

2010年7月15日(木)ー16日(金)@木曾観測所 木曾シュミットシンポジウム2010

晩期型渦状銀河 HII領域における星生成活動

富田晃彦(和歌山大・教育) 濤崎智佳(上越教育大・教育)
伊藤信成(三重大・教育)



↑西浦



↑柏木

三澤瑠花(東京学芸大学大学院・教育)
土橋一仁(東京学芸大・教育)

東京学芸大学大学院
教育学研究科
柏木 雄太

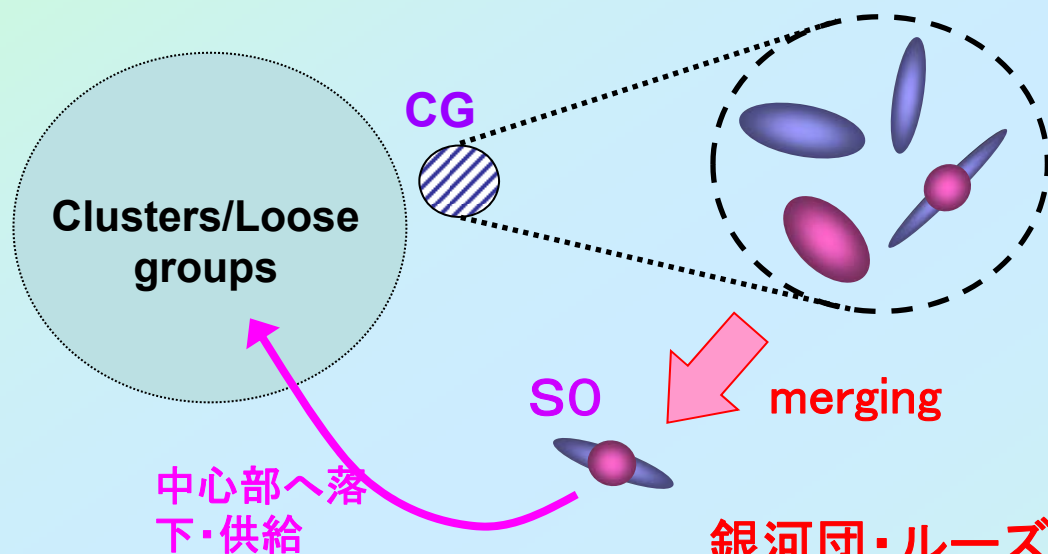
東京学芸大学 自然科学系
宇宙地球科学分野
西浦 慎悟

1. はじめに～銀河・銀河環境と星生成

● 西浦の最終目標

銀河環境は、どのように銀河の形成・進化に影響するのか？

特に「コンパクト銀河群環境は銀河の形成・進化にどのように影響するのか？



ヒクソンCGsの約7割が Loose groupsやclustersなど、より大きな集団に附随している。

→ Loose groupsやclustersの sub-structure らしい。

(Ramella et al. 1994, AJ, 107, 1623; Rood & Struble 1994, PASP, 106, 413)

銀河団・ルーズ銀河群周辺部のCGsはSO銀河の製造工場かも知れない。(early S + early S → S0)

→ CGs銀河の星形成は他環境の銀河と異なるのか？否か？

→ 恒星集団の形成・進化を、IMFやSFHから理解する必要がある。

1. はじめに～銀河・銀河環境と星生成

● 特殊な星形成が期待される例

- ・M74 (NGC628)、NGC6946などの**外縁部にHII領域**を検出
Ferguson et al. (1998, ApJL, 506, L19; 1998, ApJ, 116, 673)
- ・GALEXがM83の**最外縁部に紫外線源**を発見
- ・Grand-designとフロキュラントで**IMFの上限値が異なる**可能性を示唆。
Cedres et al. (2005, ApJ, 634, 1943)

→ IMFやSFHなどの星生成条件は、どの程度バラエティに富むのか？(分散は大きいのか？影響は大きいのか？)

→ 銀河系内天体で調べようとする...

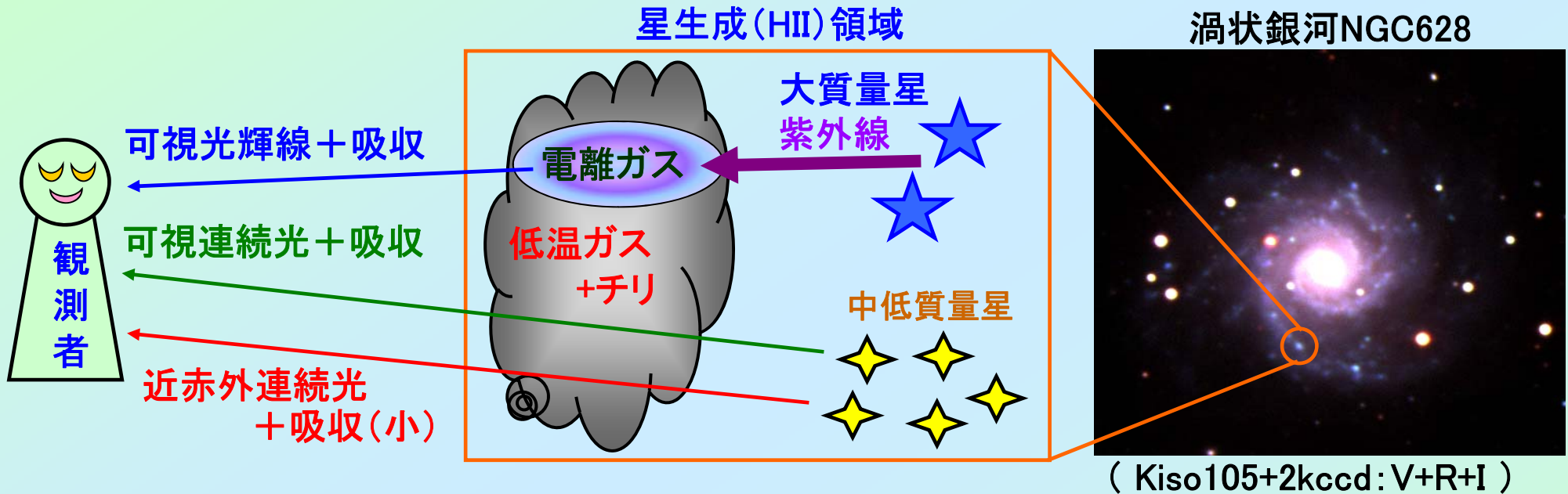


ガス・ダストによる複雑な幾何学構造＋恒星星団

→ 難しすぎる、西浦には無理...

