

miniTAO/ANIR Padで探る
近傍赤外線銀河の星形成活動
-LIRGsサーベイとTaffy銀河-

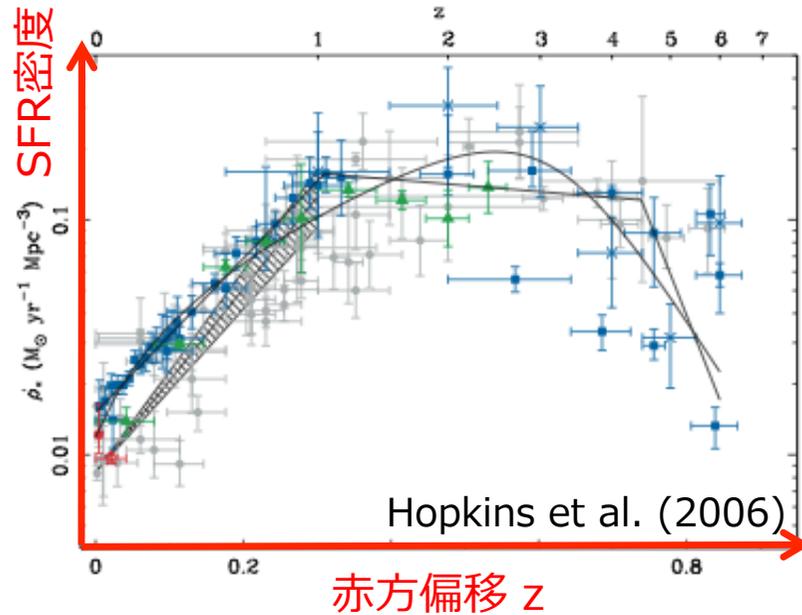
○**館内 謙**、本原 顕太郎、小西 真広、高橋 英則、加藤 夏子、大澤 亮

小麦 真也、伊王野 大介、金子 紘之(国立天文台)、植田 準子(東京大学)、
高木 俊暢(JAXA)、斎藤 貴之(国立天文台)

吉井 譲、土居 守、河野 孝太郎、川良 公明、田中 培生、宮田 隆志、田辺 俊彦、峰崎 岳夫、酒向 重行、
諸隈 智貴、田村 陽一、青木 勉、征矢野 隆夫、越田 進太郎、中村 友彦、浅野 健太郎、内山 瑞穂(東京大学)、
半田 利弘(鹿児島大学)、板 由房(東北大学)、加藤 大輔(JAXA)



赤外線銀河



- ✓ 1 < z < 3の時代に星形成活動がピークをむかえる
- ✓ この時代に全星質量の1/2が形成された
→ ガスが恒星にさかんに変換された

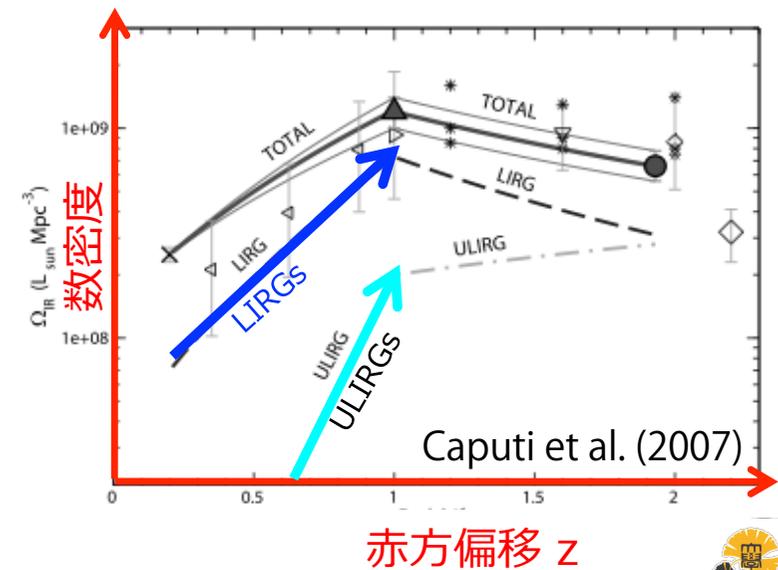
こういった盛んな星形成活動を行う銀河の大部分はU/LIRGs

Kajisawa+ 2006

ULIRGs : $10^{12} < L_{IR} < 10^{13}$
 LIRGs : $10^{11} < L_{IR} < 10^{12}$

- 赤外線で明るく輝く
- 大量のダストをまとった銀河
- 星形成を活発に行っている

- ✓ U/LIRGsの数密度は遠方ほど増加
→ 銀河進化の重要な鍵をにぎっている

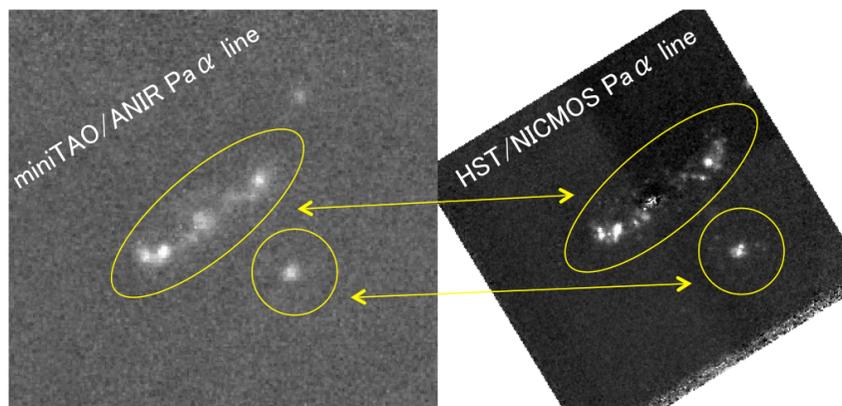


近傍U/LIRGsの星形成活動を詳細に

- ✓ 銀河進化 = 「ガス」が「恒星」に変化する現象
「いつ、どこで、どのくらい星形成が行われているか」
を詳しく知る必要がある
→個々の銀河について詳しく見ていく必要がある

