

# miniTAO/ANIR, UH88/WFGS2 を使用した LIRGダスト減光量の測定

小早川 大 (E-mail : yutaka\_k@ioa.s.u-tokyo.ac.jp),

舘内 謙, 本原 顕太郎, 小西 真広, 高橋 英則, 北川 祐太郎, 藤堂 颯哉, 加藤 夏子, 吉井 譲, 他 TAOメンバー (東京大学天文学教育研究センター)

## Introduction

### ■ 近傍U/LIRGで探る宇宙の星形成活動

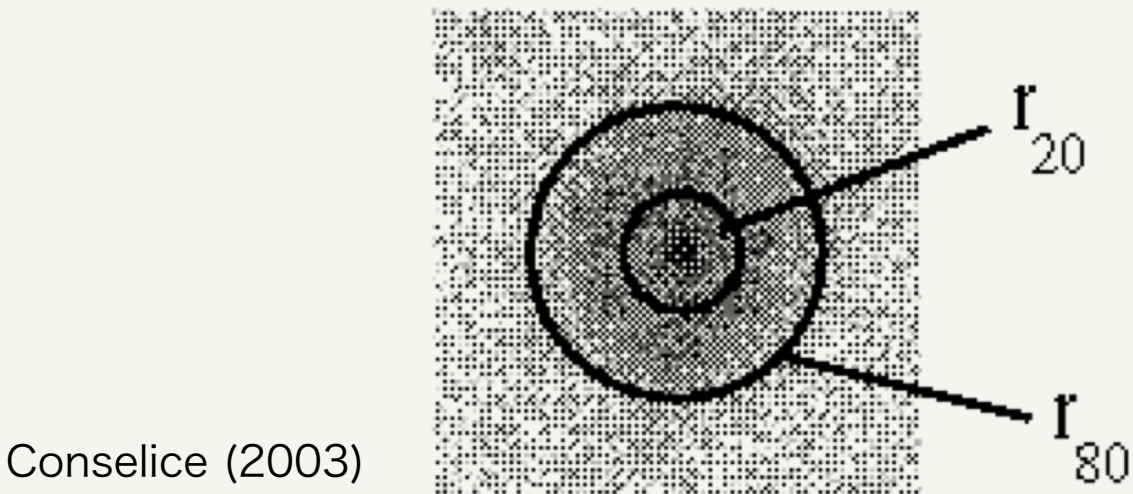
- 宇宙の星形成活動は  $1 < z < 3$  の時代に最も活発であった (Kajisawa et al. 2009)  
その約80%が U/LIRG ( Ultra / Luminous Infrared Galaxy )により担われていた (Caputi et al. 2007)
- 本研究では  $z < 0.1$  の近傍U/LIRGの観測により星形成領域の空間構造を明らかにし、その星形成メカニズムの解明から星形成が活発な時代における銀河の進化過程に迫ろうとしている

