

CO luminosity function from Herschel-selected galaxies and the contribution of AGN

Vallini et al. 2015, arXiv:1511.00974

2015 年 11 月 20 日 (金)

河野研 修士 2 年

山口裕貴

0. Abstract

ABSTRACT

We derive the CO luminosity function (LF) for different rotational transitions (i.e. (1–0), (3–2), (5–4)) starting from the *Herschel* LF by Gruppioni et al. and using appropriate $L_{\text{CO}} - L_{\text{IR}}$ conversions for different galaxy classes. Our predicted LFs fit the data so far available at $z \approx 0$ and 2. We compare our results with those obtained by semi-analytical models (SAMs): while we find a good agreement over the whole range of luminosities at $z \approx 0$, at $z \approx 1$ and $z \approx 2$ the tension between our LFs and SAMs in the faint and bright ends increases. We finally discuss the contribution of luminous AGN ($L_X > 10^{44} \text{ erg s}^{-1}$) to the bright end of the CO LF concluding that they are too rare to reproduce the actual CO luminosity function at $z \approx 2$.

Key words: galaxies: luminosity function, mass function, galaxies: evolution, infrared: galaxies

- Gruppini + によって得られた *Herschel* LF をもとに CO LF を求めた
 - $z \sim 0$ では セミアナと一致したが, $z \sim 1, 2$ では faint, bright end が合わない
- $L_X > 10^{44} \text{ erg/s}$ の AGN だけでは $z \sim 2$ の bright end が再現できない

1. Introduction

- 宇宙の星形成史や銀河でのガス降着/消費と星形活動との繋がりというのは open question である
- 星形成活動の進化を適切に記述するには？
 - ガス質量と星形成活動の間の関係を理解すること
 - 様々な赤方偏移で十分な数のサンプルを得ること
- 分子ガスの観測には CO 回転遷移輝線が用いられる (see, Carill & Walter 2013)
 - ガス雲で多く存在し, 容易に励起する
 - e.g. CO(1-0) 励起ポテンシャル ~ 5.5 K
- 様々な赤方偏移で CO LF を決める必要がある

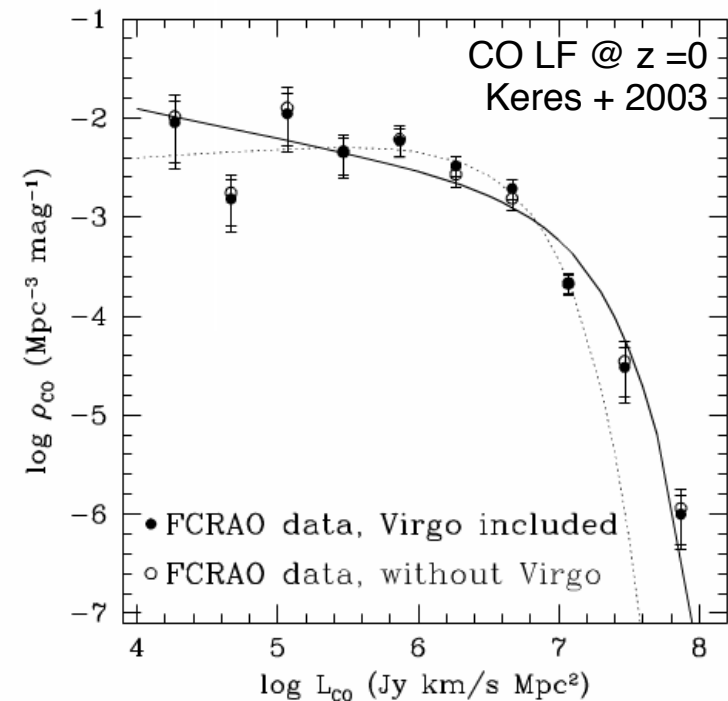
1. Introduction

- CO LF @ various redshifts (observation)

Reference	Keres + 03	Araveba + 12	Daddi + 10	Walter + 14
Redshift	~ 0	~ 2	~ 2	~ 0.3, 1.52, 2.75

