

あかり/Spitzerの ディープサーベイデータによる AGN・銀河進化研究

2016年11月7日

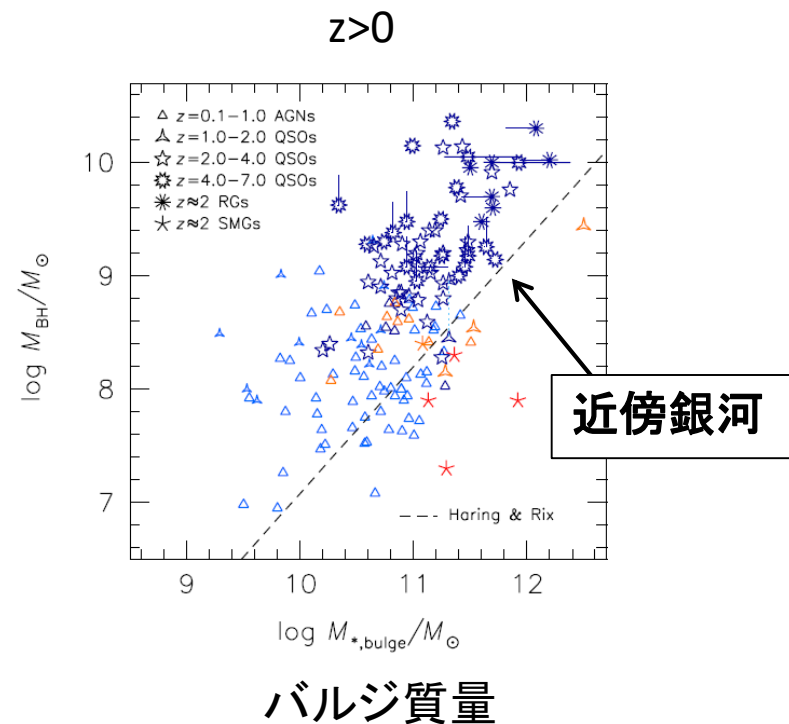
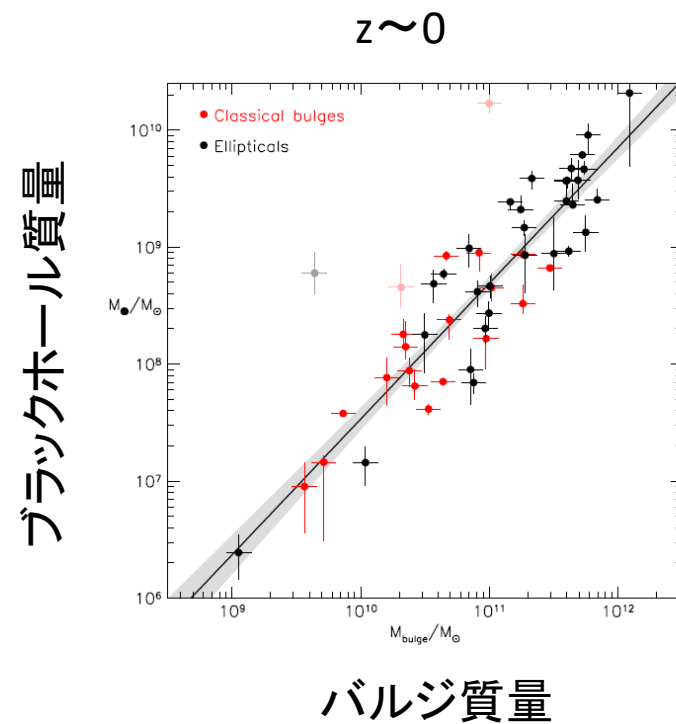
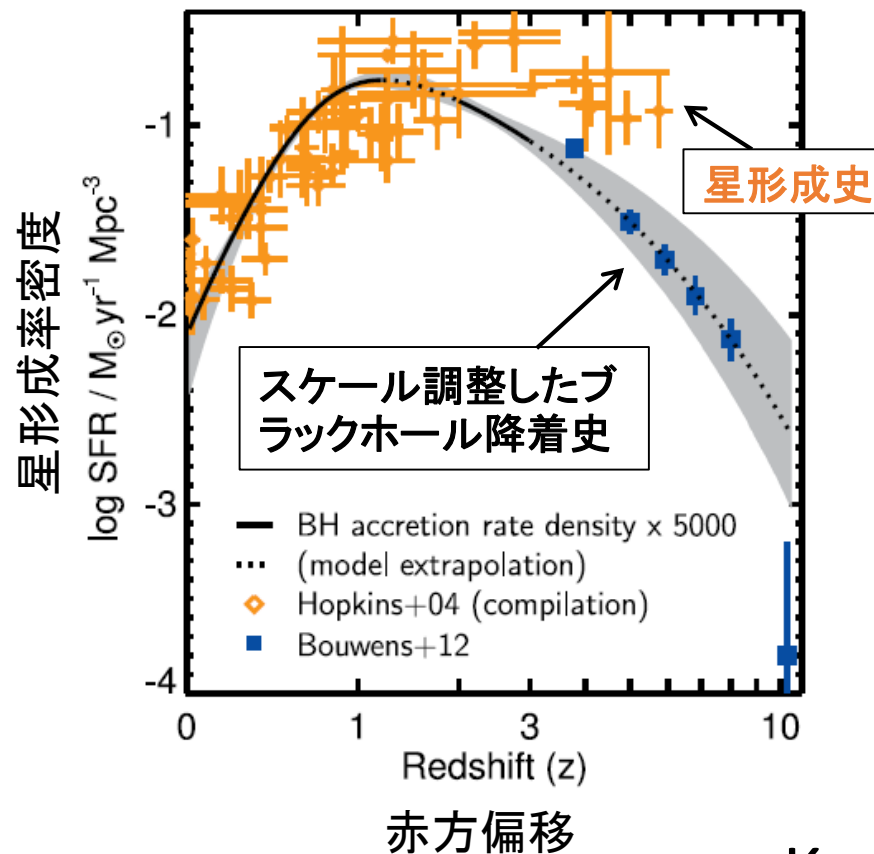
藤代尚文(京都産業大学・神山天文台)

共同研究者:花見仁史、石垣剛(岩手大学)

イントロダクション

銀河とAGNの共進化

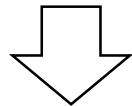
宇宙の星形成史とブラックホール降着史のプロファイルが似ていることや、Magorrian relationが知られている
 → 銀河の星形成活動に巨大ブラックホールが関与しているのでは？



Kormendy & Ho 2013

AGN Feedback

- AGN (ブラックホール) の影響により、星間ガスの冷却と星形成が抑えられる
 - Radiative process:
紫外線、X線により周りのガスが電離され温められる
 - Mechanical process:
ジェットの衝撃波によりガスが吹き飛ばされる
- 電波データなどからAGNの存在が示唆されている、Passiveな近傍銀河においては、AGN feedbackの証拠が観測的にも見つかりつつある

