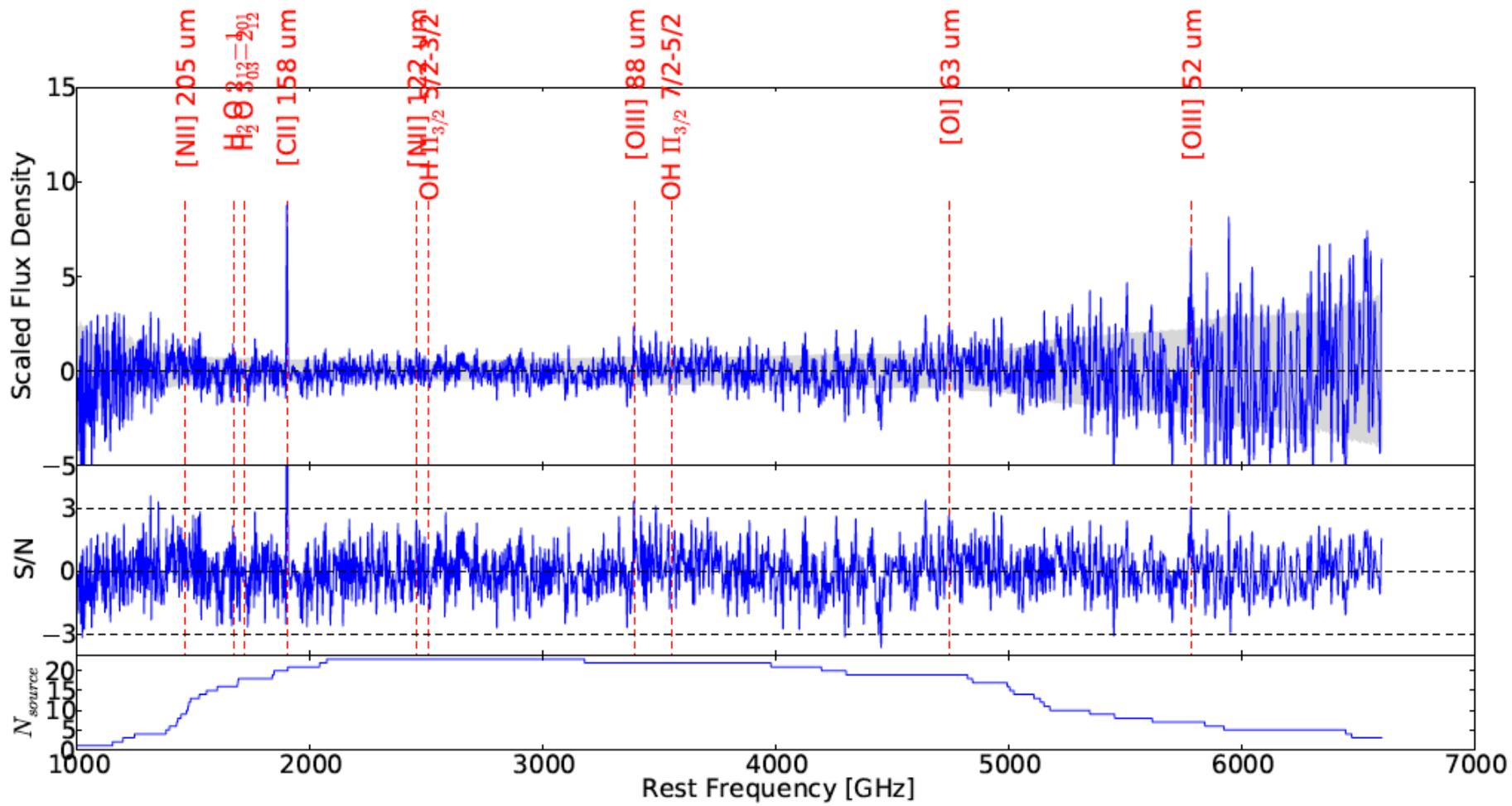
- 重力レンズ等の不定性をなくすために静止波長 350 um のフラックスで規格化
- 重み付き平均をとる

