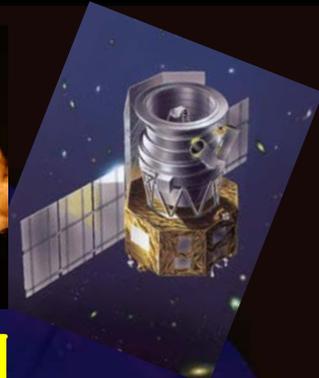
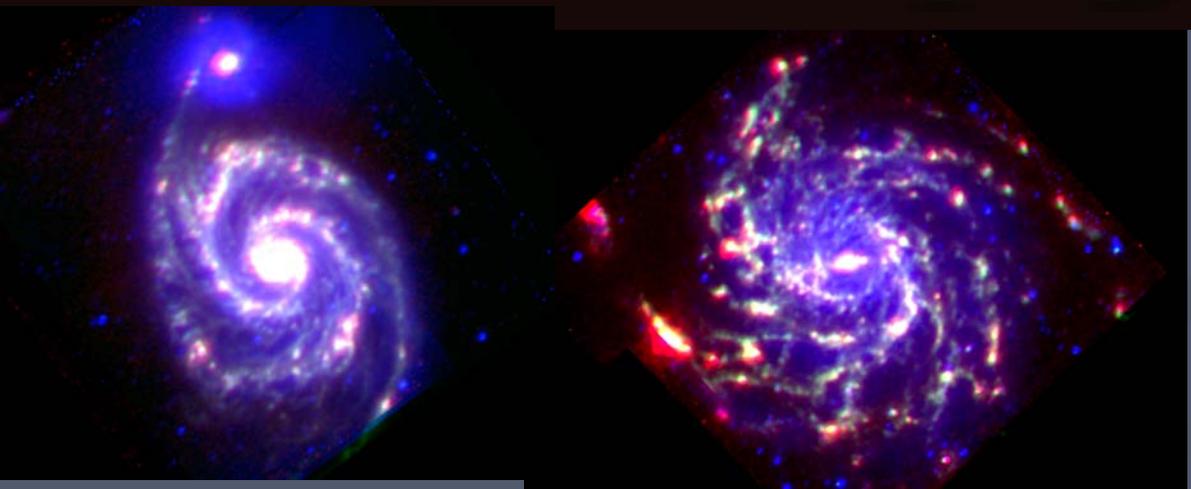


「あかり」とSpitzerによる 星間ダスト・PAHの進化と破壊の観測

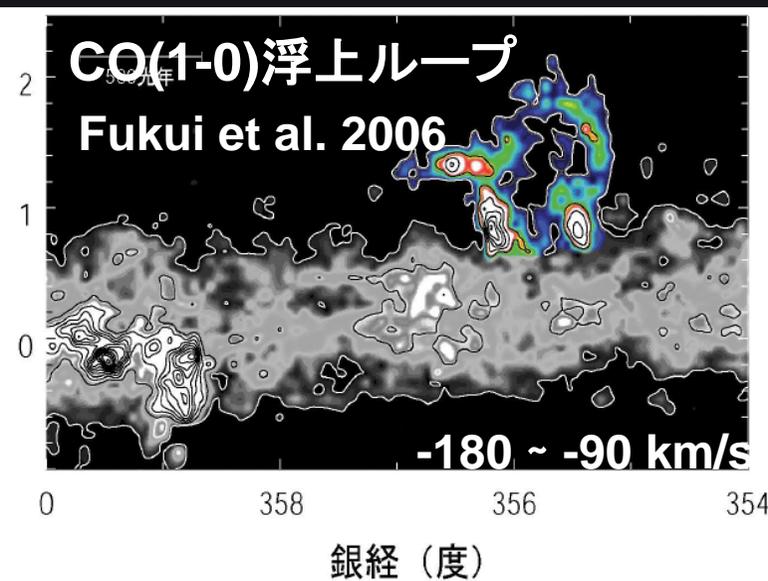
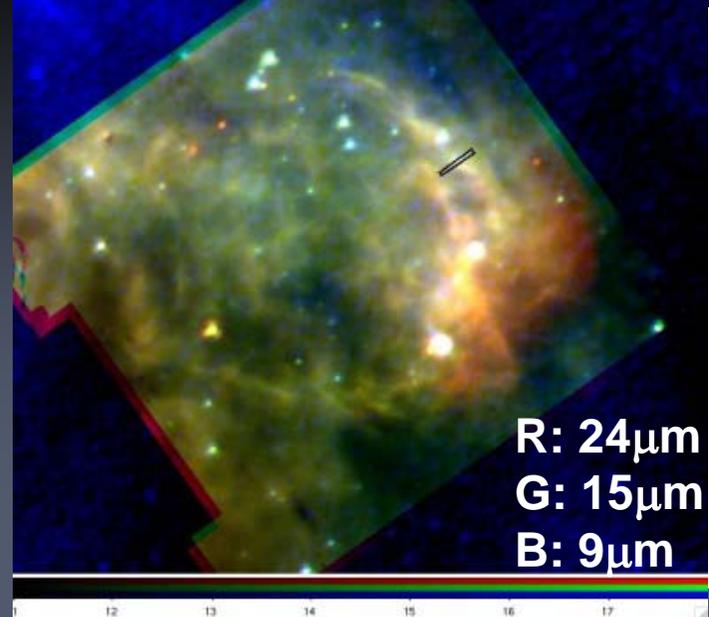


金田英宏
名古屋大学大学院理学研究科

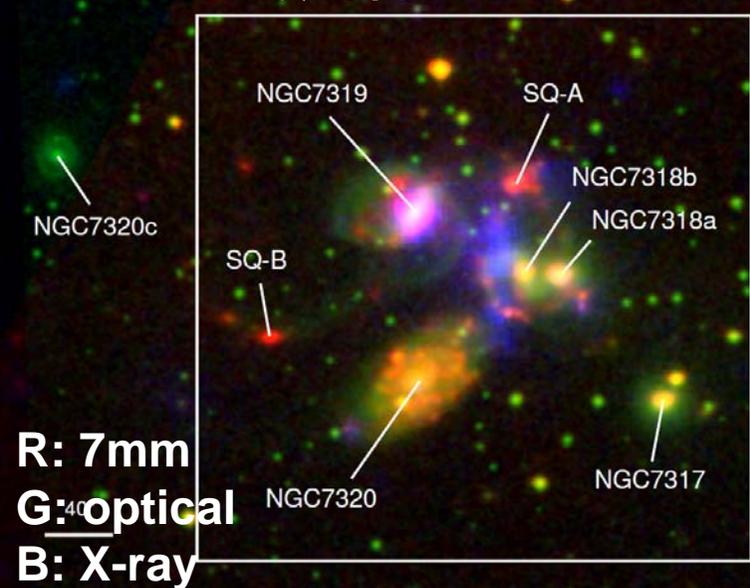


星間ダスト・PAH
の進化と破壊の
場所：
interstellar shock
&
hot plasma

超新星残骸Kes17



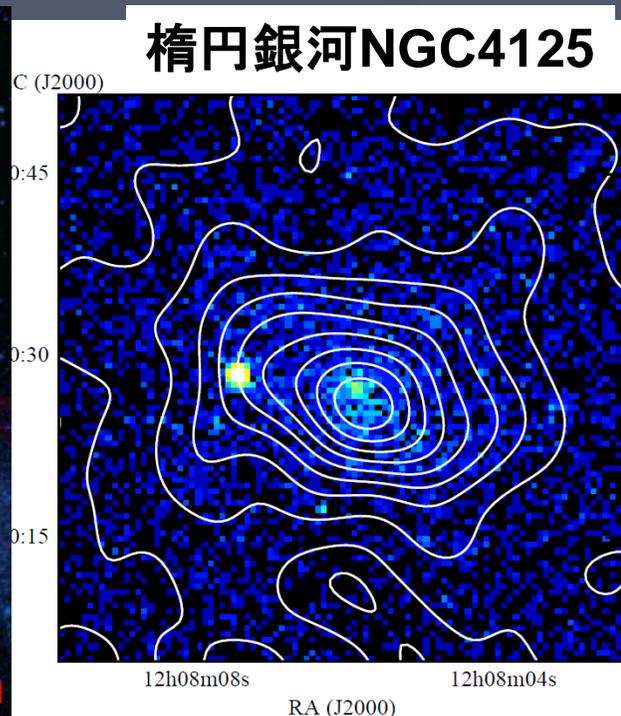
銀河群HCG92



スターバースト銀河M82



楕円銀河NGC4125

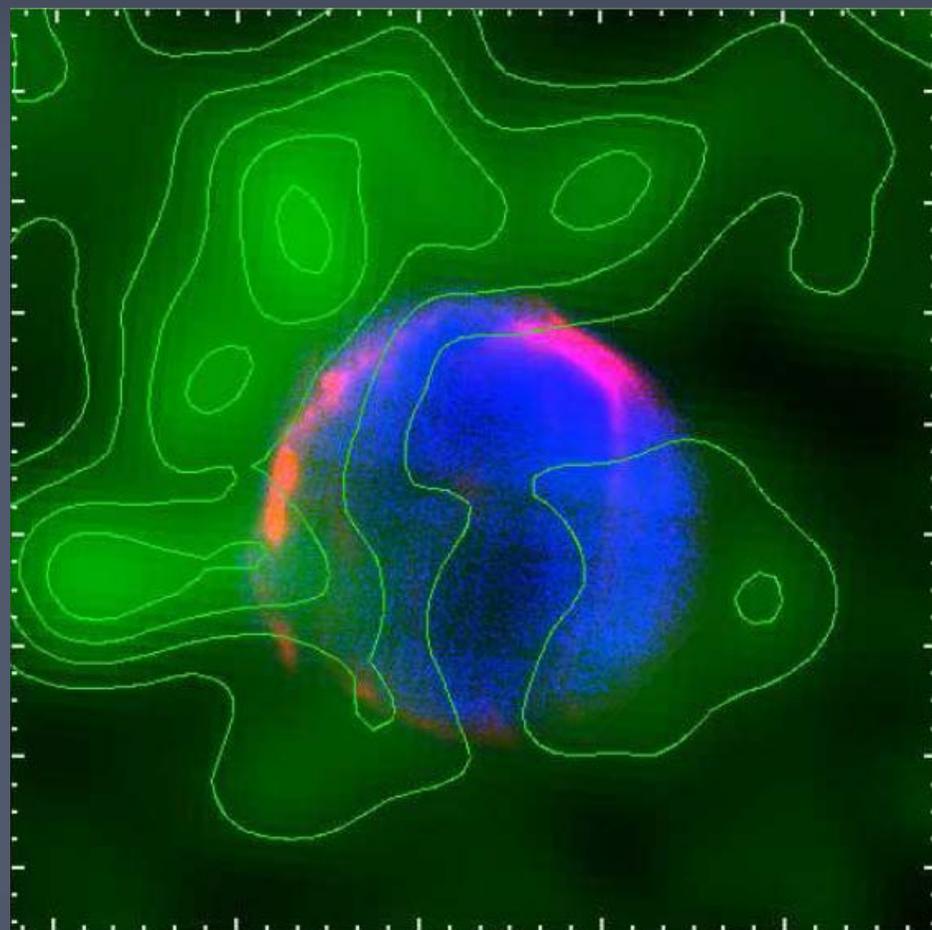
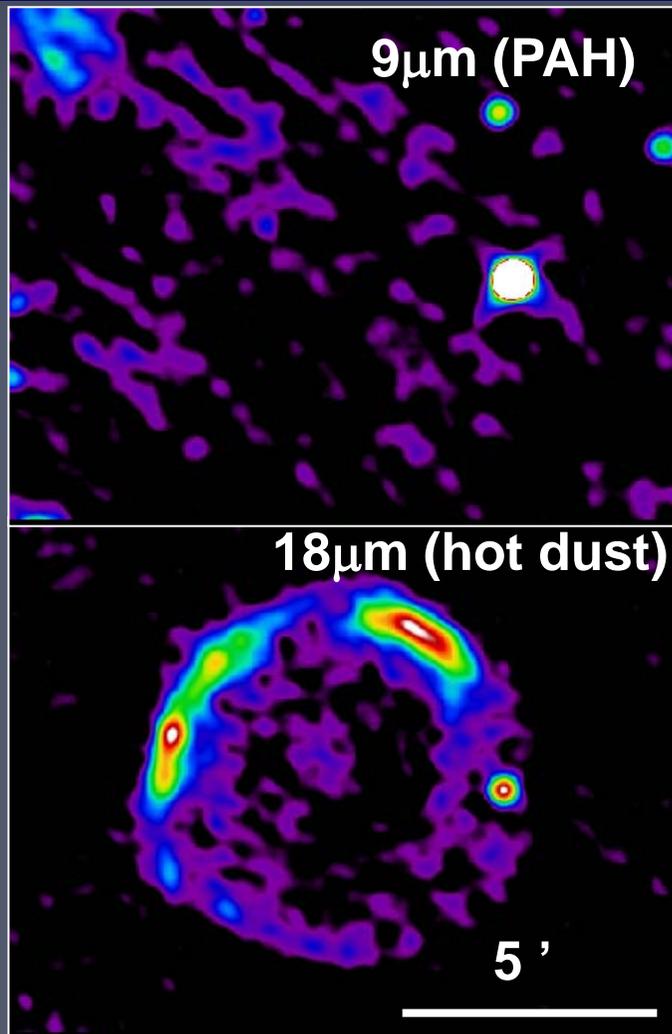


「あかり」によるTycho超新星残骸の観測 (Ishihara et al. 2010, submitted)

Tycho' SNR: type Ia SN in 1572, Shock speeds: $\sim 3000 \text{ km s}^{-1}$

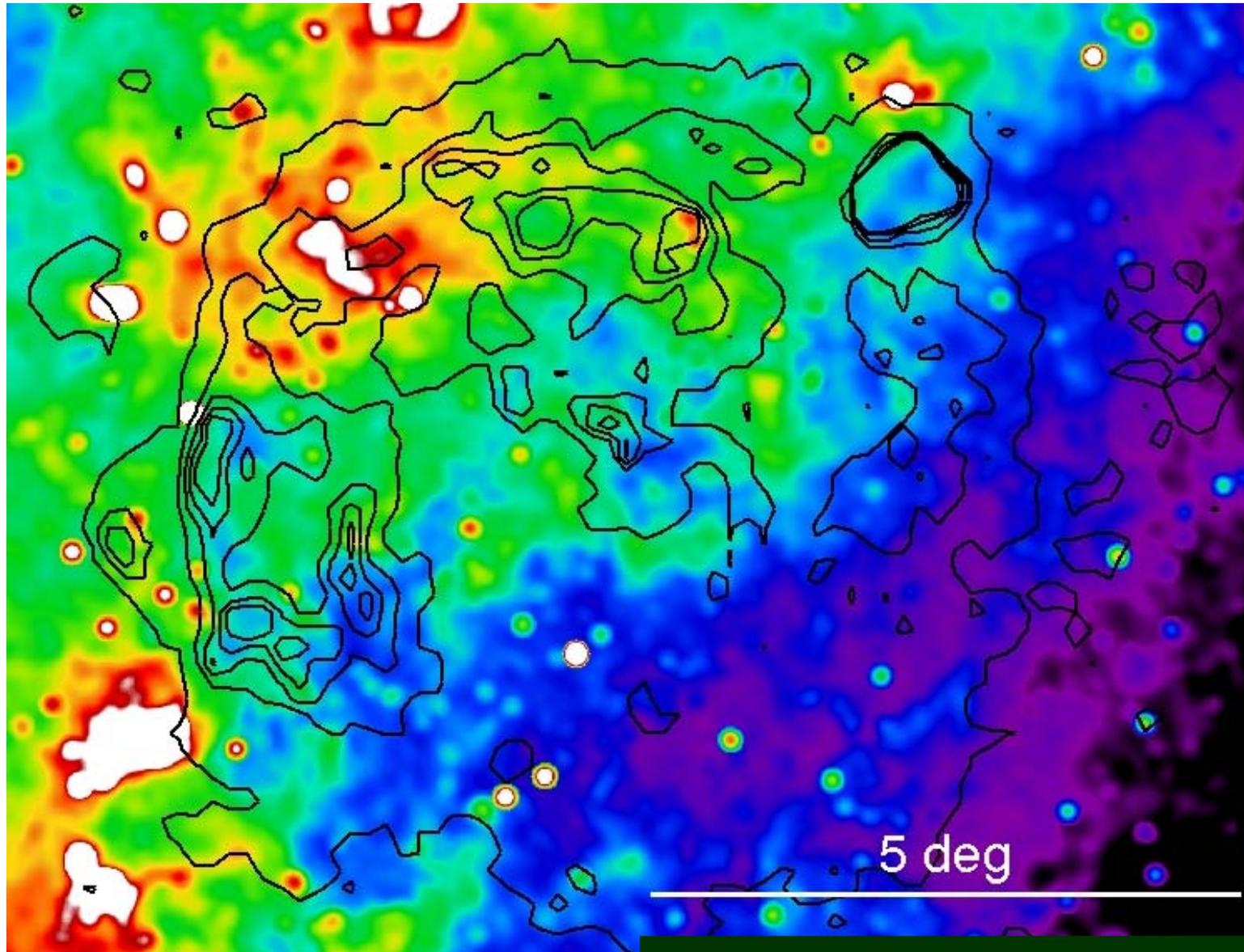
Dust residence time in postshock plasma: 50 yr

$T_e = 8 \times 10^6 \text{ K}$, $n_e = 10 \text{ cm}^{-3}$ Warren et al. 2005



18 μm (AKARI), X-ray (Suzaku), CO (CGPS)

Vela超新星残骸 11,000年前に爆発



Color: 9 μm , Contour : X-ray

Collisional destruction of PAHs

PAH in shocks (Micelotta, Jones, & Tielens 2010a)

$V < 100$ km/s: Not completely destroyed with structures affected.

