

銀河衝突が与える 星間ダストへの影響

Yamada, R. et al. (2013), PASJ, 5, 103

山田梨加, 名古屋大学修士論文, 2013年度

Murata, K. L. et al. in prep.

村田勝寛（名古屋大学）

共同研究者

山田梨加, 大薮進喜, 金田英宏, 石原大助（名古屋大学）, 山岸光義（宇宙研）

星間ダスト

Introduction

Big Grain (BG)

10 - 200 nm

非晶質カーボン
非晶質シリケート

< 50 K 熱平衡
赤外線連続光

Very Small Grain (VSG)

1 - 10 nm

主に非晶質カーボン

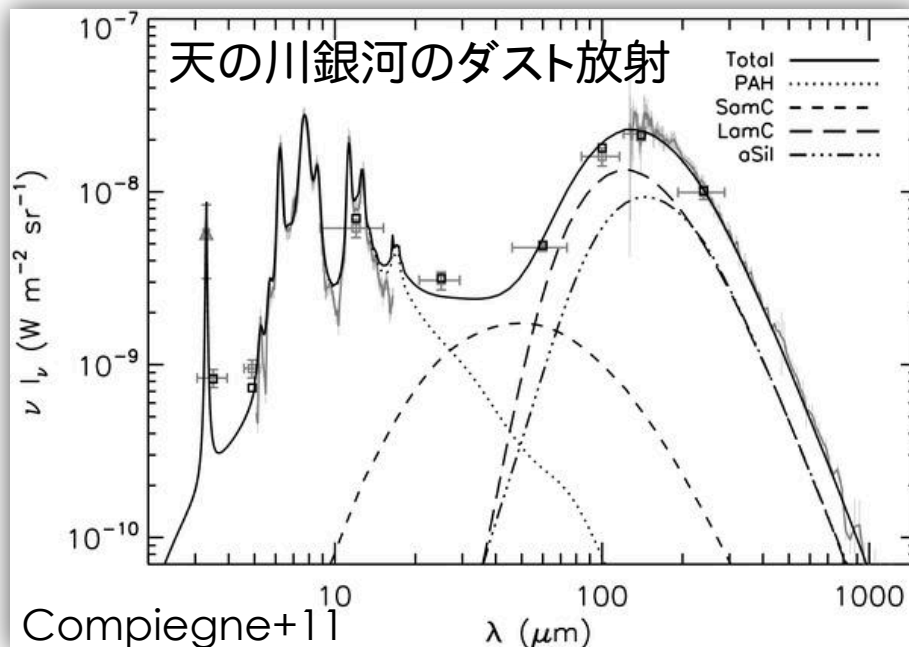
60-300 K
中間-遠赤外線の連続光

多環芳香族炭化水素 (PAH)