### ■ U/LIRGの星形成領域の広がり の指標としての中心集中度

- 銀河の全光度の80%および20%を含む半径で定義

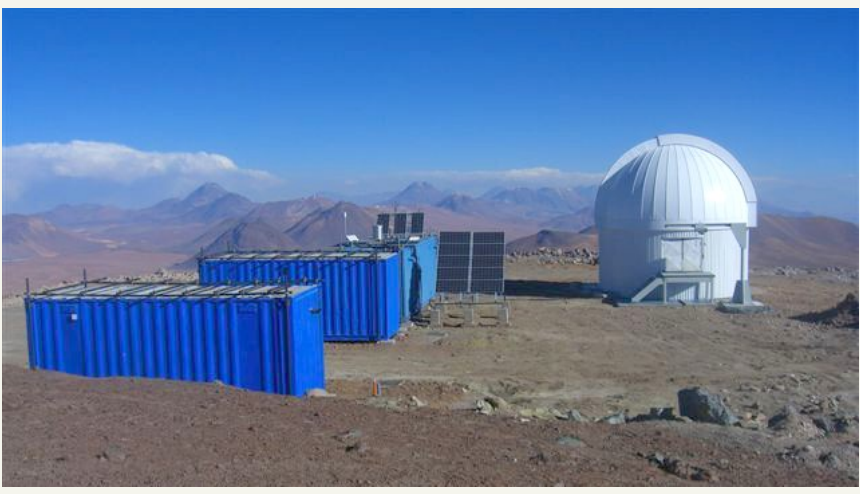
$$C = 5 \times \log(r_{80}/r_{20})$$

C-index : 大 → 中心に集中  
C-index : 小 → 広がった分布

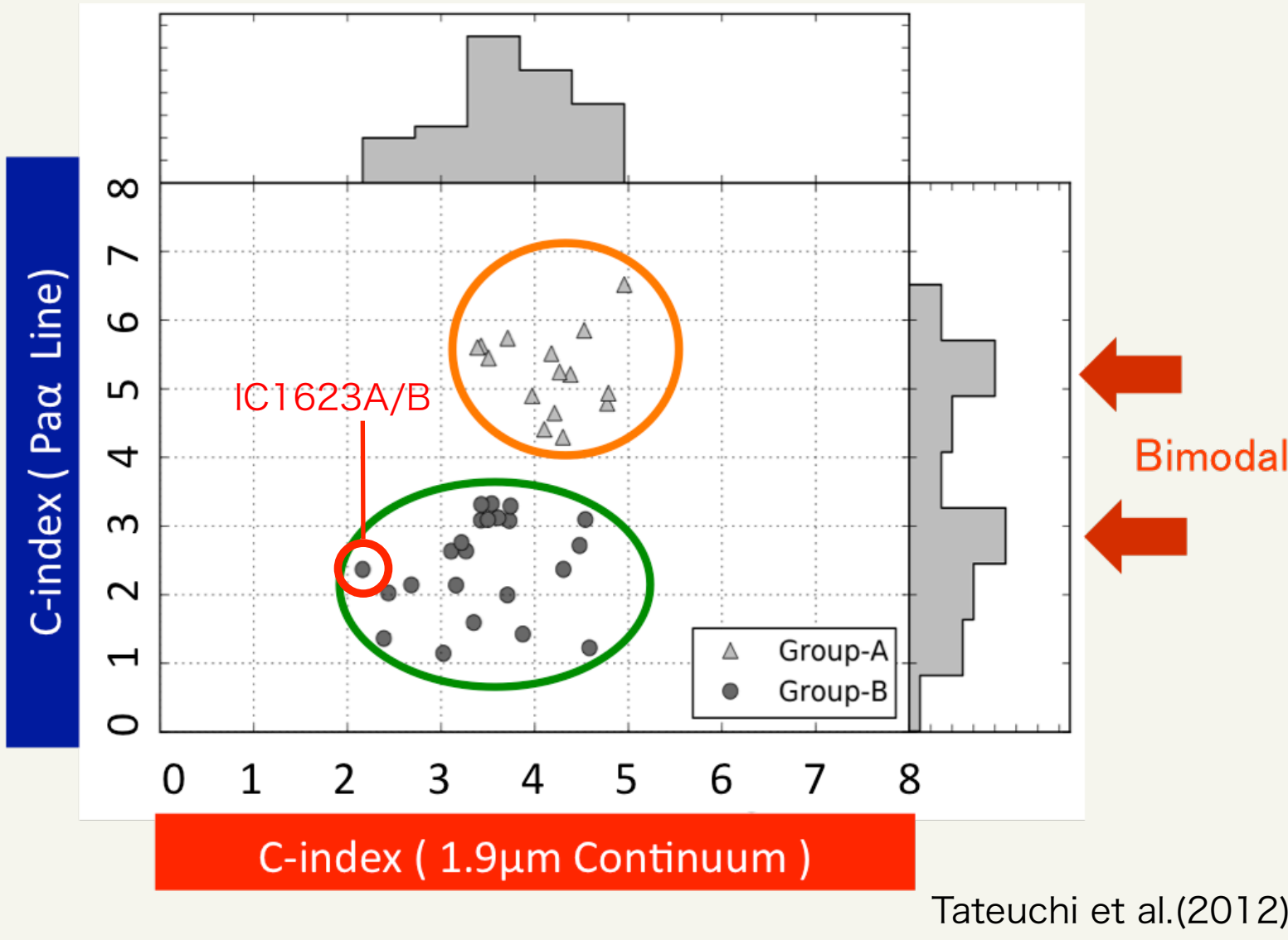


### ■ miniTAO/ANIR\*1 による近傍U/LIRGのPaα輝線サーベイ

- Paαはダスト減光による影響が小さく、水素再結合線の中では最も強度が強いため、ダストの豊富なU/LIRGの観測に適している
- ◆ Paα輝線観測から近傍U/LIRGの中心集中度の分布に2つのモードが確認される (Tateuchi et al. 2012)
  - 一般に渦巻銀河のは広がった分布をしており、楕円銀河は中心に集中した分布である
  - 2つのモードに分かれるということは渦巻銀河と楕円銀河の形成過程が異なっている可能性を示唆している



\*1 : 東京大学アタカマ天文台1m望遠鏡"miniTAO"  
Atacama Near-Infrared camera  
< <http://www.ioa.s.u-tokyo.ac.jp/TAO/> >



Tateuchi et al.(2012)

### ◆ 問題点 : Paαにおけるダスト減光の効果が考慮されていなかった

- U/LIRGは非常に濃いダストに覆われている
  - Alonso-Herrero et al.(2006)  
 $Av \sim 1.7 - 5.5$  [mag] (Paα/Hα),  $Av \sim 0.5 - 15$  [mag] (Brγ/Paα)
  - López et al.(2013)  
 $Av \sim 5.3$  [mag] (median)(Brγ/Brδ),  $Av \sim 6.5$  [mag] (median)(Paα/Brγ)