遠方銀河であると点源にしか見えなく
「星形成領域の空間分布」や「速度構造」を詳細にとらえることができない

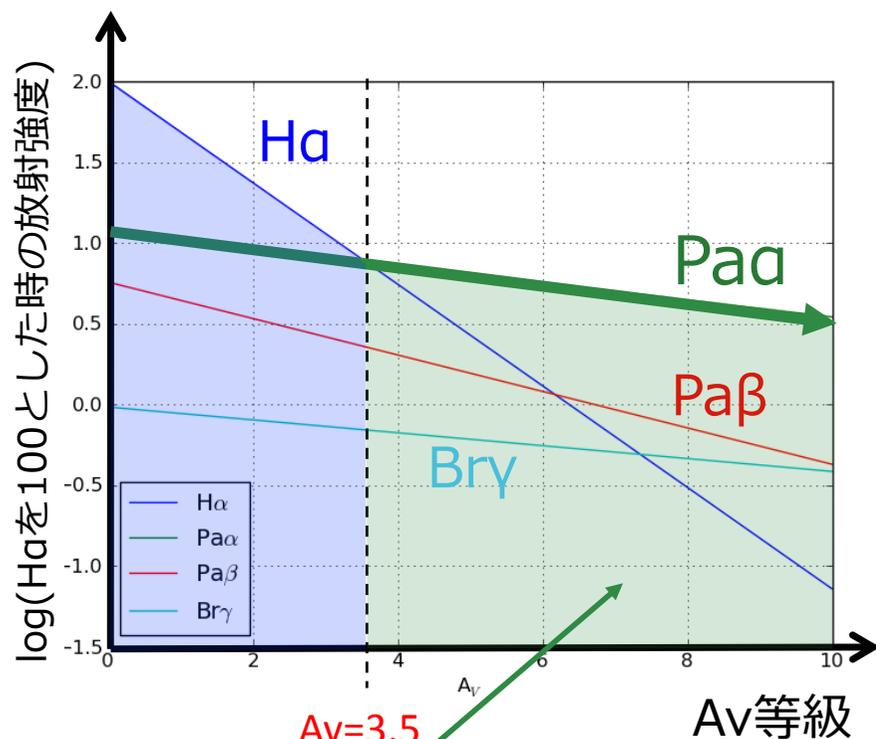
- ✓ 近傍にいる赤外線銀河であれば
空間分解が可能で詳しく星形成活動を調べることができる



Dustに埋もれた星形成を見通すPa α (1.875 μ m)

U/LIRGsは $A_V > 3\text{mag}$ 以上が多い

右図:ALONSO-HERRERO+ (2006)
H α /Paより算出



A_V 3.5等以降では
Pa α 輝線の見かけの強度が一番強い

	A_V (mag)
NGC 23	1.7 ± 0.4
NGC 3110	3.1 ± 0.4
MCG -02-33-098E	5.5 ± 0.4
MCG -02-33-098W	5.5 ± 0.4
NGC 5734	4.3 ± 0.4
NGC 5936	4.3 ± 0.4
NGC 6701	3.1 ± 0.4
NGC 7130	2.7 ± 0.4
IC 5179	5.1 ± 0.4
NGC 7591	5.0 ± 0.4
NGC 7771	4.5 ± 0.4