$$S_{\text{stacked}} = \frac{\sum_i S_i \sigma_i^{-2}}{\sum_i \sigma_i^{-2}}$$

4. Results

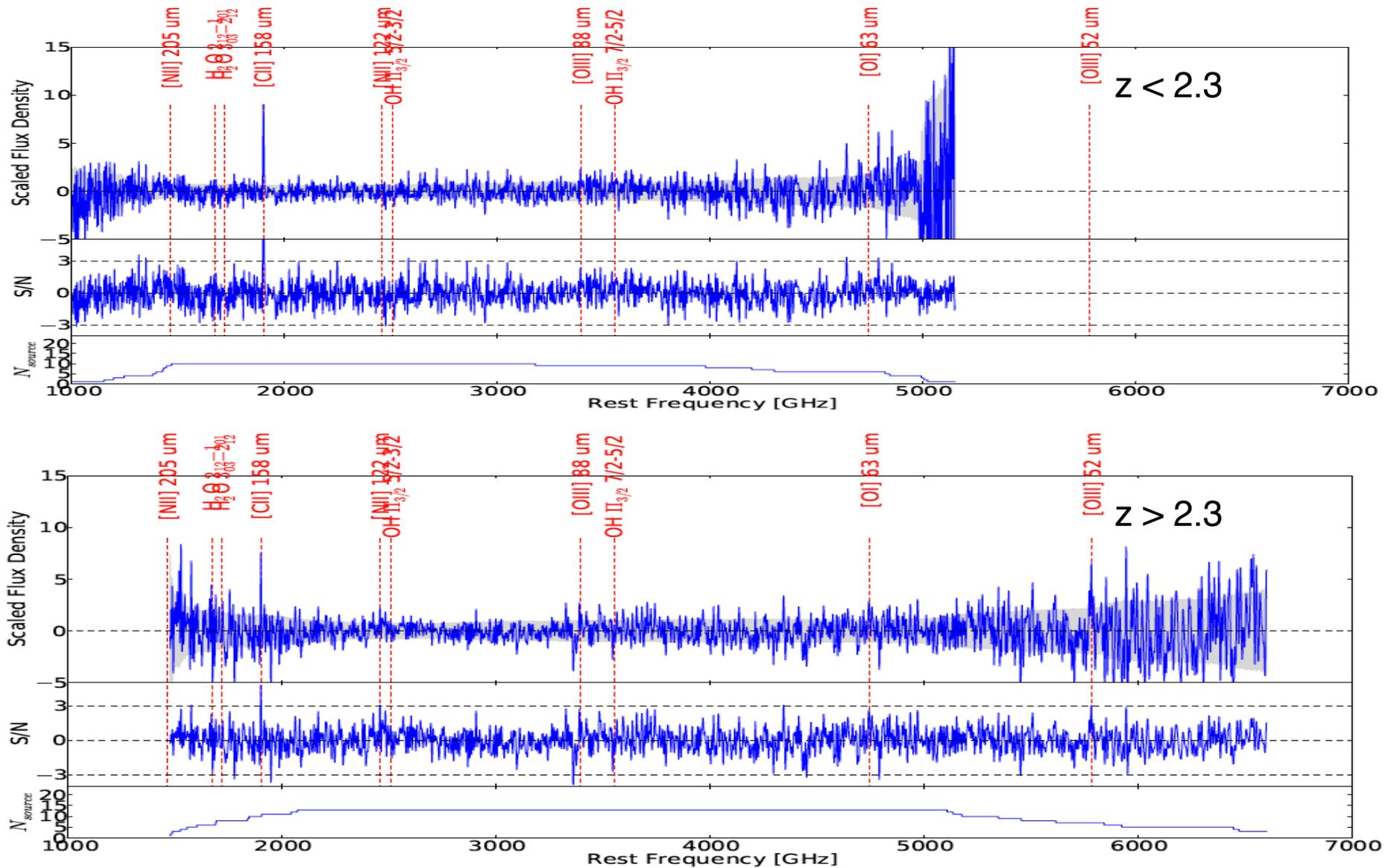


4. Results



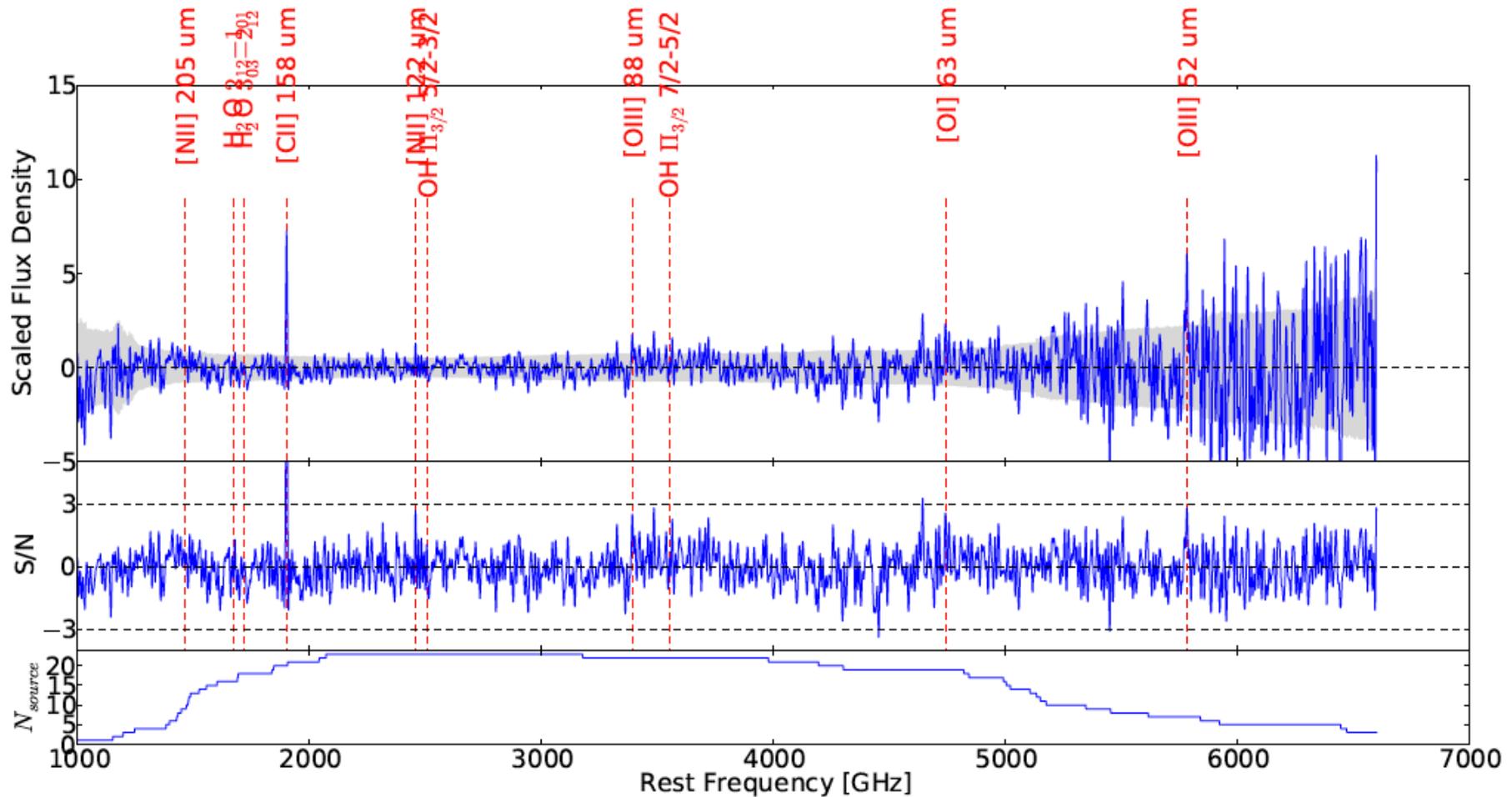
4. Results

- $z < 2.3$ と $z > 2.3$ それぞれで stacking



4. Results

- フーリエ変換によって高周波成分を落として (i.e. smoothingを行ない) stacking したスペクトル



4. Results

- 検出 ($S/N > 5$) は [CII] 158 μm のみ
- [CII] 158 μm で規格化した line flux ratio (3σ upper limit)

	[NII] 205 μm	[NII] 122 μm	[OIII] 88 μm	[OI] 63 μm	[OIII] 52 μm
normal	< 0.27	< 0.19	< 0.27	< 0.36	< 0.85
$z < 2.3$	< 0.26	< 0.25	< 0.35	< 0.62	-
$z > 2.3$	-	< 0.30	< 0.38	< 0.42	< 0.86
FT	< 0.30	< 0.21	< 0.30	< 0.38	< 0.93

4. Results

- Herschel SPIER FTS で分光観測された 23 天体の stacking 解析を行なったが [CII] 158 μm 線以外の目立った検出はなかった.
- $z > 2.3$ の天体の stacking 結果では [NII] 122 μm 線と [OIII] 52 μm 線が $S/N \sim 3$ となっている.
- 一方で [OIII] 88 μm 線は $S/N < 3$
- [OIII] 52 μm 線のフラックスが [CII] 158 μm と同等程度に強い
 - 物理的にあり得る？ ノイズによって強調されているだけ？

