

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

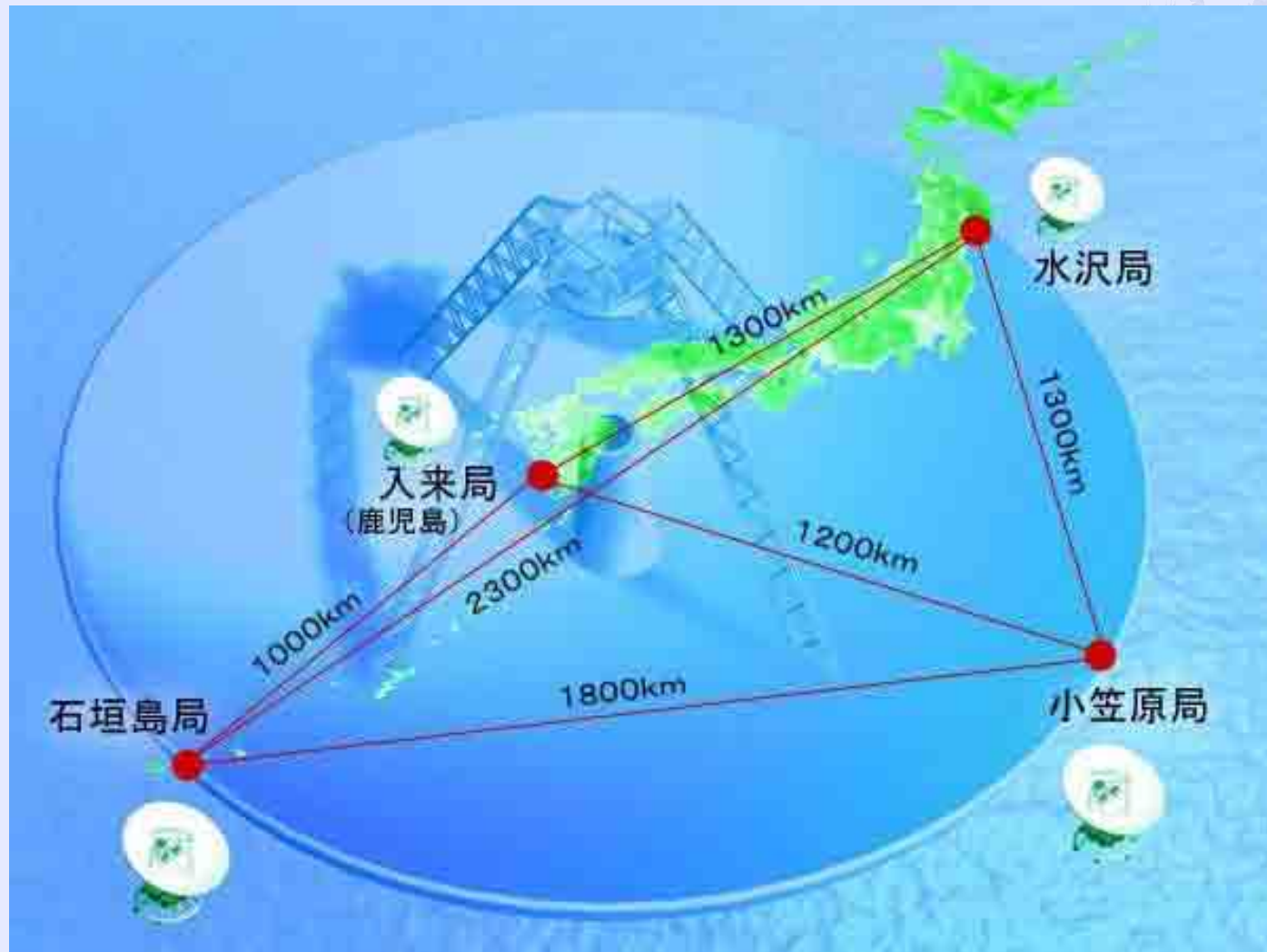
暗い天体は見えない(分解してしまう)。