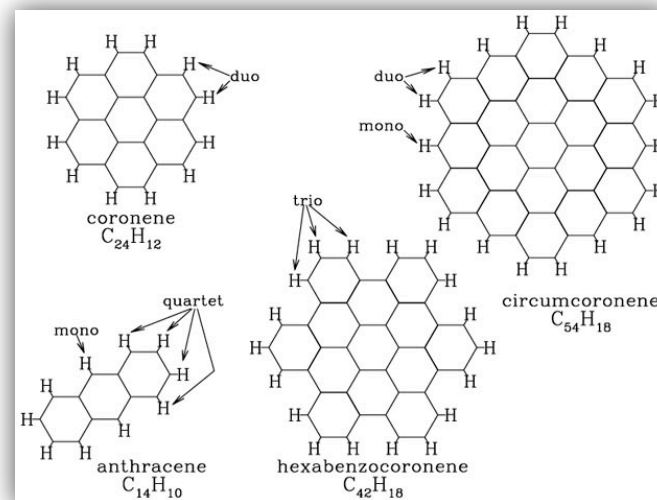
0.3 - 1 nm

C原子が50-100個程度

spectral features放射



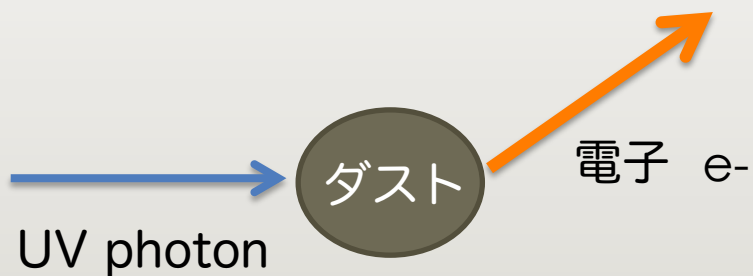
PAHの例



Draine+04

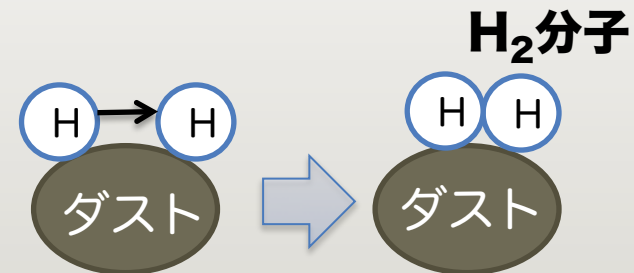
ダストの重要性

HIガスの光電加熱



紫外線+ダスト → 電子放出 → ガスの加熱

H₂分子形成の場



ダスト表面でH原子が衝突
→ H₂を形成

宇宙空間の有機物

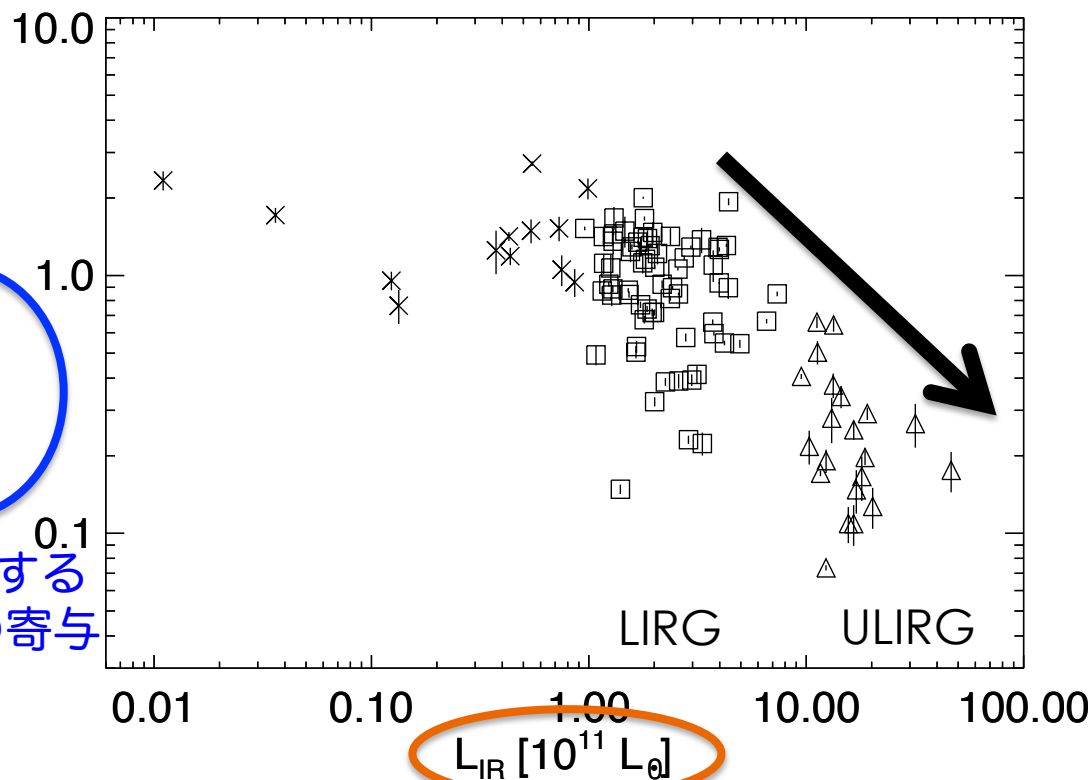
PAH：生命誕生に重要な
役割を果たした可能性

星形成銀河の PAH/IR 光度比

Yamada+13
PASJ, 65,103

$L_{\text{PAH}3.3}/L_{\text{IR}} [10^{-3}]$

全ダスト放射に対する
3.3 μm PAH放射の寄与

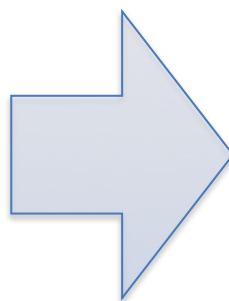


全赤外線光度 $L(8-1000 \mu\text{m}) \sim$ 全ダスト放射

- 赤外線で明るい銀河では
3.3 μm PAH光度が全赤外線光度に対して小さい傾向
- 〔先行〕 赤外線で明るい銀河は衝突銀河 (e.g., Sanders & Mirabel 1996)

→ 衝突銀河でPAHが減少傾向

「銀河衝突によるPAHの破壊」



PAHの減少

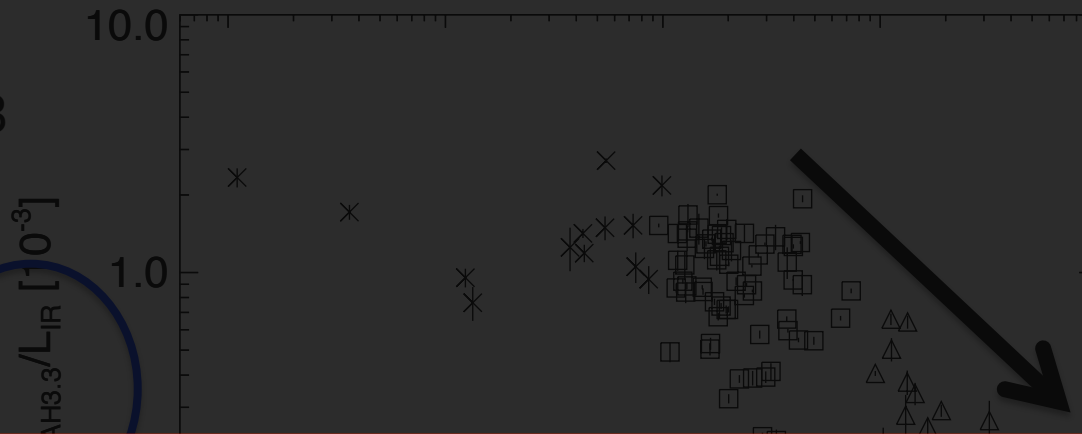
可視光面分光観測 (Monreal-Ilbero+06)
衝突銀河で、銀河全体での大域的な衝撃波
shock speed $\sim 150\text{-}500\text{km/s}$

(理論) shock speed $> 150\text{ km/s}$ でPAHは破壊 (Micelotta+10)

銀河衝突で発生した衝撃波で、PAHが破壊されている可能性

星形成銀河の PAH/IR 光度比

Yamada+13
PASJ, 65,103



Yamada+13のサンプルで
衝突銀河かどうか調べていない

全ダスト放射
3.3 μ m PAH放射

0.01 0.10 1.00 10.00 100.00
 $L_{IR} [10^{11} L_{\odot}]$

全赤外線光度 $L(8-1000 \mu m) \sim L(PAH) + L(VSG) + L(BG)$

- 赤外線で明るい銀河では
3.3 μ m PAH放射が全赤外線光度に対して小さい傾向
- 〔先行〕 赤外線で明るい銀河は衝突銀河 (e.g., Sanders & Mirabel 1996)
→ 衝突銀河でPAHが減少傾向

我々の
これまでの研究

本研究

可視光画像で銀河衝突の有無を確認

Q) PAHが減少しているのは
「本当に」 衝突銀河か？

銀河サンプル



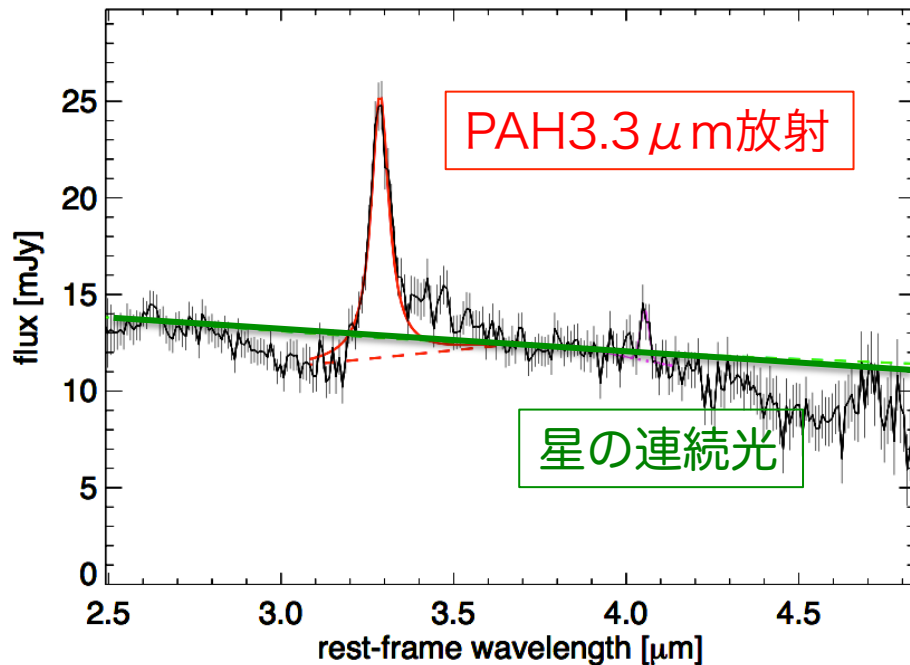
赤方偏移 $z < 0.2$ の星形成銀河 55個

- Yamada+13のサンプルから衝突銀河の有無が調べられる銀河
 - 十分に空間分解された可視光画像
 - SDSS@ $z < 0.1$ (FWHM $< 2.8 \text{ kpc}$ @ $z = 0.1$) or HST
- 赤外線天文衛星「あかり」 近赤外線分光サーベイ
AGNUL (Imanishi+08,10), MSAGN (Oyabu+11)
- $2.5\text{-}5 \mu\text{m}$ の分光データで、近赤外線AGN診断
→ **AGNを除外**
- ∴ 星形成銀河で何が起こっているか調べたい