5. Discussion

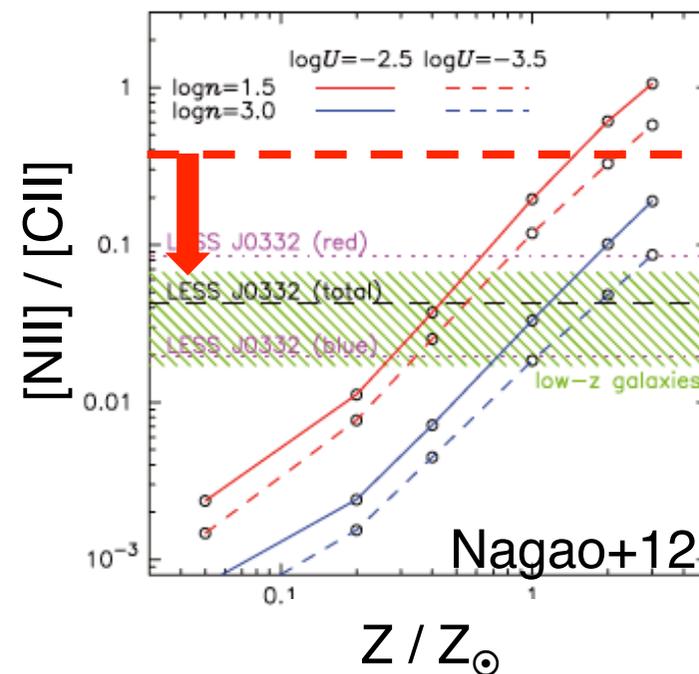
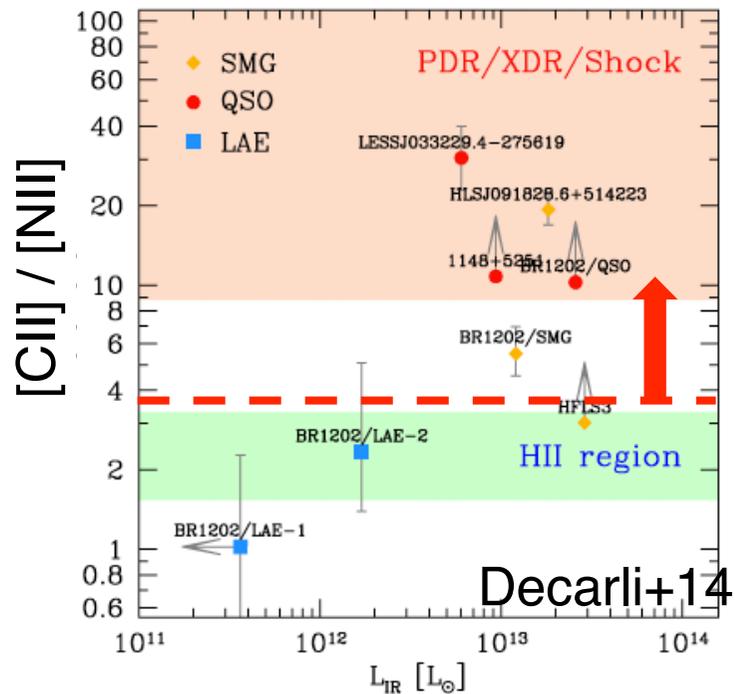
- 得られた結果は先行研究と矛盾？
 - Farrah+13: $z < 0.27$ の ULIRG での微細構造輝線観測
 - [CII] 158 μm と [OI] 63 μm が最も明るい微細構造輝線
 - Spinglio+14: 近傍 Seyfert 銀河の微細構造輝線観測
 - [OIII] 52 μm よりも [OI] 63 μm の方が明るい傾向
- ほとんどの微細構造輝線が未検出なために細かい議論はできない
 - Herschel SPIER FTS では限界？
 - [CII] との比をとることである程度物理状態を制限できるかもしれない

5. Discussion

- [CII] 158 um 線と比をとることで分かること

– [CII] 158 um vs. [NII] 205 um

- Metallicity (Nagao+12)
- Ionization factor (Decarli+14)
- The relative contribution of [CII] arising in PDRs and in ionized gas (Bernard-Salas+12)