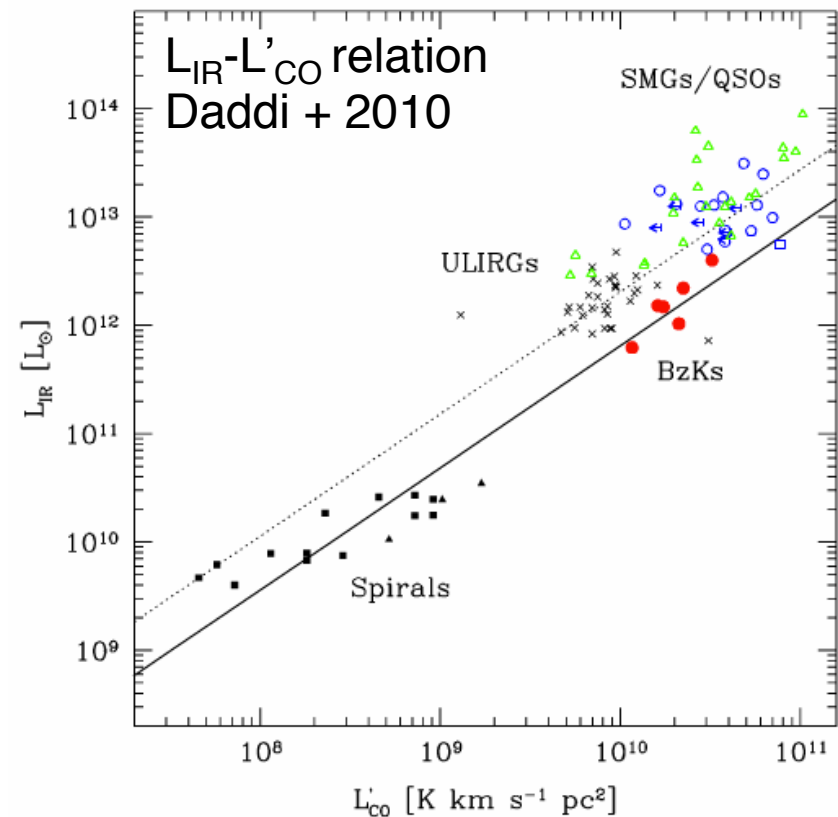
–将来 **ALMA** を用いた **blind scan** が行なわれ, より強い制限が得られるだろう

- 理論面からも様々なモデルで CO LF が得られている
 - e.g., Obreschkow + 2009, etc...



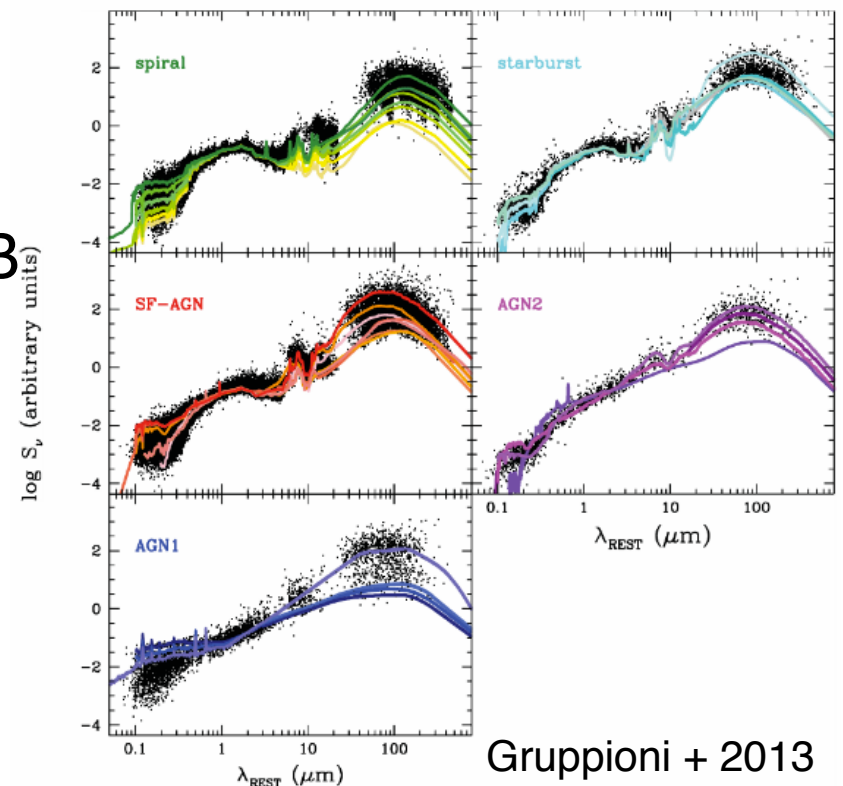
1. Introduction

- 連続波観測で得られるダストからガス質量を求める (e.g., Scoville + 2014)
 - L'_{CO} と L_{IR} (8-1000 μm) は相関している
 - cf. Kennicutt-Schmidt law (Kennicutt 1998)
- この論文では...
 - Gruppioni + 2013 の IR LF から CO LFを求めた
 - CO(1-0), (3-2), (5-4)
 - $z \sim 0, 1, 2$



2. Method

- Gruppioni + 2013
 - Total IR LF based on *Herschel* observation
 - PEP (Lutz + 2011), HerMES (Oliver + 2013)
 - 銀河を multi-wavelength SED で分類
 - spiral, starburst, AGN1, AGN2, SF-AGN
 - SF-AGN はさらに AGN-SB と AGN-GAL に分類



