

ANIR Key Science Project : Pa α survey of local LIRGs
近傍赤外線銀河のPa α /Pa β 輝線観測

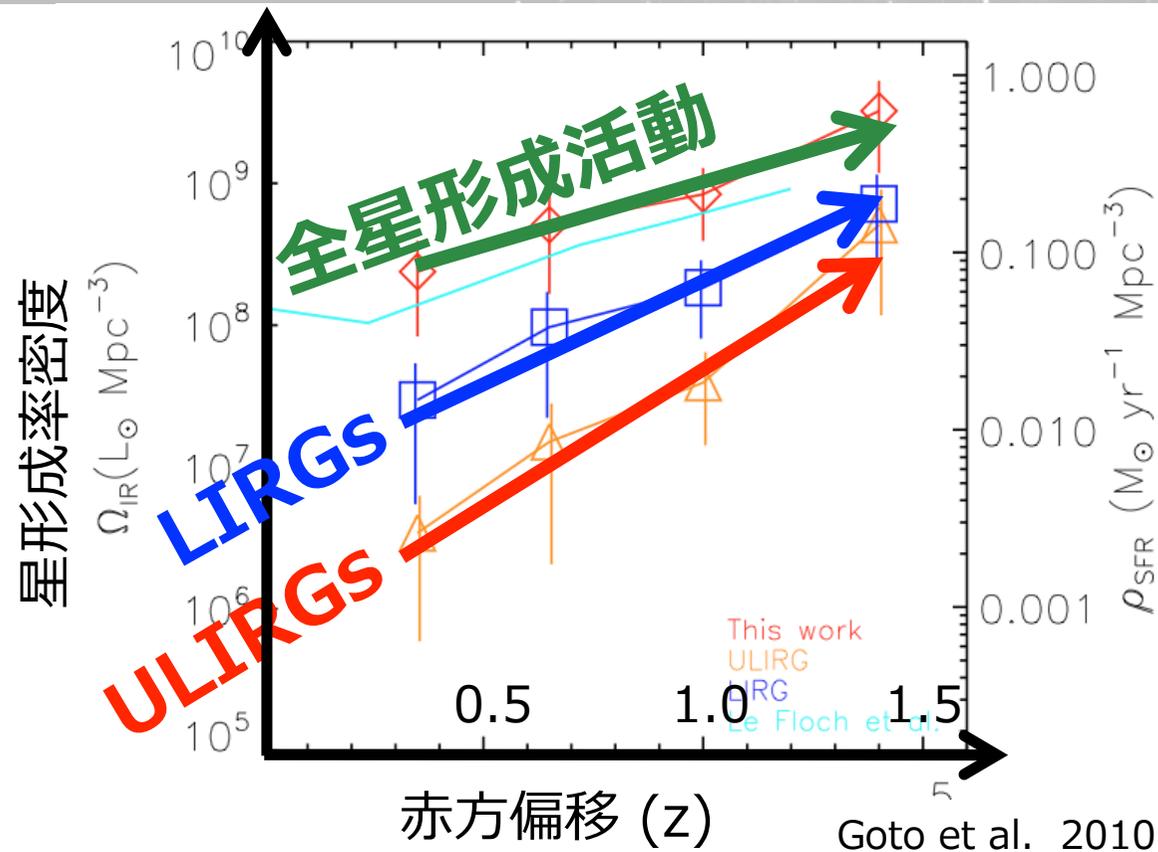
○館内 謙、本原 顕太郎、小西 真広、高橋 英則、加藤 夏子(東京大学)

他TAOメンバー

2012.3.14 (水) 10:00- @天文センター



宇宙の星形成活動を担うULIRGsとLIRGs



爆発的星形成を行い
ダストが豊富な銀河
赤外線源はダストによる再放射

Ultra Luminous InfraRed Galaxies
超高光度赤外線銀河

$$10^{12} L_{\odot} \leq L_{\text{IR}(8-1000\mu\text{m})} < 10^{13} L_{\odot}$$

$$100 < \text{SFR} (M_{\odot} \text{ yr}^{-1}) < 1000$$

Luminous InfraRed Galaxies
高光度赤外線銀河

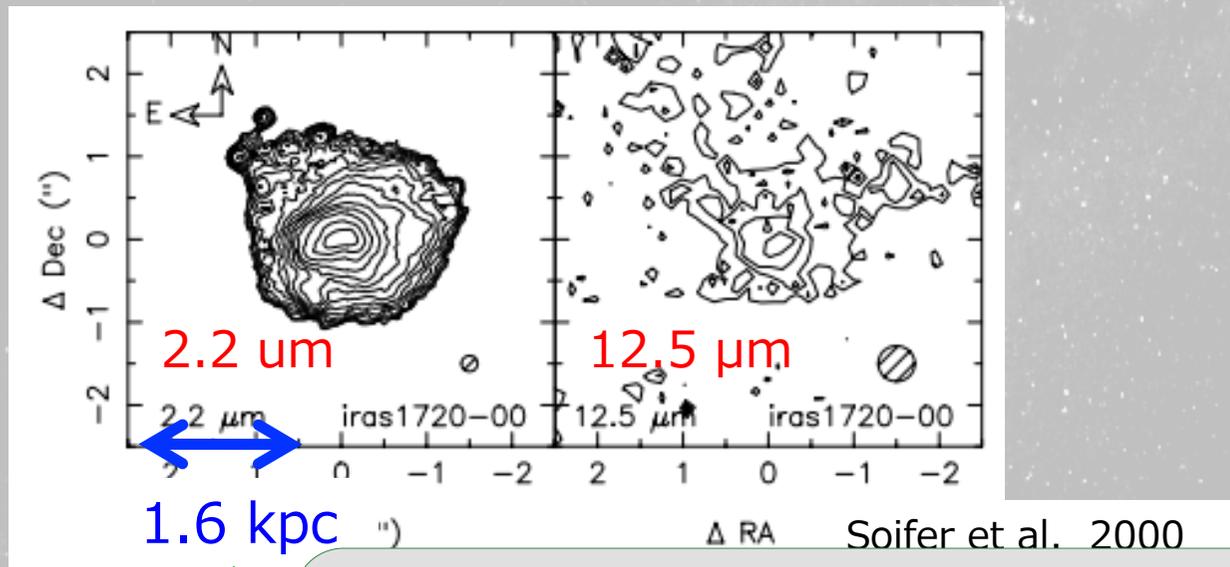
$$10^{11} L_{\odot} \leq L_{\text{IR}(8-1000\mu\text{m})} < 10^{12} L_{\odot}$$

$$10 < \text{SFR} (M_{\odot} \text{ yr}^{-1}) < 100$$

過去ほど寄与が大きい (z~1; 全星形成活動の80%)
なぜ高くなり、どういう星形成をしていたのか
遠方では空間分解できない → 近傍(z~0.01)U/LIRGs



近傍ULIRGsとLIRGsの形態特徴

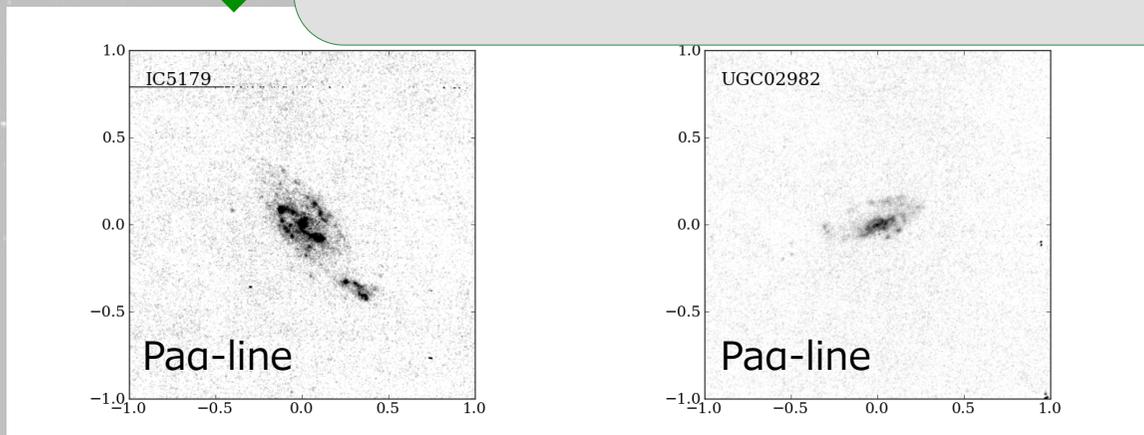


近傍ULIRG

IRAS17208-0014

中心部 数百 pc 領域
でほとんどの星形成

両者の違いを定量的に評価し
ULIRGsとLIRGsの関係を明らかにする



kpc スケールの
広がった領域での星形成
(e.g. Soifer et al. 2000; Kennicutt
et al. 2009; Alonso-herrero et al.
2006)