- 透過率の高いPaαであっても1等級程度の減光を受けてしまう
- 中心部に近い程ダスト濃度が高いと仮定すれば、実際の中心集中度はより大きいと考えられる

中心集中度による分類の妥当性を検証するには  
Paαにおけるダスト減光量の測定が必要

## Method

### ■ Balmer Decrement 法

- 可視-近赤外線では波長が長くなる程ダスト減光量が小さくなる
- 異なる2本の水素再結合線を観測して強度比を求め、本来の強度比と比較することによりダスト減光量が求まる
- 本研究ではCalzetti et al.(1994, 2000)の方法を用い、Hα輝線とANIRの観測により既に得られているPaα輝線を使用して減光量を求める

## Summary & Future works

- 星形成領域の中心集中度からU/LIRG进行分类する妥当性の検証にはPaαにおけるダスト減光量の空間分布情報が必要
- UH88/WFGS2によるHα輝線とPaα輝線からダスト減光量が求められた
- Veilleux et al.1995で求められているHα/Hβでの減光量と比較して、今回のPaα/Hαを使用した方法では減光量が大きく見積もられた
- この結果はPaαは可視輝線に比べてダスト透過率が高いため、ダストに埋もれたHII領域の内部から表面までの放射が観測されることによって、ダスト減光の影響がより大きく観測される

## Observation

### ■ UH88/WFGS2\*2 によるHα輝線観測 (2012年)

- ANIRで観測したU/LIRGの赤方偏移 :  $0.009 < z < 0.027$   
→ 波長656.3nmのHα輝線は662.4 - 674.0nm範囲で観測される
- 使用フィルター

|     | フィルタ       | 波長[nm]     |
|-----|------------|------------|
| 輝線  | [SII] + Li | 672.0 ± 5  |
| 連続光 | r'         | 626.1 ± 50 |