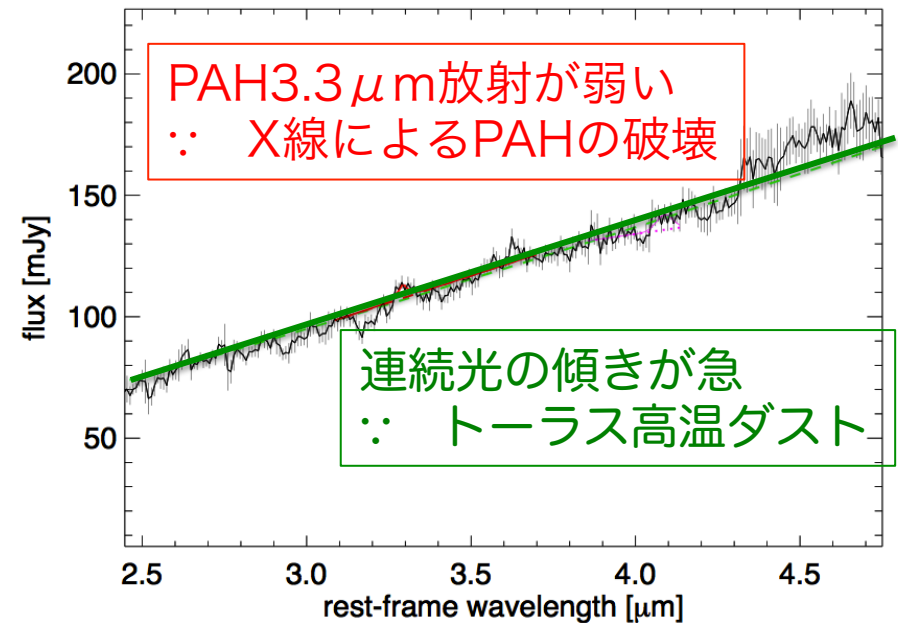
AGN診断

- $\text{EW}(\text{PAH}3.3\mu\text{m})$,
- 近赤外線連続波スペクトル傾きでAGNを判定する

星形成銀河



AGN



$\text{EW}(\text{PAH}) > 40\text{nm}$ & (連続光傾き) < 1 を星形成銀河

(Imanishi+06,10)

→ AGN判定された銀河はサンプルから除外

物理量の評価

SED fitting

モデルSED

DustEM (Compiegne+11)

- ダスト3種類 : BG, VSG, PAH
- NIR continuum
(3000K BB + 600K BB)

input (observed SED)

- 中間-遠赤外線測光 (AKARI, WISE, IRAS)
- 近赤外線分光 (AKARI/IRC)

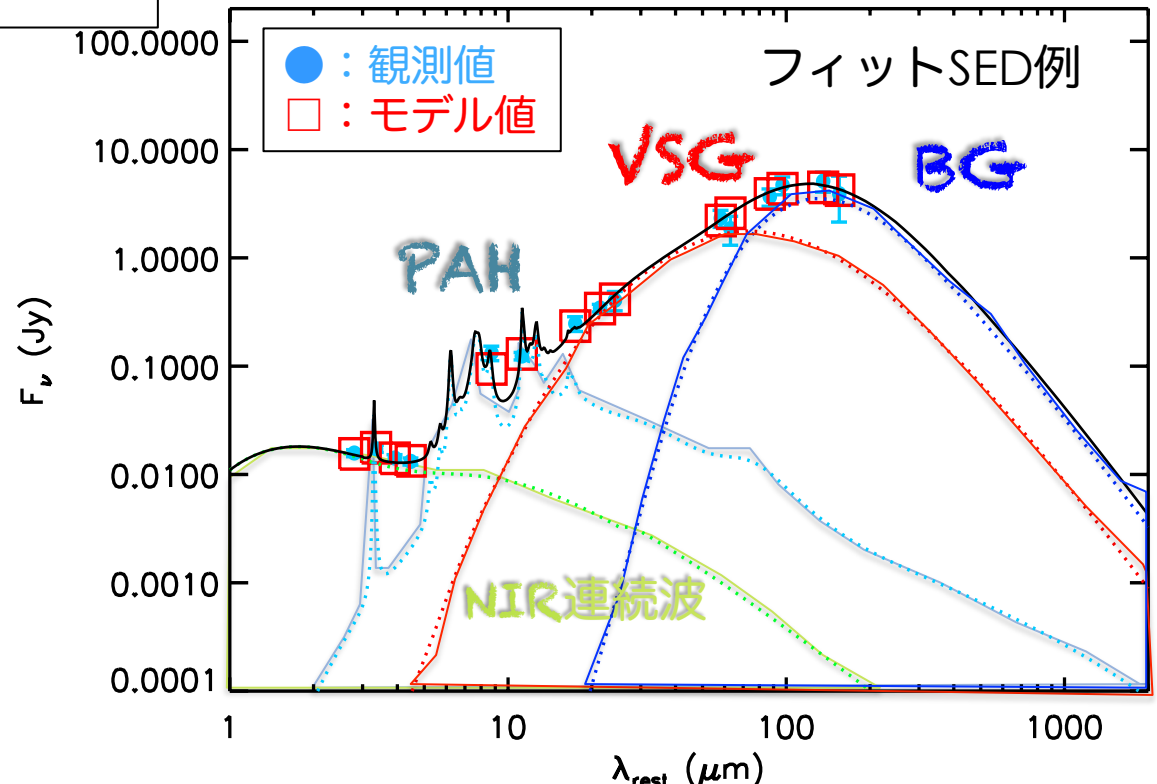
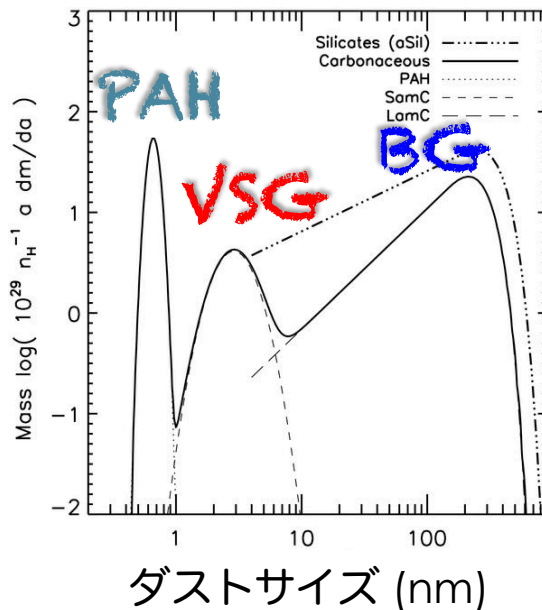
free parameters