2. 近傍渦巻銀河HII領域の多色撮像

系外銀河のHII領域は、まさしく恒星の集団的形成・進化の現場！



近傍渦巻銀河HII領域の多色撮像

- ・ 星生成領域の連続スペクトル → 中・低質量星
 - ・ 輝線スペクトル → 電離ガス → OB型星
- SEDと化学進化モデルを比較 → IMFとSFHなどの各星生成条件を議論する。
- 恒星集団のSED

2. 近傍渦巻銀河HII領域の多色撮像

渦状銀河NGC628



(Kiso105+2kccd:V+R+I)

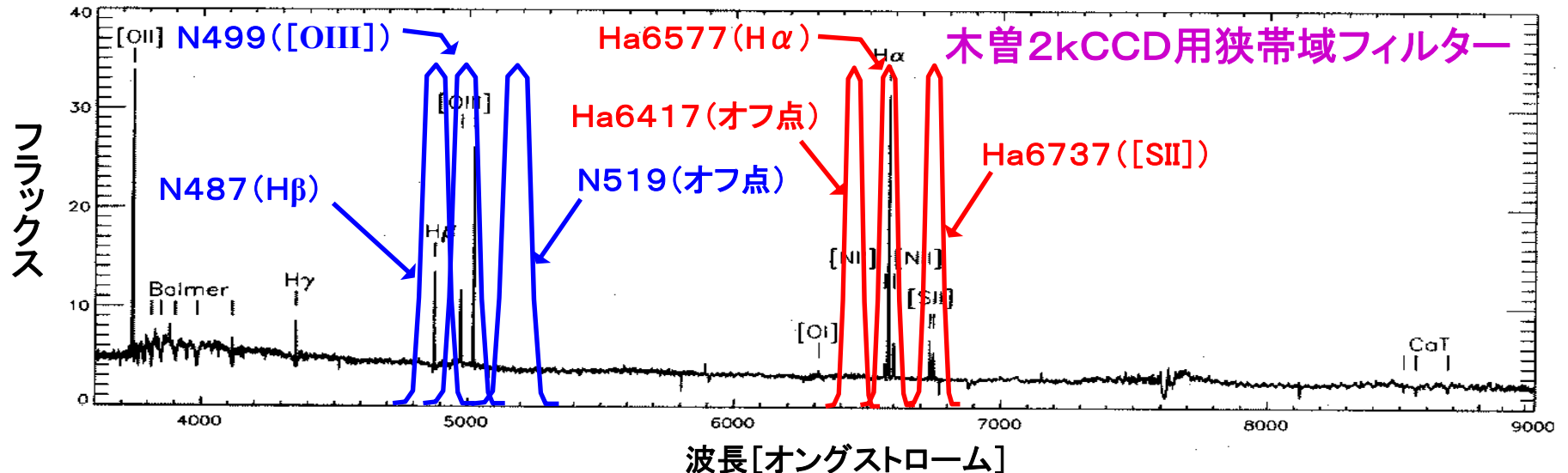
HII領域を大量に観測することで、より詳細な星生成条件を調べられるのではないかと?

スリット分光では観測効率が悪い → 狭帯域撮像

● 必要な観測機器

- ・ 銀河とその周辺を含めた領域を撮像できる
→ 広い視野
- ・ 電離ガス起源の輝線情報を得られる
→ 豊富な狭帯域フィルター

木曾シュミット
+2kCCD



近傍不規則銀河NGC4449 (207km/s)中の星生成領域のスペクトル

(Boker et al. 2001,AJ,121,1473)

2. 近傍渦巻銀河HII領域の多色撮像

● 狭帯域フィルターの仕様

- 1) 星生成領域に顕著な輝線成分 : $H\beta$, $[OIII]$, $H\alpha$, $[SII]$
- 2) 星生成領域の内部運動 : 数10km/s
- 3) 銀河回転 : 300km/s
- 4) 後退速度 : 近傍銀河 \rightarrow 3000km/s

名称	中心波長	FWHM	帯域 (幅はFWHMに相当)	透過率 (ピーク値)	備考
N487	4879 Å	86 Å	4837 Å – 4923 Å	85%	$H\beta$, 先頃納入
N499	4993 Å	114 Å	4933 Å – 5047 Å	91%	$[OIII]$ λ λ 4959,5007
N519	5179 Å	122 Å	5131 Å – 5253 Å	92%	$[OIII]$ ($H\beta$) オフ点
Ha6417	6417 Å	79 Å	6396 Å – 6475 Å	86%	$H\alpha$, $[SII]$ オフ点
Ha6577	6577 Å	83 Å	6555 Å – 6638 Å	86%	$H\alpha$
Ha6737	6737 Å	83 Å	6716 Å – 6799 Å	87%	$[SII]$ λ λ 6716,6731

2. 近傍渦巻銀河HII領域の多色撮像

● 観測サンプル

近傍渦巻銀河の中から計27銀河

- 後退速度 < 3000km/s
- Face-on view に近いもの(例外有)
- 見かけサイズが大きいもの(例外有)
- NRO銀河COアトラスで観測されたもの(例外有)
 - Sa - Sab : 4天体
 - Sb - Sbc : 11天体
 - Sc - Scd : 7天体
 - Sd - Irr, Interacting : 5天体

● 観測時間(FWHM < 3.5pix = 5.3 arcsec)

U: 30-60min、 B,V: 15min、 R、I : 9min、

Ha6417、Ha6577、Ha6737: 30-45min、

N487、N499、N519: 60-90min

Seeingが大きい時は、晴天であれば測光・分光標準星の取得

2. 近傍渦巻銀河HII領域の多色撮像

● 画像処理

IRAF+UNIXシェルスクリプトで半自動処理

- ・ バイアス合成、バイアス引き
- ・ バンド毎のフラット合成、フラットフィールドニング

SPIRALによるスカイ引き(手作業)

位置合わせ、seeing合わせ、レベル合わせ、(手作業)

- ・ 部分的にでも自動化したいが...

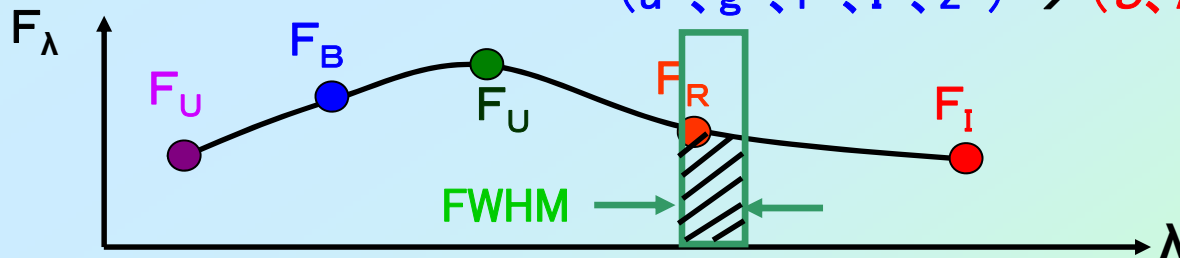
コントラストを上げる → medianフィルターでsmearした画像を差し引く。

● 測光(特に狭帯域フィルター)

- ・ Landolt(1992)標準星 → SDSSから恒星のデータを参照

→ SEDを内挿、AB等級で表現

(u', g', r', I', z') → (U, B, V, Rc, Ic)



(ゼロ点決定精度は0.03-0.07mag)

