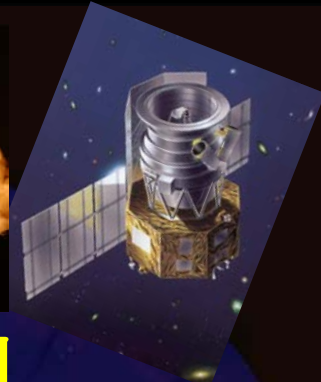
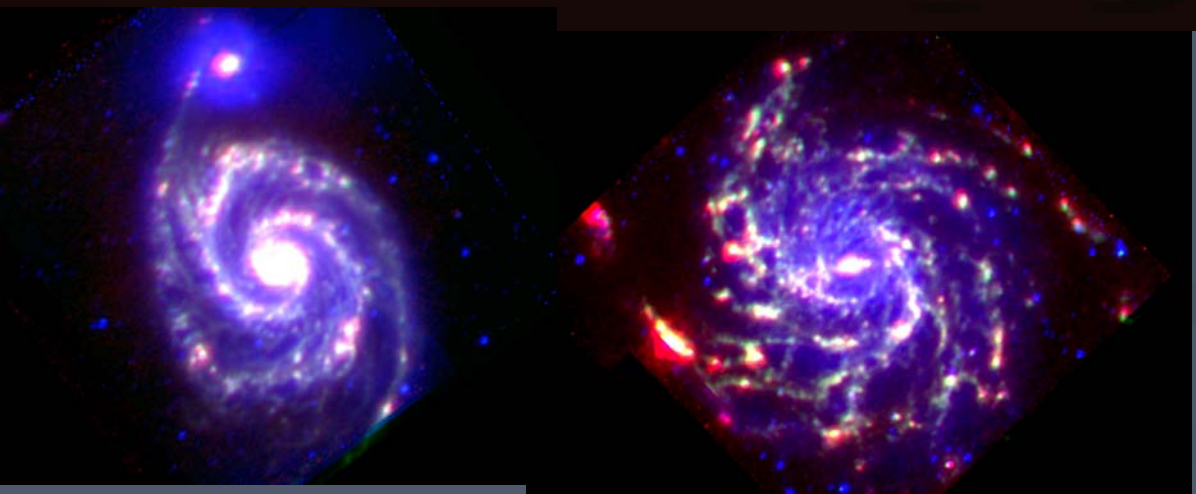


# 「あかり」とSpitzerによる 星間ダスト・PAHの進化と破壊の観測



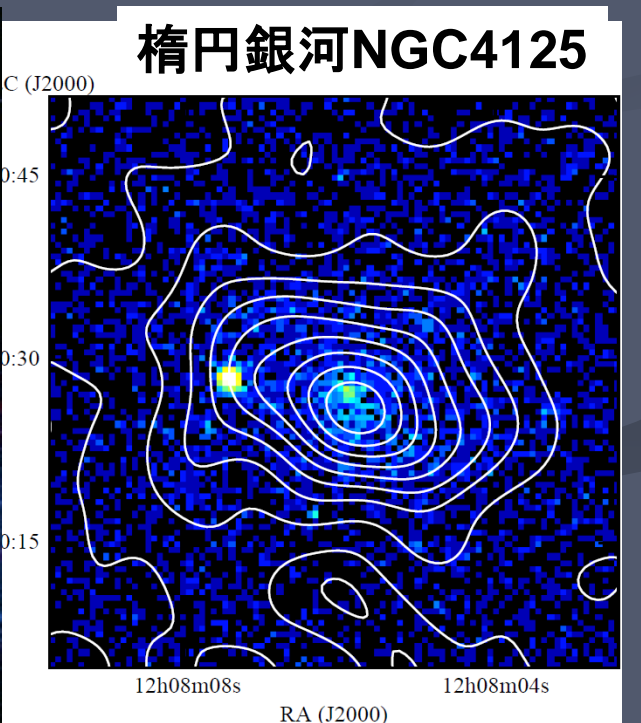
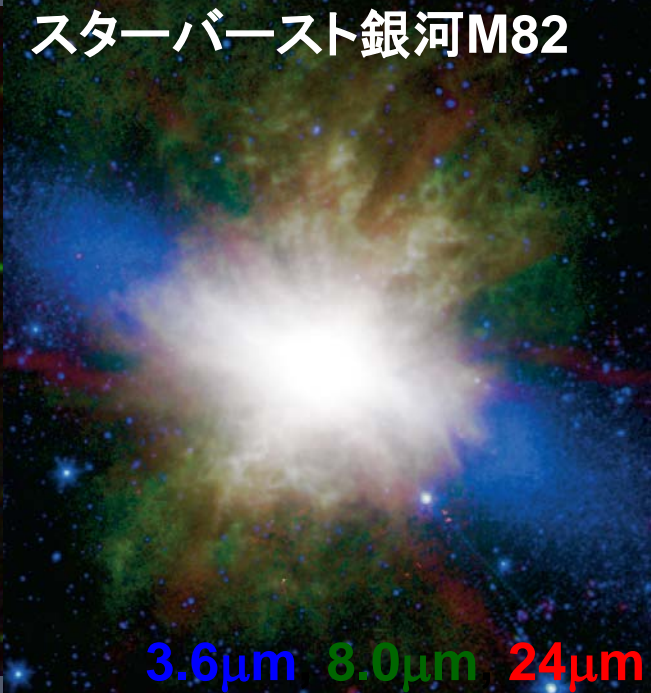
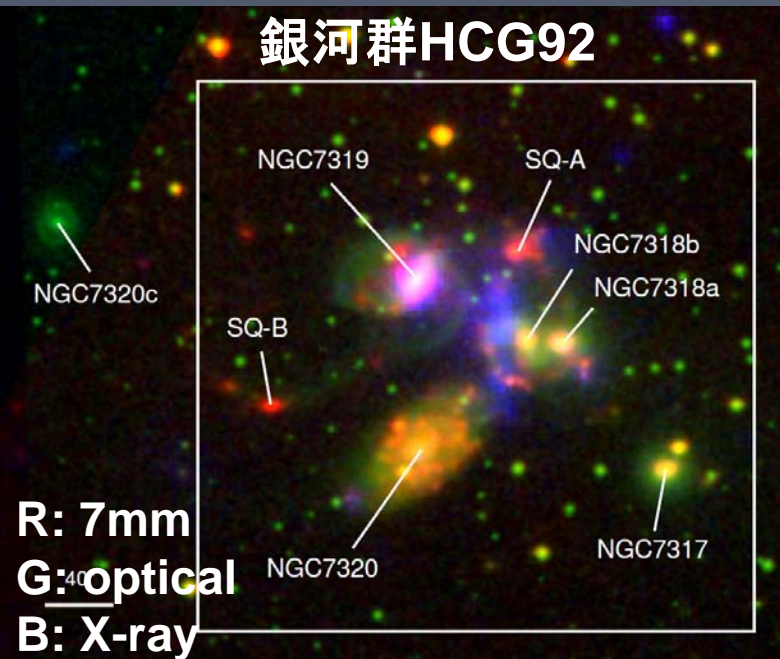
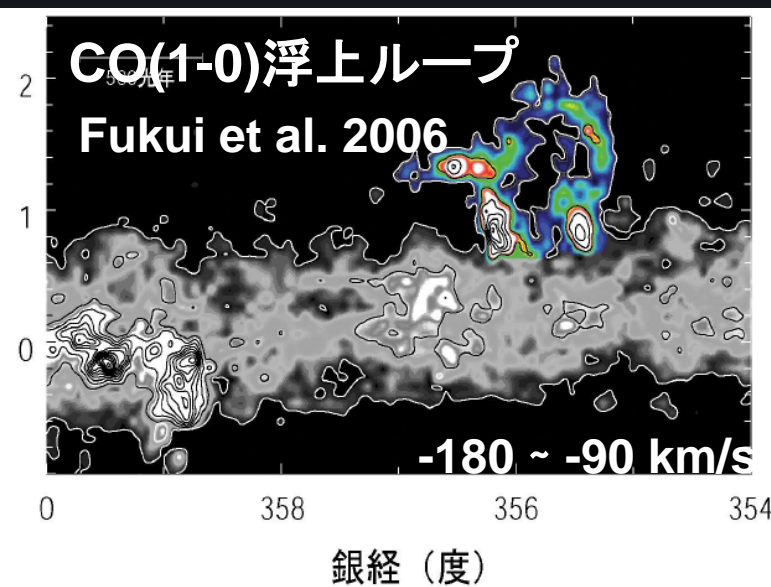
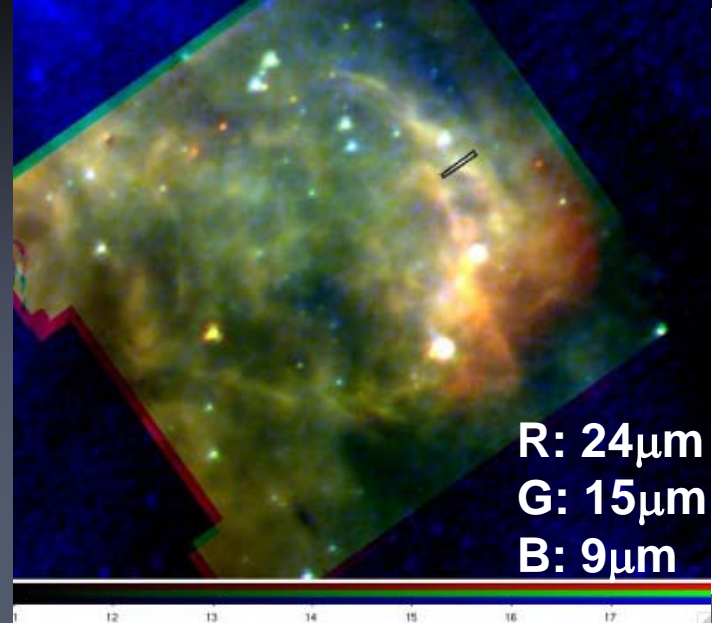
金田英宏  
名古屋大学大学院理学研究科





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

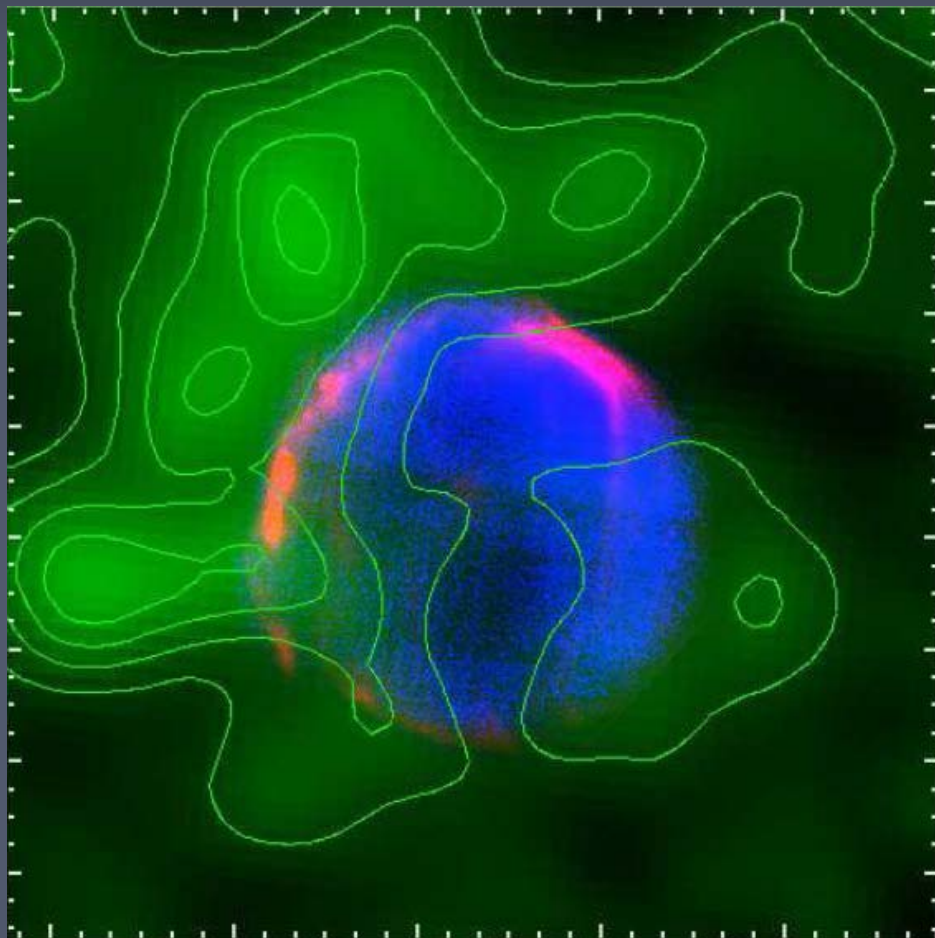
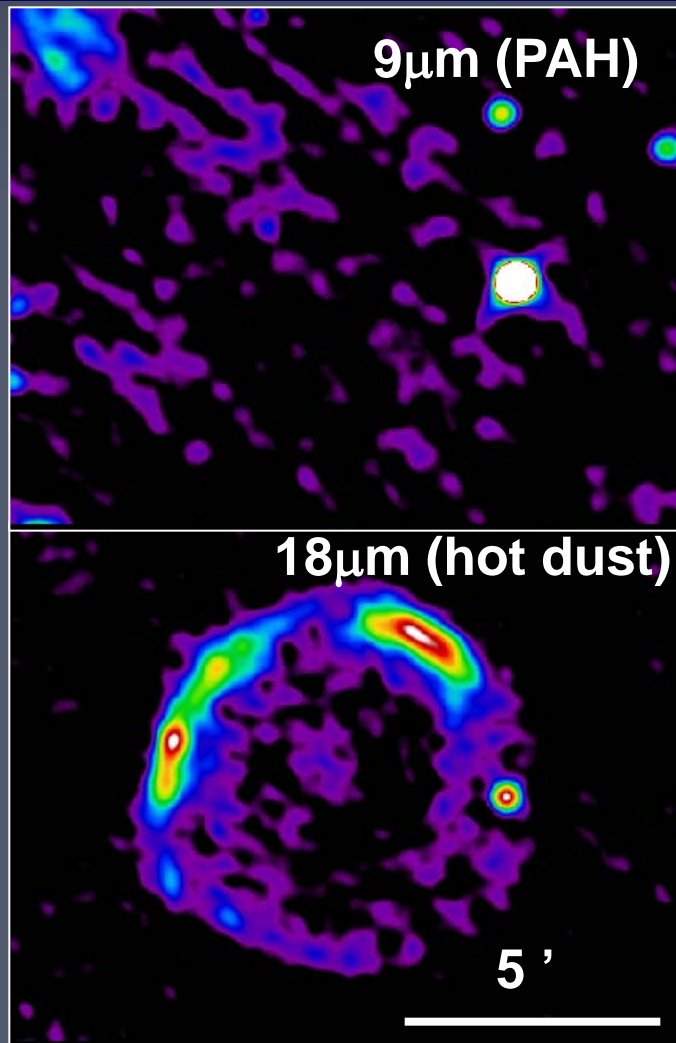


