

2016年7月5日(火) - 6日(水) 木曾シュミット・シンポジウム2016@木曾

# 近傍渦巻銀河の狭帯域撮像観測 とH $\beta$ フィルター



西浦慎悟 東京学芸大学・教育・理科

佐藤唯香 東京学芸大学・教育・自然環境

長谷川優子 川口市立科学館

根本明宗 東京学芸大学・教育・理科教育

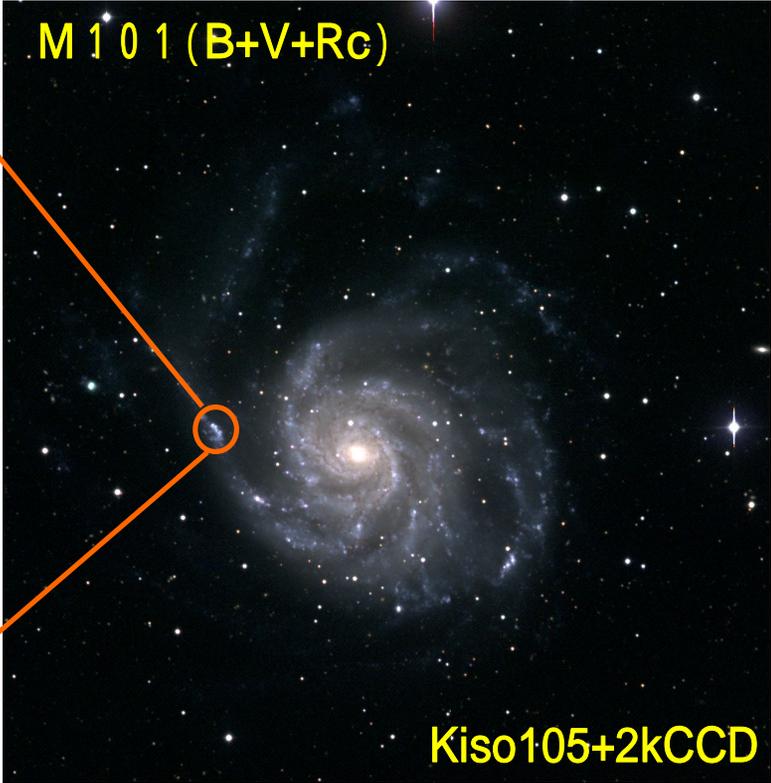
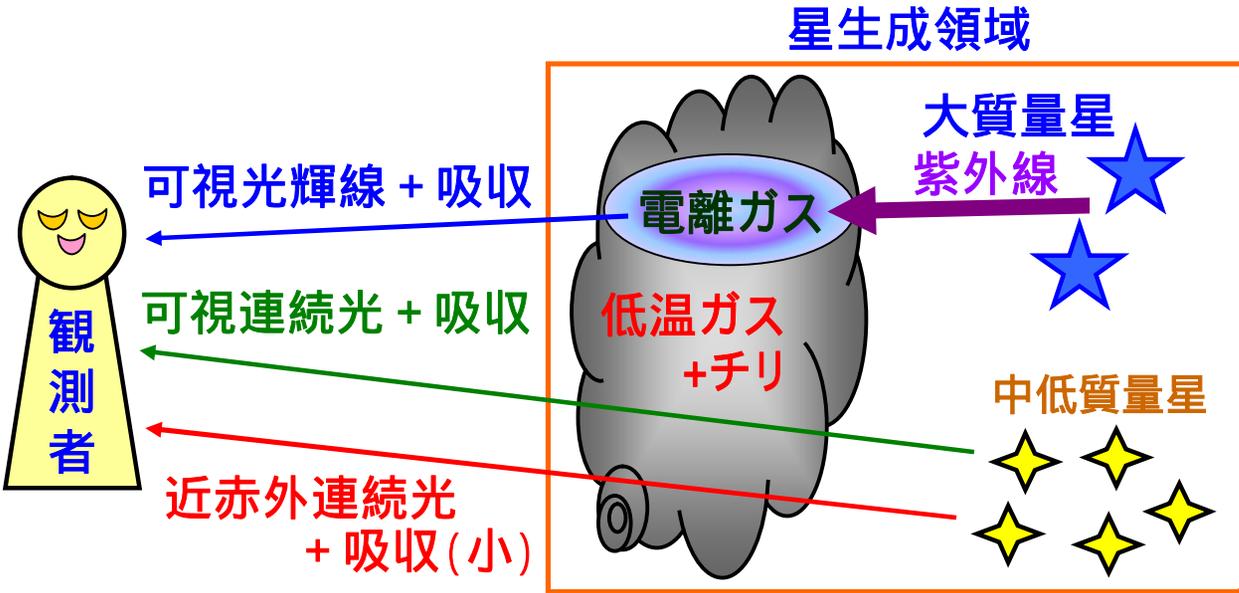
宮野 彩 東京学芸大学・教育・理科教育

柏木雄太 東京学芸大学・教育・理科教育

# 1. はじめに ~ 近傍銀河の狭帯域撮像 ~

## 近傍銀河中のHII領域:

**HII領域** : O B型星起源の紫外線によって、周辺の水素が電離している領域の総称で、**星生成領域**の一形態。様々なイオンからの輝線放射が特徴的。銀河系内のHII領域は、一般には散光星雲と呼ばれることが多い。反射星雲や暗黒星雲を伴うことも多い。



系外銀河では渦状腕中の**斑状構造**として確認される。

## 1. はじめに～近傍銀河の狭帯域撮像～

### 星生成と渦状腕形状：

・グランド・デザイン型とフロキュレント型で、HII領域のH $\alpha$ の等価幅の分布に違いがあり、**IMFの恒星質量の上限値の違い**で説明可能。

Cedres et al. (2005, ApJ, 634, 1943)

→ 渦状腕形態と星生成に  
関係はあるのか？

### 銀河外縁部の輝線源の存在：

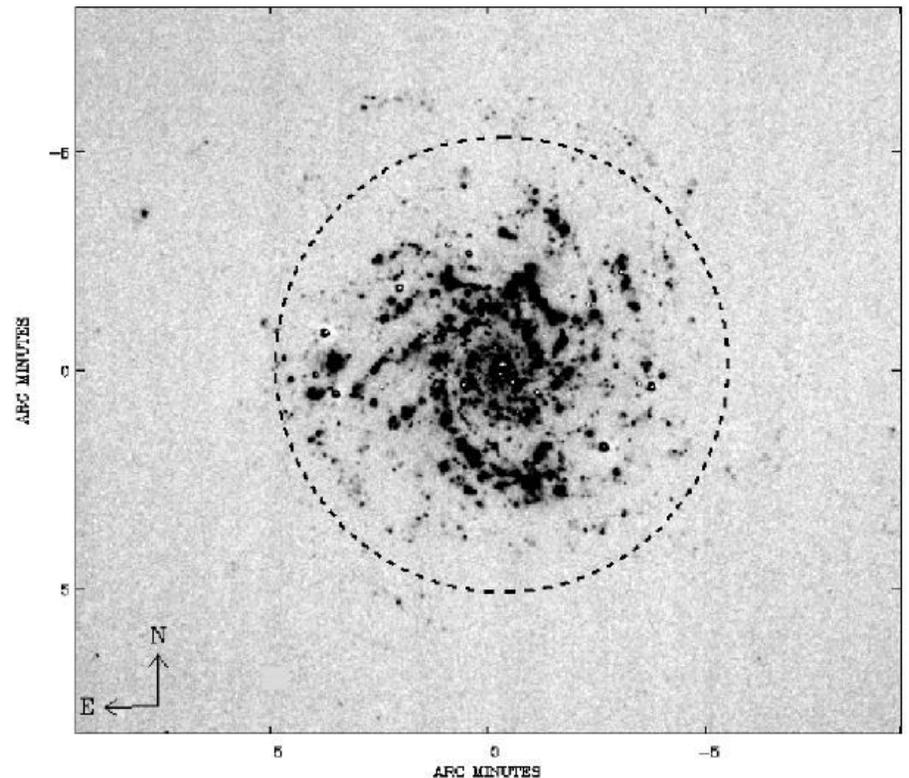
・NGC628、NGC6946などの**外縁部**  
に**HII領域**を検出