- 2晩で10天体を観測

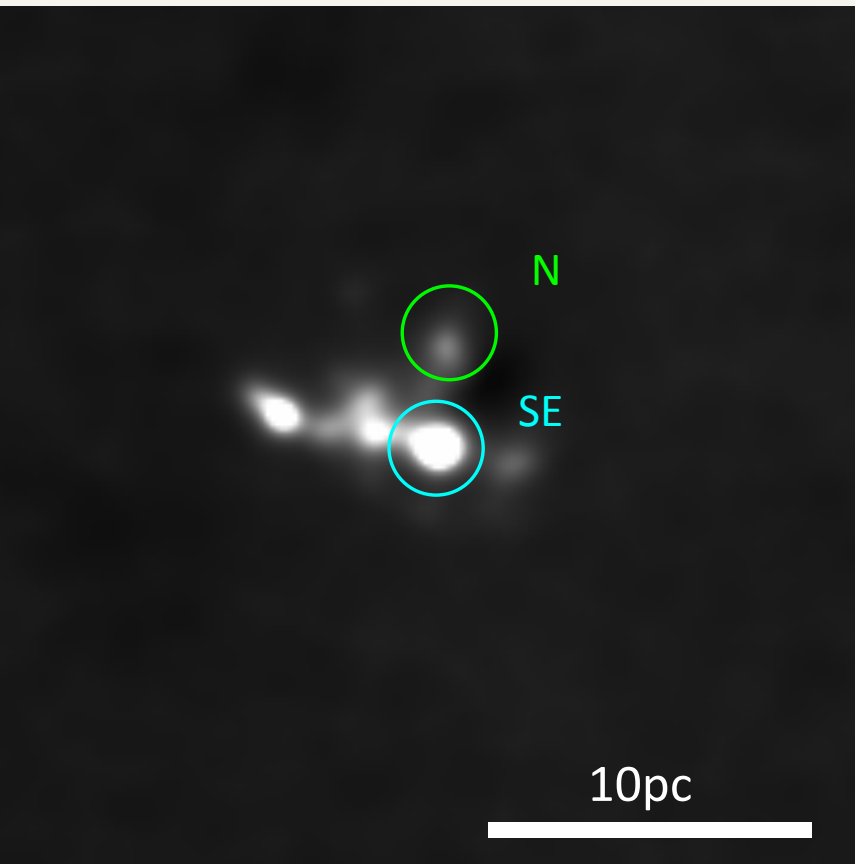


\*2 : ハワイ大学88インチ望遠鏡  
Wide Field Grism Spectrograph 2  
< <http://www.ifa.hawaii.edu/88inch/> >

