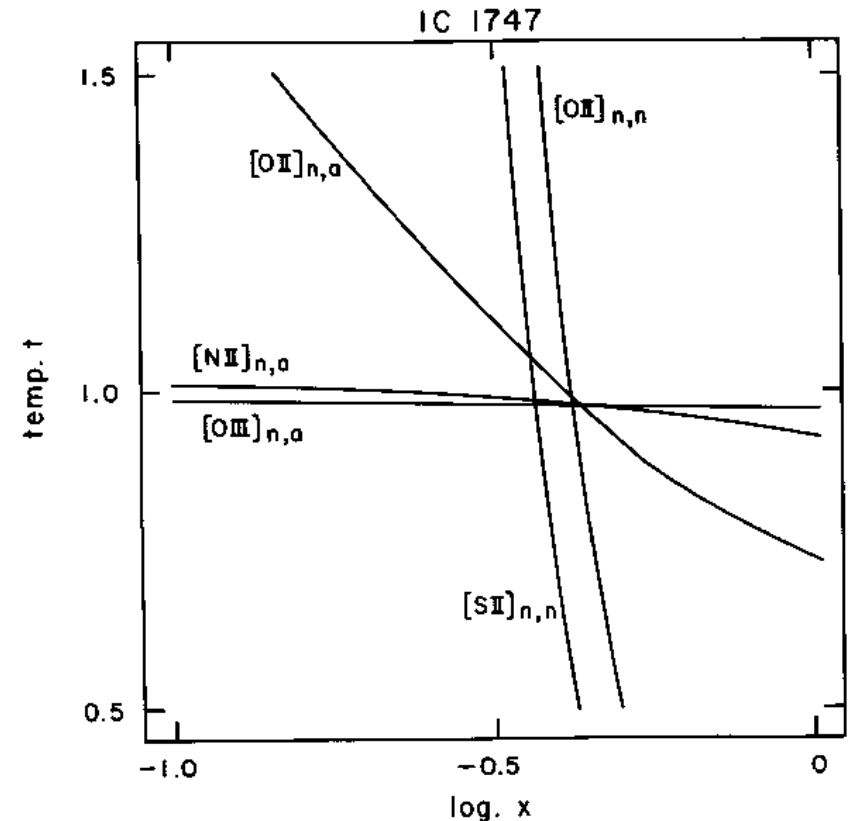


# 狭帯域フィルター撮像観測 による惑星状星雲の2次元 電離診断手法の確立

三戸 洋之<sup>(1)</sup>、植田 稔也<sup>(2)</sup>、中田 好一<sup>(1)</sup>、泉浦 秀行<sup>(3)</sup>、  
森 由貴<sup>(1)</sup>、花上 拓海<sup>(4)</sup>、板 由房<sup>(4)</sup>、松永 典之<sup>(1)</sup>  
<sup>(1)</sup>東京大学、<sup>(2)</sup>デンバー大学、<sup>(3)</sup>国立天文台、<sup>(4)</sup>東北大学

# 惑星状星雲領域の電離構造を探る

- ▶ 惑星状星雲の電離診断
- ▶ 輝線の強度比
- ▶ 電子温度、電子密度を推定
- ▶ 惑星状星雲内の分布状況については考慮していない
- ▶ 空間分解して詳細な構造を探る
- ▶ 方法
  - ▶ スリットスキャン
    - ▶ 時間がかかる
  - ▶ IFU
    - ▶ 視野が狭い
  - ▶ 狭帯域フィルター
    - ▶ 特定の輝線のみを抽出できるフィルターがあれば



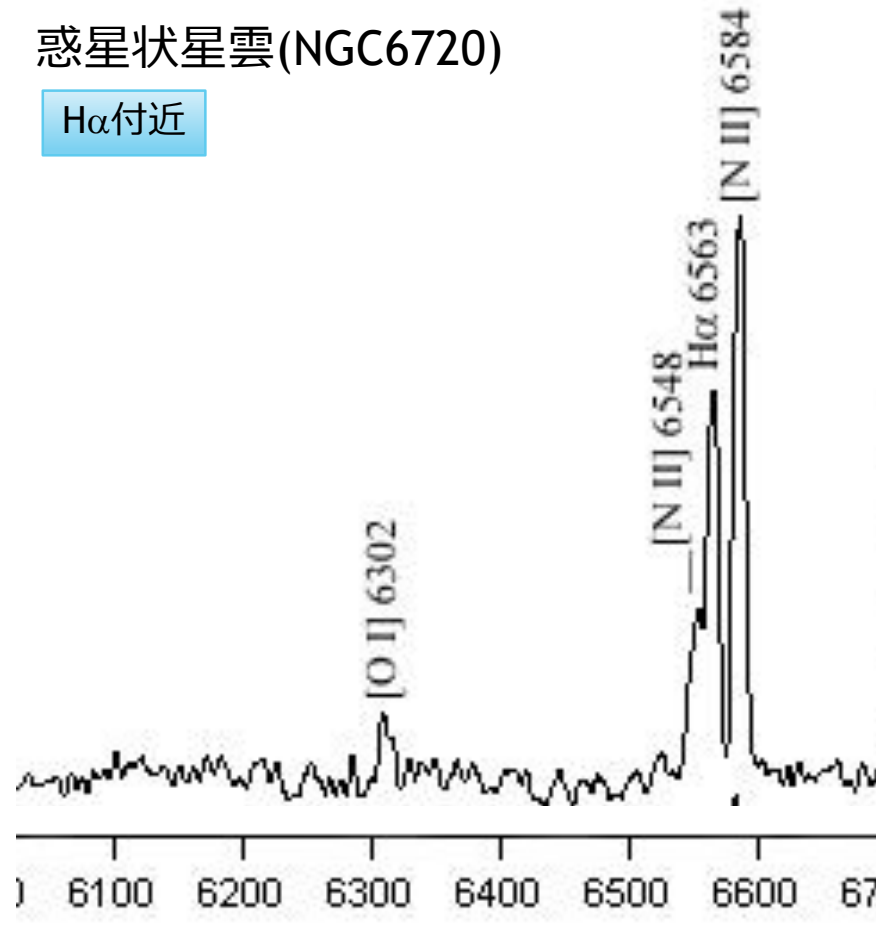
L. H. Aller and S. J. Czyzak 1982

# 輝線分離

- ▶  $H\alpha, H\beta$  → 吸収量、輝線強度補正
- ▶  $[NII]\lambda 6548, \lambda 6584$ 
  - 低電離領域の電子温度

惑星状星雲(NGC6720)

H $\alpha$ 付近



# 原理

3つの輝線が混ざっている場合  
(例 [NII]6548, H $\alpha$ , [NII]6583)

▶ 各輝線を分離できないフィルターでも...