Ferguson et al. (1998a, ApJL, 506,  
L19; 1998b, ApJ, 116, 673)

・**銀河系外縁部**の分子雲中に  
**大質量星形成**を発見。

Kobayashi & Tokunaga  
(2000, ApJ, 532, 423)

→ 低密度・低金属量環境での星生成  
→ 最外縁部にHII領域を持つ銀河とは？



N628のH $\alpha$ 画像。点線は可視半径。  
Ferguson et al. (1998a)

# 1. はじめに～近傍銀河の狭帯域撮像～

## 【最終目標】

広帯域撮像 + 狭帯域撮像 → HII領域のSED

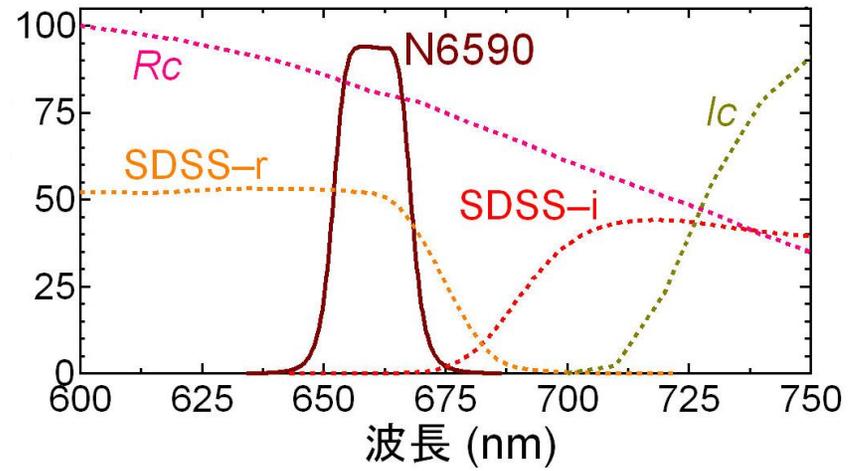
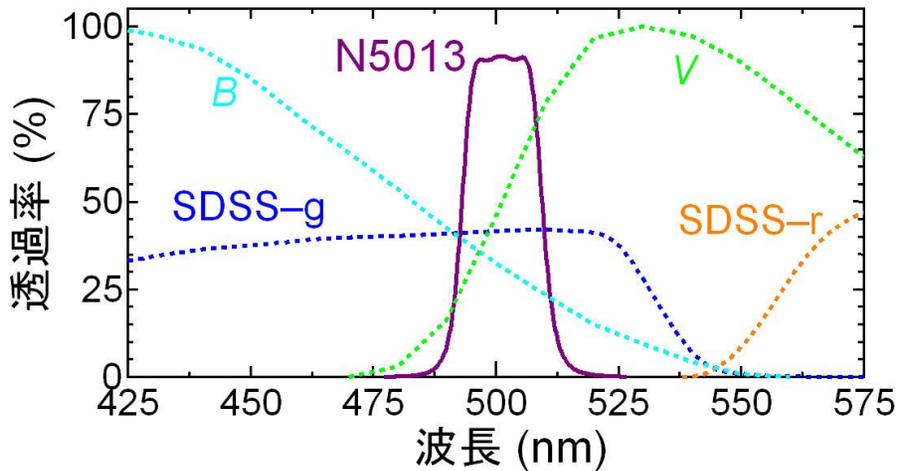
銀河の「形成・進化」と「環境」の理解

銀河内における初期質量関数や星生成史のばらつき

→ 広視野狭帯域撮像で、分光観測が難しい暗いHII領域までSEDを捉える。

【2kCCD】 Ha6417(連続光)、Ha6577(H 帯)、Ha6737([SII]帯)、N487(H 帯)、N499([OIII]帯)、N519(連続光)

【KWFC】 N6590(H 帯)、N5013([OIII]帯)



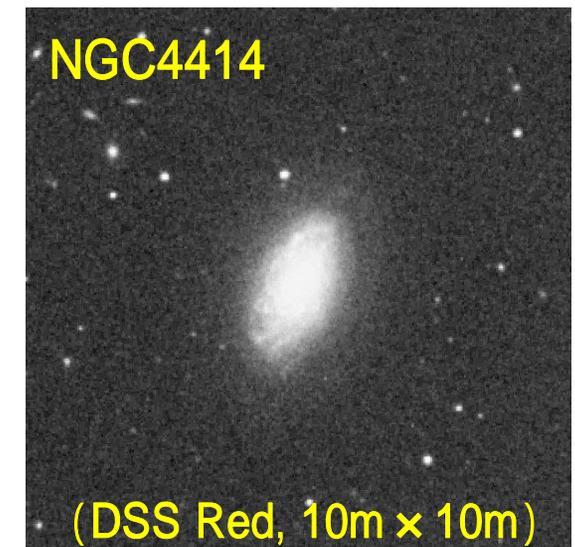
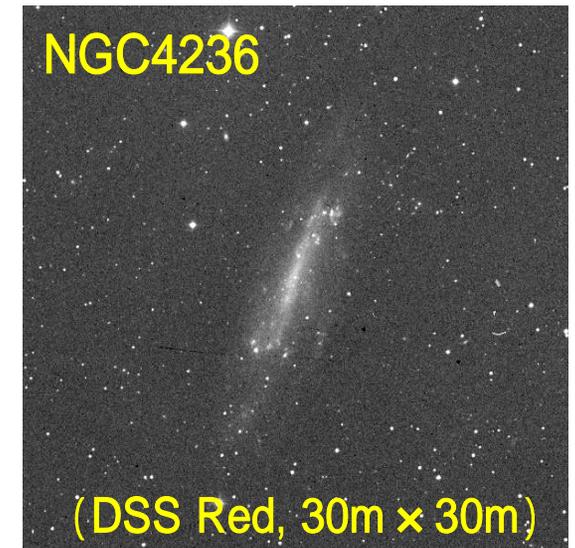
## 2. サンプル天体、観測および画像解析

【佐藤唯香(2015), 東京学芸大学教育学部, 卒業研究より】

### サンプル天体:

HII領域がある程度、空間的に分解できるように、  
近傍の晩期渦巻銀河の中から任意に選出した。

名称	NGC 4236	NGC 4414
赤経 (J2000.0)	12 <sup>h</sup> 16 <sup>m</sup> 42 <sup>s</sup>	12 <sup>h</sup> 26 <sup>m</sup> 27 <sup>s</sup>
赤緯 (J2000.0)	+69 ° 27 45	+31 ° 13 25
形態	SBdm	SAC
後退速度	191 ± 10 km/s	716 ± 6 km/s
距離	4.4 Mpc	19 Mpc
可視半径 ( $R_{25}$ )	11. 0	1. 82



