

# 第40回 夏の学校 ALMA企画

## AGNとSBを切り分けが必要だ

林 隆之(東大/国立天文台VLBI, M2)

鈴木 賢太(東大 天文センター, D1)

# — VLBIって? —

## ◆ VLBIによるAGN観測の特徴

### ◆ 高分解能

基線長を  $D$  として分解能は  $\Delta\theta \sim \lambda/D$

◆ 0.3mas@VLBA 22GHz

◆ 1.2mas@VERA 22GHz

### ◆ 低感度

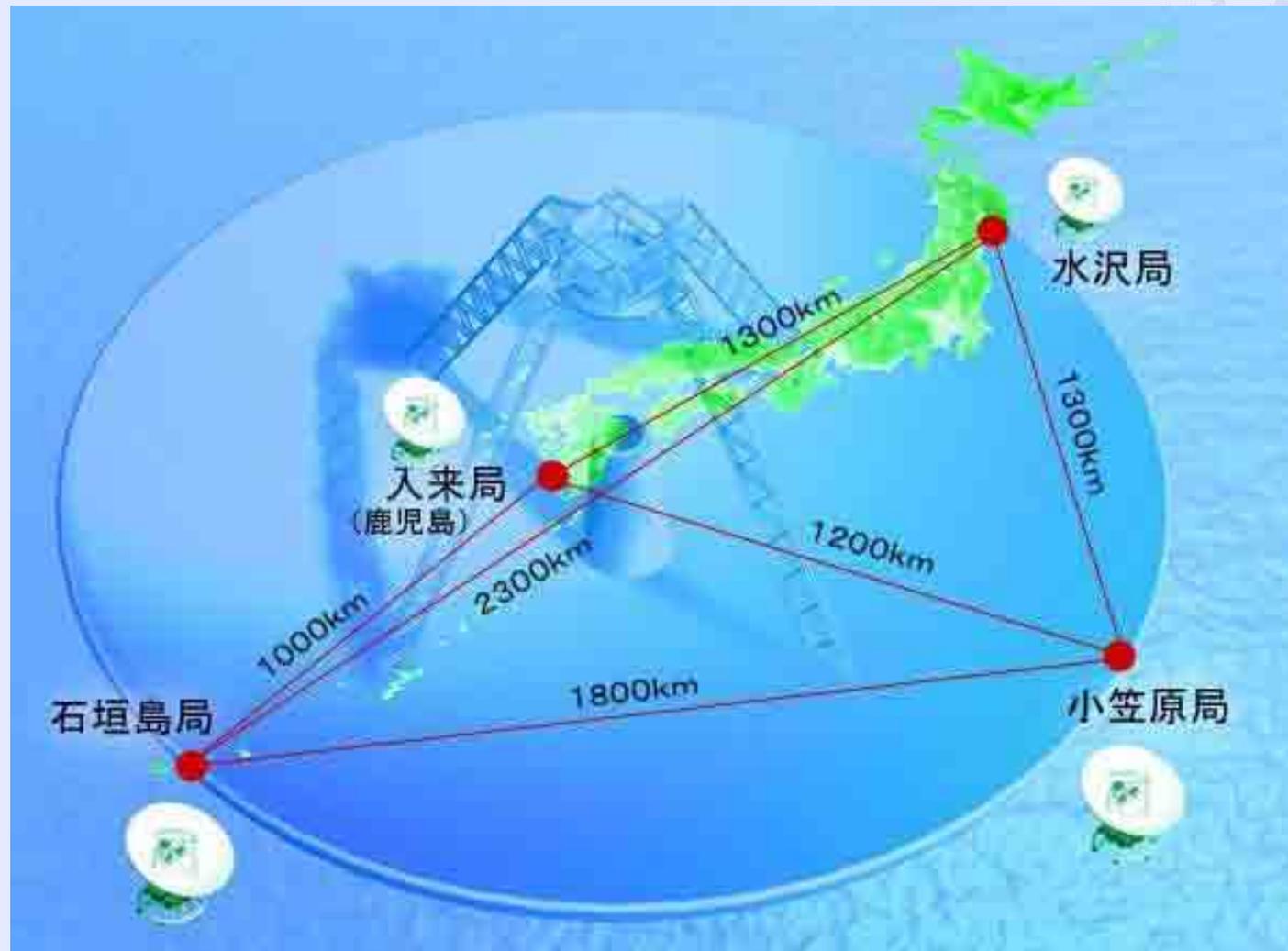
暗い天体は見えない(分解してしまう)。

見えるのは非熱的放射。

# — VLBIって? —

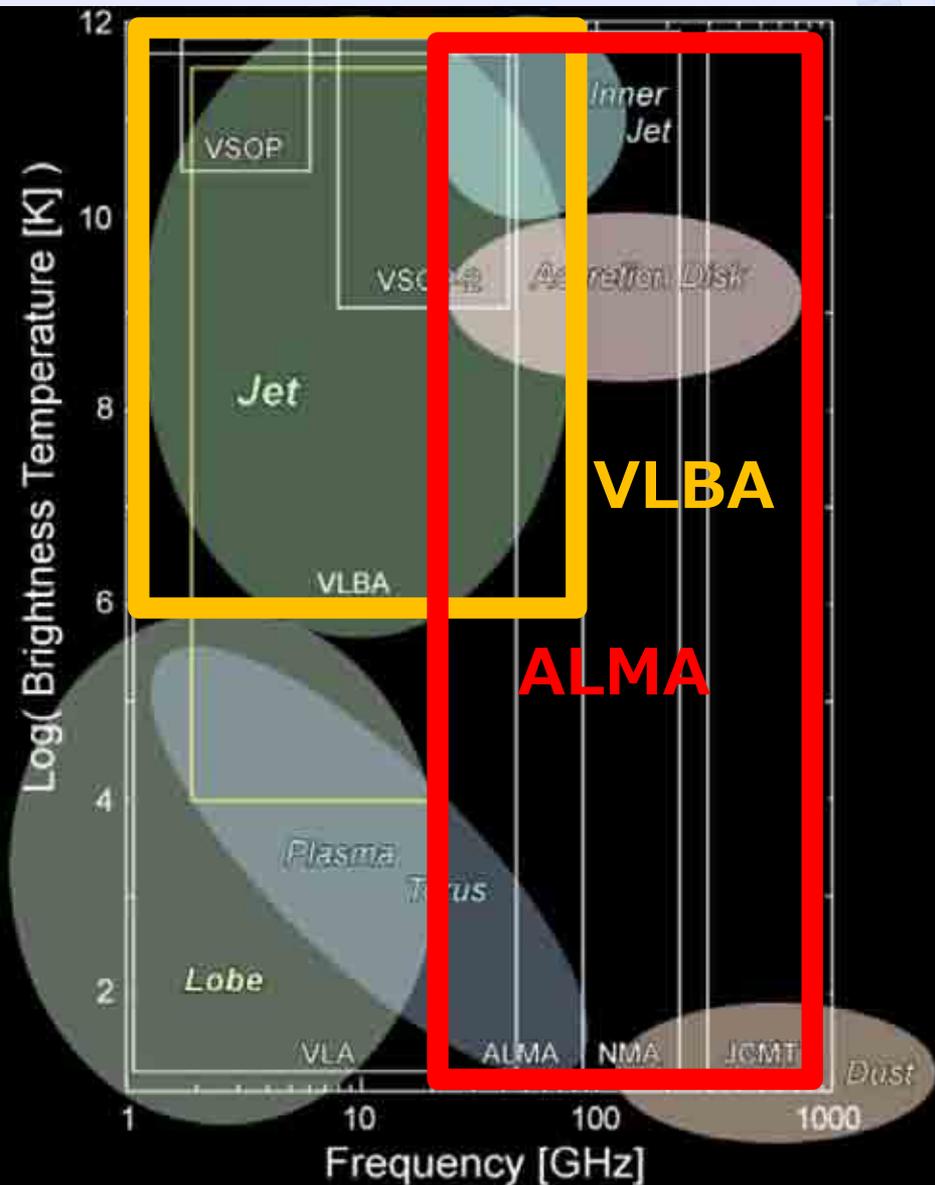
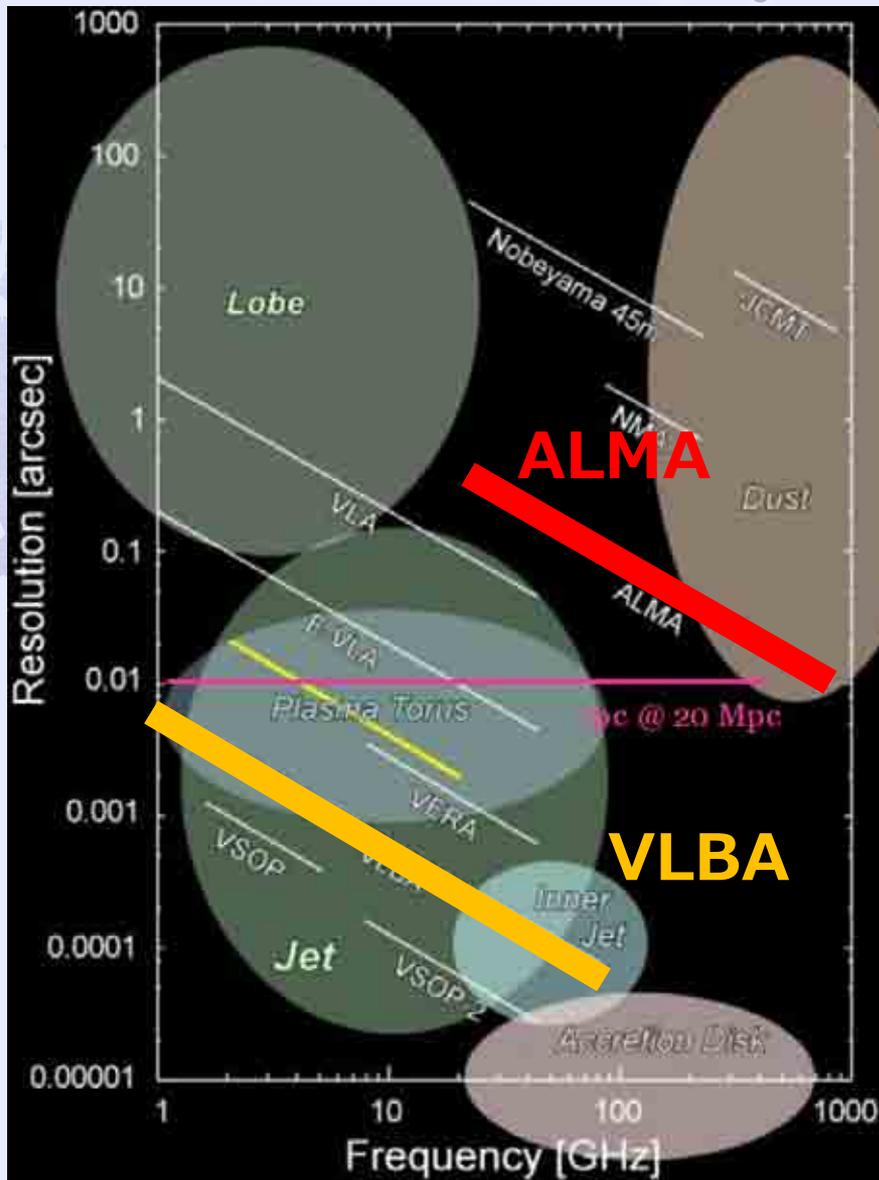
イメージ