BG, VSG, PAH存在量

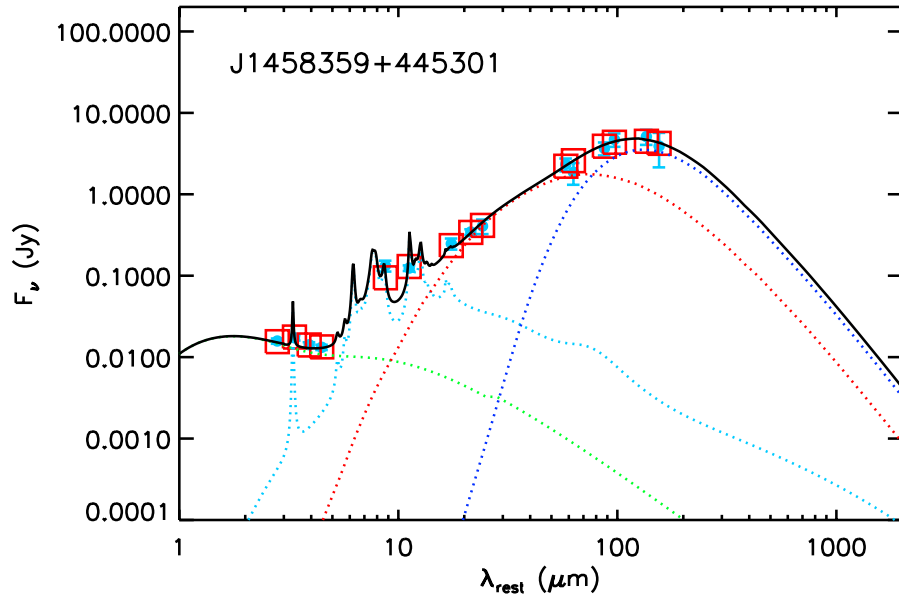
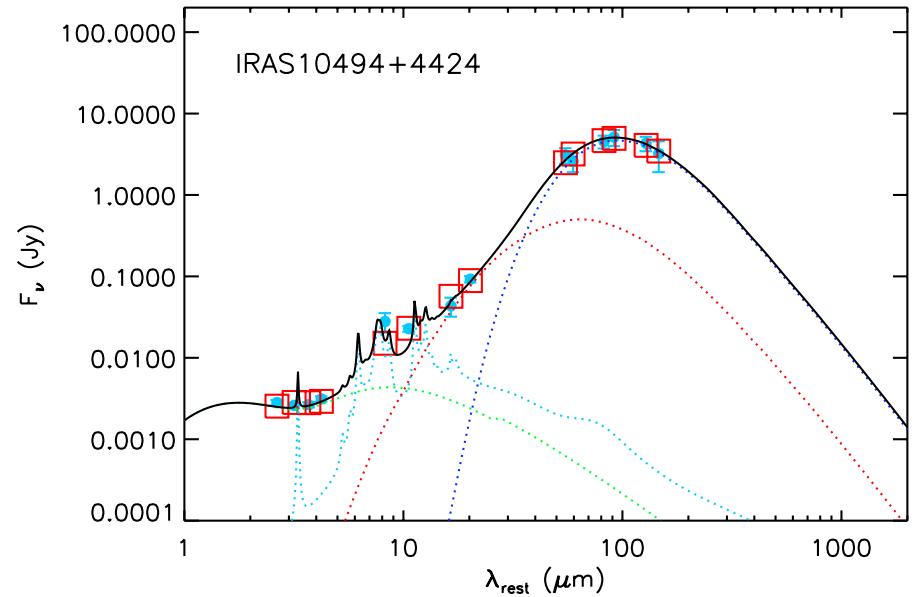
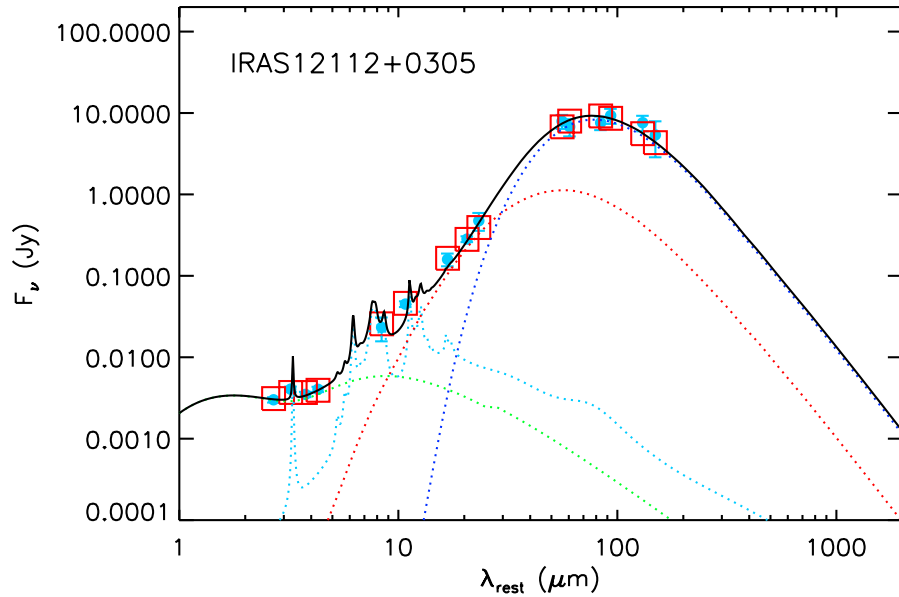
NIR連続波強度、輻射場強度