## 2. サンプル天体、観測および画像解析

観測：・木曾105cmシュミット / 2kCCDによる観測

	NGC4236	NGC4414
観測日	2008年03月10日	2008年03月08日
バンド: 露光時間 × 枚数 Ha6417 (連続光) Ha6577 (H 帯) Ha6737 ([SII]帯)	Ha6417: 300s × 5 Ha6577: 300s × 6 Ha6737: 300s × 6	Ha6417: 300s × 6 Ha6577: 300s × 6 Ha6737: 300s × 6
天候 / シーイング	晴: 3. 0-4. 5	快晴: ~2. 6
天頂距離	34. ° 1-36. ° 1	5. ° 1-22. ° 7

### 画像解析:

IRAFを使用して、典型的なリダクション(バイアスの差し引き、フラット・フィールドイング)を行い、IRAF/imsurfitで背景光を除去した。

IRAF/geomap, geotranを用いて画像間の位置合わせを行った。

IRAF/imcombineによる画像合成を行った。

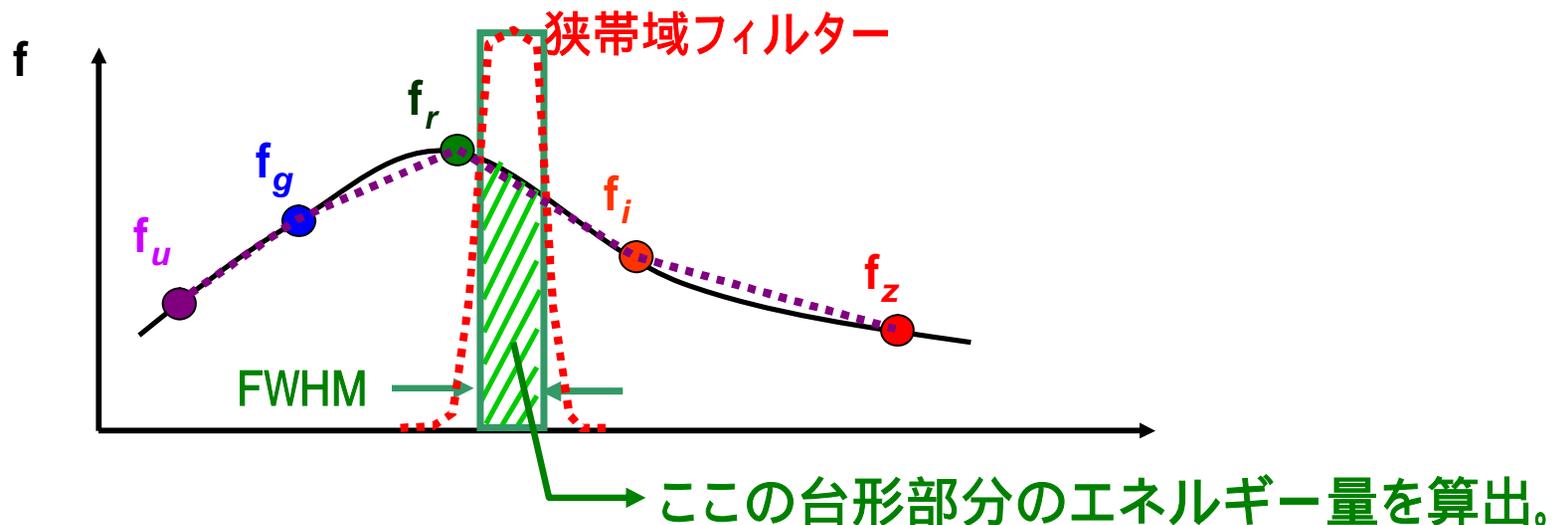
## 2. サンプル天体、観測および画像解析

### フラックス(等級)較正:

SDSS( $u, g, r, i, z$ )データを線形内挿し、観測視野内の恒星のSEDを作成する。

各狭帯域フィルターのフィルター関数を、同じFWHMを持つ矩形波型に簡略化する。

上記をコンボリューション(実際は下図の台形の求積)することで、各狭帯域バンドにおける恒星のAB等級、 $m_{6417}$ 、 $m_{6577}$ 、 $m_{6737}$ を算出し、これを観測データから得た測光データと比較する。



## 2. サンプル天体、観測および画像解析

### 連続光の除去:

狭帯域画像中の約10個の恒星の開口測光を行った。

上記の結果を用いて、Ha6577(H 帯)像とHa6417(連続光)画像、Ha6737([SII]帯)画像とHa6417画像の間の連続光成分のレベルを合わせた。

Ha6577画像からHa6417画像、Ha6737画像からHa6417画像を差し引くことで、それぞれ、H 輝線画像、[SII]輝線画像を得た。

### 輝線源の検出:

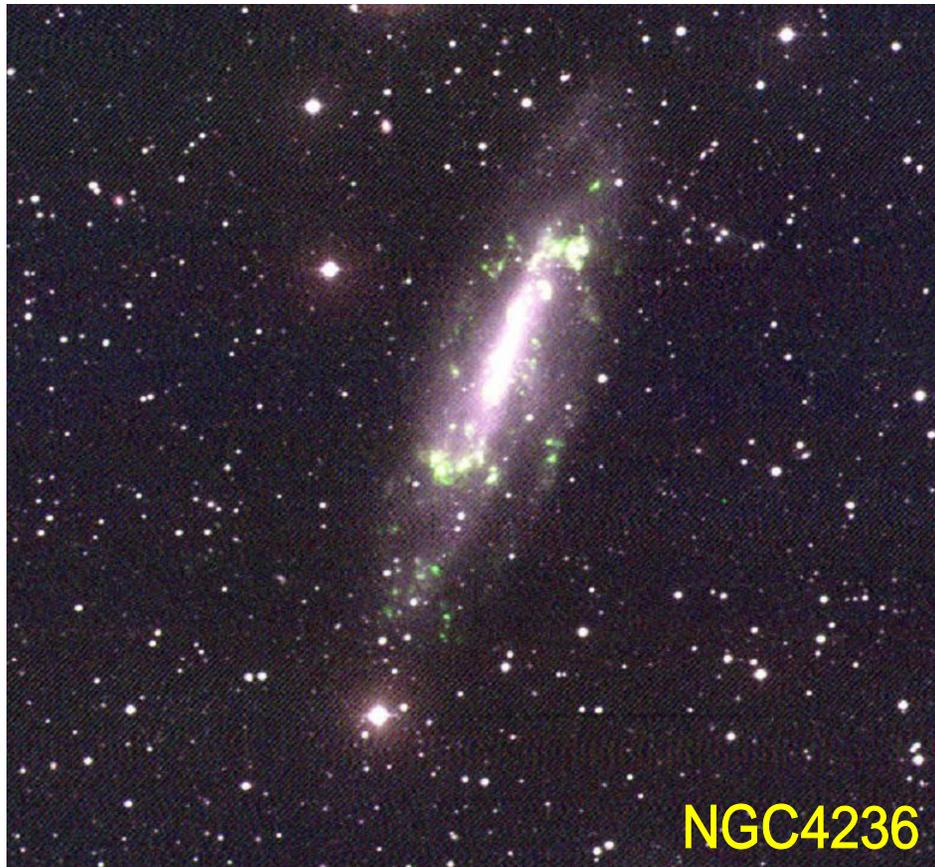
- **Source Extractor (= SExtractor:)**を使用した。
- 検出条件は 1) 背景揺らぎの**1.5** 以上、かつ、2) 面積が**16 pix<sup>2</sup>** [星像サイズ程度]以上。
- 測光は、開口サイズ **7.5** による開口測光。
- **$m_{6417} - m_{6577} > 0.3 \text{ mag}$  かつ  $m_{6417} - m_{6737} > 0.3 \text{ mag}$**
- 輝線成分の強度  $m_{\text{Ha}}$ 、 $m_{[\text{SII}]}$  が、 **$m_{6417} - m_{\text{Ha}} > 0.5 \text{ mag}$  または  $m_{6417} - m_{[\text{SII}]} > 1.0 \text{ mag}$**  と強い。