Pa α 輝線(1.875 μm)の特徴

メリット

- ① 星形成領域の直接のトレーサーである水素再結合線
- ② 遠・中間赤外線に比べ高い空間分解能
- ③ ダスト減光に強い
→ 典型的なLIRGs ($A_v \sim 3\text{mag}$)でH α より明るくなる
- ④ 赤外域水素再結合線の中で放射強度が一番強い
- ⑤ 他の輝線によるコンタミがない
→ 狭帯域撮像観測による定量評価がしやすい

デメリット

地上観測において
大気吸収の影響を強く受ける

TAOならPa α を
地上から観測できる



S11B の観測

AN1

: 全体の約10%の観測時間

| UT | 23 | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | Link |
|-------|---|--------------|----------------|----------------------------|----------------|----------------|------------------|-----------------|-------------------|-----------------|---|---|
| CLT | 20 | 21 | 22 | 23 | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | |
| 9/29 | | Focus | OC1 | | | | | | | | | Night log Opt:header data NIR:header data |
| 9/30 | | Focus | AN1 | OC1 | | | | | | | | Night log Opt:header data NIR:header data |
| 10/1 | | Focus | UT1 (Asano) | CN1 | | | | | | | | Night log Opt:header data NIR:header data |
| 10/2 | | Focus | UT1 (Asano) | CN1 | | | | | AN1 | AN3 | | Night log Opt:header data NIR:header data |
| 10/3 | | Rest Day | | | | | | | | | | |
| 10/4 | | Focus | UT1 (Asano) | Focus | UT4 (Morokuma) | UT5 (Hanindyo) | Focus | UT3 (Takahashi) | | | | Night log Opt:header data NIR:header data |
| 10/5 | ToO (GRB111005A) | NJ2 (Narita) | AN2 | Focus | UT2 (Tanabe) | | UT2 (Tanabe) | UT3 (Takahashi) | | | | Night log Opt:header data NIR:header data |
| 10/6 | Trouble | | | | | | | | | | | |
| 10/7 | Rest Day | | | | | | | | | | | |
| 10/8 | | Focus | KB1 (Manabe) | | | | ToO (GRB111008A) | NJ1 (Nakashima) | | | | Night log Opt:header data NIR:header data |
| 10/9 | | Cloudy | | | | | NJ1 (Nakashima) | | Cloudy | | | Night log Opt:header data NIR:header data |
| 10/10 | | Focus | UT6 (Uchiyama) | Cloudy → Snowing → Give up | | | | | | | | Night log Opt:header data NIR:header data |
| 10/11 | Still Bad Weather → Give up | | | | | | | | | | | |
| 10/12 | Still Bad Weather (Sandstorm) → Give up | | | | | | | | | | | |
| 10/13 | | AN1 | | | | | | | | | | Night log Opt:header data NIR:header data |
| 10/14 | | Cloudy | UT4 (Morokuma) | UT5 (Hanindyo) | KB1 (Manabe) | | | UT3 (Takahashi) | | | Night log Opt:header data NIR:header data | |
| 10/15 | | Daywork | UT6 (Uchiyama) | AN1 | | | | | | | | Night log Opt:header data NIR:header data |
| 10/16 | | Focus | UT2 (Tanabe) | | | | NJ1 (Nakashima) | | | | | Night log Opt:header data NIR:header data |
| 10/17 | | Focus | UT4 (Morokuma) | | UT5 (Hanindyo) | | Focus | NJ1 (Nakashima) | | | | Night log Opt:header data NIR:header data |
| 10/18 | | Focus | AN2 | UT5 (Hanindyo) | AN1 | | | AN1 | AN1 | | | Night log Opt:header data NIR:header data |
| 10/19 | | Focus | AN2 | CN1 | | | | | | | AN3 | Night log Opt:header data NIR:header data |
| 10/20 | | Focus | AN2 | CN1 | | | | | AN1 AGN(Ichikawa) | AN3 | Night log Opt:header data NIR:header data | |
| 10/21 | | Focus | UT4 (Morokuma) | UT5 (Hanindyo) | UT4 (Morokuma) | Focus | AN1 | UT2 (Tanabe) | | UT3 (Takahashi) | | Night log Opt:header data NIR:header data |
| UT | 23 | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | Link |
| CLT | 20 | 21 | 22 | 23 | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | |

現地観測部隊のみなさま、ありがとうございました

2012.3.14 (水) 10:00- @天文センター



ANIRによる近傍 LIRGs の Pa α 輝線観測

IRAS-Revised Bright Galaxy Sample の赤外線銀河
(Sanders et al. 2003)

観測天体

天体数 : 38天体 (33天体;LIRGs、5天体;nonLIRGs)
赤方偏移 : $2800 \leq cz \text{ (km/s)} \leq 8100$ (N191で観測可能範囲)
赤外線光度 : $4.5 \times 10^{10} \leq L_{\text{IR}(8-1000\mu\text{m})} [L_{\odot}] \leq 6.5 \times 10^{11}$

観測パラメータ

狭帯域撮像観測

フィルター : N191 (1.91 μm) \cdot H(1.6 μm) \cdot Ks(2.1 μm)

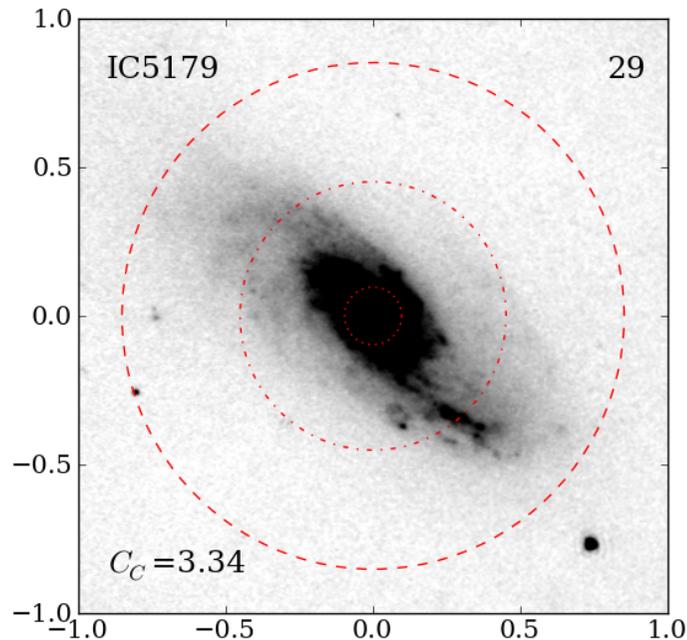
露出時間 : N191;1000-2000s、H;300-500s、Ks;300-500s

9点ディザリング

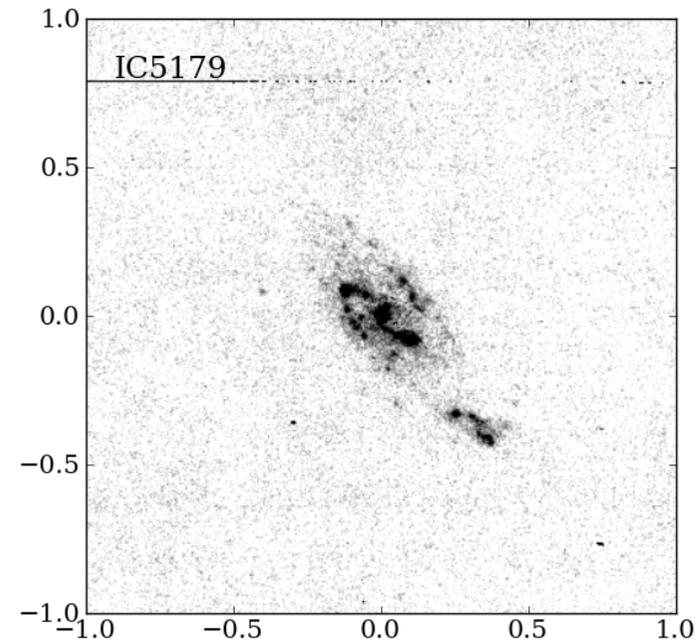
観測時期

2009年 6月 ~ 2011年 10月 (5回の観測ラン)