→ 各ダスト成分の光度、質量など

ダストサイズ分布



SED fitting 結果



星形成銀河 55個

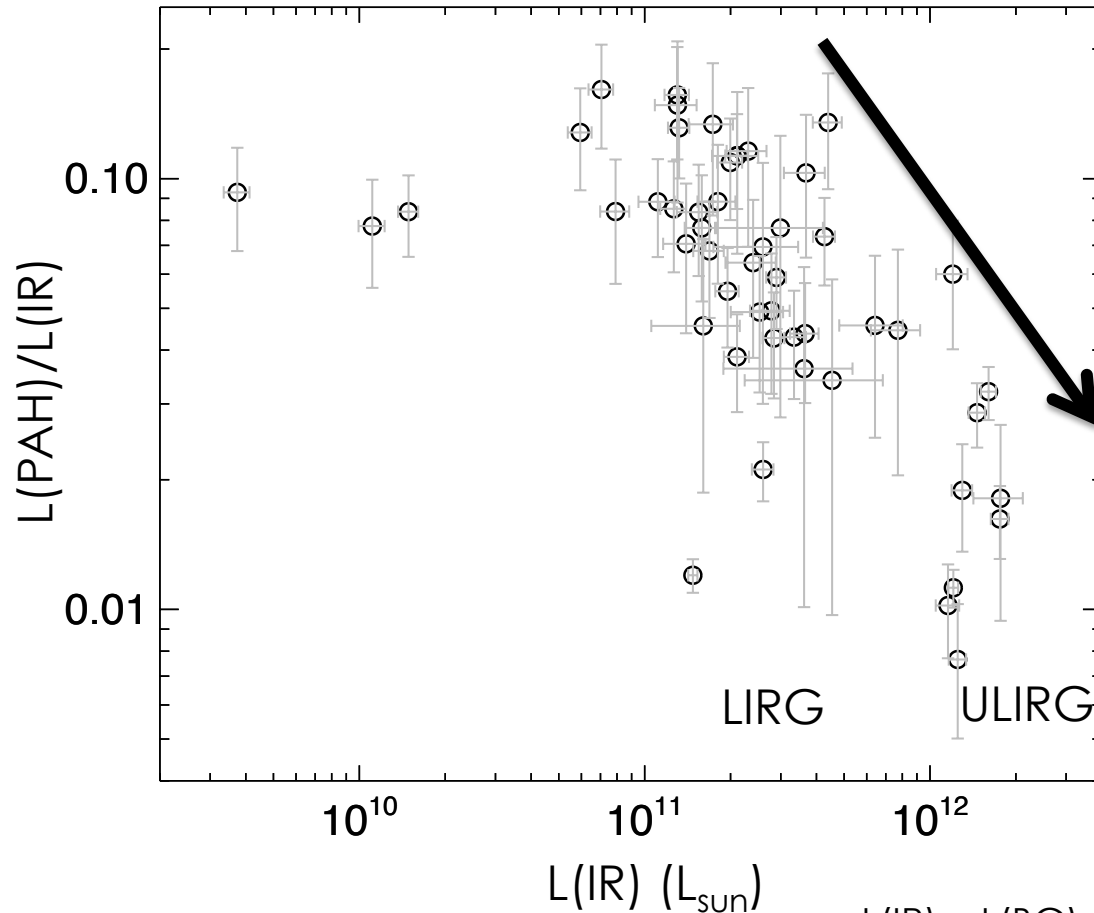
Fittingの χ^2 検定

- 51個 90%信頼度accept
- 4個 reject

以降は、accept銀河のみを議論

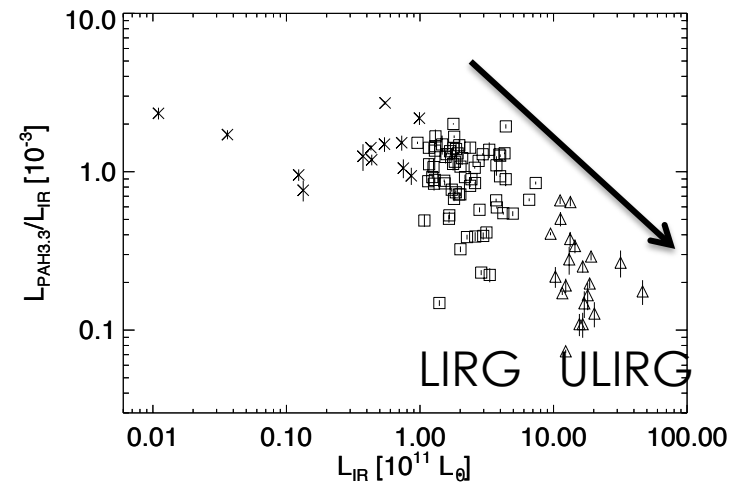
PAH/IR

L(IR) --- L(PAH)/L(IR)



L(IR) --- L(PAH3.3 μm)/L(IR)

Yamada+13



$$L(\text{IR}) = L(\text{BG}) + L(\text{VSG}) + L(\text{PAH})$$

赤外線で明るい銀河では、 $L(\text{PAH})/L(\text{IR})$ が減少傾向

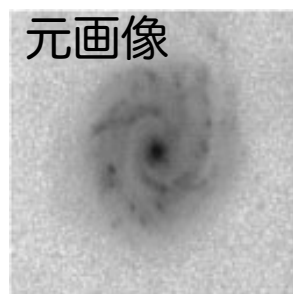
衝突銀河/非衝突銀河の分類

Asymmetry (A) : 180°回転に対する非対称性

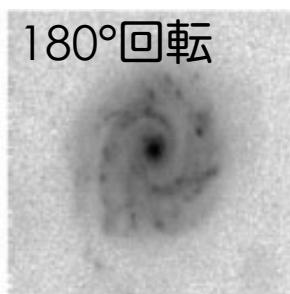
$A > 0.35 \rightarrow$ 衝突銀河 (伴銀河含む)

$A < 0.35 \rightarrow$ 非衝突銀河

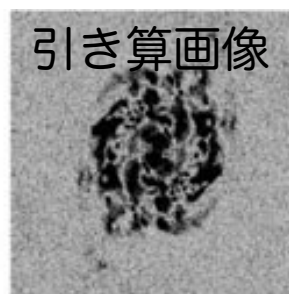
(Lotz et al. 04)



I

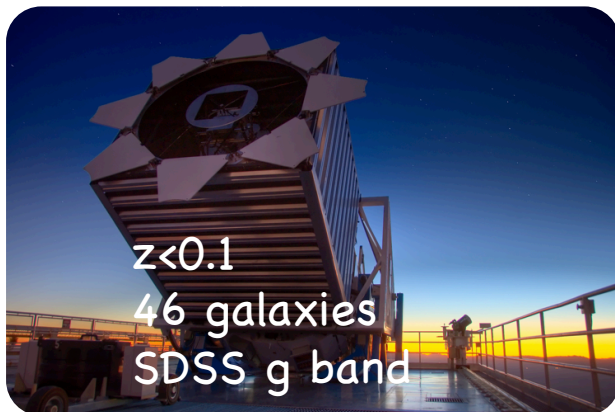


R



abs(I-R)