Gruppioni + 2013

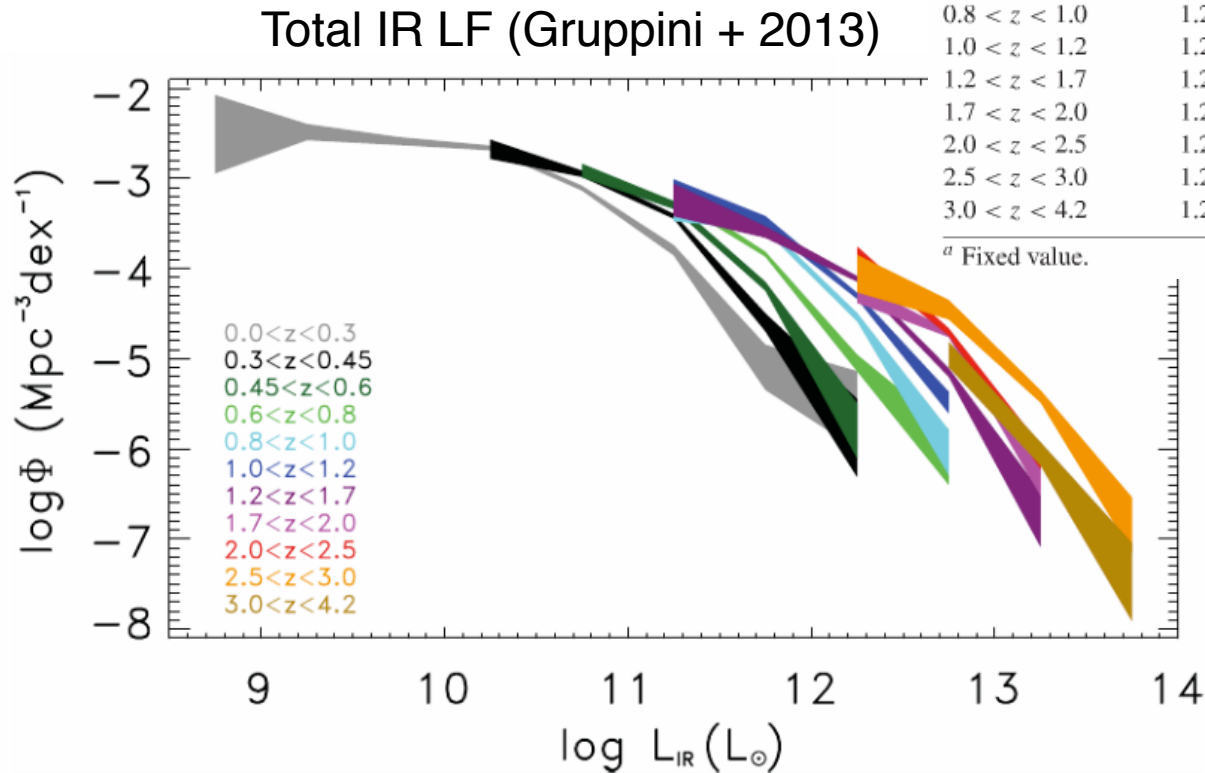
2. Method

- Gruppini + 2013

– Total IR LF $\Phi(L)d\log L = \Phi^* \left(\frac{L}{L^*} \right)^{1-\alpha} \exp \left[-\frac{1}{2\sigma^2} \log_{10}^2 \left(1 + \frac{L}{L^*} \right) \right] d\log L,$

Redshift range	α	σ	$\log_{10}(L^*/L_{\odot})$	$\log_{10}(\Phi^*/\text{Mpc}^{-3} \text{ dex}^{-1})$
$0.0 < z < 0.3$	1.15 ± 0.07	0.52 ± 0.05	10.12 ± 0.16	-2.29 ± 0.06
$0.3 < z < 0.45$	1.2^a	0.5^a	10.41 ± 0.03	-2.31 ± 0.03
$0.45 < z < 0.6$	1.2^a	0.5^a	10.55 ± 0.03	-2.35 ± 0.05
$0.6 < z < 0.8$	1.2^a	0.5^a	10.71 ± 0.03	-2.35 ± 0.06
$0.8 < z < 1.0$	1.2^a	0.5^a	10.97 ± 0.04	-2.40 ± 0.05
$1.0 < z < 1.2$	1.2^a	0.5^a	11.13 ± 0.04	-2.43 ± 0.04
$1.2 < z < 1.7$	1.2^a	0.5^a	11.37 ± 0.03	-2.70 ± 0.04
$1.7 < z < 2.0$	1.2^a	0.5^a	11.50 ± 0.03	-3.00 ± 0.03
$2.0 < z < 2.5$	1.2^a	0.5^a	11.60 ± 0.03	-3.01 ± 0.11
$2.5 < z < 3.0$	1.2^a	0.5^a	11.92 ± 0.08	-3.27 ± 0.18
$3.0 < z < 4.2$	1.2^a	0.5^a	11.90 ± 0.16	-3.74 ± 0.30

^a Fixed value.



