

惑星状星雲 NGC6543 中心領域の  
京都三次元分光器ファブリペロー干渉計モード  
による輝線分光撮像

河合篤史(京大理 D1)、  
菅井肇、服部堯、(京大理)  
他 京都三次元分光器チーム

概要

・岡山 188cm+京都三次元分光器ファブリペロー干渉計モードで NGC6543 を撮像観測。

・  $R \sim 7000$  のエタロンを用いて、  
[S II] $\lambda 6716$  と [S II] $\lambda 6731$  を初めて分離して撮像。  
H $\alpha$  $\lambda 6563$  と [N II] $\lambda 6583$  についても  
互いに混入のない輝線像を取得。

・撮像データからなるデータキューブに対して、  
天体の速度分散とエタロンの透過曲線を  
考慮したプロファイルによるフィットを行った。  
⇒ 空間的に連続した速度場、輝線幅分布

・以上により、NGC6543 中心領域の特徴の  
速度場、電子密度、電離状態を調べた。  
それにより、従来考えられていなかった構造の  
存在を明らかにした。

PN シェルの形成は、  
ISW モデルにより説明できる。

単純なシェル以外の構造の起源は?  
(多重シェル、ジェット、高速低電離領域 (FLIER) etc)  
⇒ ISW +  $\alpha$  の質量放出機構が存在するだろう。

NGC6543

- ・シェル以外の様々な構造を示す。
- ・顕著な点対称性。
- ・明るい。 ( $\log(F(H\beta)) = -9.61$ ) ・距離  $\sim 1 kpc$ 。

干渉条件  $n\lambda = 2\mu l \cos\theta$  ( $n = 1, 2, 3 \dots$ )  
 $n$  : 干渉の次数,  $\mu$  : 平板間の屈折率  
 $l$  : 反射面間隔,  $\theta$  : 入射角

エアリーの式 (単色光、比較光源輝線)

$$F_a(\lambda) = \frac{C_0}{1 + B \sin^2(k(\lambda - \lambda_0))}$$

天体のガウシアン速度分散を仮定したプロファイル

$$F_{ag}(\lambda) = N \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} \frac{1}{1 + B \sin^2(k(\lambda' - \lambda))} \times \exp\left(-\frac{(\lambda' - \lambda_{gc})^2}{\sigma_g^2}\right) d\lambda'$$

$\lambda_1 \sim \lambda_2$  : オーダーソーティングフィルタの透過波長  
 $\sigma_g$  : 天体の輝線の速度分散  
 $\lambda_{gc}$  : 天体の輝線の中心波長  
 $C_0, N$  : プロファイルのピークの高さを表わす定数。

$$\delta\lambda_{1/2} = \frac{1}{k} \arcsin\left(\sqrt{\frac{1}{B}}\right) : \text{エアリーカーブ半値全幅}$$