$V > 200$ km/s: Completely destroyed in postshock hot plasma.

PAH destruction in hot plasma (Micelotta, Jones, & Tielens 2010b)

$T < 3 \times 10^4$ K: Ion collisions e.g. Orion 10^4 cm $^{-3}$, 10^4 K: 10 Myr

$T > 3 \times 10^4$ K: Electron collisions e.g. 0.01 cm $^{-3}$, 10^7 K: 100 yr

10^{2-3} times shorter than lifetimes for dust with the same size,
because dust sputtering yield $\ll 1$
PAH dissociation yield ~ 1

高温プラズマによる、dustのスパッタリング破壊時間:

$$\tau = \left\{ 0.79 \text{ for graphite, } 0.25 \text{ for silicate} \right\} \\ \times 10^4 \text{ yr} \left(\frac{\text{cm}^{-3}}{n_{\text{H}}} \right) \left(\frac{a}{0.01 \mu\text{m}} \right)$$

(Draine & Salpeter 1979, Tielens et al. 1994)

Typical PAHs:

50 C atoms, size $\sim 6 \text{ \AA}$

0.01 cm $^{-3}$, 10^7 K:

60,000 yr

PAHs in Galactic center molecular loops

Buoyant rise of magnetic loops due to Parker instability

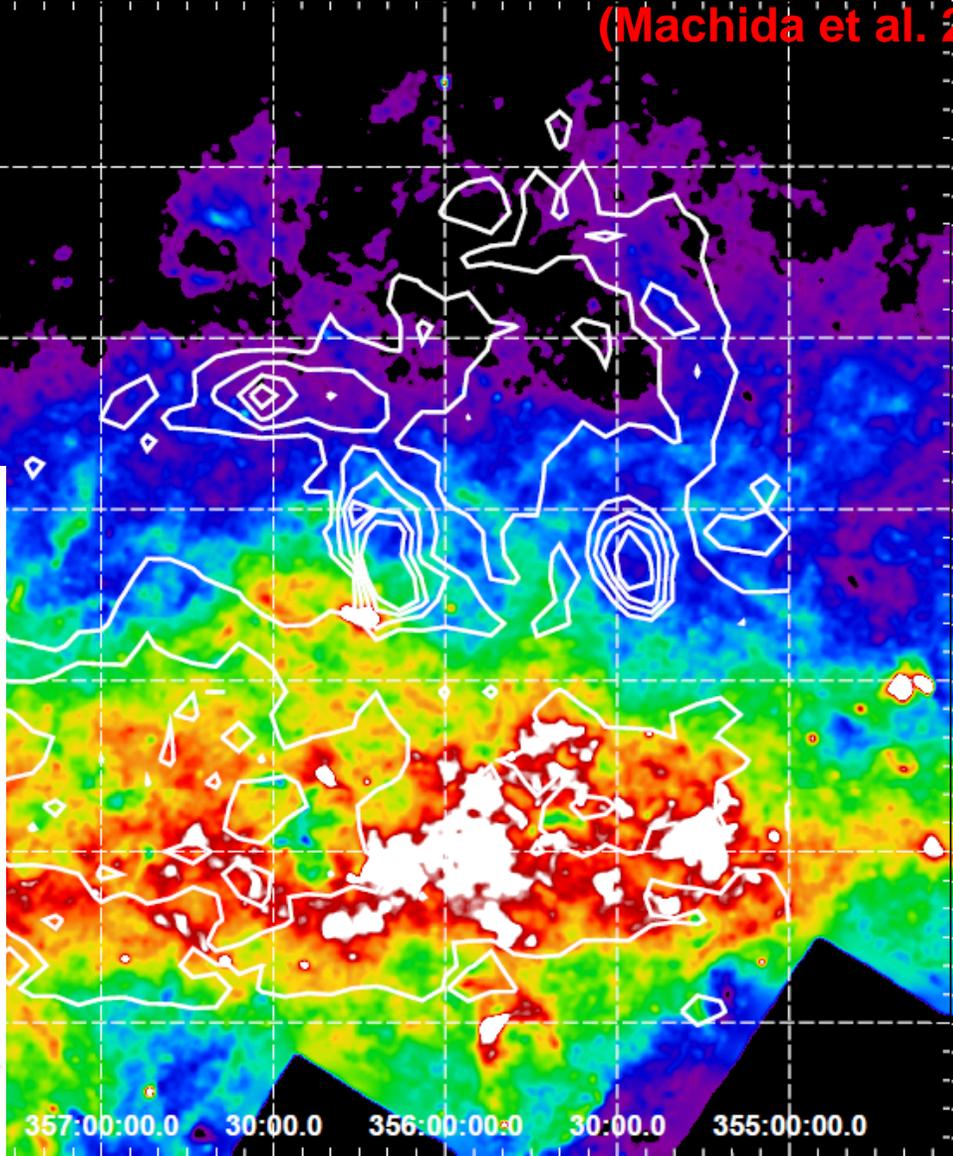
Disk gas slides down along the loop with a speed of $\sim 30 \text{ km s}^{-1}$

(Machida et al. 2009)

AKARI 9 μm

2:00:00.0
30:00.0

1 deg



CO(1-0)

Fukui et al. 2006

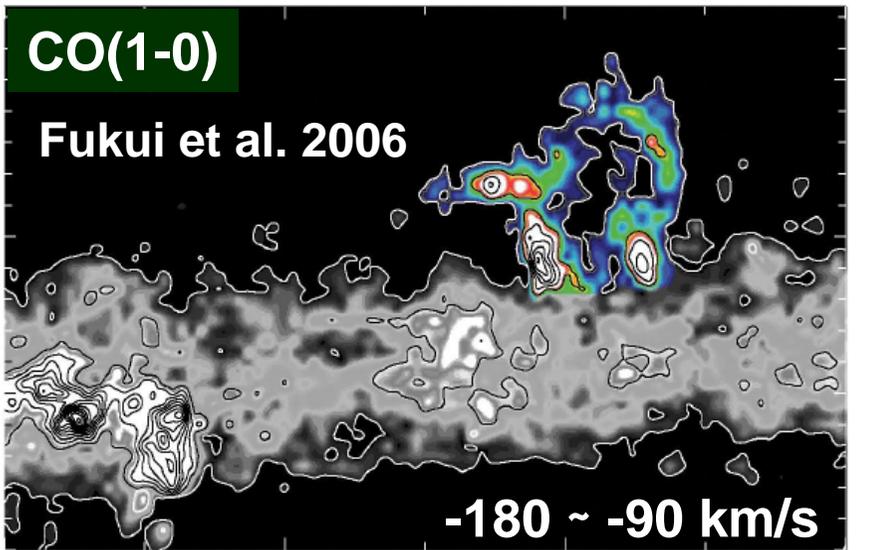
銀緯 (度)

2
1
0

-180 ~ -90 km/s

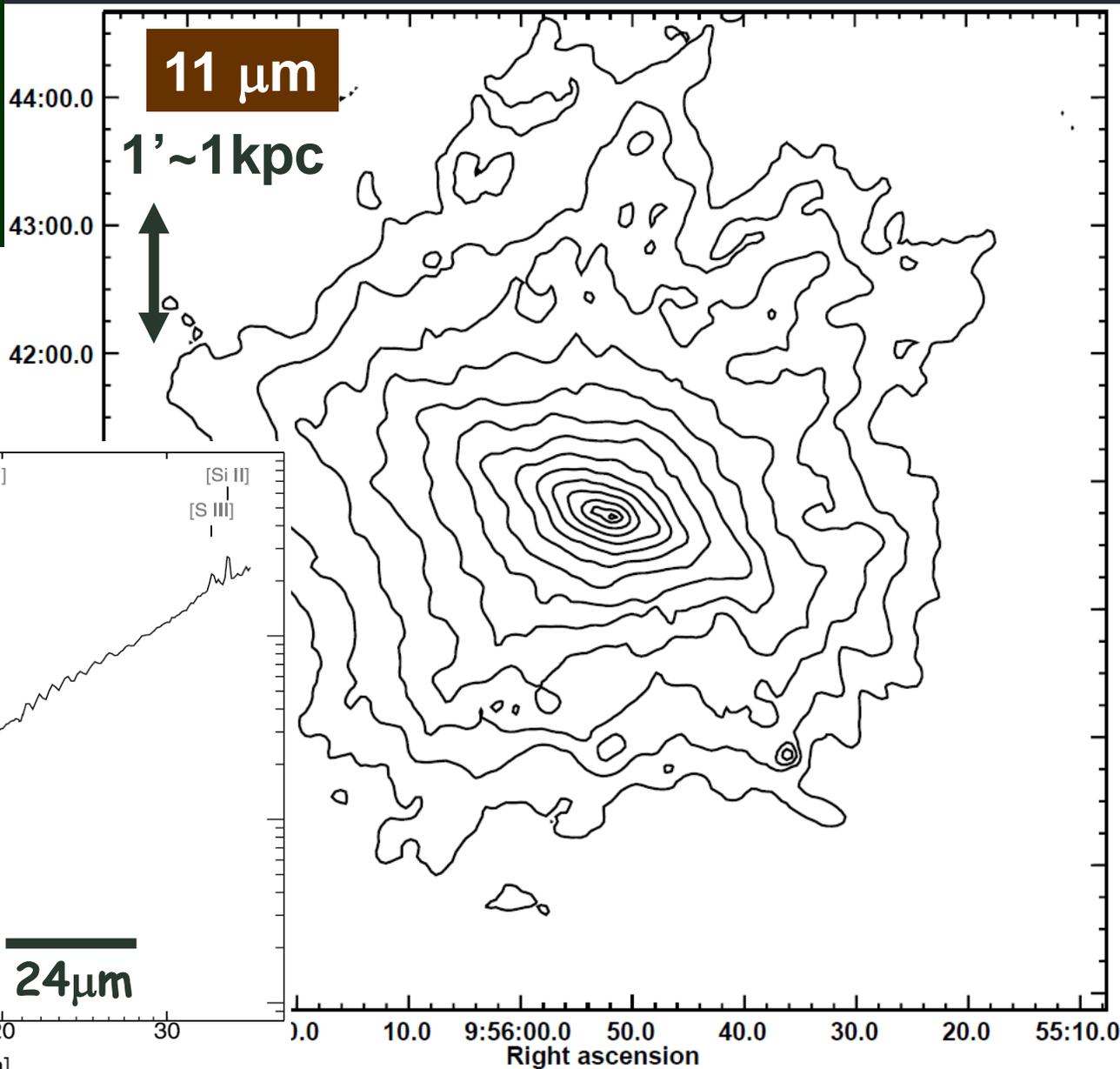
0 358 356 354

銀經 (度)



星形成銀河 M82

1億年前にM81と相互作用
爆発的な星形成
ダスト・ガスは銀河から外へ
流れ出て行っている！



PAHs in non-PDRs: M82 galactic superwinds (2)

H α outflow velocity:

525-655 km s⁻¹

(Shopbell & Bland-Hawthorn
1998)

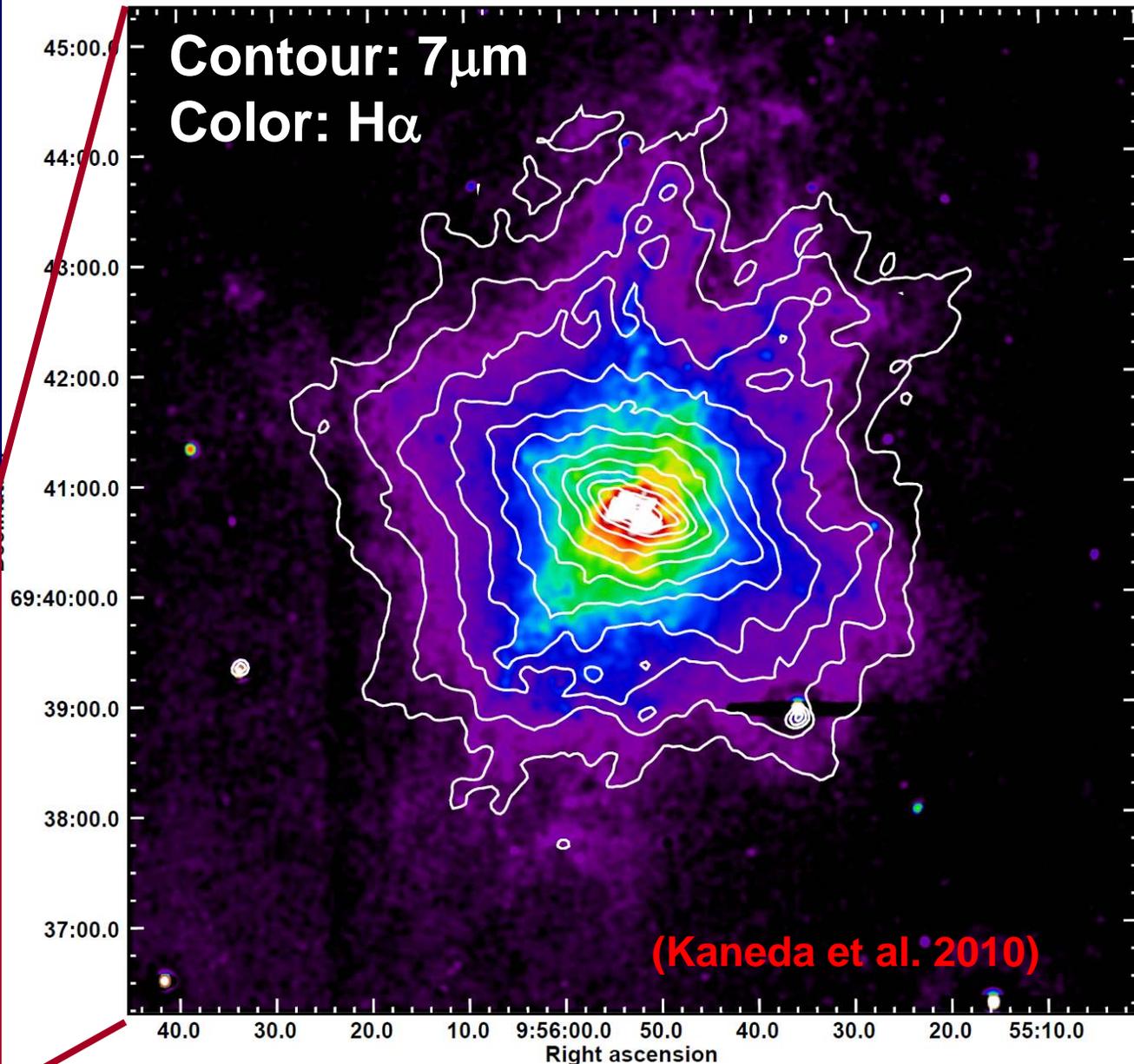
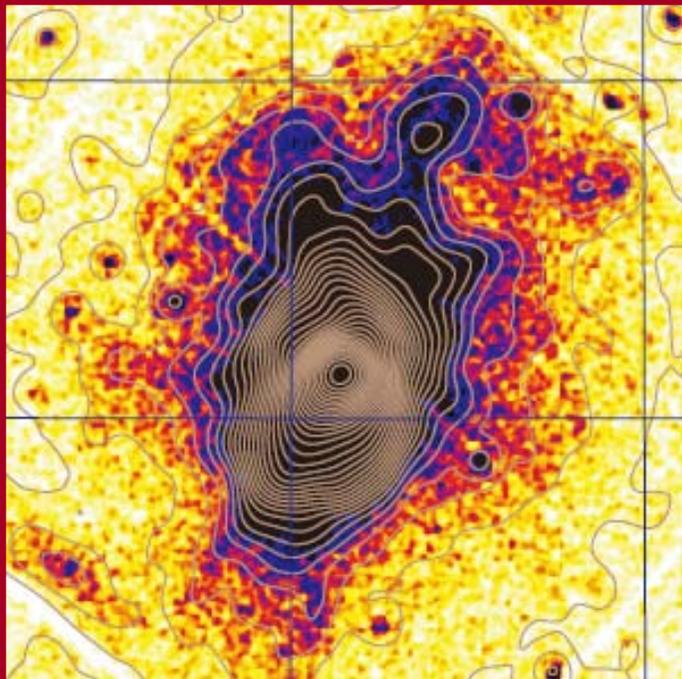
3 kpc above the plane