2. Methods

- L_{IR} -to- L'_{CO} conversion

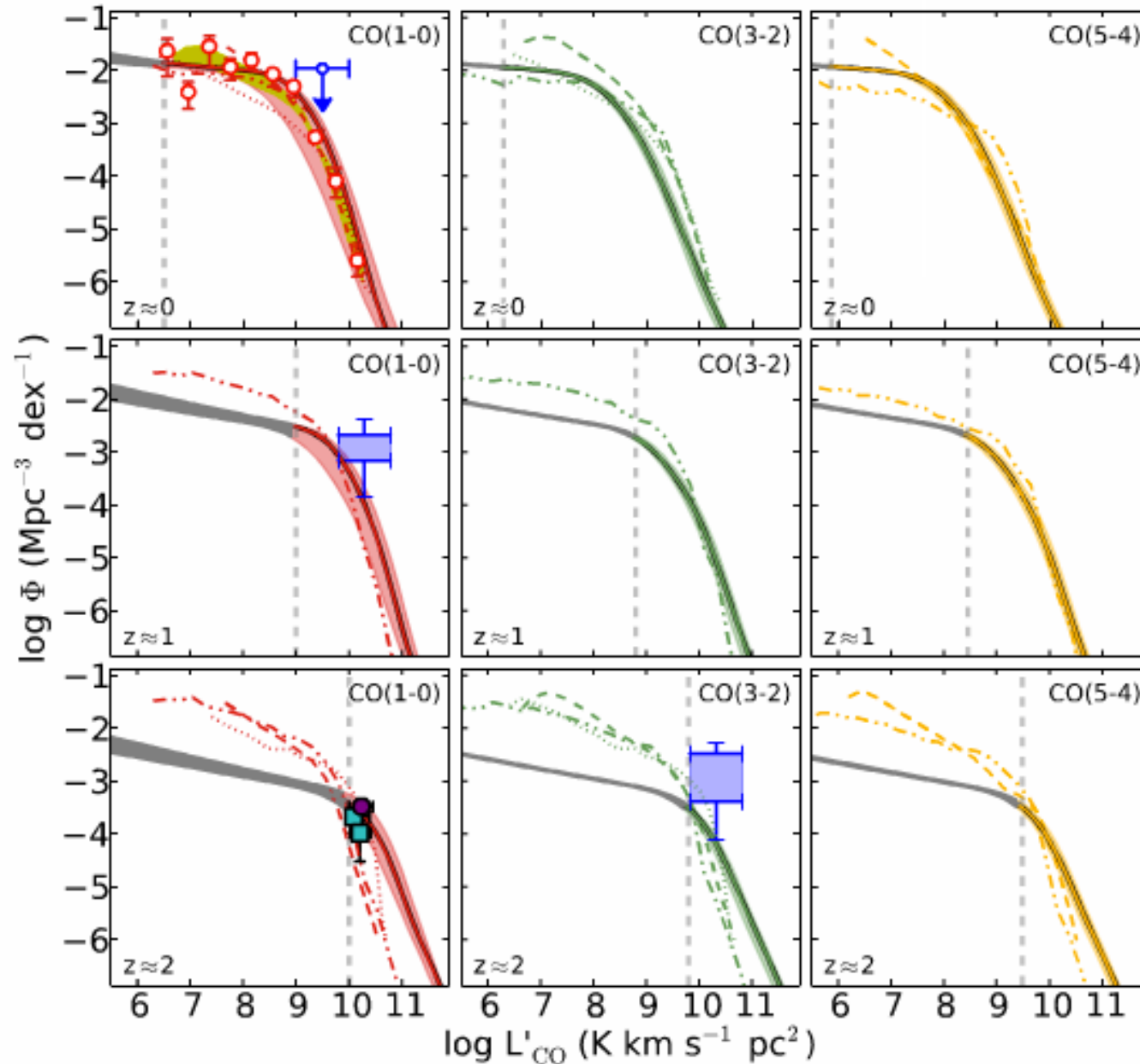
$$-\log(L'_{\text{CO}}/\text{K km s}^{-1} \text{ pc}^2) = \alpha + \beta \log(L_{\text{IR}}/L_{\odot})$$

- MS と Starburst ($> 4 \times \text{MS}$) で異なる値をとる

	$\alpha_{\text{MS}}, \beta_{\text{MS}}$	$\alpha_{\text{SB}}, \beta_{\text{SB}}$
CO(1-0)	-0.54, 0.81	-2.0, 1.00
CO(3-2)	※	-2.2, 1.00
CO(5-4)	-0.52, 1.00	-2.9, 1.03
Reference	Sargent + 2014 Daddi + 2015	Greve + 2014