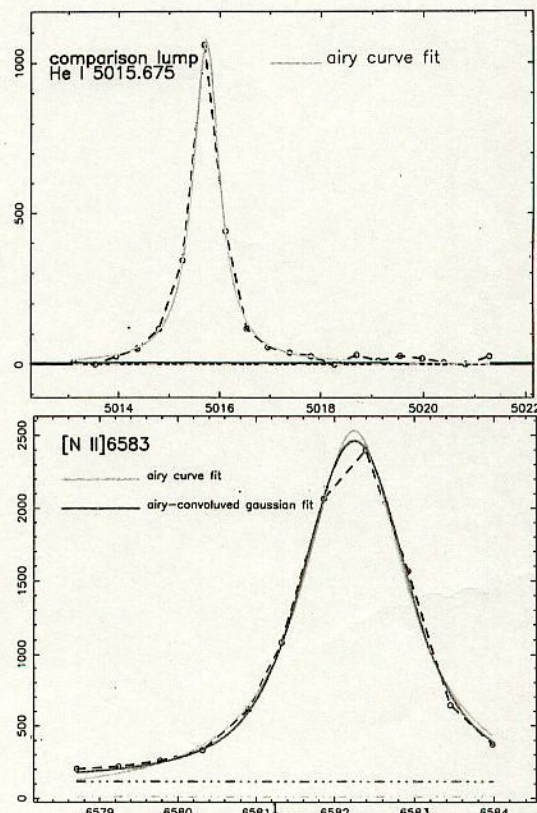
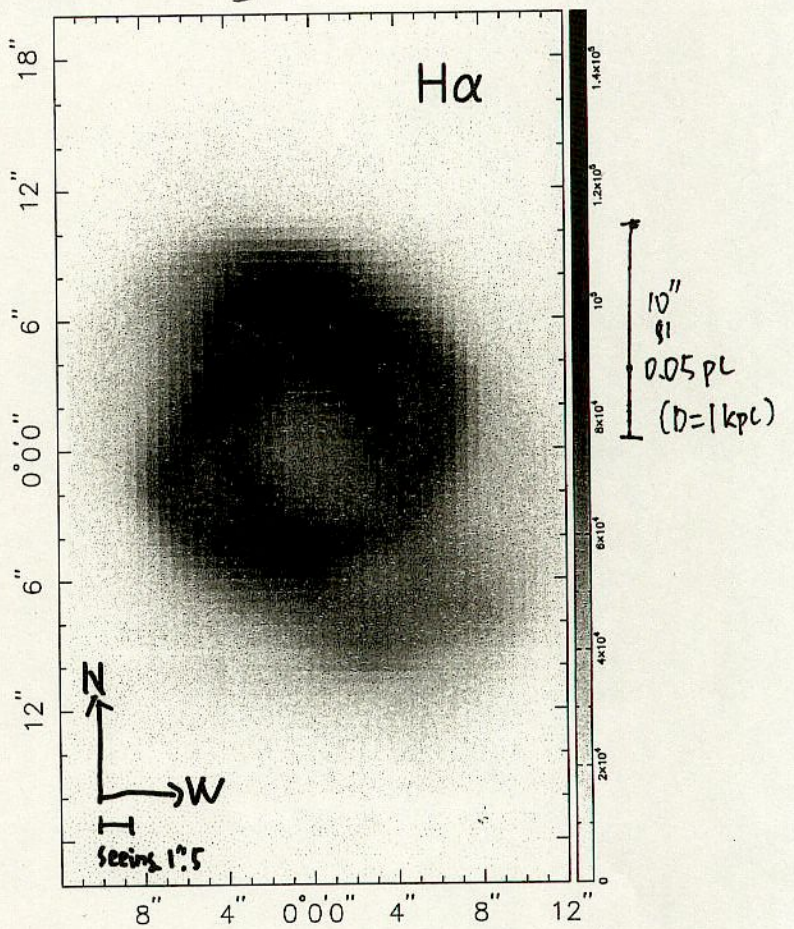
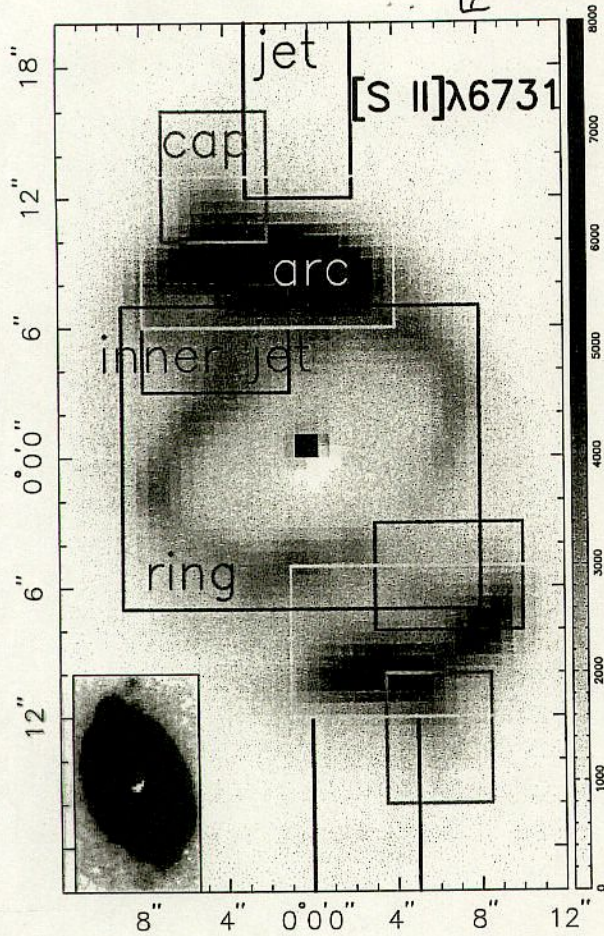