観測した天体の1.9 μm 連続光とPa α 輝線画像



1.9 μm -continuum 画像



Pa α line 画像

左の画像

Pa α 輝線画像を作るのに使用した1.9 μm 連続光画像

この連続光画像はHバンドとKsバンドの内挿より作成

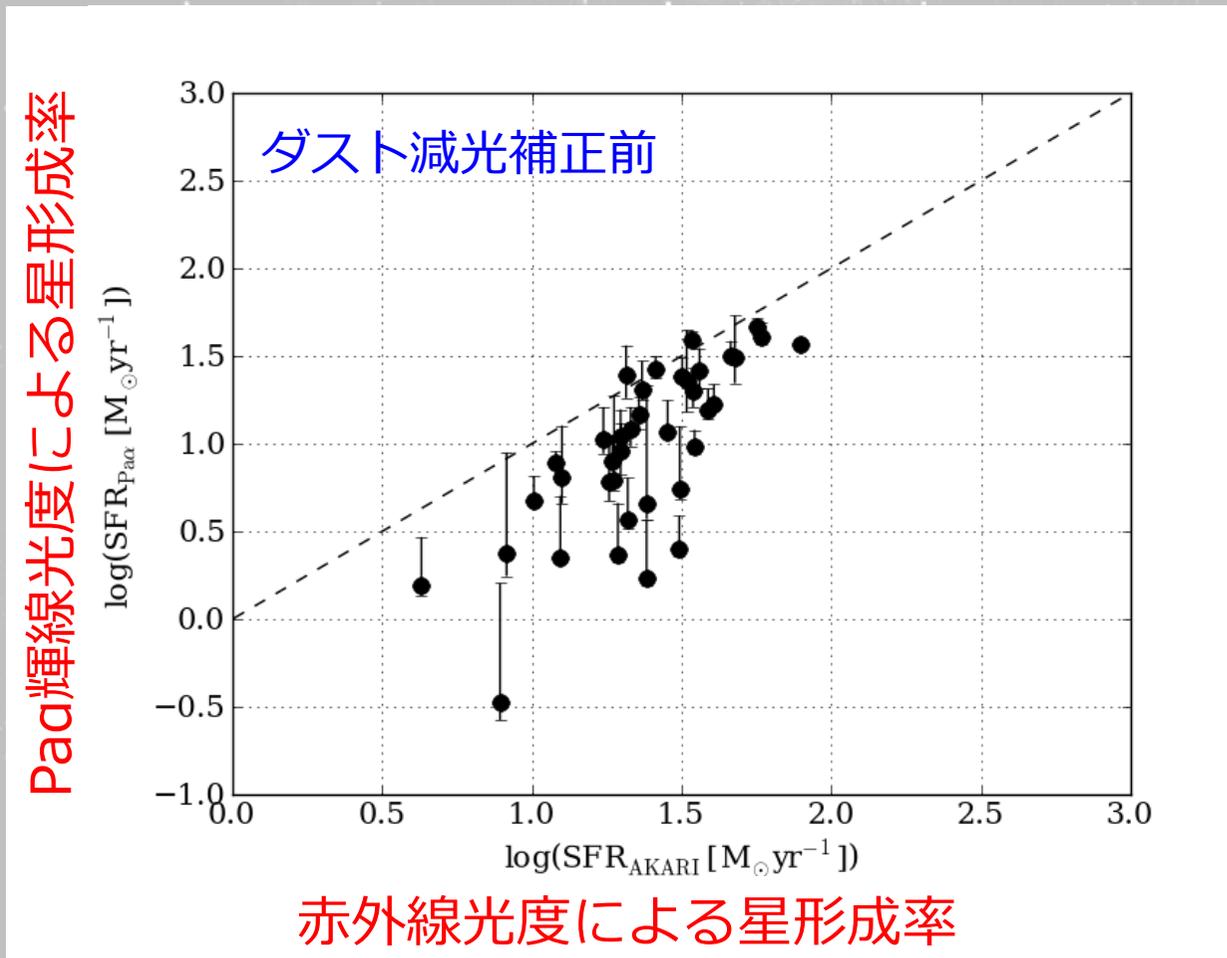
右の画像

Pa α 輝線画像

赤外線星形成率との比較 ①

以下の式から星形成率を求める(Rieke et al. 2006)

$$SFR (M_{\odot} \text{ yr}^{-1}) = 6.2 \times 10^{-41} L(Pa\alpha) \text{ (erg s}^{-1}\text{)}$$



減光補正なくとも、50%以上の星形成量が見積もれている

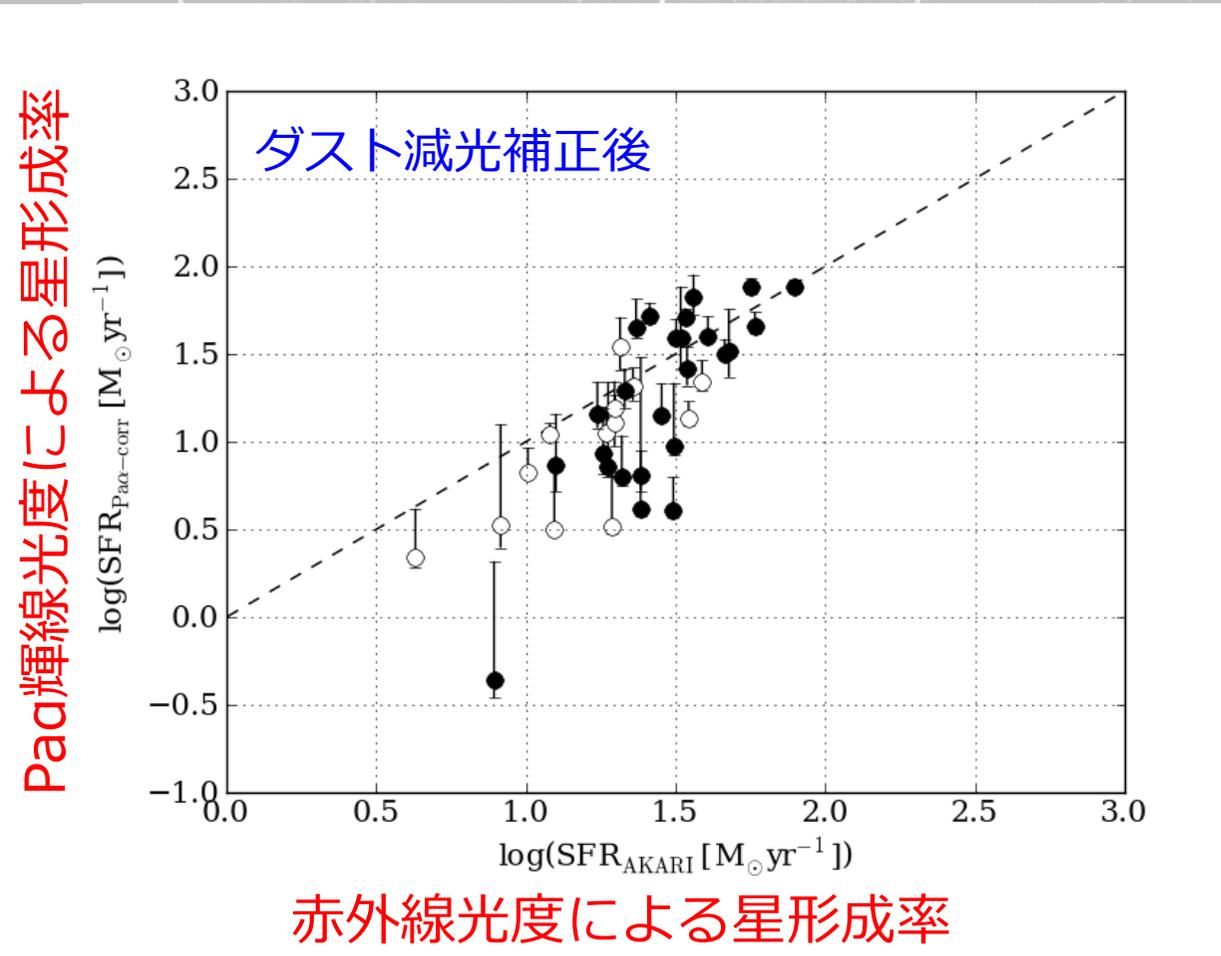
2012.3.14 (水) 10:00- @天文センター



赤外線星形成率との比較 ②

以下の式から星形成率を求める(Rieke et al. 2006)

$$SFR (M_{\odot} \text{ yr}^{-1}) = 6.2 \times 10^{-41} L(Pa\alpha) (\text{erg s}^{-1})$$