# 「あかり」によるTycho超新星残骸の観測 (Ishihara et al. 2010, submitted)

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

Dust residence time in postshock plasma: 50 yr

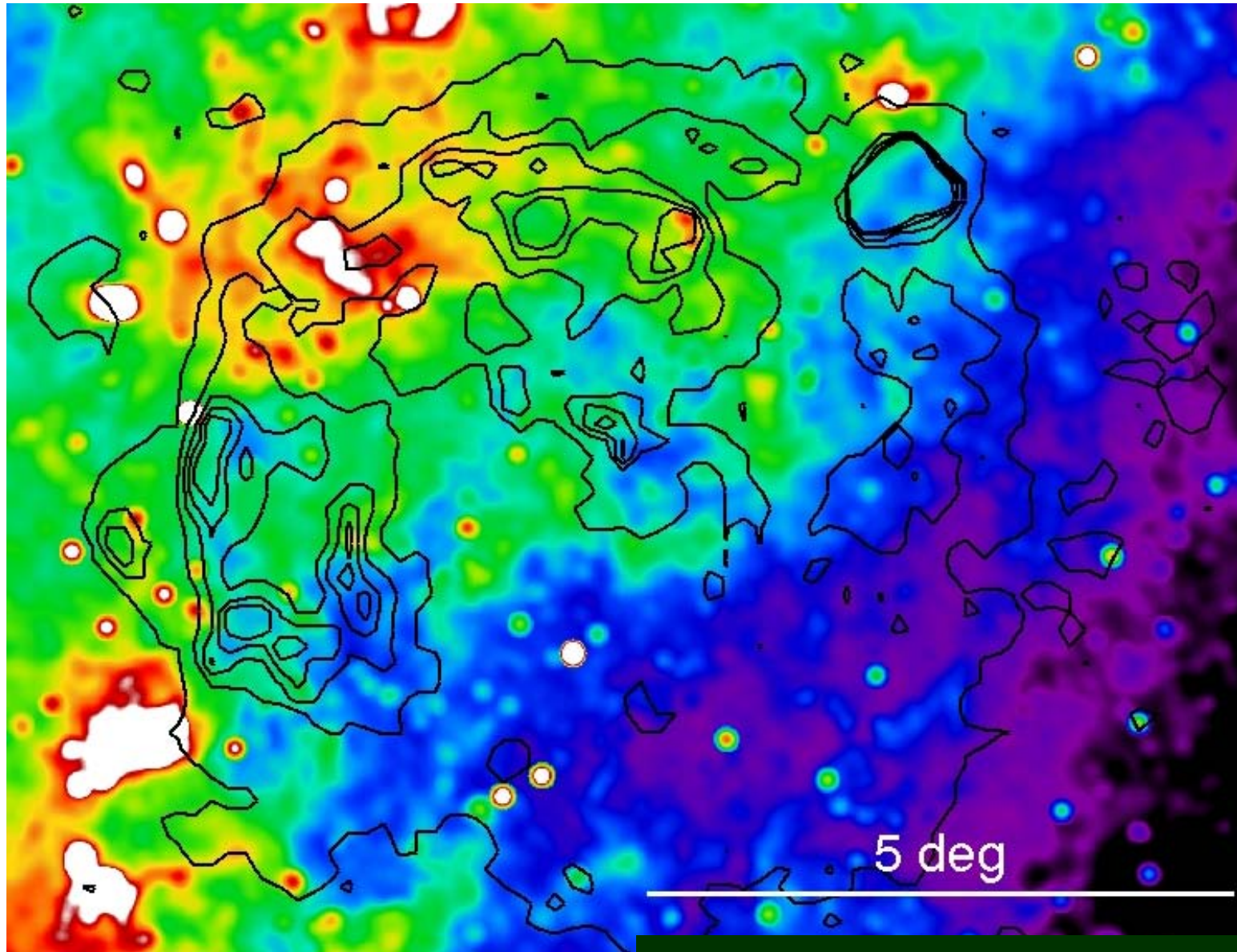
$T_e = 8 \times 10^6 \text{ K}$ ,  $n_e = 10 \text{ cm}^{-3}$  Warren et al. 2005



18 $\mu\text{m}$  (AKARI), X-ray (Suzaku), CO (CGPS)



# Vela超新星残骸 11,000年前に爆発



Color: 9  $\mu\text{m}$ , 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  $\sim 1$

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

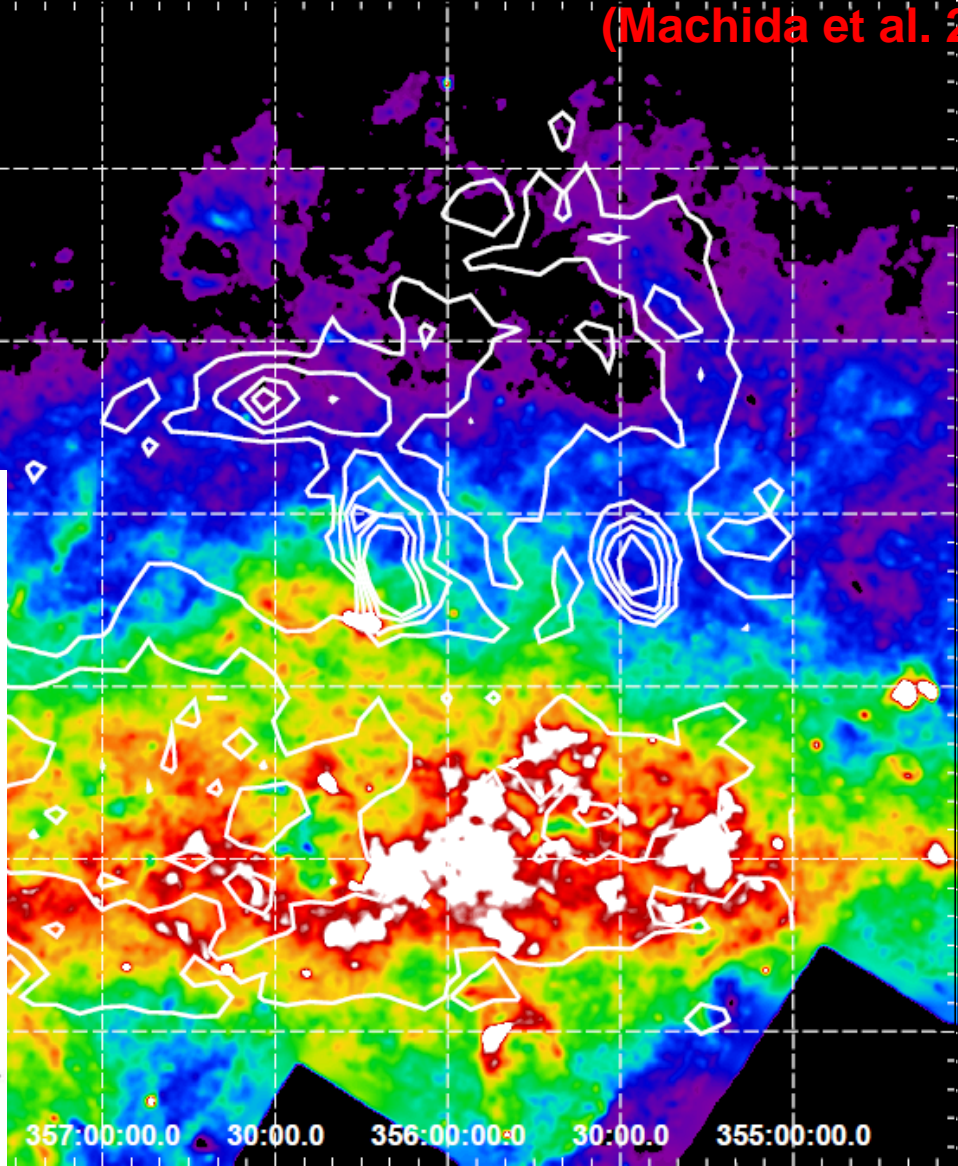
Disk gas slides down along the loop with a speed of  $\sim 30 \text{ km s}^{-1}$

(Machida et al. 2009)

AKARI 9 $\mu\text{m}$

2:00:00.0  
30:00.0

1 deg



CO(1-0)

Fukui et al. 2006

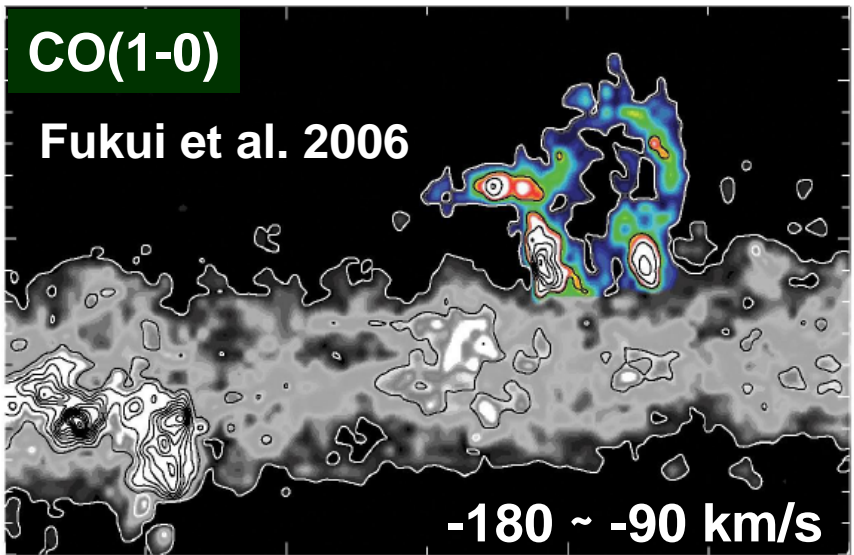
銀緯 (度)

2  
1  
0

-180 ~ -90 km/s

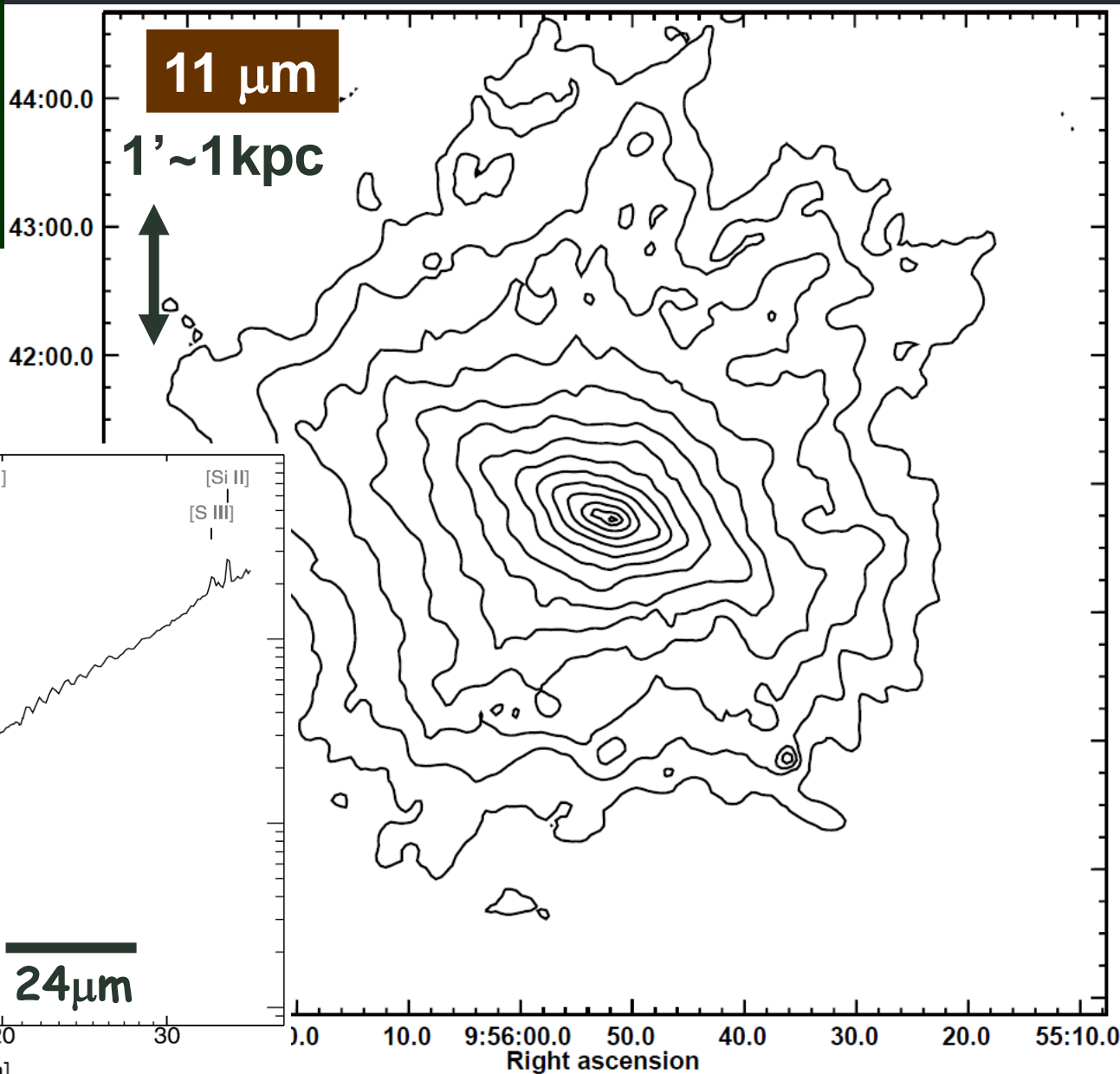
0 358 356 354

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！



Beirao et al. 2008



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

H $\alpha$  outflow velocity:

525-655 km s<sup>-1</sup>

(Shopbell & Bland-Hawthorn  
1998)