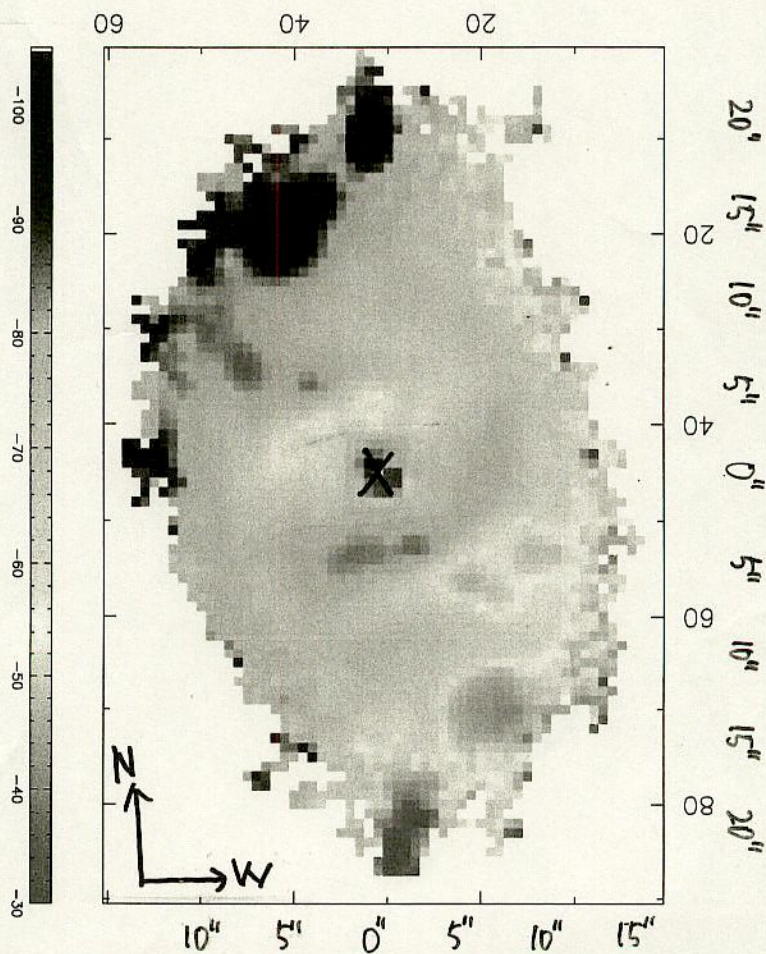
図 1: (上)[O III] 用の比較光源輝線 He I 5015.675 をエアリーカーブでフィットした結果。(下) 天体の輝線のフィット結果。