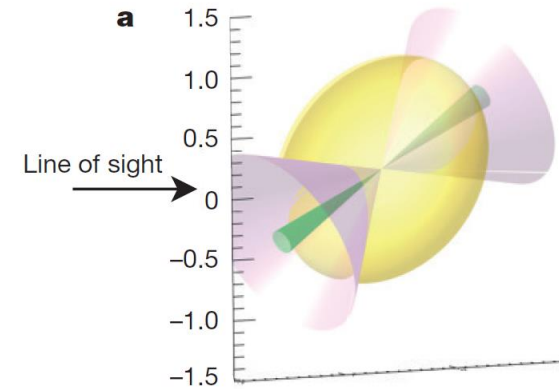


高赤方偏移における、銀河とAGNの関係も調べたい

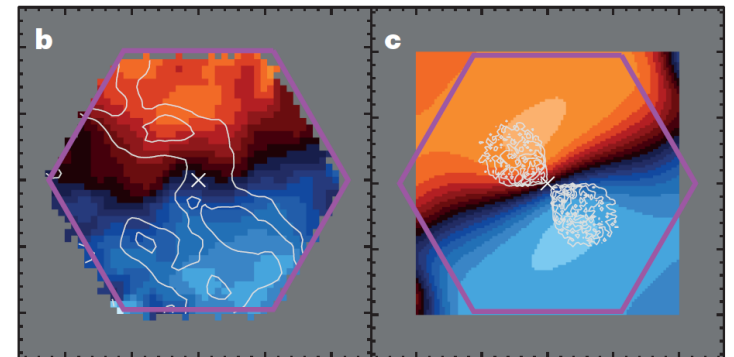
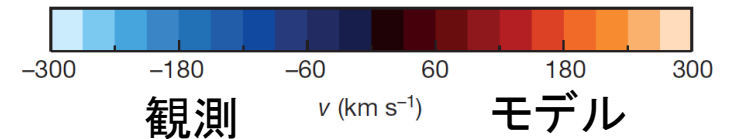
AGNは観測的にどのように調べたらよいか？

$z=0.024$ の'Akira'の研究例 (Cheung+ 2016)