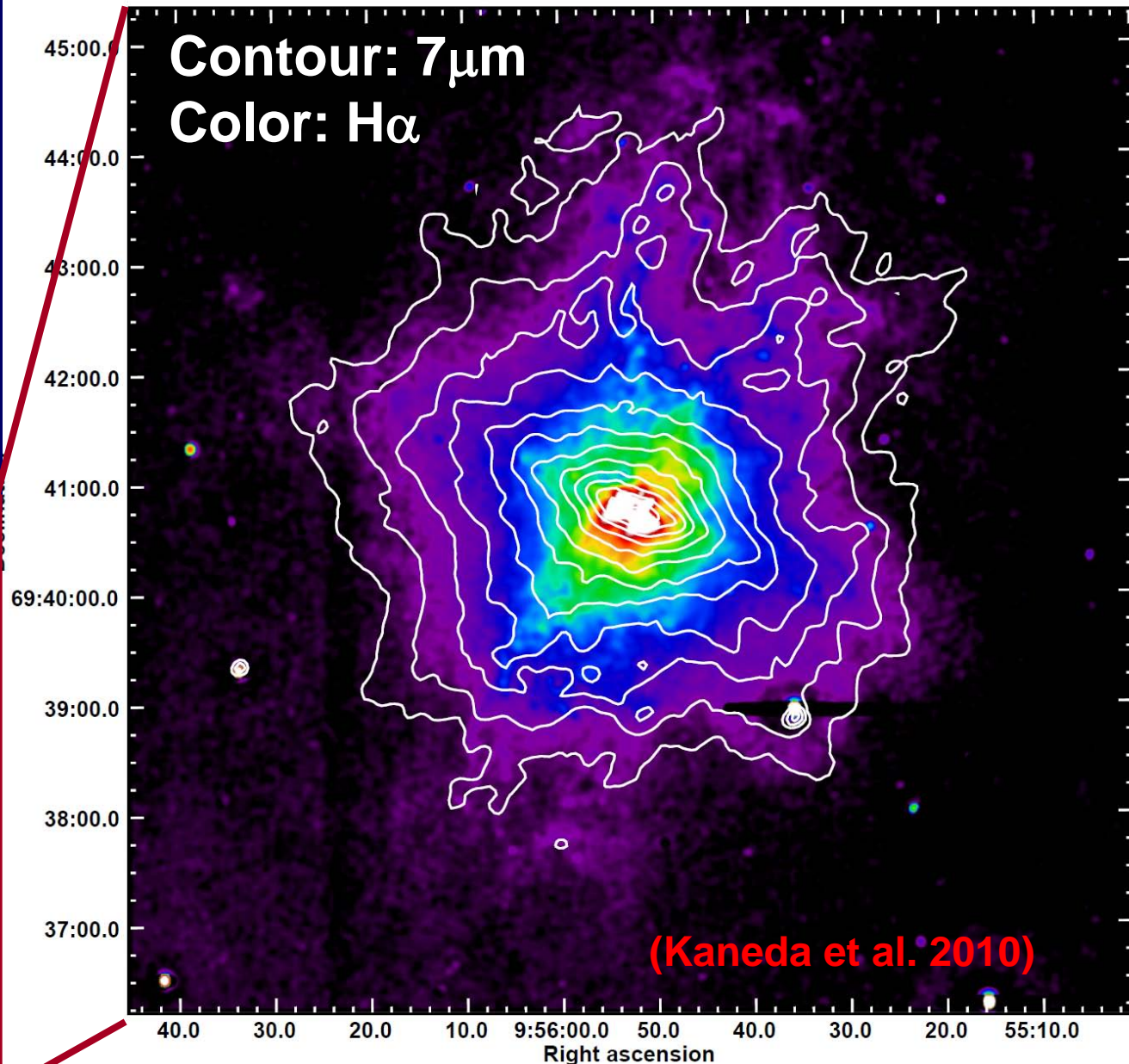
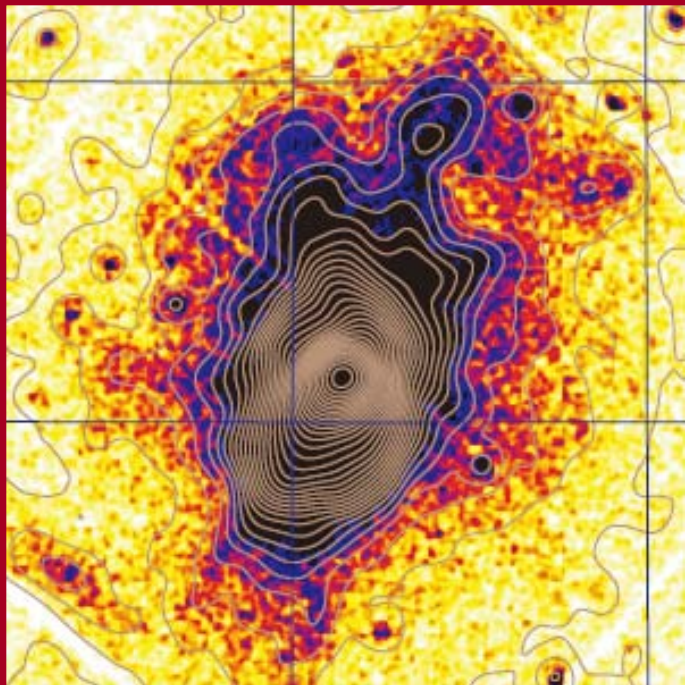
3 kpc above the plane

→ 5 Myr



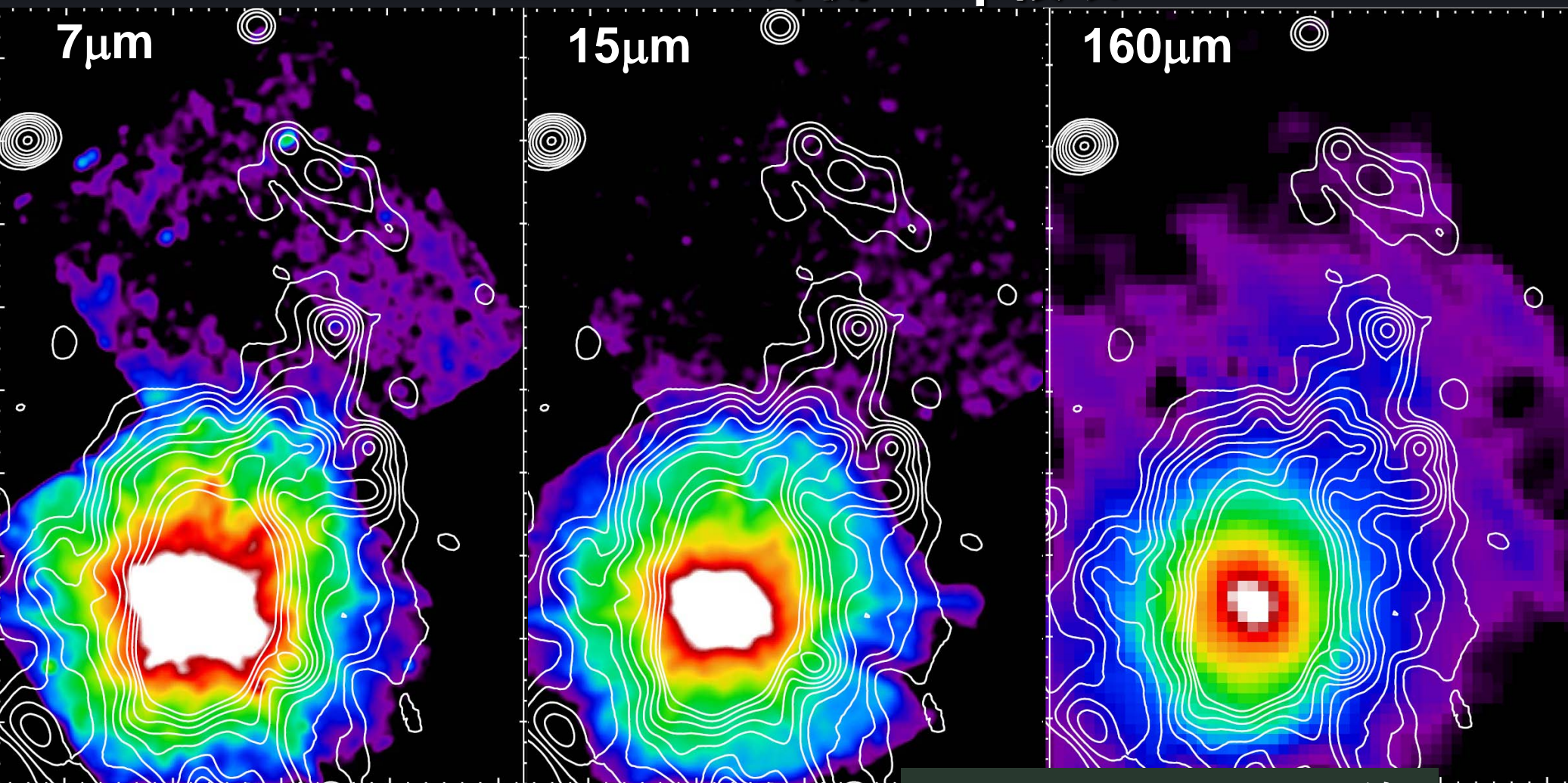
100 yr in hot plasma

X-ray (XMM/Newton)





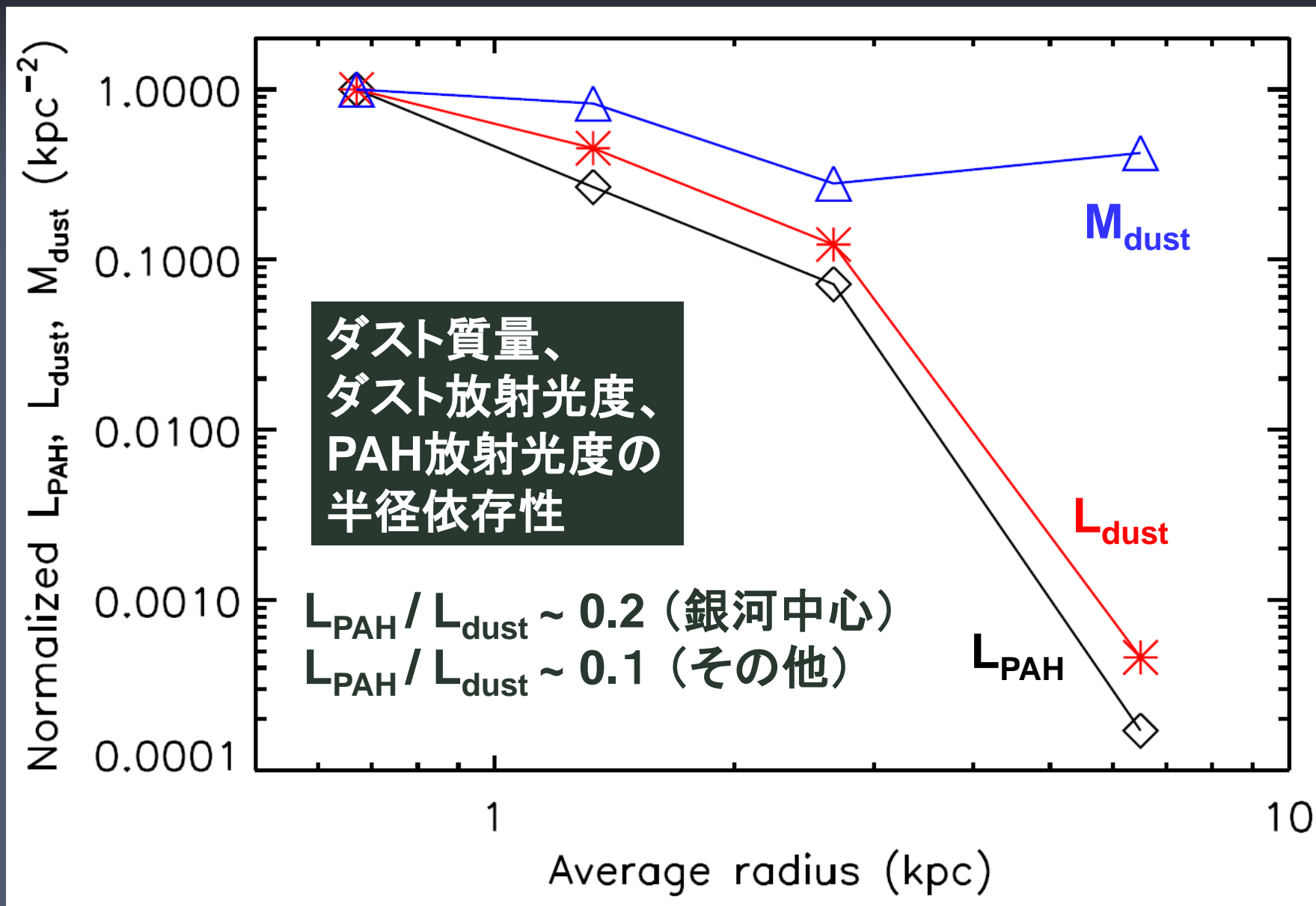
# M82ハローの外側: Cap領域



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

$3 \times 10^7$

$4 \times 10^9$

100-200

Dust

H<sub>2</sub>

HI

Gas/dust

(M<sub>⊙</sub>)

(M<sub>⊙</sub>)

(M<sub>⊙</sub>)

		Dust (M <sub>⊙</sub> )	H <sub>2</sub> (M <sub>⊙</sub> )	HI (M <sub>⊙</sub> )	Gas/dust
total	<8 kpc	$1.1 \times 10^7$	$1.3 \times 10^9$	$8 \times 10^8$	200
center	<2 kpc	$2.3 \times 10^6$	$1.0 \times 10^9$	$2 \times 10^8$	600
Halo	<4 kpc	$5 \times 10^5$		$4 \times 10^6$	10

Background galaxiesのreddening

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

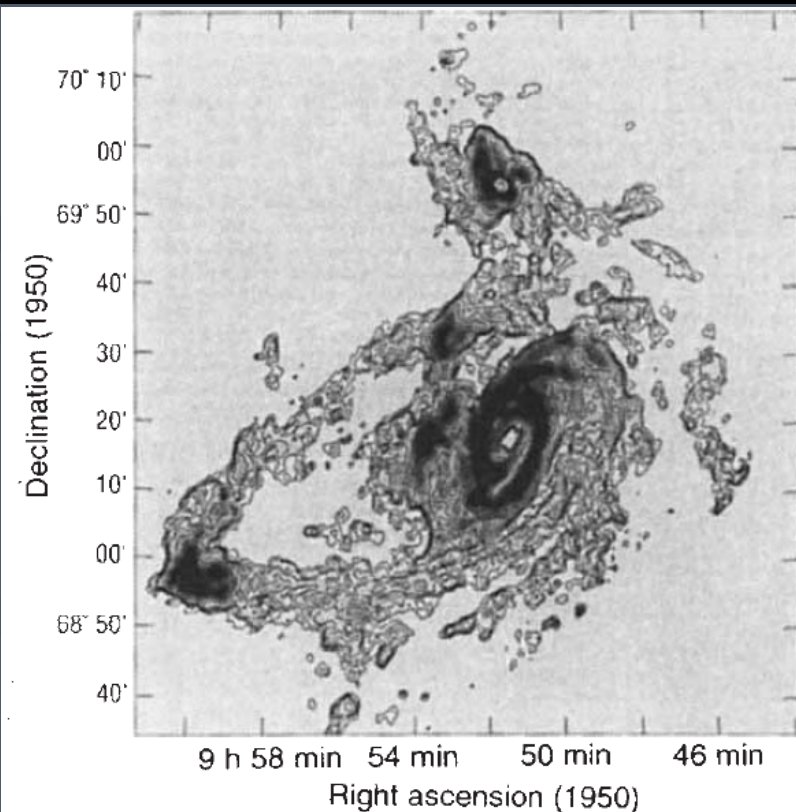
M81-M82 group全体:  $5.2 \times 10^9 M_{\odot}$

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

*Yun et al. 1994*

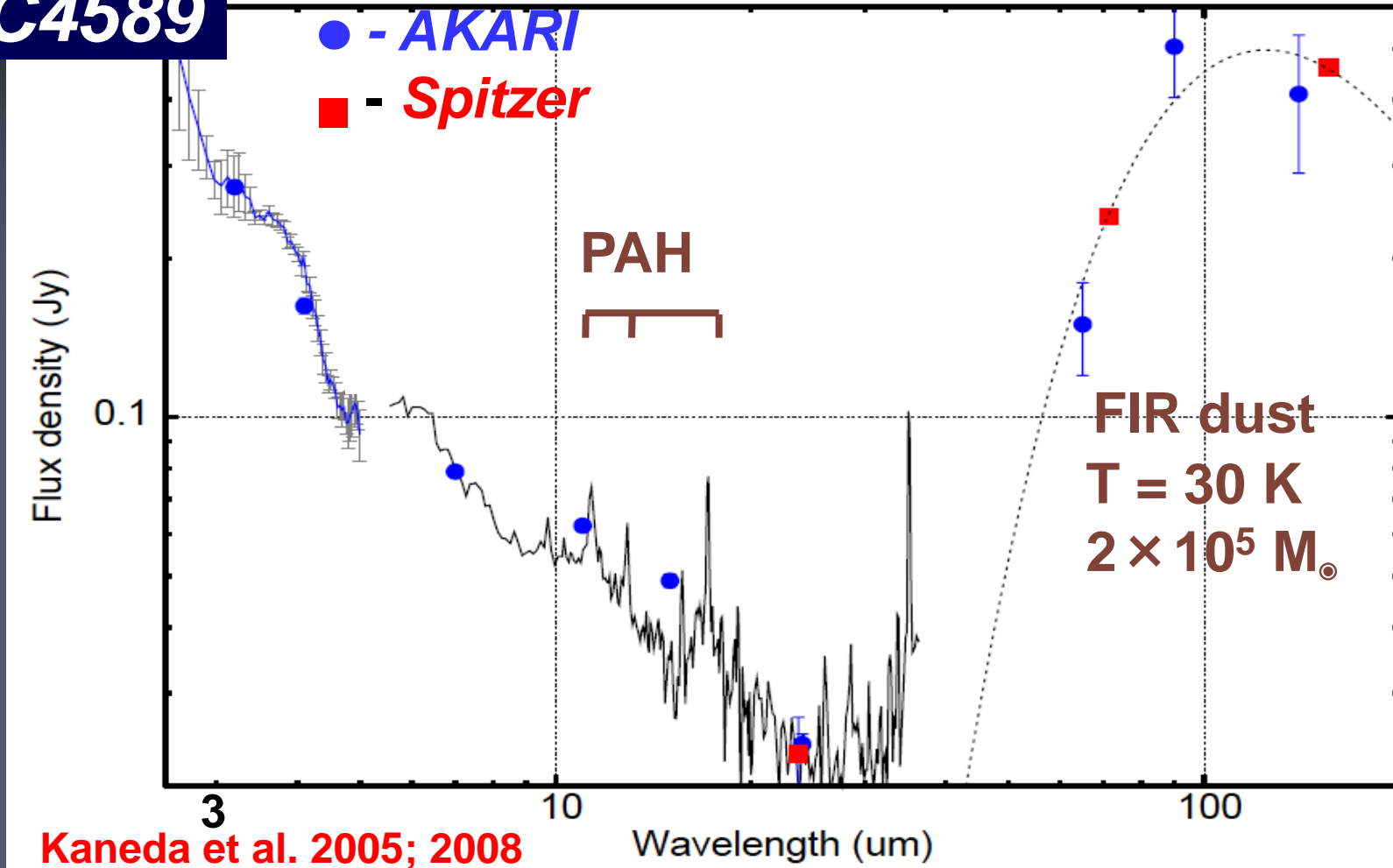


銀河間ダスト:  $5 \times 10^7 M_{\odot}$  !?