→ 5 Myr

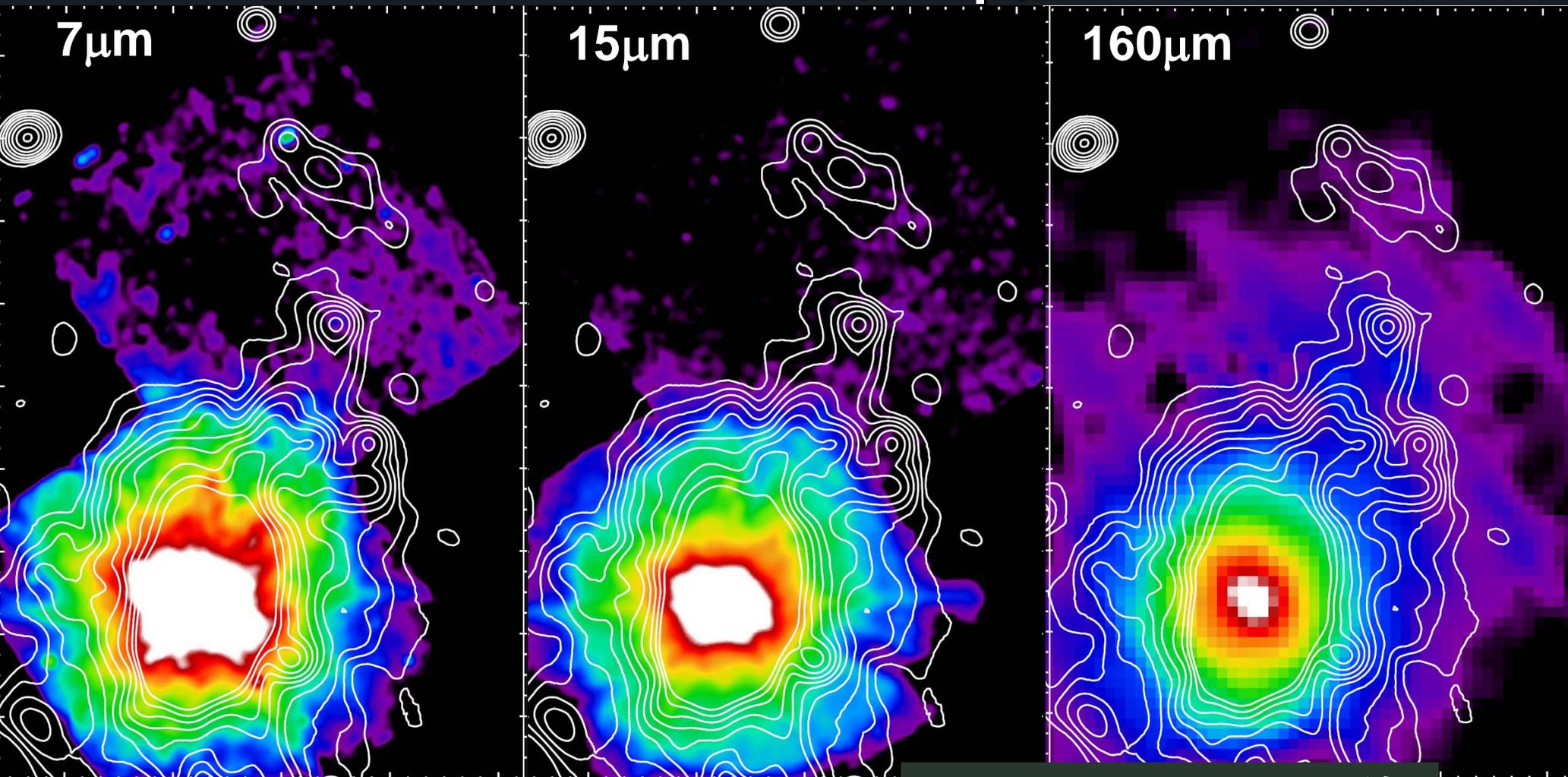


100 yr in hot plasma

X-ray (XMM/Newton)



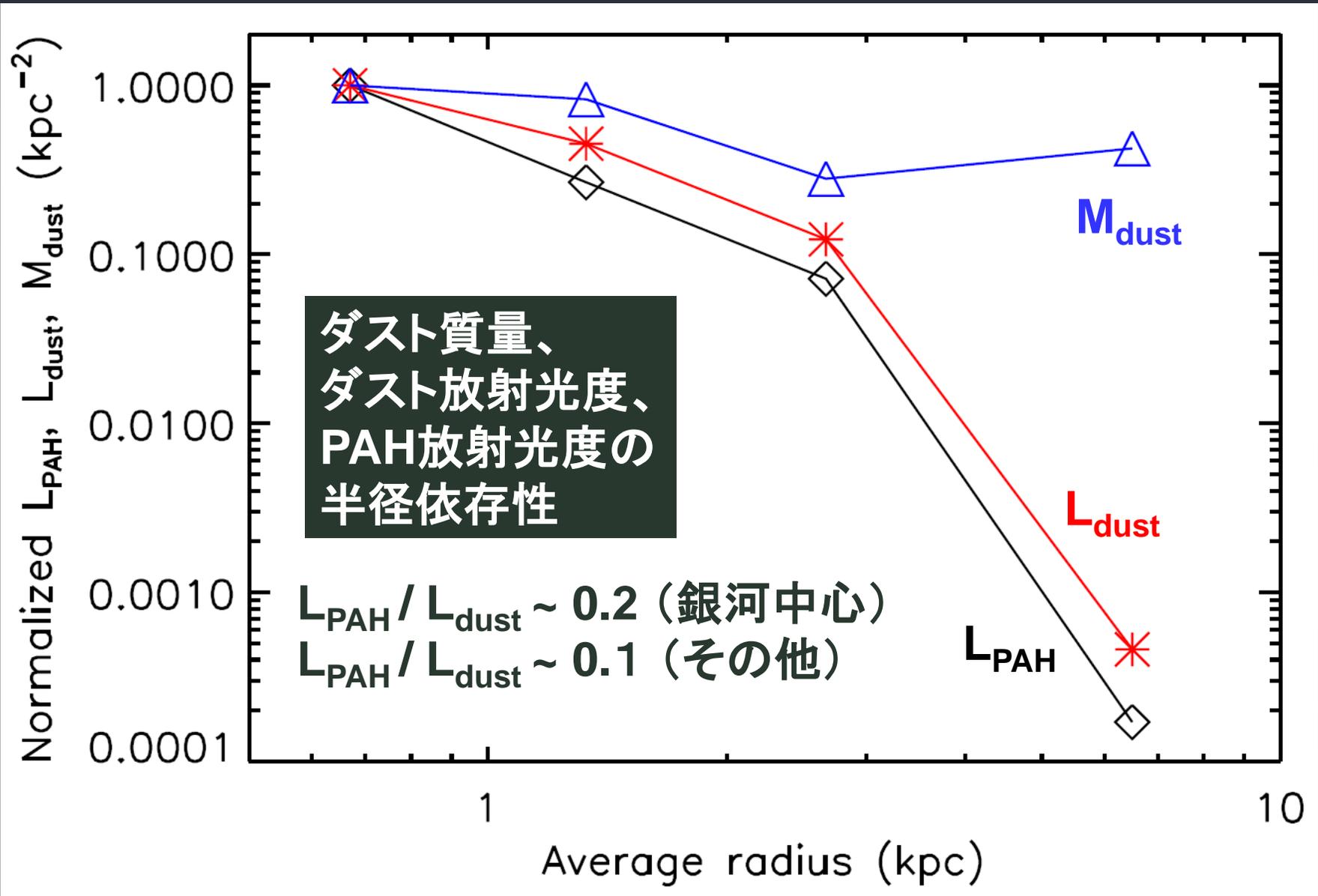
M82ハローの外側: Cap領域



コントア: XMM/Newton X線

- ・ ダストとX線アウトフローは相関、PAHはあまり相関せず。
- ・ 遠くまでPAHが存在する。CapでPAHが壊されている？

Total ダスト: $1.1 \times 10^7 M_{\odot}$ 、 $6.1 \times 10^{10} L_{\odot}$ PAH: $6.9 \times 10^9 L_{\odot}$



Our Galaxy

3×10^7

4×10^9

100-200

Dust

H₂

HI

Gas/dust

(M_⊙)

(M_⊙)

(M_⊙)

total	<8 kpc	1.1×10^7	1.3×10^9	8×10^8	200
center	<2 kpc	2.3×10^6	1.0×10^9	2×10^8	600
Halo	<4 kpc	5×10^5		4×10^6	10

Background galaxiesのreddening

⇒ gas/dust ~ 20 *Xilouris et al. 2006*

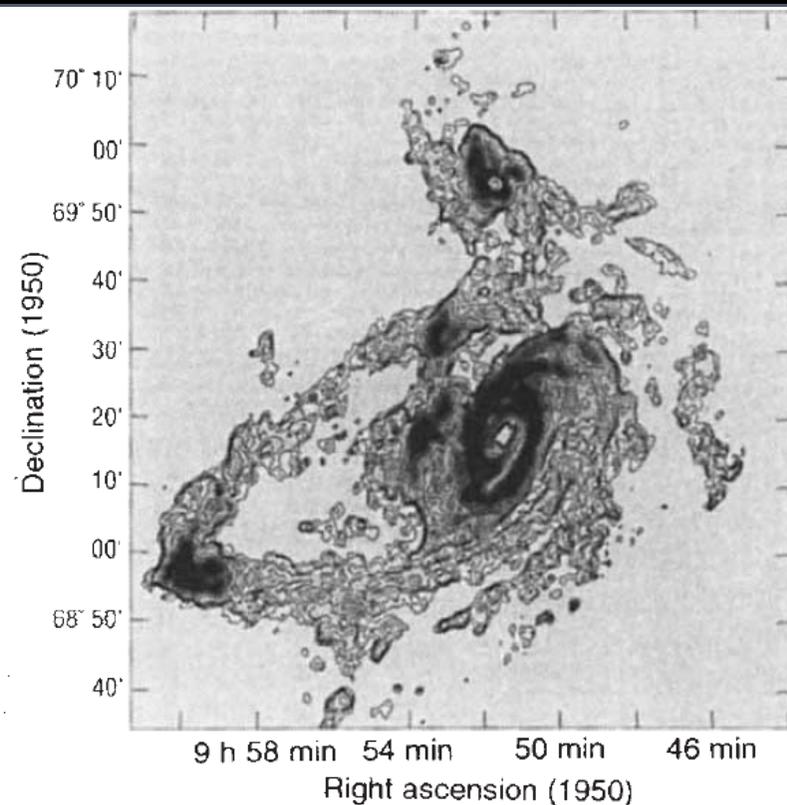
M81-M82 group全体: $5.2 \times 10^9 M_{\odot}$

M81+M82+NGC3077: $4.1 \times 10^9 M_{\odot}$

Yun et al. 1994

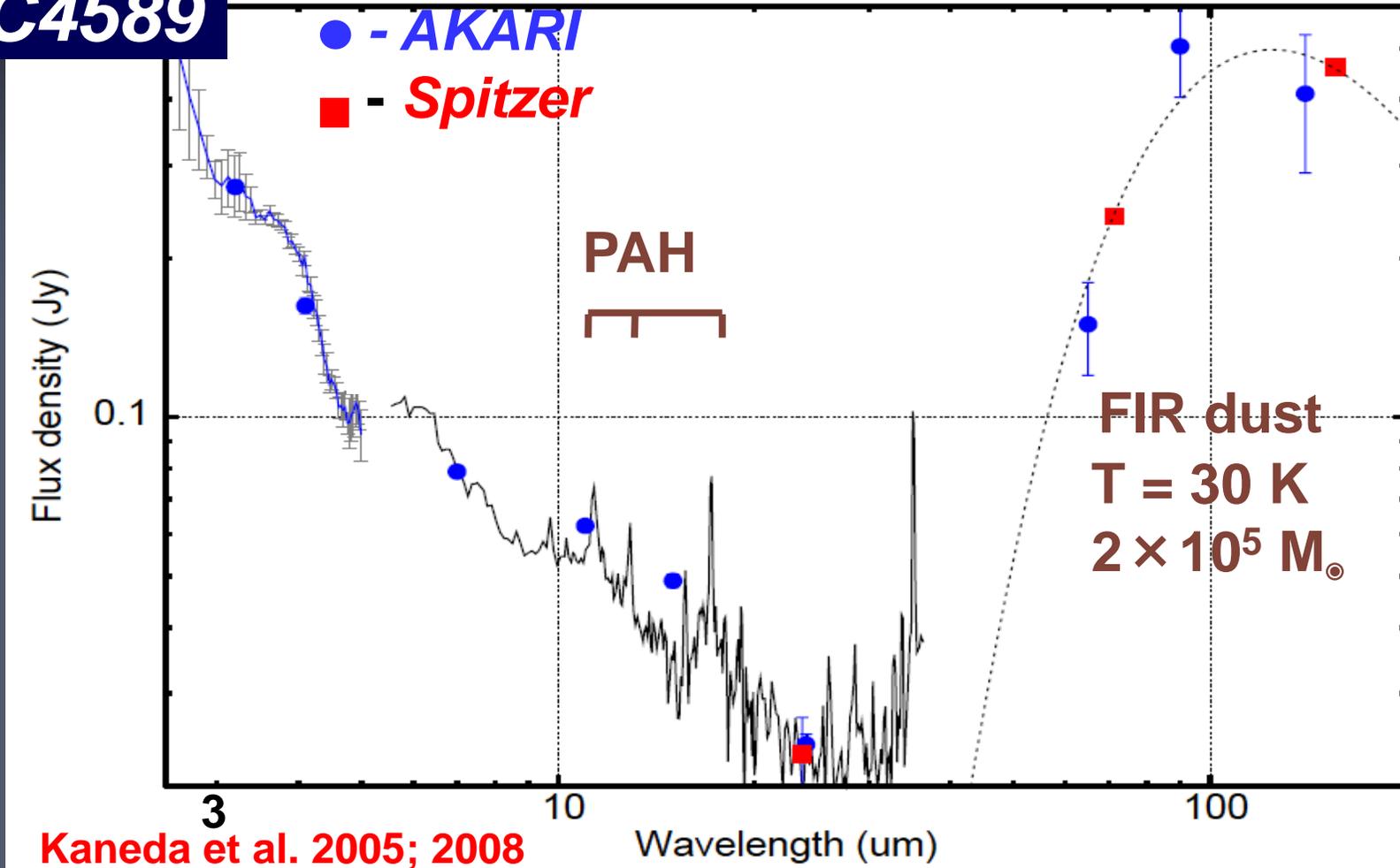


銀河間ダスト: $5 \times 10^7 M_{\odot}$!?