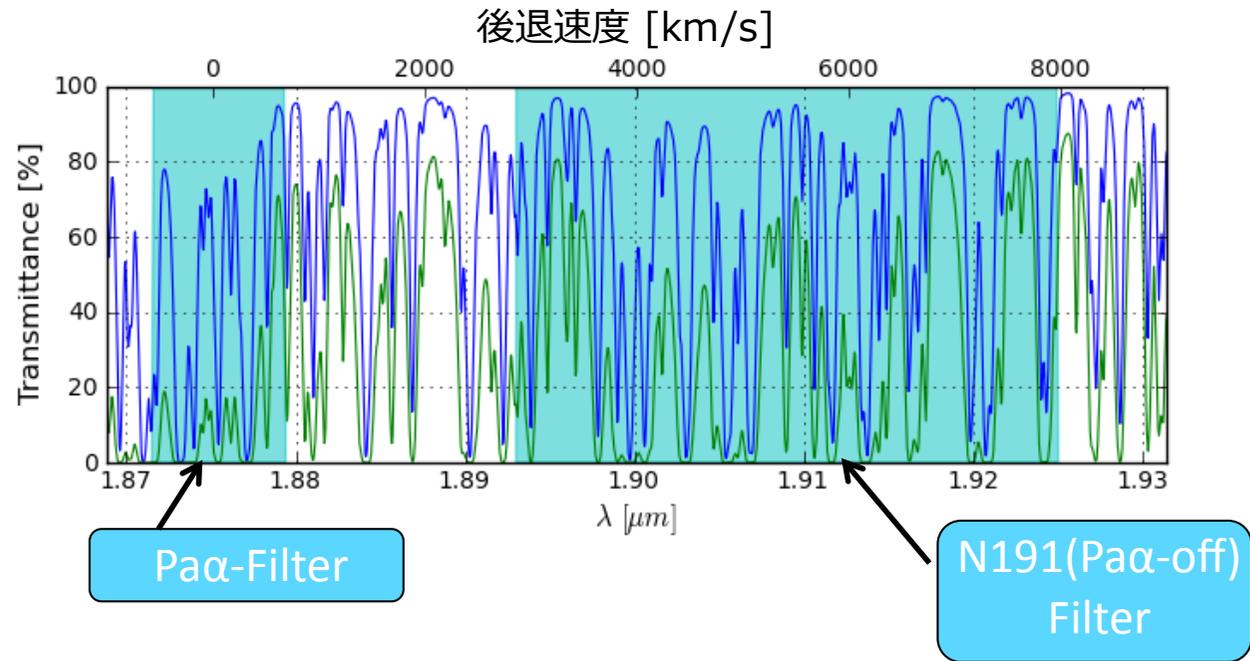
Pa α 輝線

- ① ダストによる減光の影響が少ない
→ 特に $A_V > 3\text{mag}$ 以上のU/LIRGsには好都合
- ② 赤外放射する水素再結合線の中では
最も強い放射強度を持っている
→ より面輝度の低い領域までトレース可能
- ③ 水素再結合線なので
星形成領域を直接トレース
→ 若い星形成($\sim 10\text{Myr}$)

miniTAO1.0m望遠鏡での観測

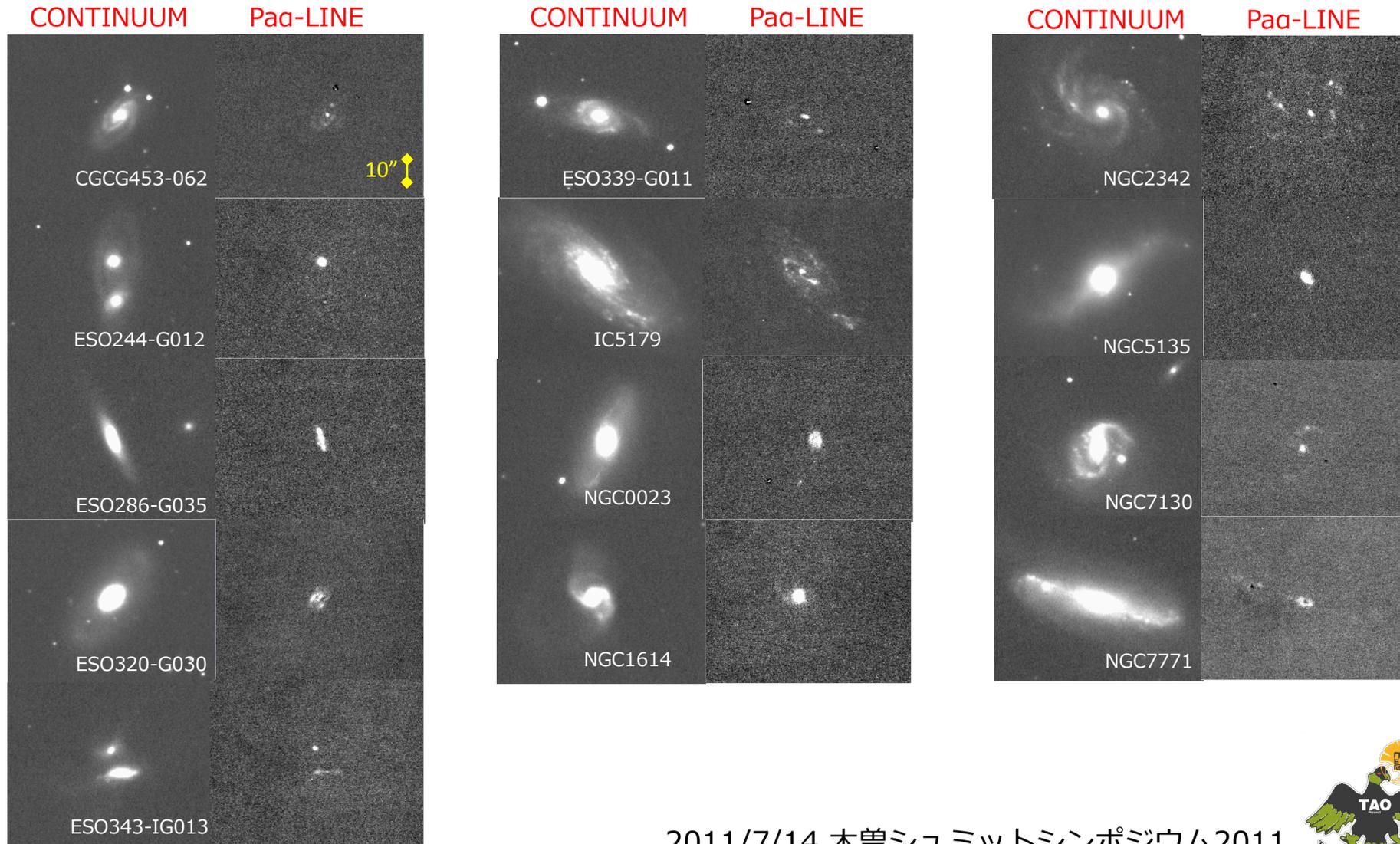
地上では大気の水蒸気吸収の影響を受けてしまう波長域にあるため観測が困難だった

Pa α 輝線は宇宙に一番近い東大アタカマ天文台(5640m)で観測可能



Pa α 輝線によるLIRGsサーベイプロジェクト

3000 km/s < 後退速度 < 8000 km/s の U/LIRGsのPa α 輝線サーベイプロジェクト
2009年6月～ 現在までに34天体のPa α 輝線検出に成功