# 楕円銀河のダスト・PAH

NGC4589



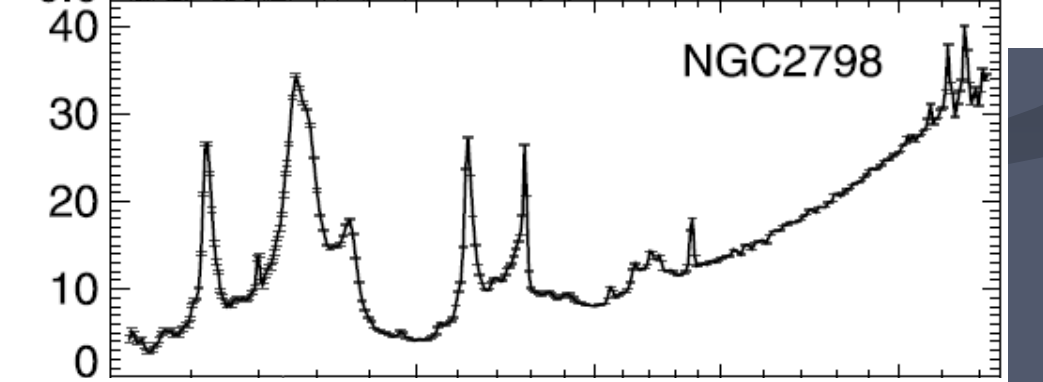
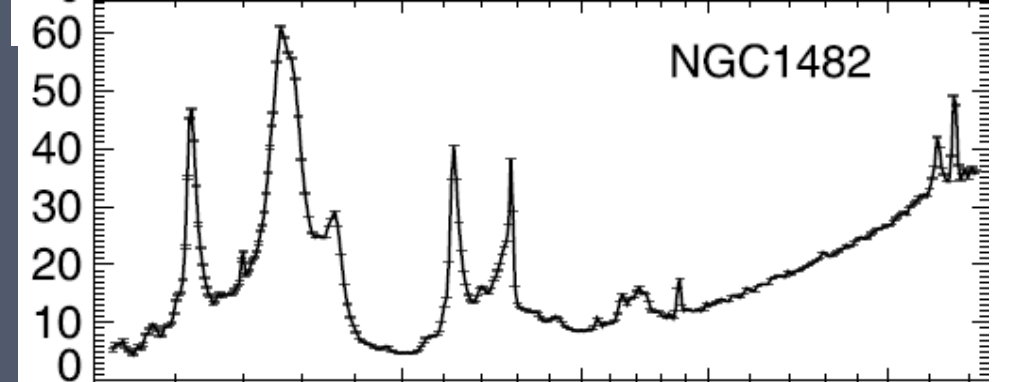
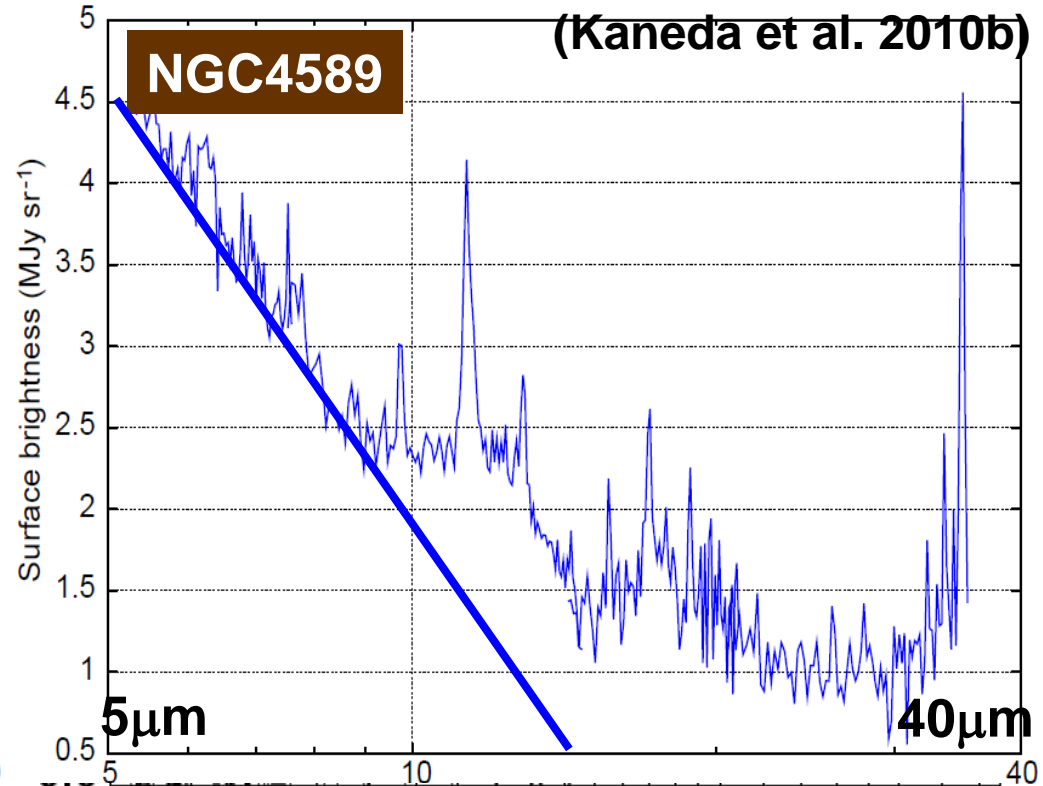
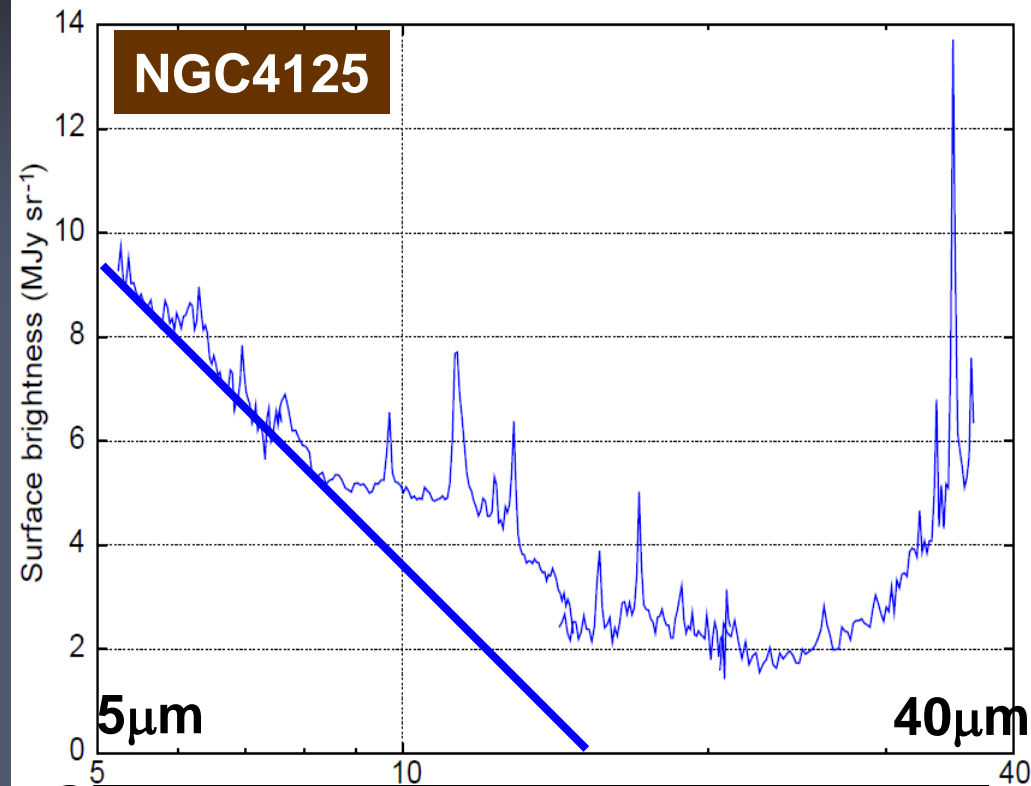
Old stars + hot plasma. Faint emitters in MIR&FIR.  
PAHs & FIR dust detected from many ellipticals

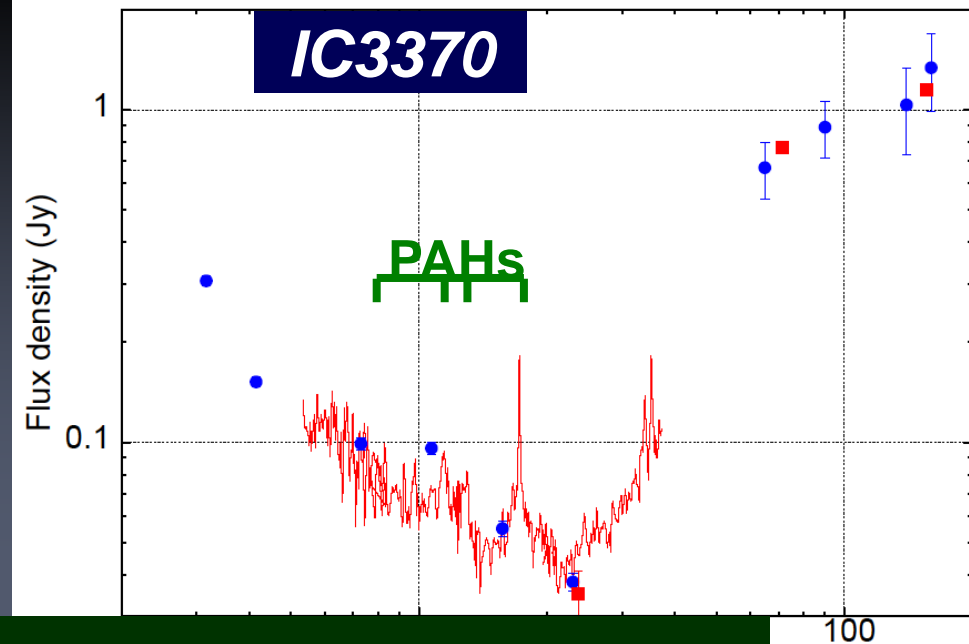
What are the origins of dust & PAHs?



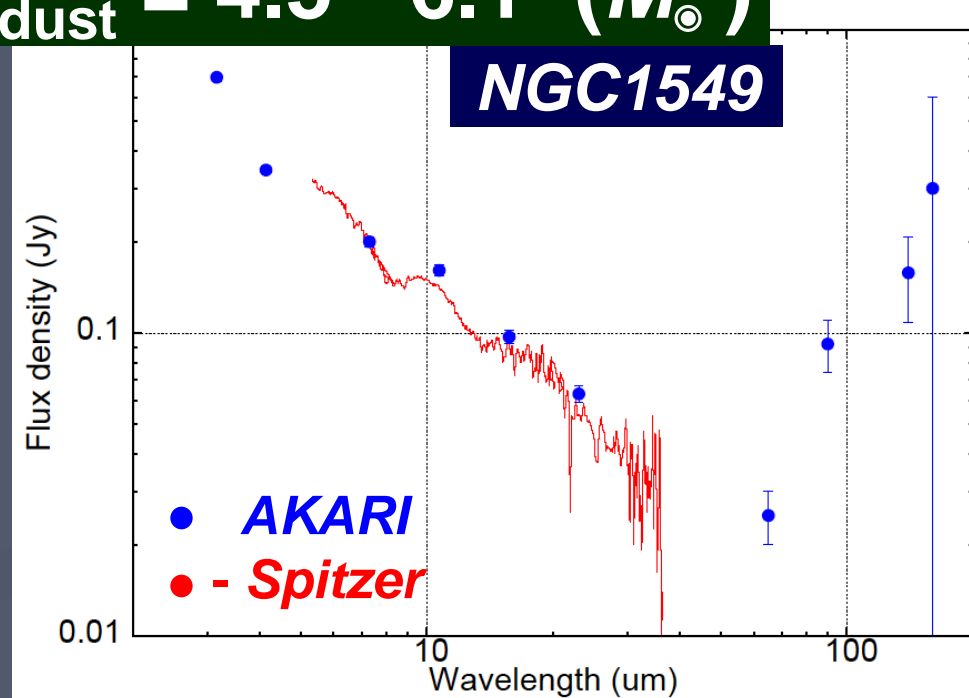
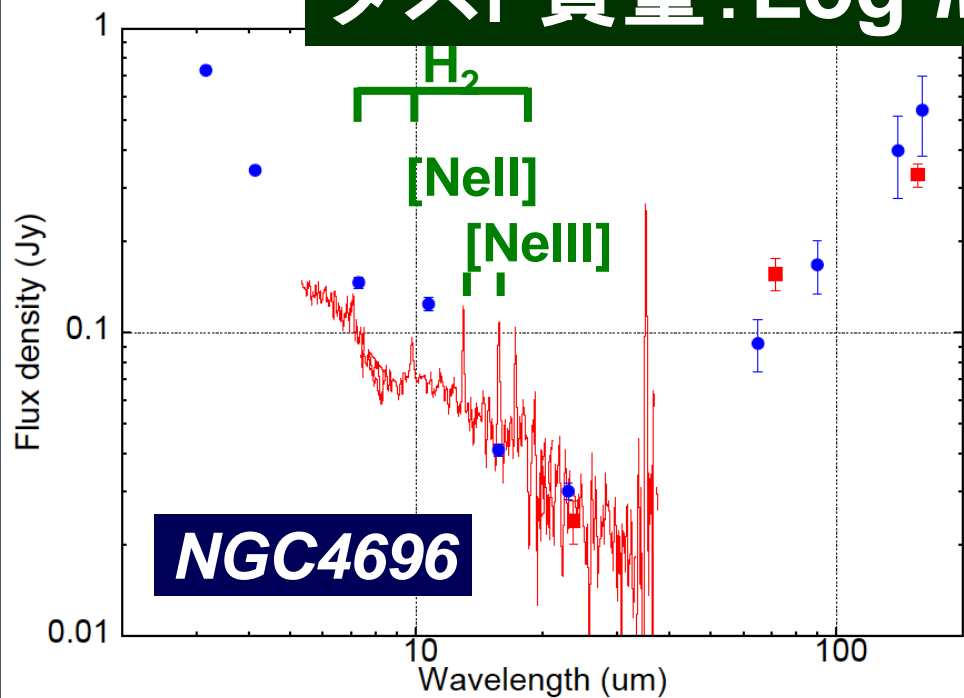
# PAHs in elliptical galaxies