楕円銀河のダスト・PAH

NGC4589

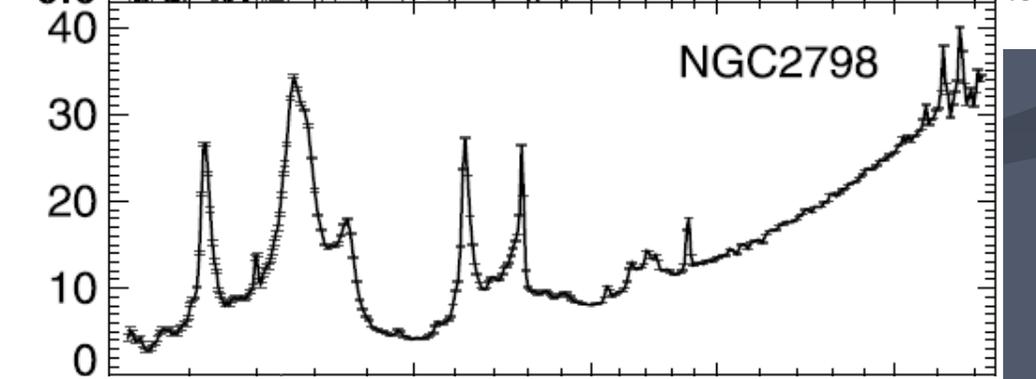
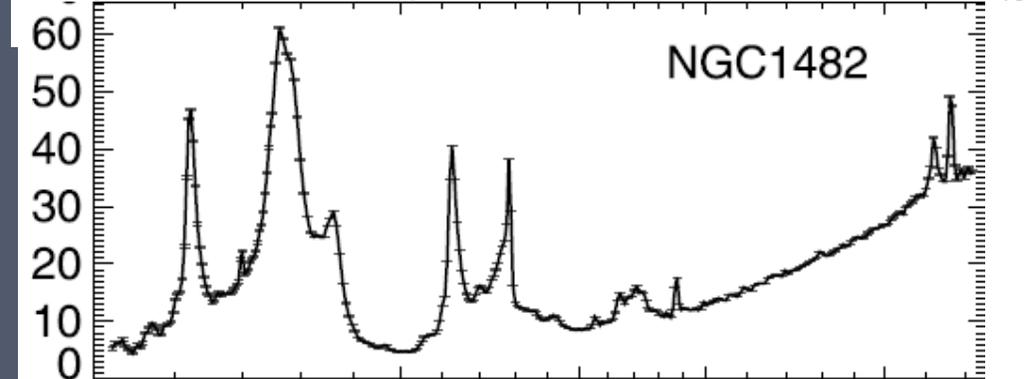
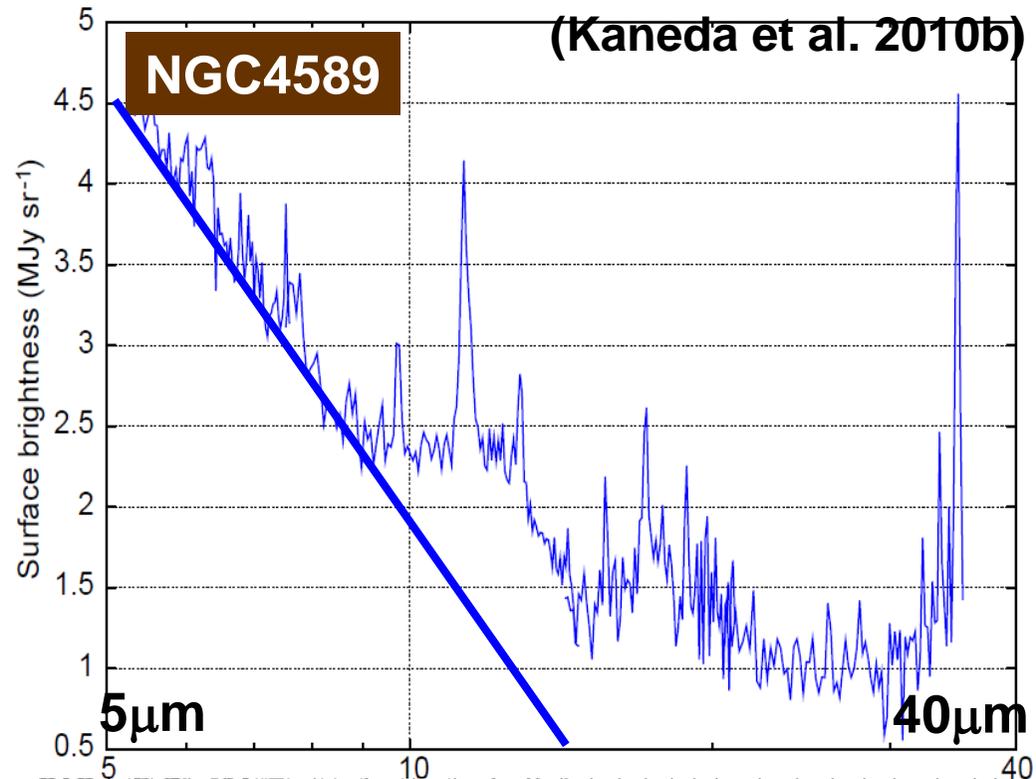
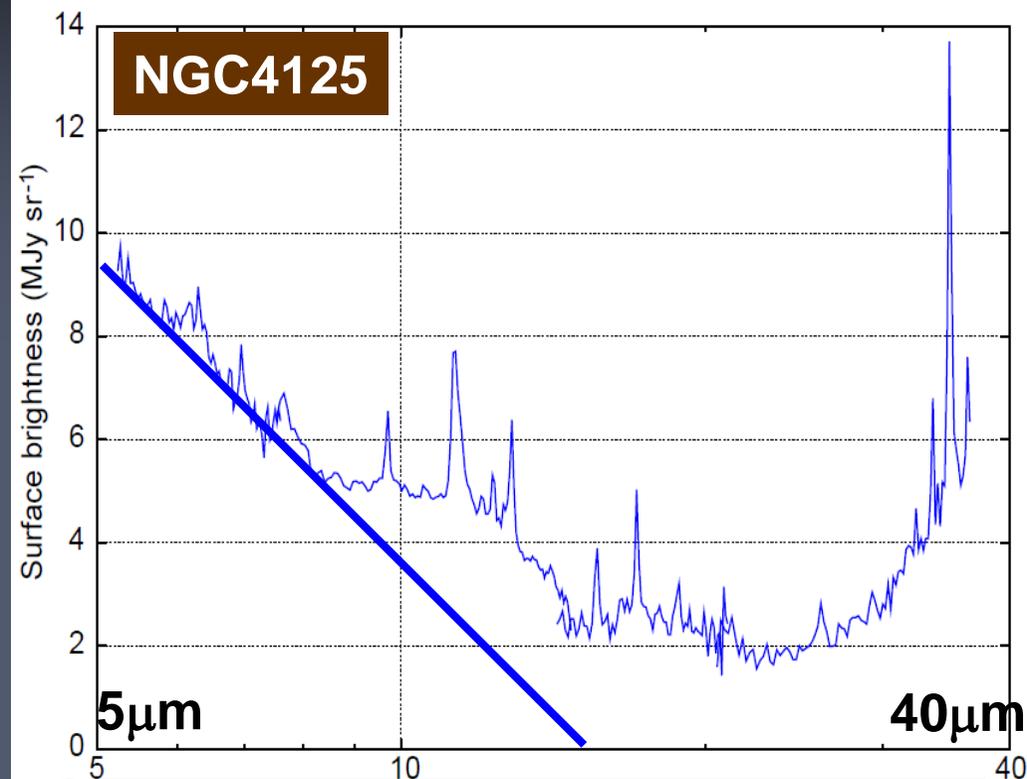


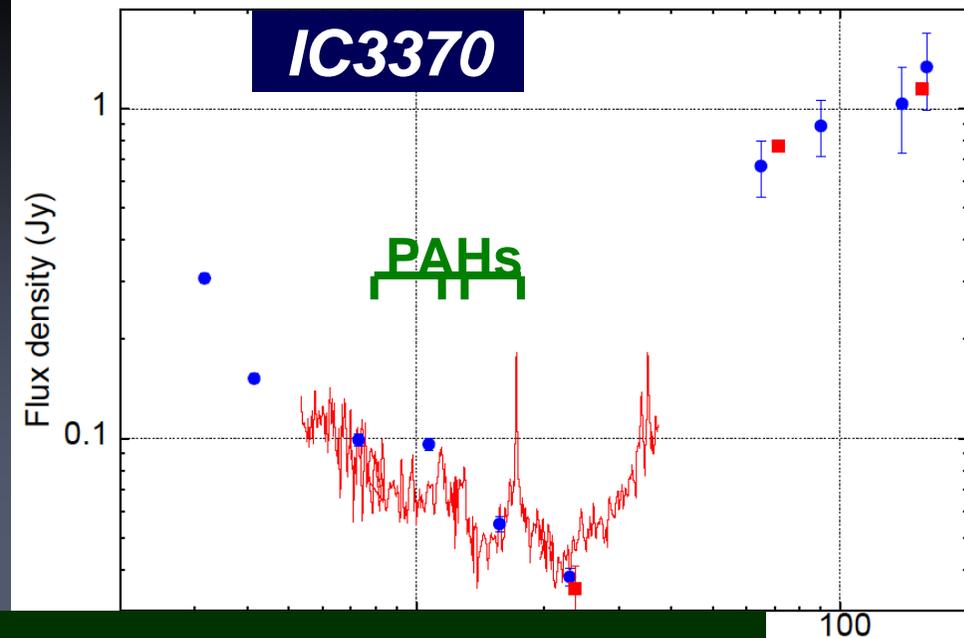
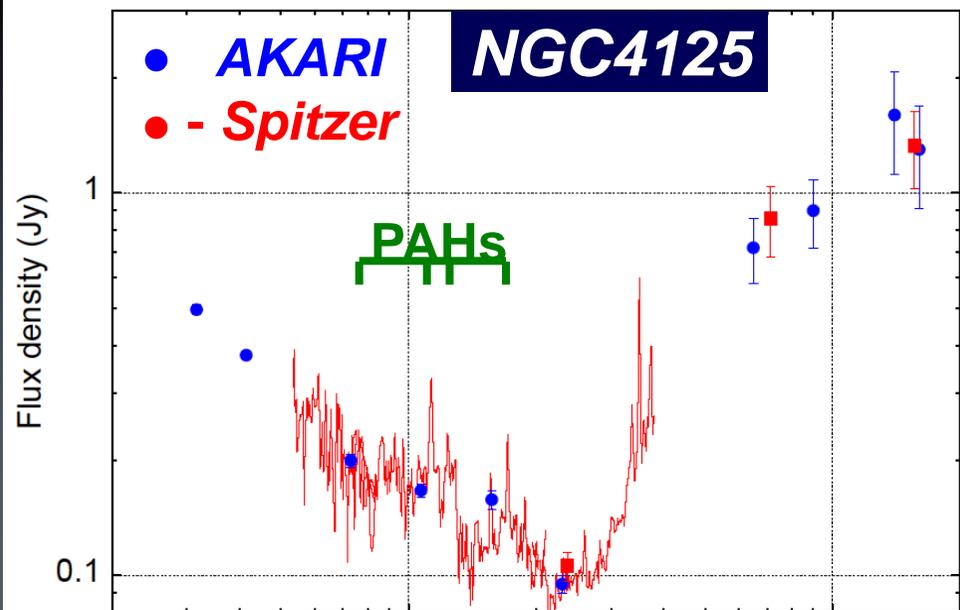
Old stars + hot plasma. Faint emitters in MIR&FIR.
PAHs & FIR dust detected from many ellipticals

What are the origins of dust & PAHs?

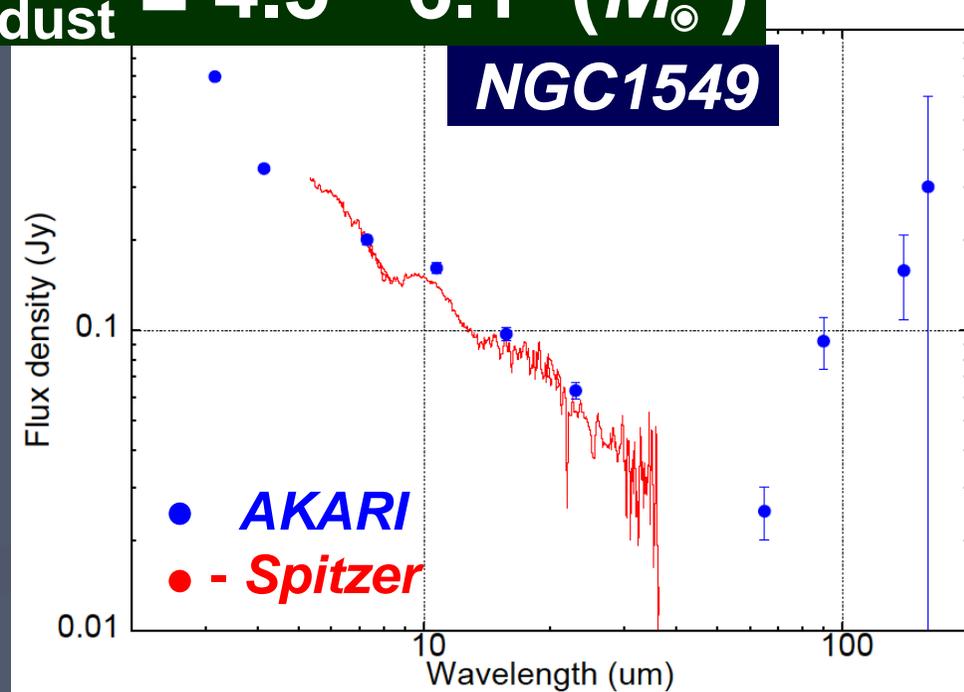
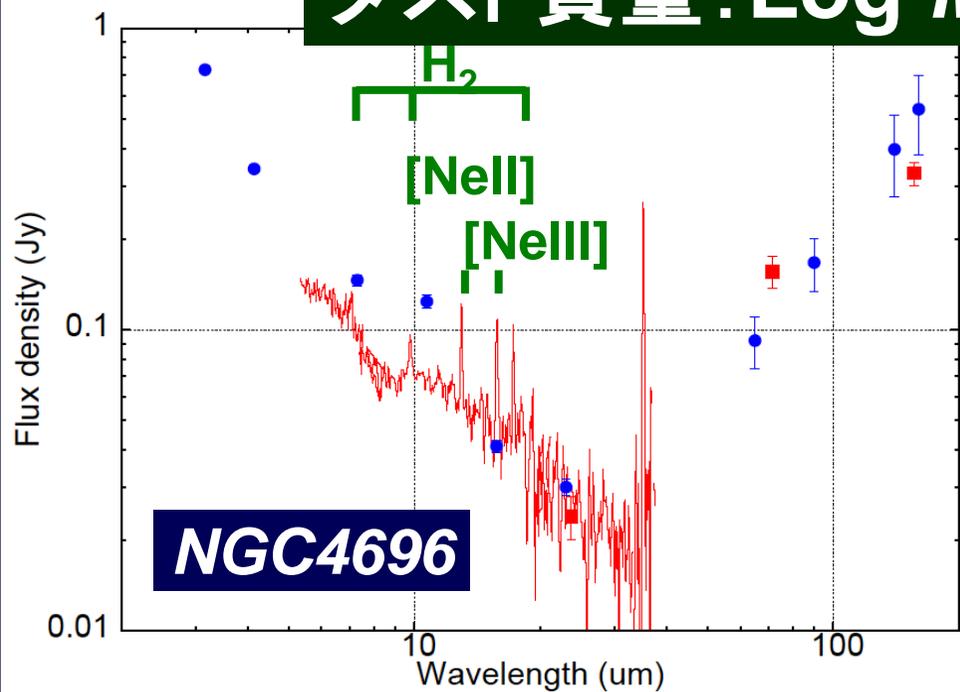
PAHs in elliptical galaxies