白丸：
分光データがない
 $E(B-V)=0.83$
一律で補正

減光補正後は、より良い相関を示している

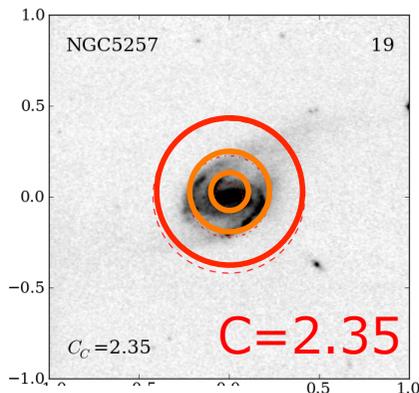
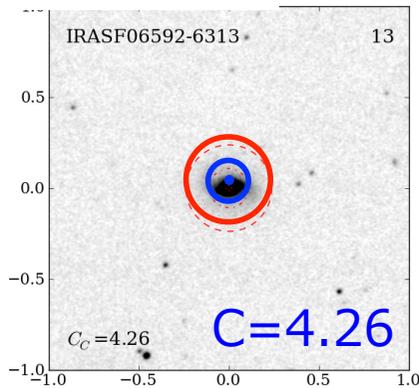
2012.3.14 (水) 10:00- @天文センター



形態を定量化 (Conselice et al. 2003)

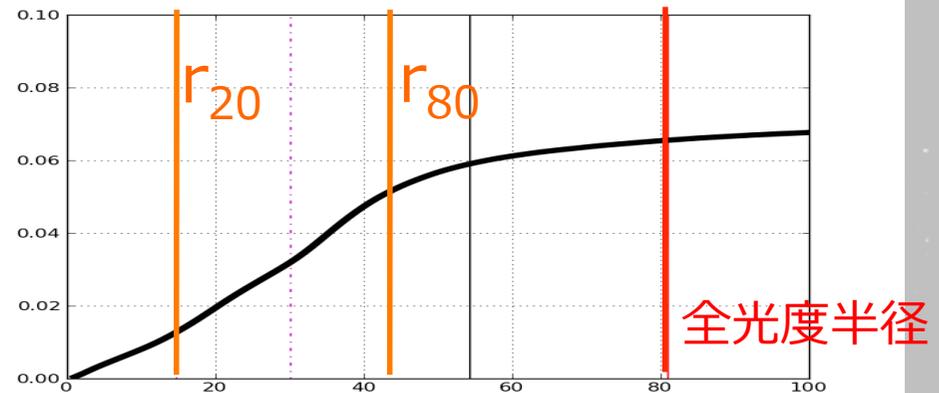
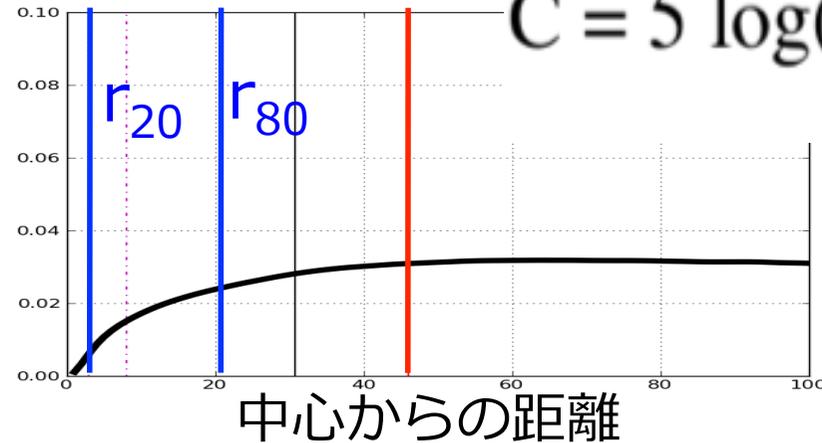
C-Index (Concentration Index) ; 中心集中度