AGN wind model

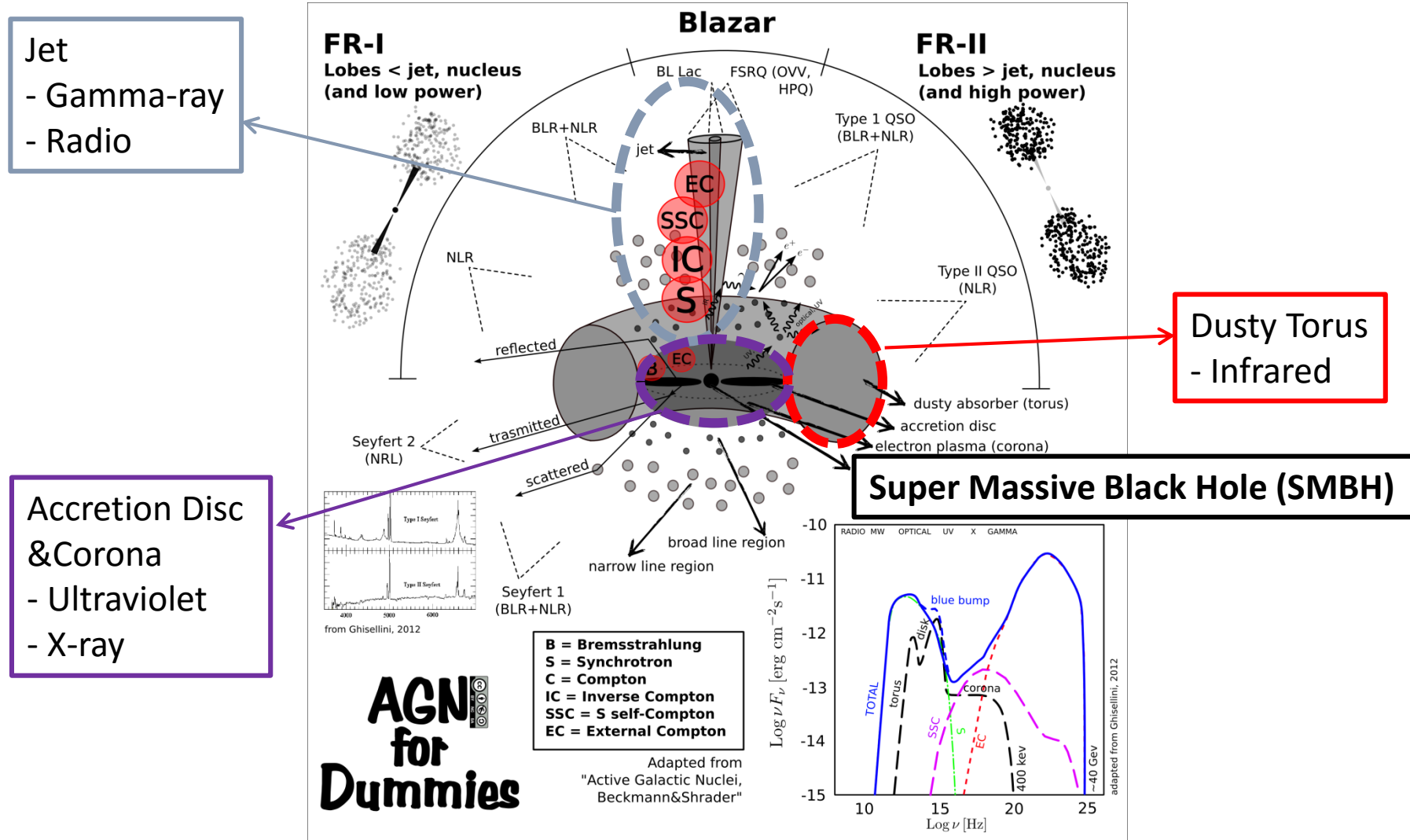


H α 面分光による電離ガス速度マップ



等高線: Equivalent Width 等高線: モデルWind

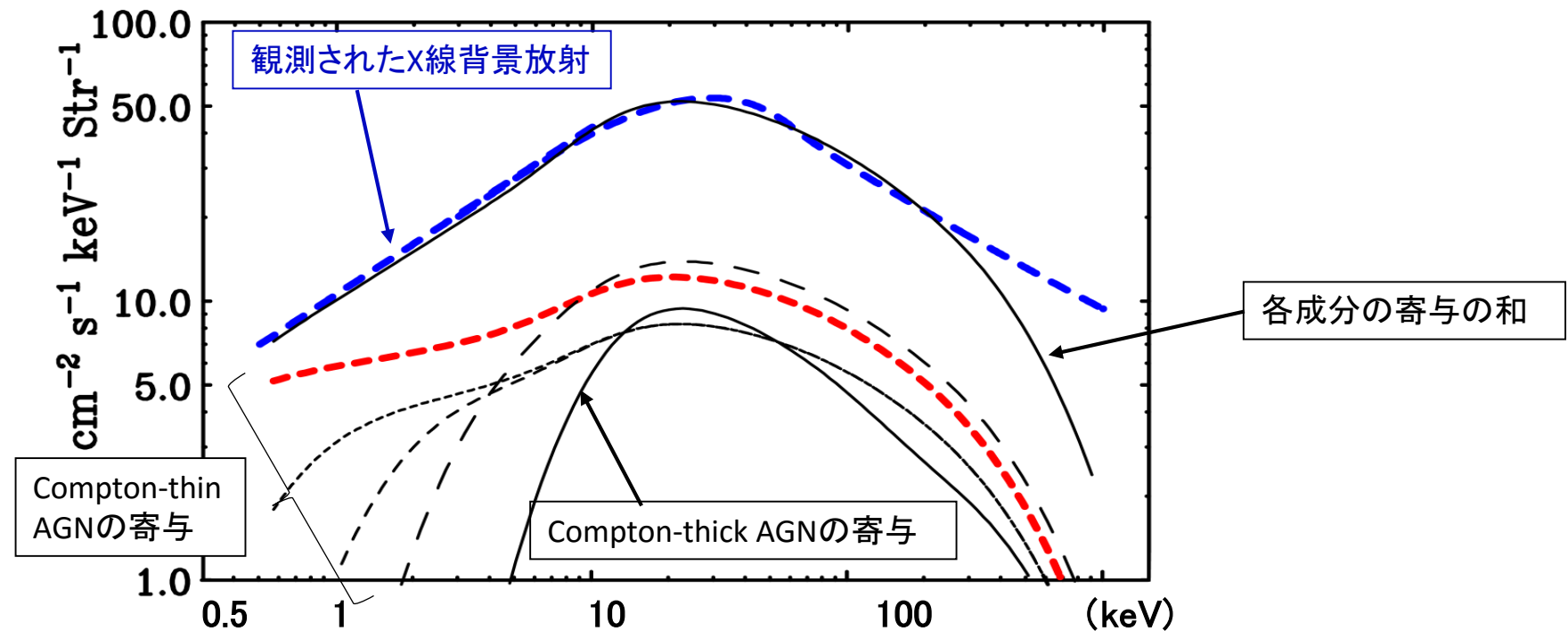
AGN Unified Model



Dusty black holes

X線背景放射のスペクトルは、可視光や軟X線では検出が困難な、ダストに包まれたブラックホールをもつAGN (Compton-thick AGN)が数多く存在することを示唆している

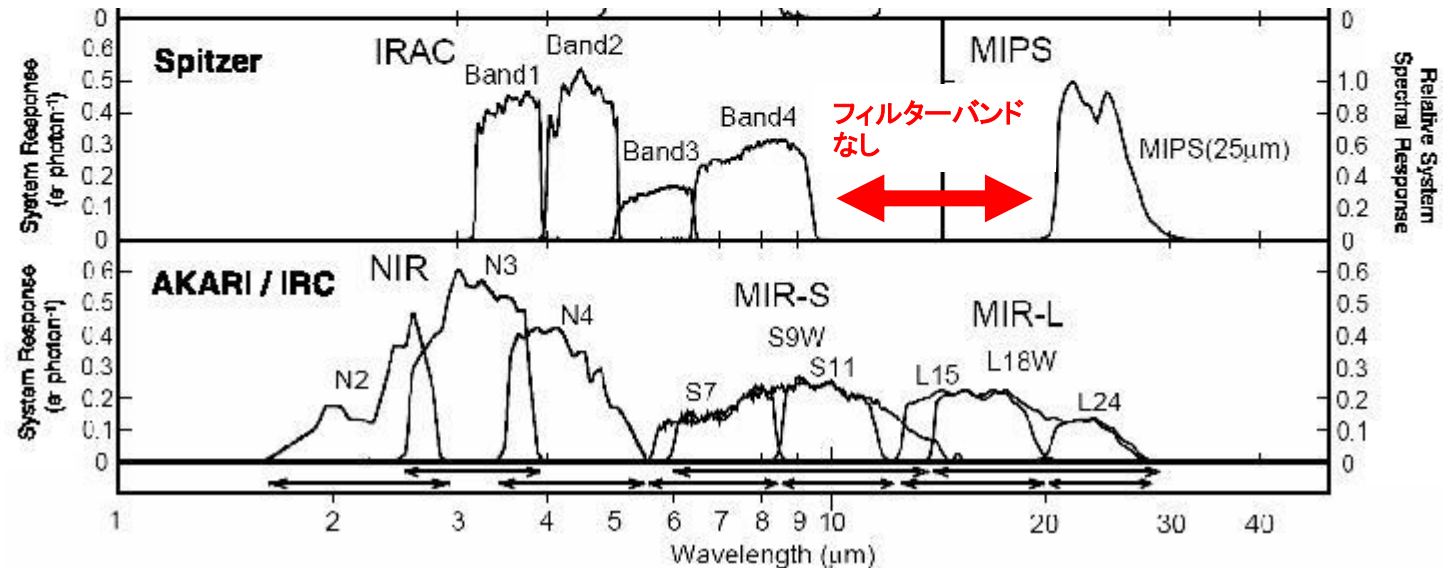
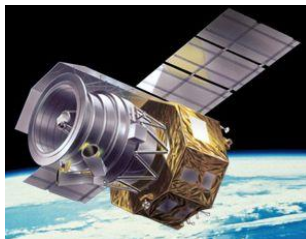
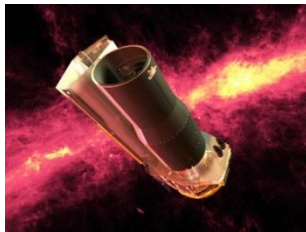
→ ダストオーラスが放射する赤外線 で検出すれば、Compton-thick AGNを含めた漏れの少ない調査が可能と考えられる



Infrared Space Telescopes: AKARI & Spitzer

- $z \sim 2$ までのAGNのダストオーラスからの近～中間赤外線放射を調べられたのは、AKARI/IRCとSpitzer/IRAC&MIPSのみ
 - ※将来はJWST/MIRIによって観測可能
- それぞれの特徴
 - Spitzerは波長10 μm 帯にフィルターバンドがないが、感度が深い
 - AKARIは波長2 μm から20 μm まで漏れなくカバーし、詳細なSED分析が可能だが、感度が少し浅い