- Elliptical galaxies ~ old stars + hot plasma





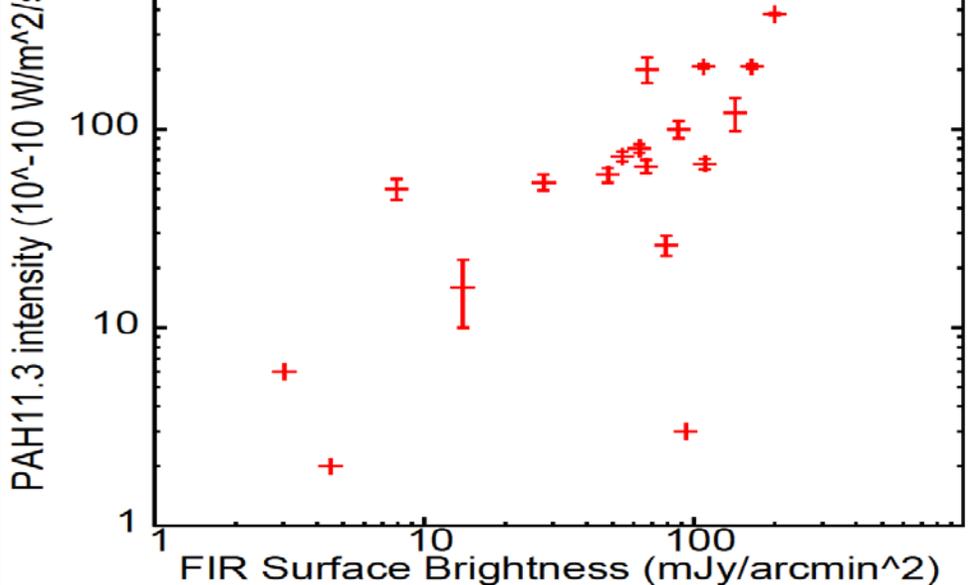
ダスト質量: $\text{Log } M_{\text{dust}} = 4.5 - 6.1 (M_{\odot})$



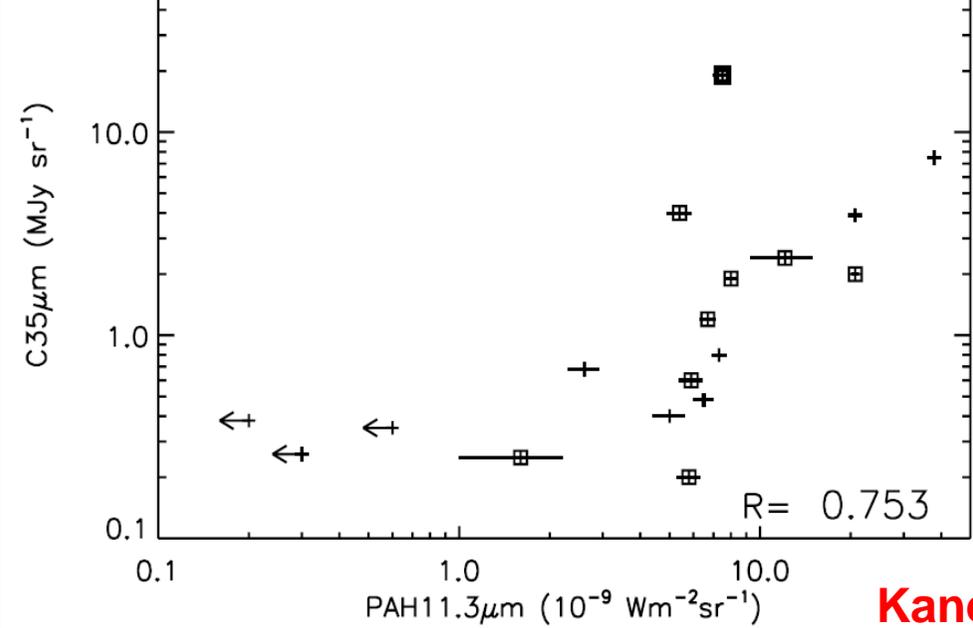
PAHと中間・遠赤外線ダストとの関係

PAHと遠赤外線ダスト、中間赤外線VSGsは、銀河毎に相関が強い。これらの起源は星周以外である。ダストのfragmentationによって、PAHが生成されているのか？

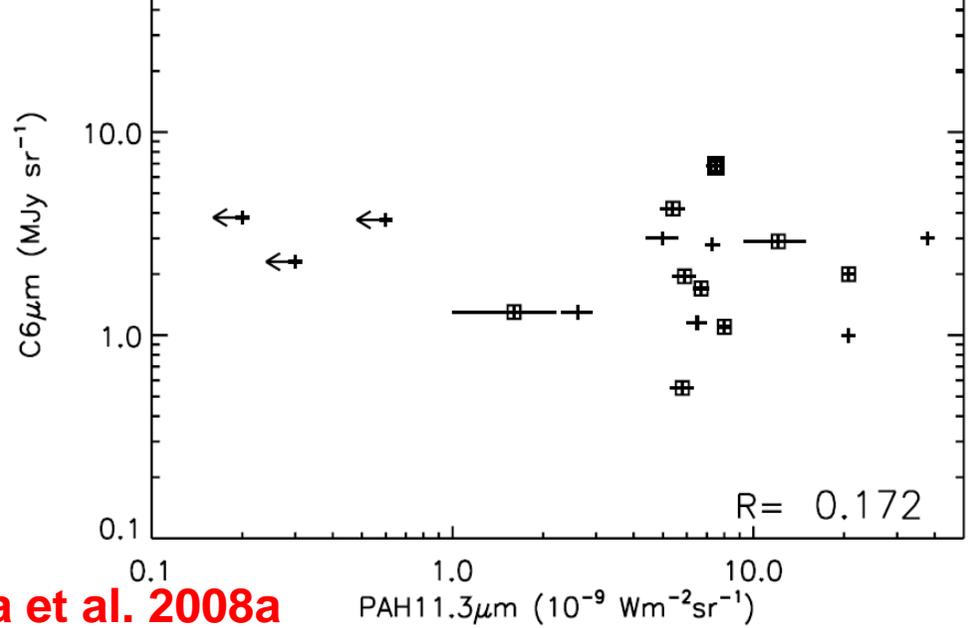
PAH vs 遠赤外線



35um連続波 vs PAH



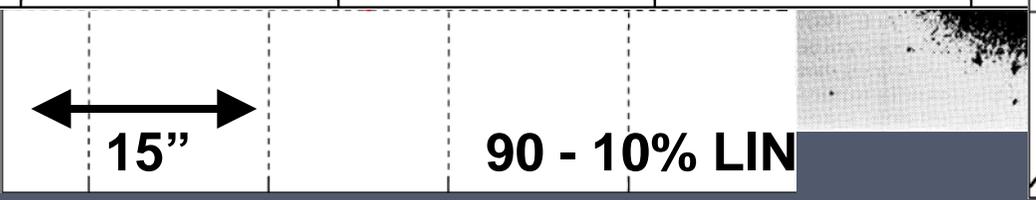
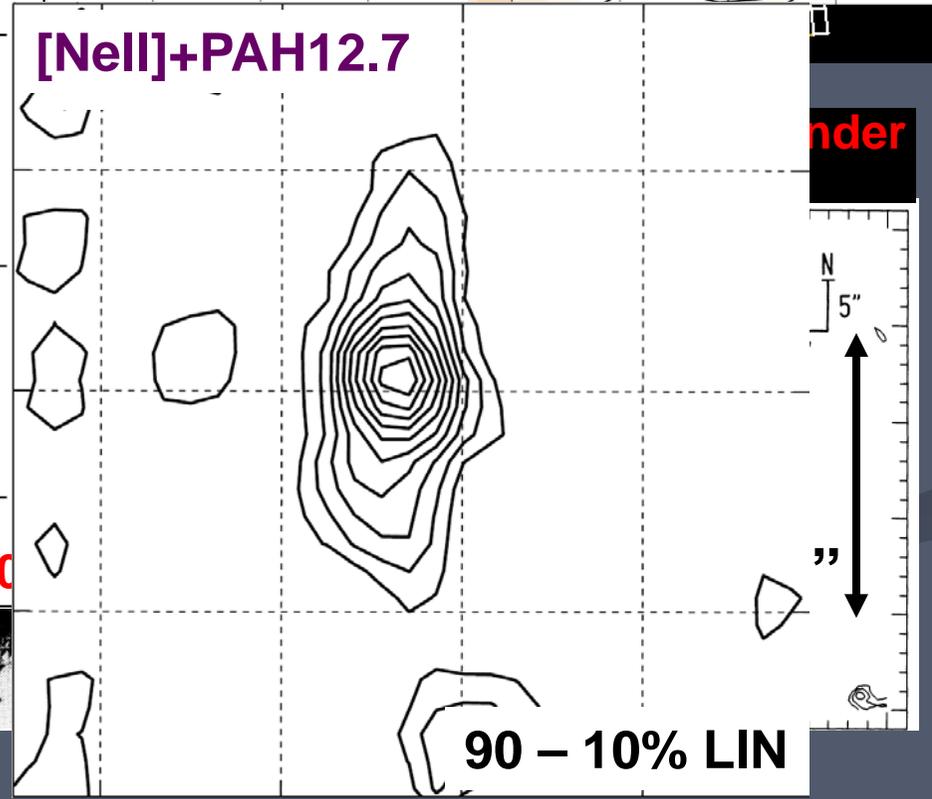
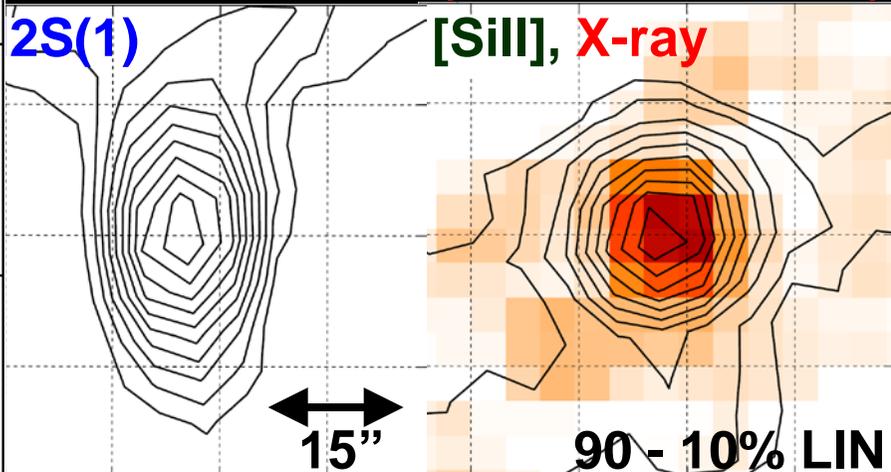
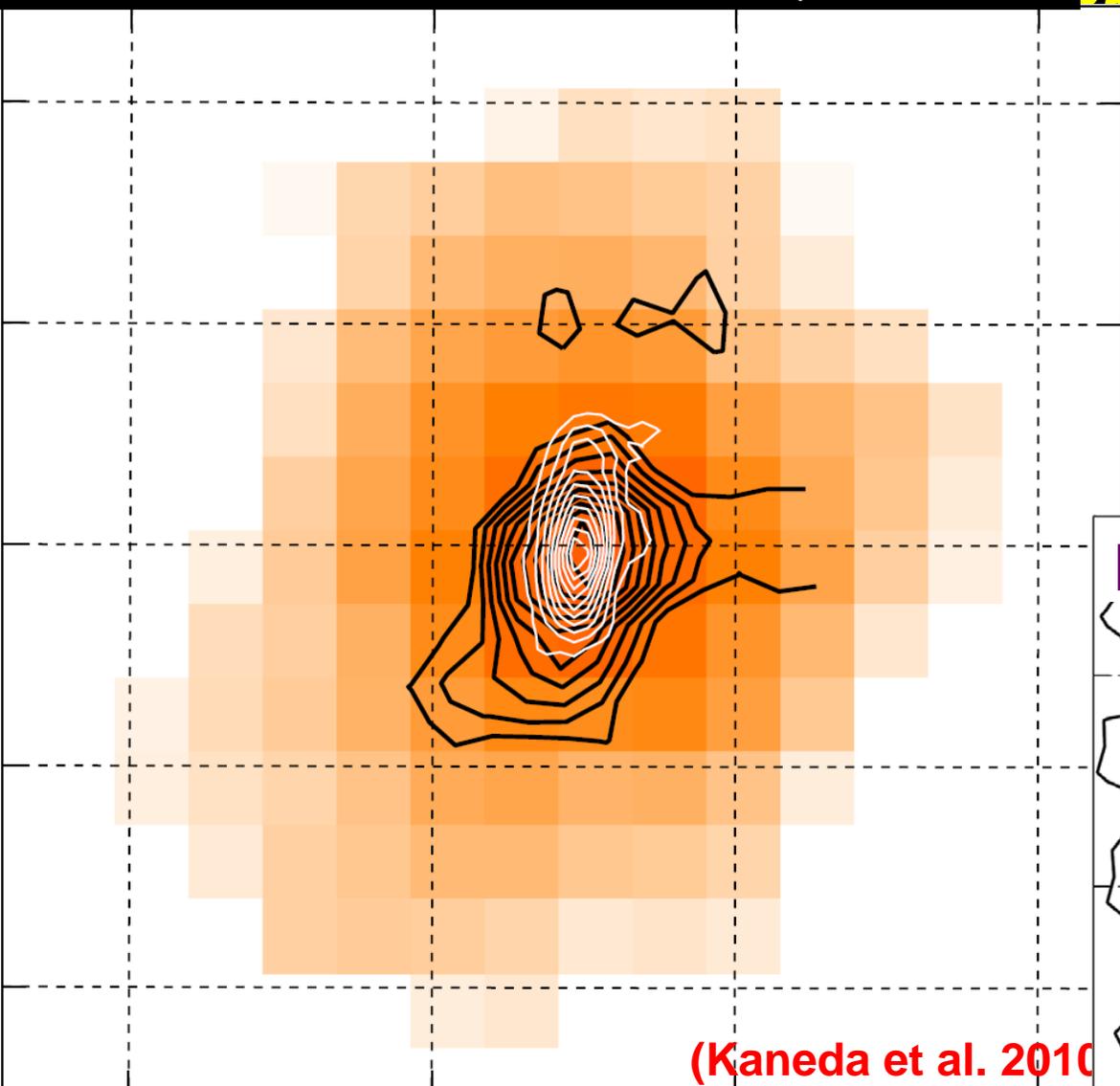
6um連続波 vs PAH