(c) VERA/NAOJ



# - VLBIって? -

土居さん (ISAS/JAXA) スライドより



# －VLBIって？－

## 結論

- ・VLBIとALMAは相補的な観測装置。

## 問題提起

- ・AGNサイエンスにおいて  
両者は相補的になりうるか？

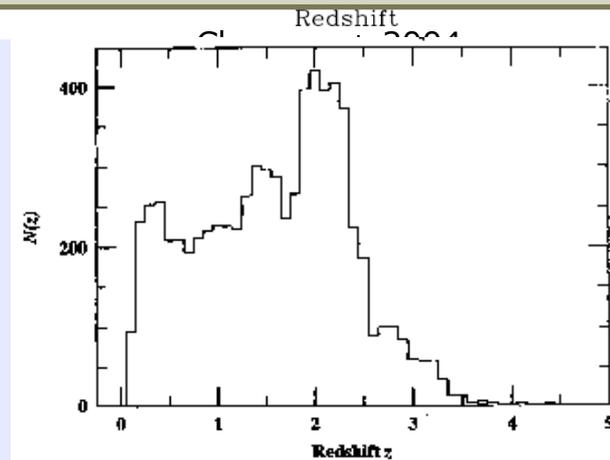
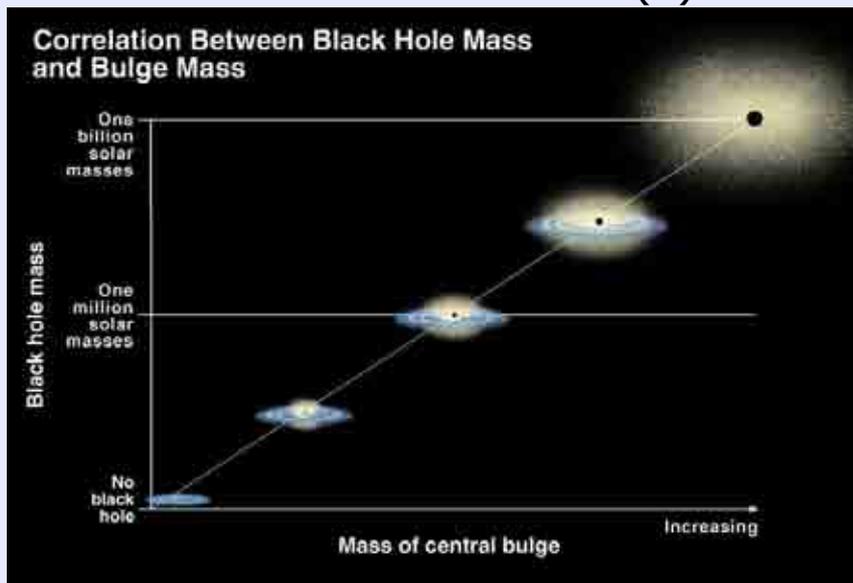
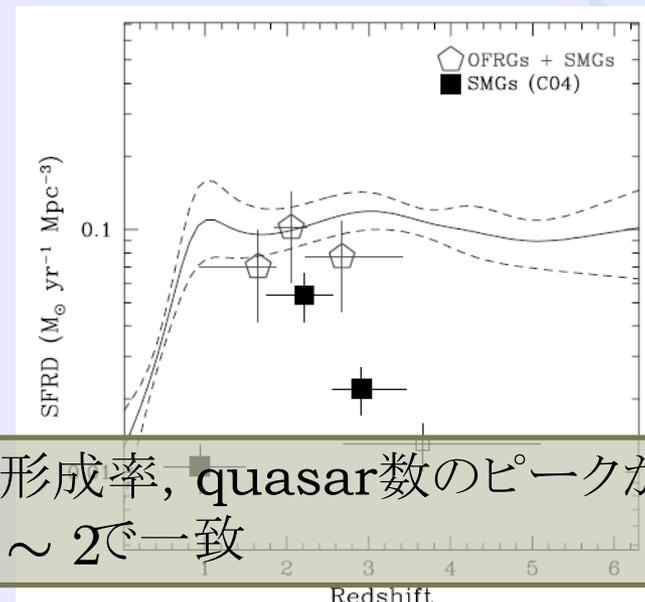
# 序：銀河のエネルギー源

## ◆ “AGN”と“銀河”の共進化

統計的な議論から現象論的な示唆あり

しかし、具体的な関係については謎多い

(c) NASA

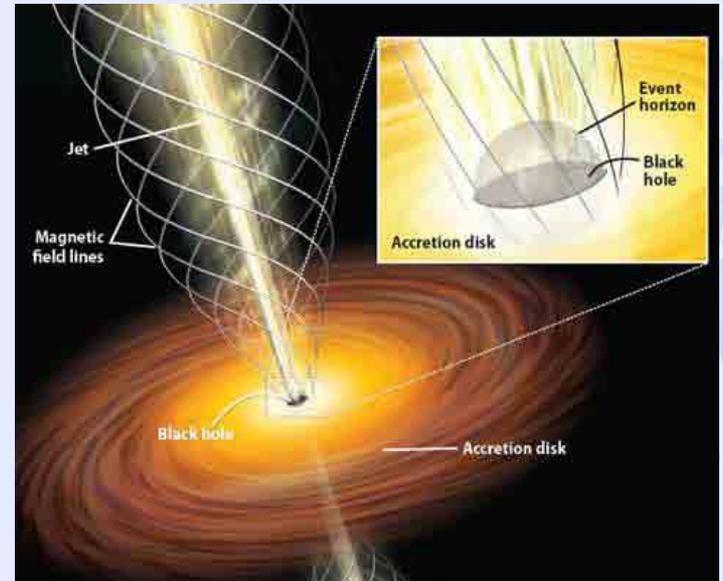


# 序：銀河のエネルギー源

## ◆ 質量降着

大質量ブラックホールへの質量降着に伴う、重力ポテンシャルの解放

e.g. AGN (降着円盤の摩擦熱)