見えるのは非熱的放射。

— VLBIって? —

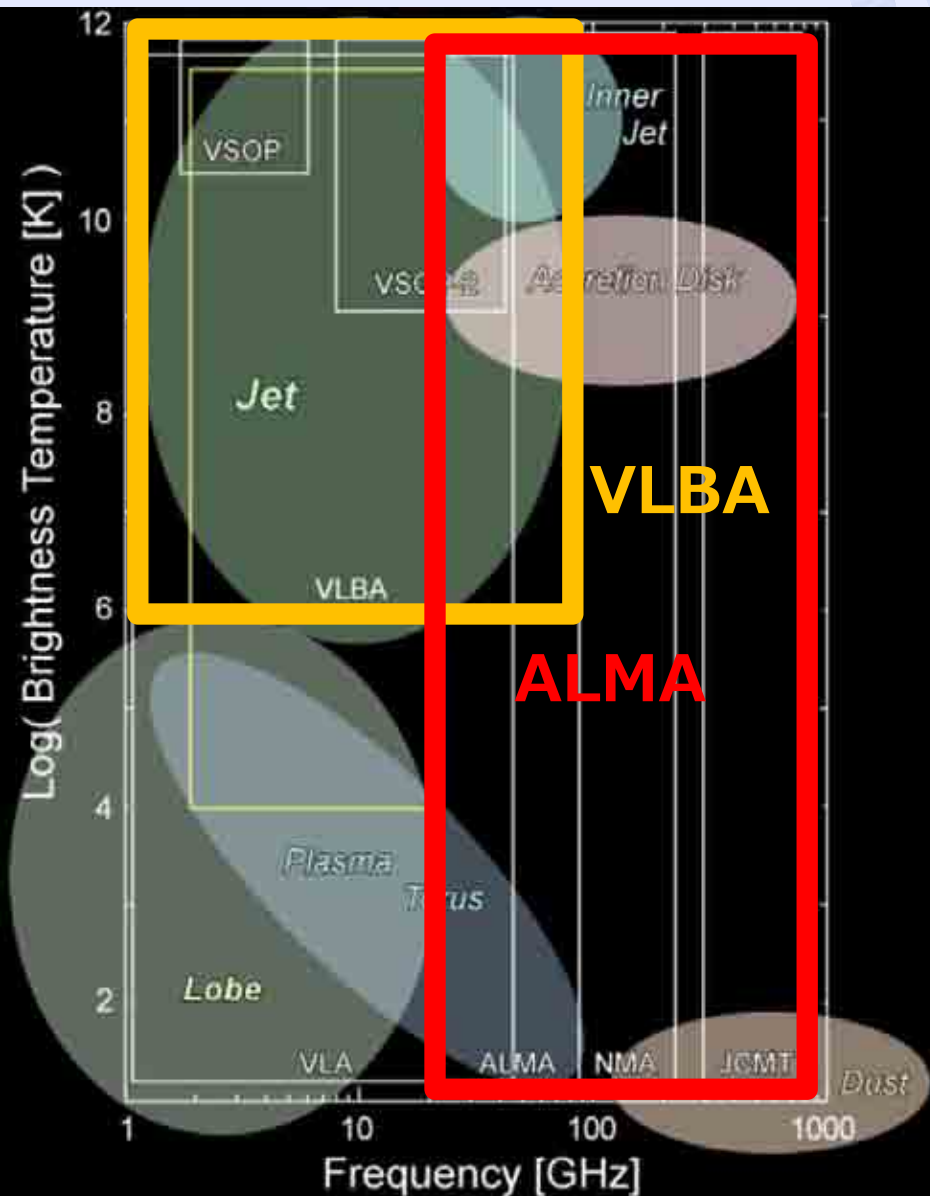
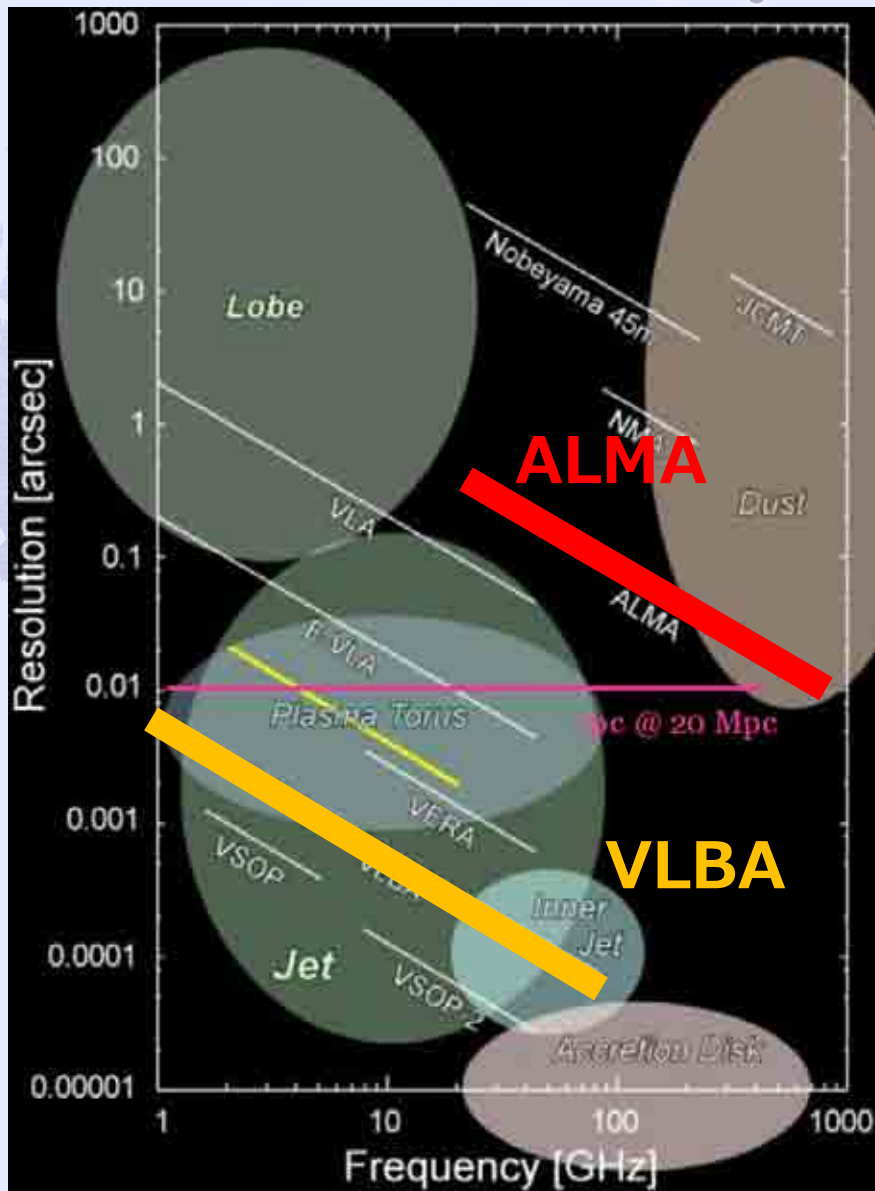
イメージ