Kaneda et al. 2008a

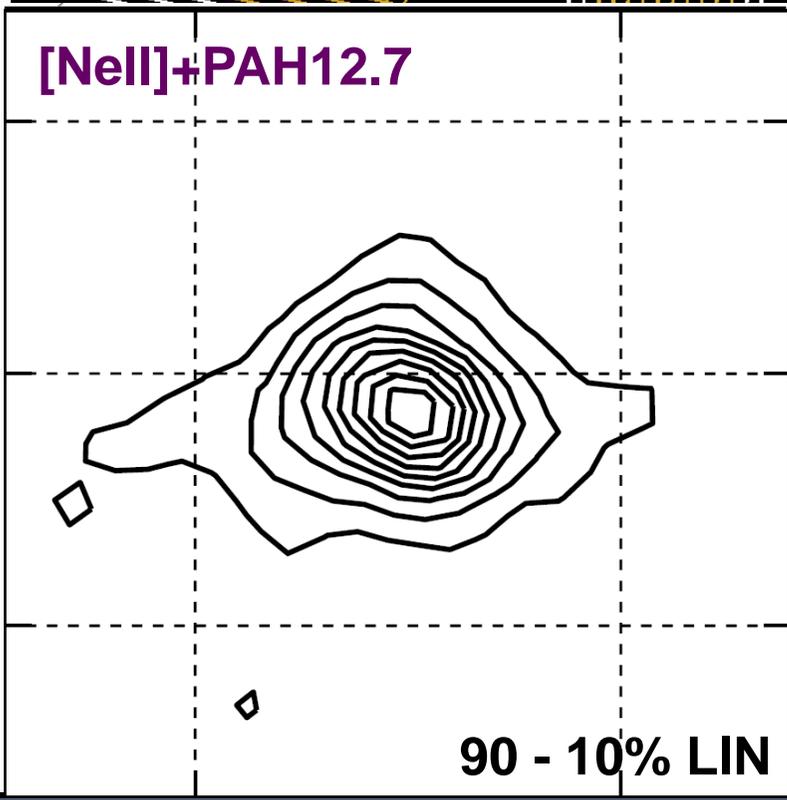
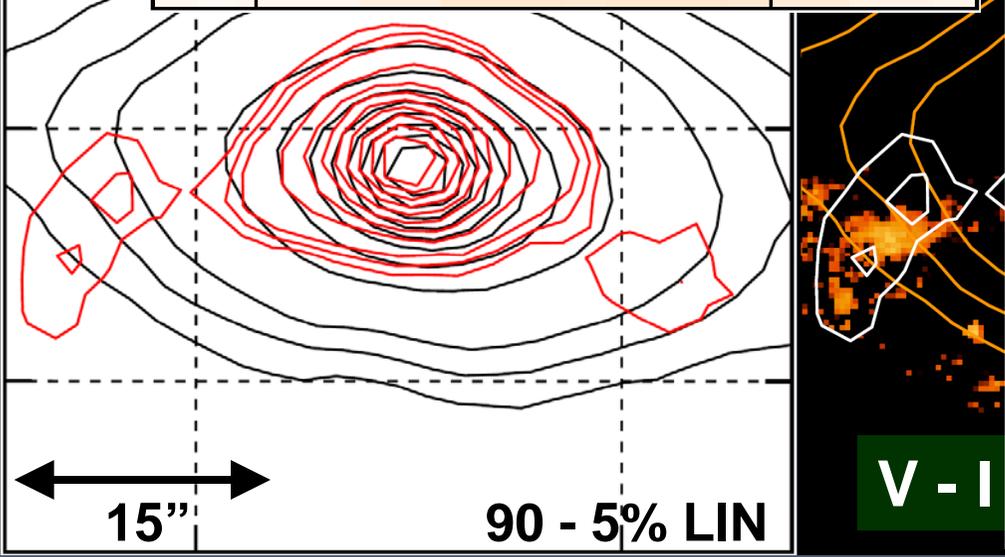
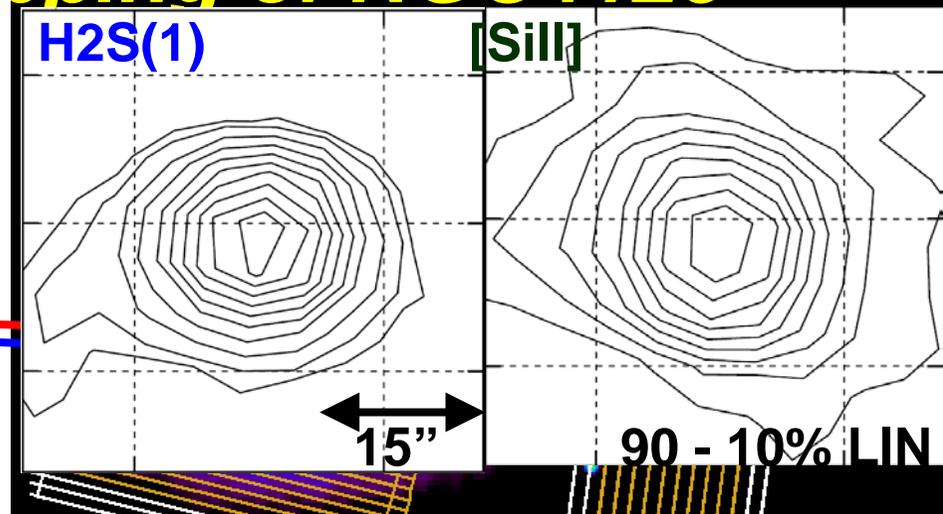
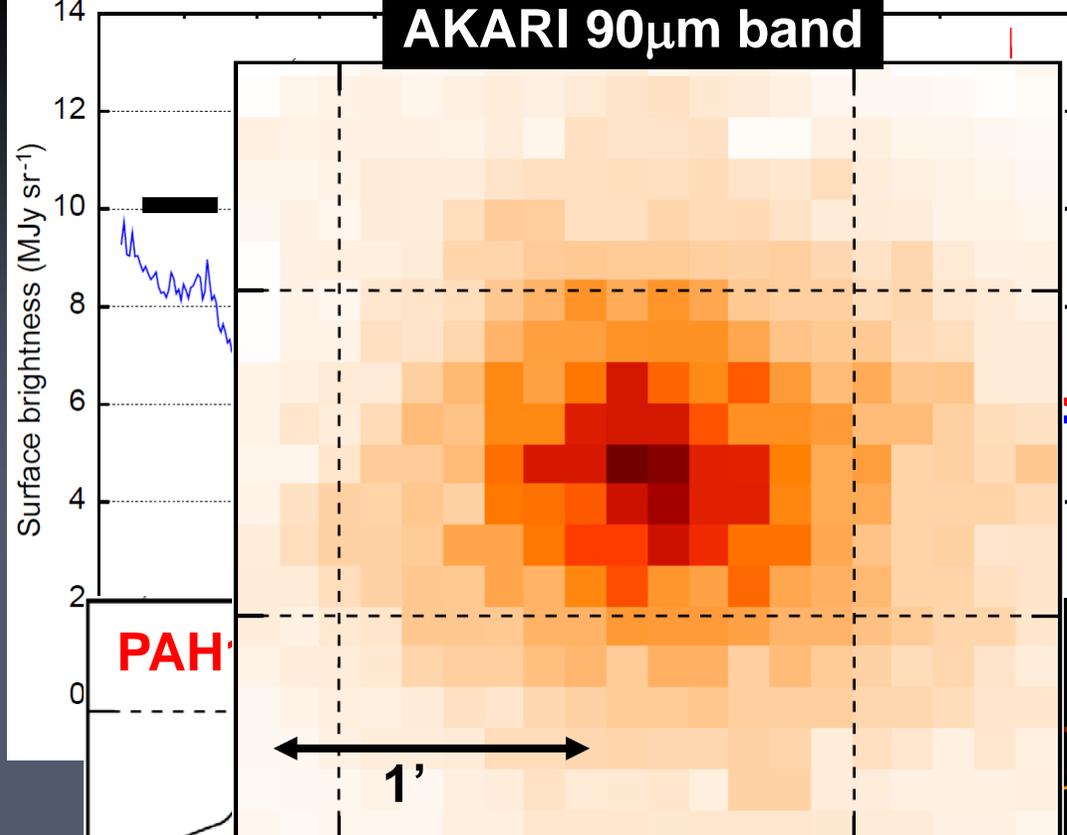
PAH11.3, PAH17, AKARI 90 μ m band **Mapping of NGC4589**

(Kaneda et al. 2010)



AKARI 90 μ m band

Mapping of NGC4125

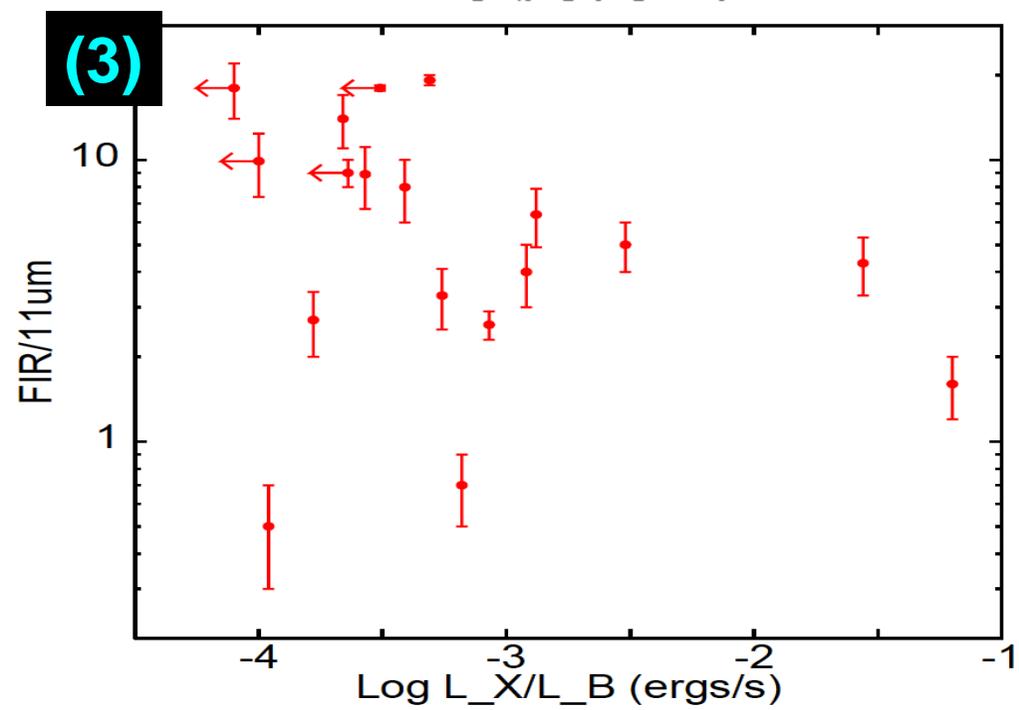
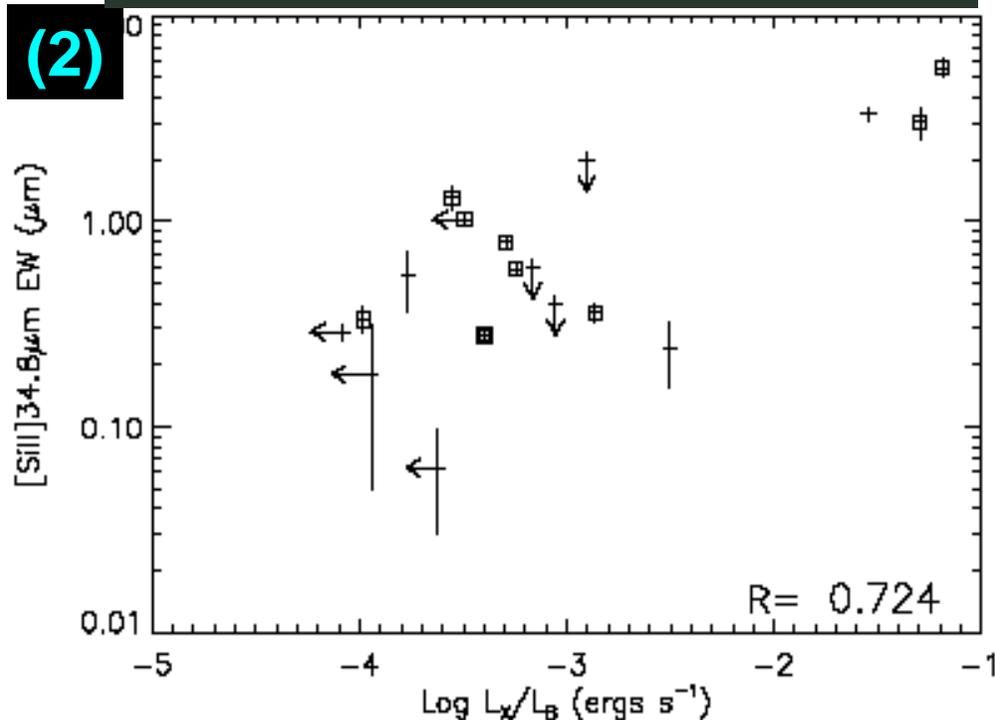
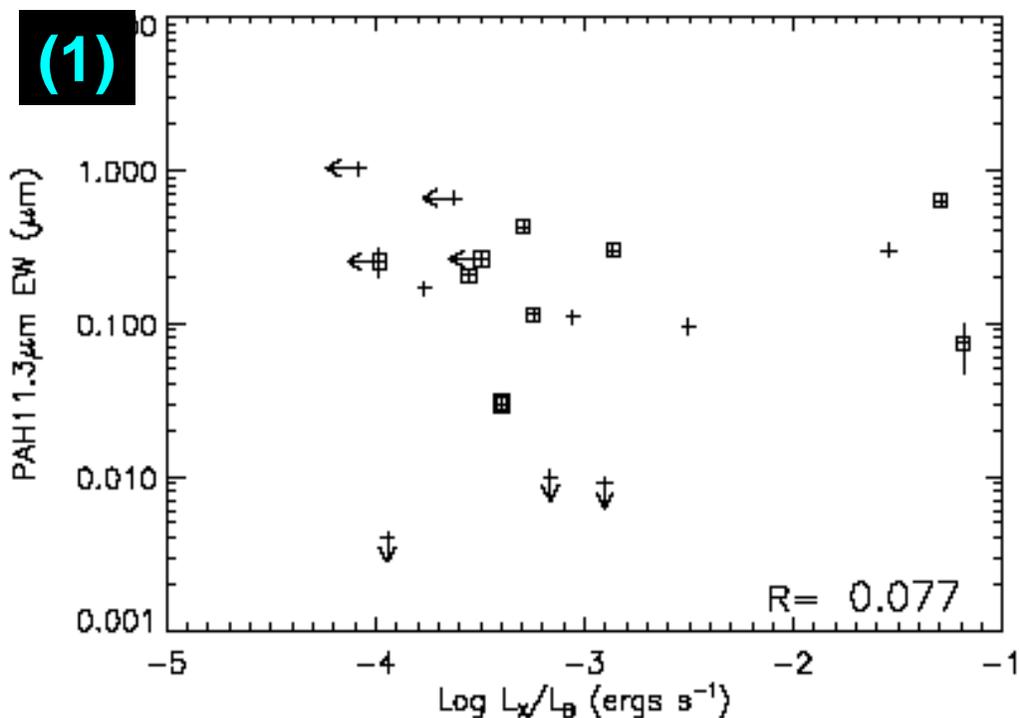