中心集中度が高い



中心集中度が低い

中心から積算したフラックス



全光度 : ペトロシアン半径×1.5

20%半径 : r_{20}

80%半径 : r_{80}

Paa輝線画像 : C_L

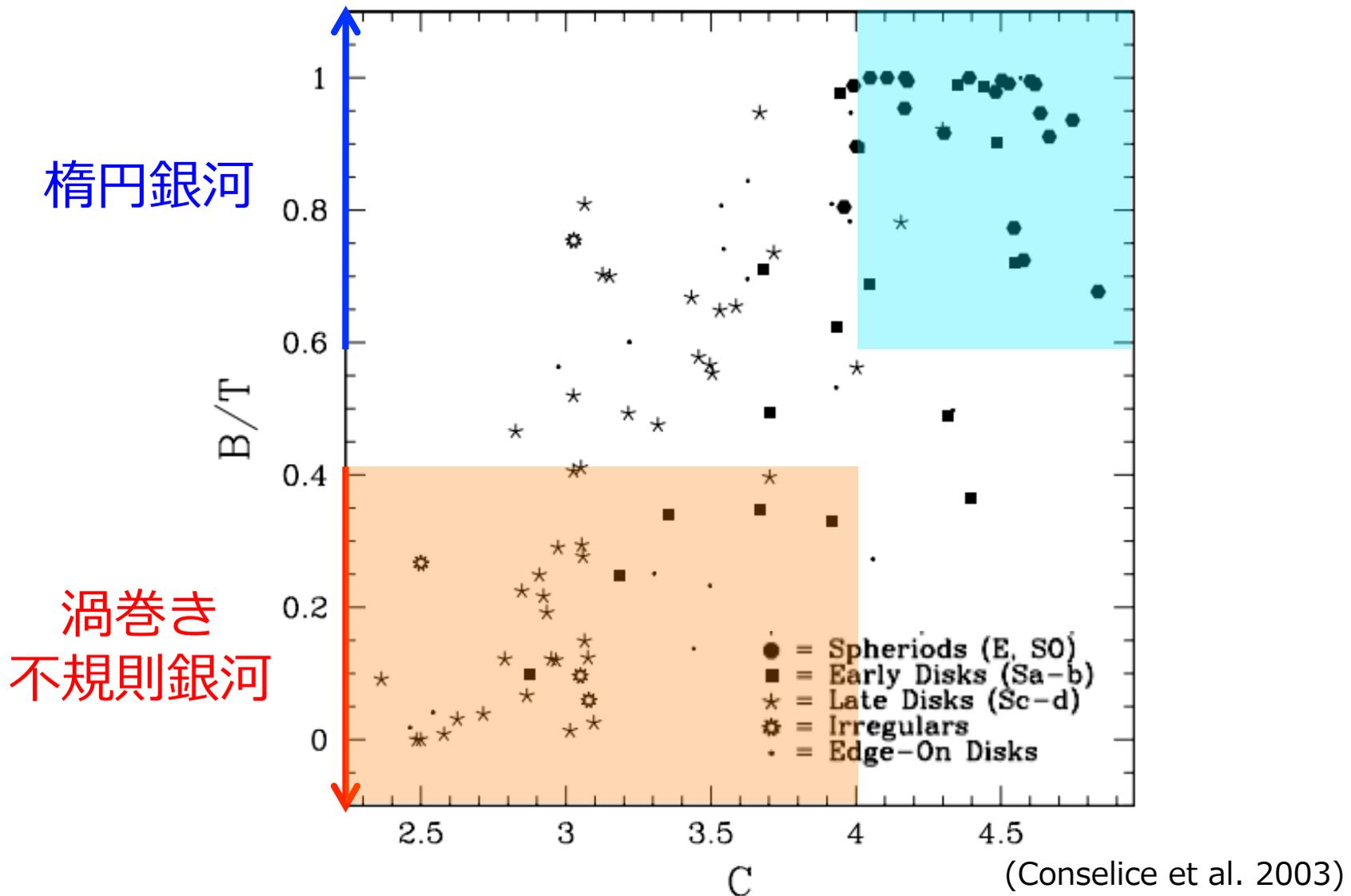
1.9 μ m連続光画像 : C_C を測定

2012.3.14 (水) 10:00- @天文センター



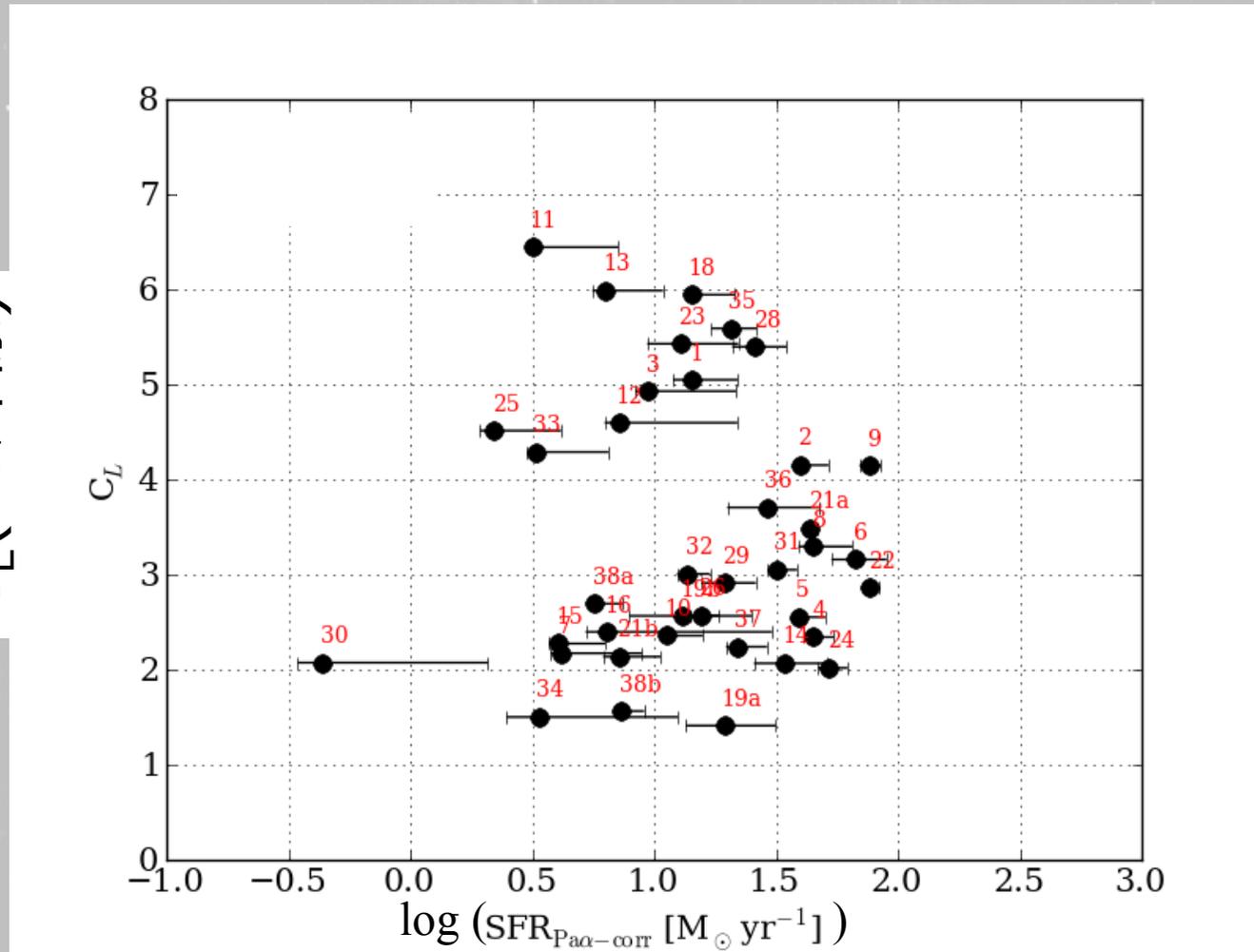
C-Indexと形態の関係

可視B-バンドでの関係

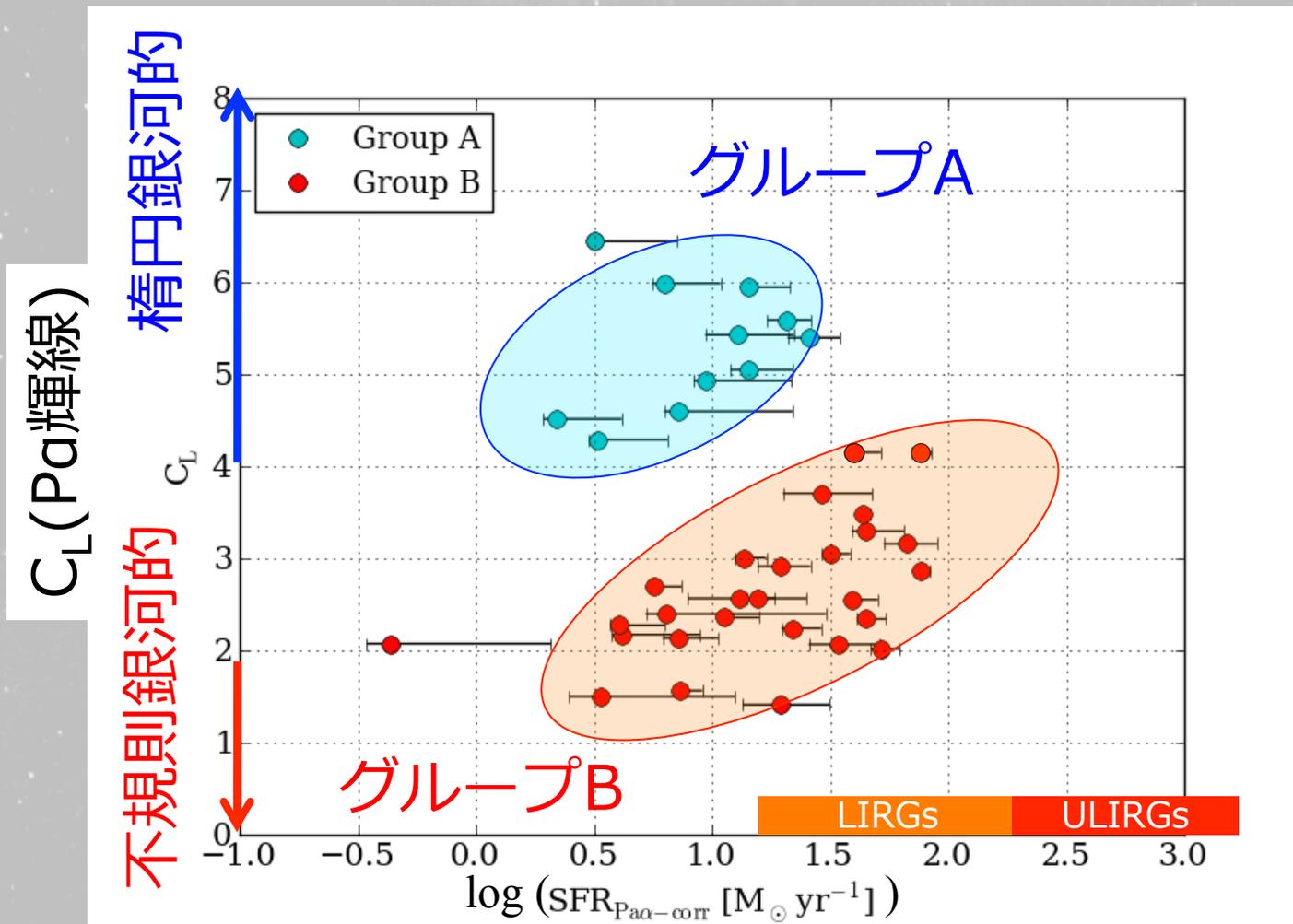


Pa α 輝線のC-Index (C_L) と星形成率 (SFR)

C_L (Pa輝線)



Pa α 輝線のC-Index (C_L) と星形成率 (SFR)