$$A = \frac{\text{abs}(I-R)}{I}$$



$z < 0.1$

46 galaxies

SDSS g band



$0.1 < z < 0.2$

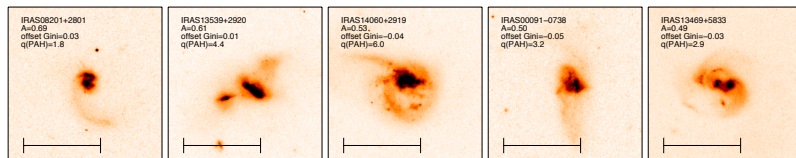
5 galaxies

HST F814W

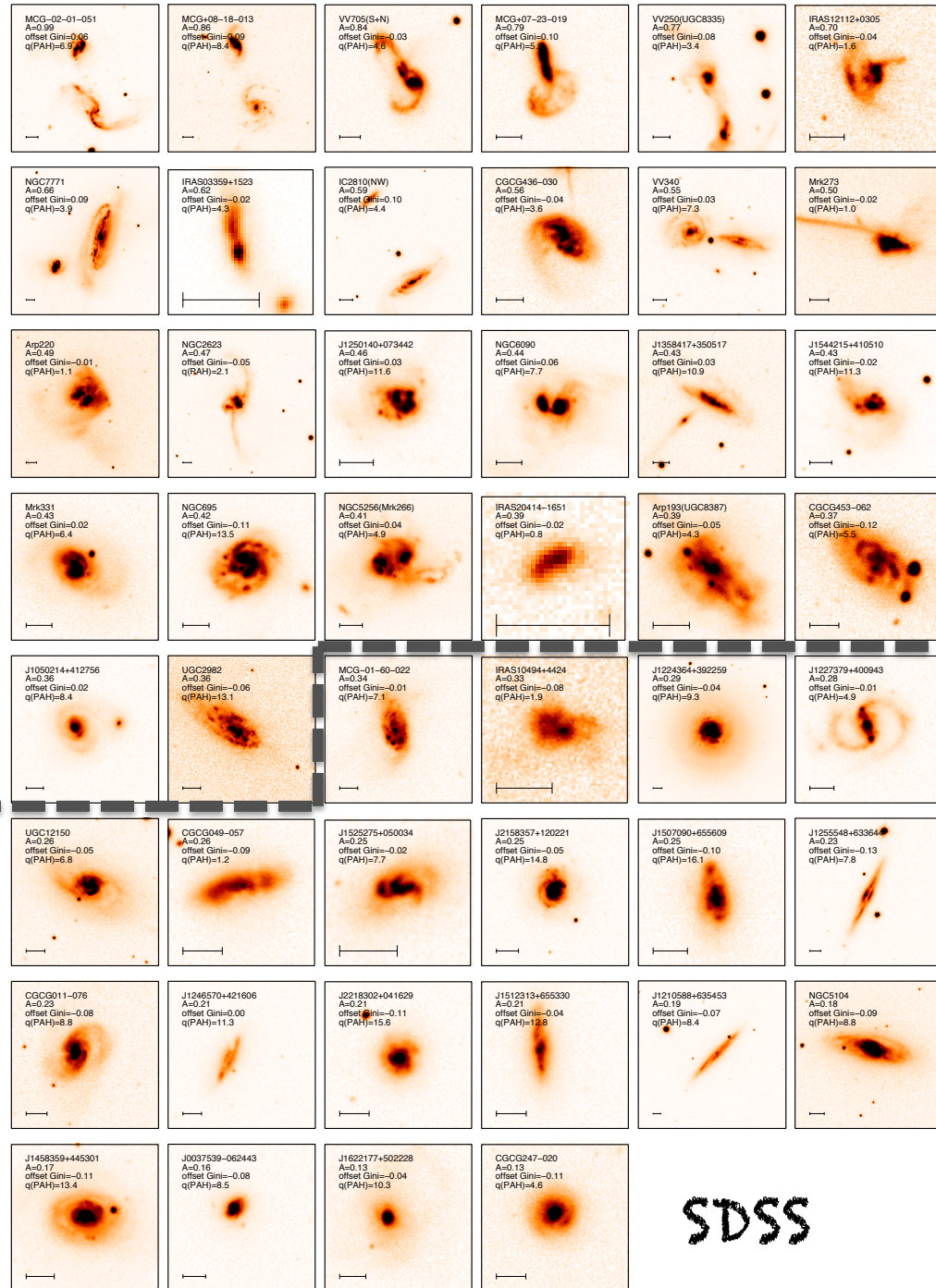
衝突銀河

$A > 0.35$

31 個



HST



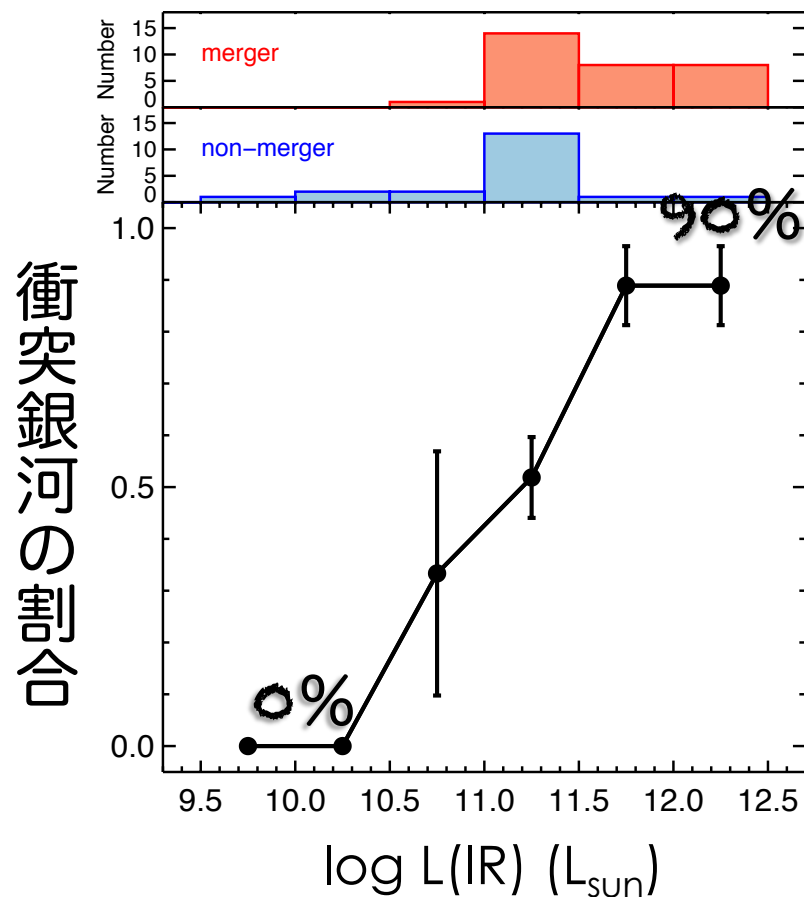
SDSS

非衝突銀河

$A < 0.35$

20 個

衝突銀河の割合と赤外線光度



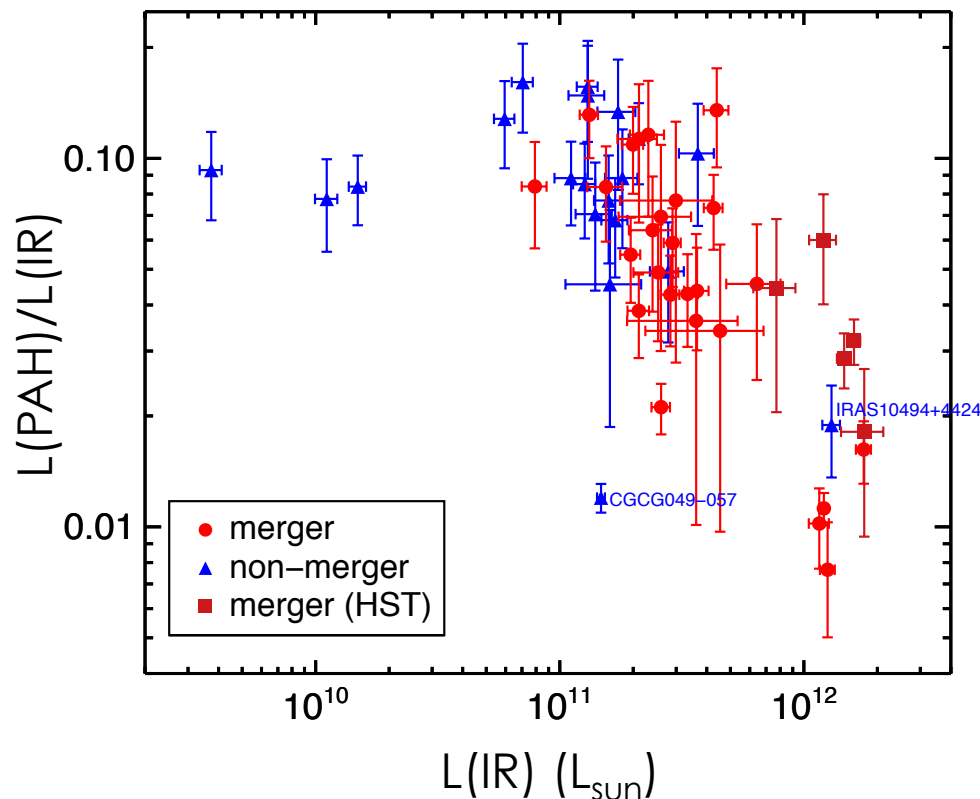
$$L(\text{IR}) = L(\text{BG}) + L(\text{VSG}) + L(\text{PAH})$$