ダストとX線光度との関係

(1) PAH vs X線 (2) [SiII] vs X線

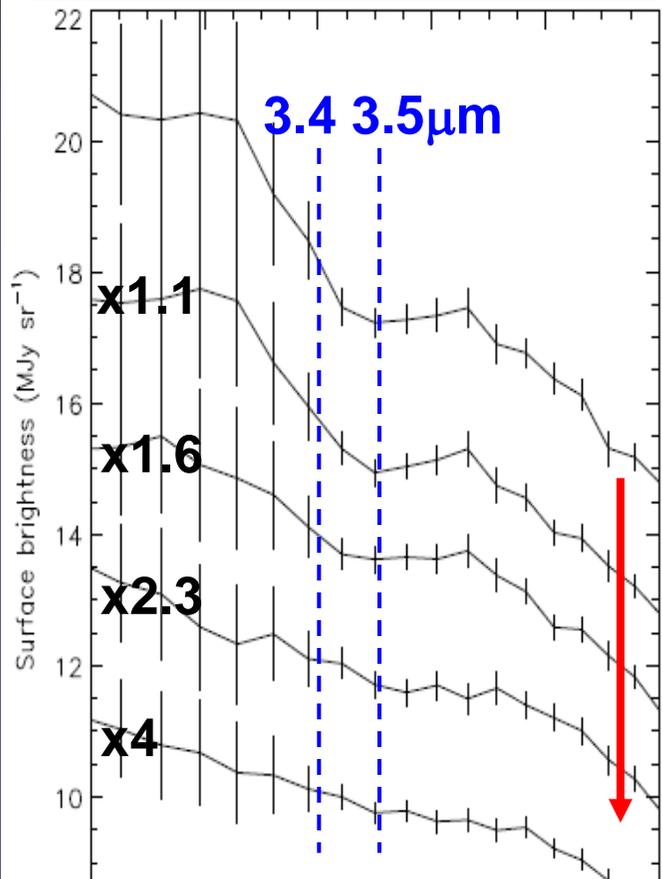
(3) 遠赤外線 vs X線

X線プラズマとの相互作用の兆候が見られるのは(2)のみ。
シリケート系とカーボン系でダスト供給源が異なる？



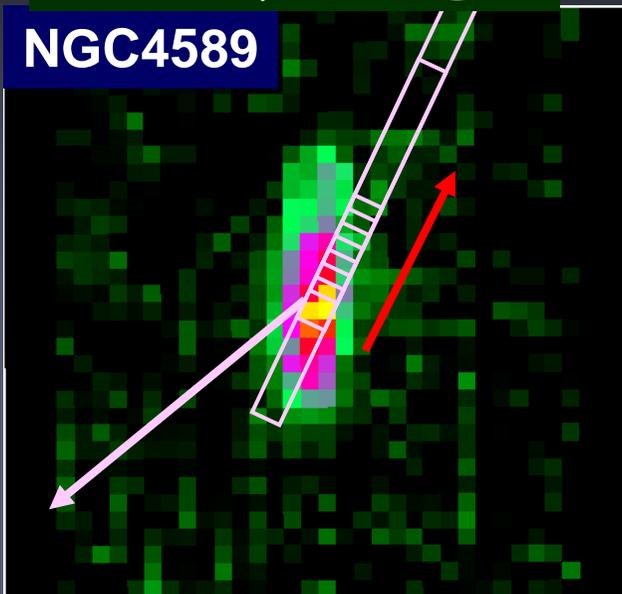
AKARI Near-IR spectra of NGC4125 & NGC4589

Low-resolution spectra

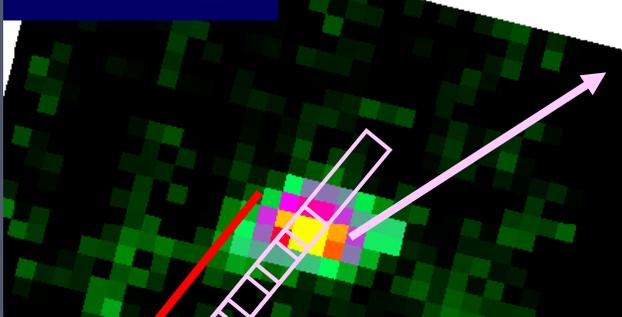


PAH11.3 μm images

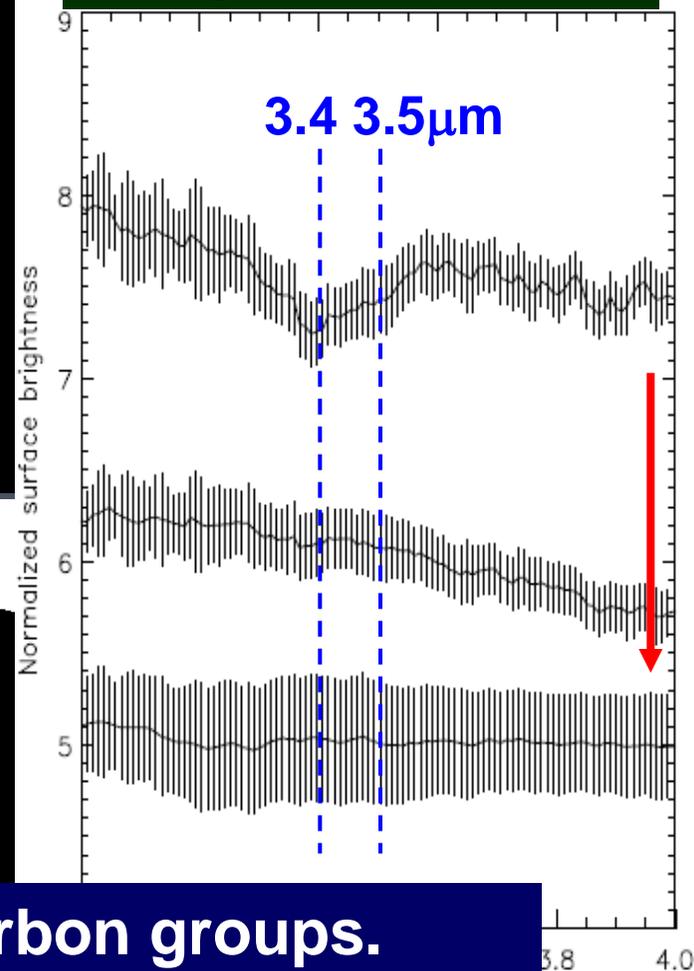
NGC4589



NGC4125



Normalized to background spectrum



Absorption due to aliphatic hydrocarbon groups.
Abundant carbonaceous grains → sources of PAHs?

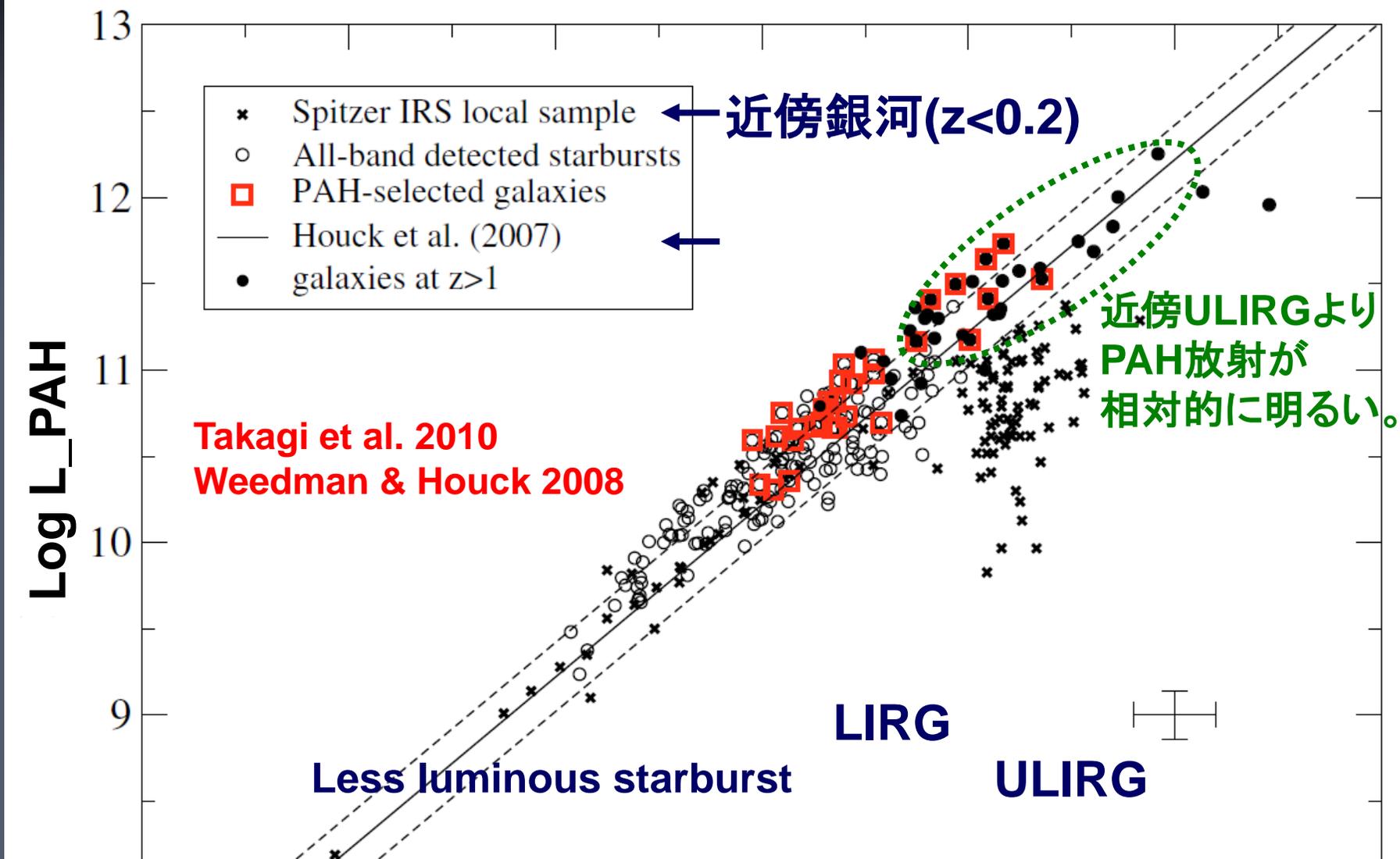
3 μm

4 μm

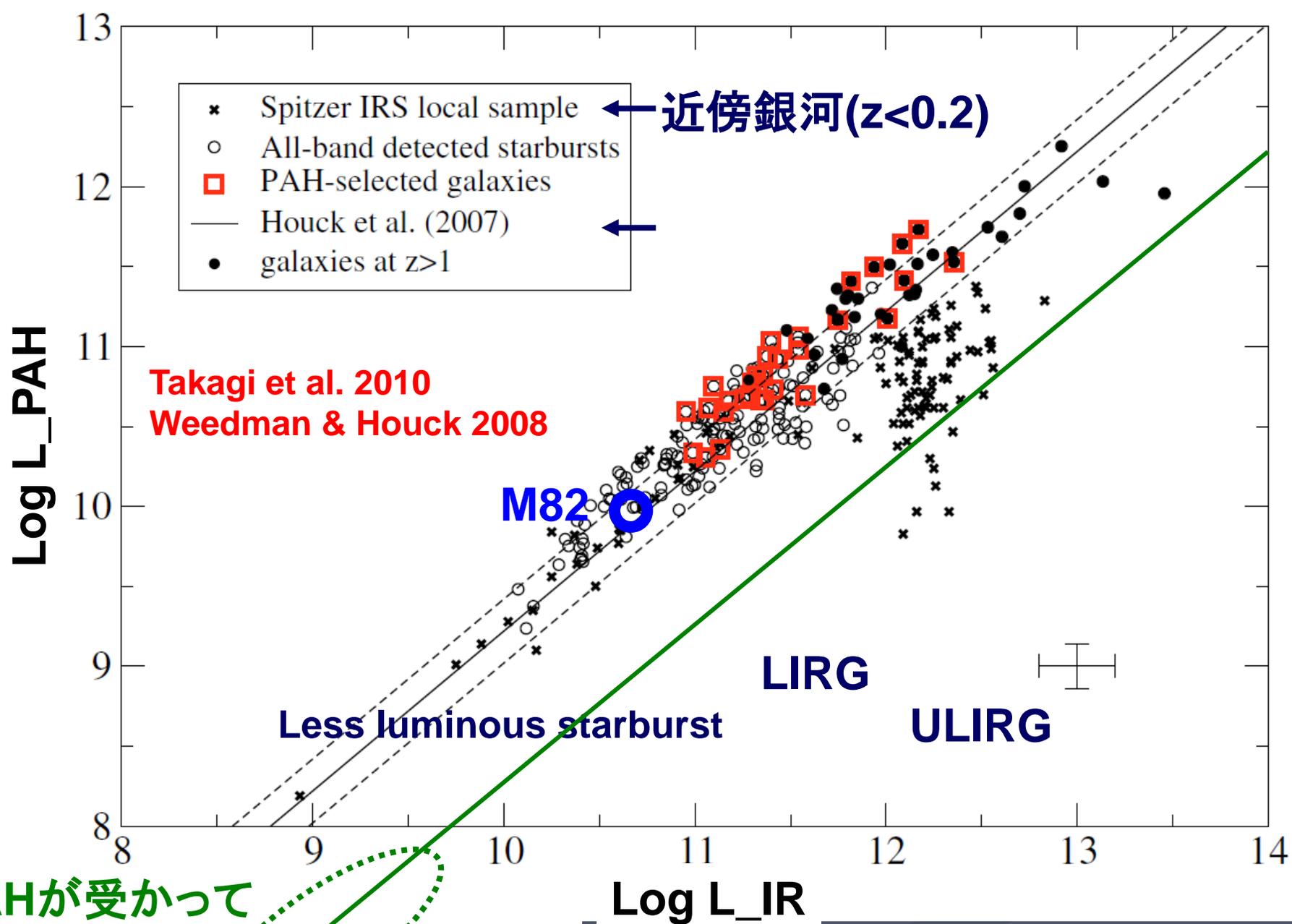
3 μm

4 μm

遠方銀河と近傍銀河の $L_{PAH} - L_{IR}$ 関係の比較



近傍ULIRGでは(ダストに覆われた)AGNの寄与がある? Imanishi et al. 2007
 ~50 % ULIRGs at $z < 0.15$ harbor AGN Genzel et al. 1998, Lutz et al. 1998