3. 晩期型渦状銀河HII領域の多色撮像

- ・ Sc—Scd 4銀河 + Sa(というか相互作用を経験した) 1銀河

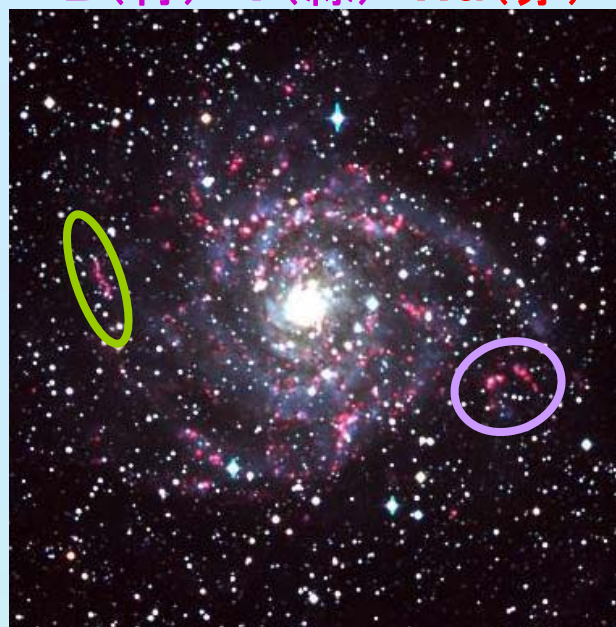
	M74	IC342	M101	NGC6946	M81
ハッブル分類	SAC	SABcd	SABcd	SABcd	SAab
距離(Mpc)	7.21	2.7	4.1	5.9	3.2
後退速度(km/s)	675	31	241	48	-34

IC342 B(青)+V(緑)+R(赤)



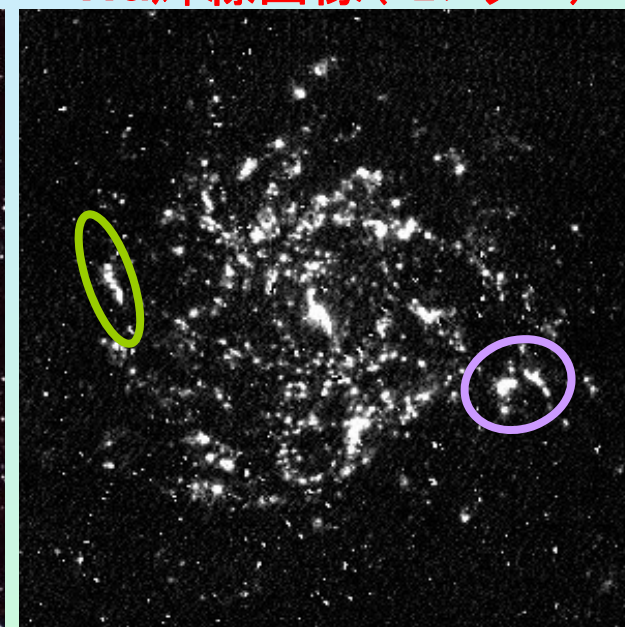
青い部分は若い星が存在

B(青)+V(緑)+H α (赤)



赤い部分は電離ガスが存在

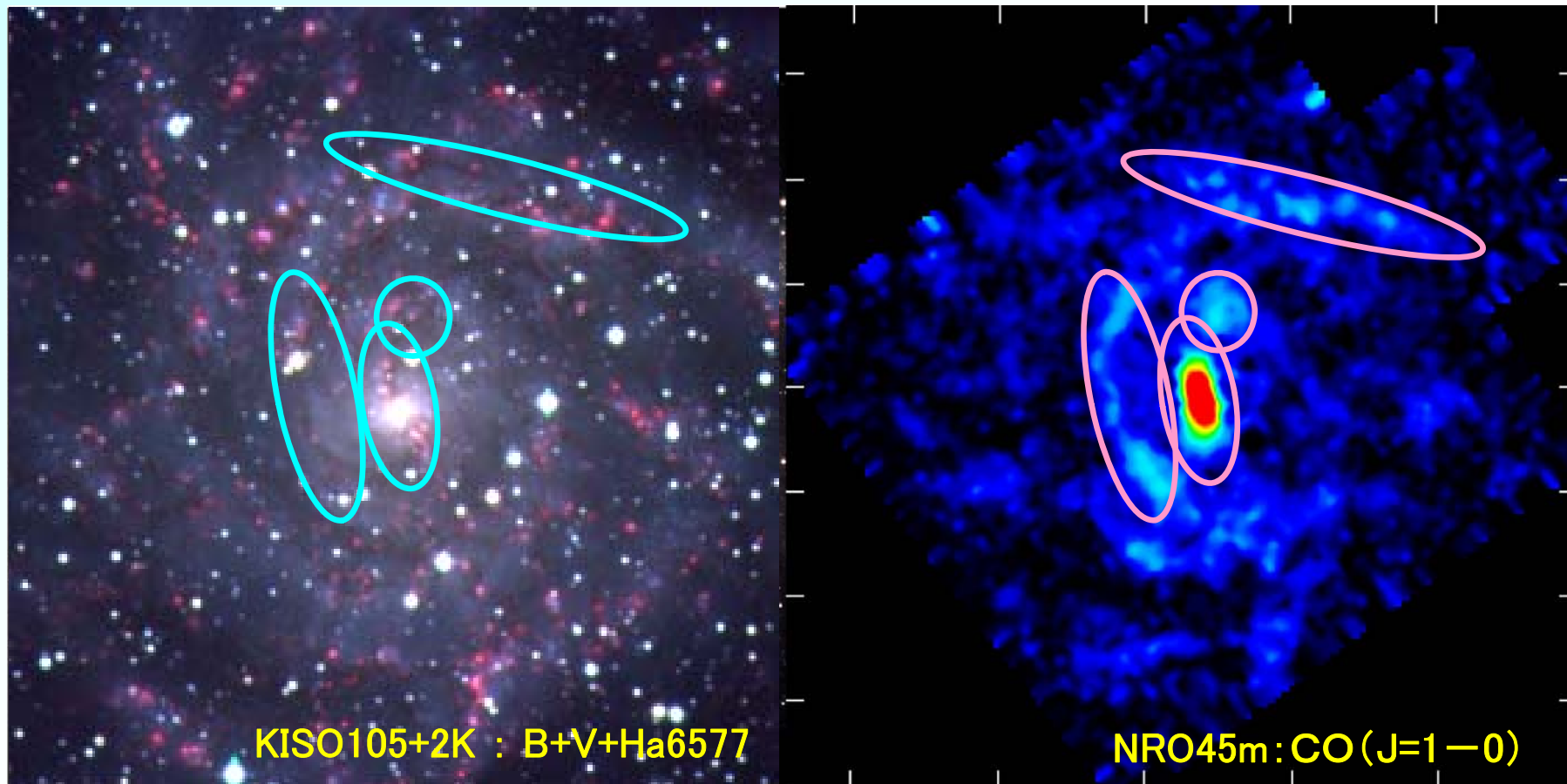
H α 輝線画像(モノクロ)



白い部分は電離ガスが存在

3. 晩期型渦状銀河HII領域の多色撮像

● NRO-COアトラス画像との比較 ～ IC342



- 中心の Bar に沿ってHII領域が分布。
- Bar の両端に暗黒帯が存在。
- 比較的目立つ分子雲の腕構造には暗黒帯とHII領域が付随している。

3. 晩期型渦状銀河HII領域の多色撮像

● HII領域の検出・測光:

- Source Extractor

検出条件 S/N > 1.5 - 2.5 最小画素数 9 pixels

輝線源の検出数

	M74	IC342	M101	NGC6946	M81
H β	140	146	475	376	157
[OIII]	75	139	426	249	230
H α	144	708	387	626	486
[SII]	160	285	218	532	200
全4輝線	33	56	93	150	73