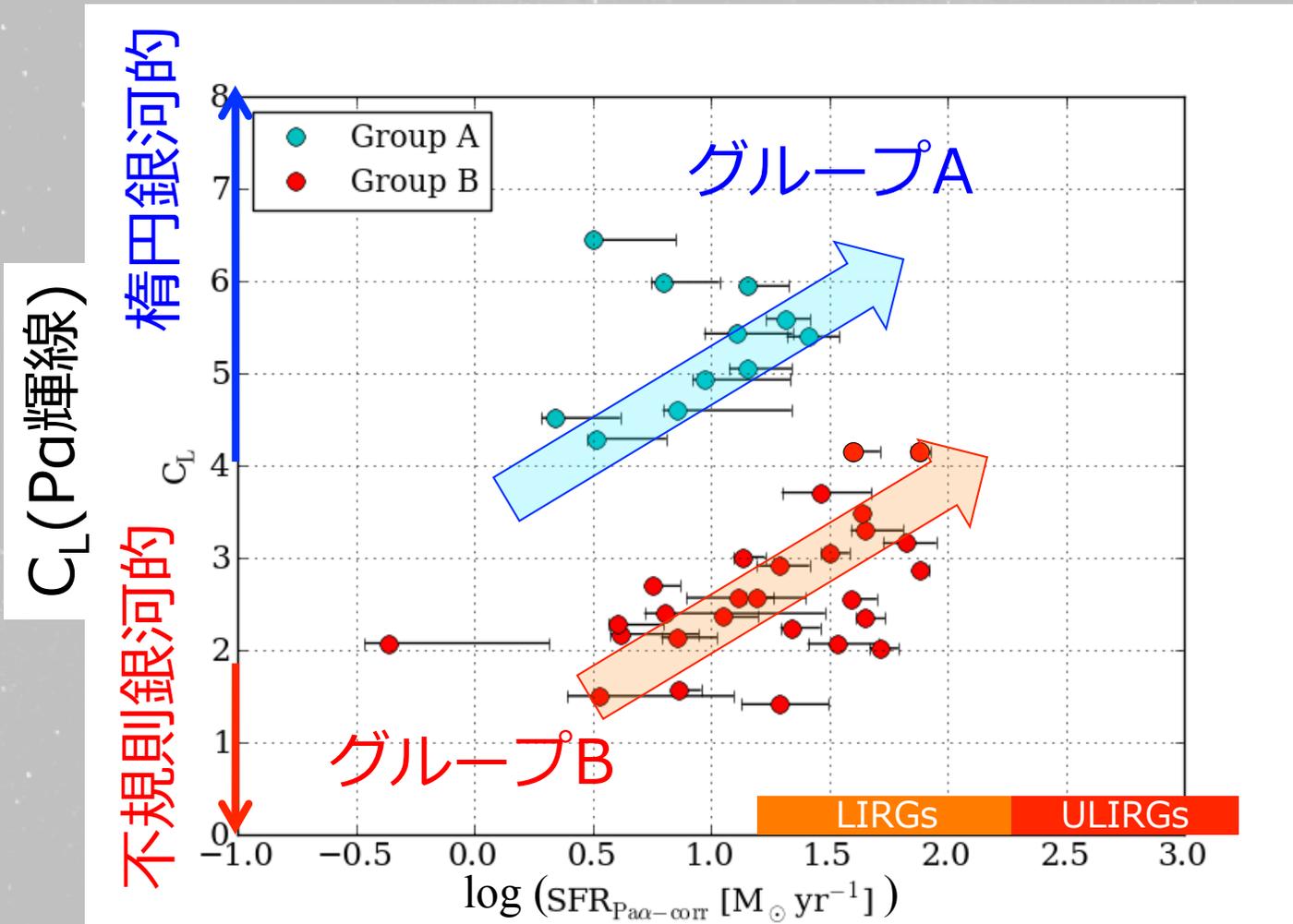
C_L とSFRの相関図上で2つのグループに分離

グループA・グループB

2012.3.14 (水) 10:00- @天文センター

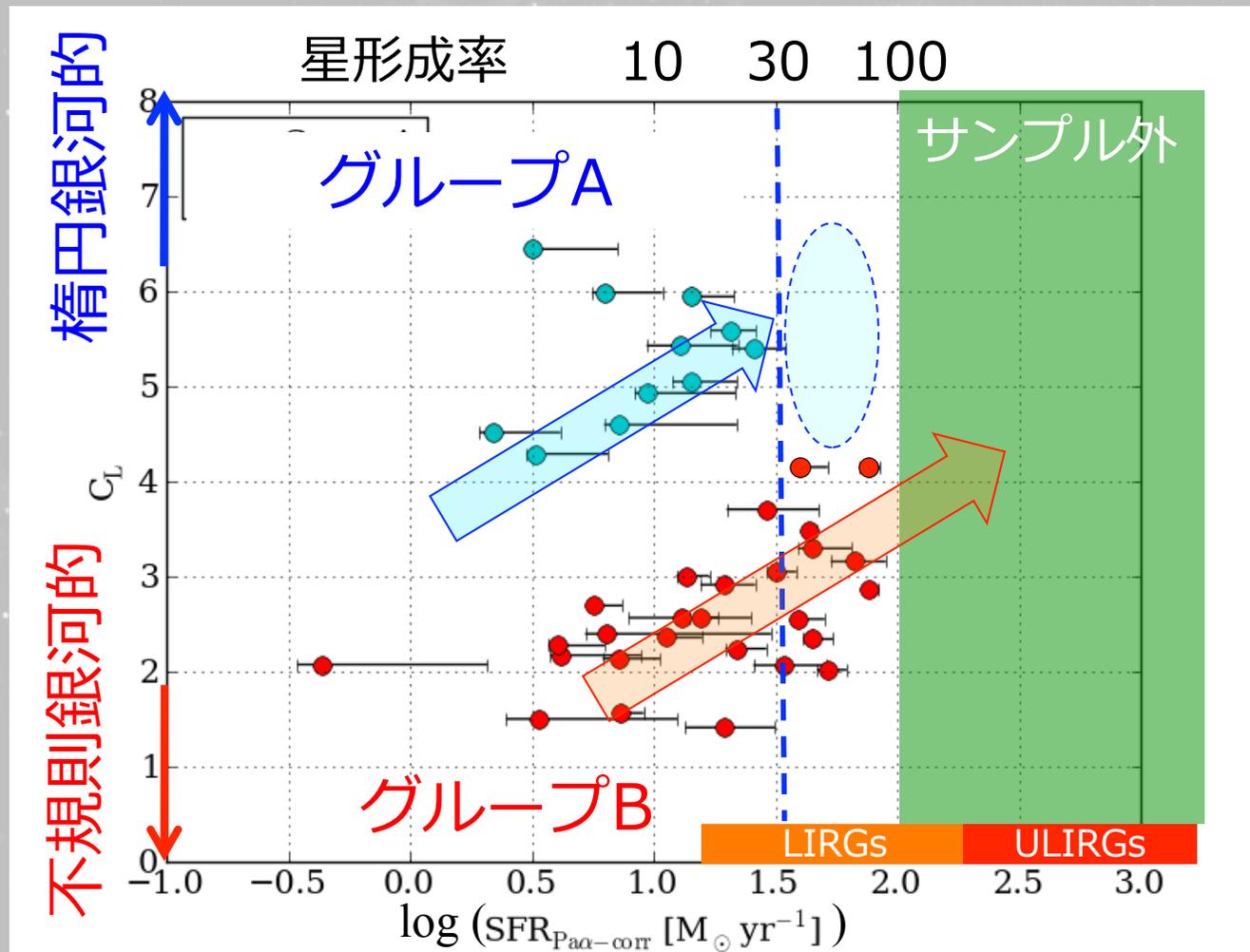


ULIRGsの星形成領域の特徴 ①



星形成活動が活発になると
星形成領域がより中心集中する(橢円銀河的)