圖2 輝線像

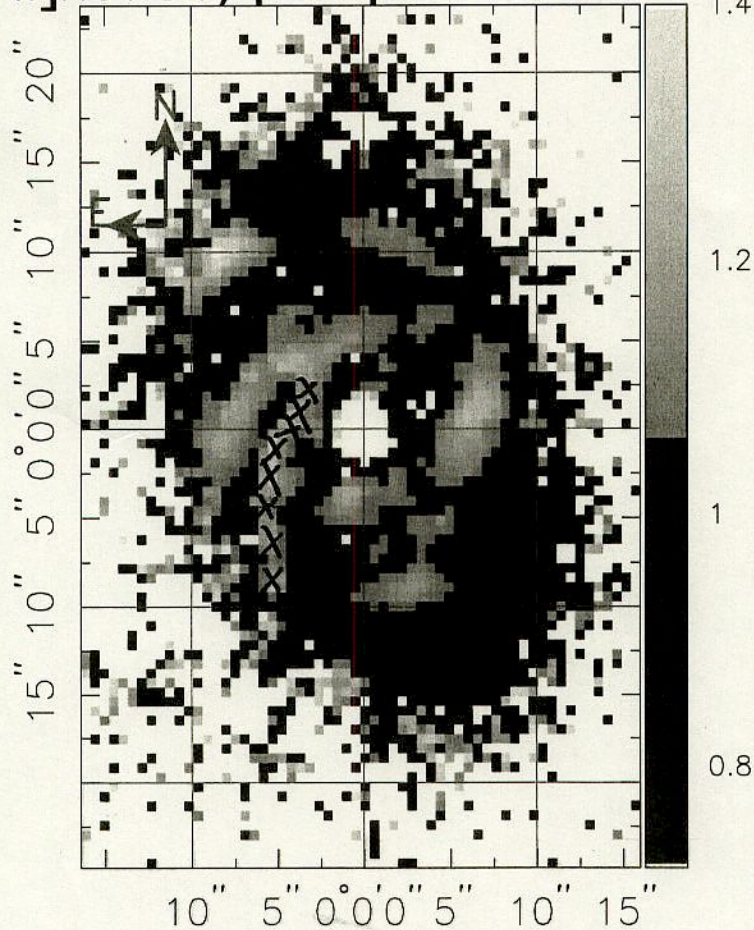


3 [S II]  $\lambda 6716$  velocity field



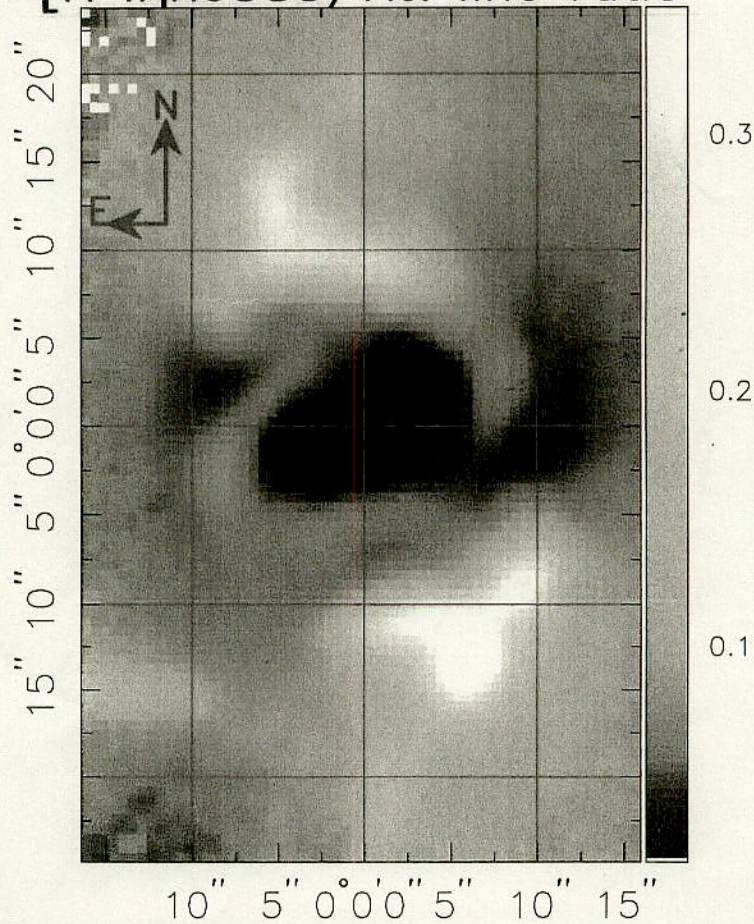


④ [S II] $\lambda$ 6731/[S II] $\lambda$ 6716 line ratio



Ne ( $\text{cm}^{-3}$ )  
 1.4  $\sim 2 \times 10^3$   
 1.2  $\sim 1 \times 10^3$   
 1.0  $\sim 6 \times 10^2$   
 0.9  $\sim 2 \times 10^2$   
 (Osterbrock  
 Astrophysics of  
 Gasous Nebulae  
 and  
 Active Galactic Nuclei)