NGC 602

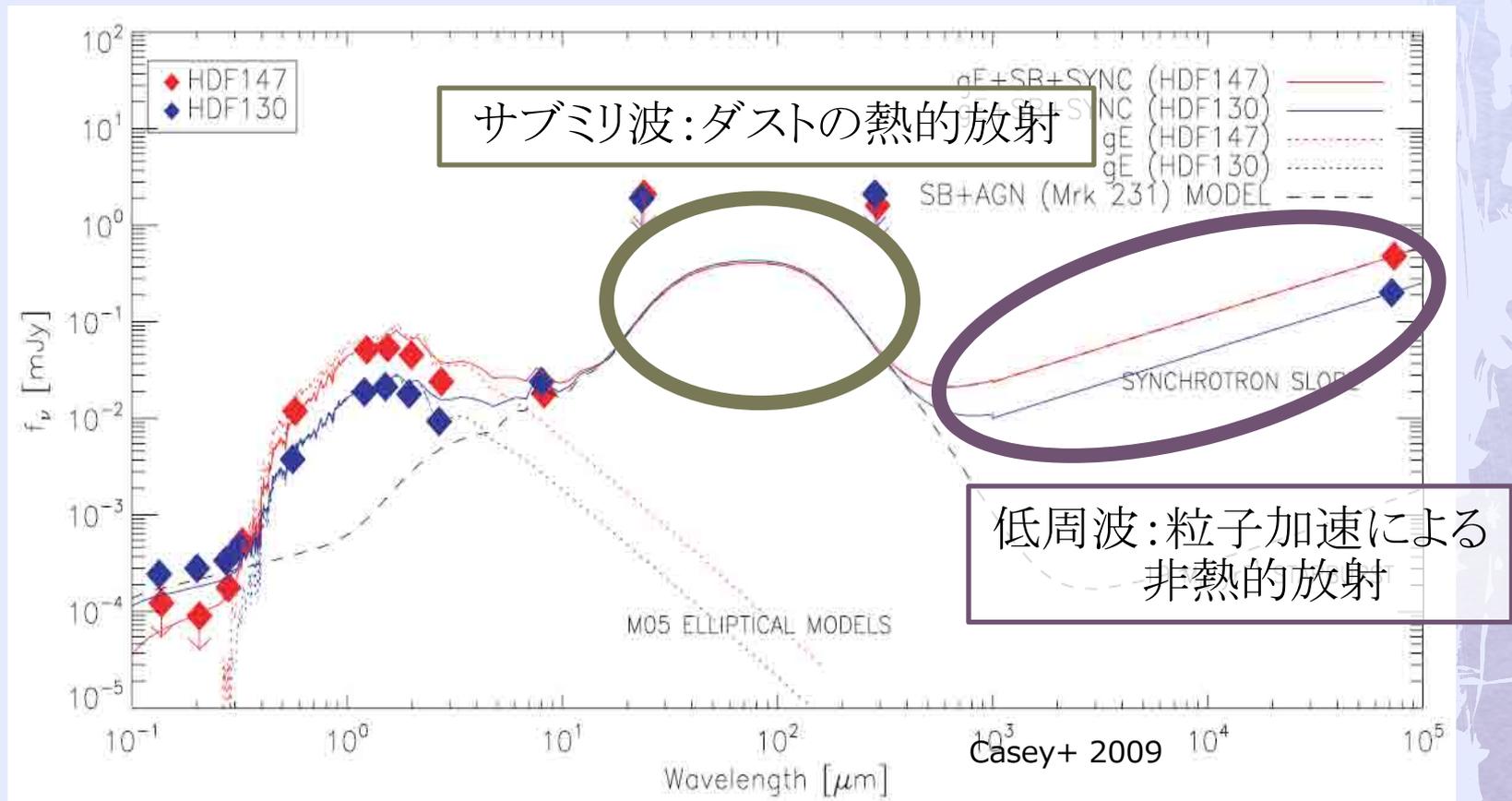
## ◆ 星形成

恒星内部での核融合に伴う、静止エネルギーの解放

e.g. 恒星からの輻射  
付随する星間現象

# 序：銀河のエネルギー源

## ◆ 実際のSEDにて

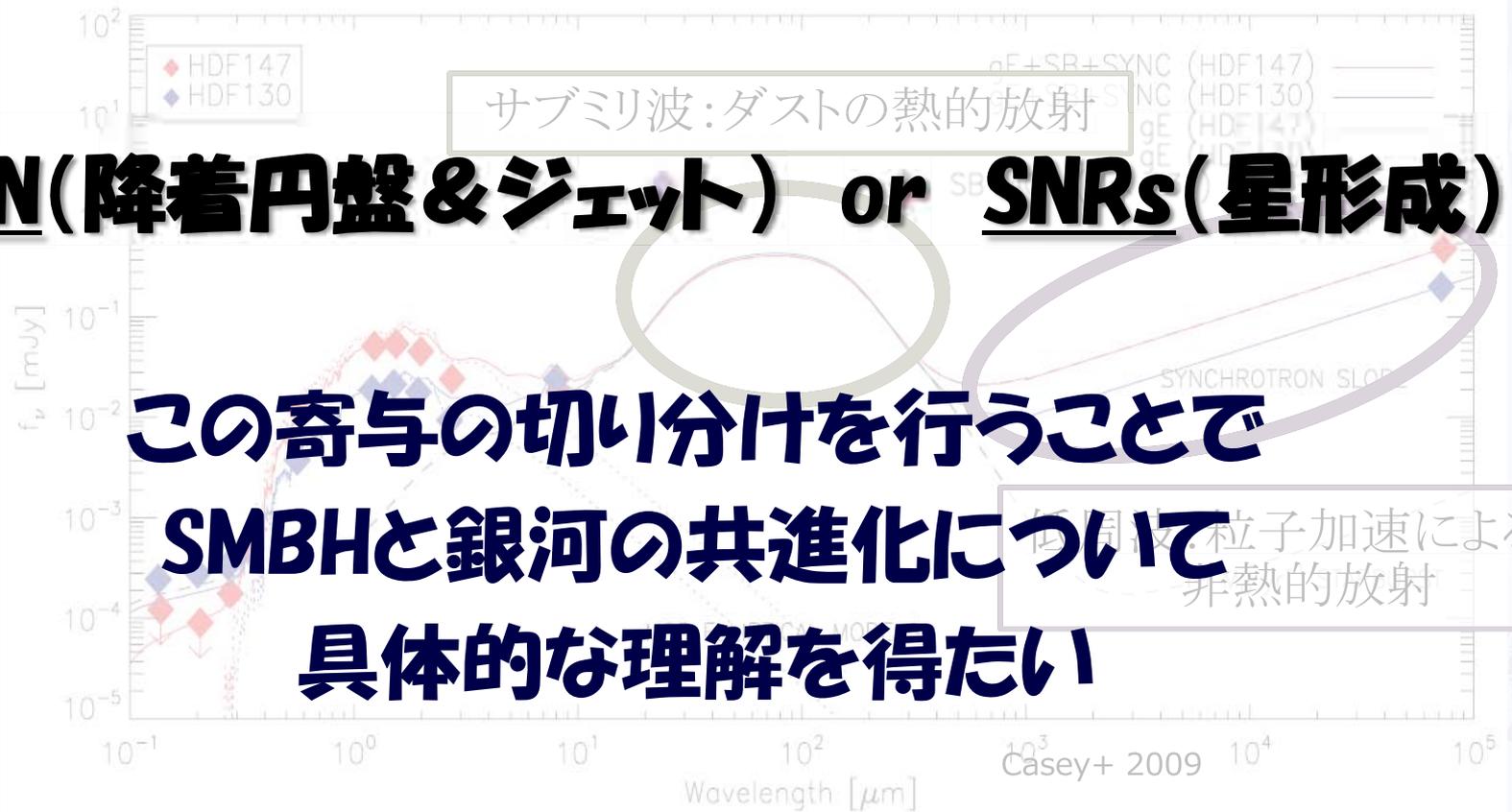


# 序：銀河のエネルギー源

◆ 実際のSEDにて

## 電波のエネルギー源は

**AGN(降着円盤&ジェット) or SNRs(星形成)**



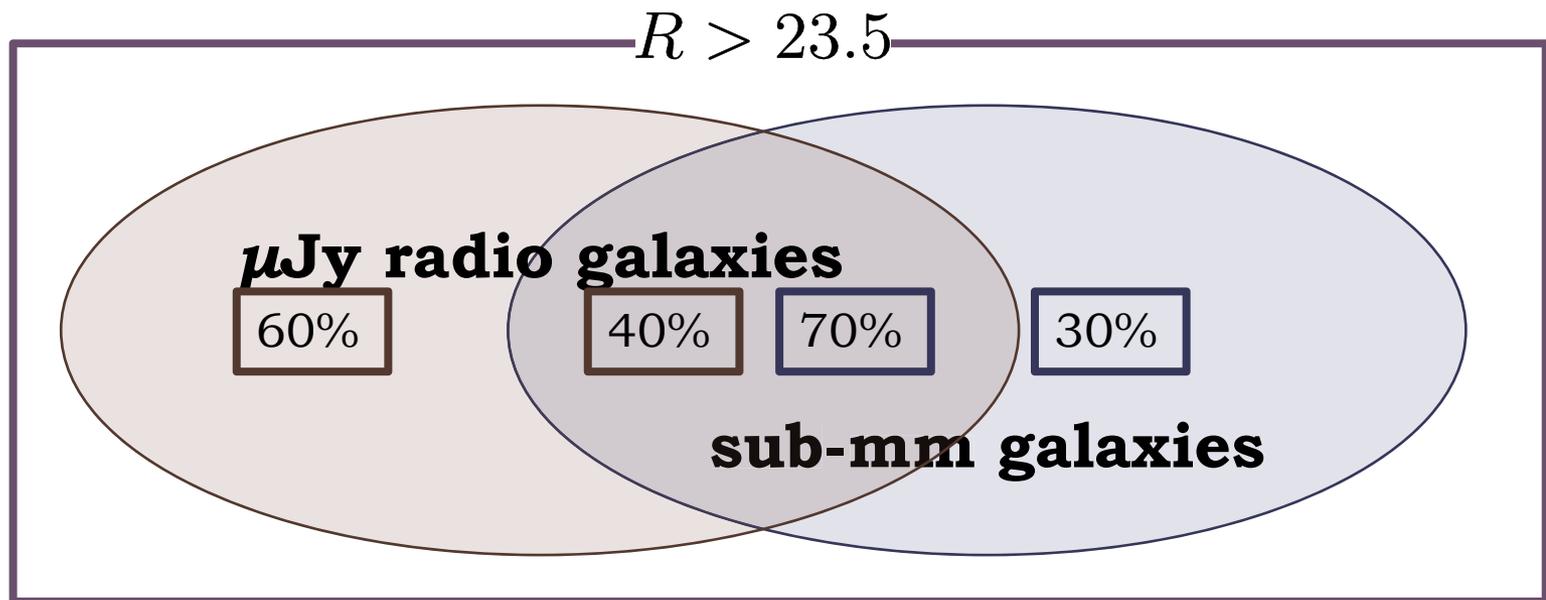
この寄与の切り分けを行うことで

**SMBHと銀河の共進化について**

**具体的な理解を得たい**

# 破：現状の理解

## ◆ サブミリ銀河と電波銀河



Chapman+ 2004

# 破: 現状の理解

## ◆ SB銀河の電波は全て星形成か??

TABLE 1  
PROPERTIES OF SUBMILLIMETER-QUIET OFRGS

ID	$S_{1.4\text{ GHz}}$ ( $\mu\text{Jy}$ )	$R$	$S_{850\ \mu\text{m}}$ (mJy)	$z$	$T_d$ (K)	$L_{\text{TIR}}$ ( $10^{12} L_{\odot}$ )	Spectral Type
RG J030257.94+001016.3.....	$55.1 \pm 9.8$	25.7	$0.2 \pm 1.5$	2.241	$\geq 46$	7.7	AGN/SB
RG J105209.31+572202.8.....	$39.4 \pm 5.4$	24.6	$1.6 \pm 1.3$	2.112	$\geq 40$	7.6	SB
RG J105239.84+572509.1.....	$43.6 \pm 5.1$	23.5	$-1.0 \pm 1.4$	1.819	$\geq 38$	3.5	AGN/SB
RG J112361.74+621540.7.....	$36.1 \pm 5.4$	24.4	$-0.6 \pm 1.7$	1.718	$\geq 34$	2.4	AGN/SB
RG J112361.74+621540.7.....	$46.7 \pm 5.2$	24.4	$-0.1 \pm 1.3$	1.677	$\geq 34$	2.8	SB
RG J112361.74+621540.7.....	$42.9 \pm 6.1$	23.9	$-2.1 \pm 1.7$	0.934	$\geq 29$	0.5	SB
RG J123617.57+621540.7.....	$200.0 \pm 12.8$	24.7	$2.1 \pm 1.0$	1.993	$\geq 66$	20.3	SB