銀河・AGNの進化について、AKARI、Spitzerで矛盾のない描像が得られるか知りたい



データ・解析方法

Data Set

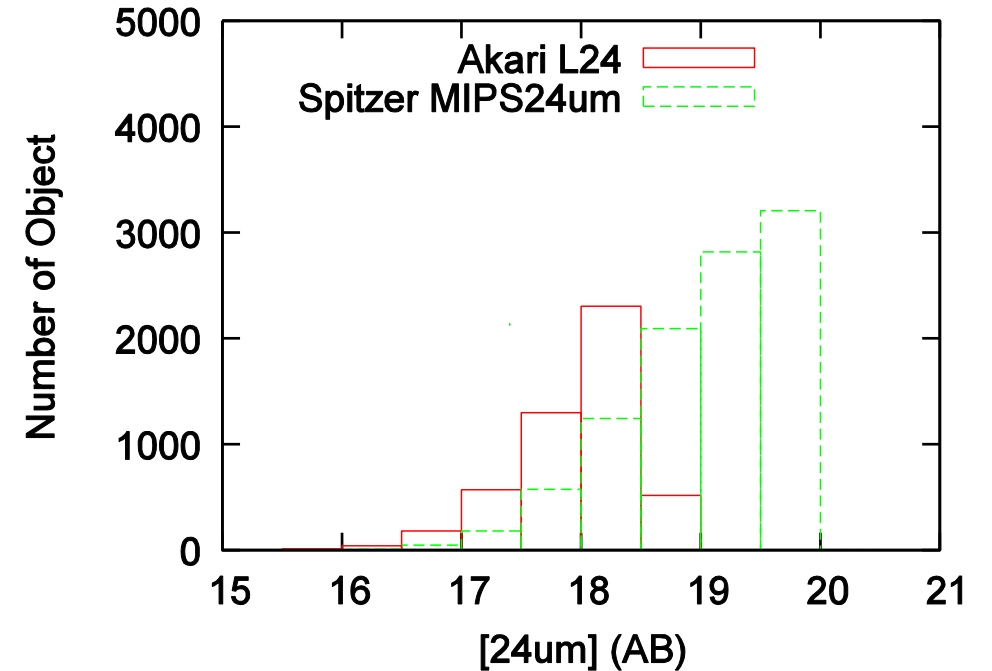
可視～中間赤外線までのSEDをくまなく評価するため、波長24ミクロンでセレクト

➤ **AKARI : NEP Deep Field**

- Chandra X-ray Observatory(CXO), Subaru/SuprimeCam, AKARI/IRC, Harschel/PACS
- $N2(AB) < 21.9$, $[24\mu\text{m}](AB) < 18.6$

➤ **Spitzer: Subaru XMM Deep Field(SXDF)**

- XMM-Newton, CTIO/MOSAIC, Subaru/SuprimeCam, UKIRT/WFCAM, Spitzer/IRAC&MIPS, Very Large Array
- $K(AB) < 23.8$, $[24\mu\text{m}](AB) < 20.0$



Physical Quantity Estimation

➤ Photometric redshift:

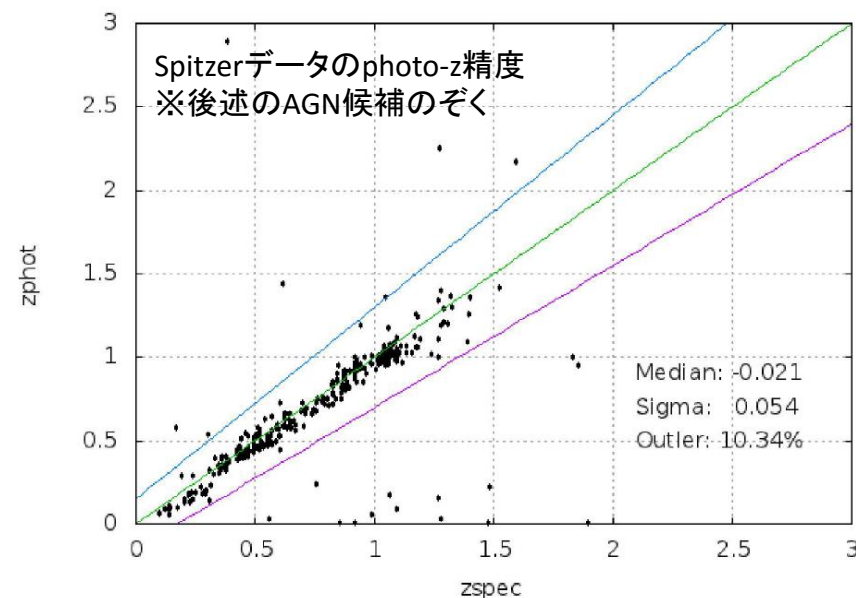
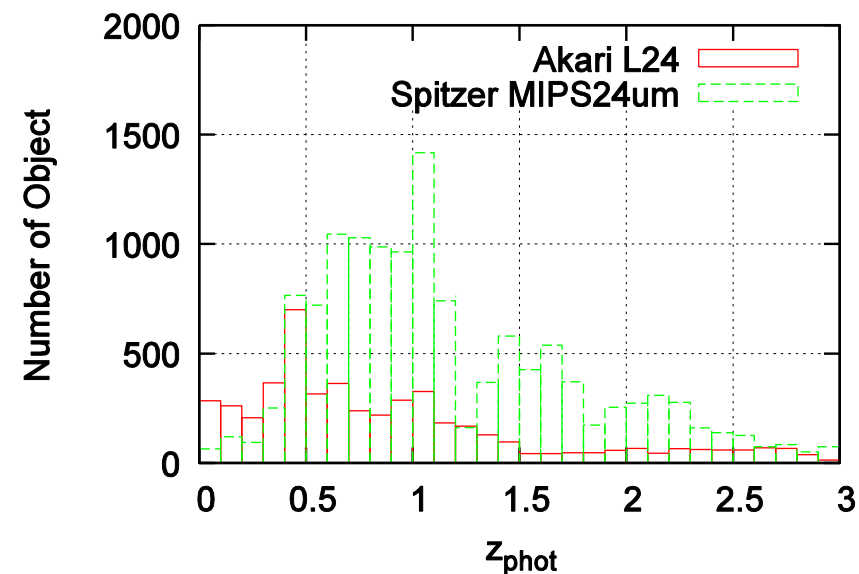
- Hyperz for AKARI, Eazy for Spitzer

➤ Stellar mass estimation:

- SED fitting with Bruzual & Charlot 2003 models

➤ Star-formation rate:

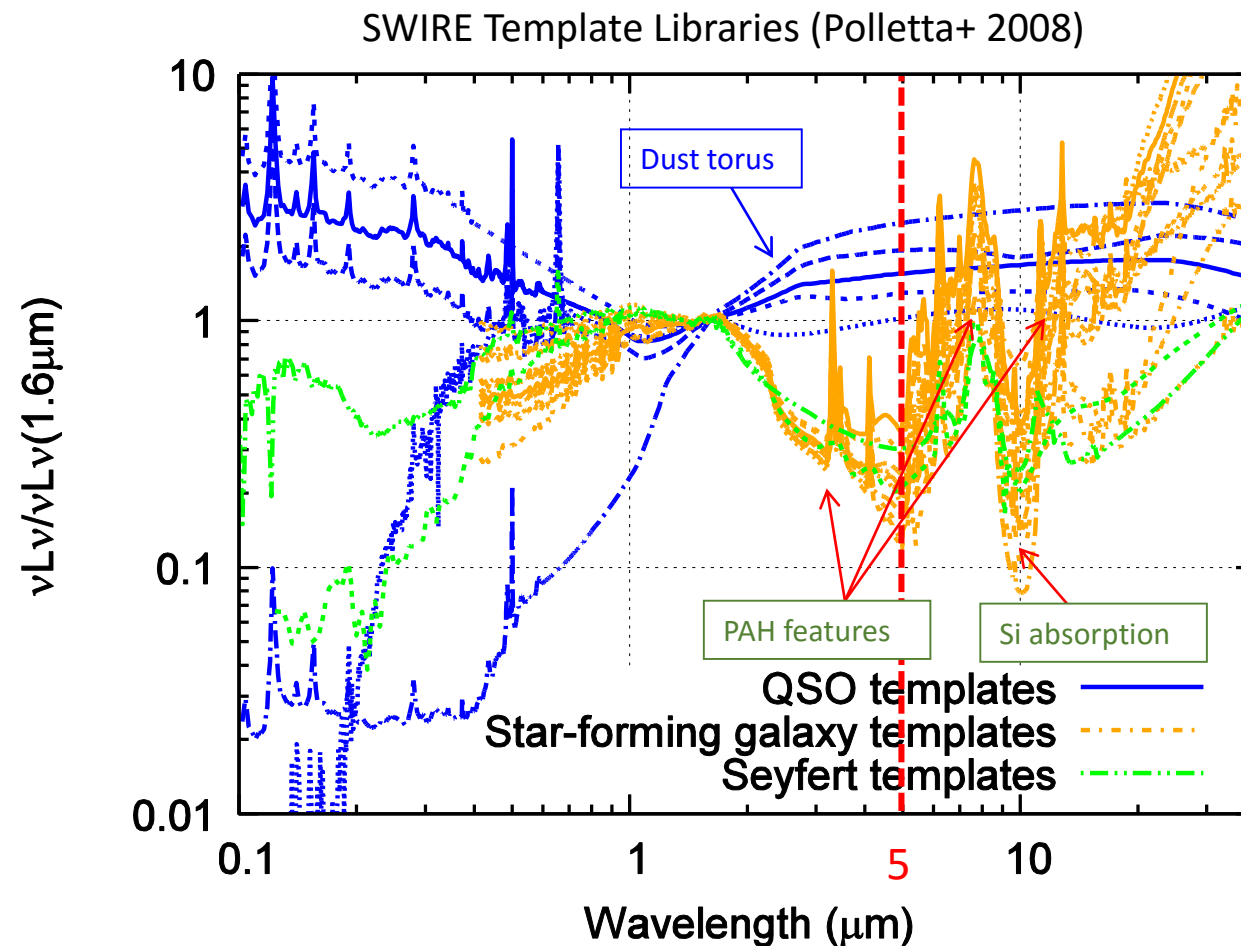
- SFR_{UV} : 1500Å luminosity & Kennikutt+ 1998 law
- SFR_{IR} : SED fitting with Siebenmorgen & Krugel 2007 models for AKARI, 24μm flux density and Rujopakarn+ 2011 empirical law for Spitzer



ダストに包まれたブラックホールの選択

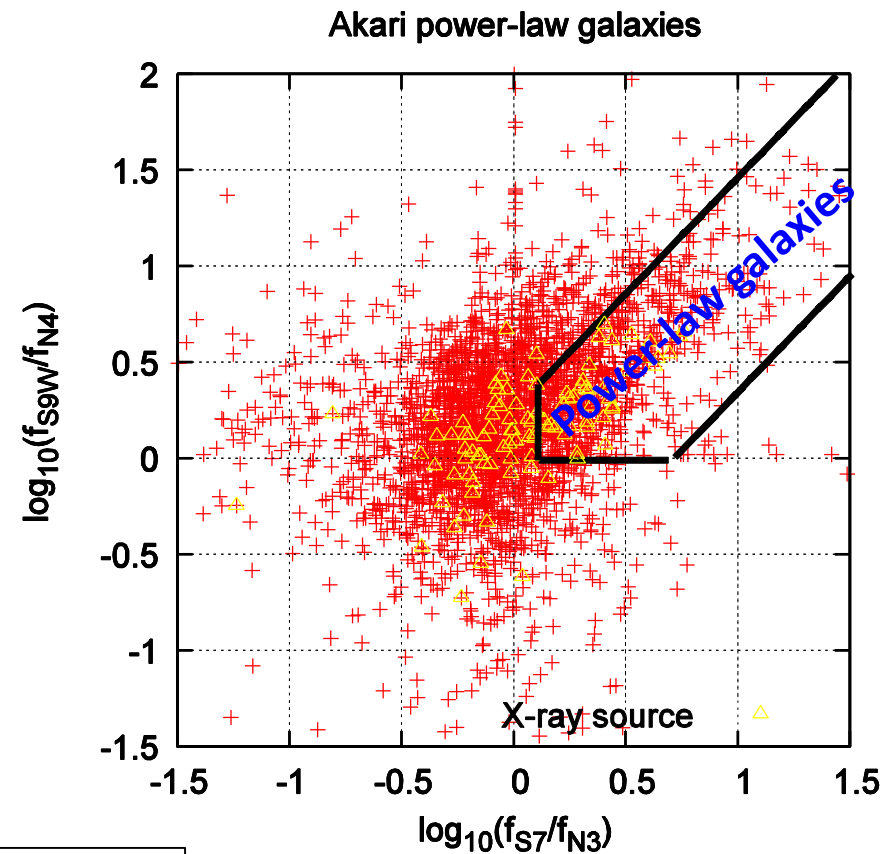
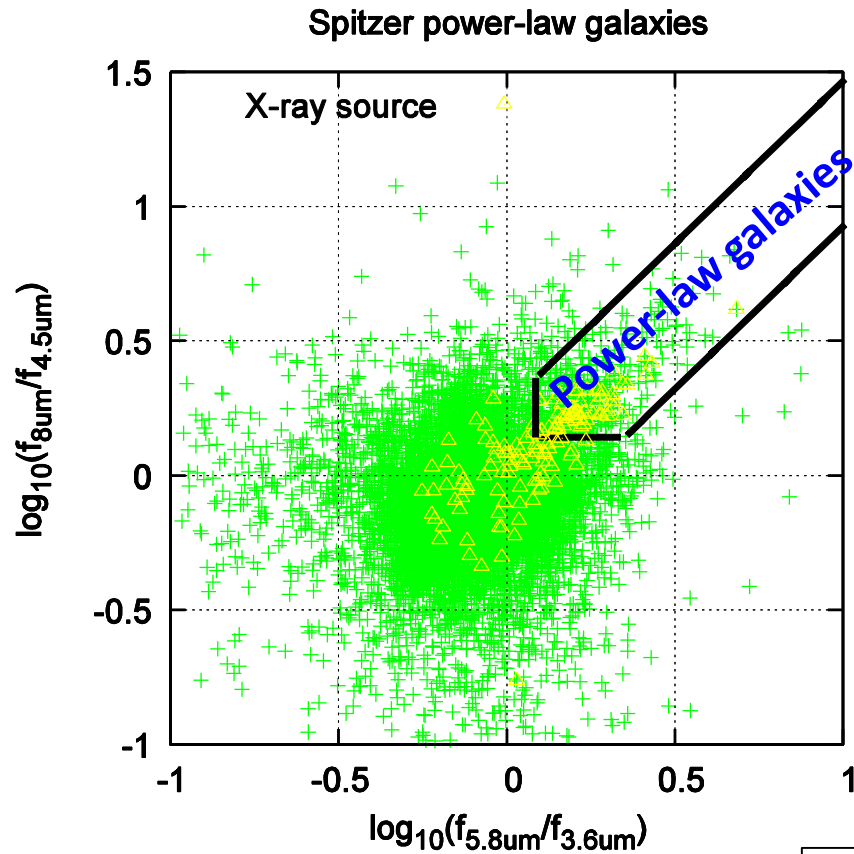
SEDs of AGN/star-forming galaxies from ultraviolet to mid-infrared wavelength