### 3. 結果および考察

狭帯域撮像データによる擬似カラー画像:

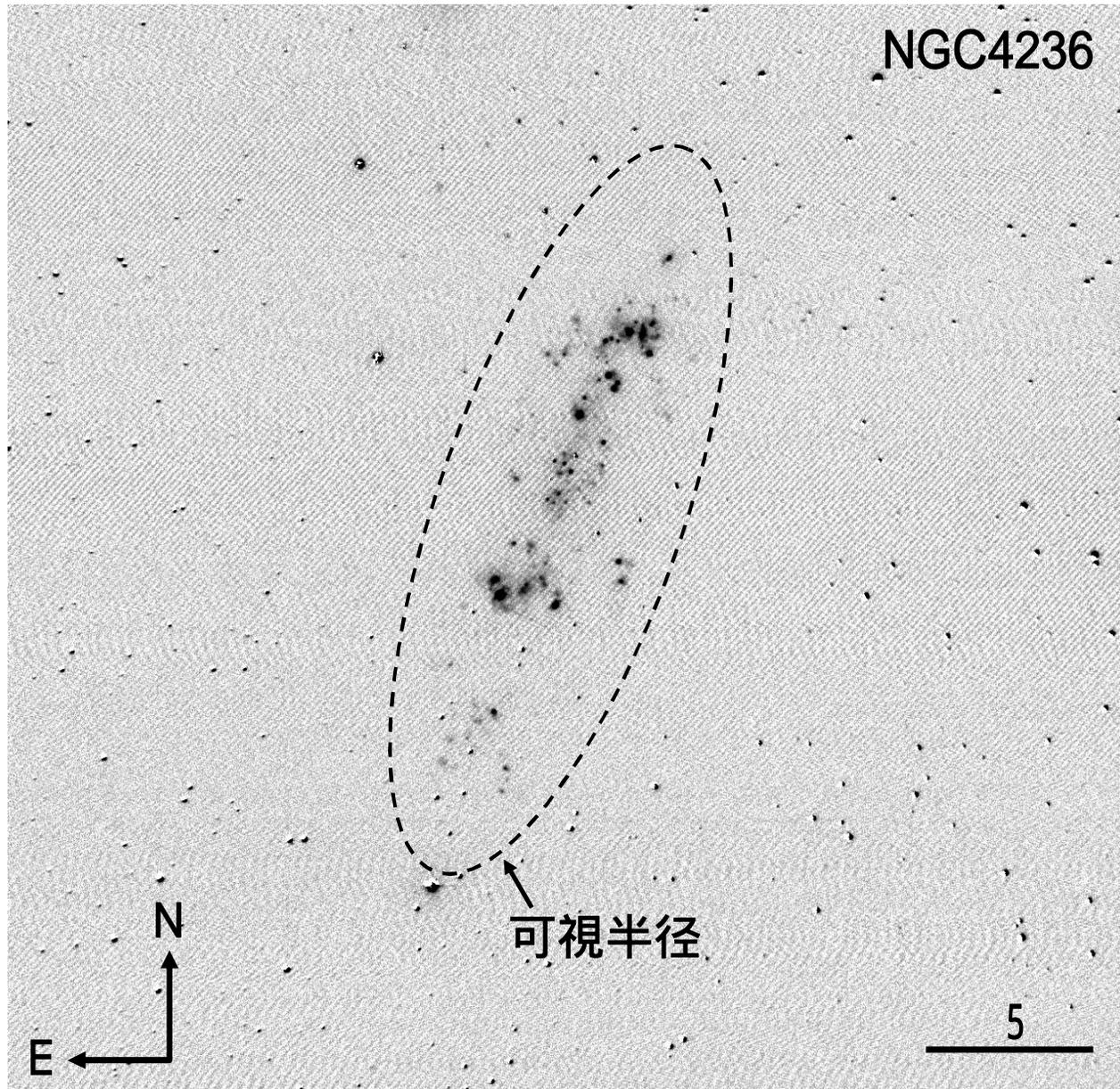
Ha6417(連続光) → 青  
Ha6577(H 帯) → 緑  
Ha6737([SII]帯) → 赤