RG J123623.54+621642.7.....	$481.0 \pm 25.4$	24.1	$1.6 \pm 1.1$	1.918	$\geq 79$	43.8	AGN/SB
RG J123640.74+621010.6.....	$86.8 \pm 8.8$	25.8	$-1.5 \pm 1.7$	1.958	$\geq 45$	8.4	SB
RG J131236.05+424044.1.....	$41.1 \pm 8.9$	26.2	$-1.4 \pm 0.8$	3.409	$\geq 55$	16.3	AGN
RG J131237.95+424006.0.....	$44.9 \pm 2.4$						
RG J131237.95+424006.0.....	$37.6 \pm 4.0$						
RG J131236.05+424044.1.....	$48.7 \pm 4.3$						
RG J131237.95+424006.0.....	$39.9 \pm 4.3$						
RG J163642.74+405515.4.....	$55.1 \pm 8.6$	24.7	$1.2 \pm 1.5$	2.731	$\geq 41$	6.7	AGN
RG J163656.28+405912.2.....	$30.9 \pm 8.6$	25.3	$-0.5 \pm 1.4$	2.604	$\geq 41$	6.6	AGN
RG J221732.22+001528.2.....	$49.8 \pm 5.6$	24.5	$-0.1 \pm 1.1$	2.105	$\geq 46$	5.9	AGN
RG J221746.30+001423.4.....	$38.8 \pm 8.6$	24.2	$1.0 \pm 1.4$	3.099	$\geq 54$	13.6	SB

HDF130

HDF147

There are extremely high radio flux  
optically/sub-mm faint radio galaxies

NOTES.— $T_d$  limits derived using  $2\sigma$  limits from the submillimeter.  $L_{\text{TIR}}$  was calculated assuming the local far-IR/radio correlation (Helou et al. 1985) with a total infrared color correction term calculated at the  $T_d$  limit.

Chapman+ 2004

AGN : There are detectable  $\text{CIV}\lambda 1549$  emission lines.

SB : There are detectable interstellar absorption lines.

# 破: 現状の理解

- ◆ SB銀河の電波は全て星形成か??