$$I_A = f_{A1}I_1 + f_{A2}I_2 + f_{A3}I_3$$

$$I_B = f_{B1}I_1 + f_{B2}I_2 + f_{B3}I_3$$

$$I_C = f_{C1}I_1 + f_{C2}I_2 + f_{C3}I_3$$

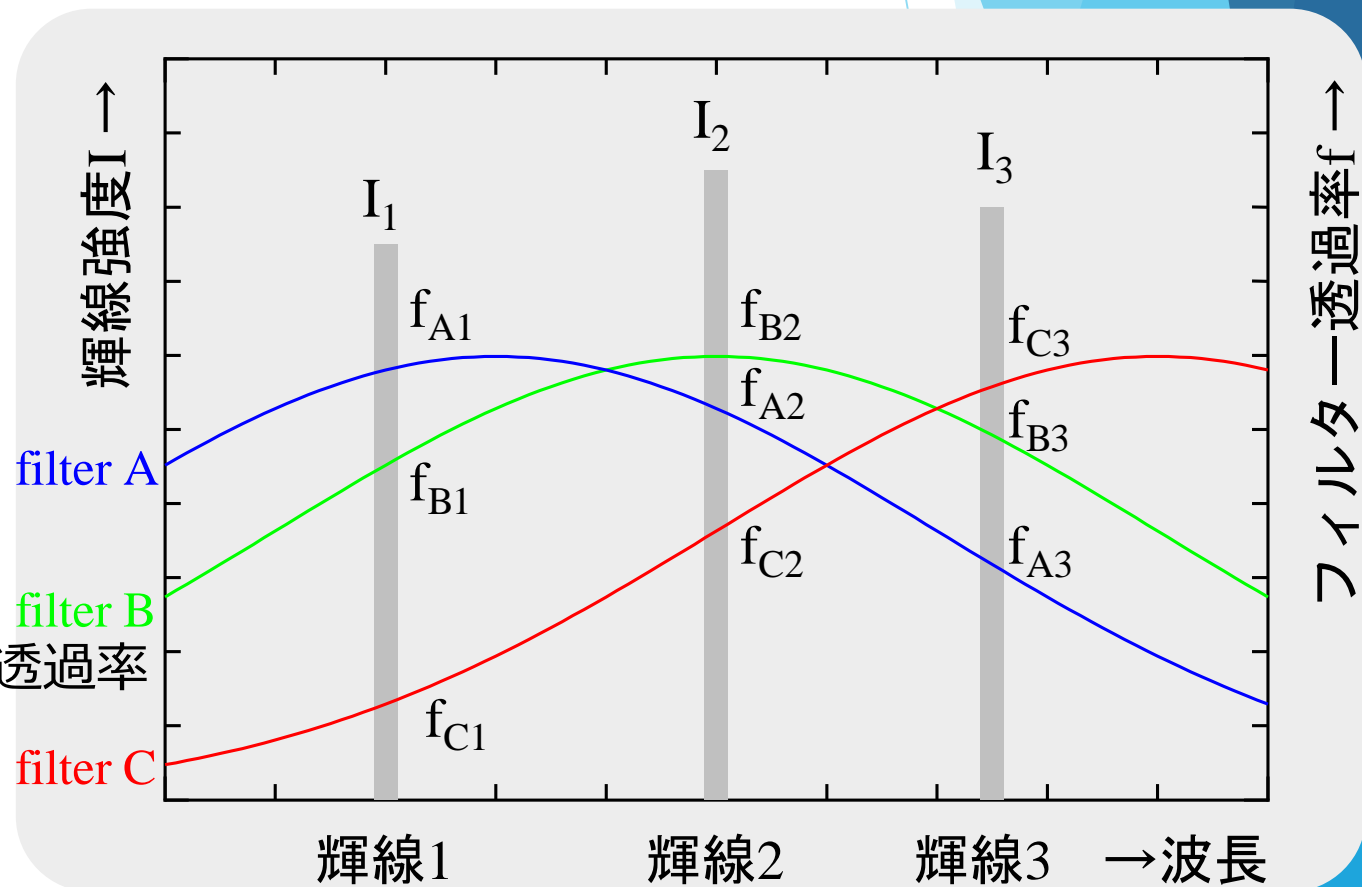
$I_1, I_2, I_3$  : 各輝線の強度

$f_{A1}, f_{A2}, f_{A3}$  : Aフィルターの各輝線域での透過率

...

$I_A, I_B, I_C$  : 各フィルターで観測される値

▶ この連立方程式を解けば求められる



# 木曽の狭帯域フィルター

▶ 2KCCD

▶ 右表

▶ KWFC

▶ N6590, N5013, N6750, (Hβ 西浦さん)

The list of filters and focus values

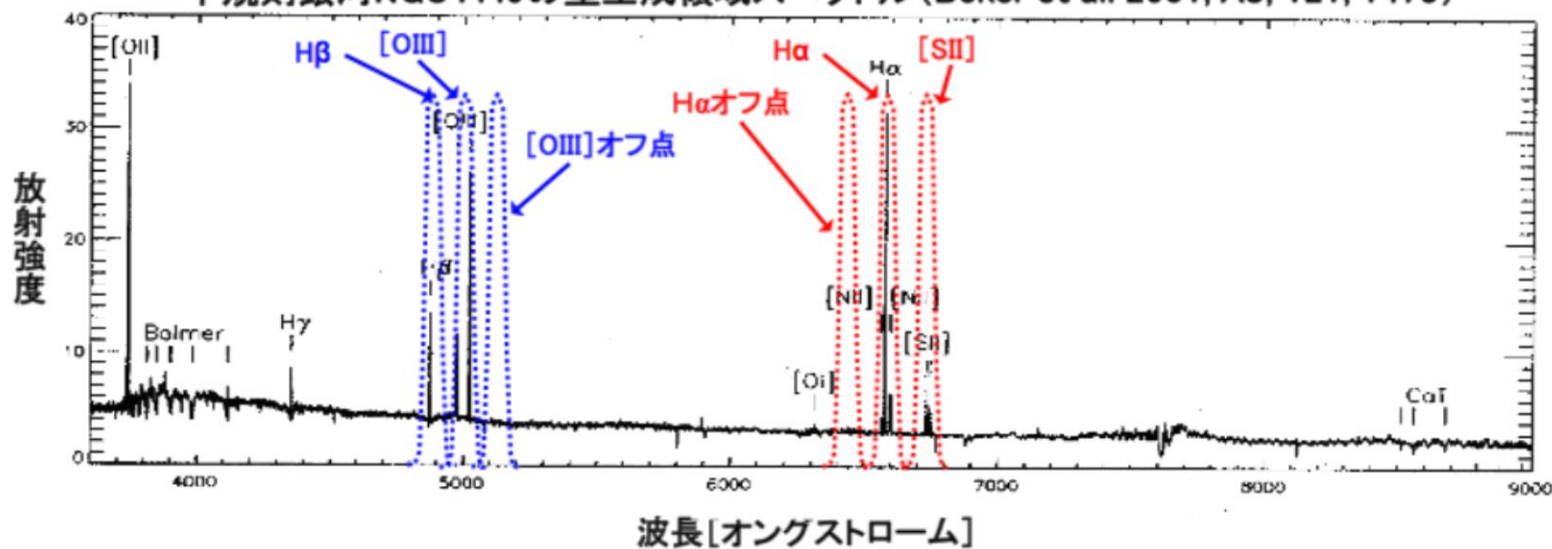
Filter	Center	Width	Max T.	Filter curve		Focus value	
Name	(AA)	(AA)	(percent)	Figure	Table	value (mm)	Date
U	3680	520	68	<a href="#">U.pdf</a>		25.75	2009.Mar.11
B	4402	1110	89	<a href="#">B.pdf</a>		25.72	2009.Mar.11
V	5978	525	61	<a href="#">V.pdf</a>		25.95	2009.Mar.11
R	6475	1450	84	<a href="#">R.pdf</a>		25.95	2009.Mar.11
I	8035	1550	94	<a href="#">I.pdf</a>		25.97	2009.Mar.11
Ha6417	6417	85	86	<a href="#">Ha6417.pdf</a>	<a href="#">Ha6417.dat</a>	27.10	2009.Mar.11
Ha6577	6577	85	85	<a href="#">Ha6577.pdf</a>	<a href="#">Ha6577.dat</a>	27.10	2009.Mar.11
Ha6737	6737	85	87	<a href="#">Ha6737.pdf</a>	<a href="#">Ha6737.dat</a>	27.10	2009.Mar.11
N499	4990	120	91	<a href="#">N499.pdf</a>	<a href="#">N499.dat</a>	26.92	2009.Mar.11
N519	5190	130	94	<a href="#">N519.pdf</a>	<a href="#">N519.dat</a>	26.88	2009.Mar.11
N487	4870	110	99	<a href="#">N487.pdf</a>	<a href="#">N487.dat</a>	26.90	2009.Mar.11
NB-1	4100	178	54	<a href="#">NB-1.pdf</a>		26.10	2009.Mar.11
NB-2	4250	172	64	<a href="#">NB-2.pdf</a>		26.10	2009.Mar.11
NB-3	4420	218	74	<a href="#">NB-3.pdf</a>		25.90	2009.Mar.11
NB-4	4600	197	72	<a href="#">NB-4.pdf</a>		25.85	2009.Mar.11
NB-5	4780	203	75	<a href="#">NB-5.pdf</a>		26.00	2009.Mar.11
NB-6	4960	192	79	<a href="#">NB-6.pdf</a>		26.20	2009.Mar.11
NB-7	5150	216	84	<a href="#">NB-7.pdf</a>		26.25	2009.Mar.11
HK	4305	107	94	<a href="#">HK.pdf</a>		26.20	2009.Mar.11
777	7790	164	95	<a href="#">777.pdf</a>		26.90	2010.Apr.22
813	8150	124	96	<a href="#">813.pdf</a>		26.90	2010.Apr.22
N657	6577	40	84	<a href="#">N657.pdf</a>	<a href="#">excel file</a>	26.80	2009.Oct.02
N668	6680	72	87	<a href="#">N668.pdf</a>	<a href="#">excel file</a>	26.65	2009.Oct.05
4Dprism	-	-	-	-		26.98	2009.Mar.11