(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？

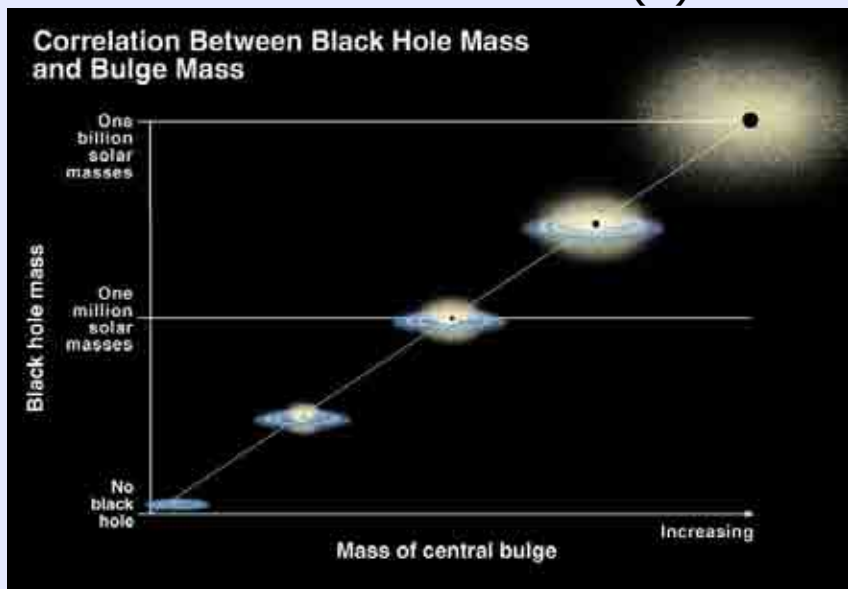
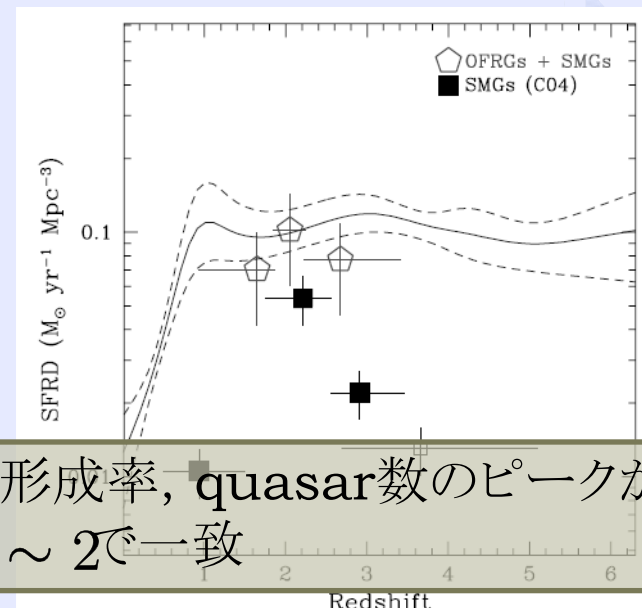
序：銀河のエネルギー源