$$\text{※ } L'_{\text{CO}(3-2)}/L'_{\text{CO}(5-4)} = 1.83$$

3. Results



Red (open): Keres + 2003

Cyan: Aravena + 2012

Purple: Daddi + 2010

Blue: Walter + 2014

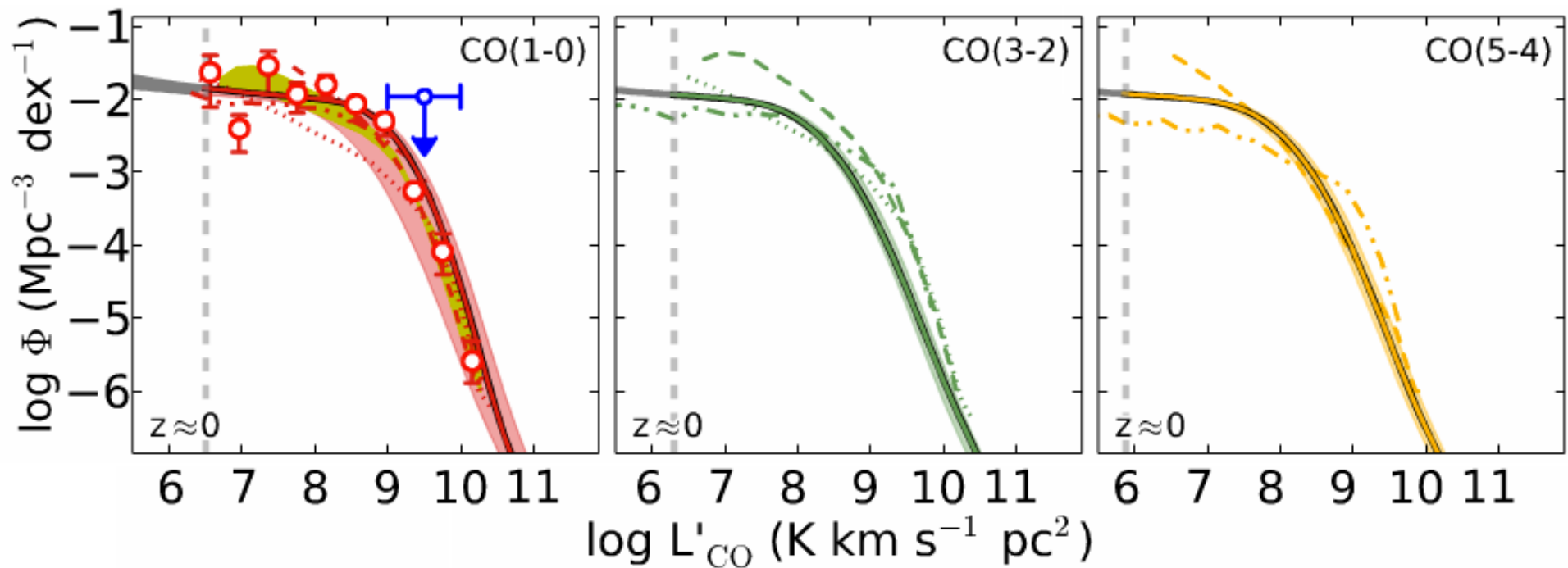
Dash: Obreschkow + 2009

Dot: Lagos + 2012

Dot-Dash: Popping + in prep.

3. Results

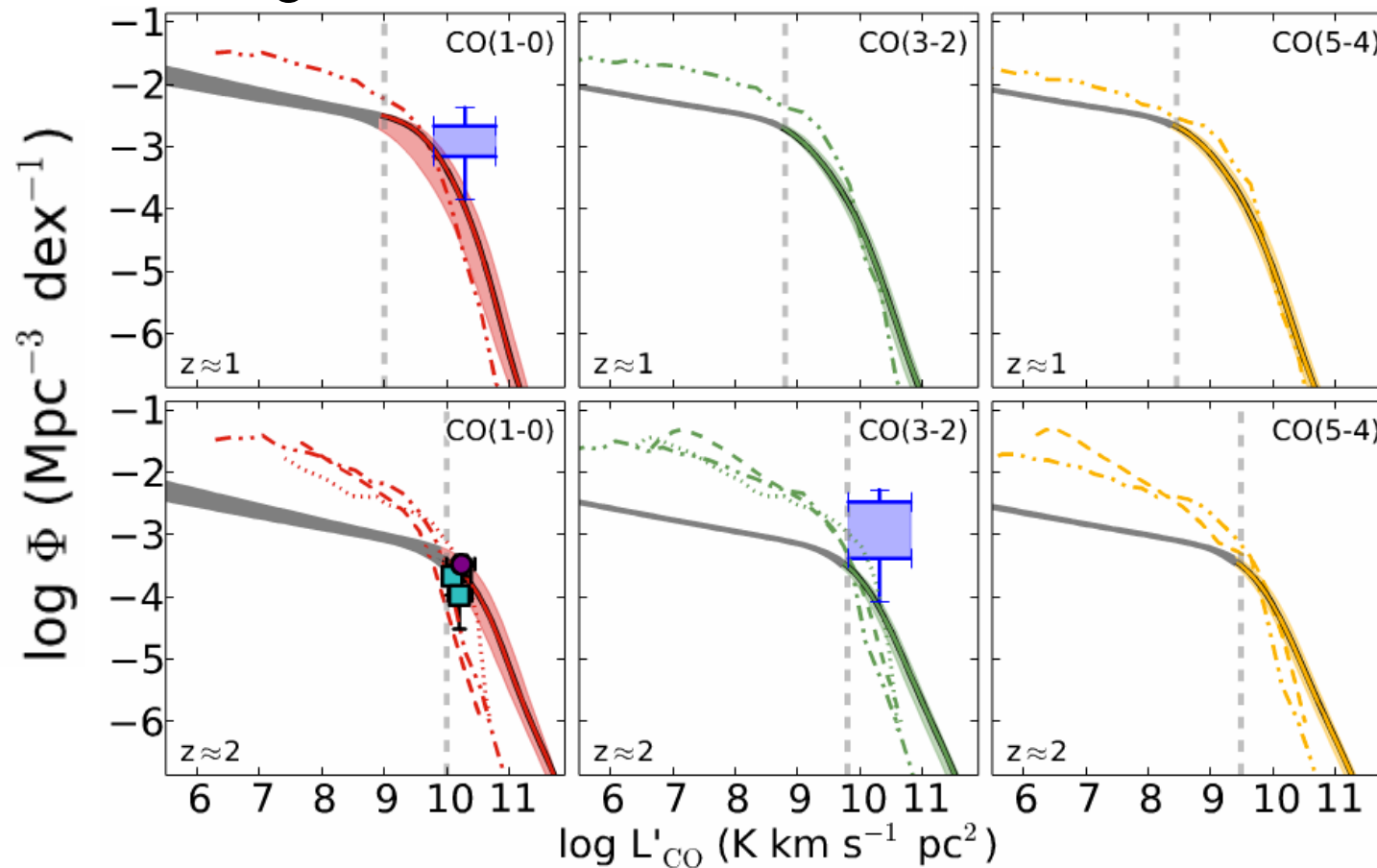
- CO LF @ $z \sim 0$ and $z \sim 1$
 - 過去の観測やセミアナモデルとよく一致している