恒星は白色、H 源は緑色、[SII]源は  
オレンジ色(H も強いため)に呈色する。

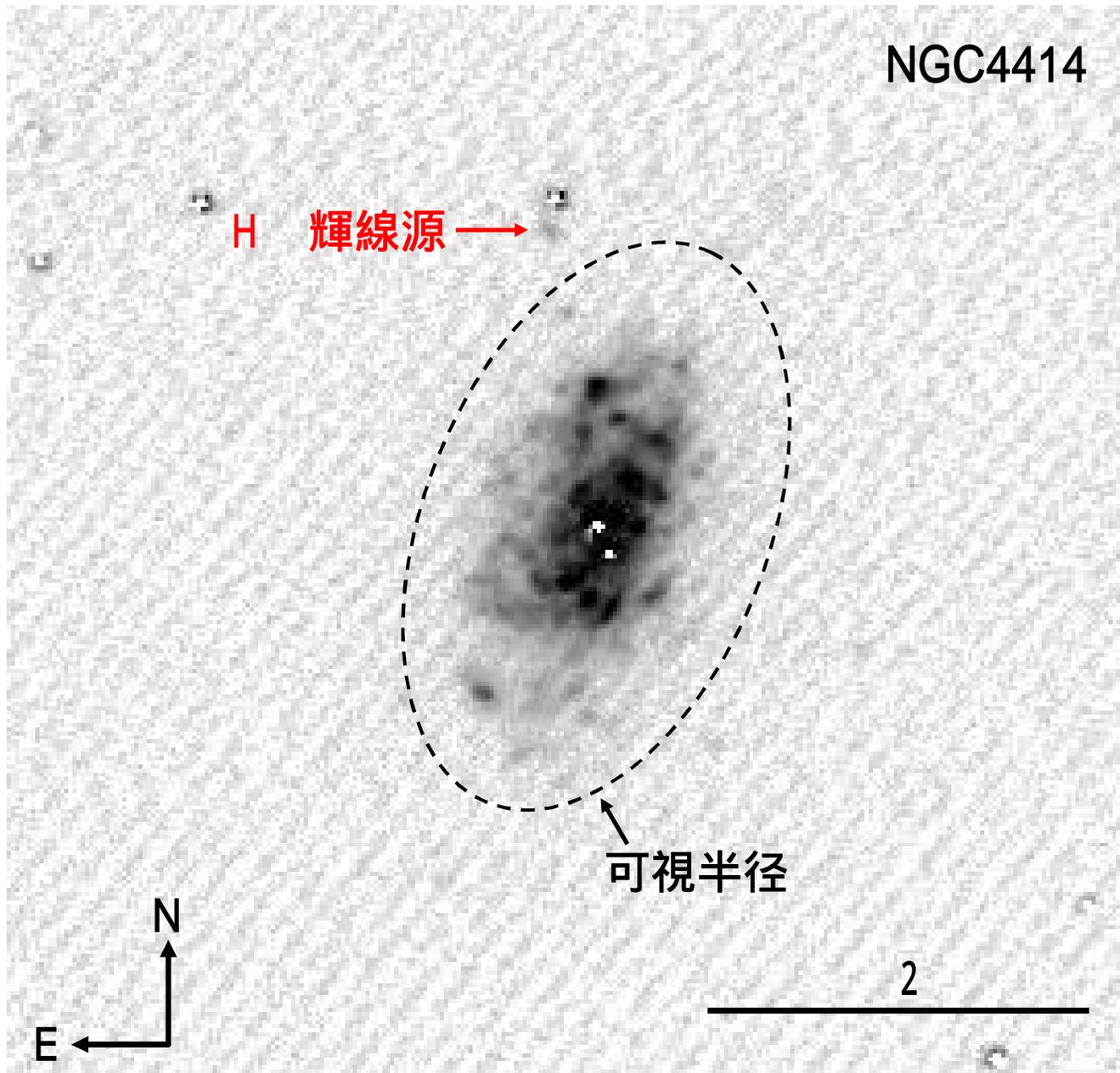


# H 輝線画像:

## 3. 結果および考察



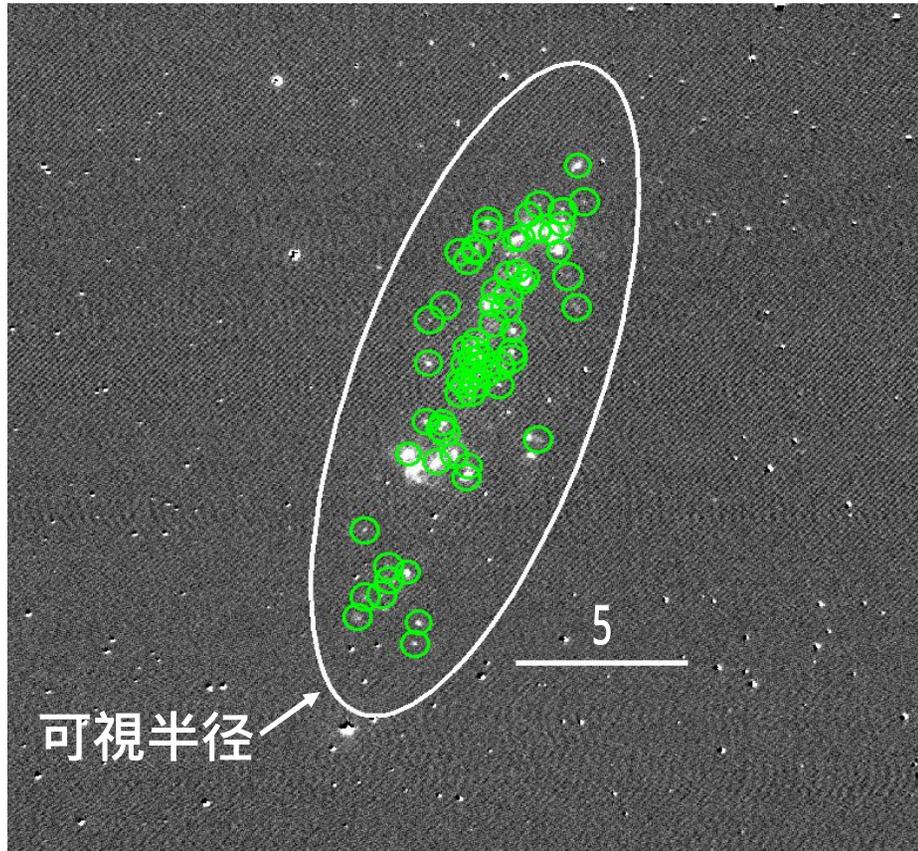