- Elliptical galaxies ~ old stars + hot plasma





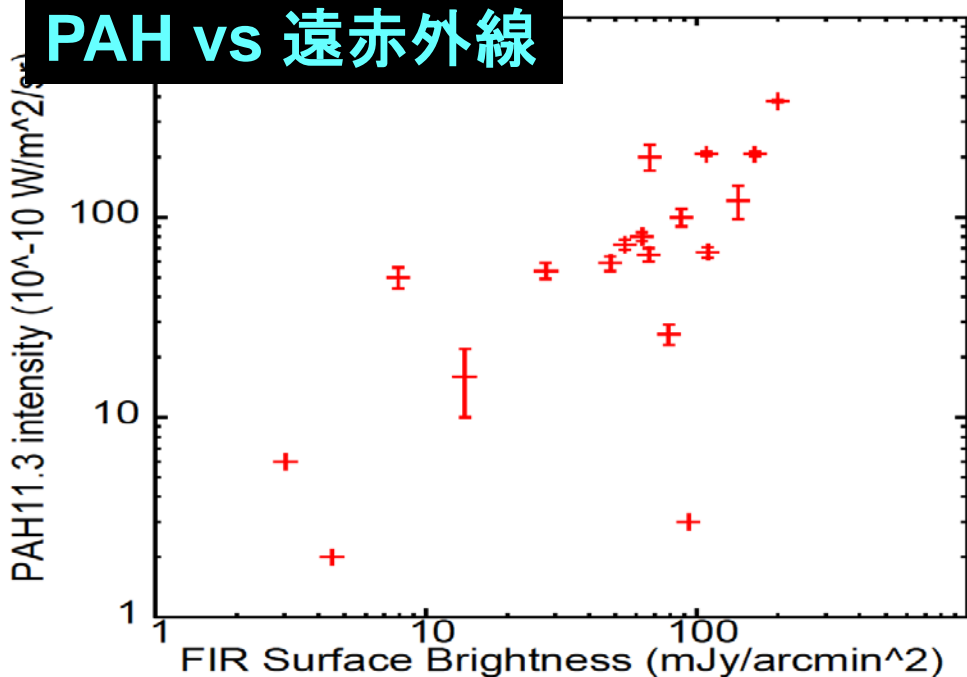
**ダスト質量:  $\text{Log } M_{\text{dust}} = 4.5 - 6.1 (M_{\odot})$**



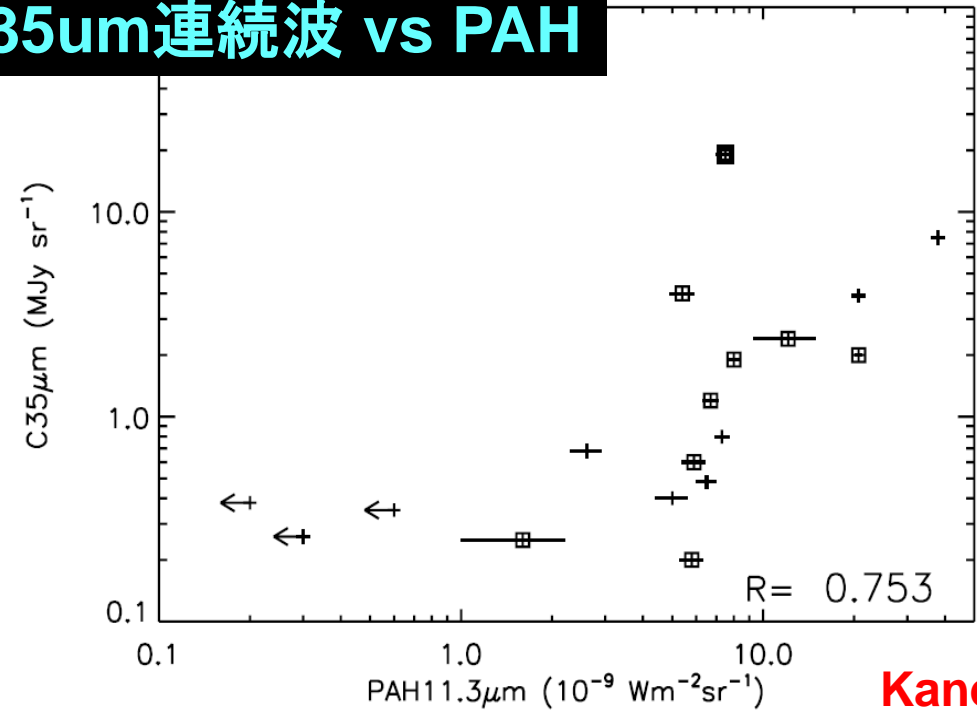


# PAHと中間・遠赤外線ダストとの関係

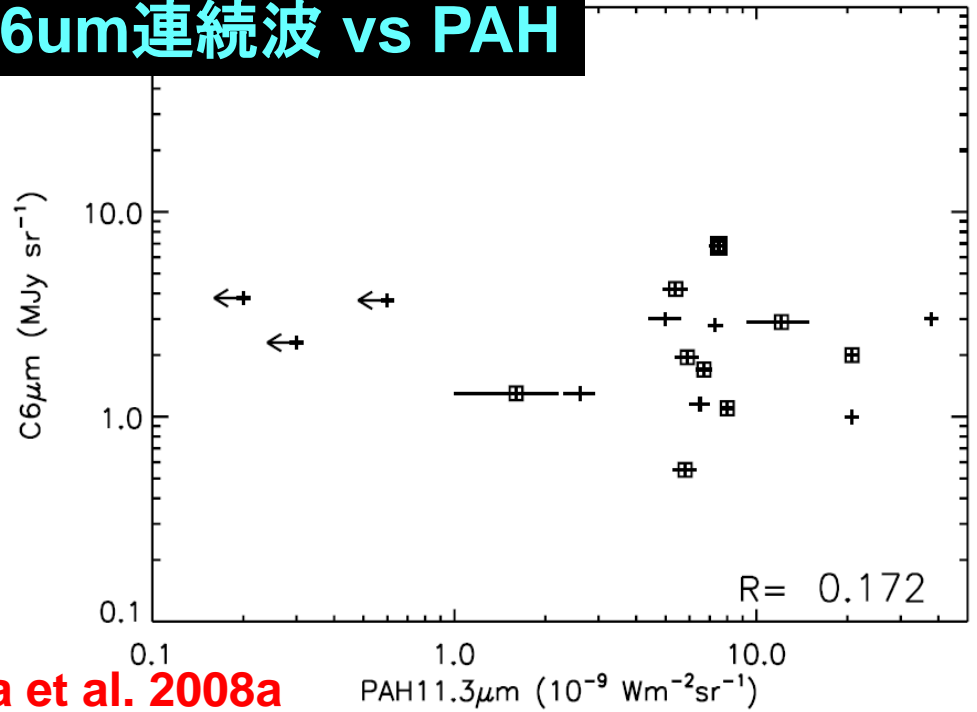
PAHと遠赤外線ダスト、中間赤外線VSGsは、銀河毎に相関が強い。これらの起源は星周以外である。ダストのfragmentationによって、PAHが生成されているのか？



### 35um連続波 vs PAH

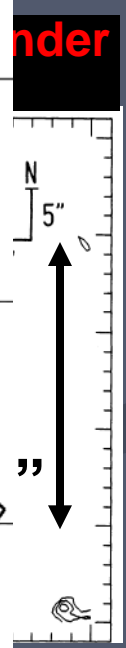
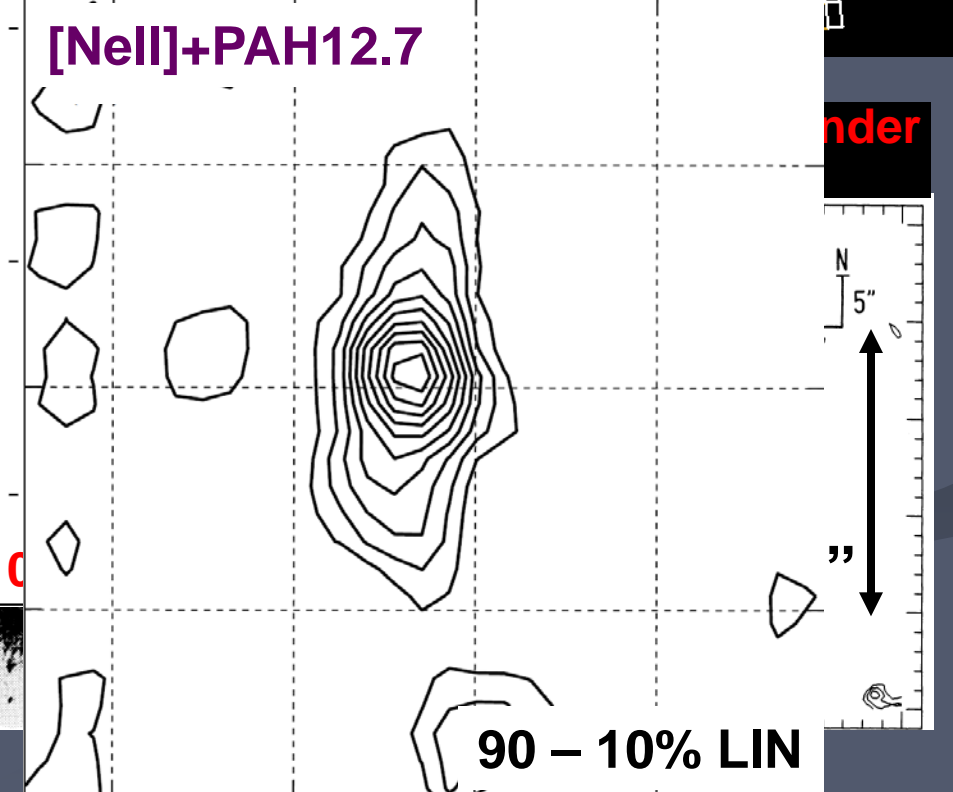
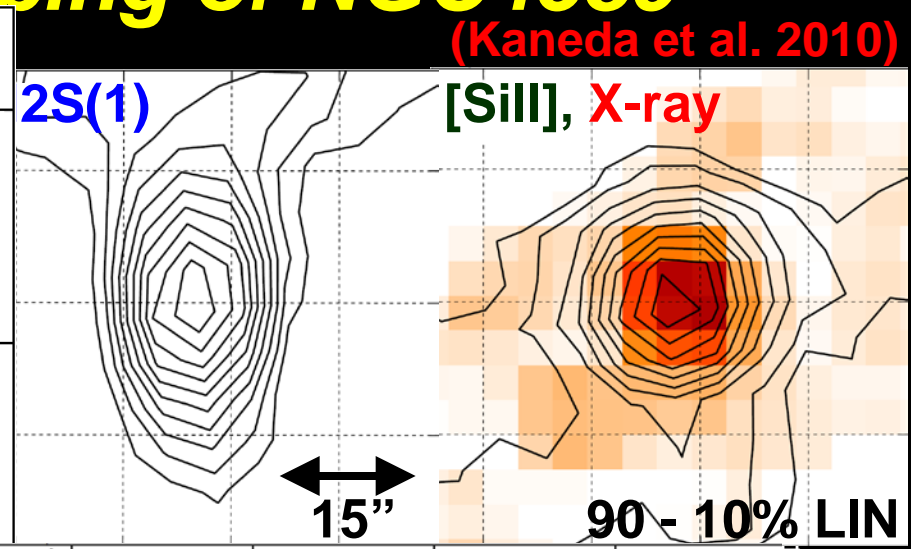
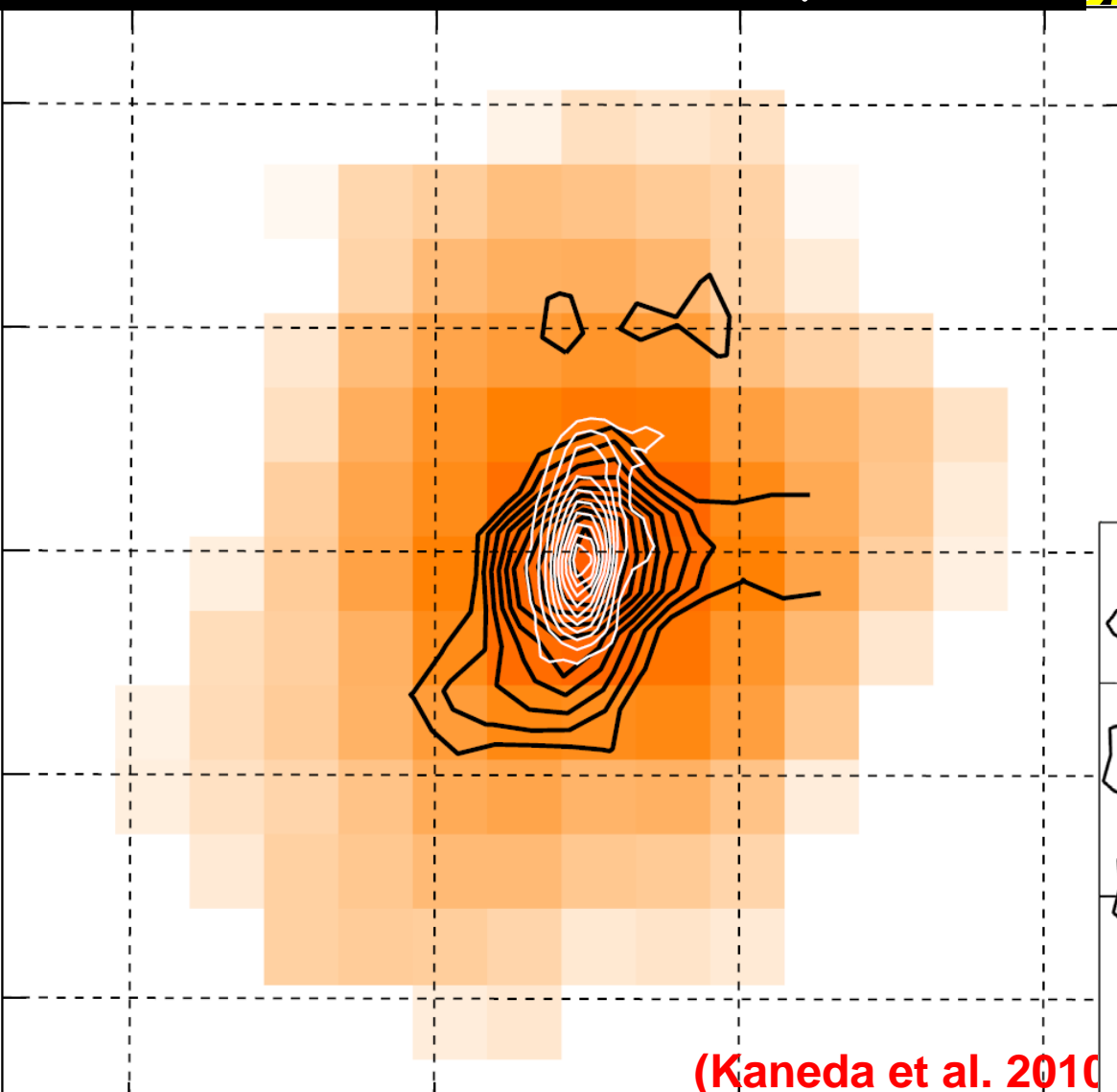