3. Results

- CO LF @ $z \sim 2$

- 観測 (Aravena +, Daddi +, Walter +) とは矛盾がない
- Faint, bright-end でセミアナモデルと不一致



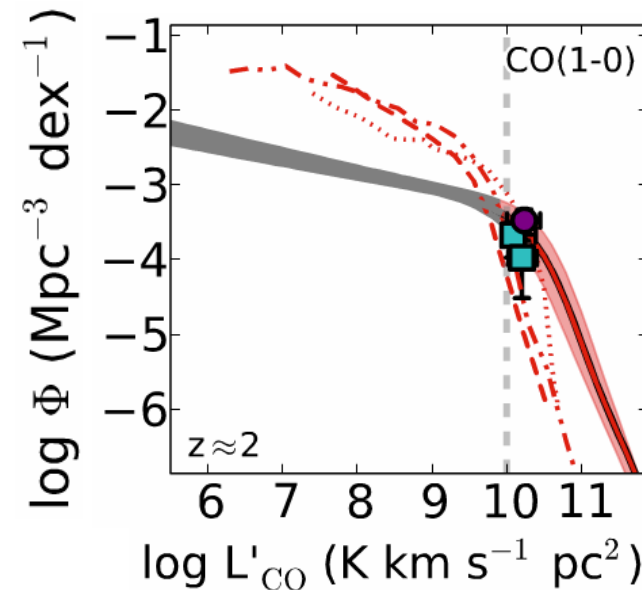
3. Results

- Faint end の不一致
 - Excess of low / intermediate mass galaxies predicted by semi-analytic model with respect to the observation
 - Gruppini + 2013 では IR LF の faint end がきちんと制限されていない
 - Faint end の傾きは $z \sim 0$ の値で固定している

Gruppini + 2013

Redshift range	α	σ	$\log_{10}(L^*/L_{\odot})$	$\log_{10}(\Phi^*/\text{Mpc}^{-3} \text{ dex}^{-1})$
$0.0 < z < 0.3$	1.15 ± 0.07	0.52 ± 0.05	10.12 ± 0.16	-2.29 ± 0.06
$0.3 < z < 0.45$	1.2^a	0.5^a	10.41 ± 0.03	-2.31 ± 0.03
$0.45 < z < 0.6$	1.2^a	0.5^a	10.55 ± 0.03	-2.35 ± 0.05
$0.6 < z < 0.8$	1.2^a	0.5^a	10.71 ± 0.03	-2.35 ± 0.06
$0.8 < z < 1.0$	1.2^a	0.5^a	10.97 ± 0.04	-2.40 ± 0.05
$1.0 < z < 1.2$	1.2^a	0.5^a	11.13 ± 0.04	-2.43 ± 0.04
$1.2 < z < 1.7$	1.2^a	0.5^a	11.37 ± 0.03	-2.70 ± 0.04
$1.7 < z < 2.0$	1.2^a	0.5^a	11.50 ± 0.03	-3.00 ± 0.03
$2.0 < z < 2.5$	1.2^a	0.5^a	11.60 ± 0.03	-3.01 ± 0.11
$2.5 < z < 3.0$	1.2^a	0.5^a	11.92 ± 0.08	-3.27 ± 0.18
$3.0 < z < 4.2$	1.2^a	0.5^a	11.90 ± 0.16	-3.74 ± 0.30

^a Fixed value.



3. Results

- Bright end の不一致
 - High-J CO transition i.e. CO(3-2), CO(5-4)
 - CO SLED のバラツキによる影響が大きい
 - CO(1-0) LF を様々な $L'_{\text{CO}(3-2)}/L'_{\text{CO}(1-0)}$, $L'_{\text{CO}(5-4)}/L'_{\text{CO}(1-0)}$ 比で変換すると bright end は > 1 dex ばらつく
 - CO(1-0) は？
 - *Herschel* の source confusion によって bright end が enhance される
 - ガスの inflow / outflow に影響を与える AGN feedback が適切にモデルされていない

3. Results

- AGN が CO(1-0) LF に与える影響

- 青線: Lagos + 2012 (モデル)