全4輝線で検出された数が、大きく減少するのはノイズを拾っているためか？ → 要確認

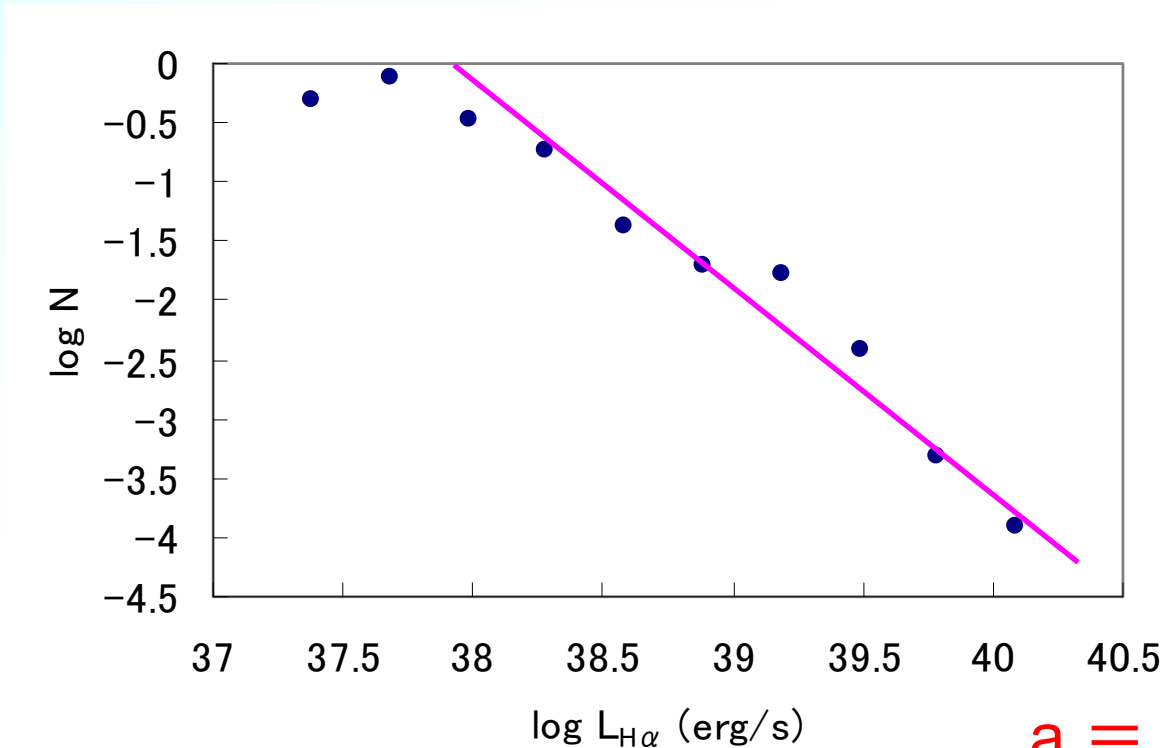
4. 結果その1～輝線光度関数

● 輝線光度関数

単位光度LあたりのHII領域の個数N

$$dN(L) = L^a dL \quad (a: \text{光度関数の冪})$$

例) H α 光度関数(M74)



$$a = -1.40 \pm 0.11$$

4. 結果その1～輝線光度関数

輝線光度関数の冪

	H β	[OIII]	H α	[SII]
M74	-1.89 ± 0.41	-1.90 ± 0.28	-1.40 ± 0.11	-1.53 ± 0.29
IC342	-1.57 ± 0.29	-1.96 ± 0.21	-1.63 ± 0.16	-1.64 ± 0.06
M101	-1.77 ± 0.07	-1.67 ± 0.07	-1.60 ± 0.08	-1.76 ± 0.12
NGC6946	-1.75 ± 0.22	-1.51 ± 0.12	-1.40 ± 0.08	-1.63 ± 0.10
M81	-1.43 ± 0.16	-1.74 ± 0.09	-1.51 ± 0.09	-1.62 ± 0.18

H α の冪は先行研究よりやや小さ目の値 →空間分解能の影響か？
→未検出の暗い源が多い？

H α 以外の輝線光度関数は他に文献に無し？

輝線光度関数の冪の間には、有意な相関は見られなかった(データ5点)。

5. 結果その2～輝線比の動径分布

● 輝線比の動径分布

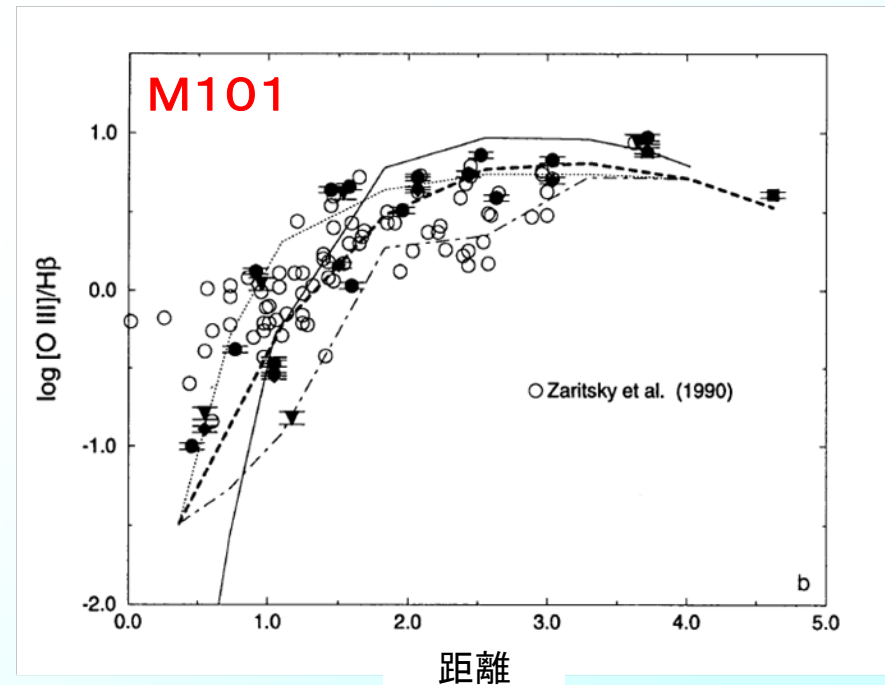
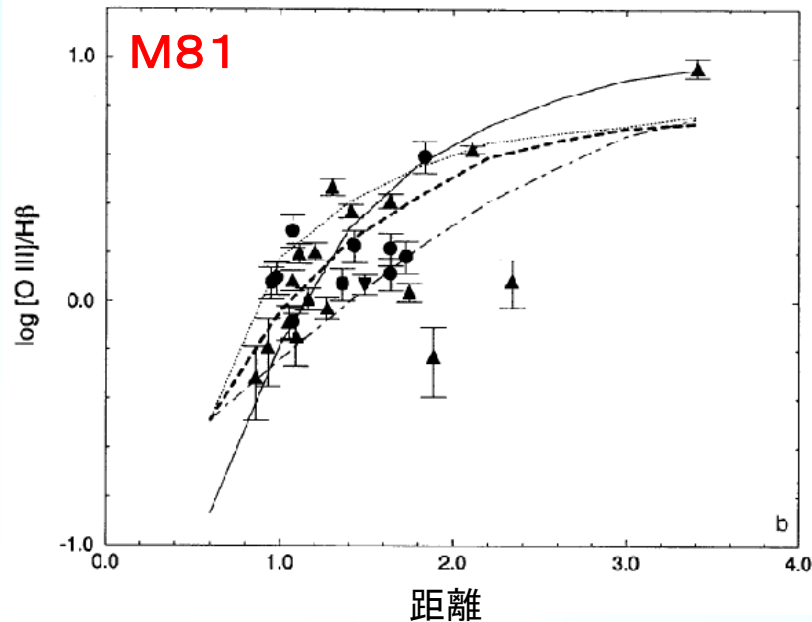
1942年 M33 HII領域の $[OIII]/H\beta$ と銀河中心からの距離の、正相関が指摘される。