ULIRGsの星形成領域の特徴 ②

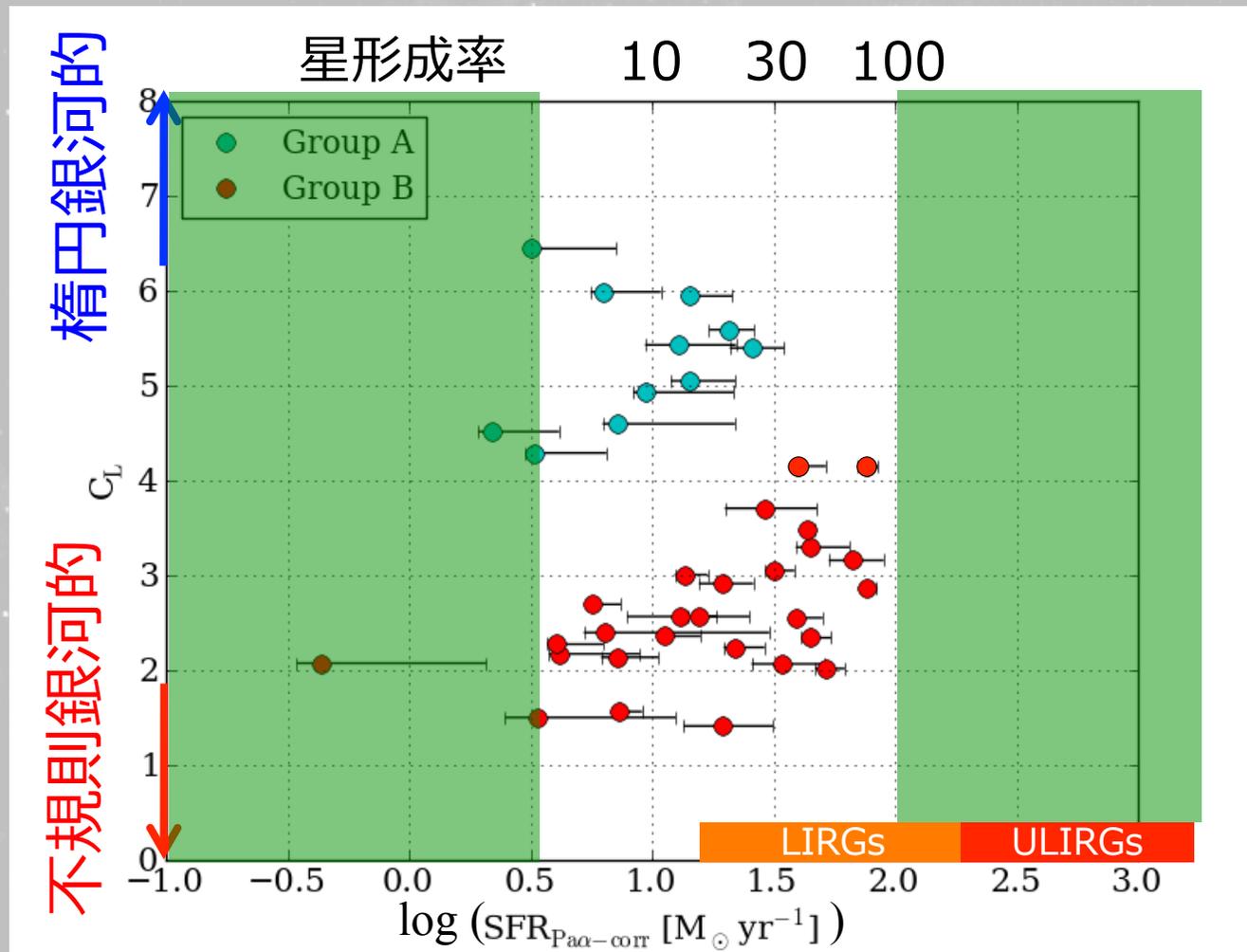


グループAはSFRが $30(\text{M}_{\odot} \text{yr}^{-1})$ 以上のものがない
 ULIRGsは、LIRGsグループBの延長線上として理解可能?

2012.3.14 (水) 10:00- @天文センター



結果の問題点 ①



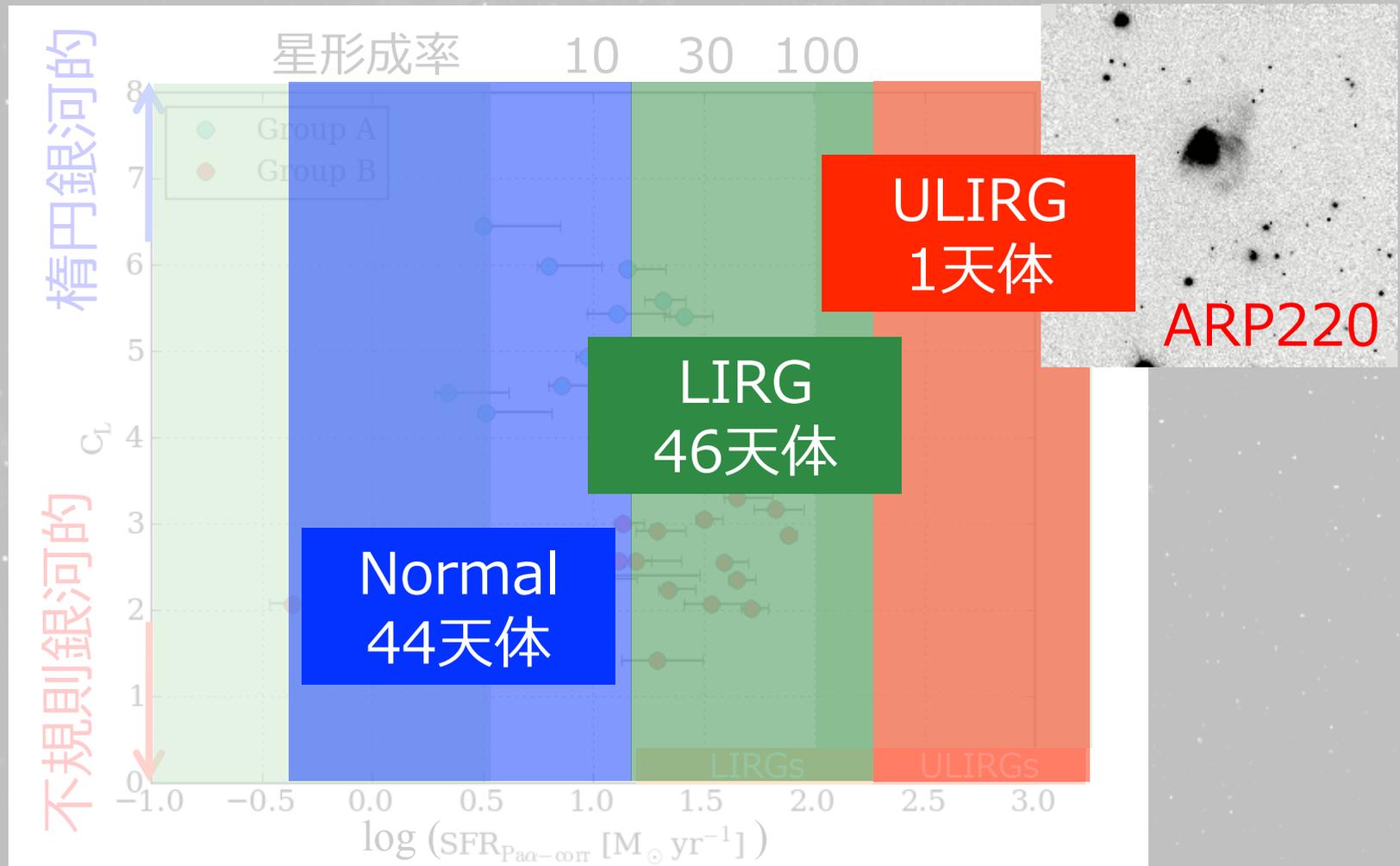
ULIRGsの直接測定？・Normal銀河は？

もっと光度範囲を広げる必要がある

2012.3.14 (水) 10:00- @天文センター



広い光度範囲でのPa α 観測を提案

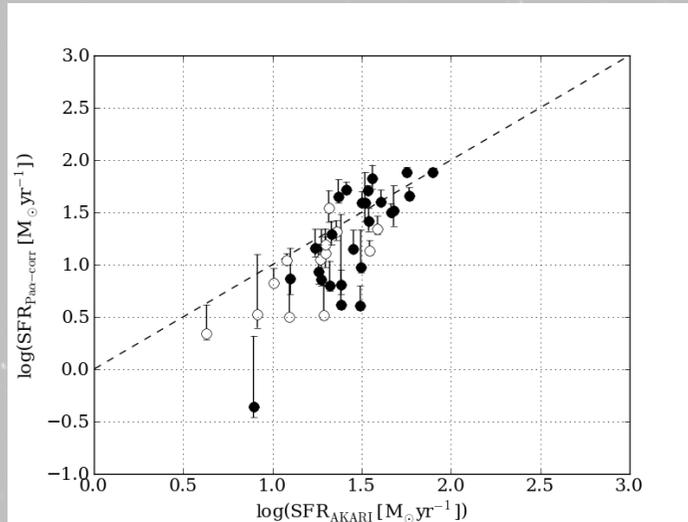


特に、**赤領域**と**青領域**の天体を優先して観測

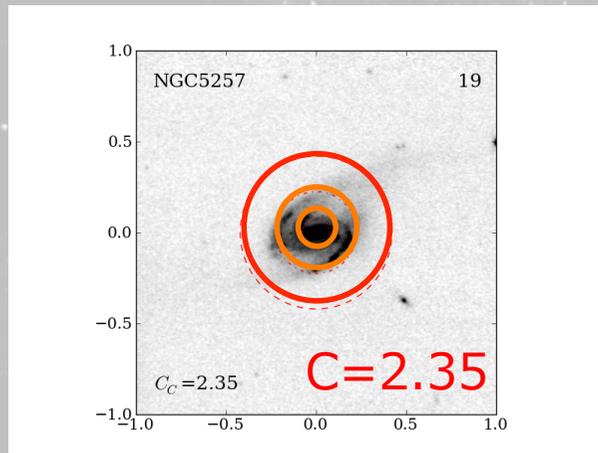
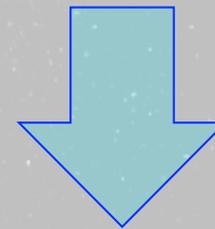
2012.3.14 (水) 10:00- @天文センター