赤外線光度 $L(\text{IR})$ が大きい銀河ほど、
衝突銀河の割合が大きい

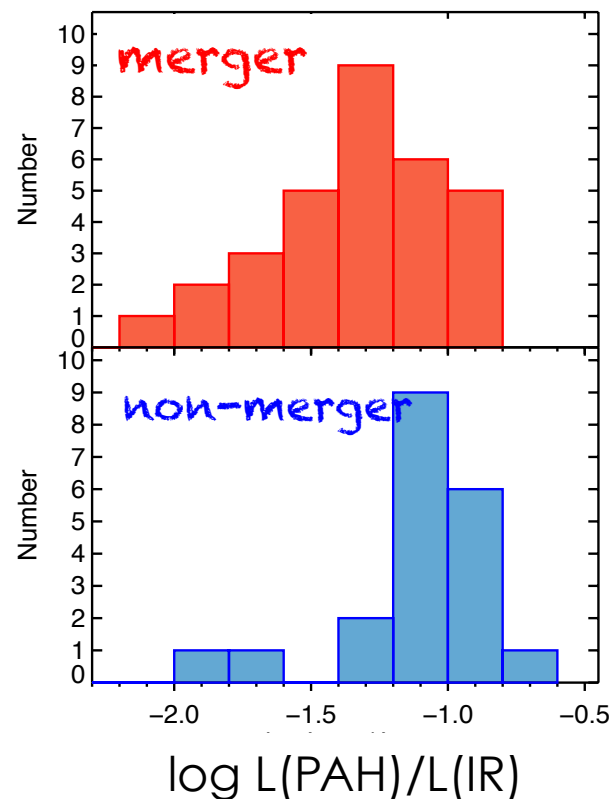
メインの結果と議論

PAH/IR 光度比

$L(\text{PAH})/L(\text{IR})$ と $L(\text{IR})$



$L(\text{PAH})/L(\text{IR})$ 分布



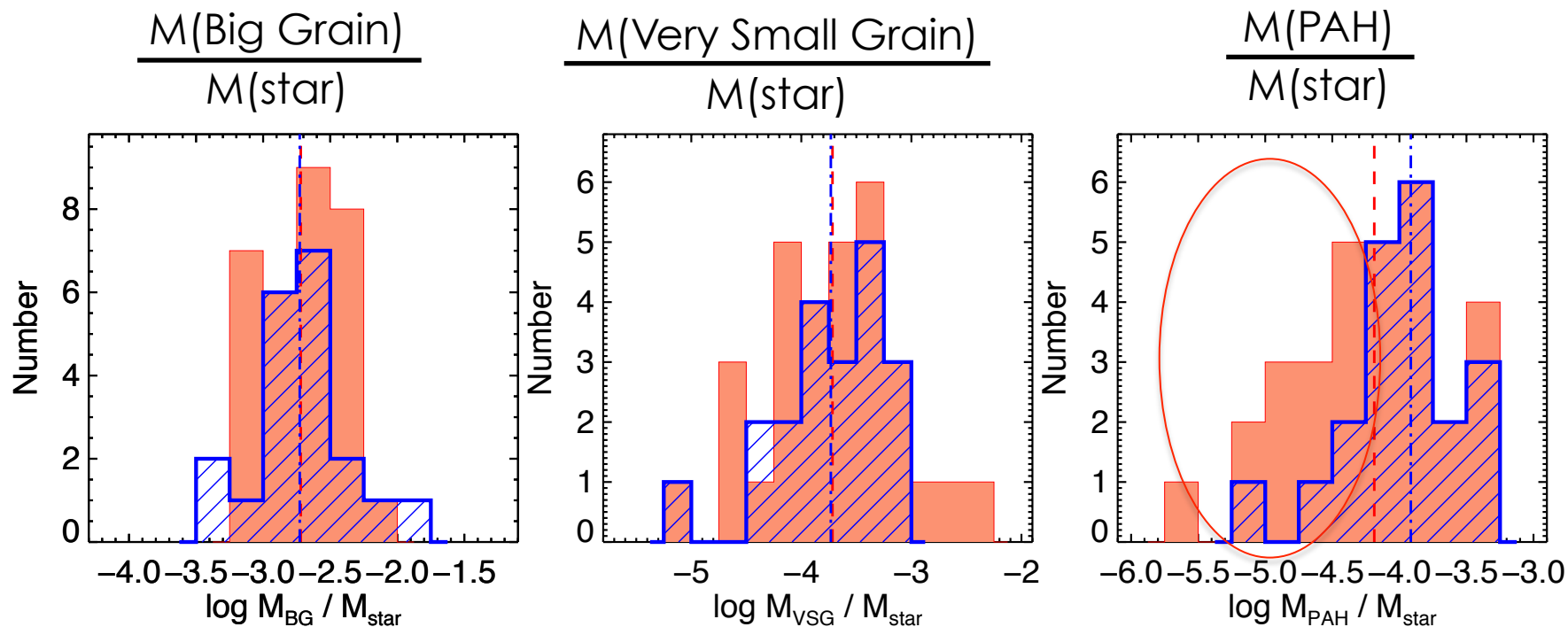
PAH/IR光度比が小さい銀河は、衝突銀河が支配的
※ 全ての衝突銀河がPAH/IR光度比が小さいわけではない

ダスト/星 質量比

青斜線：非衝突銀河

赤塗：衝突銀河

縦線：衝突/非衝突銀河のmedian値



衝突銀河と非衝突銀河で
分布は同じ

衝突銀河は
非衝突銀河よりも
小さい $M(\text{PAH})/M(\text{star})$

PAH/star質量比が小さい銀河は、衝突銀河が支配的
※全ての衝突銀河が、PAH/star質量比が小さいわけではない

PAHが減少しているのは
“本当に” 衝突銀河か？

YES.