(Aller 1942, ApJ, 95, 52)

→ 外側で励起星の表面温度が高くなる

数個の渦状銀河に対して、同様の相関が見出される。

(Henry & Howard 1995, APJ, 438, 170)

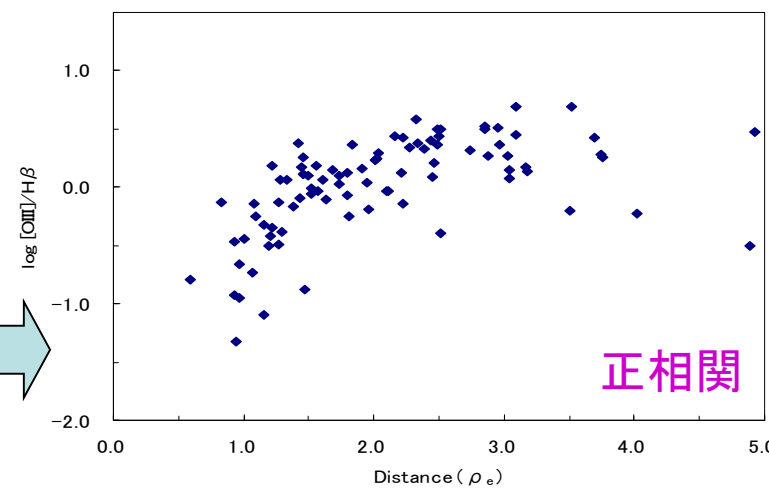
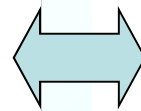
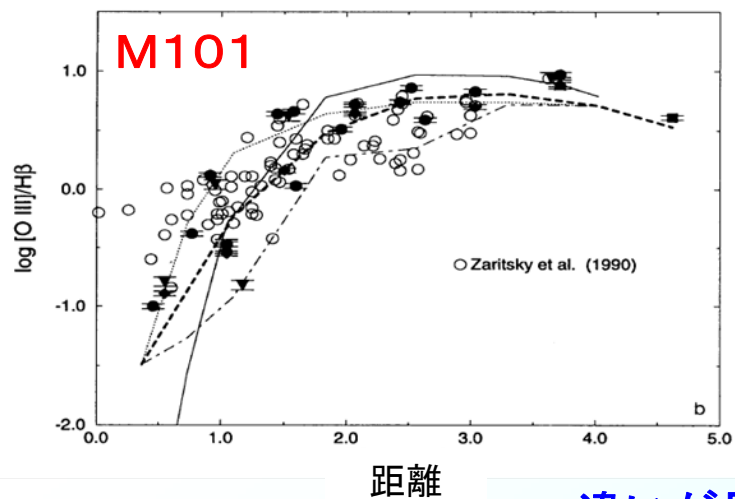
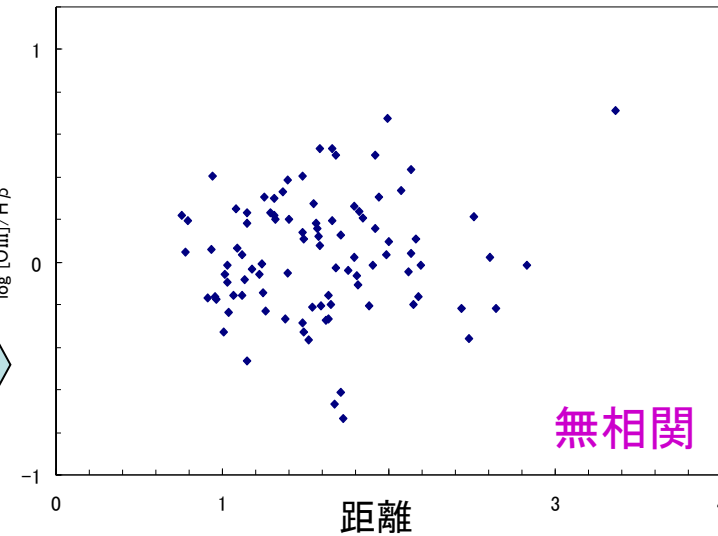
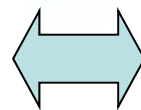
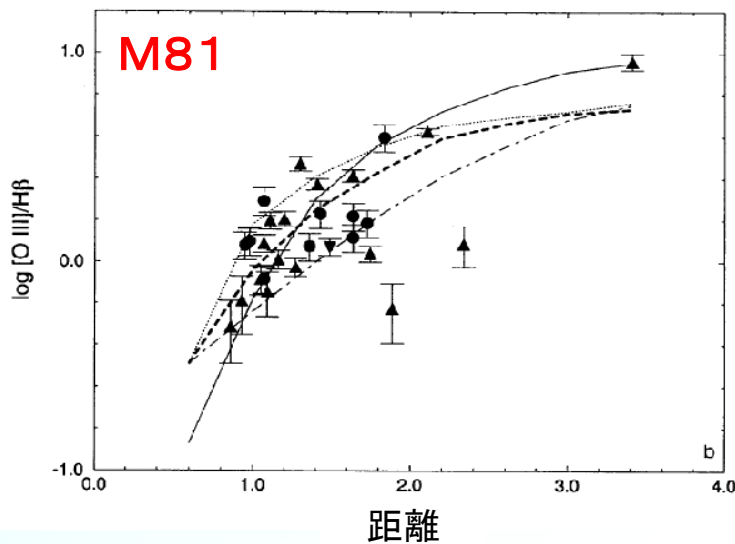


これらは分光観測のデータをコンパイルしたもの → 暗いHII領域は含まれていない

5. 結果その2～輝線比の動径分布

Henry & Howard (1995)