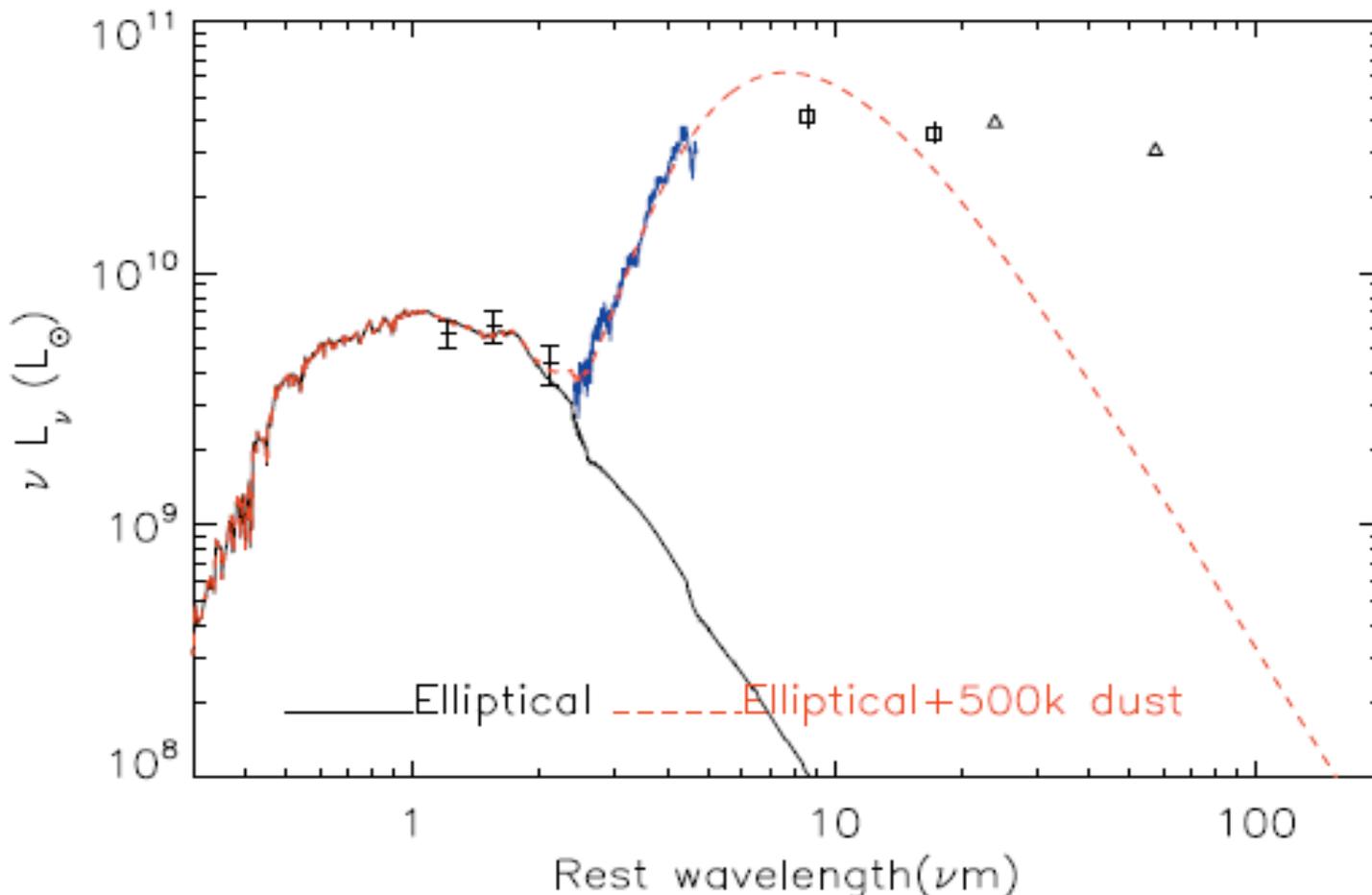


PAHが受かっている楕円銀河

ダストに埋もれた活動銀河核の探査

「あかり」カタログによる初期成果

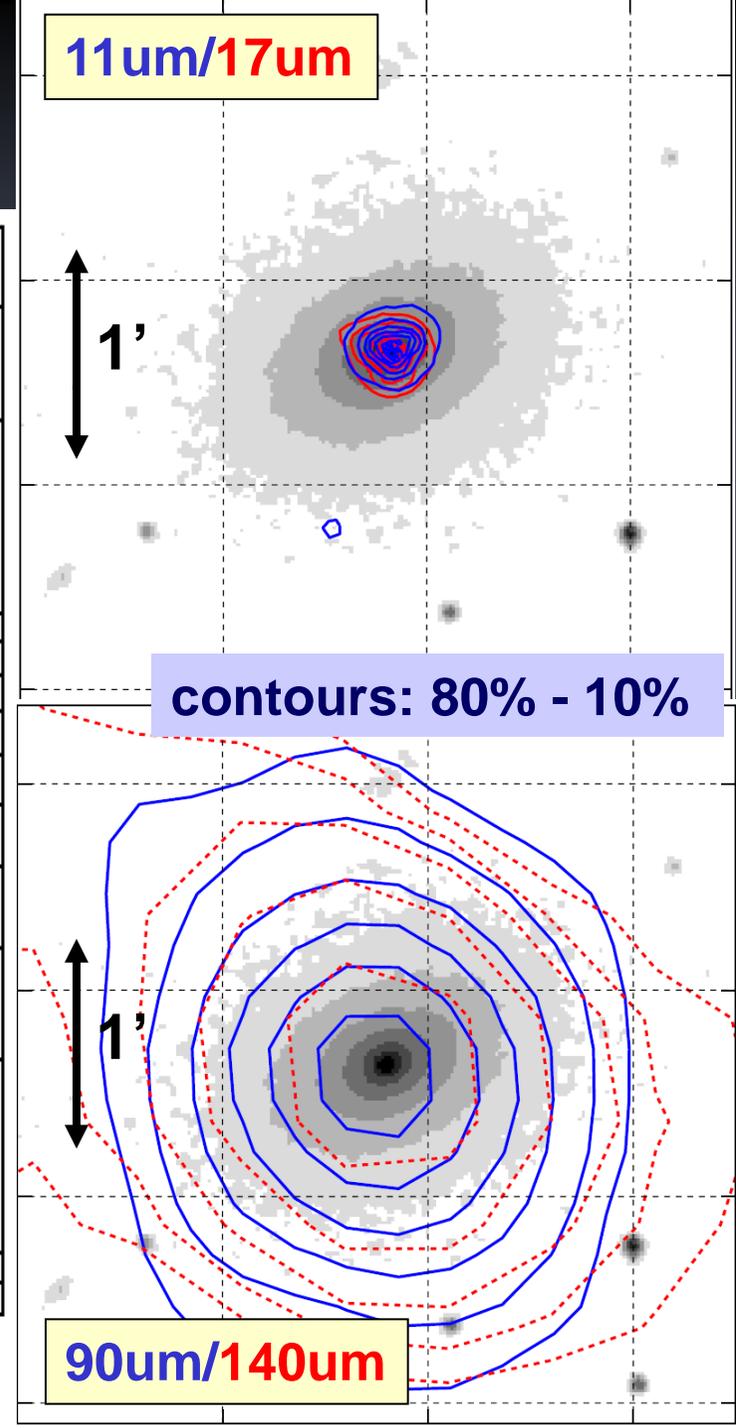
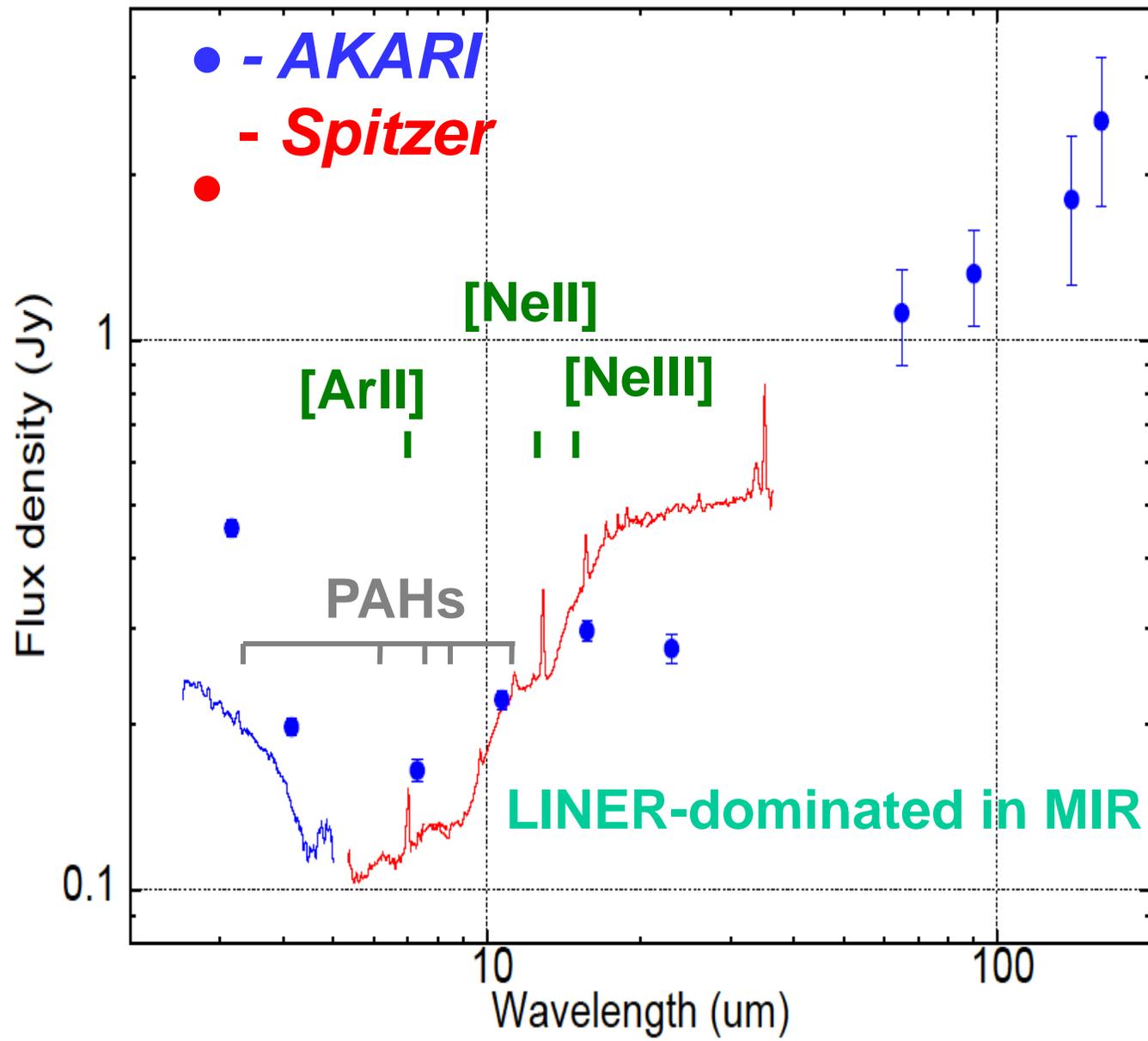
Oyabu et al. 2010



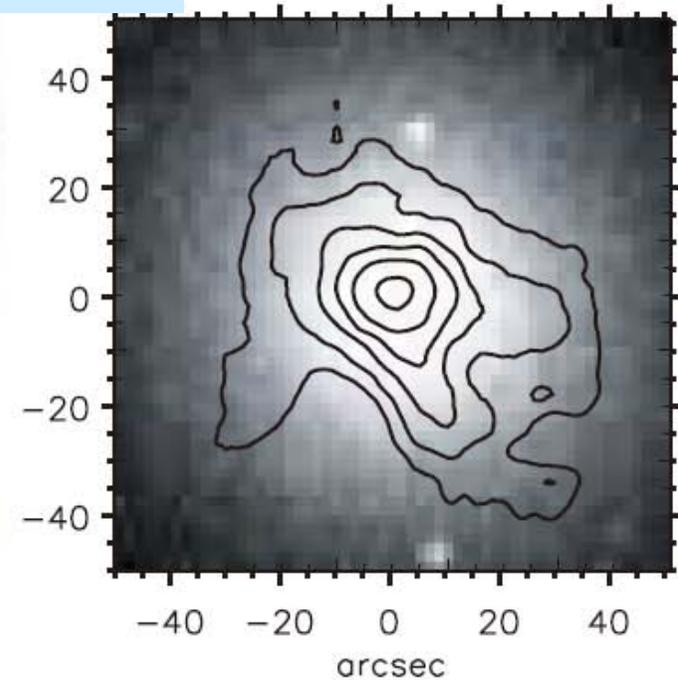
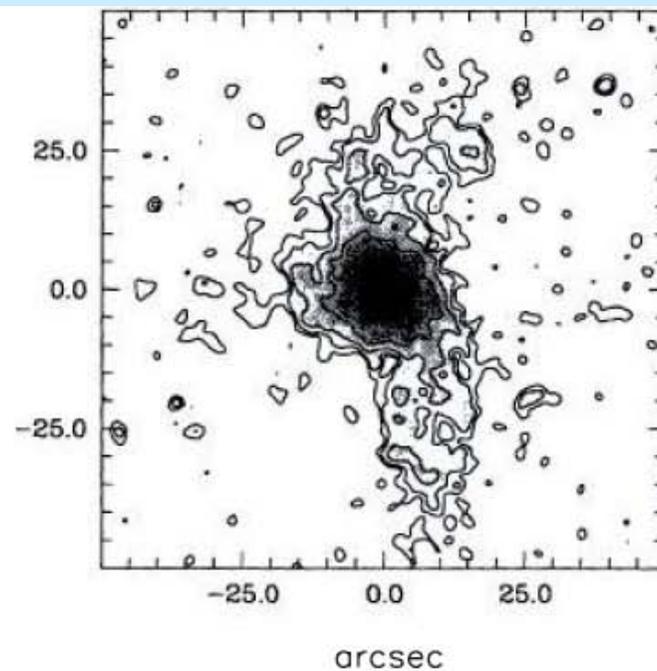
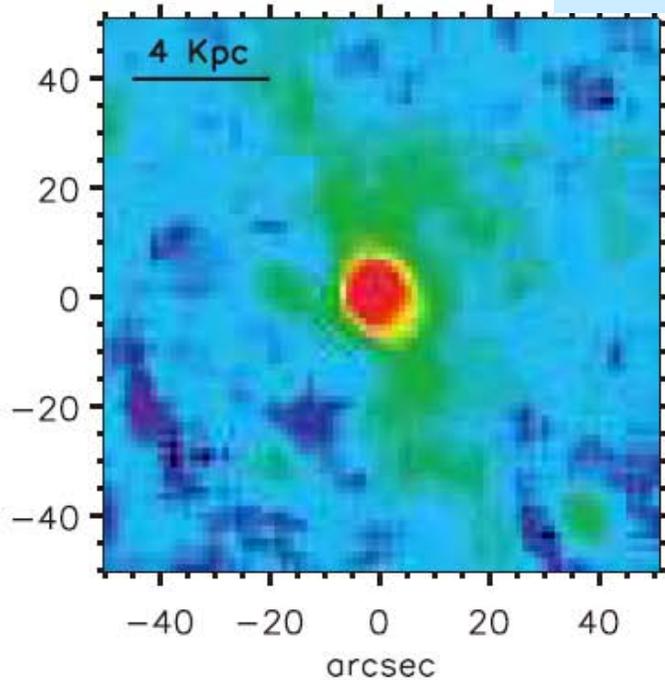
あかり中間赤外線カタログ+Phase3追観測+地上望遠鏡

可視光で見ると普通の楕円銀河。しかし「あかり」で見ると高温の塵の放射。中心の巨大ブラックホール周りの活動か！

より活発なLINER核を持つ楕円銀河 (NGC1052)ではどうか？



NGC5044の観測例 (Temi et al. 2007)



PAH
(Spitzer/IRAC 8-4.5 μ m)

H α + [NII]

コントア: X線 (Chandra)
グレー: 可視光

- ・より大きなダストが、中心核からより遠くまで運ばれることが期待される。
- ・Outflow velocity ~ 400 km/s \Rightarrow 0.1 μ mダストが、sputtering lifetime $\sim 10^7$ 年で、 ~ 5 kpcまで届く。

Circulation flow: 銀河中心核 \Leftrightarrow 星間空間

まとめ

- ・ 衝撃波領域や高温プラズマ環境では、PAHはダストに比べて、とても壊されやすい(サイズの違いを考慮しても)。このことを利用すればガスのdynamicsが分かる？
- ・ 一方で、銀河superwindや、銀河間空間の厳しい環境で、PAHやダストは存在する。Multi-phase ISMの描像で説明できる？ Superwindモデルに制限。
- ・ 銀河の衝突や、その後のスターバーストで、ダストやPAHは大量に銀河から放出される。
- ・ 楕円銀河の中心核近傍に物質の貯蔵庫？。PAHは中心に集中して分布。ダストは拡散している成分がある。中心核と星間空間との間で、物質のcirculation flow？