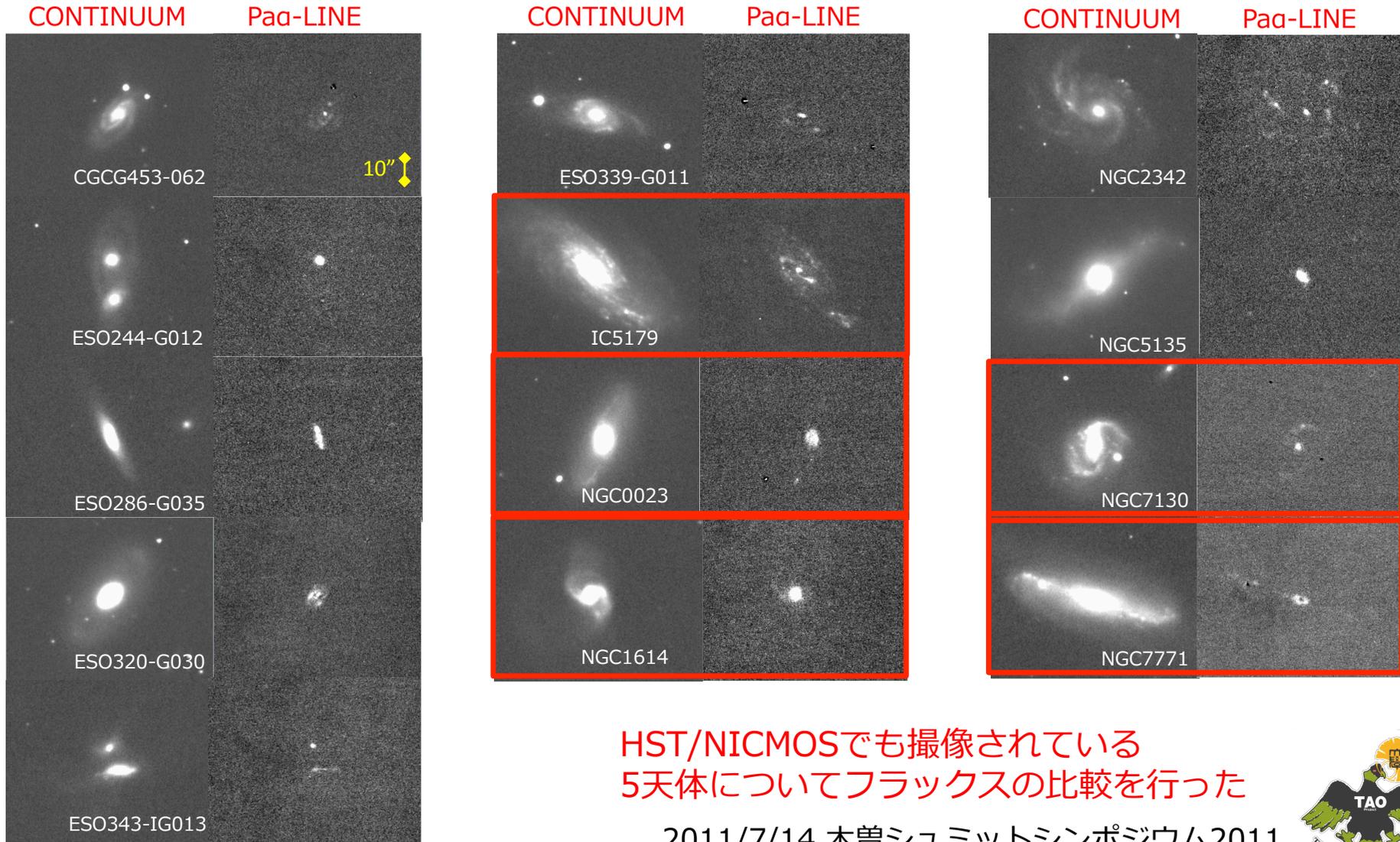


2011/7/14 木曾シュミットシンポジウム2011



HST/NICMOSとminiTAO/ANIRのPa α -Fluxの比較

3000 km/s < 後退速度 < 8000 km/s の U/LIRGSのPa α 輝線サーベイプロジェクト
2009年6月～ 現在までに34天体のPa α 輝線検出に成功