### 3. 結果および考察



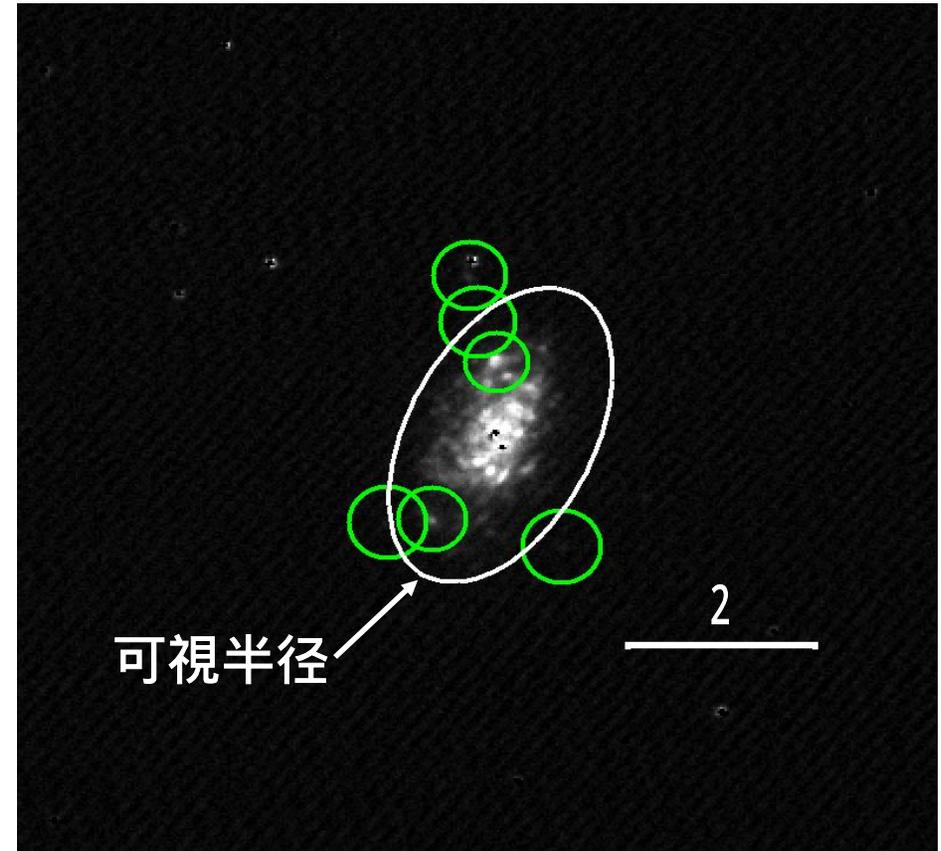
### 3. 結果および考察

#### H 輝線源の検出:

NGC4236



NGC4414



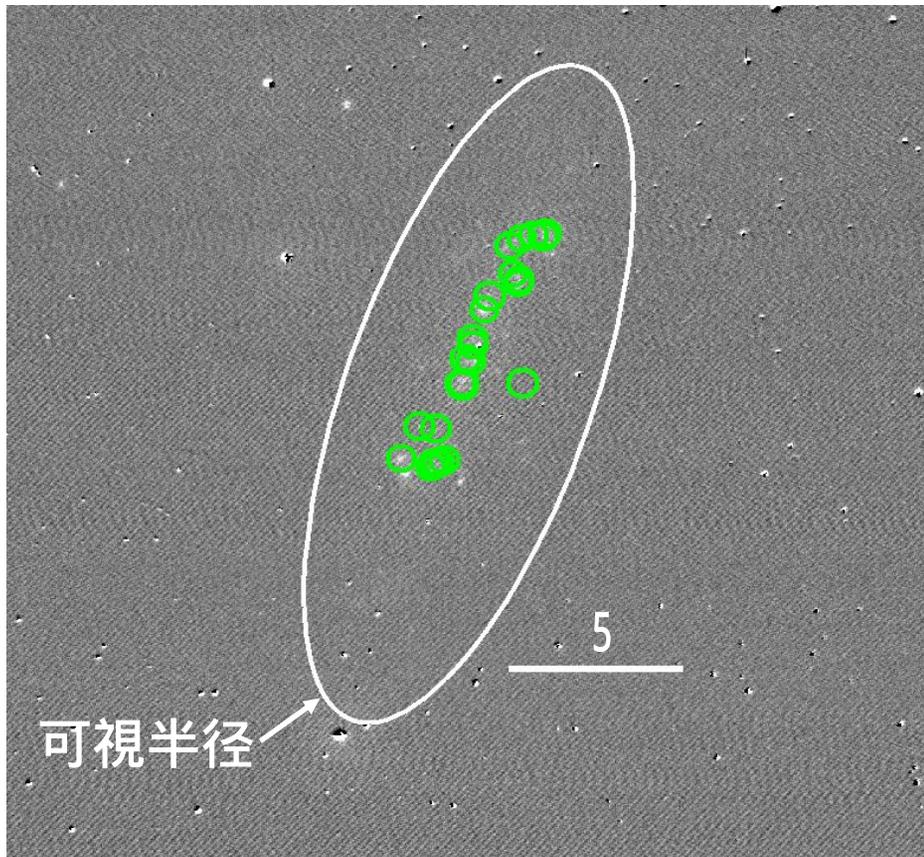
→ 検出されたH 輝線源は、全て可視半径内。ディスク最外縁部には、H 輝線源は**検出されなかった**。