# 木曾の狭帯域フィルター

## ● 狭帯域フィルターと近傍銀河のHII領域スペクトル:

⑥

不規則銀河NGC4449の星生成領域スペクトル (Boker et al. 2001, AJ, 121, 1473)



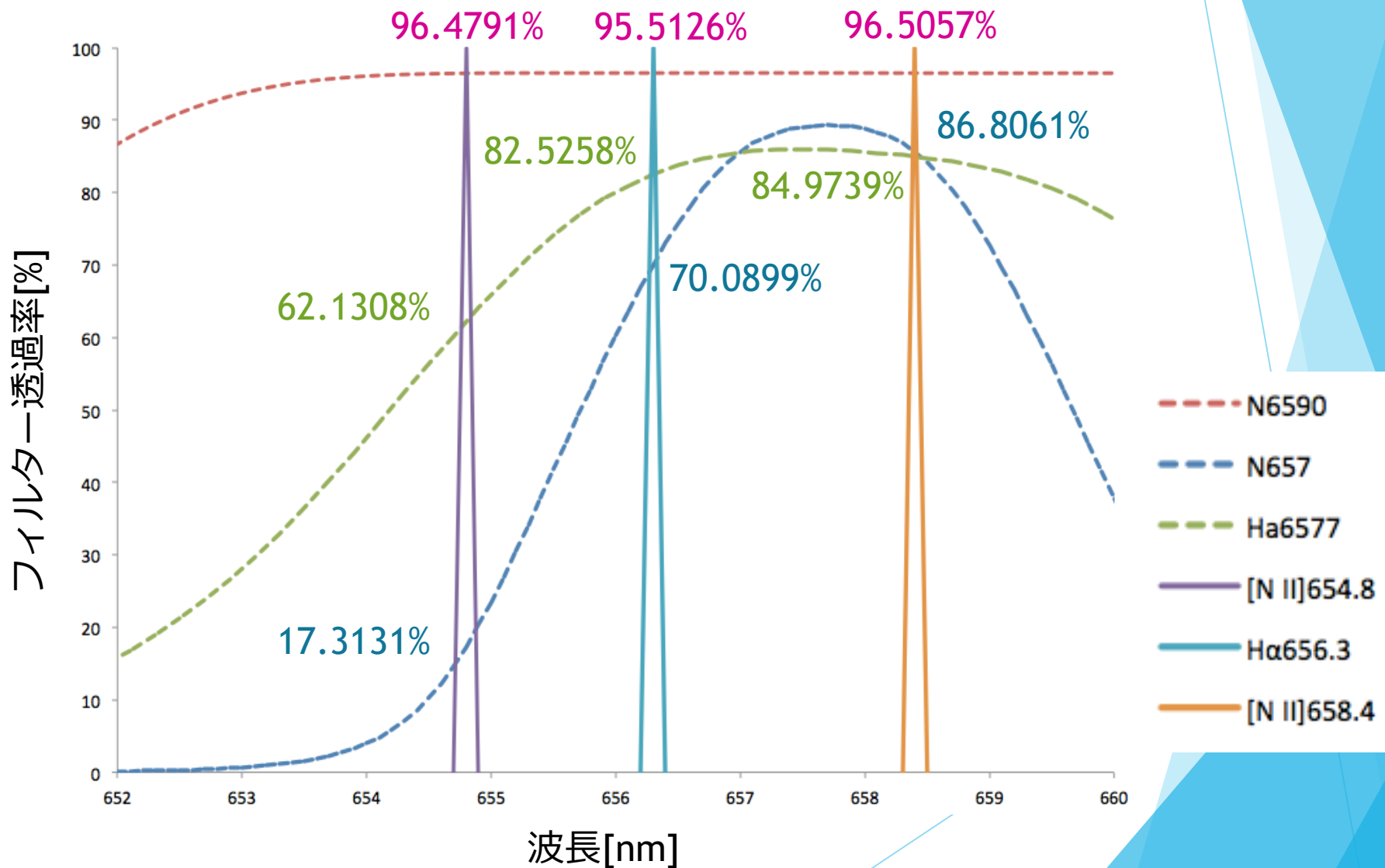
### ・ 現行システムの問題点

輝線波長帯の短・長波長側の両方にOff点が用意されている訳ではない。

(西浦+ 2011年木曾シンポ)