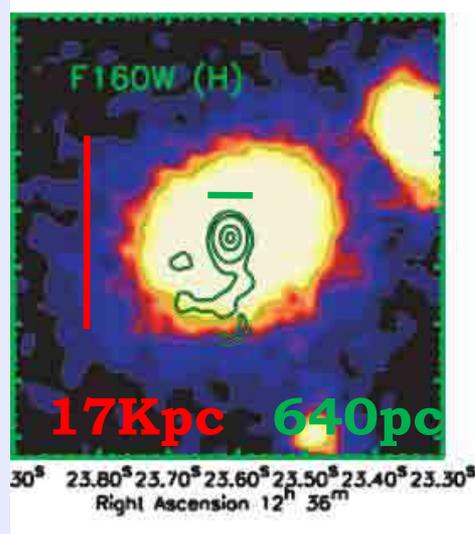
- ◆ 近傍ULIRGのSFR  $\Sigma_{\text{SFR}} \sim 200 M_{\odot} \text{yr}^{-1} \text{kpc}^{-2}$

HDF 147, HDF 130の電波からの推定

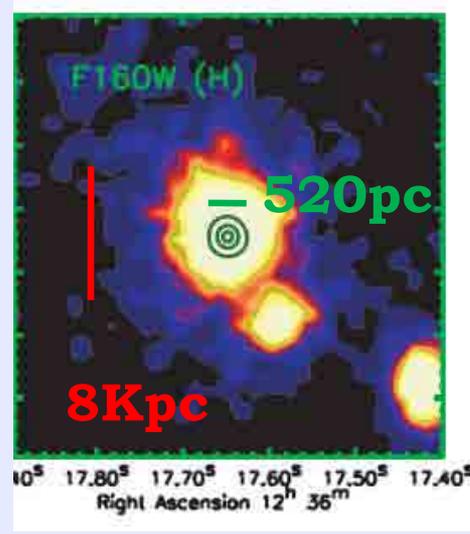
$$\Sigma_{\text{SFR}} \sim 15000 M_{\odot} \text{yr}^{-1} \text{kpc}^{-2} \quad \Sigma_{\text{SFR}} \sim 11000 M_{\odot} \text{yr}^{-1} \text{kpc}^{-2}$$

- ◆ HDF 147, HDF 130は電波でコンパクト

HDF147

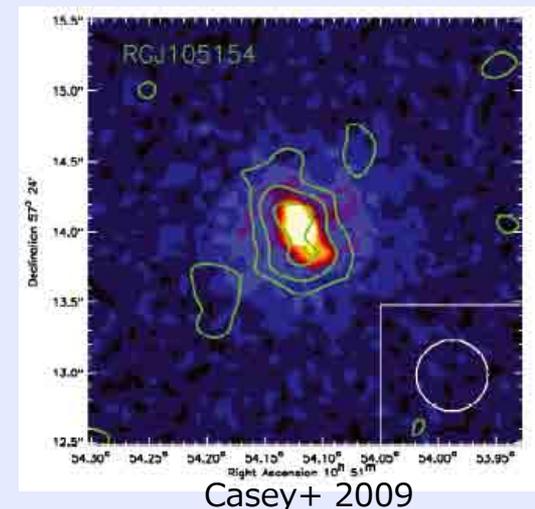


HDF130



RGJ105154

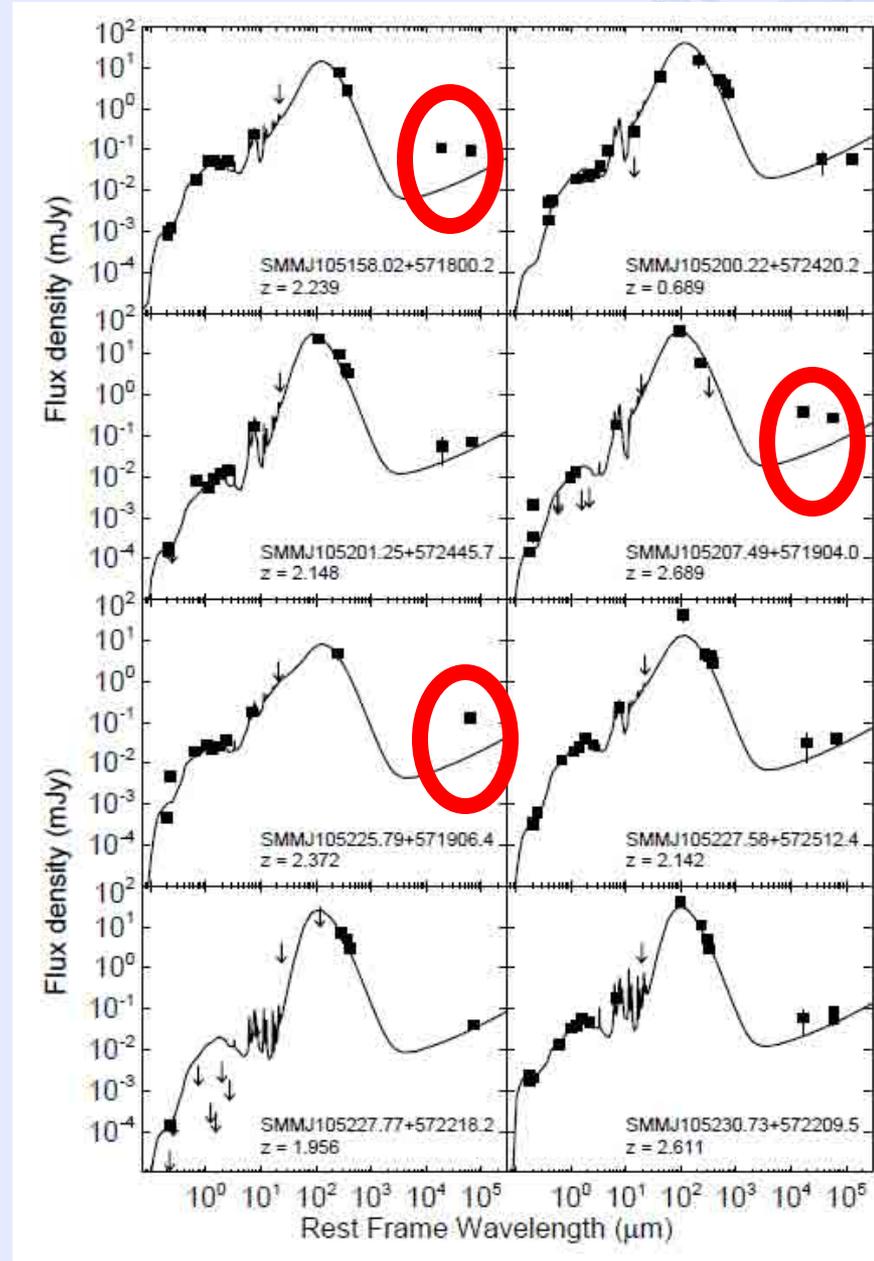
(typical starburst galaxy)



# 破: 現状の理解

## ◆ SEDフィットの例

低周波であわないものは  
普遍的に存在??