→ 可視半径内のH 輝線源は殆ど検出できなかった。ディスク最外縁部に**1個のみH 輝線源を検出した**。

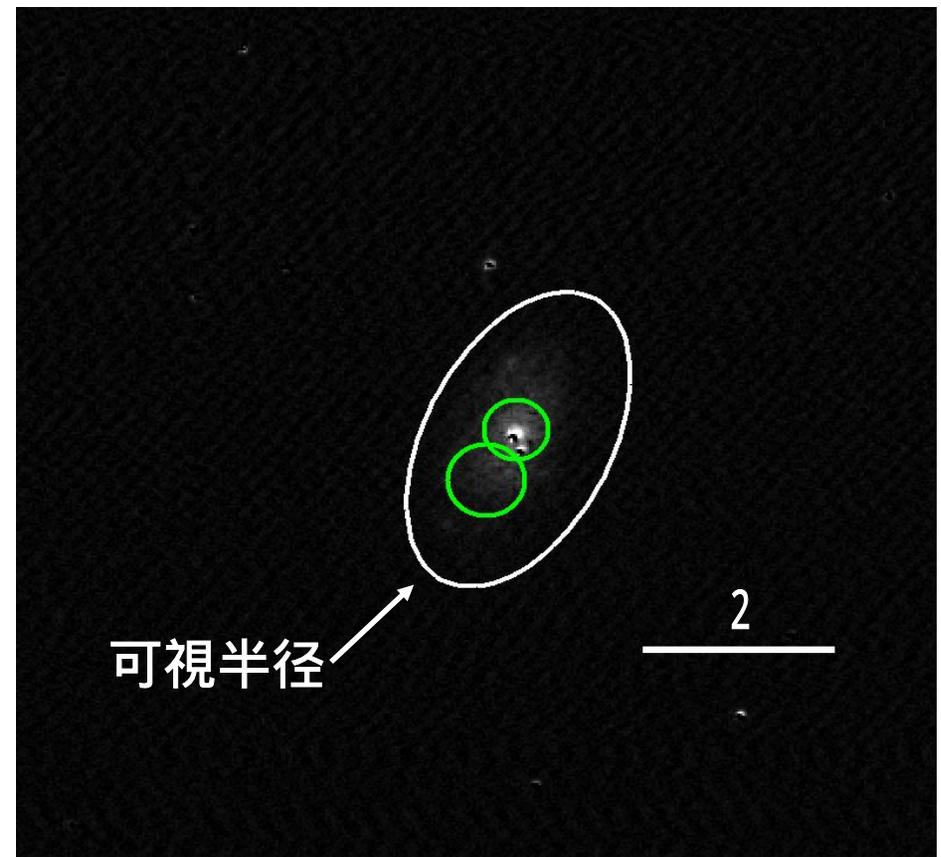
### 3. 結果および考察

#### [SII]輝線画像と[SII]輝線源の検出:

NGC4236



NGC4414

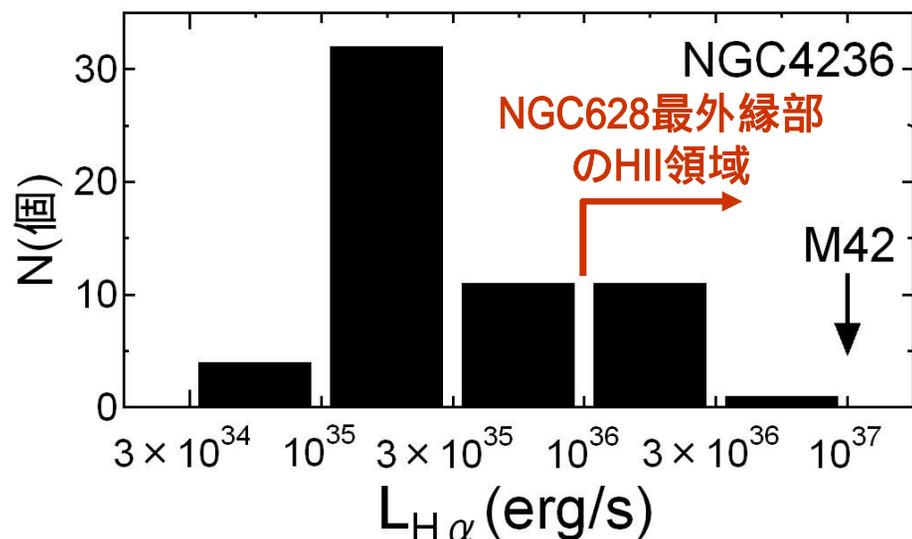


→ 検出されたHII領域は、全て可視半径内。ディスク最外縁部には、HII領域は**検出されなかった**。

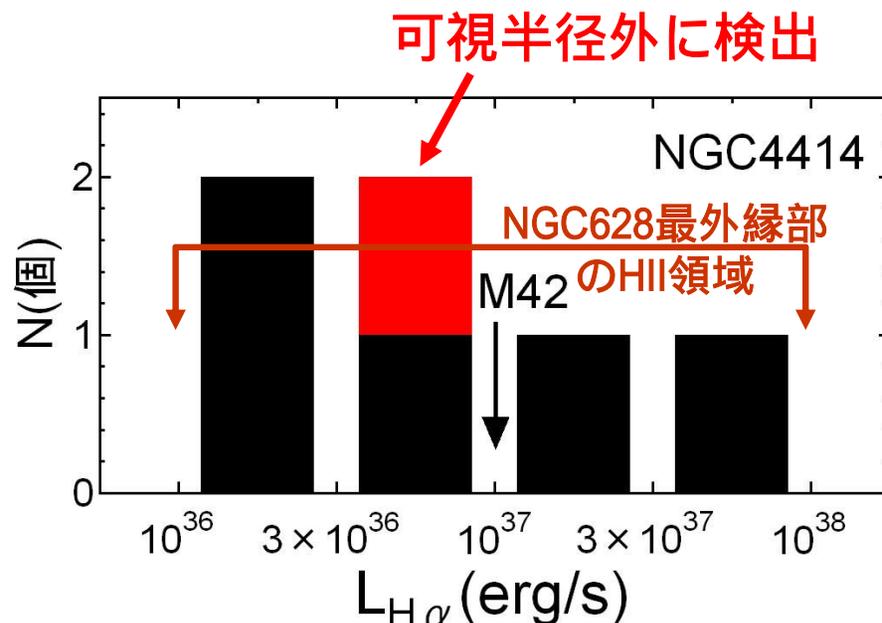
→ HII領域は殆ど**検出できなかった**。

### 3. 結果および考察

#### H 輝線源のH 光度分布:



→ 可視半径内のみに、暗い (H 輝線光度がM42以下) H 輝線源を多数検出した。可視半径外では未検出。



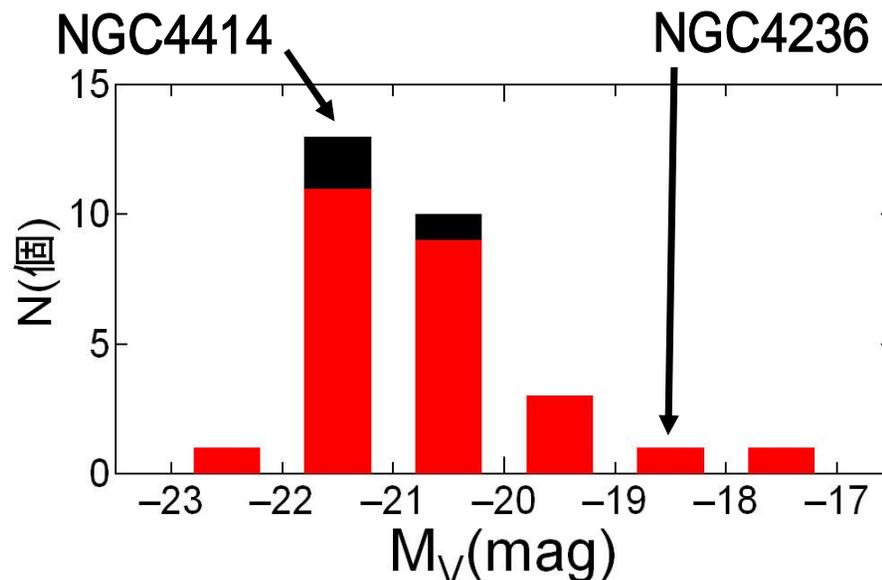
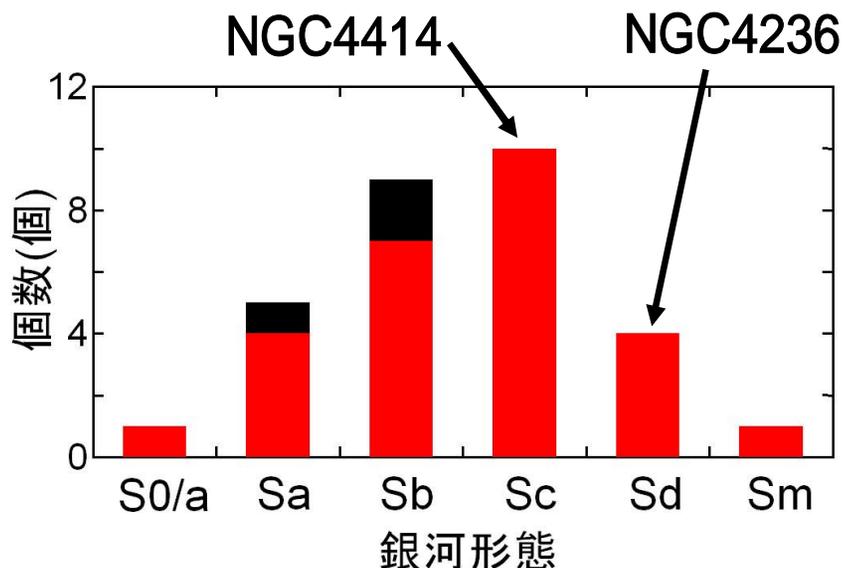
→ 可視半径内に検出したH 輝線源は少ないが、H 輝線光度がM42程度。唯一可視半径外に検出されたH 輝線源のH 輝線光度は、NGC628の1ケタ下。

### 3. 結果および考察

最外縁部にHII領域を持つ銀河:

Outer HII 有、

Outer HII 無



Ferguson et al. (1998a); Goddard et al. 2010, MNRAS, 405, 2791; Barnes et al. (2012, ApJ, 757, 64[22pp]とRC3をコンパイル[長谷川修論(予)より])

【NGC4236】最外縁部のHII領域は渦状腕の延長上に分布する傾向がある (Ferguson et al. 1998a) が、NGC4236は渦状腕の発達が不十分？そもそも、可視半径を超えるHIガスが存在せず (Shostak 1973, A&A, 24, 411) 星生成の材料が無い？

【NGC4414】  $M_V$ はNGC628と同程度で、可視半径を超えるHIガスが存在する (de Blok et al. 2014, A&A, 566, 80) が、その量  $4.5 \times 10^9 M_{\text{sol}}$  はNGC628の半分程度。最外縁部に十分な星生成の材料が無い？ (Minor Merger で失った？)