# 木曾の狭帯域フィルター

▶ H $\alpha$ 帯



# 観測

## ▶ 15A(4/17-27) 共同研究予定表

2016年4月

日	曜	通常観測	モニタリング観測 TOO観測 (※3)	フィルター	アウトリーチ その他
1	水			H, F, R, L, W, E, T, L, S, M6500	
2	木	P0025_Ksm / P0006_Xin			
3	金				
4	土	○ P0025_Ksm・観測所 / P0026_Kin	P0023_小久保 1回(※1) P0017_輝梁? 2回(※2)		
5	日	P0025_Ksm / P0006_Xin			
6	月				
7	火				
8	水	P0001_KISSGP + C0901_坂本			
9	木				
10	金				
11	土				
12	日	●	P0023_小久保 1回(※1) P0017_輝梁? 2回(※2)		
13	月				
14	火	P0001_KISSGP + P0002_KISS			KISSGP会館
15	水				
16	木				
17	金			R W, E, T, L, S, M6500	
18	土			H, F, R, L, S, E, T, M6577, M657	
19	日	●			
20	月				
21	火				伊委員会
22	水	P0002_KISS / P0024_樋田	P0023_小久保 1回(※1)		
23	木				
24	金				
25	土				
26	日	●			
27	月				
28	火			H, F, R, L, W, E, T, L, S, M6500	
29	水	P0001_KISSGP + C0901_坂本	P0023_小久保 1回(※1) P0017_輝梁? 2回(※2)		
30	木				

半夜11晩

## ▶ 15B(9/7-10) 共同研究予定表

2016年9月

日	曜	通常観測	モニタリング観測 TOO観測 (※2)	フィルター	アウトリーチ その他
1	火			H, F, R, L, W, E, T, L, S, M6500	
2	水				
3	木				
4	金	P0001_KISSGP			
5	土		○ (つづき) P0023_小久保 1回(※1)		
6	日				
7	月			R, F, R, S, M6590, Hα6417, Hα6577, M657, M67, M619	
8	火				
9	水				天文学会
10	木				天文学会
11	金			H, F, R, L, W, E, T, L, S, M6500	天文学会
12	土	P0002_樋田・P0002_KISS			
13	日	●			
14	月				※プリズム
15	火	観測所・P0002_KISS			東大3年生実習
16	水		P0023_小久保 1回(※1)		東大3年生実習
17	木				東大3年生実習
18	金				
19	土				
20	日	P0002_KISS (なゆた河時)			
21	月				
22	火				
23	水				
24	木				
25	金				
26	土				
27	日				
28	月				
29	火				
30	水	P0001_KISSGP	P0023_小久保 1回(※1)		伊委員会

全夜4晩



# 観測

## 2015年4月

- ▶ 2KCCDのフィルターアダプターを追加製作。最大5枚搭載可能に。
- ▶ 各天体各フィルターで30分露出を目指す
- ▶ saturationとoverheadのトレードオフ
  - ▶ 明るいところは短時間露出で埋める
- ▶ NGC6543
  - ▶ Ha6577, N657, N6590 と Ha6417
  - ▶ N487 と N519
- ▶ NGC6720
  - ▶ Ha6577, N657, N6590 と Ha6417
  - ▶ N519
- ▶ N657がピンぼけだった

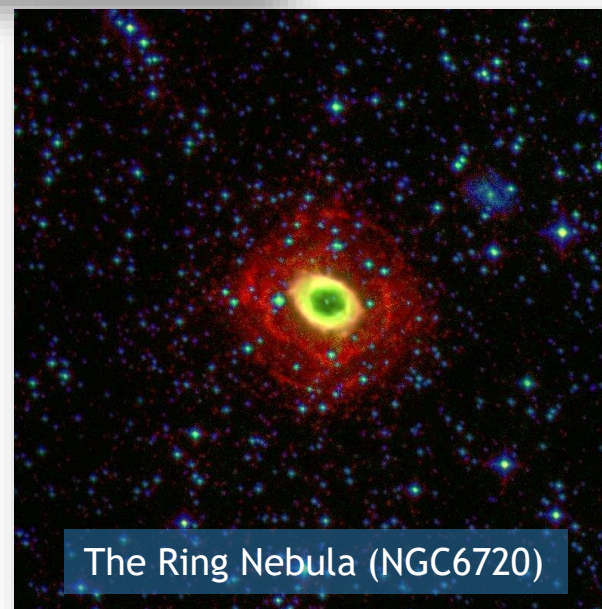
## 2015年9月

- ▶ 4月に取れなかったデータの追加
- ▶ N657のフォーカス調整
- ▶ NGC6543
  - ▶ N657
- ▶ NGC6720
  - ▶ N657
  - ▶ N487
- ▶ Ha6417も取り直したかった

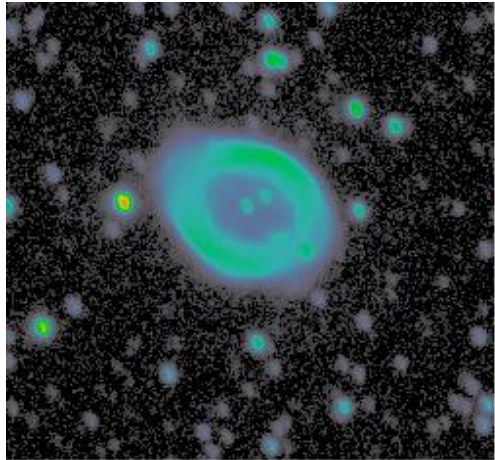
下線はいいデータが取れたもの

# 解析

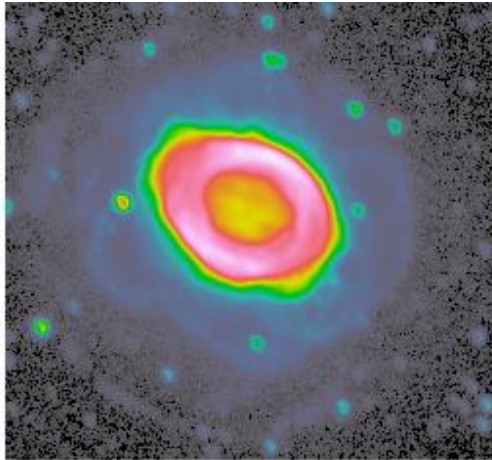
- ▶ 一次処理
  - ▶ KIHEIツール (広報画像製作用に開発)
- ▶ 各フィルター画像間の輝度較正
  - ▶ フィルターの透過曲線の差
  - ▶ エアマス、天候の差
  - ▶ 周囲の星を使って
  - ▶ バンド帯毎
- ▶ 連続光成分の減算
- ▶ 輝線分離