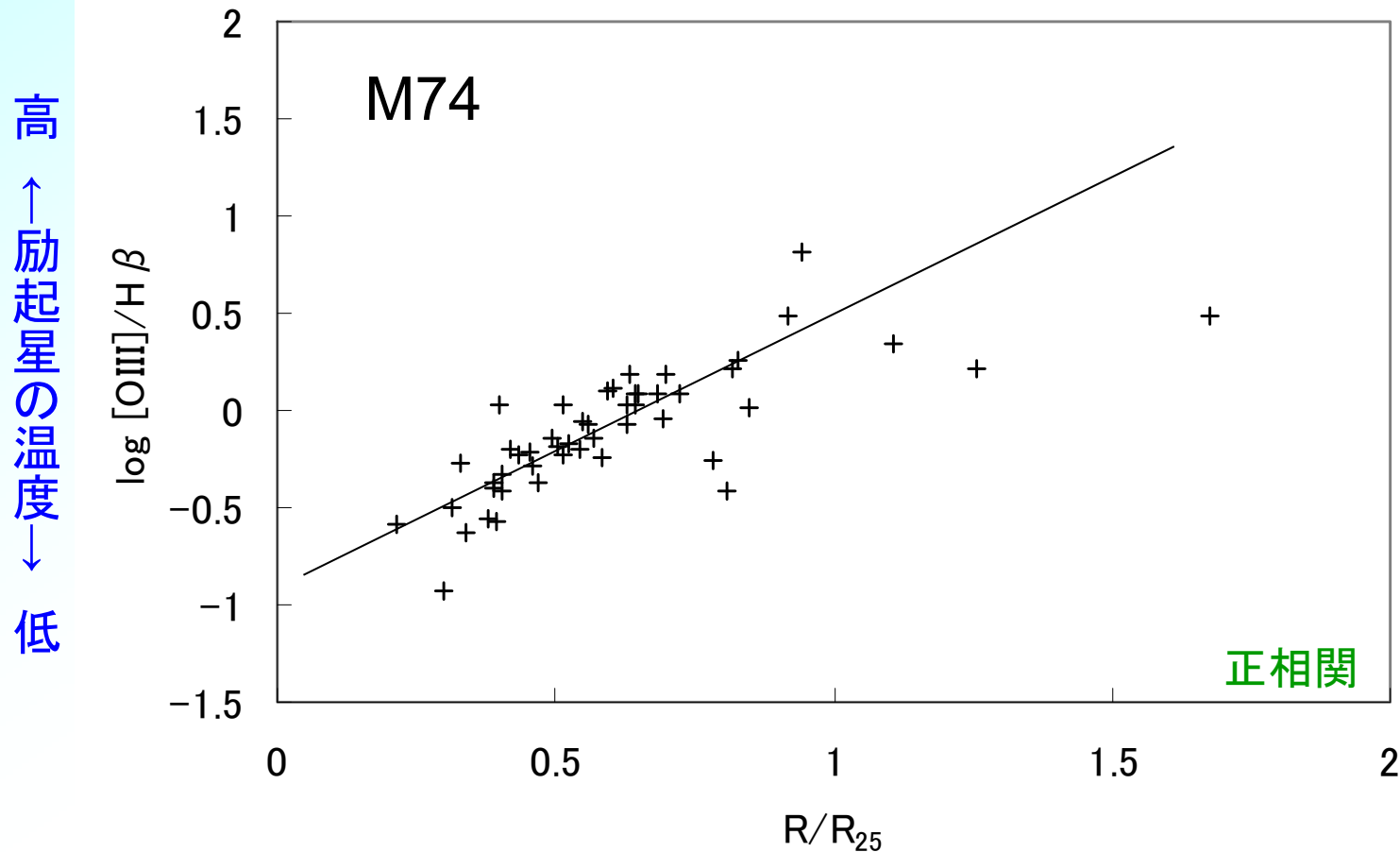
This work



違いが見えてきたのか？

5. 結果その2～輝線比の動径分布

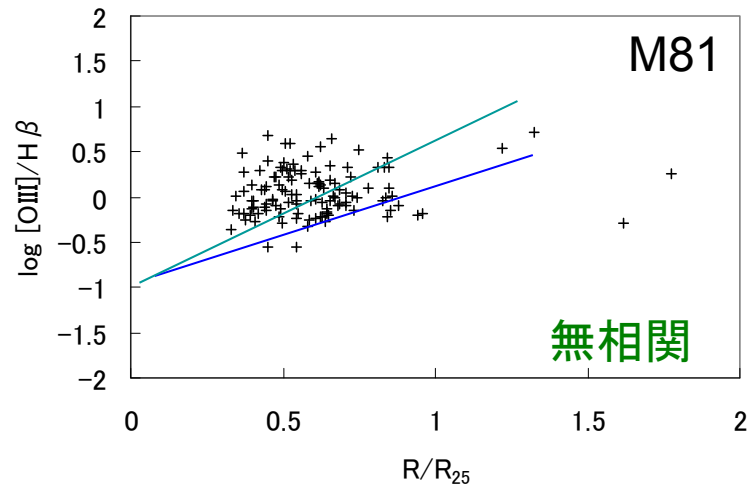
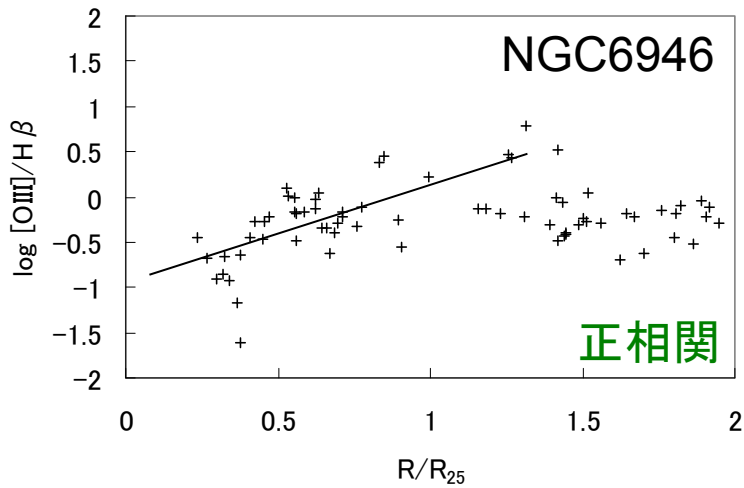
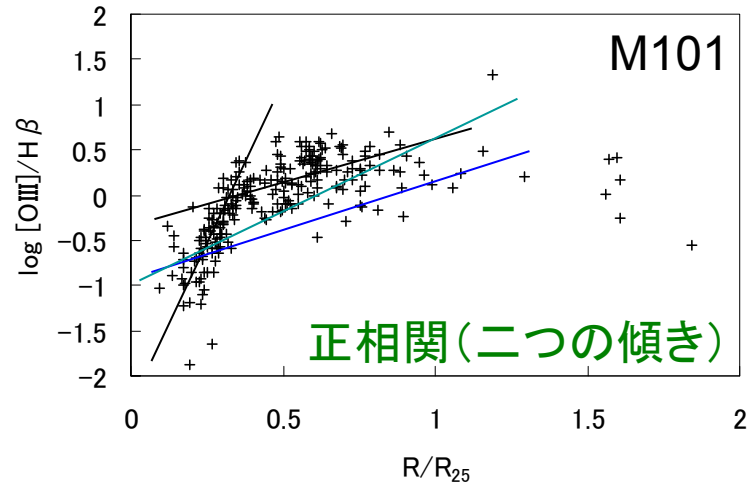
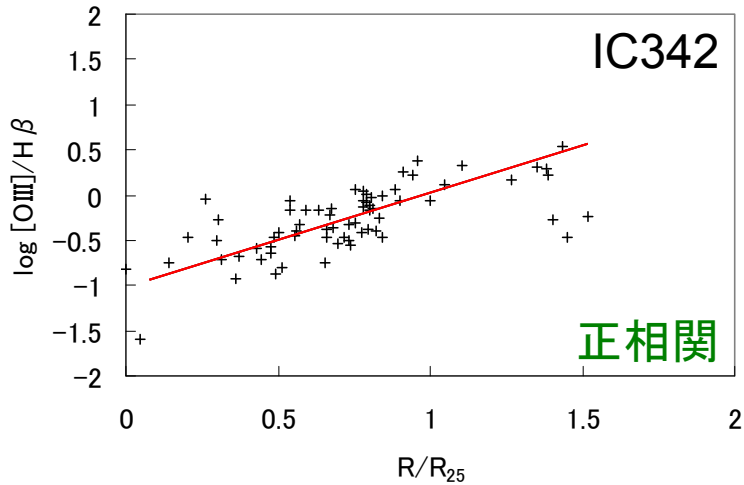
改めて、今回の5銀河の $[\text{OIII}] / \text{H}\beta$ の動径分布を概観すると・・・