◆ “AGN”と“銀河”の共進化

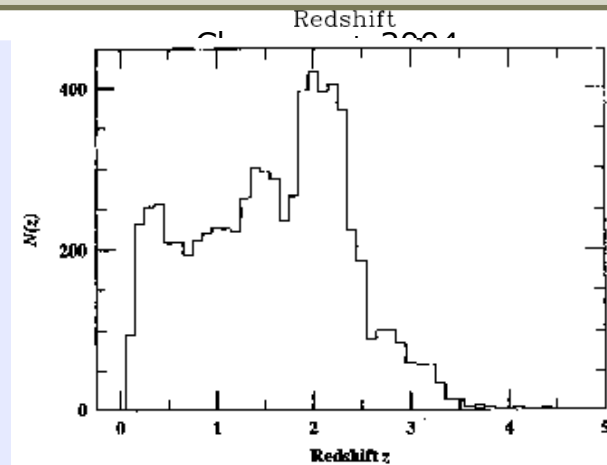
統計的な議論から現象論的な示唆あり

しかし、具体的な関係については謎多い

(c) NASA



SMBH質量とバルジ質量の相関



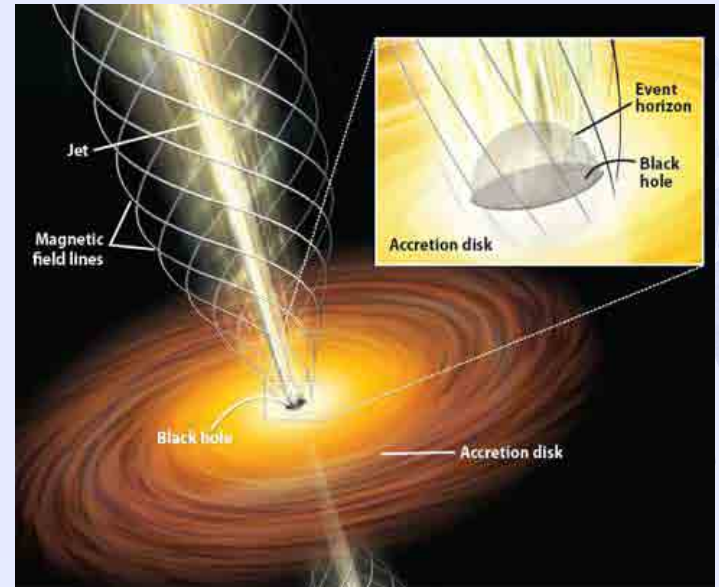
Herwitt + 1993

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