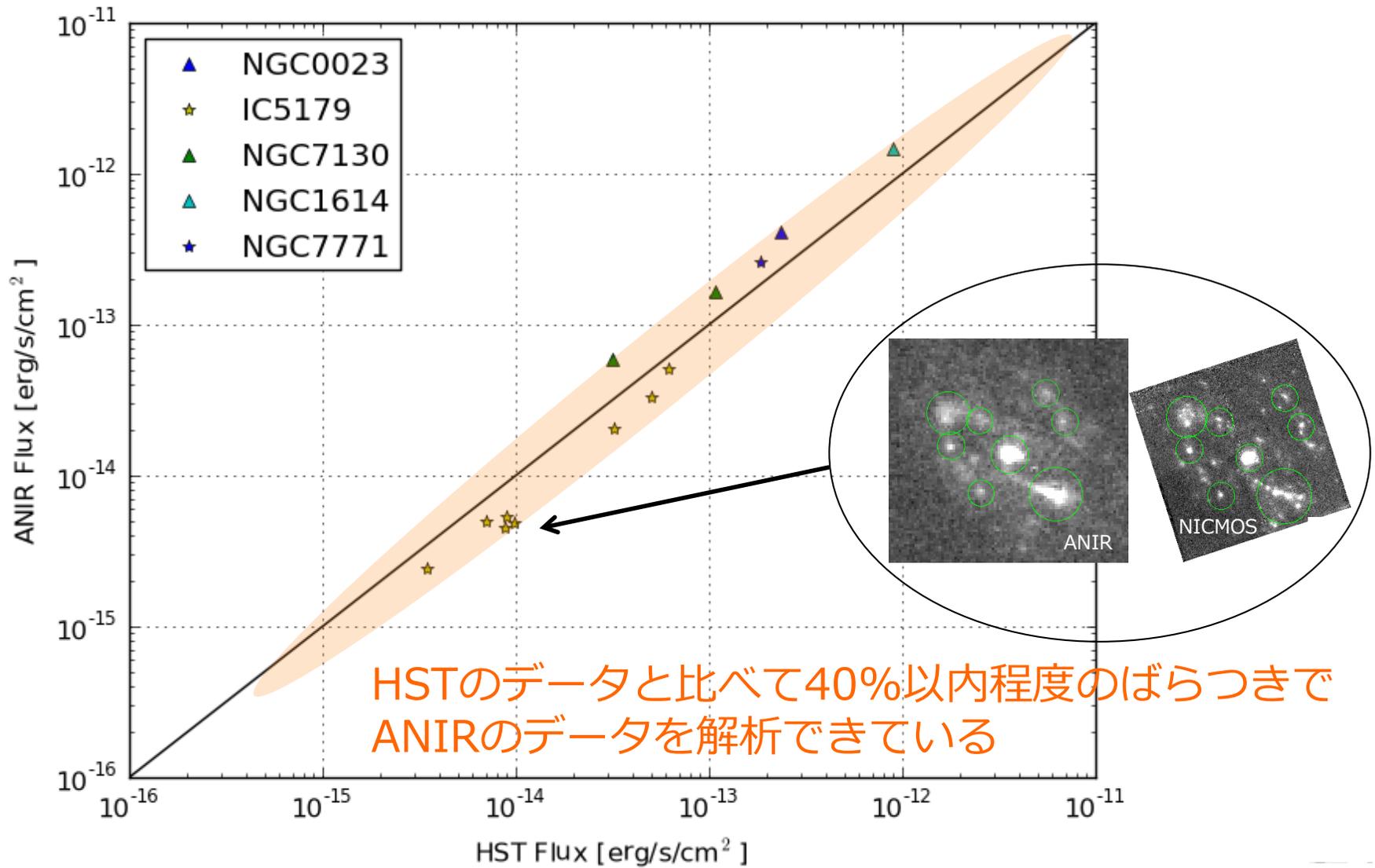


HST/NICMOSでも撮像されている
5天体についてフラックスの比較を行った

2011/7/14 木曾シュミットシンポジウム2011

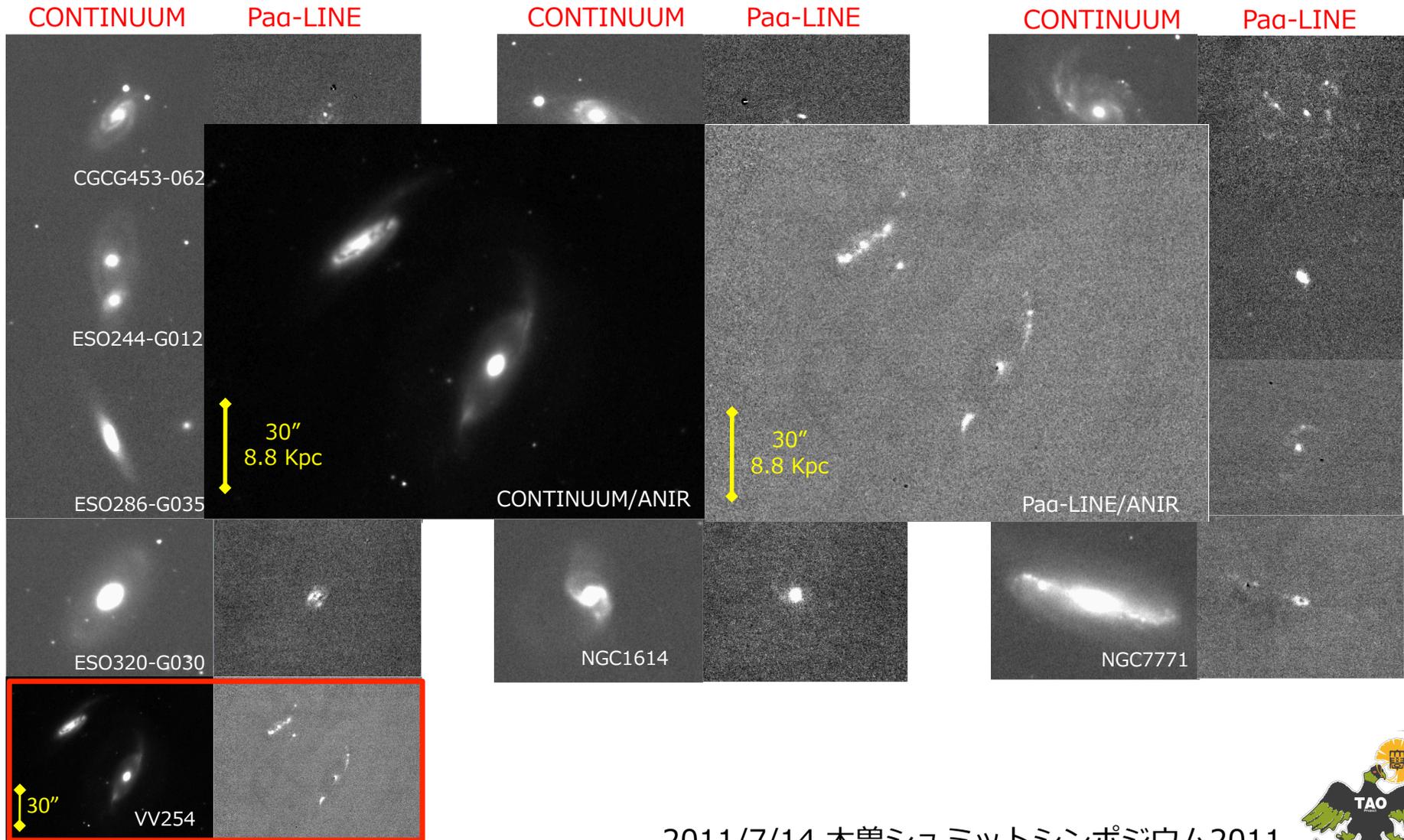


HST/NICMOSとminiTAO/ANIRのPa α -Fluxの比較



LIRGsサーベイで検出できたうちVV254に注目

衝突初期のめずらしい段階の銀河



2011/7/14 木曾シュミットシンポジウム2011