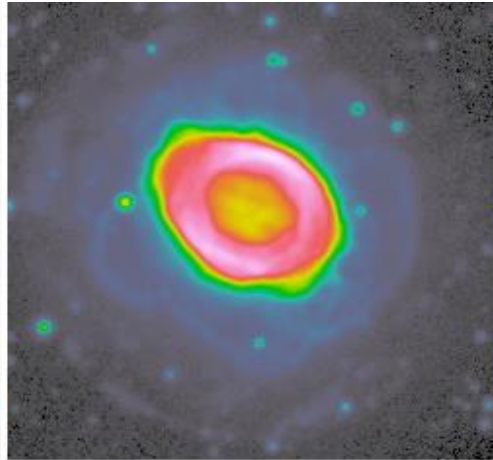
# 輝度較正の結果 NGC6720



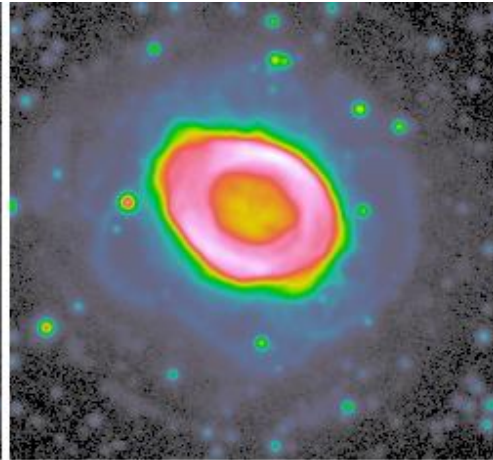
Ha6417  
連続光



Ha6577



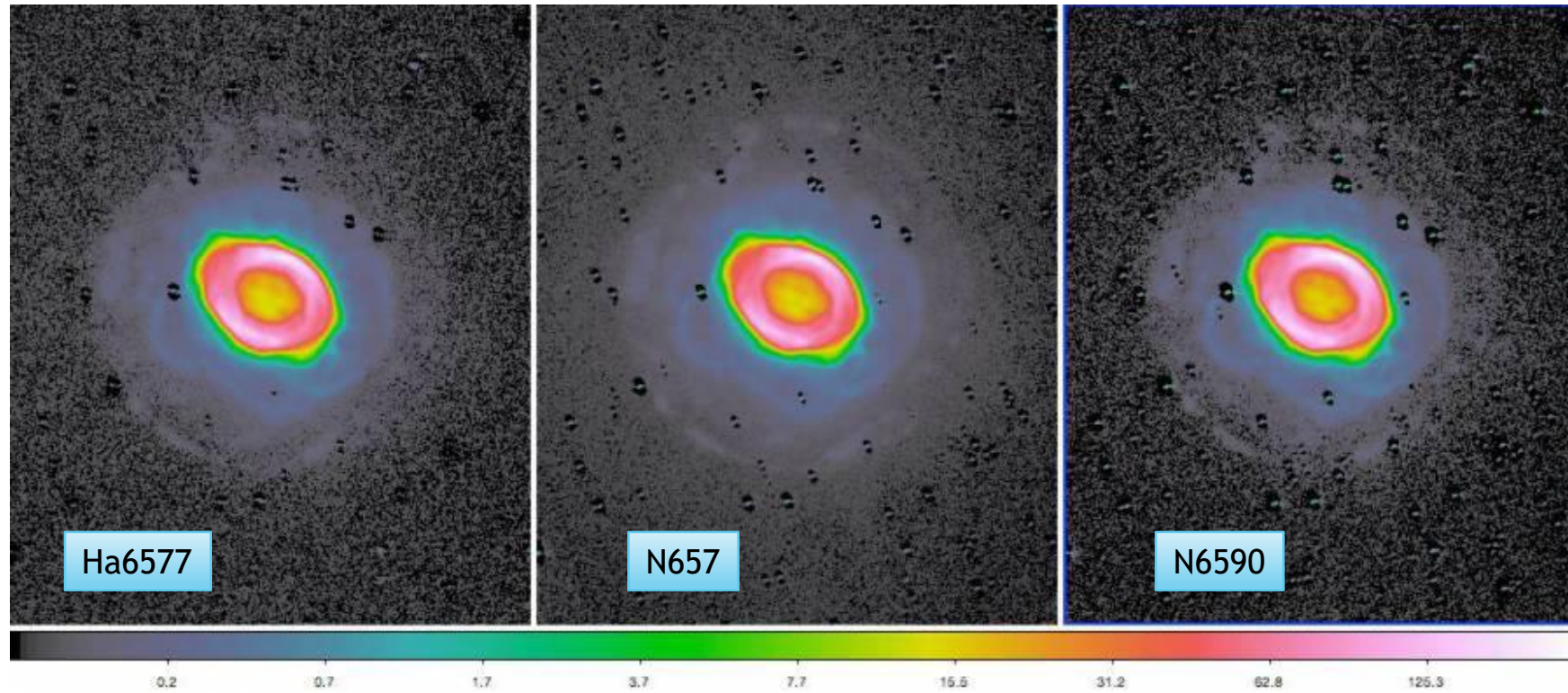
N657



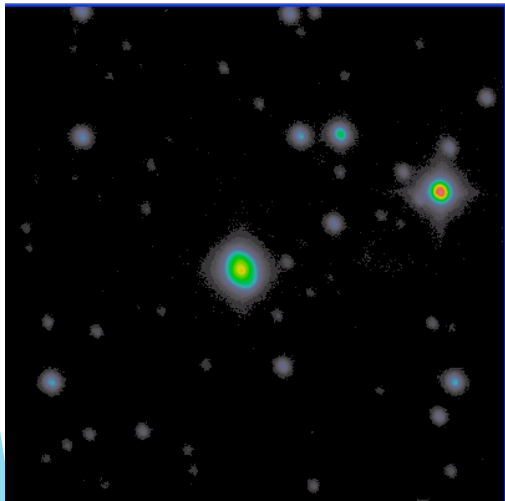
N6590



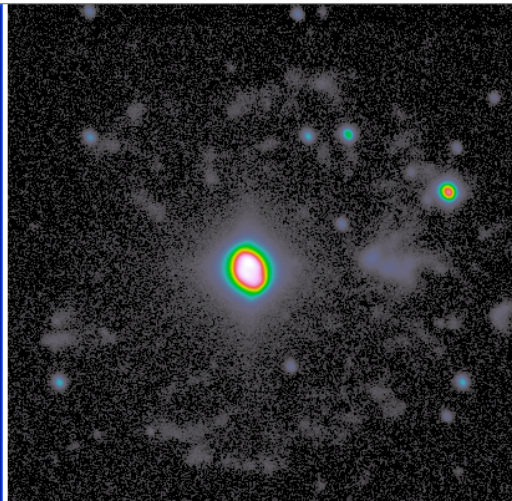