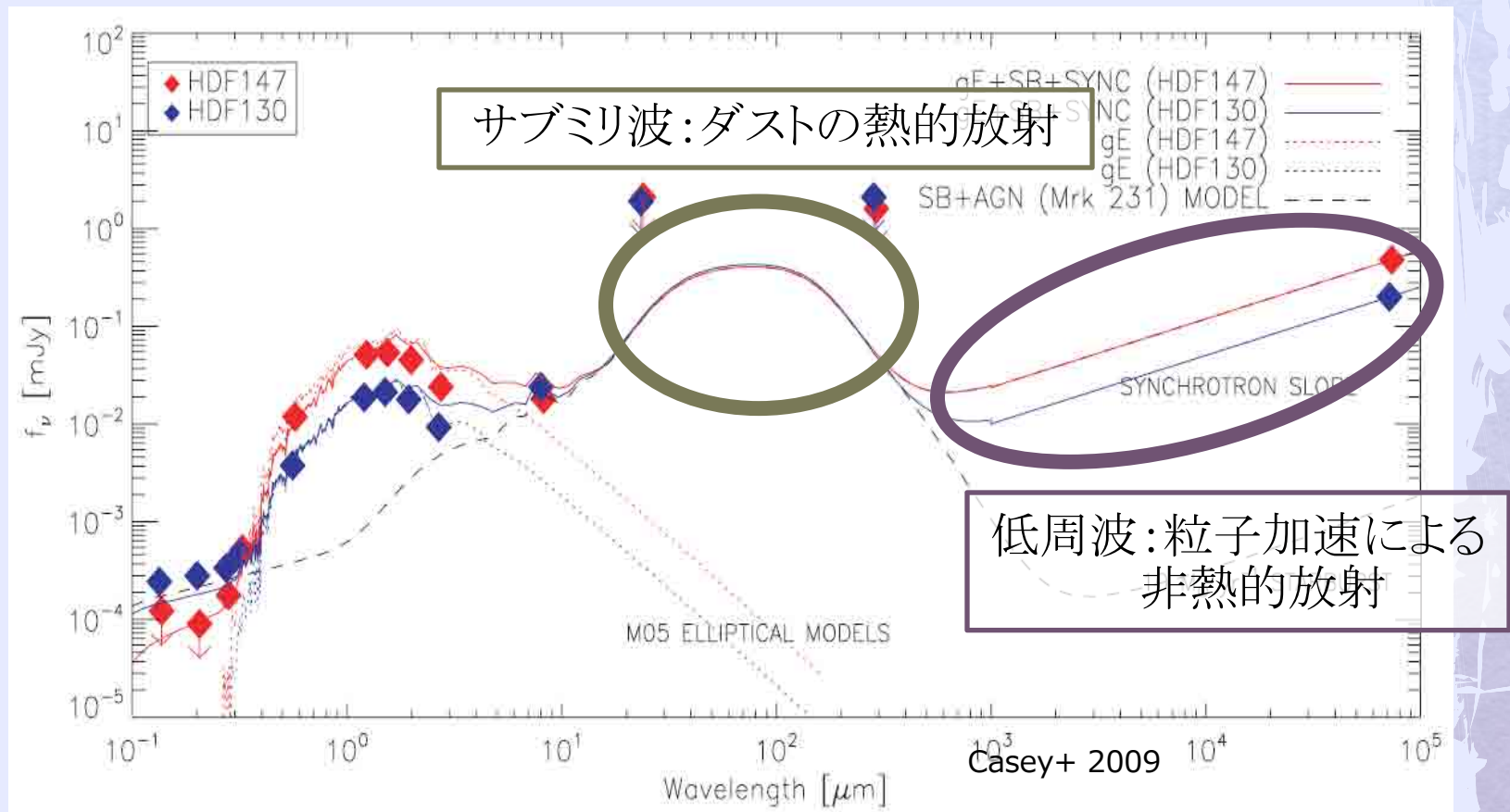
◆ 星形成

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

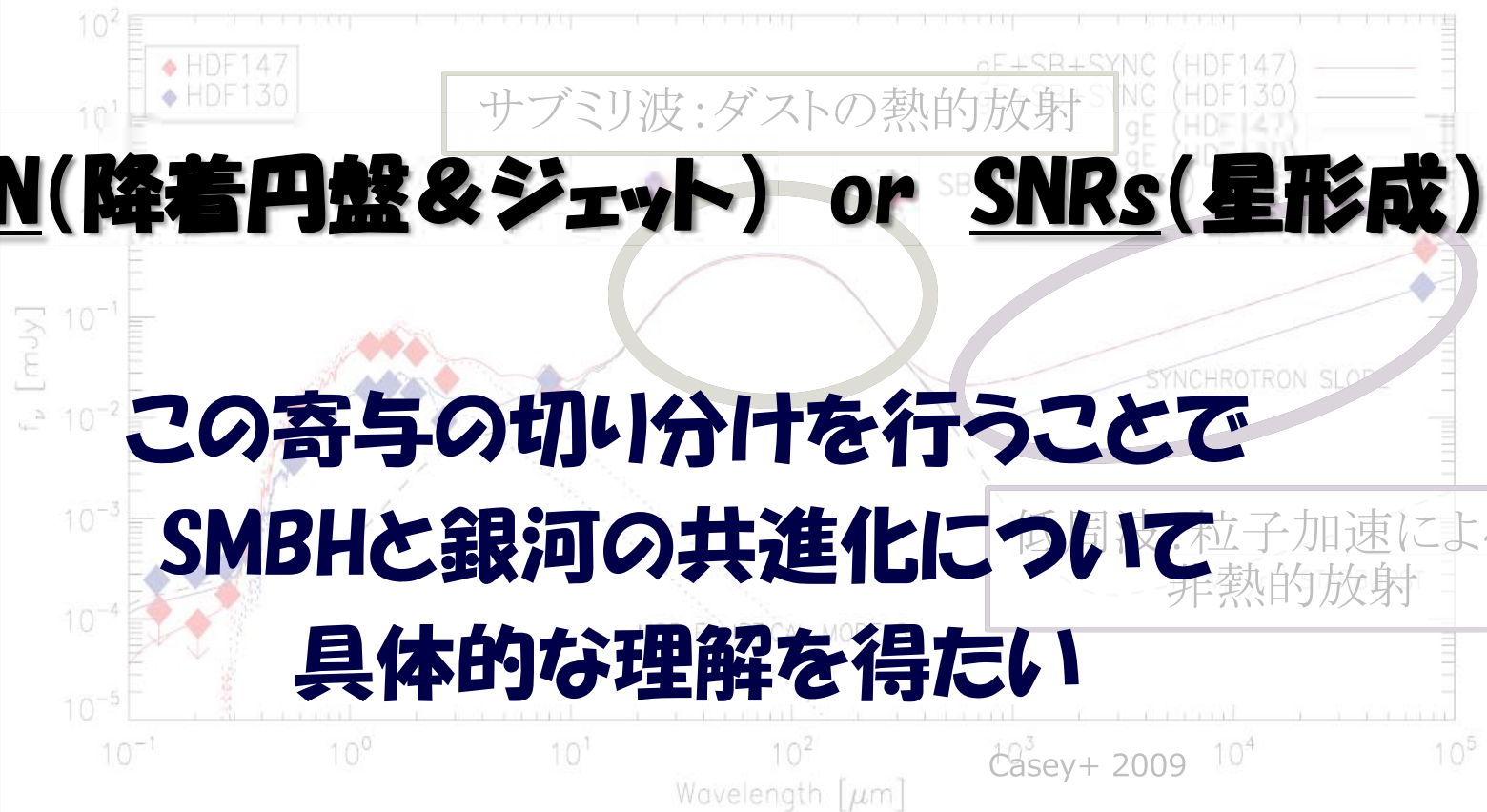


序：銀河のエネルギー源

◆ 実際のSEDにて

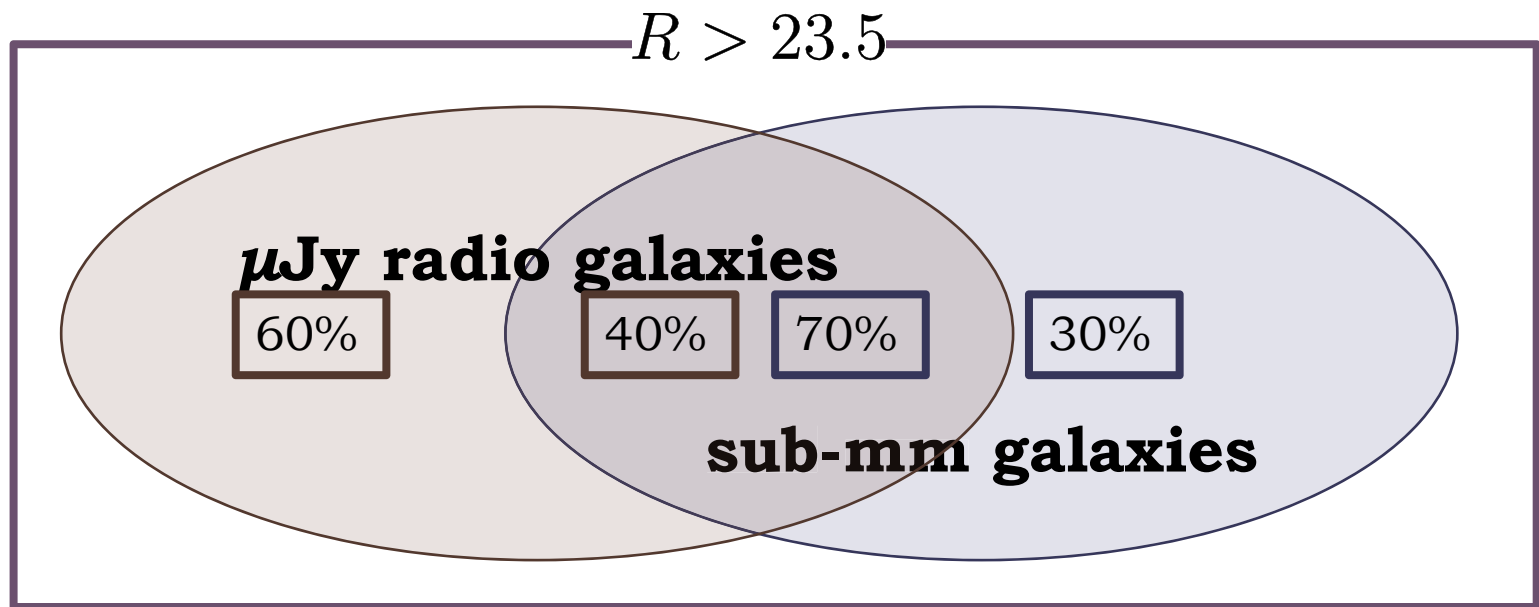
電波のエネルギー源は

AGN(降着円盤&ジェット) or SNRs(星形成)