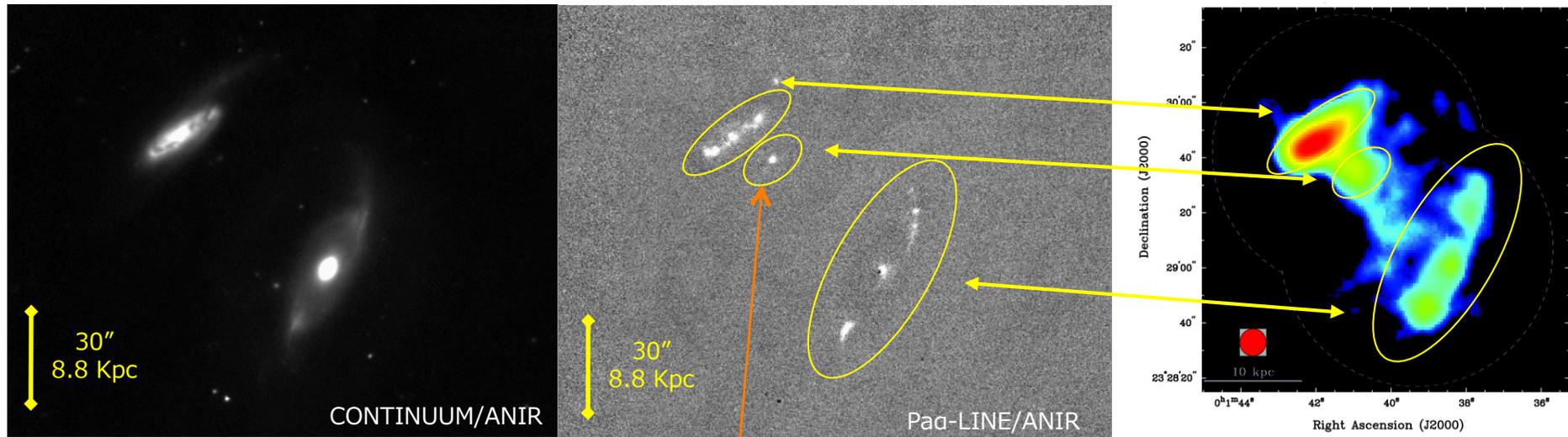
TaffyI (初期衝突銀河)

TaffyI(VV254)は、UGC12914とUGC12915が衝突している銀河

- 距離 61 Mpc 、 Total L(IR) = 7×10^{10}
ほぼLIRGsの光度を持ちながらSFR(8um) $< 6 M_{\odot}/\text{yr}$ Rossel+ 2001
- 一度衝突して(face-on同士)から20 Myrほど経っている
衝突初期段階のめずらしい銀河
→ 全天で3天体しか発見されていない