### 6um連続波 vs PAH



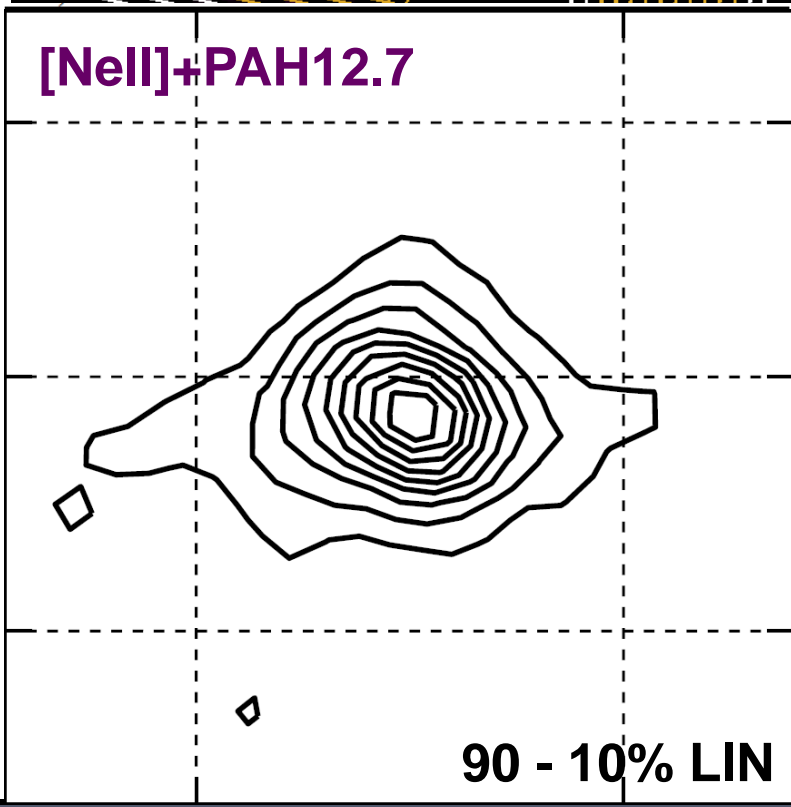
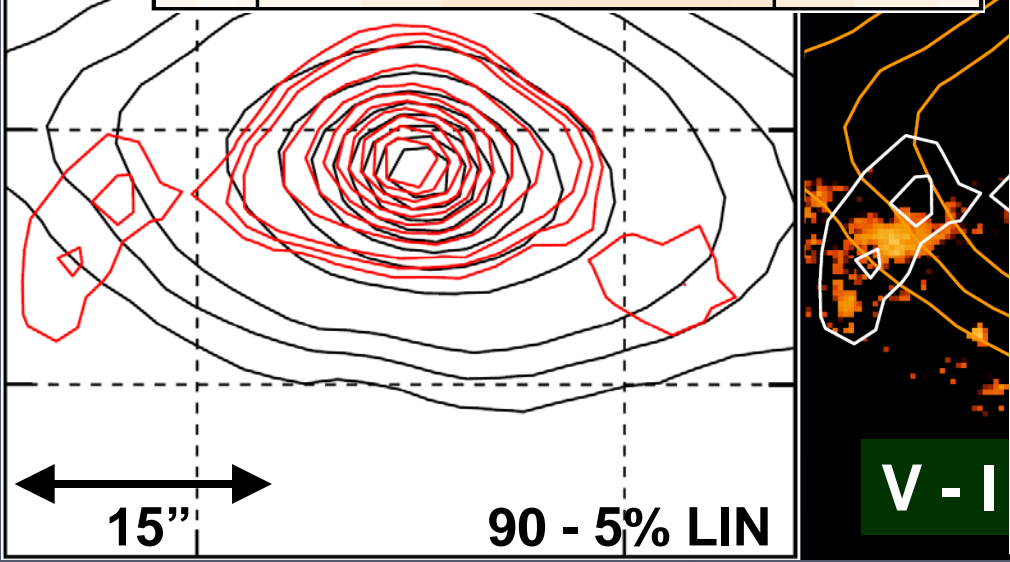
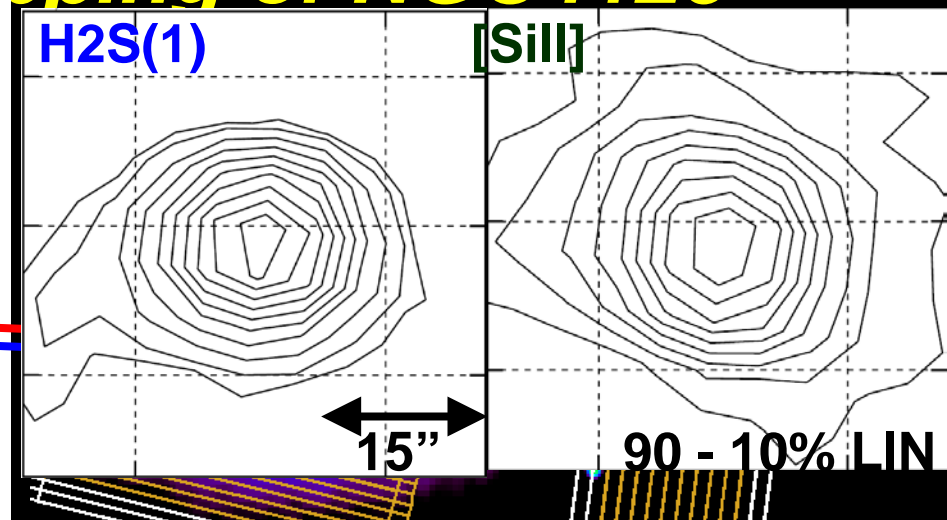
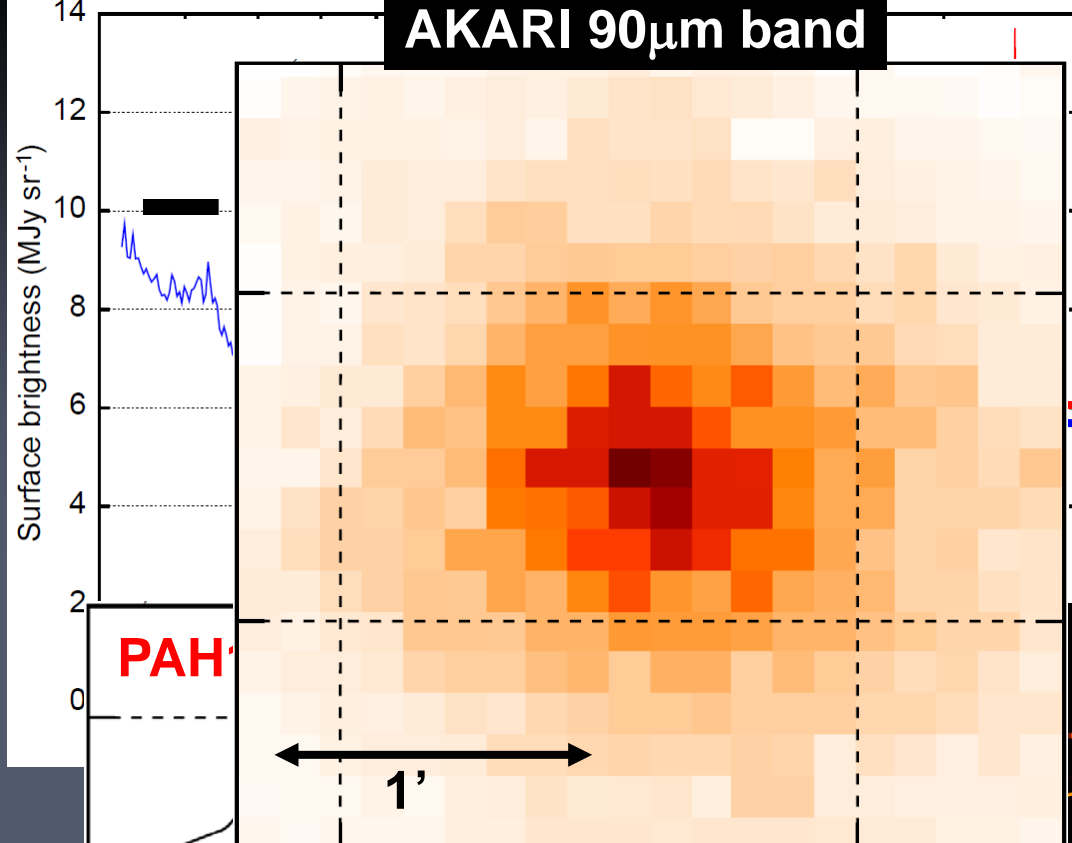
Kaneda et al. 2008a

# PAH11.3, PAH17, AKARI 90 $\mu$ m band Mapping of NGC4589



AKARI 90 $\mu$ m band

# Mapping of NGC4125



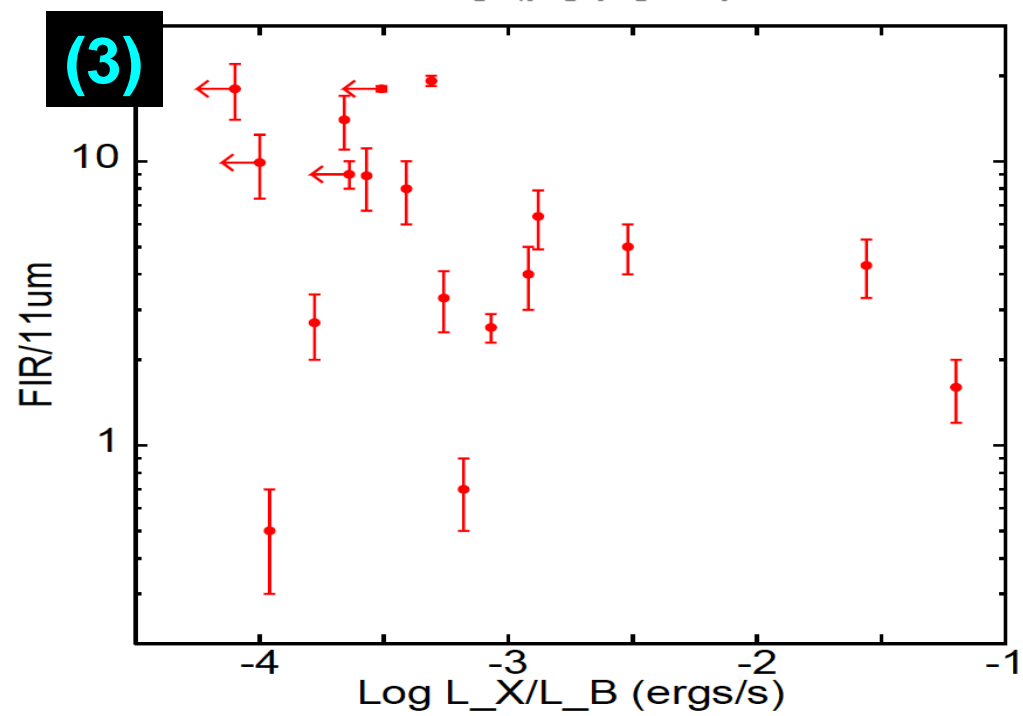
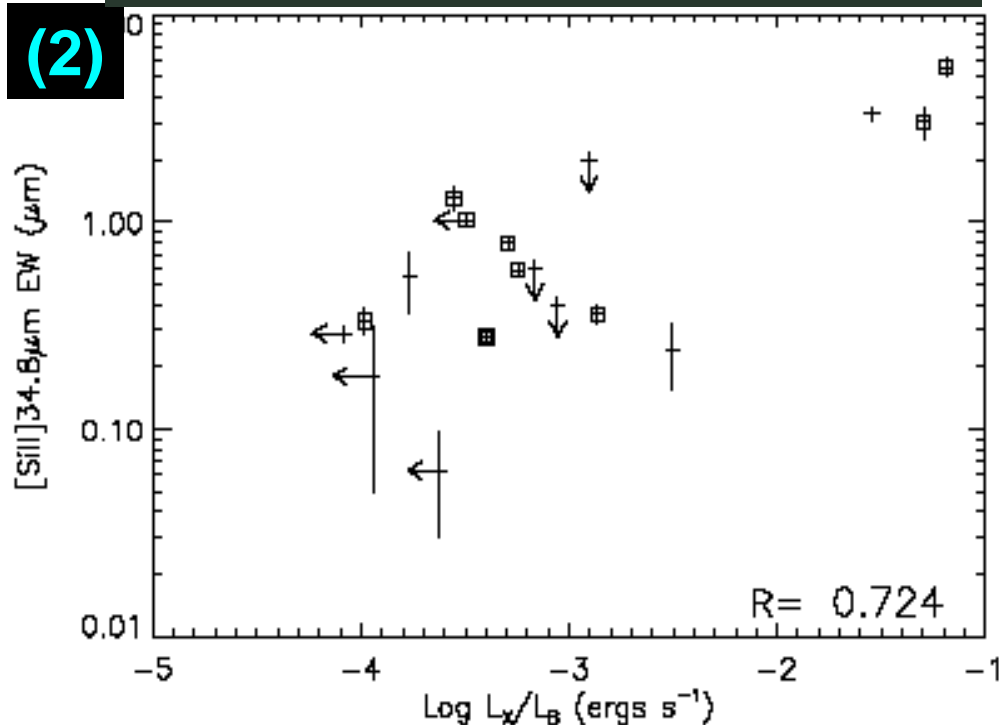
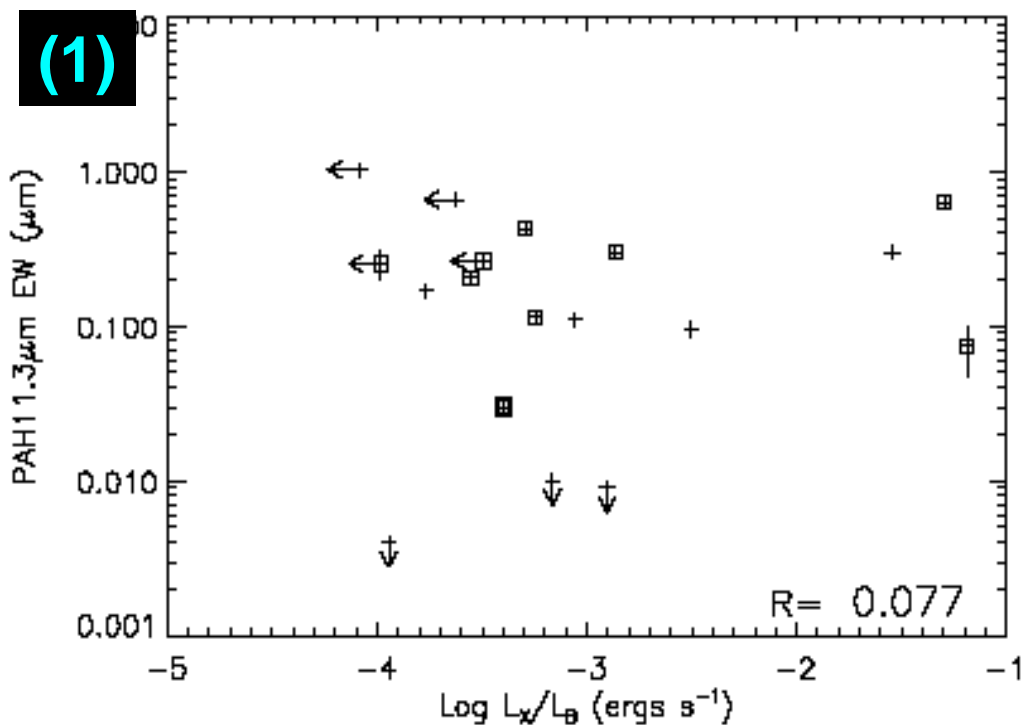