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	$S_{1.4 \text{ GHz}}$ (μJy)	R	$S_{850 \mu\text{m}}$ (mJy)	z	T_d (K)	L_{TIR} ($10^{12} L_{\odot}$)	Spectral Type
RG J030257.94+001016.3.....	55.1 ± 9.8	25.7	0.2 ± 1.5	2.241	≥ 46	7.7	AGN/SB
RG J105209.31+572202.8.....	39.4 ± 5.4	24.6	1.6 ± 1.3	2.112	≥ 40	7.6	SB
RG J105239.84+572509.1.....	43.6 ± 5.1	23.5	-1.0 ± 1.4	1.819	≥ 38	3.5	AGN/SB
RG J112361.74+621540.7.....	36.1 ± 5.4	24.4	-0.6 ± 1.7	1.718	≥ 34	2.4	AGN/SB
RG J112361.74+621540.7.....	46.7 ± 5.2	24.4	-0.1 ± 1.3	1.677	≥ 34	2.8	SB
RG J112361.74+621540.7.....	42.9 ± 6.1	23.9	-2.1 ± 1.7	0.934	≥ 29	0.5	SB
RG J123617.57+621540.7.....	200.0 ± 12.8	24.7	2.1 ± 1.0	1.993	≥ 66	20.3	SB
RG J123623.54+621642.7.....	481.0 ± 25.4	24.1	1.6 ± 1.1	1.918	≥ 79	43.8	AGN/SB
RG J123640.74+621010.6.....	86.8 ± 8.8	25.8	-1.5 ± 1.7	1.958	≥ 45	8.4	SB
RG J123642.74+405515.4.....	41.1 ± 8.9	26.2	-1.4 ± 0.8	3.409	≥ 55	16.3	AGN
RG J123642.74+405515.4.....	44.9 ± 2.4						
RG J123642.74+405515.4.....	37.6 ± 4.0						
RG J131236.05+424044.1.....	48.7 ± 4.3						
RG J131237.95+424006.0.....	39.9 ± 4.3						
RG J163642.74+405515.4.....	55.1 ± 8.6	24.7	1.2 ± 1.5	2.731	≥ 41	6.7	AGN
RG J163656.28+405912.2.....	30.9 ± 8.6	25.3	-0.5 ± 1.4	2.604	≥ 41	6.6	AGN
RG J221732.22+001528.2.....	49.8 ± 5.6	24.5	-0.1 ± 1.1	2.105	≥ 46	5.9	AGN
RG J221746.30+001423.4.....	38.8 ± 8.6	24.2	1.0 ± 1.4	3.099	≥ 54	13.6	SB

HDF130

HDF147

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

NOTES.— T_d limits derived using 2σ limits from the submillimeter. L_{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??

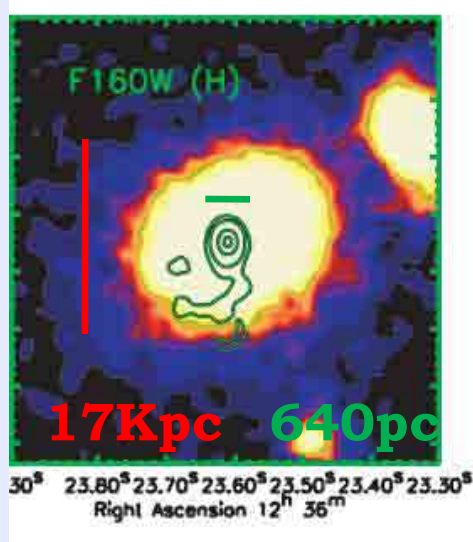
- ◆ 近傍ULIRGのSFR $\Sigma_{\text{SFR}} \sim 200 M_{\odot} \text{yr}^{-1} \text{kpc}^{-2}$

HDF 147, HDF 130の電波からの推定

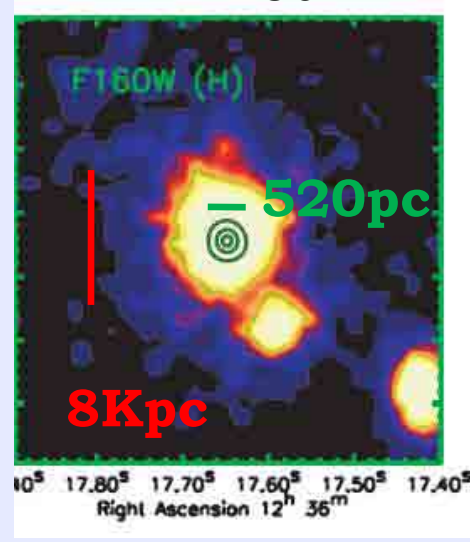
$$\Sigma_{\text{SFR}} \sim 15000 M_{\odot} \text{yr}^{-1} \text{kpc}^{-2} \quad \Sigma_{\text{SFR}} \sim 11000 M_{\odot} \text{yr}^{-1} \text{kpc}^{-2}$$