結果の問題点 ②



- 減光量を見積もれていないものがある
- H α /H β の可視による減光
→ダストに埋もれた星形成が見通せない
(eg., Rieke et al. 2009)
- C-indexを求める際減光量を補正していない



- ダストに強い指標での減光量補正
- 減光量の空間情報
→撮像観測

Pa α /Pa β を用いた減光量の評価

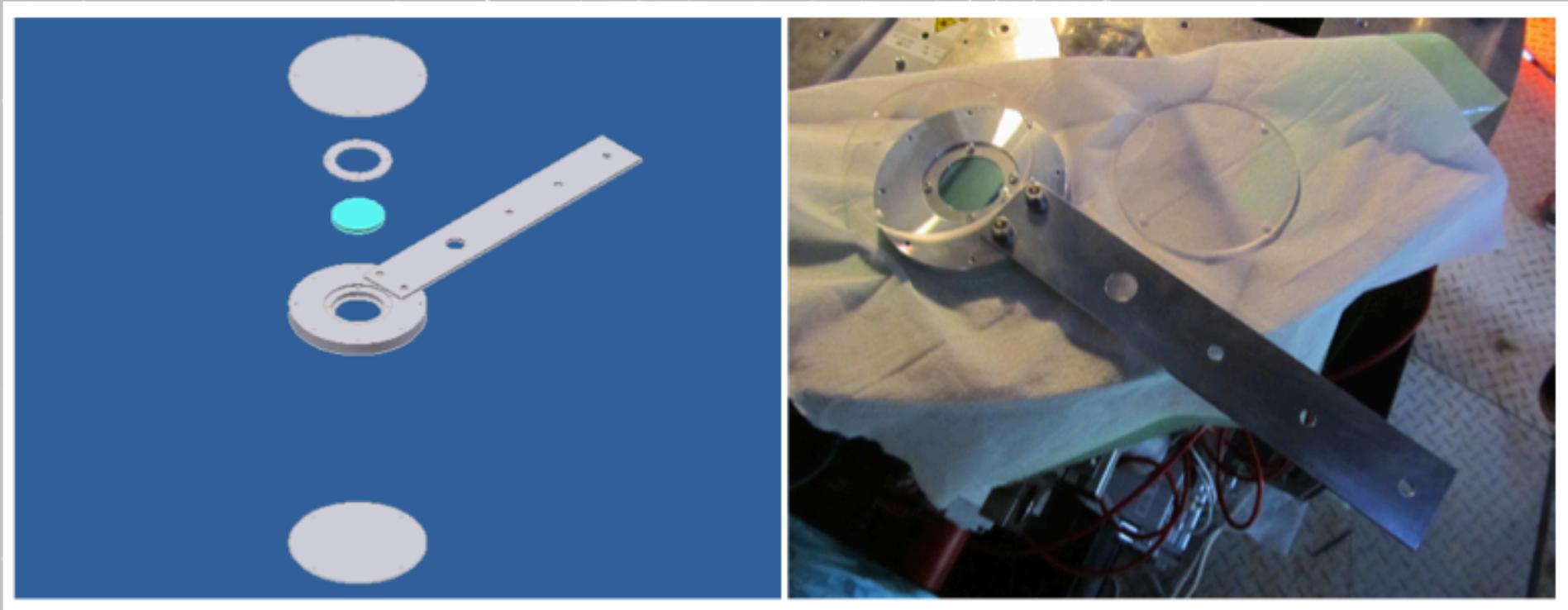
各銀河の減光分布図作り→再びC-indexで形態の評価

2012.3.14 (水) 10:00- @天文センター



Pa β (N131)フィルターによるフォローアップ観測の提案

ANIRフィルターBOXは、すでに埋まっている・・・



ANIRウィンドウ前に、脱着可能なフィルターホルダを設計

- S11Bで実装
- 人間によるフィルター交換
→ 初めは約6分かかっていたが、終盤は3分で交換可能 (小麦さんの手伝いあり)

いろいろあり、まだデータが撮れていない・・・

→ S12Aで再挑戦！！

2012.3.14 (水) 10:00- @天文センター



まとめ

- miniTAO/ANIRによるPa α サーベイ
LIRGs 38/151天体の Pa α 輝線 狭帯域撮像観測が終了
- サーベイの結果
 - LIRGsにおいて 2つの星形成モードを発見
 - グループA : 星形成領域の中心集中度が高い
 - グループB : 星形成領域の中心集中度が低い
 - 2つのグループとも星形成活動が活発になると中心集中度が高くなる傾向
 - ULIRGsは星形成モードがLIRGのグループBの延長として理解できることを示唆
- S12A観測の方向性
 - より広い光度範囲にわたるPa α サーベイが必要である
 - Pa α /Pa β による減光量、減光分布を取得する必要がある

※名前募集中

ANIR Auto Data Reduction Tool For Near IR

2011.8.5 第4回 ANIR-WS



ANIR Auto Data Reduction Tool のアウトライン

β-version

Release (Risk-Sharing)

- ✓ 第一次処理：一般的な画像処理
フラットなどの修正、ディザリング、足し合わせ、など

↑ NIRの共通処理

↓ Pad観測特有の処理(Pad輝線のキャリブレーション)

- ✓ 第二次処理：輝線画像処理
H-band、Ks-bandを用いてContinuumを作成
Pad画像とのレベルを合わせるための、星を使ったContinuum調整
PSFをそろえるためにガウシアン調整
(Pad - Continuum)により輝線画像を作成

Under Development

- ✓ 第三次処理：大気吸収補正
システム効率を使ったPad輝線透過率(またはPWV)推定

Under Development

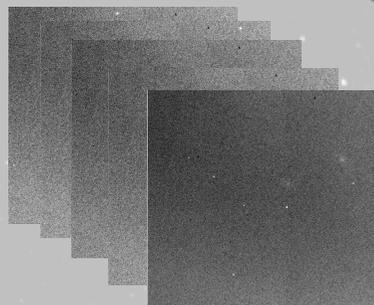
ANIR Auto Data Reduction Tool

特徴



ワンクリックで画像が出来上がる！

※適切なパラメータを入力した場合のみ。詐欺ではありません。



大まかな自動解析内容

- ・セルフスカイ作成
- ・天体マスクを作成
- ・作成した天体マスクを用いてのセルフスカイ再制作
- ・天体マスクを作りなおす
- ・※スカイの高次補正
- ・2massカタログ自動取得
- ・2massカタログを参考にWCSを自動で張る
- ・WCSをガイドにディザをもどし、スタックする
- ※フラットやバッドピクセル処理なども入れてある

必要環境 : unix, iraf(stsdas) スクリプト : csh, bash



星のたくさん写っている領域などセルフスカイフラットを作れない画像は注意が必要！

※要個別相談

現在 : 浅野さん, 田中(高橋)さんから相談を受けています

GC5135



お申し込みは随時受け付けております

 はじめてのお客さま

お申し込みから使用までは**3つのシンプルステップ**！

Step 1

お申し込み

メールでも
直接でも
大丈夫！

Step 2

説明

ディレクトリ配置
パラメータ
など

Step 3

解析

ワンクリックで
楽しい
自動解析ライフ

※即座に対応できないかもしれませんがご了承下さい

※星の密度が高い領域でのご使用は注意が必要です。適切な用法用量を一緒に探しましょう。

※β版なので、今後メジャー・マイナーバージョンアップをしてきます

※データはためこまず！解析は計画的に！