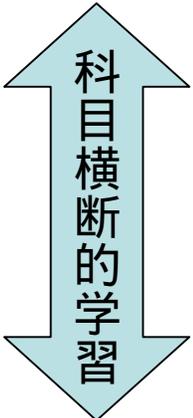
→ 銀河最外縁部のHIガスの量が「鍵」か？

# 4. KWFC用H フィルター

## ばら星雲 (Kiso105+2kCCD+NBFs)

天文

- 第2分野 @ 中学
- 地学 @ 高校

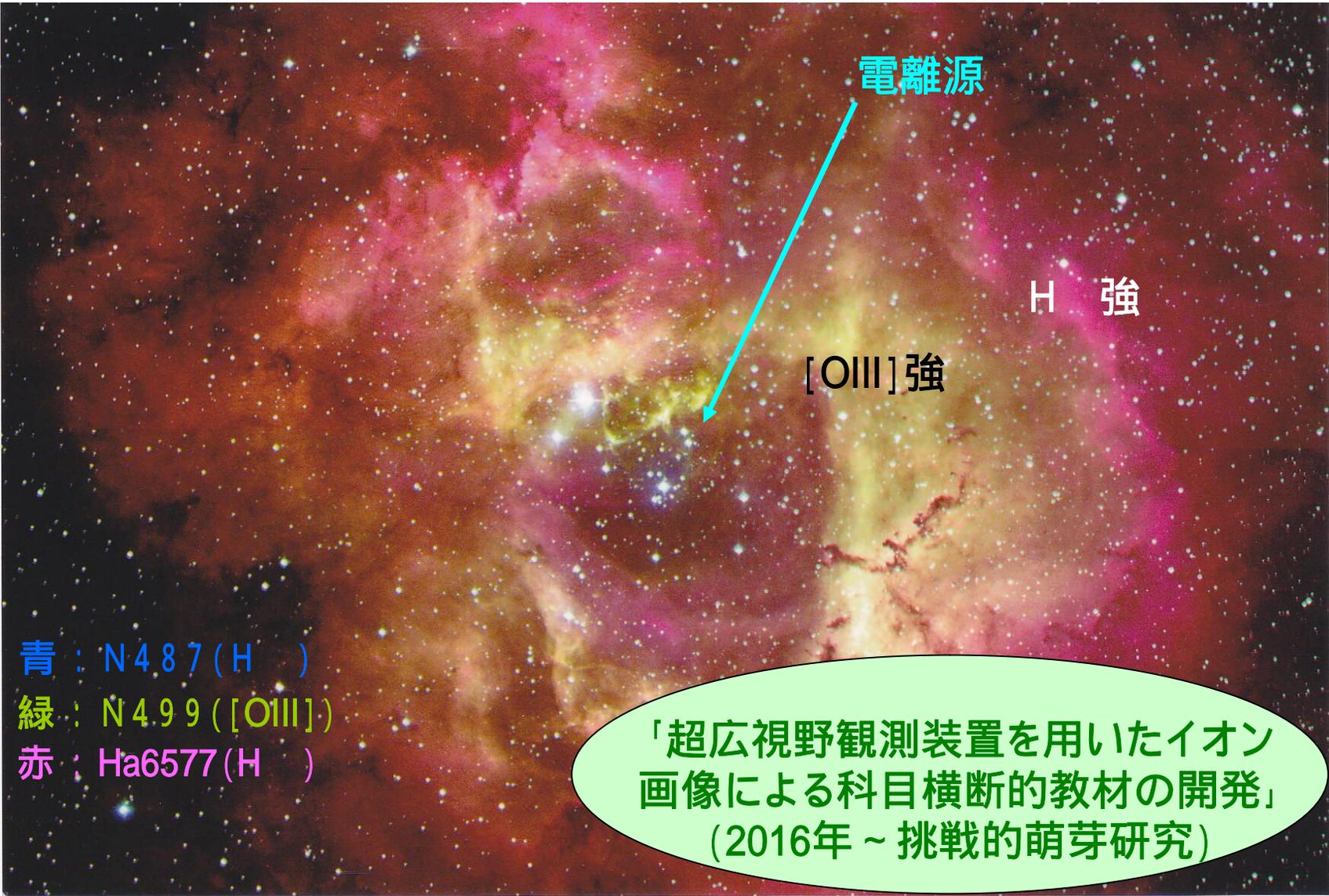


「原子構造」

→ 1分野・物理

「イオン」

→ 1分野・化学



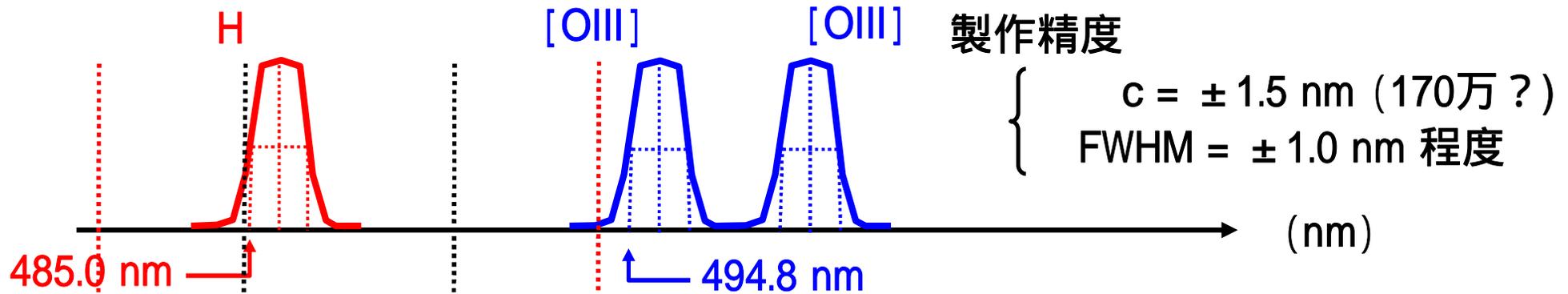
- 青 : N487 (H $\beta$ )
- 緑 : N499 ([OIII])
- 赤 : Ha6577 (H $\alpha$ )

「超広視野観測装置を用いたイオン画像による科目横断的教材の開発」  
(2016年～挑戦的萌芽研究)

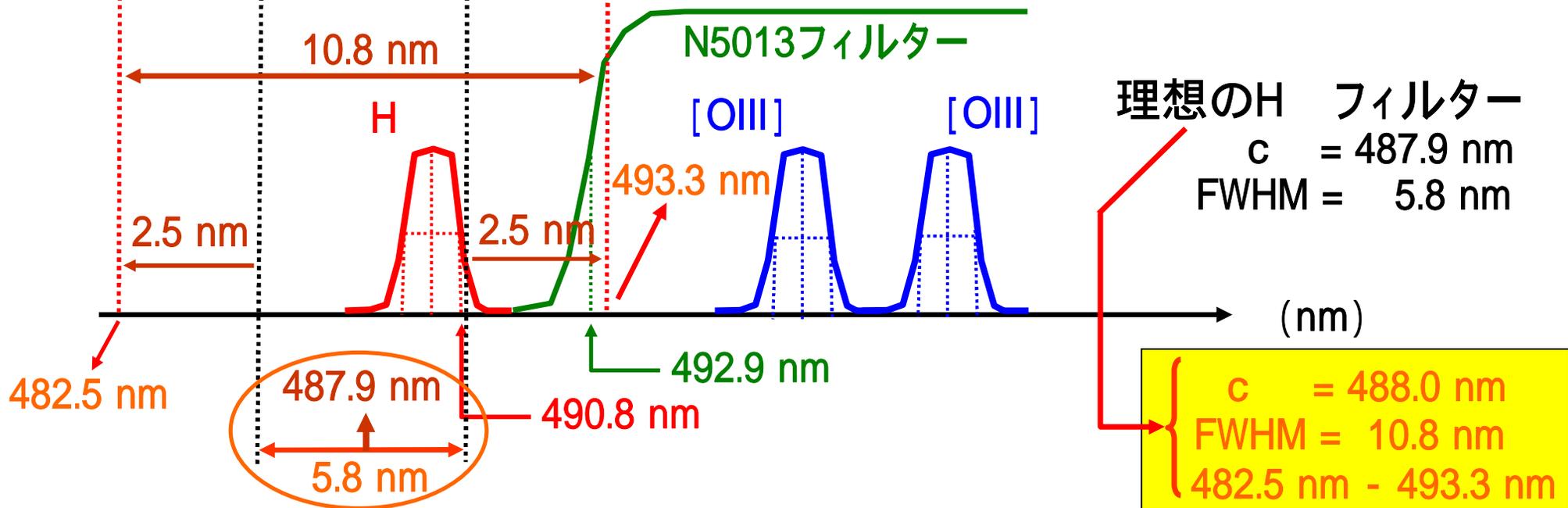


## 4. KWFC用H フィルター

内部運動 ~ 30 km/s、銀河回転 ~ 350 km/s、後退速度 ~ - 300 km/s



内部運動 ~ 30 km/s、銀河回転 ~ 350 km/s、後退速度 ~ 2500 km/s



## 5.まとめ

1) Kiso105 + 2kCCD + 狭帯域フィルターで近傍渦巻銀河NGC4236とNGC4414外縁部のHII領域探査を行った。

- ・ NGC4236外縁部には未検出 → 渦状腕の発達が不十分？
- ・ NGC4414には1つのみ検出 → 同規模のNGC628と異なる光度・数  
→ マイナー・マーキングによるガス喪失？

「ディスク外縁部にHII領域を持つ銀河と持たない銀河の違いは何か？」

2) 2016年、科目横断的教材作成@挑戦的萌芽研究が採択。

- ・ KWFCのH 用狭帯域フィルターを作成予定。納入は早くて12月頃？
- ・ KWFCとN6590、N5013、N6750、H フィルターを用いた様々な天体の多輝線画像を取得、教材化。

研究期間中にKWFCからTomo-e Gozenに移行しそう・・・