# ダストとX線光度との関係

(1) PAH vs X線 (2) [SiII] vs X線

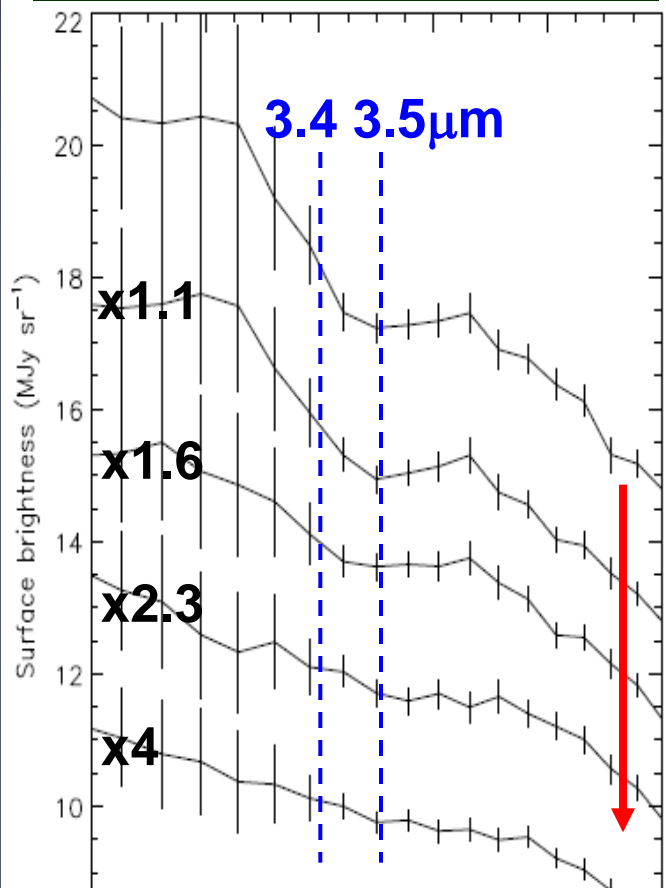
(3) 遠赤外線 vs X線

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？



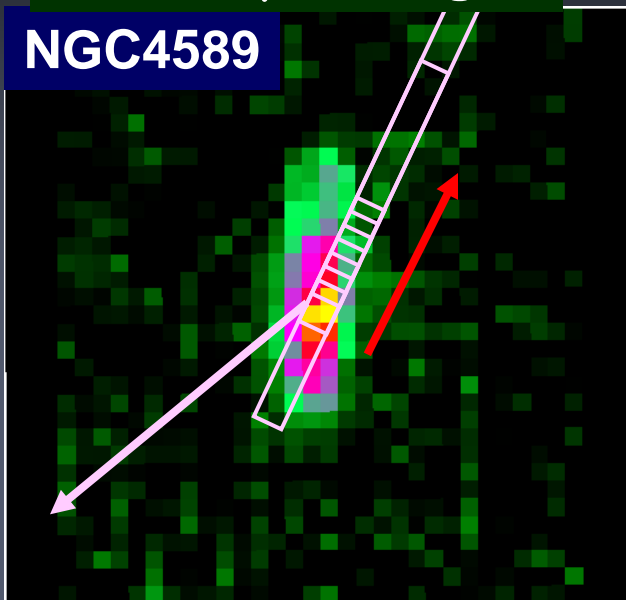
# AKARI Near-IR spectra of NGC4125 & NGC4589

## Low-resolution spectra

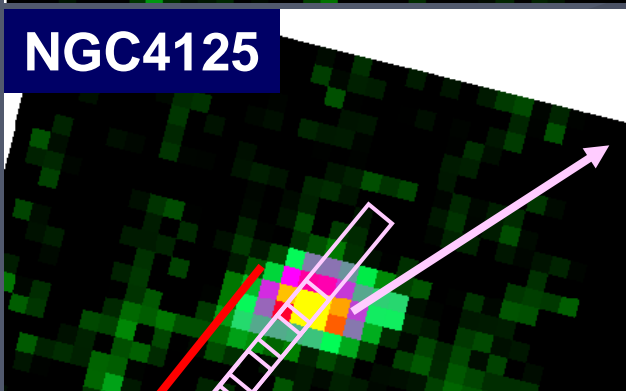


## PAH11.3 $\mu\text{m}$ images

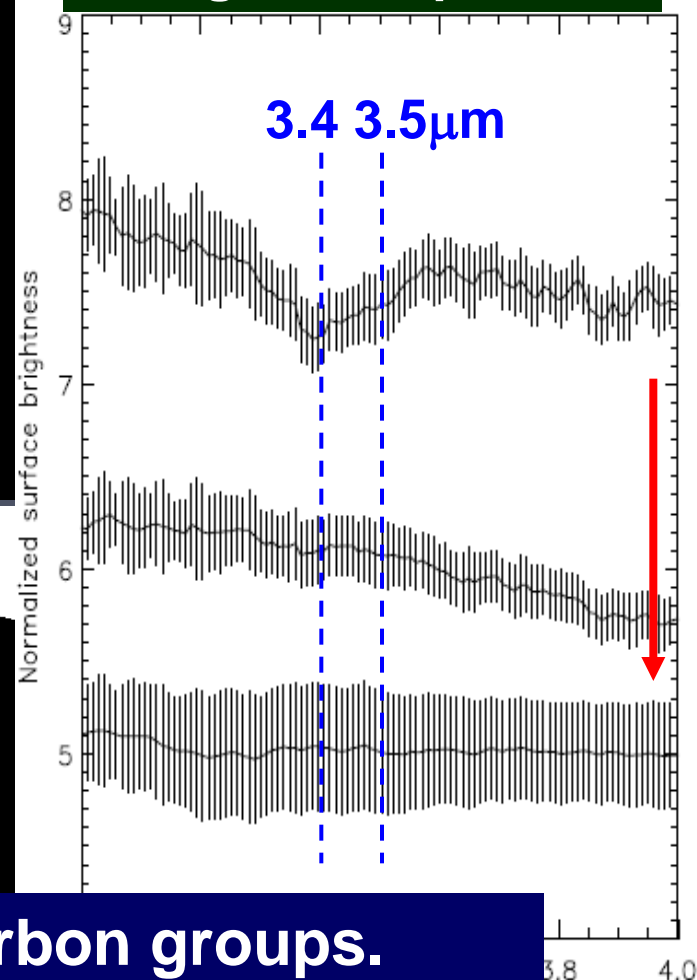
NGC4589



NGC4125



## Normalized to background spectrum



Absorption due to aliphatic hydrocarbon groups.  
Abundant carbonaceous grains  $\rightarrow$  sources of PAHs?