# 破: 現状の理解

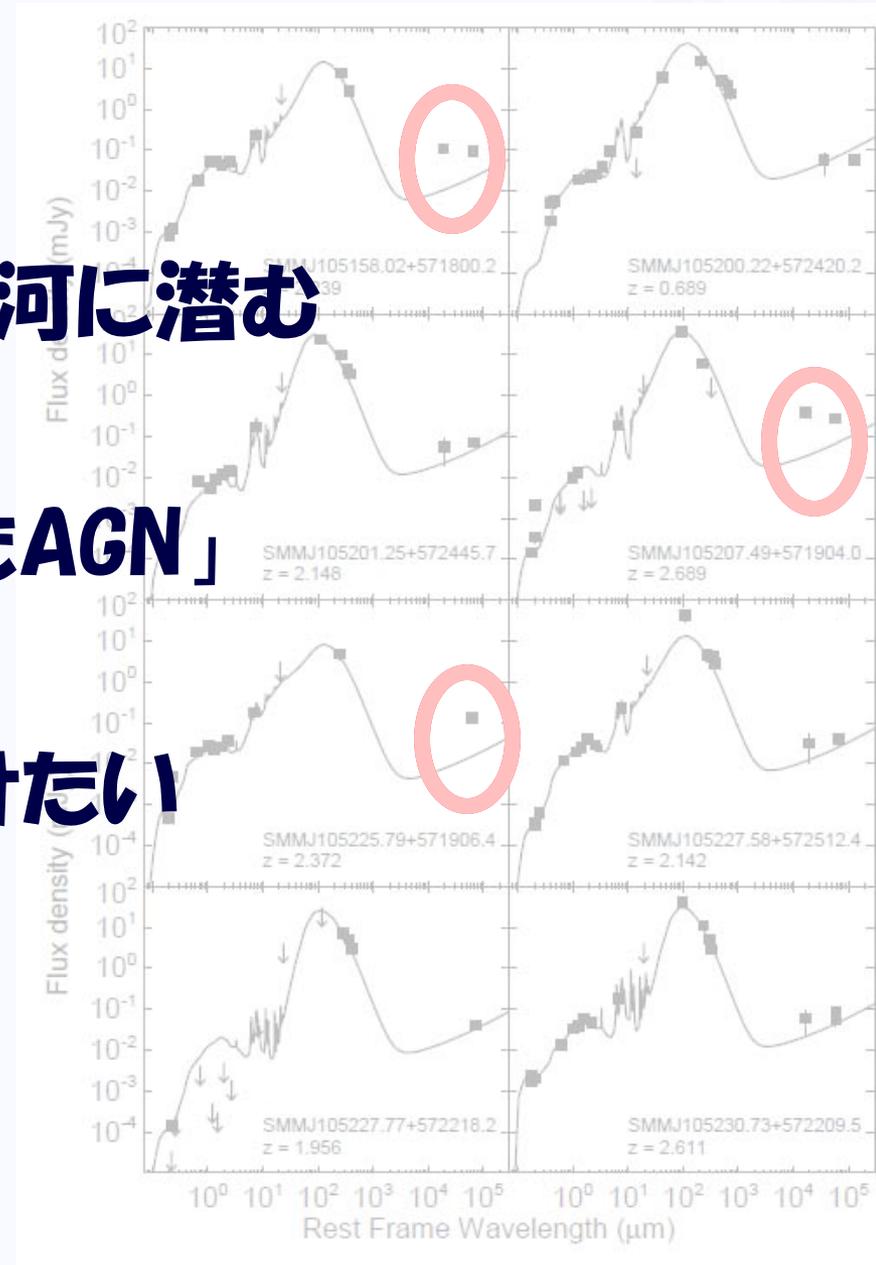
## ◆ SEDフィットの例

低周波であわなものは  
普遍的に存在??

**サブミリ銀河に潜む**

**「埋もれたAGN」**

**を見つけない**



# 急：アプローチ

- ◆ サブミリ波 高分解能 高分解能 観測
  - ◆ サブミリ波のコントワは銀河スケールでどのようになっているか？ ⇒ 誰も見たことがない
- ◆ 現状: ASTEで30"
  - ◆ ALMA: 10mas ~ 1"
- ◆ SEDモデルの精密化
  - ◆ SN発生率とSFRの関係
- ◆ VLBIとの連携
  - ◆ 電波コントワの形状とか
  - ◆ ジェット磁場との関係