- ◆ HDF 147, HDF 130は電波でコンパクト

HDF147

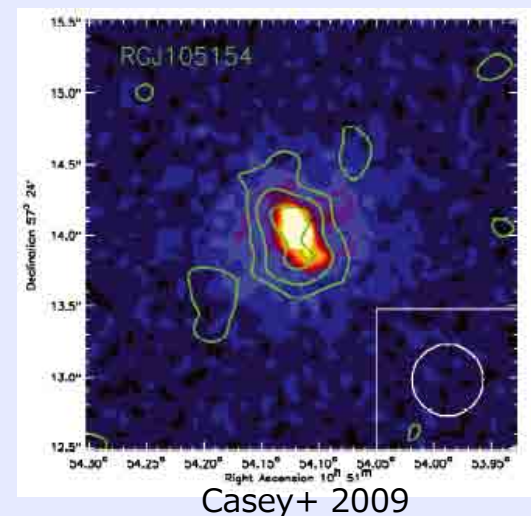


HDF130



RGJ105154

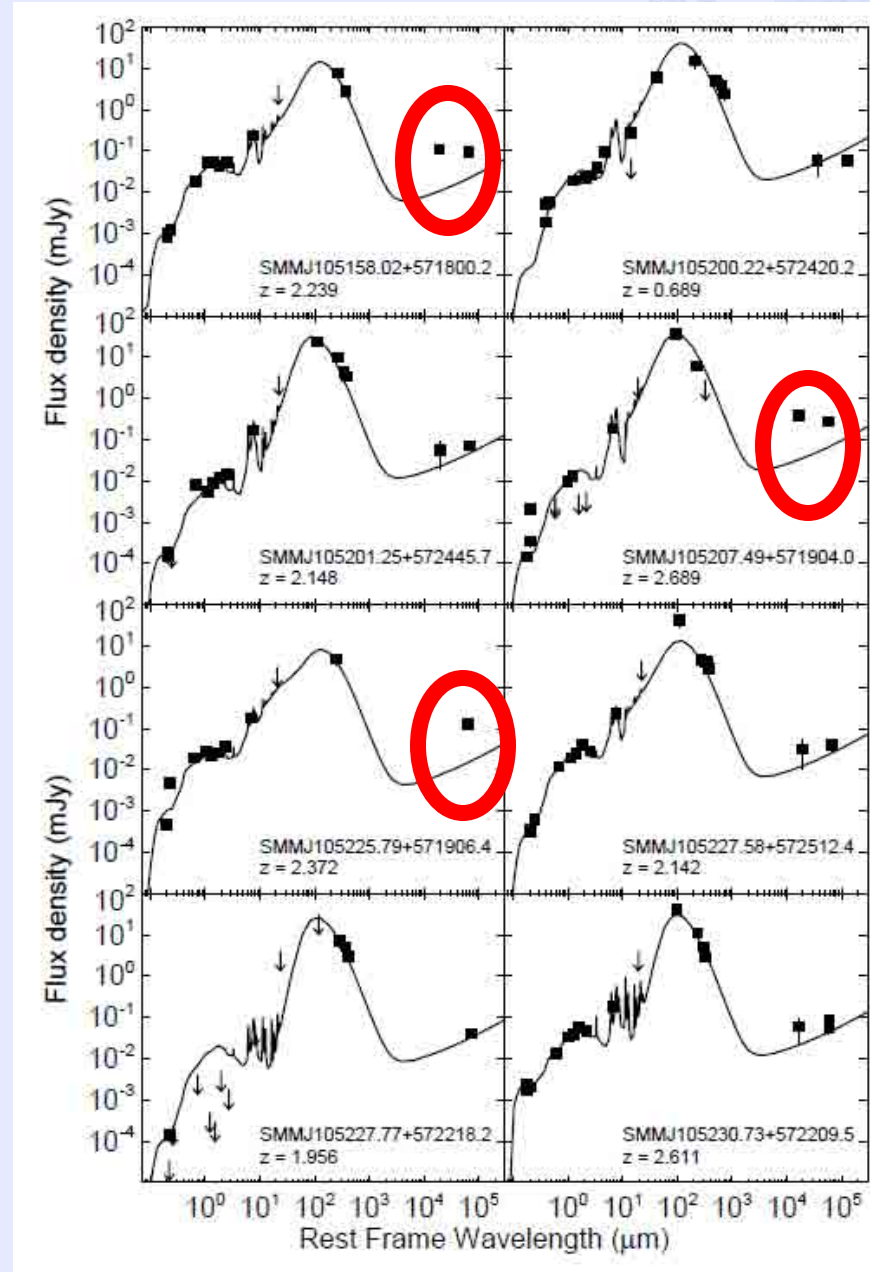
(typical starburst galaxy)