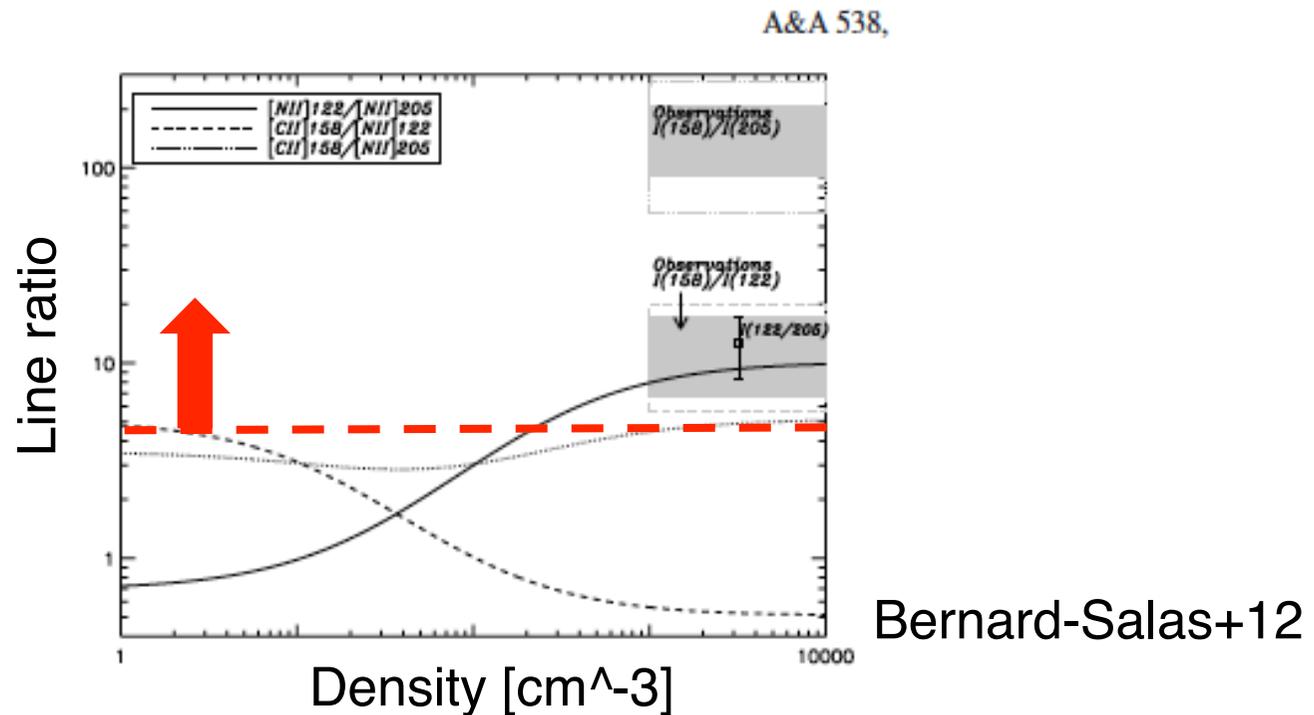


5. Discussion

- [CII] 158 μm 線と比をとることで分かること

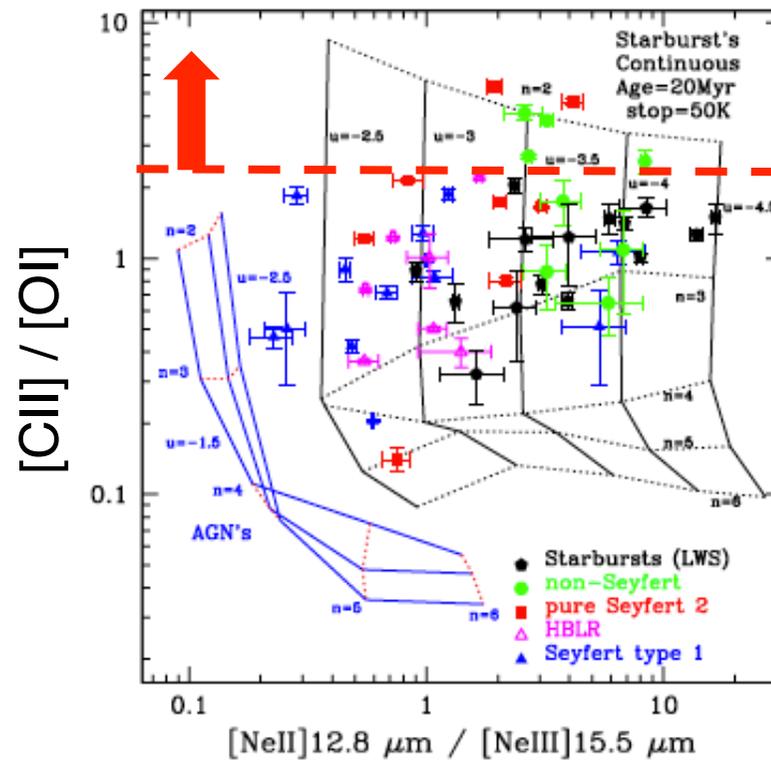
–[CII] 158 μm vs. [NII] 122 μm

- The relative contribution of [CII] arising in PDRs and in ionized gas (Bernard-Salas+12)