# 連続光成分の減算 NGC6720



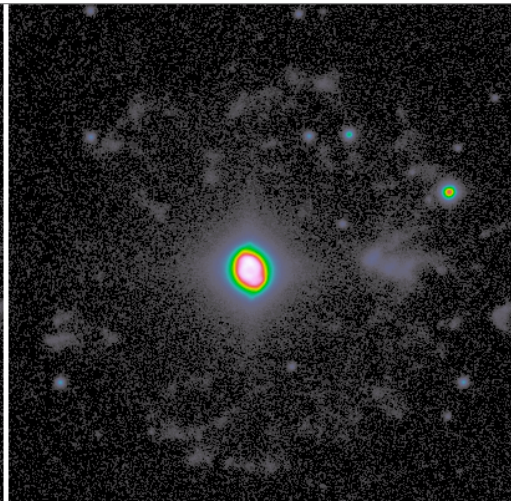
# 輝度較正の結果 NGC6543



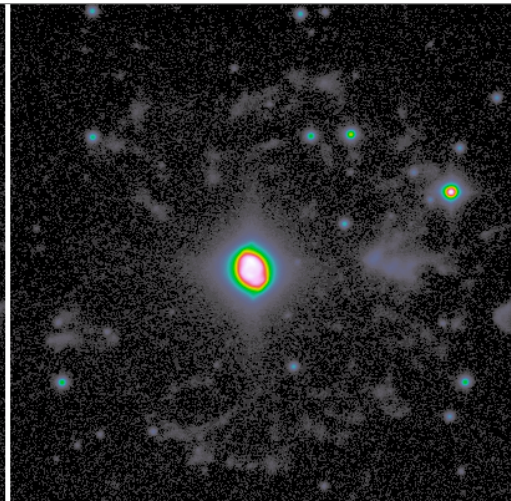
Ha6417  
連続光



Ha6577



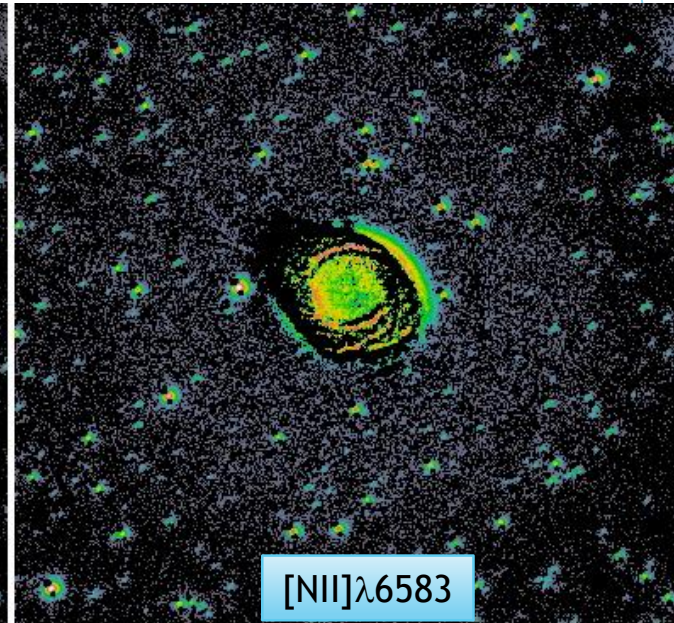
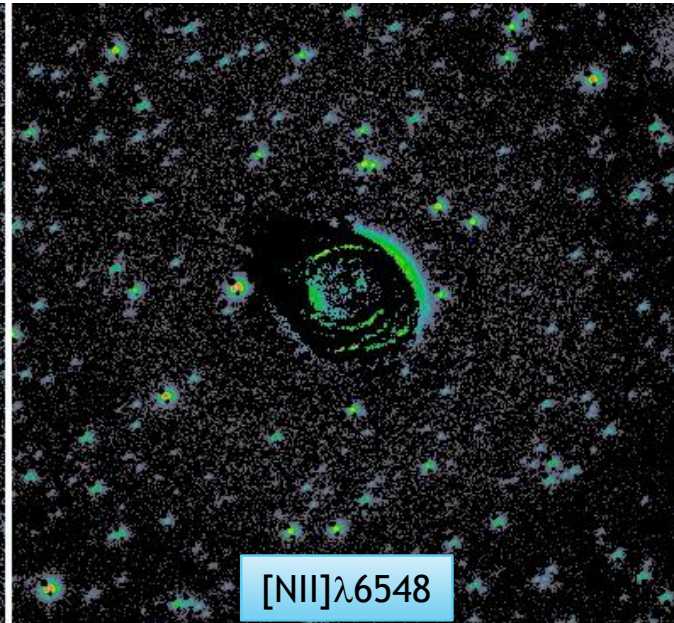
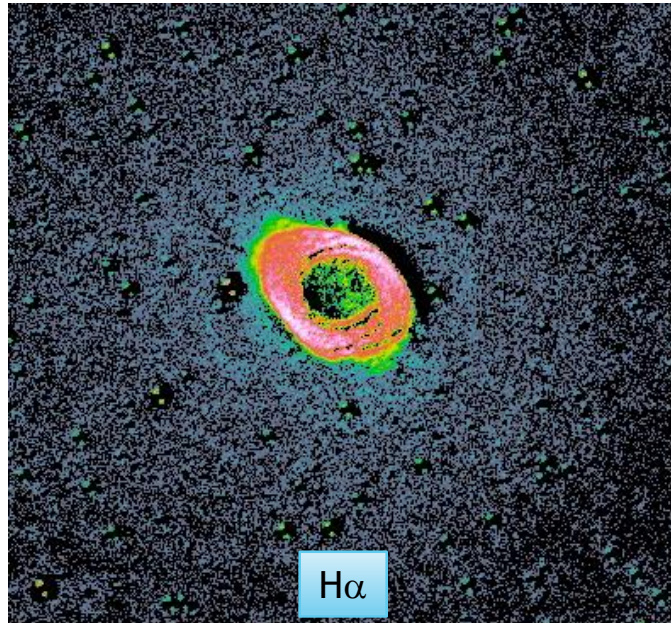
N657