※全ての衝突銀河がPAHが減少しているわけではない

PAHが減少している衝突銀河と
PAHが減少していない衝突銀河は
何が違うのか？

一つの可能性 衝突段階の違い？

preliminary result

銀河の衝突過程

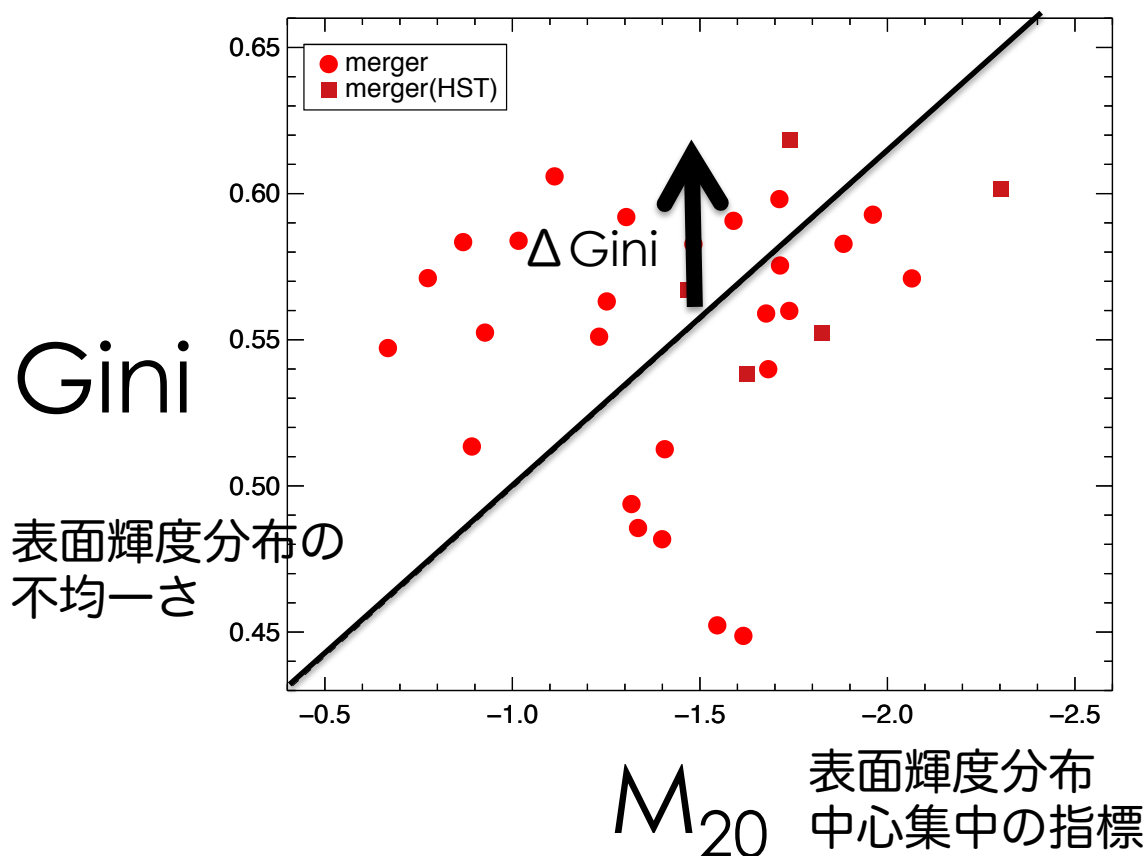
2つの銀河は
お互いの距離を縮めながら
最終的に合体する



伴銀河

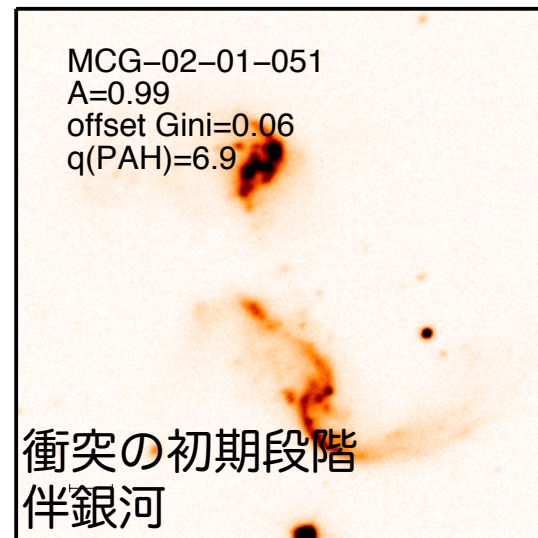
本研究の
“衝突銀河”

衝突段階の評価方法

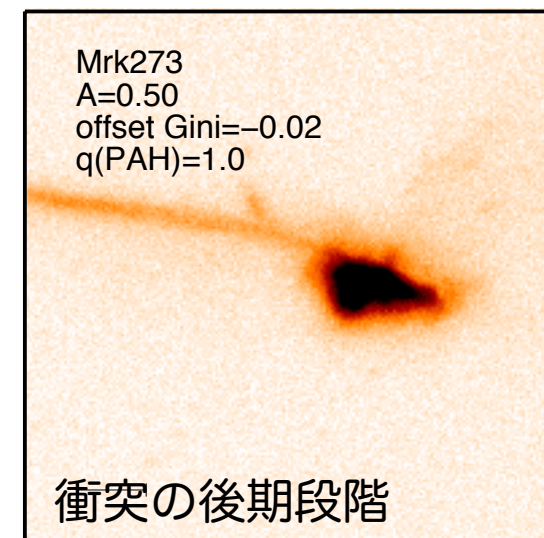


衝突の初期 : $A > 0.35$, $\Delta \text{Gini} > 0$
 衝突の後期 : $A > 0.35$, $\Delta \text{Gini} < 0$
 (Fig.5 of Lotz+08)

$\Delta \text{Gini} > 0$



$\Delta \text{Gini} < 0$



衝突段階とPAH

- $M(\text{PAH})/M(\text{star})$
- $L(\text{PAH})/L(\text{IR})$

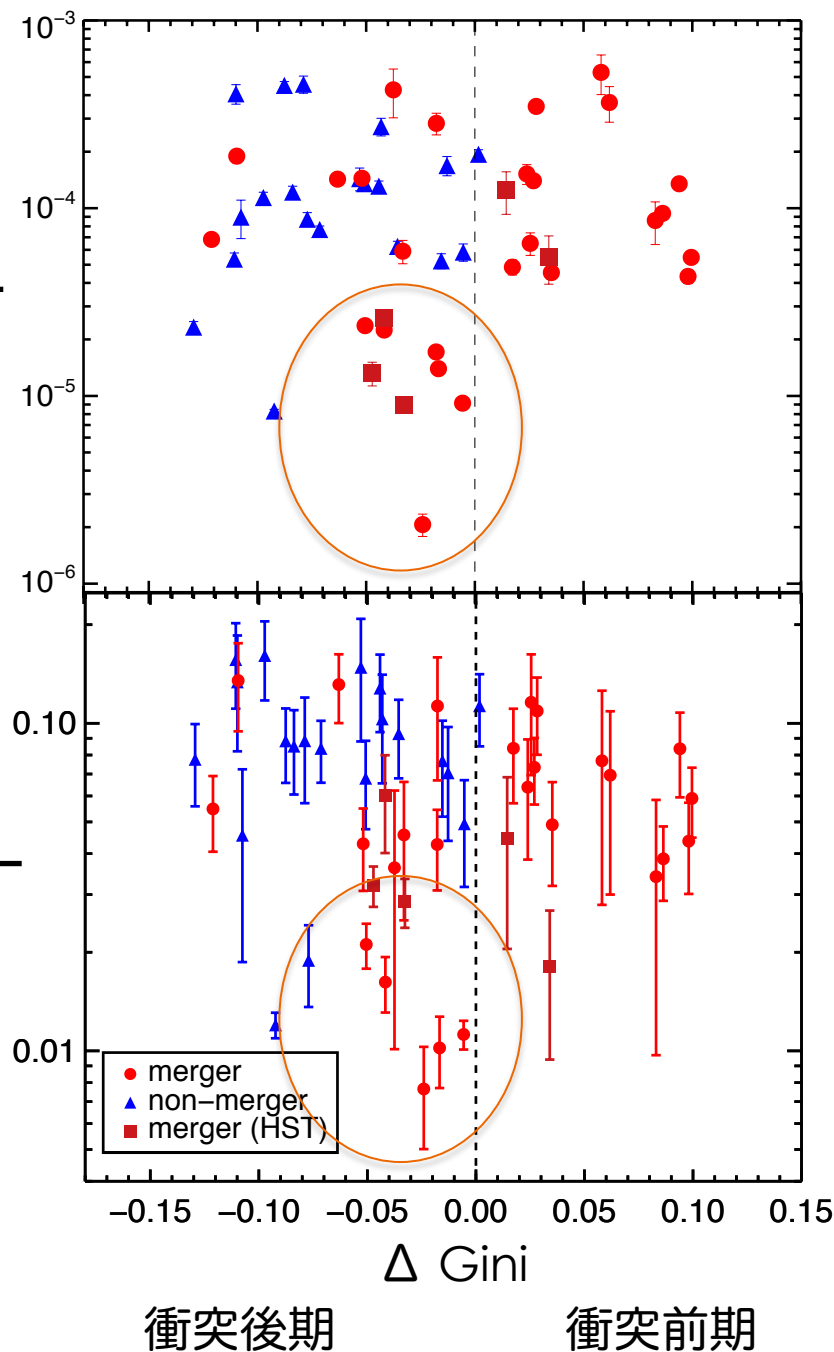
が減少している衝突銀河は
衝突後期段階にある

→ 衝突後期にPAHが減少した可能性

衝突後期の銀河ほど、
 $\text{H}\alpha$ 輝線分散が衝撃波的 ($\sigma > 100\text{km/s}$)
なものが増える
(Rich +15)

$$\frac{M(\text{PAH})}{M(\text{star})}$$

$$\frac{L(\text{PAH})}{L(\text{IR})}$$



まとめ

- 赤外線天文衛星「あかり」などを用いて、
 $z < 0.2$ 星形成銀河の赤外線の性質と銀河衝突との関係を調べた
- 衝突銀河では、PAH/IR光度比、PAH/star質量比が減少している

※全ての衝突銀河が減少しているわけではない

- この違いは、衝突段階の違いの可能性
- 衝突後期段階で衝撃波が発生し、PAHが破壊されている可能性