$0 < R/R_{25} < 1$ において正相関が見られる

5. 結果その2～輝線比の動径分布

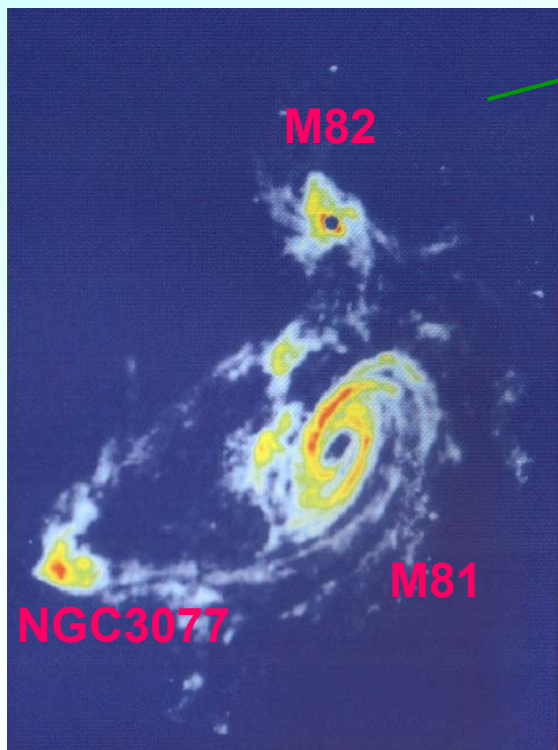
高
↑ 励起星の温度 ↓
低



[OIII]/H β の値・・・M101とM81は他の銀河より高め
→より高温度の励起星が存在

5. 結果その2～輝線比の動径分布

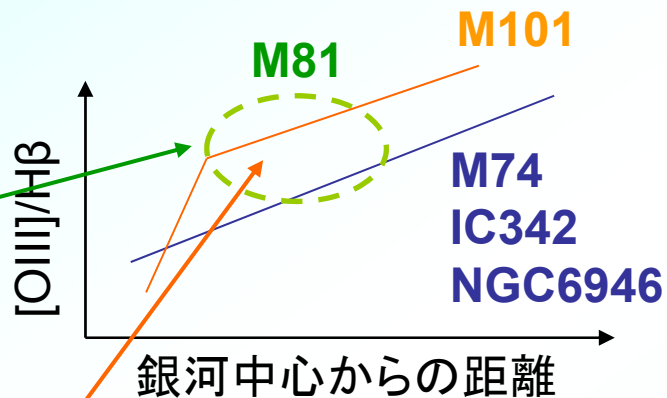
M81とM101で、より表面温度が高い励起星が形成される原因は？



中性水素ガスの分布

(Yun et al. 1994, Nature, 372, 530)

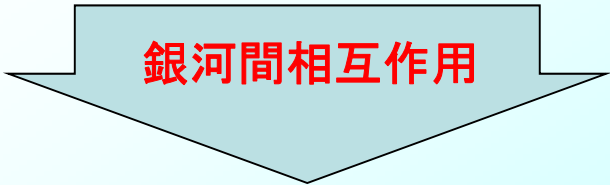
非常に激しい相互作用を経験



渦状腕の形態が不自然

M101はMinor Merger ?