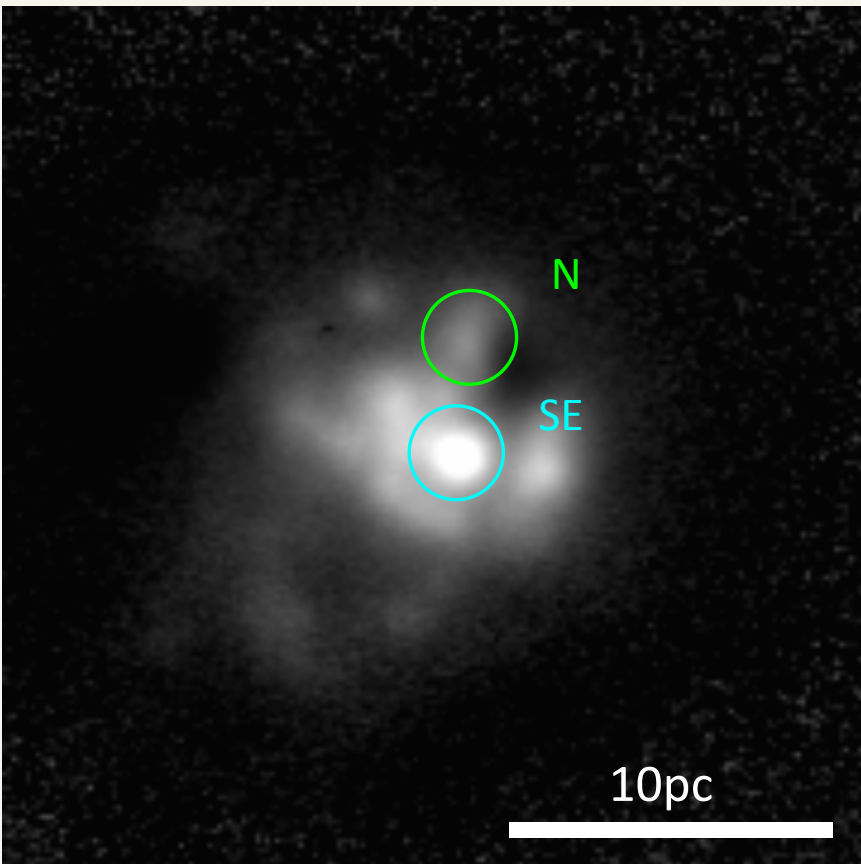
本観測ではWFGS2の撮像モードを使用

## Results & Discussion

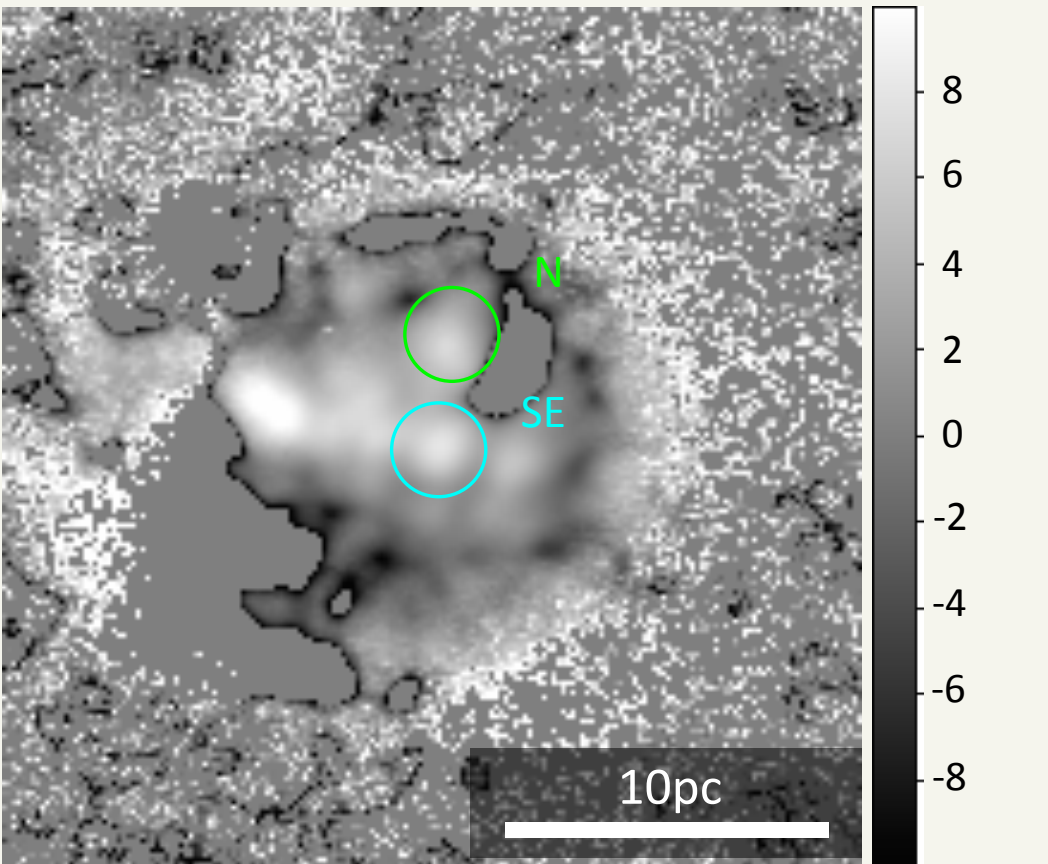
### ■ 観測天体 : IC1623 A/B



Paα輝線画像 (miniTAO/ANIR)