赤外線においては、AGNのダストトーラスからの放射だけでなく、星生成活動が起源の放射もある
→SEDに着目し両者を見分ける



Near/mid-infrared Selection

- $\lambda \sim 5\mu\text{m}$ のギャップに着目した二色図分類法 (e.g. Donley+ 2012)
- 赤方偏移の情報を使わずに、 $0 < z < 2$ のダストオーラスからの放射が強いAGNを効率的に選択可能
- 全天体の10%程度をAGN候補 (power-law galaxies) として選択

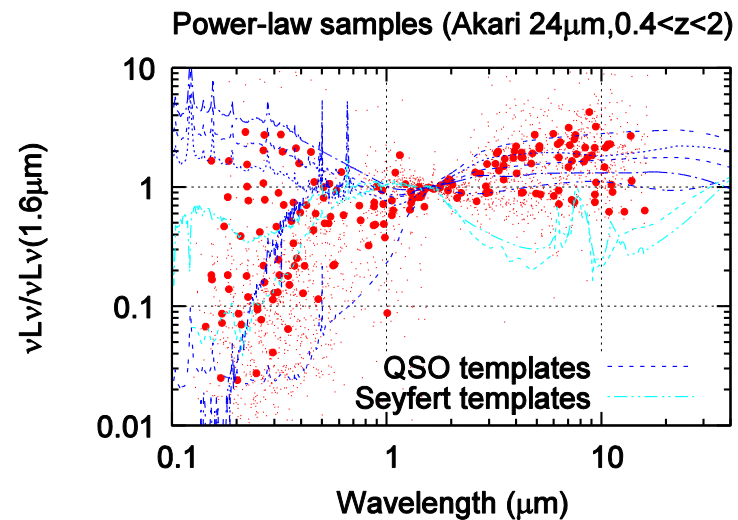
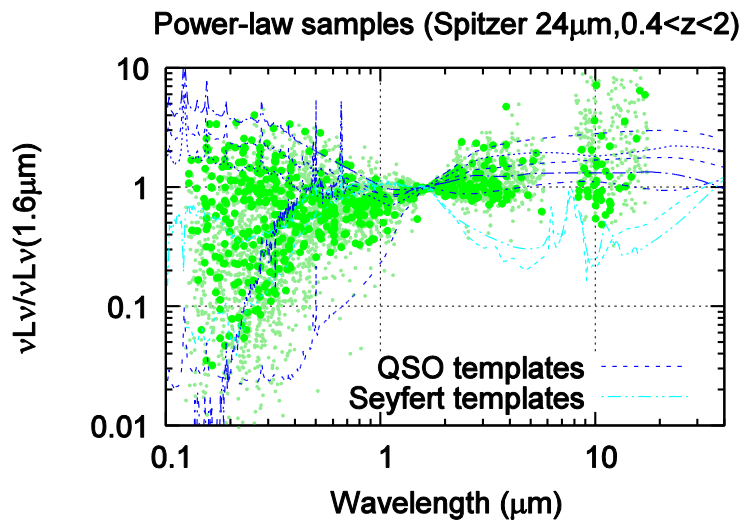


黄はX線天体

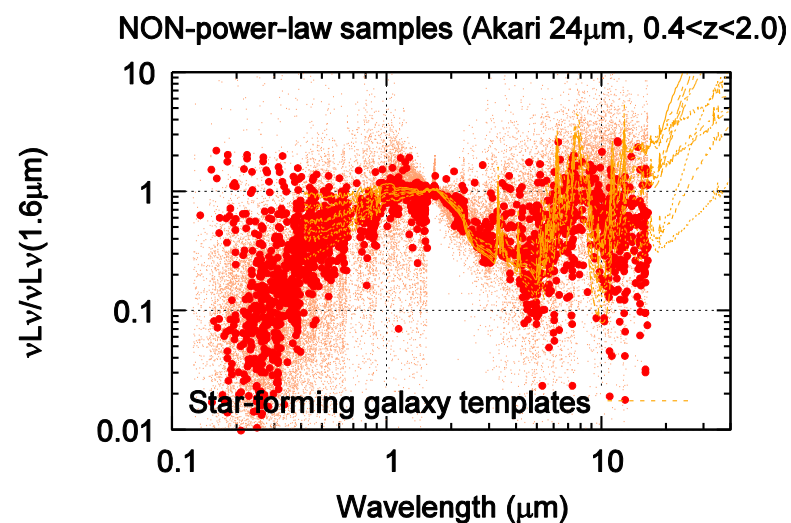
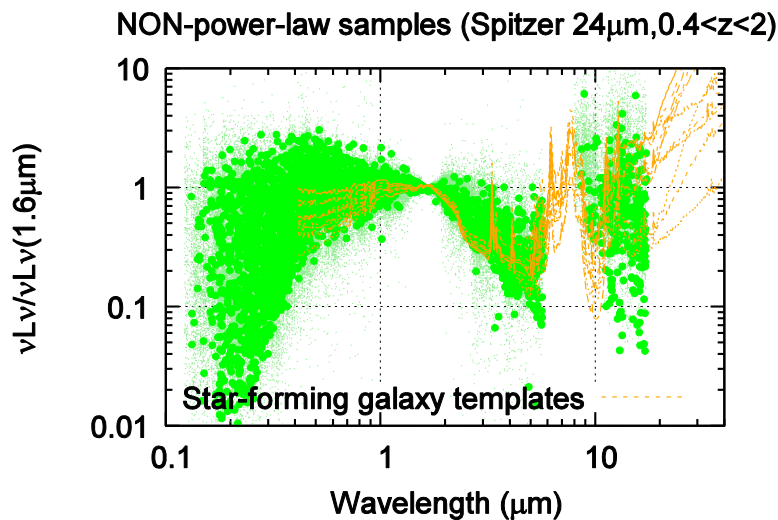
Rest-frame SEDによるチェック

- Power-law galaxiesとNon-power-law galaxiesのRest-frame SEDをテンプレートと比較し、それぞれAGN、星形成銀河のSEDと矛盾しないことを確認。Spec-z天体のみ

Power-law galaxies
(AGN候補)



Non-power-law galaxies
(星形成銀河候補)