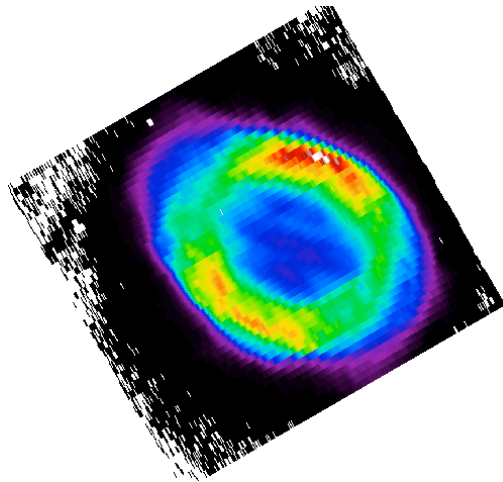
N6590



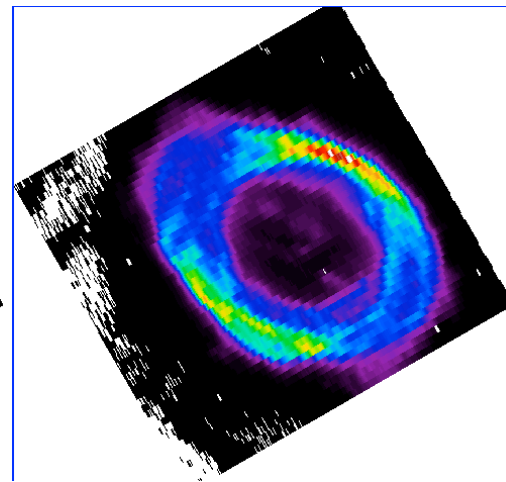
# 輝線抽出結果 NGC6720



GMOS cube  
から取り出した  
H $\alpha$ 6563

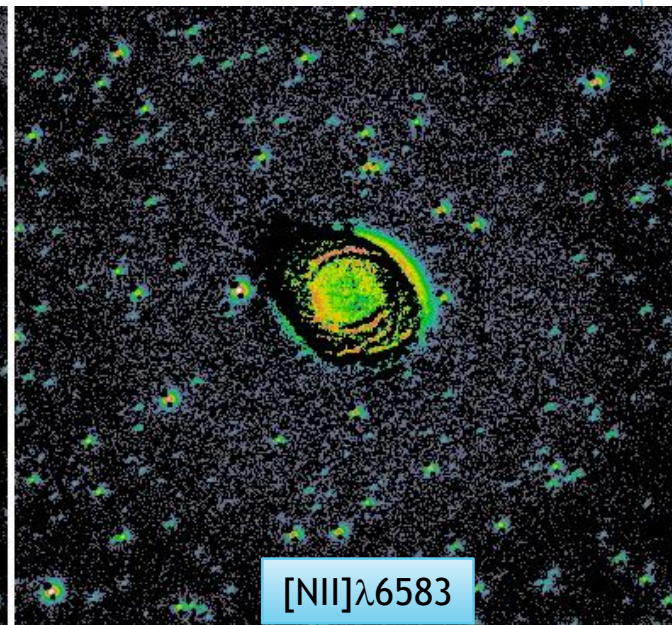
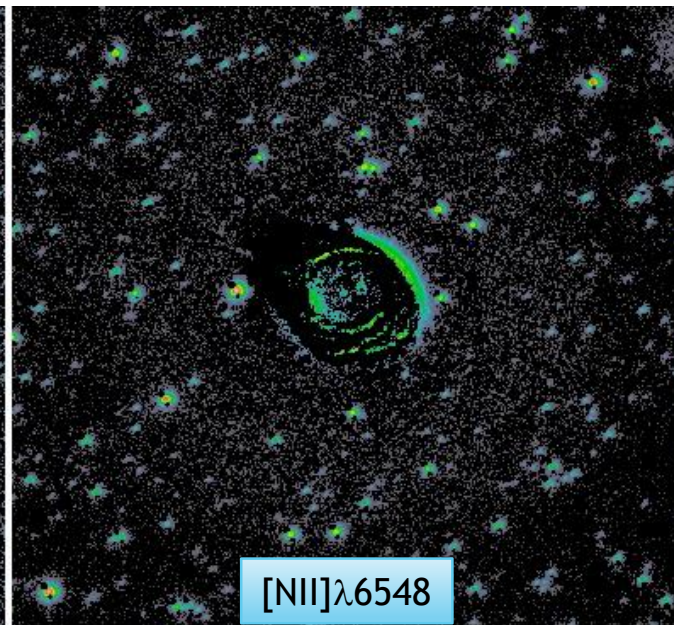
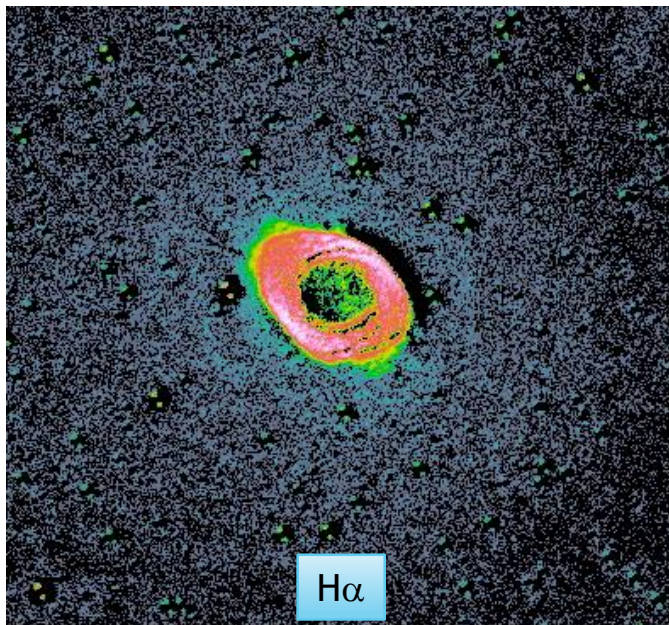


GMOS cube  
から取り出した  
[NII] $\lambda$ 6548+ $\lambda$ 6583

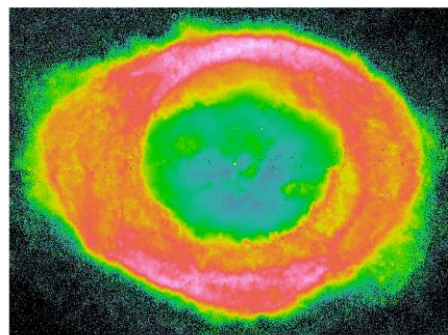
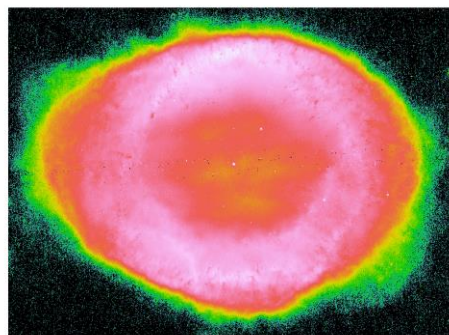




# 輝線抽出結果 NGC6720



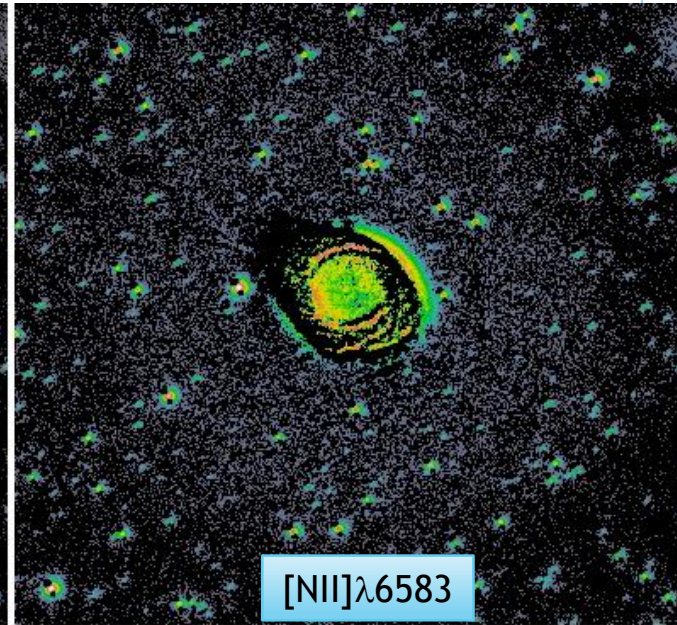
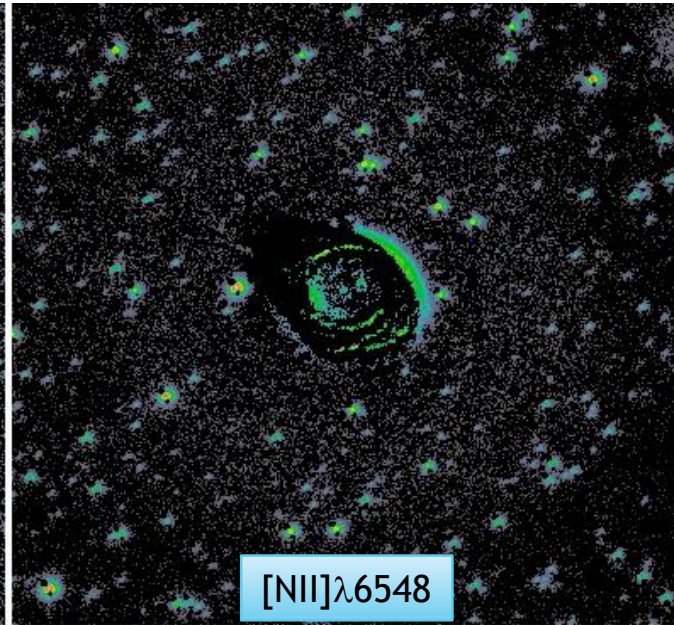
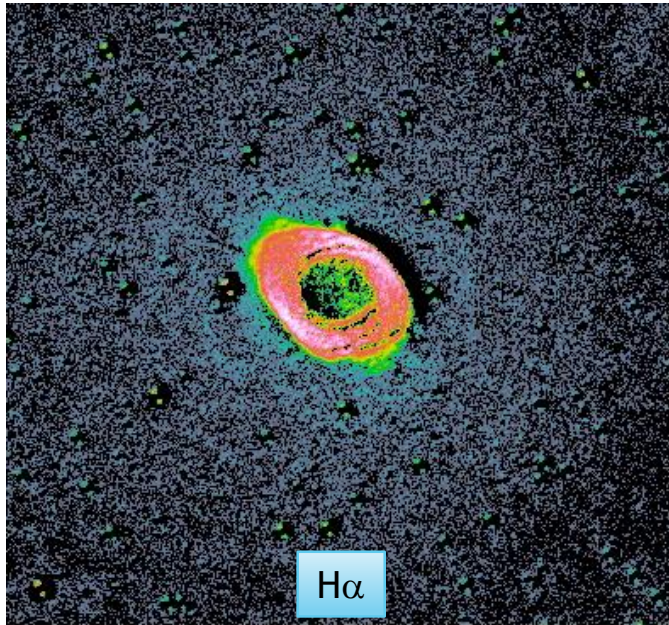
HST WCS3画像  
から取り出した  
H $\alpha$ 6563  
(O'Dell+ 2013)