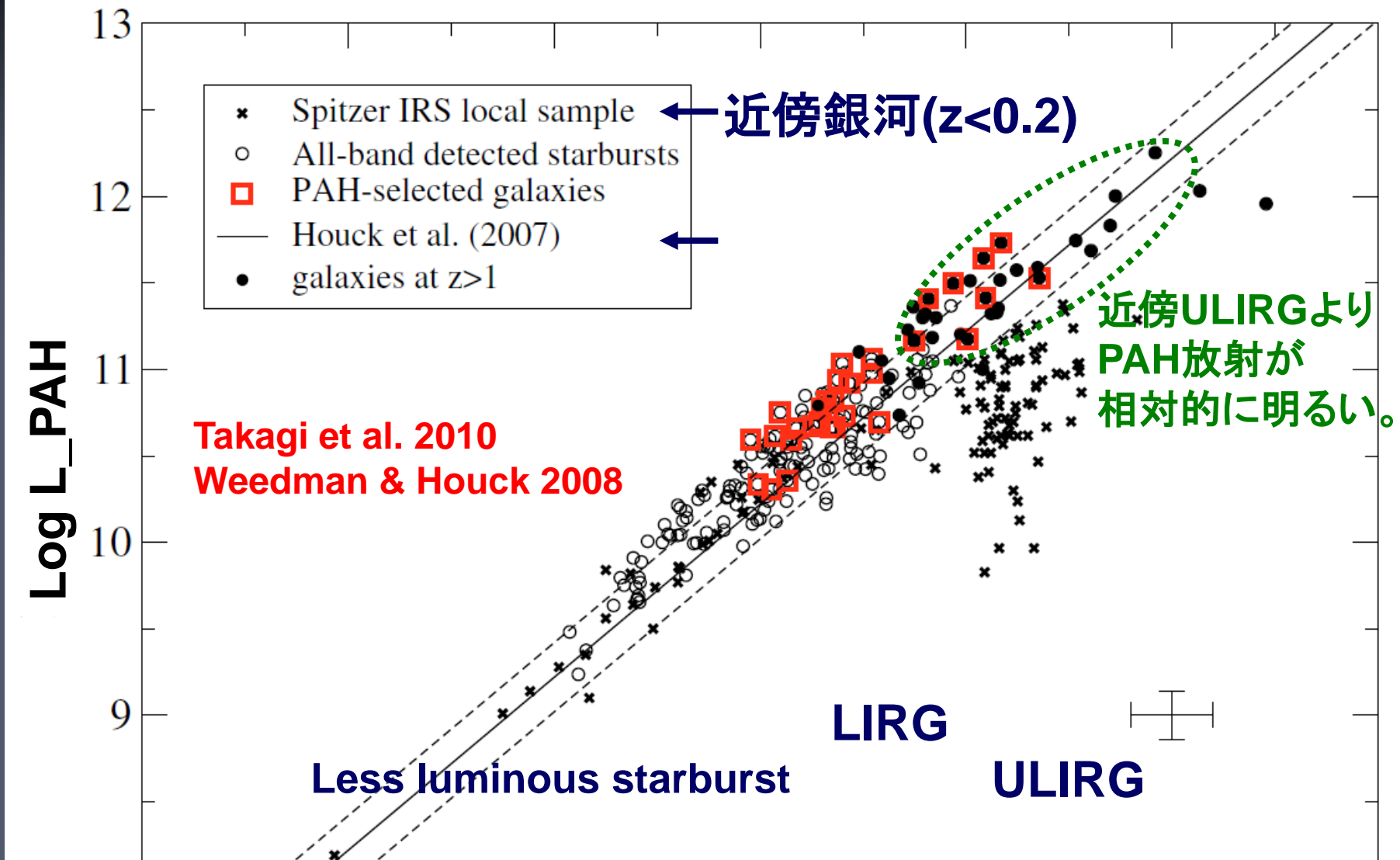
3  $\mu\text{m}$

4  $\mu\text{m}$

3  $\mu\text{m}$

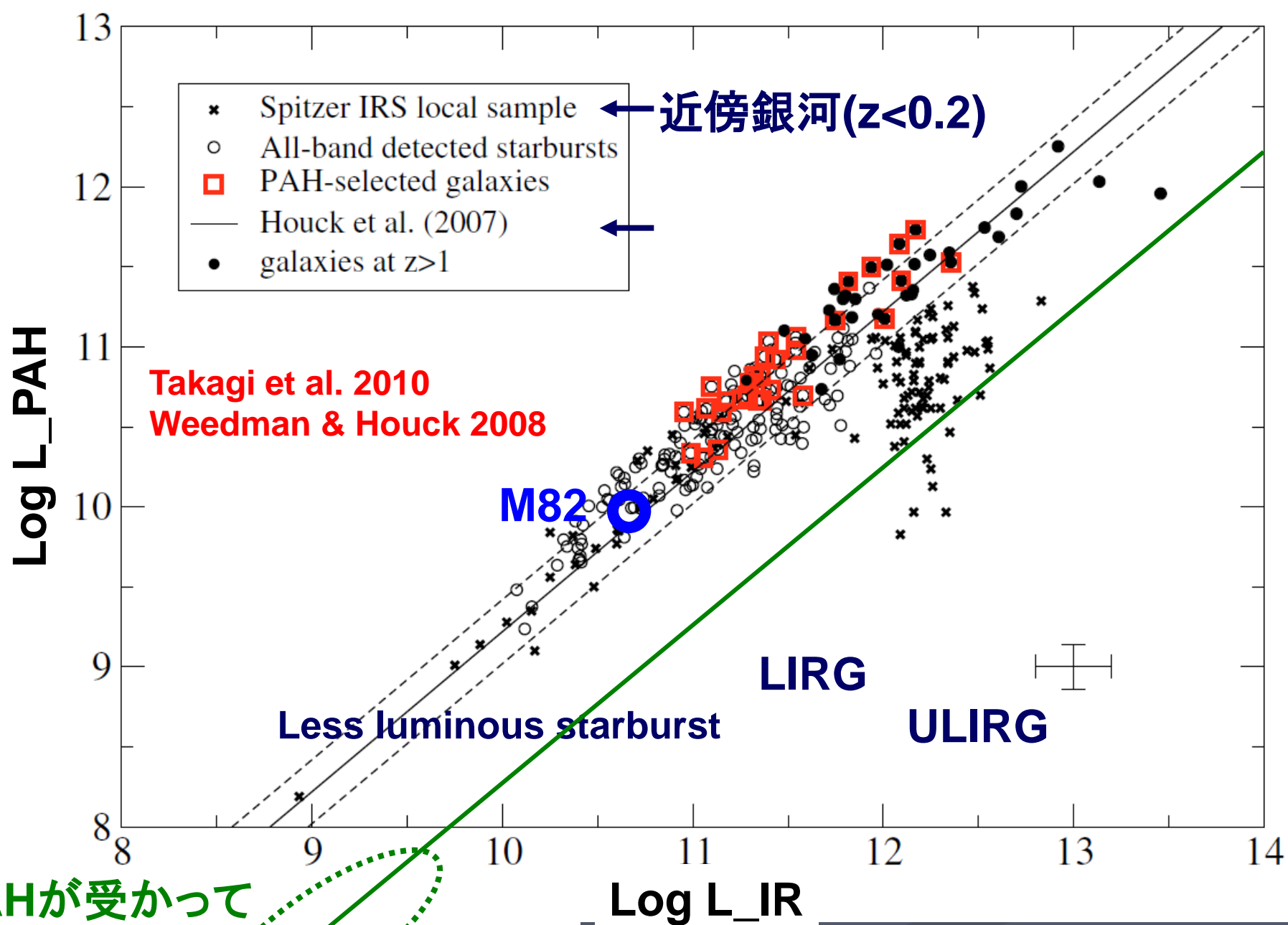
4  $\mu\text{m}$

# 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



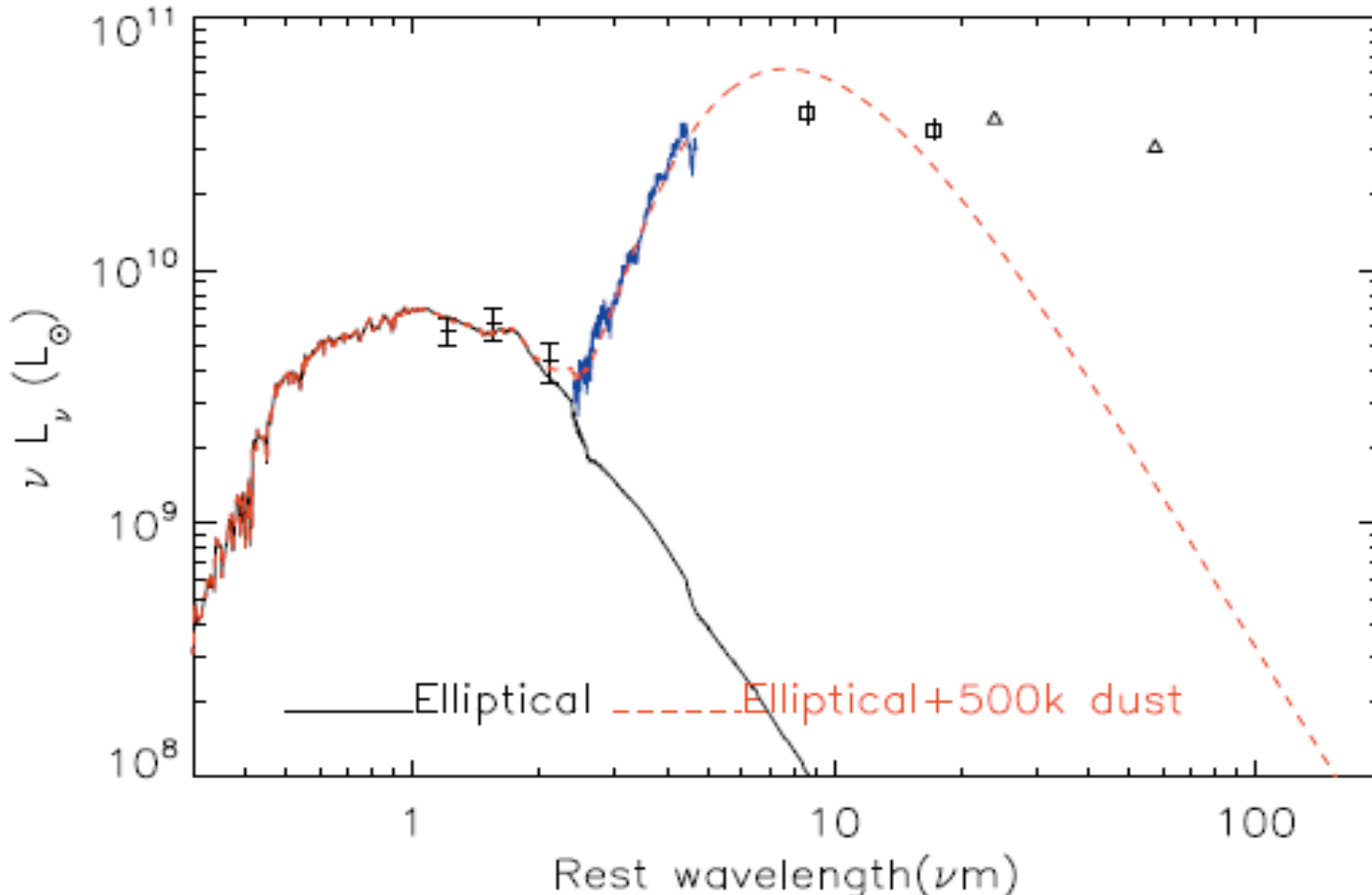


PAHが受かっている楕円銀河

# 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

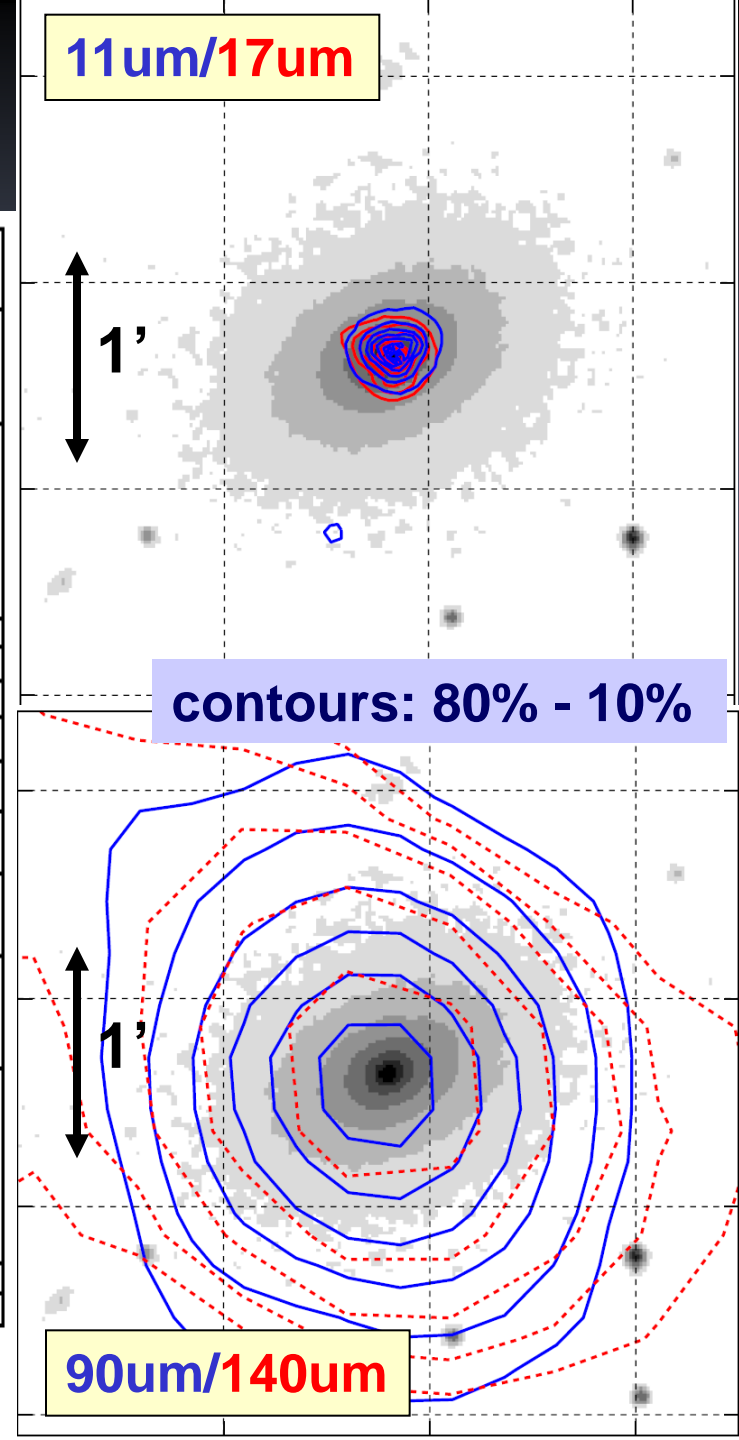
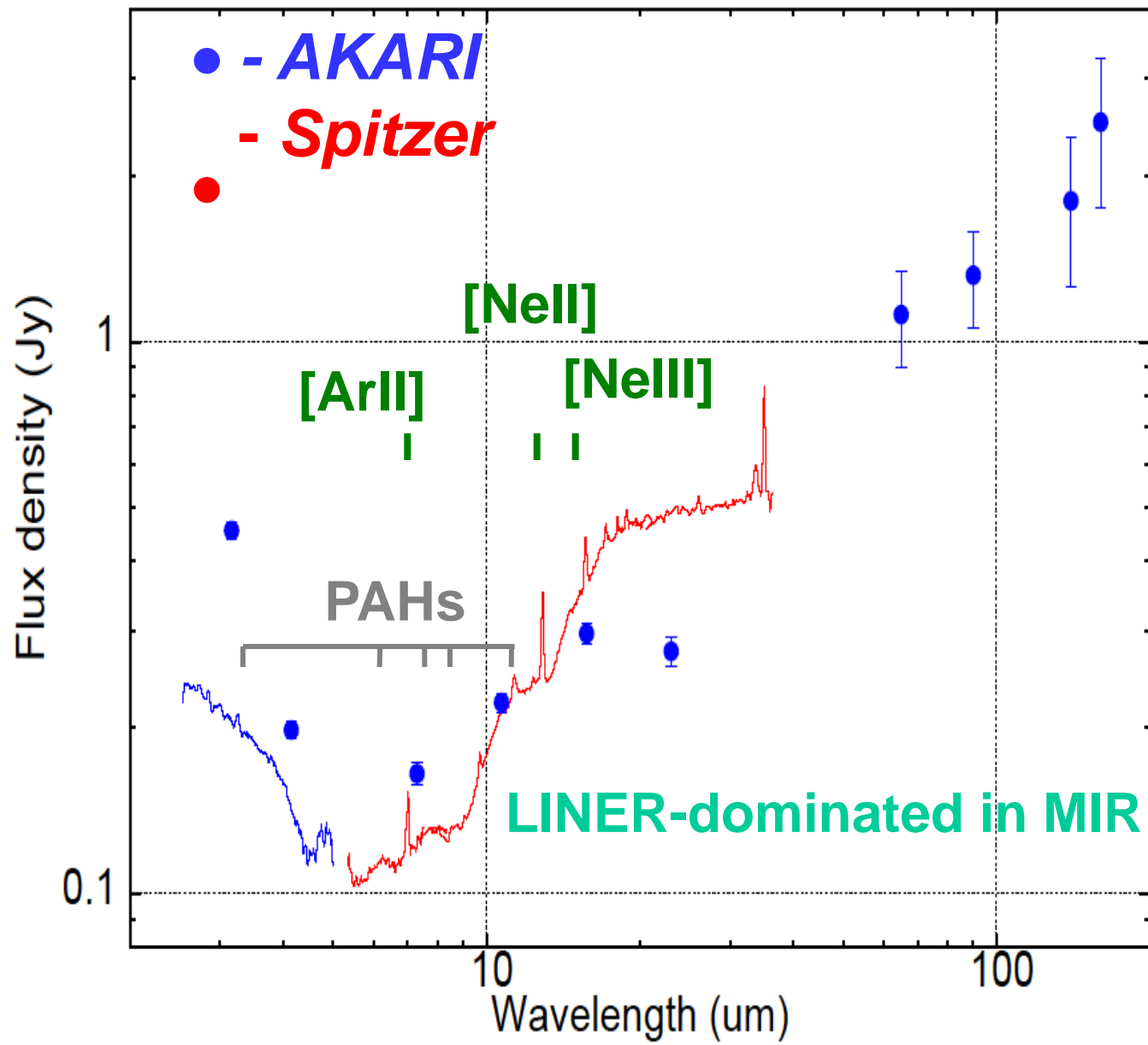
Oyabu et al. 2010



あかり中間赤外線カタログ+Phase3追観測+地上望遠鏡

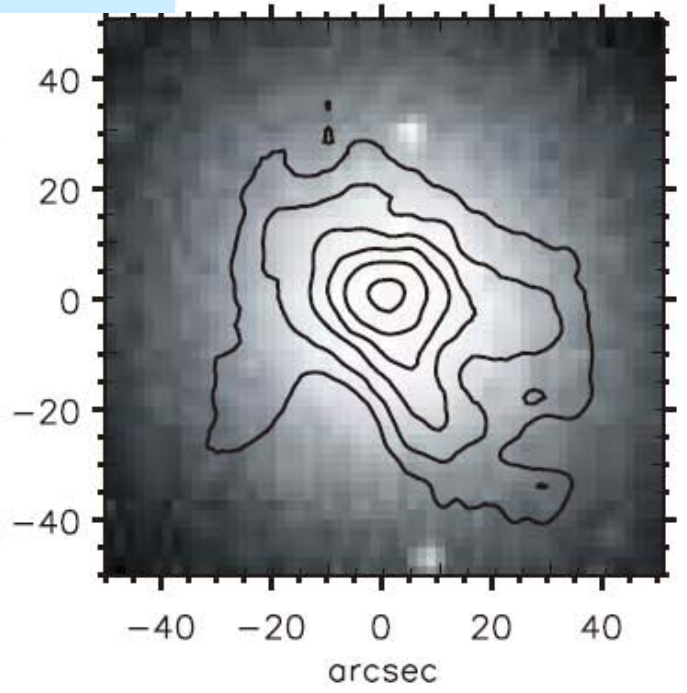
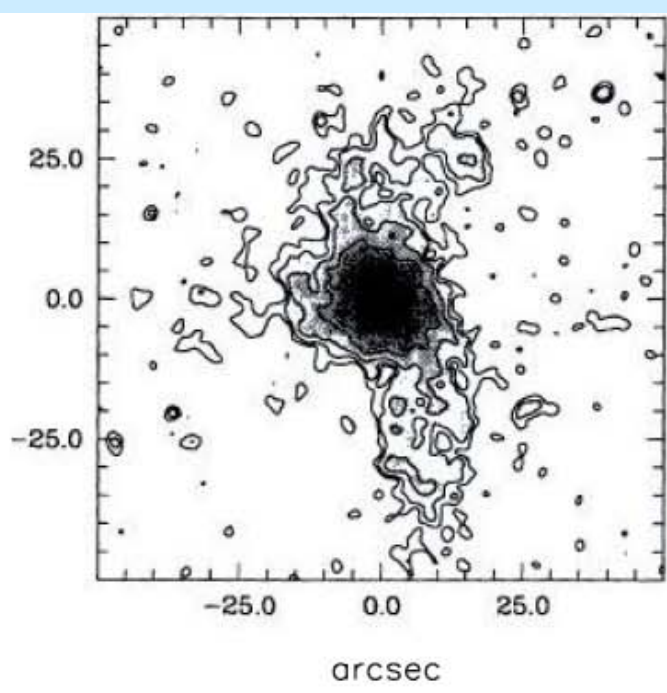
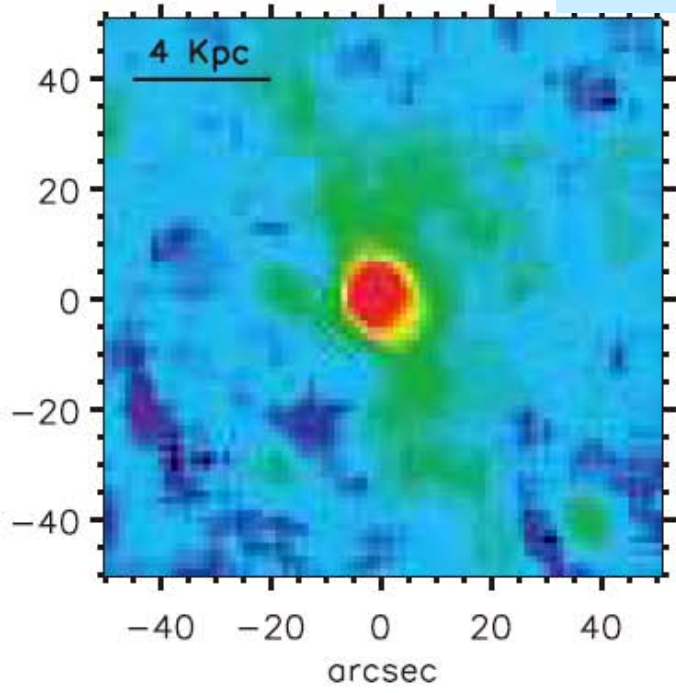
可視光で見ると普通の楕円銀河。しかし「あかり」で見ると高温の塵の放射。中心の巨大ブラックホール周りの活動か！

# 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 $\mu$ m)

**H $\alpha$  + [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  $\sim 400$  km/s  $\Rightarrow$   $0.1 \mu$ mダストが、sputtering lifetime  $\sim 10^7$ 年で、 $\sim 5$  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？