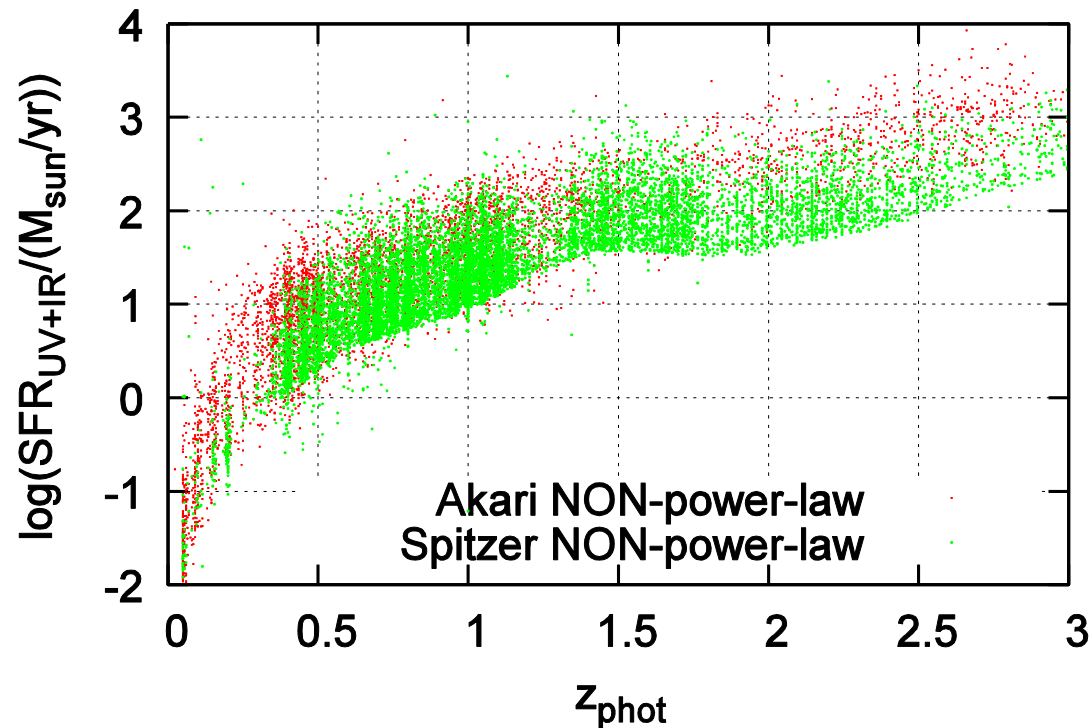


AGN・銀河の進化

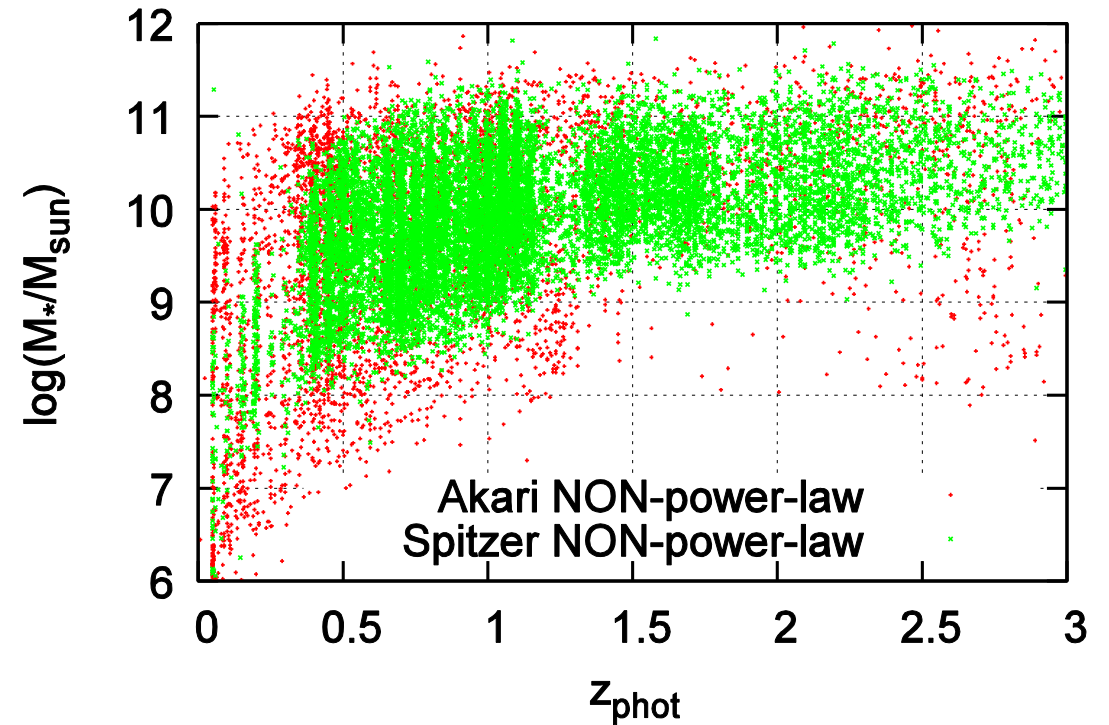
Star Formation & Stellar Mass Assembly

- Non-power law galaxiesについて、星形成率と星質量の赤方偏移分布を調査。AKARIとSpitzerとの間で矛盾がなく、過去の先行研究と矛盾はない
- AKARI、Spitzerともに $>10^{10}M_{\text{sun}}$ ならばcomplete sample
- Photo-zの精度に起因し、赤方偏移BINにおいて密度の濃淡が見られるのは、解決すべき課題