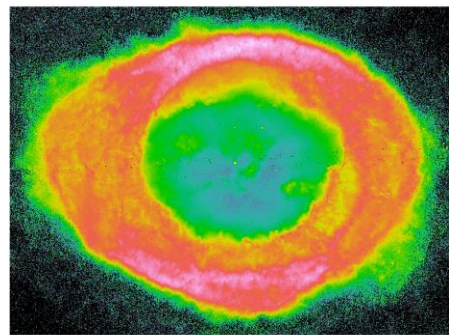
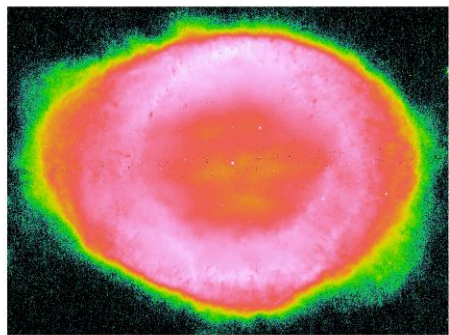
HST WCS3画像  
から取り出した  
[NII] $\lambda$ 6548 +  $\lambda$ 6583  
(O'Dell+ 2013)



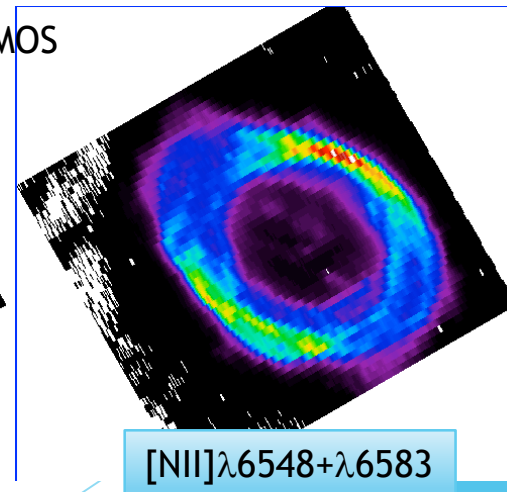
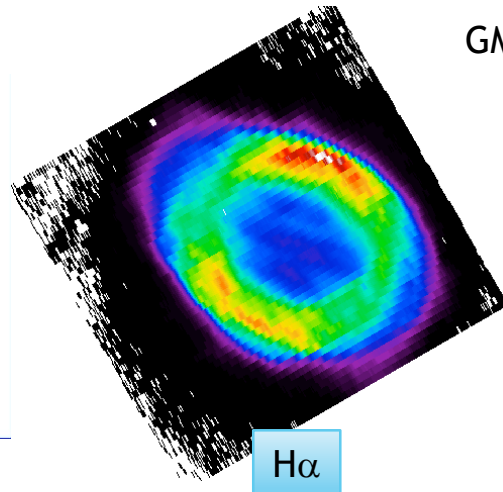
# 輝線抽出結果 NGC6720



HST



GMOS





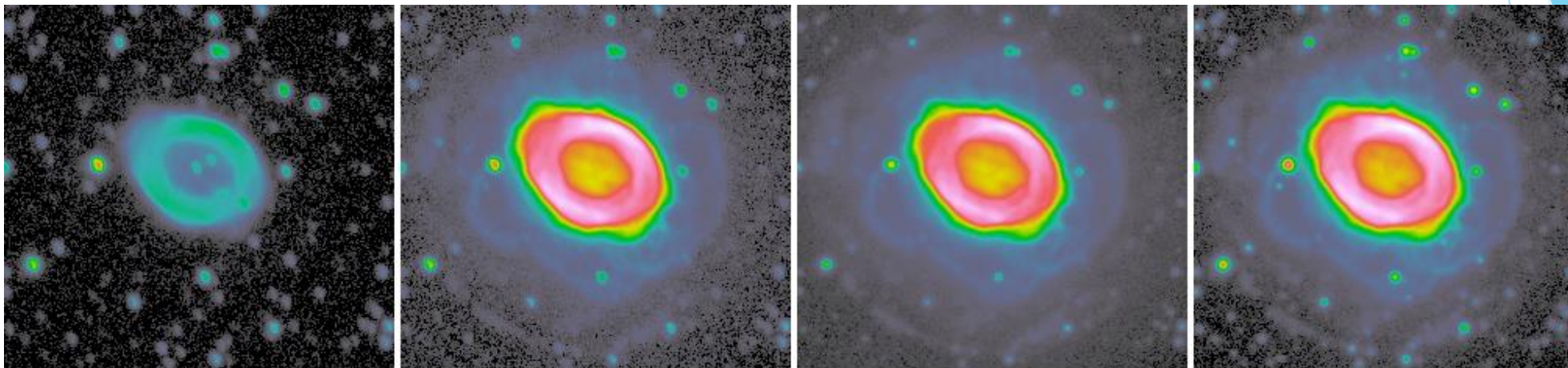
# 考察とまとめ

- ▶ 各輝線成分に分離すると、マイナスの値になる場合がある
- ▶ 透過曲線が類似しているフィルター
  - ▶ Ha6577, N657
- ▶ 観測誤差の影響
- ▶ 基本的な観測と解析方法は確認できた

## 今後の方針

- ▶ 最適解の求め方の検討
- ▶ パラメータ数を減らす
  - ▶  $[\text{NII}]\lambda 6548 = [\text{NII}]\lambda 6583 \times m$
- ▶ 2成分分離での評価
  - ▶ H $\gamma$ 帯 (H $\gamma$ 4340 + [OIII] $\lambda$ 4363)
  - ▶ NB2, NB3 (2KCCD)
- ▶ より透過特性の異なるフィルターの使用
- ▶ 星生成領域への応用

# 昨日のお話を聞いて



- ▶ 空間分布が時間で変化する
  - ▶ 静止しているもの + 動いているもの + ノイズ
- ▶ 空間分布が波長で変化する
  - ▶ 連続光 + 輝線成分 + ノイズ