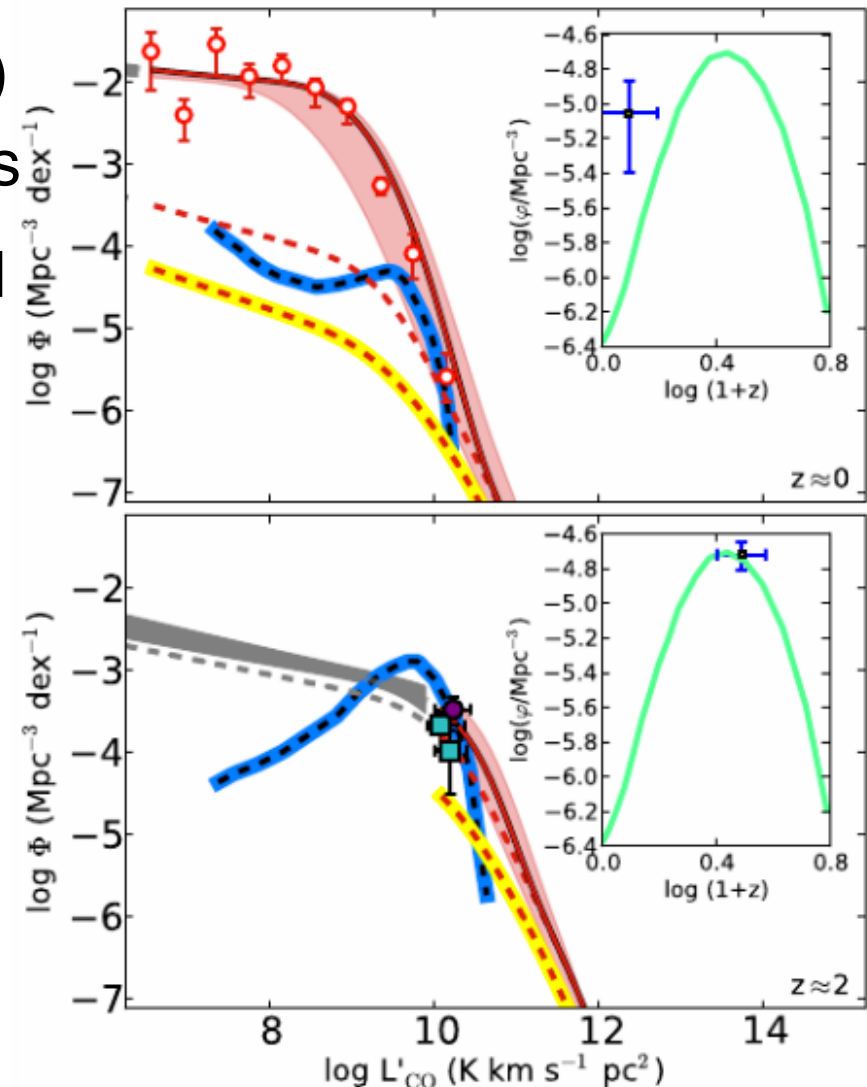
- L_X (2-10 keV) $> 10^{44}$ erg/s

- Bright end は明るい AGN が支配的？

- 赤破線: This work

- AGN-1, -2, -SB

- “全ての”明るさの AGN を含む



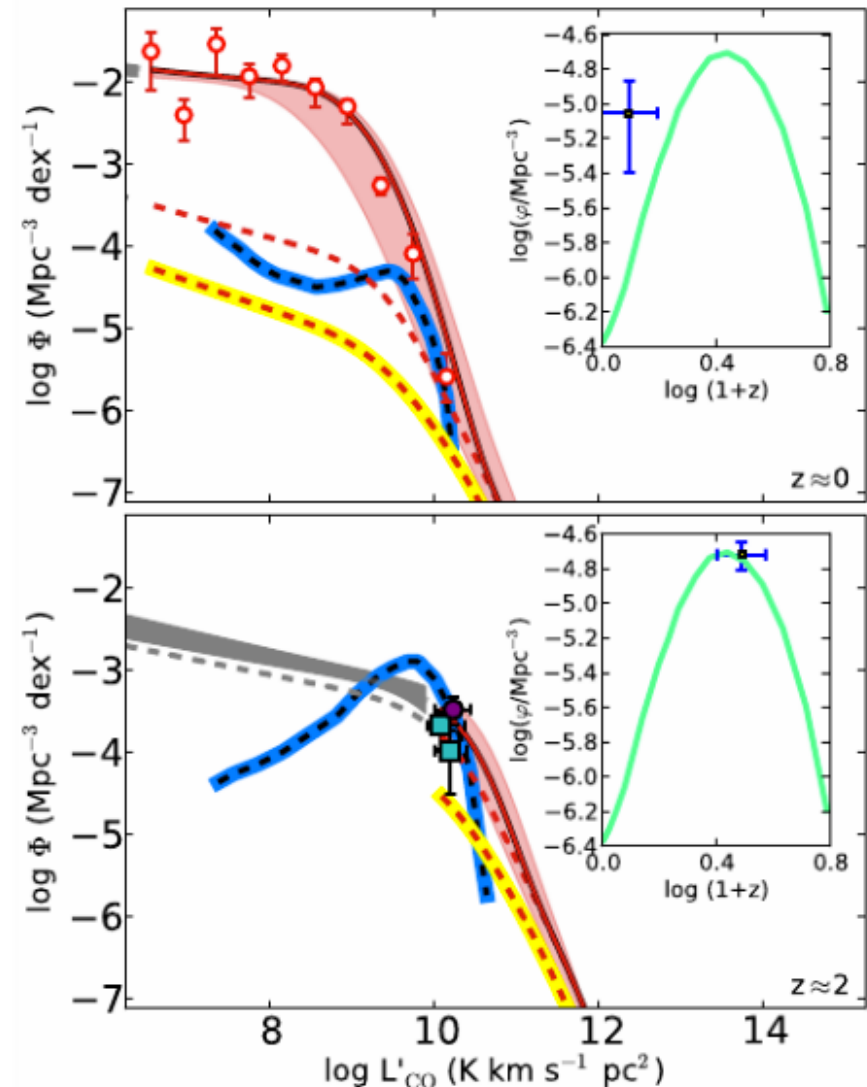
3. Results

- AGN が CO(1-0) LF に与える影響

- L_X (2-10 keV) $> 10^{44}$ erg/s
となる割合

- [AGN-1, -2, -SB]
= [0.3, 0.4, 0.02] @ $z \sim 0$
= [0.4, 0.3, 0.09] @ $z \sim 2$

- X 線観測によって得られた
 10^{44} - 10^{45} erg/s の AGN の
数密度とこの結果は矛盾し
ない



3. Results

- AGN が CO(1-0) LF に与える影響

- L_x (2-10 keV) $> 10^{44}$ erg/s
となる割合

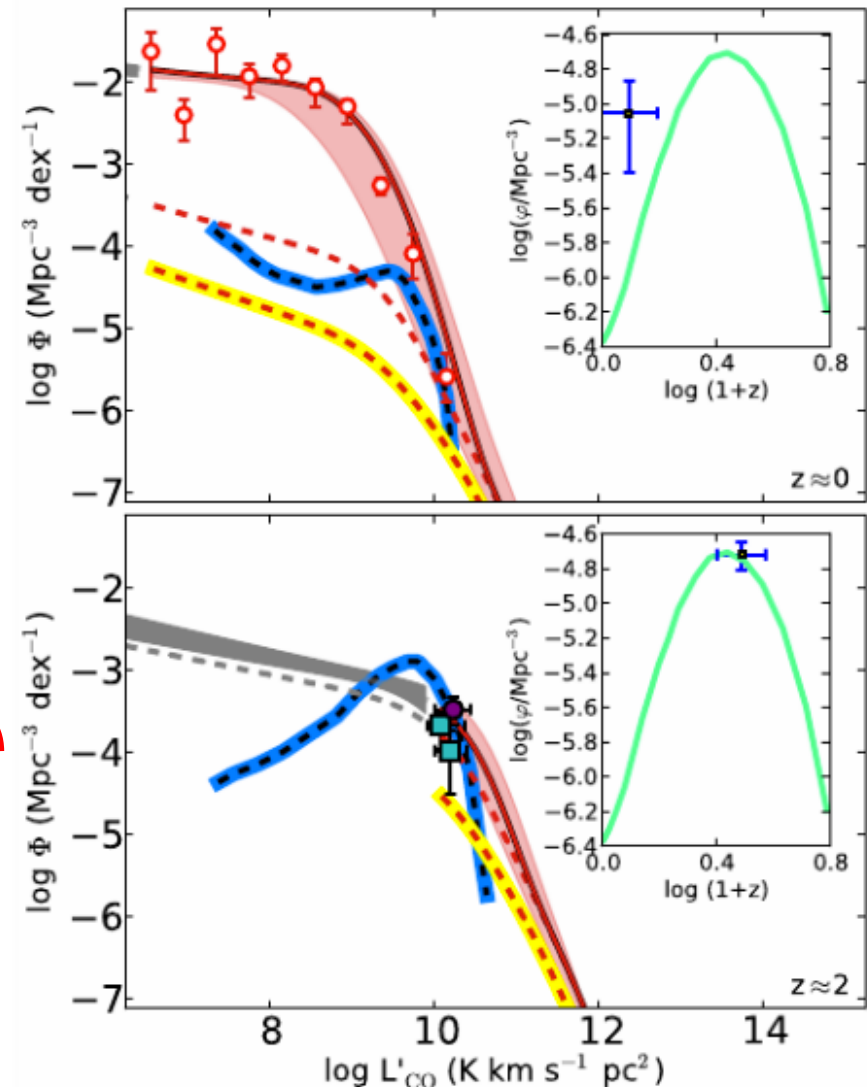
- [AGN-1, -2, -SB]
= [0.3, 0.4, 0.02] @ $z \sim 0$
= [0.4, 0.3, 0.09] @ $z \sim 2$

- 黄色: 補正した CO LF

- Lagos + 2012 の予想よりも
明るい AGN の寄与は小さい

- Aravena + 2012 の L_x

- $L_x < 3.5 \times 10^{44}$ erg/s



4. Discussion & Conclusion

- CO(1-0), (3-2), (5-4) の LF を Gruppioni + 2013 の IR LF から求めた (@ $z \sim 0, 1, 2$)
 - 観測値 / 上限値をよく再現している
 - セミアナモデルとは faint, bright end が不一致
 - 両サイドにそれぞれ理由がある
 - 理論: Feedback model の困難さなど
 - 観測: source confusion など
 - $z > 2$ でどうなるかは分からない
- 先行研究で示唆されるように $L_x > 10^{44}$ erg/s の明るい AGN だけでは $z \sim 2$ で CO LF の bright end を説明することはできない