# 切り分けができる嬉しいこと

## ◆ サブミリ銀河のPhoto. $z$



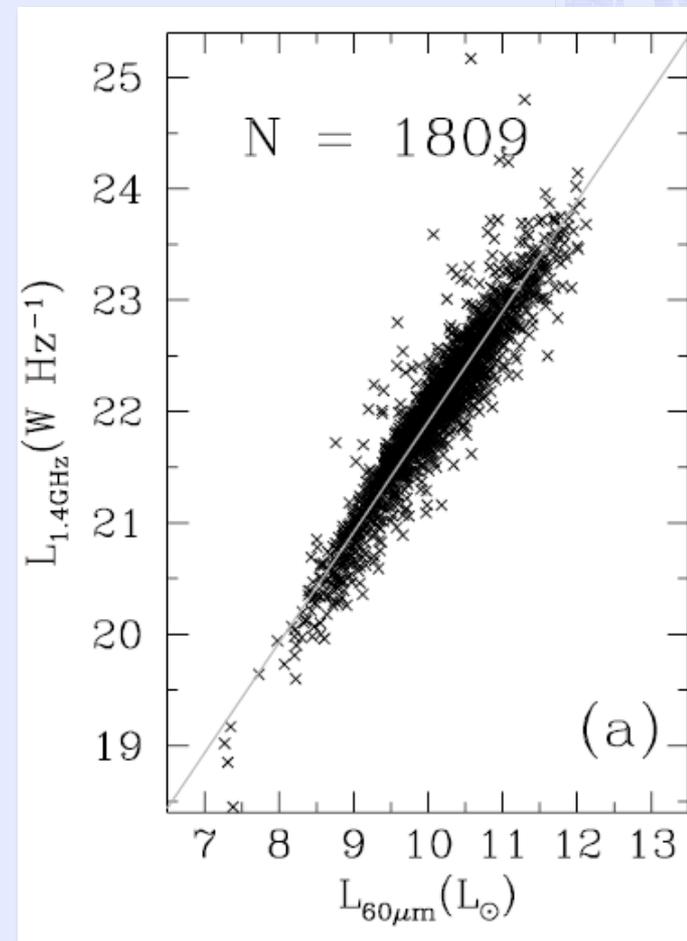
単一鏡観測@サブミリ波



VLA@cm波

分光は時間かかる。

⇒cm波とsubmm波に相関があるからこれを使う。



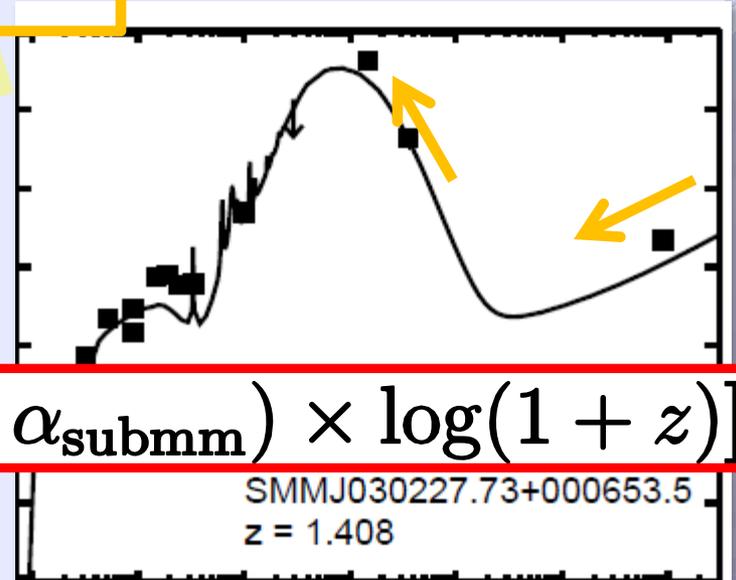
# 切り分けができると嬉しいこと

- ◆ サブミリ銀河の  $z$  推定の典型手法 (Photo.  $z$ )  
電波もサブミリ波もフラックスはSFRに依存するので

$$S_{\text{submm}} = 1 \times 10^{28} \left[ \frac{(1+z)^{1+\alpha_{\text{submm}}}}{4\pi D^2} \right] \left[ \frac{\nu_{\text{submm}}}{350\text{GHz}} \right]^{\alpha_{\text{submm}}} \times \text{SFR ergs cm}^{-2}\text{s}^{-1}\text{Hz}^{-1}$$
$$S_{\text{radio}} = 4 \times 10^{28} \left[ \frac{(1+z)^{1+\alpha_{\text{radio}}}}{4\pi D^2} \right] \left[ \frac{\nu_{\text{radio}}}{1.4\text{GHz}} \right]^{\alpha_{\text{radio}}} \times \text{SFR ergs cm}^{-2}\text{s}^{-1}\text{Hz}^{-1}$$

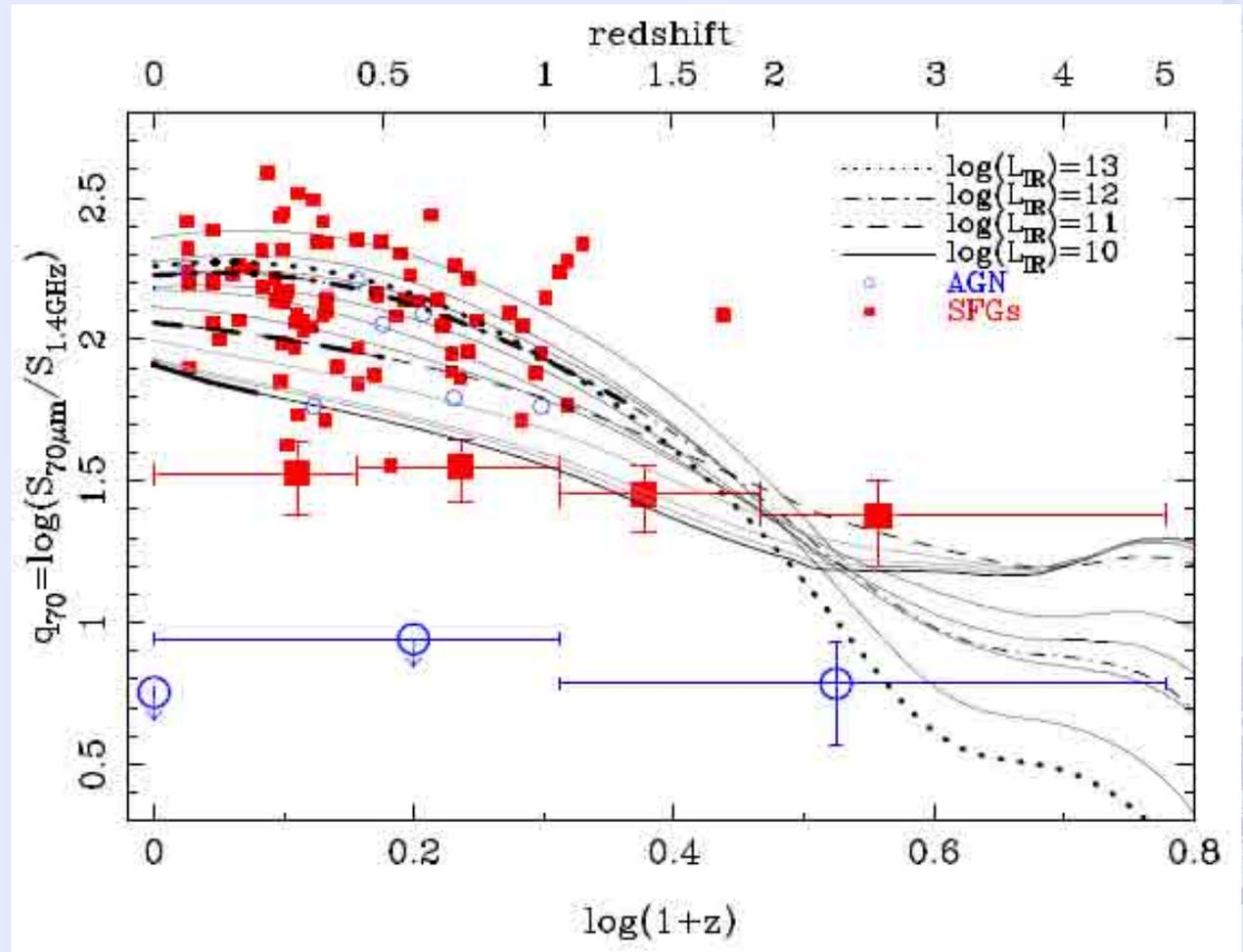
遠くにあり暗くなる効果

赤方偏移で見る周波数の変わる効果



$$\alpha_{1.4}^{350} = -0.24 - [0.42 \times (\alpha_{\text{radio}} - \alpha_{\text{submm}}) \times \log(1+z)]$$

# 切り分けができると嬉しいこと



Seymour+ 2009

# まとめ

- ◆ 電波の連続波は非熱的放射が支配的
  - ◆ 由来は AGN or SB
  - ◆ 切り分けをすると photo. $z$  の較正もできる
- ◆ 従来はサブミリ波の分解能が全く足りてない
  - ◆ ALMAで従来の干渉計/VLBIの低周波との比較
  - ◆ 銀河の同定とか
  - ◆ 銀河スケールのマップ、力学的に若いジェットとの相互作用？、AGNフィードバック