“Taffyキャンディー”のような形をした銀河

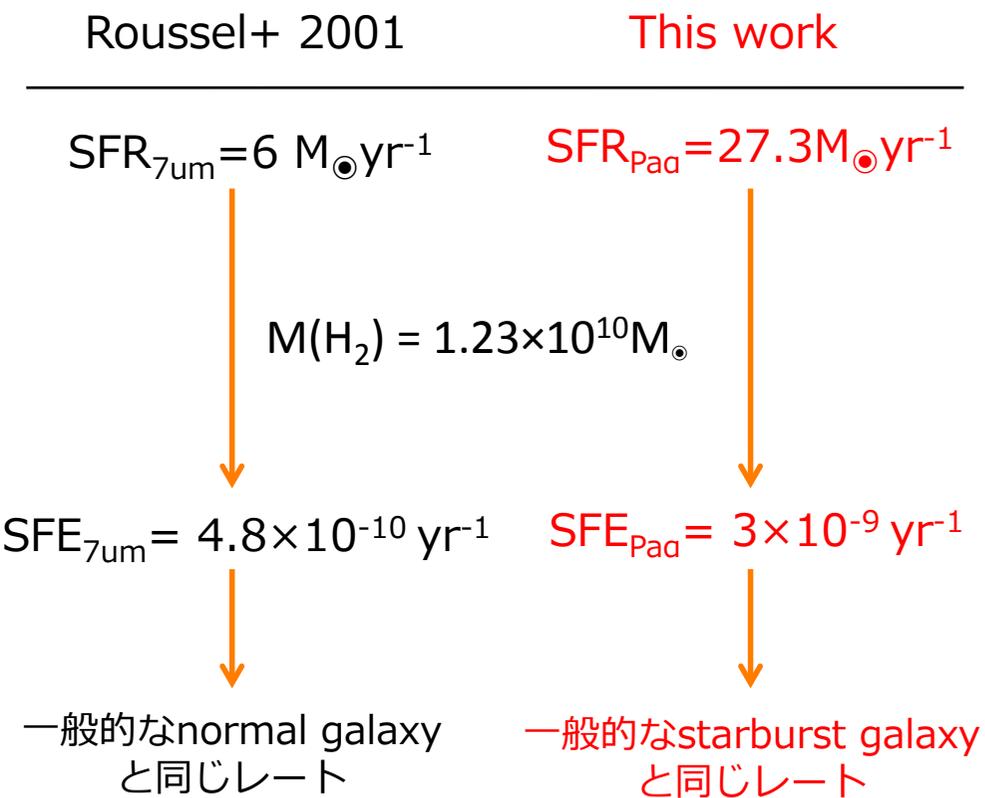
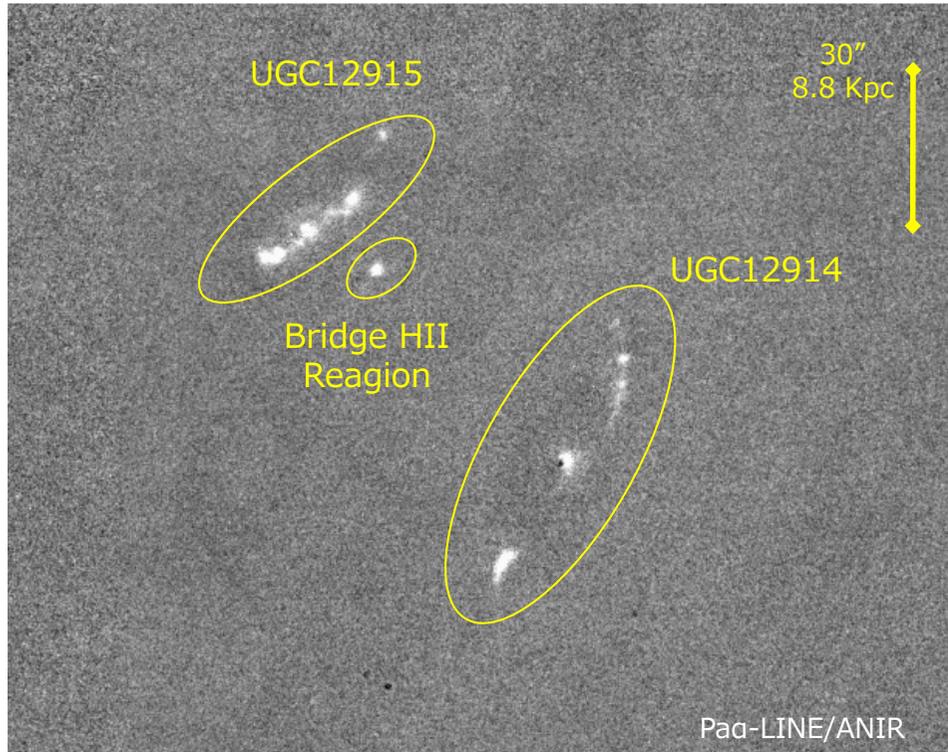


BIMA干渉計による12CO_(J=1-0)