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

切り分けができると嬉しいこと

◆ サブミリ銀河のPhoto. z



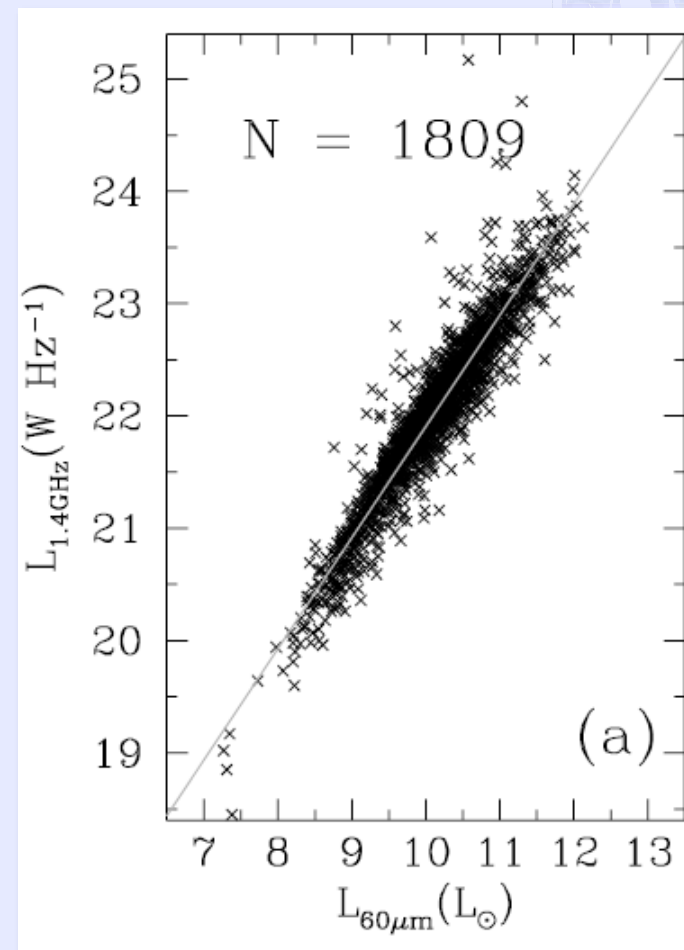
単一鏡観測@サブミリ波



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

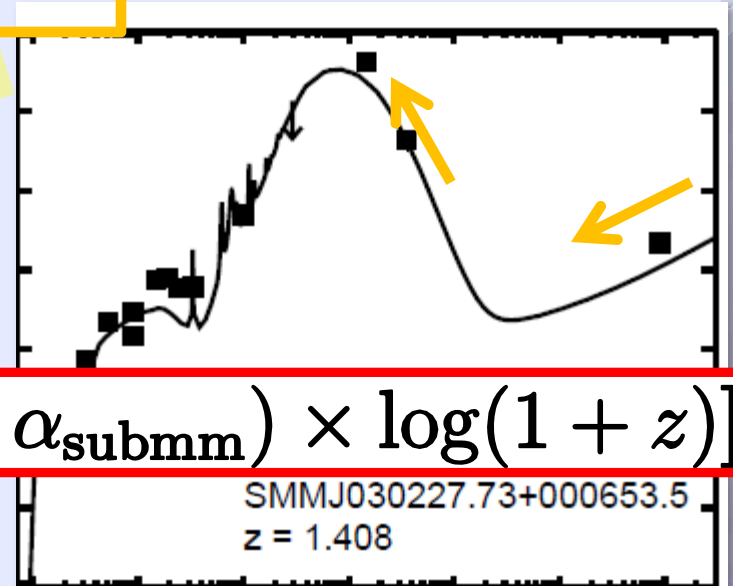
- ◆ サブミリ銀河の z 推定の典型手法 (Photo. z)
電波もサブミリ波もフラックスはSFRに依存するので

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

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

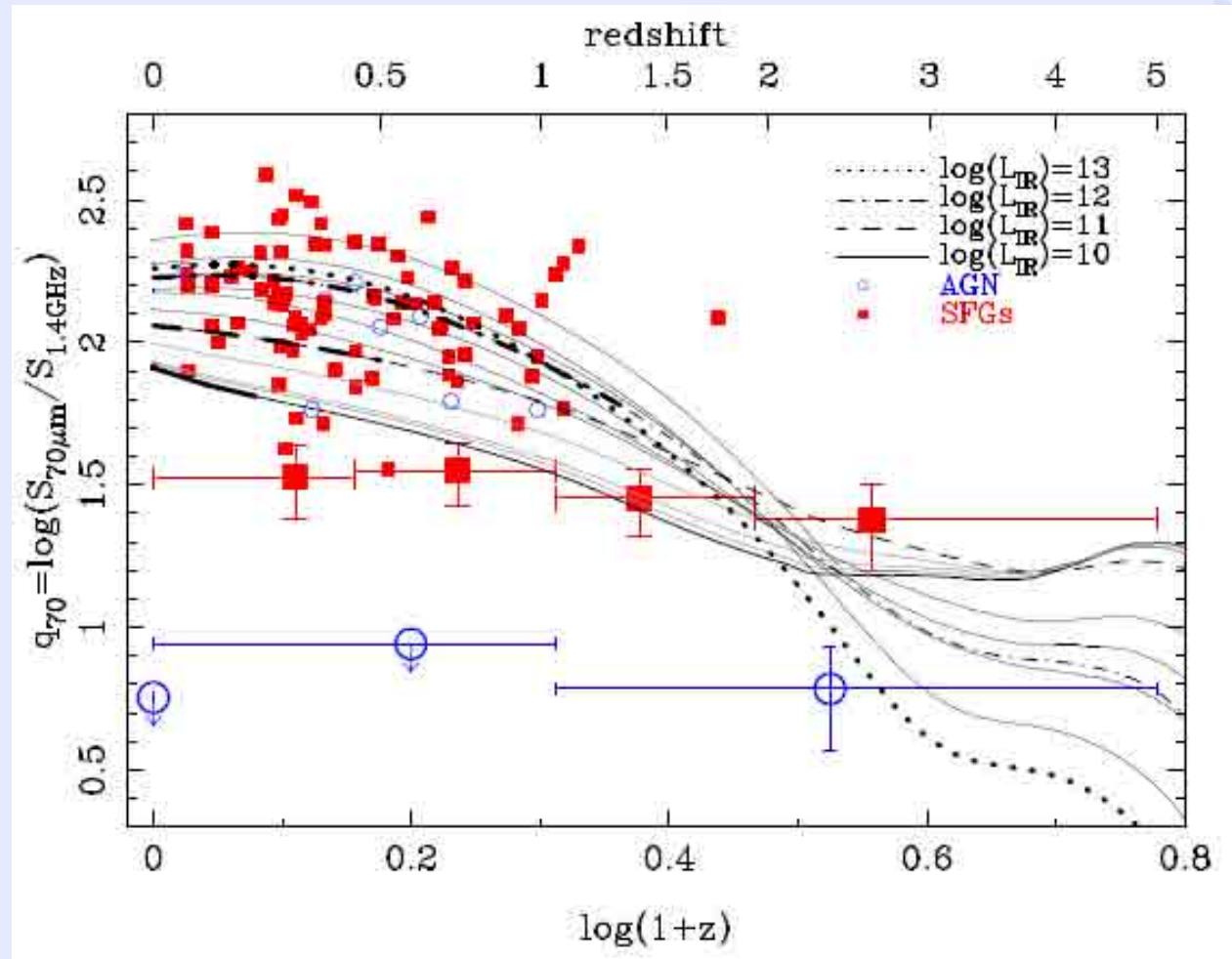
遠くにある暗くなる効果

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