5. Discussion

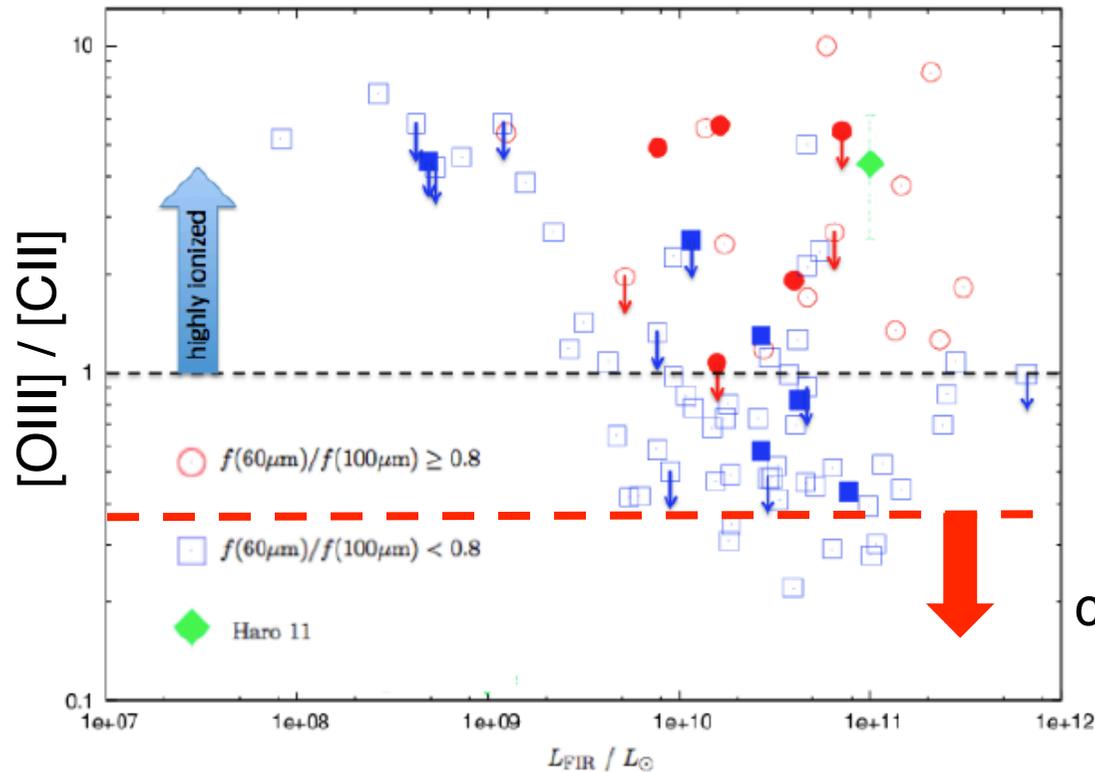
- [CII] 158 μm 線と比をとることで分かること
 - [CII] 158 μm vs. [OI] 63 μm
 - Hydrogen gas density (Spinoglio+14)



Spinoglio+14

5. Discussion

- [CII] 158 μm 線と比をとることで分かること
 - [CII] 158 μm vs. [OIII] 88 μm
 - Indicator of ionization states in galaxies ?



cf. Brauher+08
Carmier+12

6. Summary

- Herschel SPIER FTS の分光赤方偏移が分かっているデータについて stacking 解析を行なった
- [CII] 158 um line 以外に目立った輝線の検出はなかった
- [OIII] 58 um line が [CII] 158 um line と同等程度に強い?
 - 特に $z > 2.3$ のデータを stacking した場合
- [CII] 158 um line と輝線比をとることによって物理状態を制限
 - 上限値または下限値を与えたが細かな議論はできない
 - QSO サンプルを加えることで改善の余地?
 - 一方で [CII]158 / [OI]63, [OIII]88 / [CII]158 比は近傍銀河とはことなる領域に来ていると考えられる