Hα輝線画像 (UH88/WFGS2)



ダスト減光量分布 Av[mag]

### ■ [NII]コンタミネーションの影響

- Hα狭帯域観測では[NII]のコンタミネーションが問題になるが、Kim et al.(1995)ではIC1623のNorth(N)/South East(SE)領域で求められている[NII]/Hαの値\*3から[NII]の寄与を差し引く
- ダスト減光の影響に比べて、[NII]/Hαの位置による不定性が結果に与える影響は十分無視できるとして、[NII]/Hαが天体上で場所によらず一定であると仮定する
- 領域N,SEにおける[NII]/Hαの平均を差し引いてHα輝線画像を作成し(画像:上中央)、Paαとの比からダスト減光量を求めた(画像:右上) (Avの算出にはCalzetti et al.(2000)のRv=4.05を使用)
- 2つの領域のAvを個別に計算した場合と比較すると

|                    | Av[mag] : 領域N | Av[mag] : 領域SE |
|--------------------|---------------|----------------|
| [NII]/Hα = 一定 を仮定  | 7.15          | 7.90           |
| [NII]/Hα = (各領域の値) | 7.02          | 8.00           |

差はどちらも0.1mag程度で十分小さいため、[NII]/Hα比一定という仮定は妥当であると判断し、こちらを採用する

- 得られたAvの値はAlonso-Herrero et al. (2006)および López et al. (2013)における典型的なU/LIRGの値と比較しても矛盾しない結果となった

\*3 : [NII]/Hα = 0.361 (N), 0.292 (SE)

### ■ Paαにおけるダスト減光量

- [NII]/Hα一定の仮定のもとPaαにおけるダスト減光量分布を求めた
- 今後、この減光量分布から本来のPaα輝線画像を作成し、正確な中心集中度を求めていく

### ■ Hα/Hβを用いた場合との比較

- N,SE領域ではVeilleux et al.(1995)によるHα/Hβを用いた色超過E(B-V)の値が求まっており、そこから計算されるAvを今回のPaα/Hαで求めたAvと比較する

|                             | Av[mag] : 領域N | Av[mag] : 領域SE |
|-----------------------------|---------------|----------------|
| Paα/Hα (今回の結果)              | 7.15          | 7.90           |
| Hα/Hβ (Veilleux et al.1995) | 1.30          | 0.81           |

- Paαではダストに埋もれた放射が観測されるため、Paα/Hαでは本来の輝線比からの変化が大きくなり、ダスト減光量はHα/Hβの場合よりも大きく求まる

### ■ C-indexへの影響

- 以上の結果から、Paα/Hαを用いたダスト減光量ではU/LIRG中心領域から放射される実際のフラックスが大きくなるため、C-indexは大きくなる
- したがって、Tateuchi et al. (2012)の図においてはPaα輝線でのC-indexが大きいグループとそうでないグループに属する銀河は共に上へ移動すると考えられるが、後者はもとの広がった分布のため前者ほど移動せず、2つのグループはさらに明確に分離されると考えている

### ● 今後の展望

- [NII]/Hαが場所によらず一定という仮定がどこまで許容できるのかを定める
- ダスト減光量を考慮したC-indexを求める
- UH88による2012年の観測ではシーイングの悪さとフラット画像への迷光パターンへの映り込みという問題があったため、今年9月に再度1晩の観測を行い、最大7天体の観測予定である