[OIII]/Hβ vs 銀河中心からの距離、の正相関は本来ある傾きで形成される。



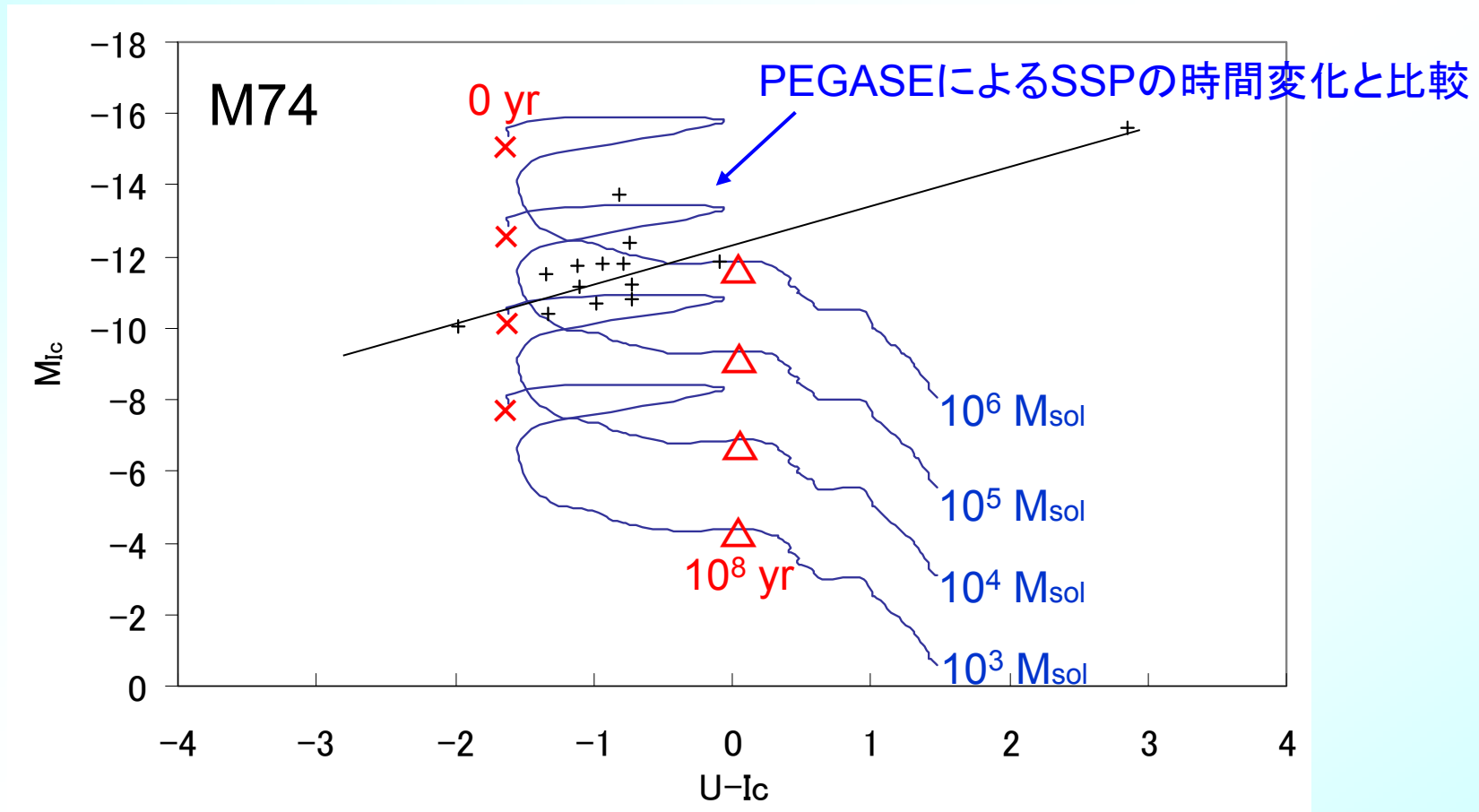
相互作用の規模に応じて、相関の折れ曲りや無相関な状態が生じる。

銀河間相互作用が、高温度星形成に影響？

6. 結果その3～ U, Ic の色等級関係

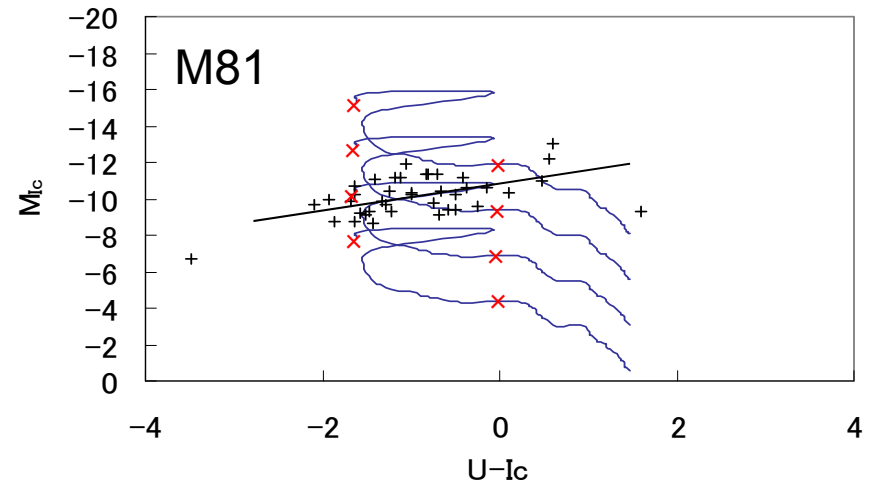
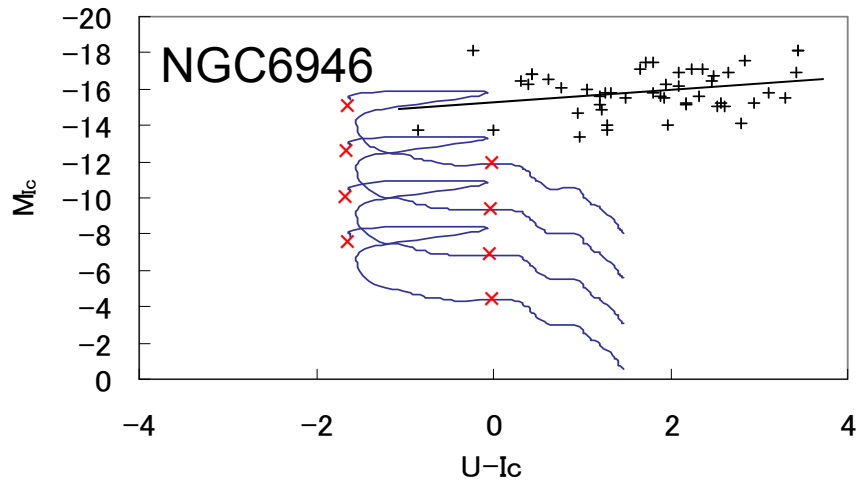
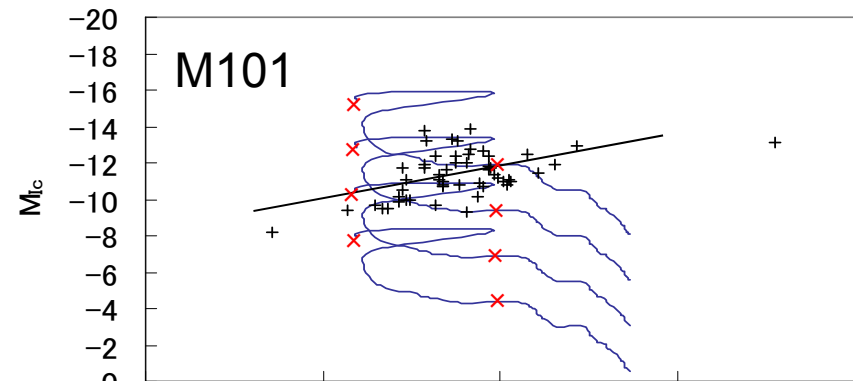
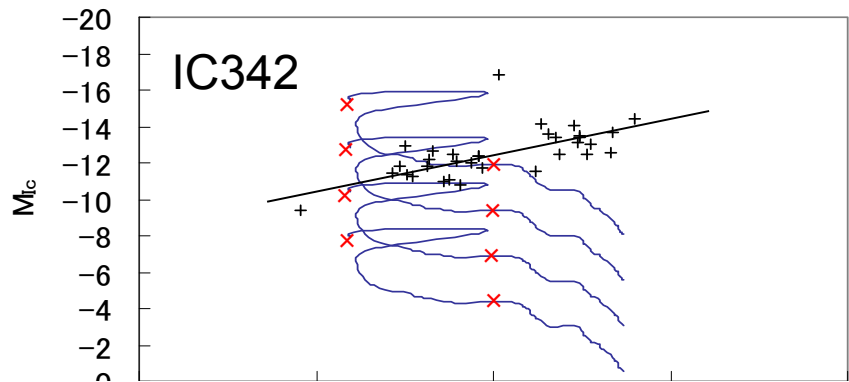
● U, Ic の色・等級関係

U: 大質量星を反映、Ic: 中・低質量星を反映



- ・ M_{Ic} と $U-Ic$ に相関があるように見える(何やら?)。
- ・ 星団年齢はせいぜい 10^8 年くらいまで
- ・ 星団質量はせいぜい 10^4-6 太陽質量くらい

6. 結果その3～ U, Ic の色等級関係



・ 相関は5銀河のHII領域全てで見られる(ただしNGC6946は変)

・ 星団の年齢は 10^8 年程度、質量は 10^4-6 太陽質量程度

・ 銀河衝突の影響なし

高温星形成の違いが見えると思ったが...

7. まとめ ～ 進捗状況

- ① 近傍渦状銀河HII領域の多色撮像観測によって得られたデータから、晩期型に属する4銀河(M74, M101, NGC6946, IC342)と早期型に属する1銀河(M81)のHII領域の性質を調べた。
- ② 5つの銀河全てについて、4つの輝線($H\alpha$ 、 $H\beta$ 、 $[OIII]$ 、 $[SII]$)光度関数を作成、その冪を導出した。 $H\alpha$ 光度関数の冪については、過去の報告値よりも有意に小さい値が得られた。シーイングの効果または暗い輝線源の未検出などの影響が考えられる。→ 実際に暗い輝線源が検出されていない例が確認されている。
- ③ $[OIII] / H\beta$ 比の動径分布から、M81、M101では他の3銀河に比べて高温度の励起星が多く形成されている可能性を見出した。さらに、これは銀河間相互作用の規模の大小の違いに因っているかもしれない。
- ④ UおよびIcバンドの色・等級関係では、5つ全ての渦状銀河で同様の相関が見られた。ただし、この要因は現在検討中。またPEGASEから得られた星団進化モデルと比較したところ、HII領域の星団年齢は 10^8 年程度、質量は 10^4-6 程度である。ただし、NGC6946については、相関関係があるものの不自然な値になっているため、等級のゼロ点などを再度確認したい。