- ANIR/Pa α によりブリッジ部分の星形成領域がうかった

TaffyI (初期衝突銀河)の星形成率

SFR(Pad)を求め、さらにNRO45mのCO(J=1-0)データから星形成効率(SFE)を求める



$$SFE = \frac{SFR [M_{\odot}/yr]}{M(H_2) [M_{\odot}]}$$

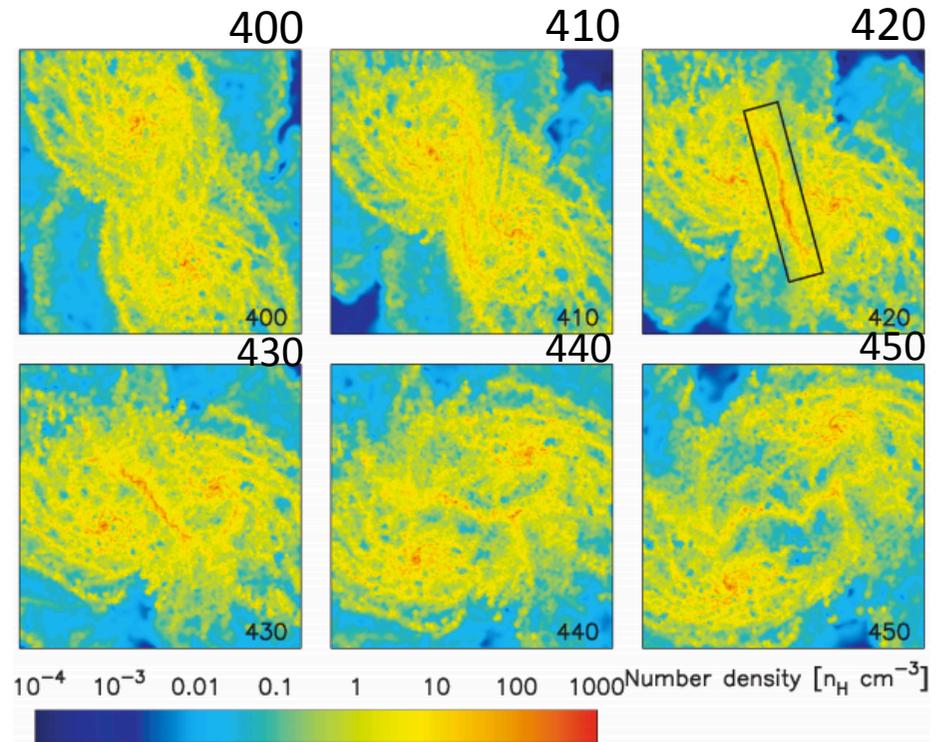
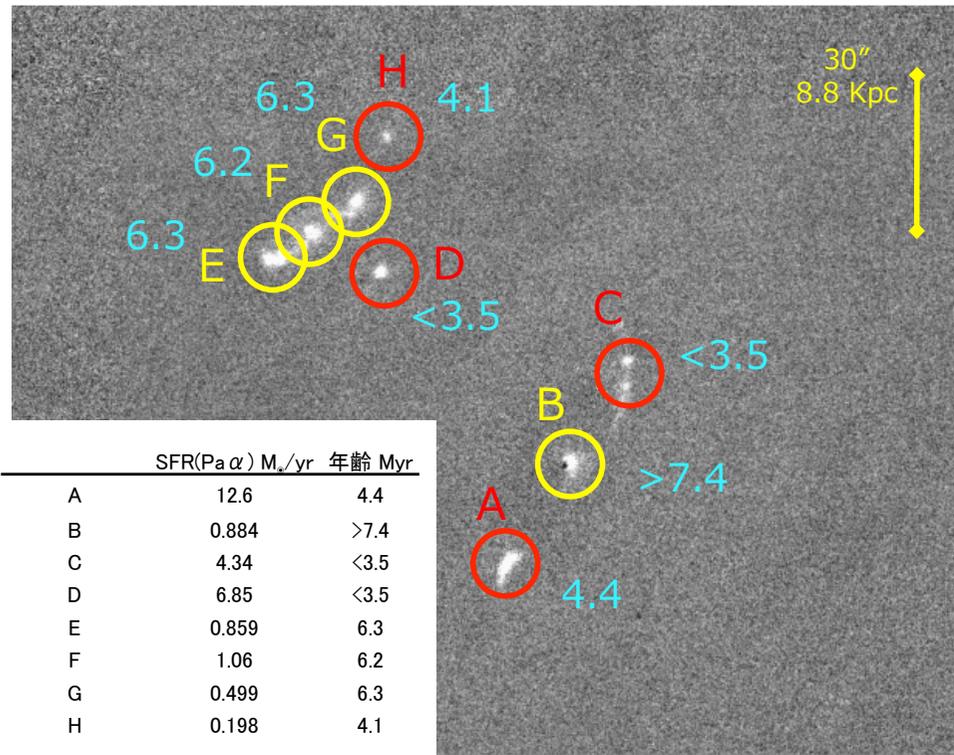
どのくらい効率よくガスが恒星に変化するか

ほぼLIRGのL(IR)を持ちながら普通の銀河と同じ活動度で、特殊な銀河と考えられていた
→典型的なstarburst銀河であった



TaffyI (初期衝突銀河)の星形成領域の年齢

各星形成領域ごとにPa α の等価幅から年齢を見積もる



Saitoh+ (2009) Edge-on同士の衝突
ぶつかった面で星形成が起こる
※ただしTaffyIとは状況が違う

- どの星形成領域も衝突後に形成された
- 特にA,C,D,H領域が若い(~4Myr)



まとめと今後

現在地上Pa α 観測は、誤差40%程度で議論ができるようになった

VV254について

SFR=27M $_{\odot}$ /yrであり、ほぼ典型的なスターバースト銀河である
衝突初期にはエッジやブリッジ領域で星形成が活発になってゆく

✓ Pa α によるU/LIRGsサーベイ

N191フィルターで観測できる銀河を全て観測

→ 解析手法の開発とPa α 輝線のカatalog作成

→ U/LIRGsの一般的な性質を、多数のサンプルを用いて議論

✓ 個別の銀河に注目したサイエンス

特に衝突段階の違いごとに

いつ、どこで、どのくらい星形成が行われてゆくかをまとめてゆく

→ 衝突による銀河進化の理解を目標

→ 多波長を用いた理解をすすめる

✓ Pa α 、Pa β 輝線を用いたダスト量評価を含むより詳細な議論

次回観測でPa β 輝線観測用フィルターを搭載予定

Pa α /Pa β によるダスト評価をする

→ Pa α の受ける減光量を統一の基準に基づいて評価