赤方偏移 vs. 星形成率

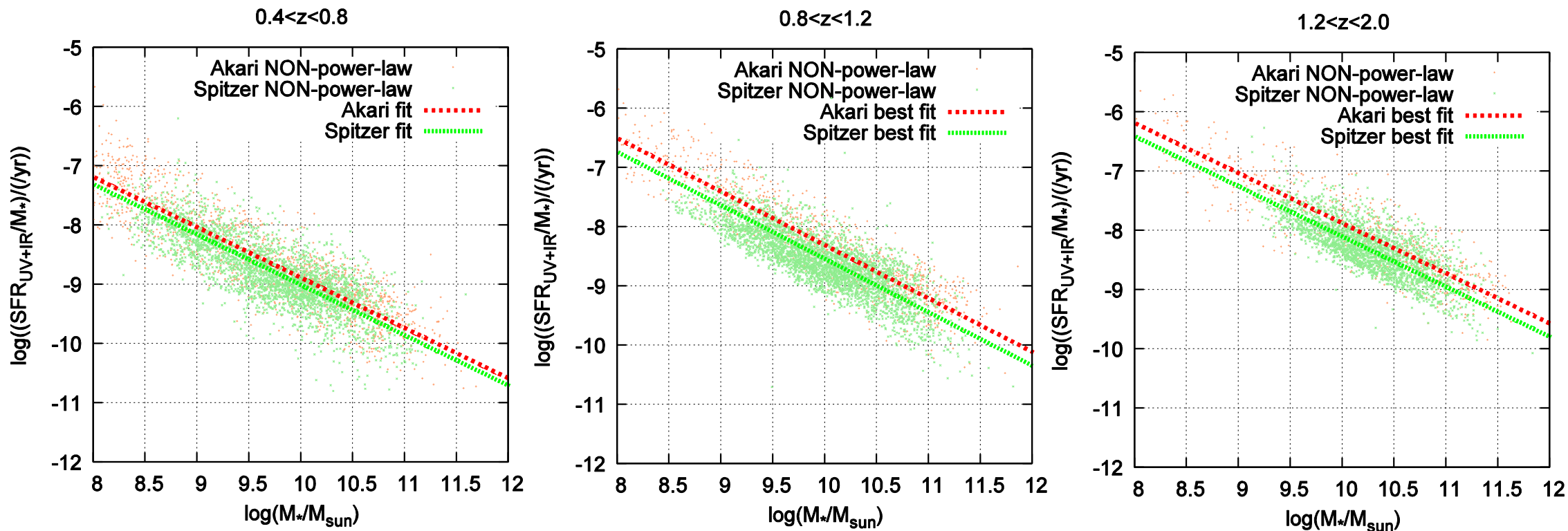


赤方偏移 vs. 星形成率



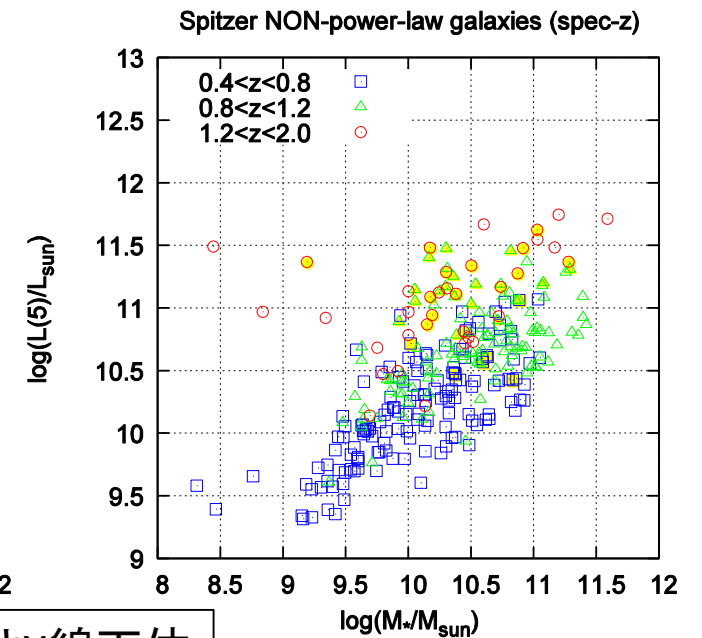
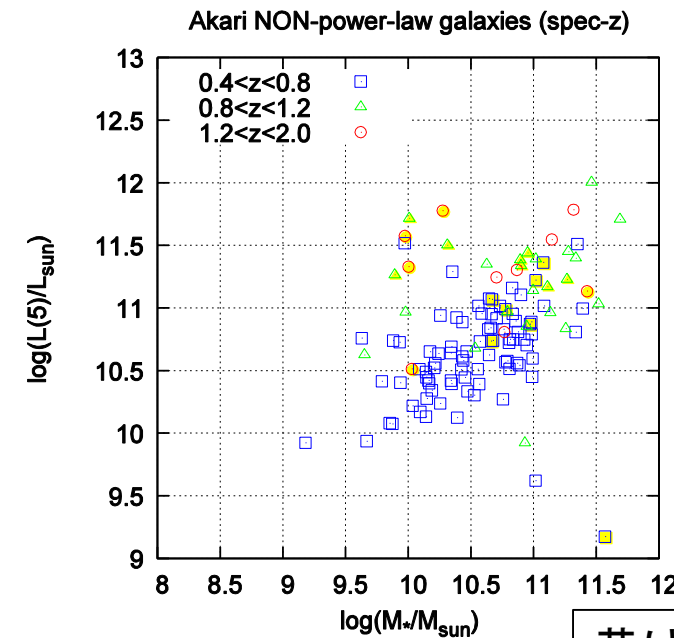
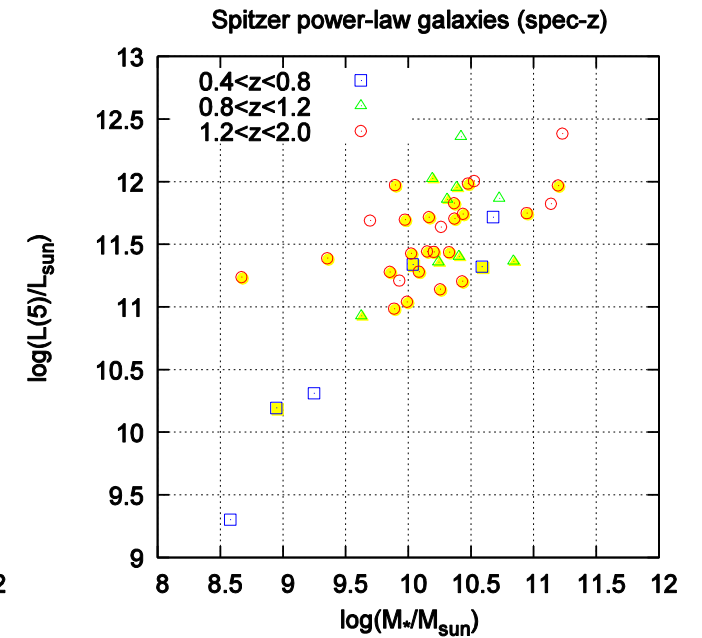
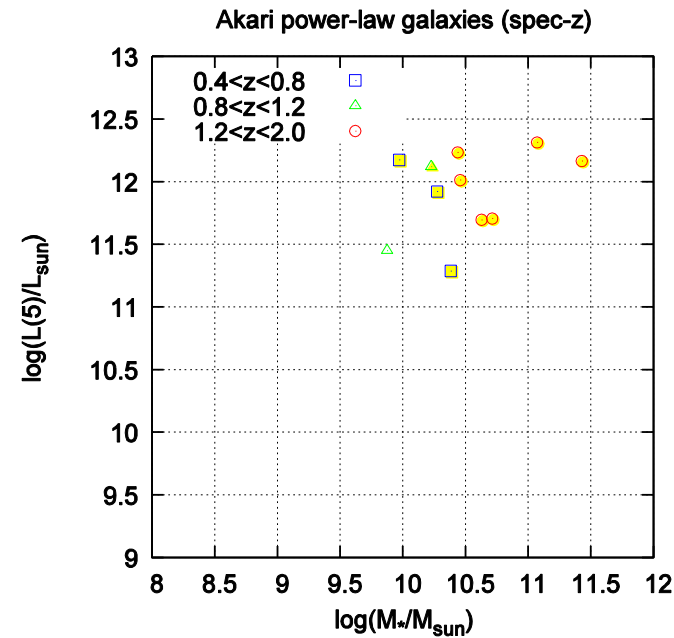
Evolution of Specific Star Formation Rate

- Non-power law galaxiesについて、specific SFRが赤方偏移とともに強い進化が見られた。AKARIとSpitzerで矛盾はない
- Main sequence galaxiesについての先行研究とも矛盾はない



Rest-frame 5micron luminosity

- Spec-z天体に限定し、AGN活動度の指標と考えられるRest-frame 5micron luminosity $L(5)$ を評価
- Rest-frame 5micron luminosity $L(5)$ はPower-law galaxiesの $L(5)$ は、Non-power-law galaxiesよりも0.5dex以上高い
- 特にSpitzerのNon-power-law galaxiesでは、赤方偏移とともに $L(5)$ の進化がみられている
→星形成銀河中のAGN活動が、時代とともに低下したことを示唆



黄はX線天体

まとめと今後

Summary

- AKARIとSpitzerの近・中間赤外線データによる二色図を用いることにより、高赤方偏移のダストに包まれたブラックホール(Compton-thick AGN)を選択・調査が可能と考えられる
- 星形成、星質量から銀河の進化、波長5ミクロン光度からAGNの進化を調査した
 - 星形成、星質量については、AKARIとSpitzerのデータセットで矛盾はなく、他波長の指標を使用した先行研究との矛盾もみられなかった
 - 波長5ミクロン光度については、AGN候補天体は明らかに明るく、星形成銀河でも赤方偏移とともにその進化が見られた