⑤ [N II] $\lambda$ 6583/H $\alpha$  line ratio





## キャップ (図2左の cap)

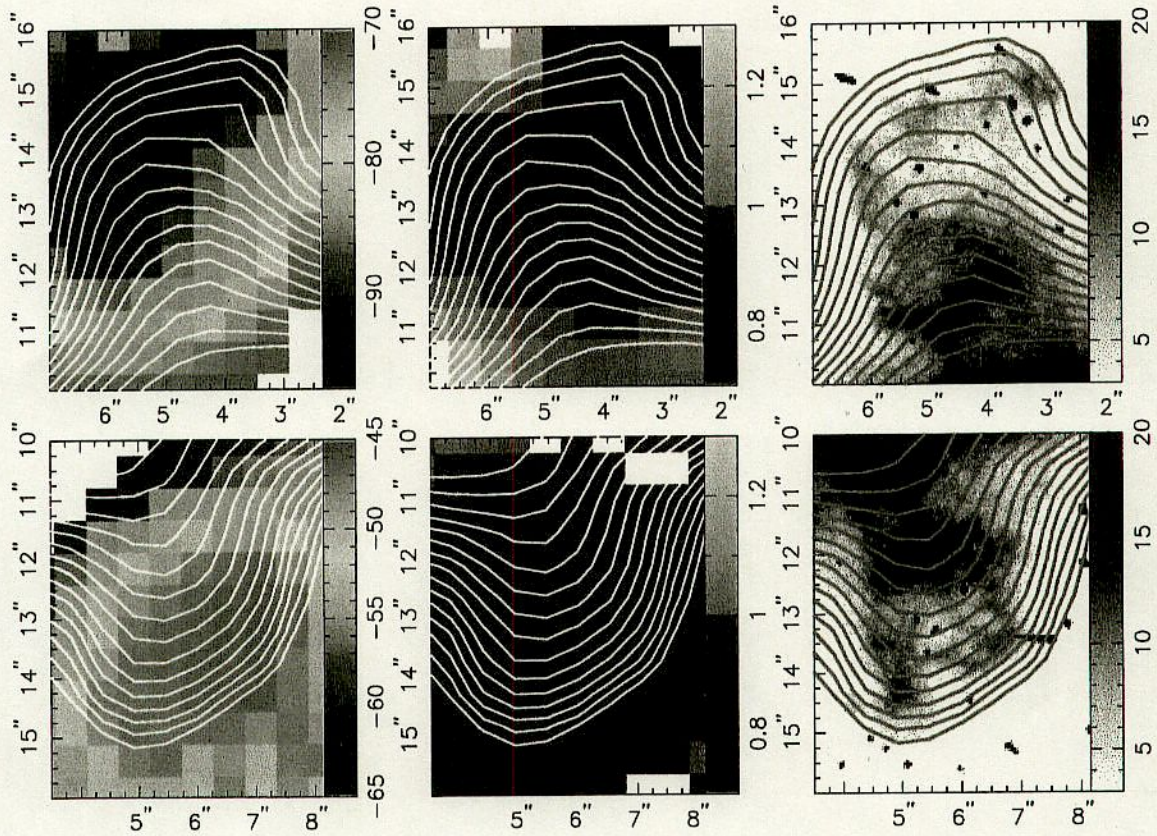


図6: (左上)N-キャップの[S II]  $\lambda 6731$  速度場。(左下)S-キャップの[S II]  $\lambda 6731$  速度場。(中央上)N-キャップの電子密度分布。(中央下)S-キャップの電子密度分布。(右下)N-キャップのHST F673N イメージ。(左下)S-キャップのHST F673N イメージ。コントアは全て[S II]  $\lambda 6731$  のフラックス分布。

キャップはアークの外側に飛び出た構造で、シェルの外部にあると考えられている。赤道面のリングにほぼ直交する軸上にあり、運動方向もこの軸に沿っているものと考えられている。

地上観測ですでに知られていた構造であるが、HSTのイメージを見ると1つの大きなガスの塊ではなく、小さなノットに分離される(図6右上、右下)。我々の観測(シーイング 1.5")でもフラックス分布では1つの塊にしか見えないが、特にN-キャップの速度場(図6左上)では幾つかの塊に別れて見える。非常に明るいアークに近い個所でははっきりしないがアークから最も離れたノットについては電子密度が  $\sim 10^2 \text{cm}^{-3}$  と小さくなっている(図6中央)。さらに外側にあるジェットについても同じように電子密度が低いことが知られており、キャップ内に含まれるノットのそれぞれがジェットと似た構造ではないかと考えられる。



## インナージェット (図2左の inner jet)

今回新たにジェット状の構造を同定した。[N II] スリット分光観測でリングとアークの中にシェルとは異なる速度を示す成分が存在していることが知られていたが、地上観測によるイメージからは該当する特徴が分離されておらず、リングと平行なフィラメント状の構造があると解釈されていた (MS92)。

我々の輝線分光撮像による速度場ではフィラメント状ではなく2組のノット状の構造として受かっている (図7(左))。HSTのイメージと比較するとこの位置にはほぼ同じ大きさのノットがあることが判る (図7(右))。

また、このうちの3つでは電子密度が低くなっていることも、外側のジェットと共通する特徴である (図8(左))。

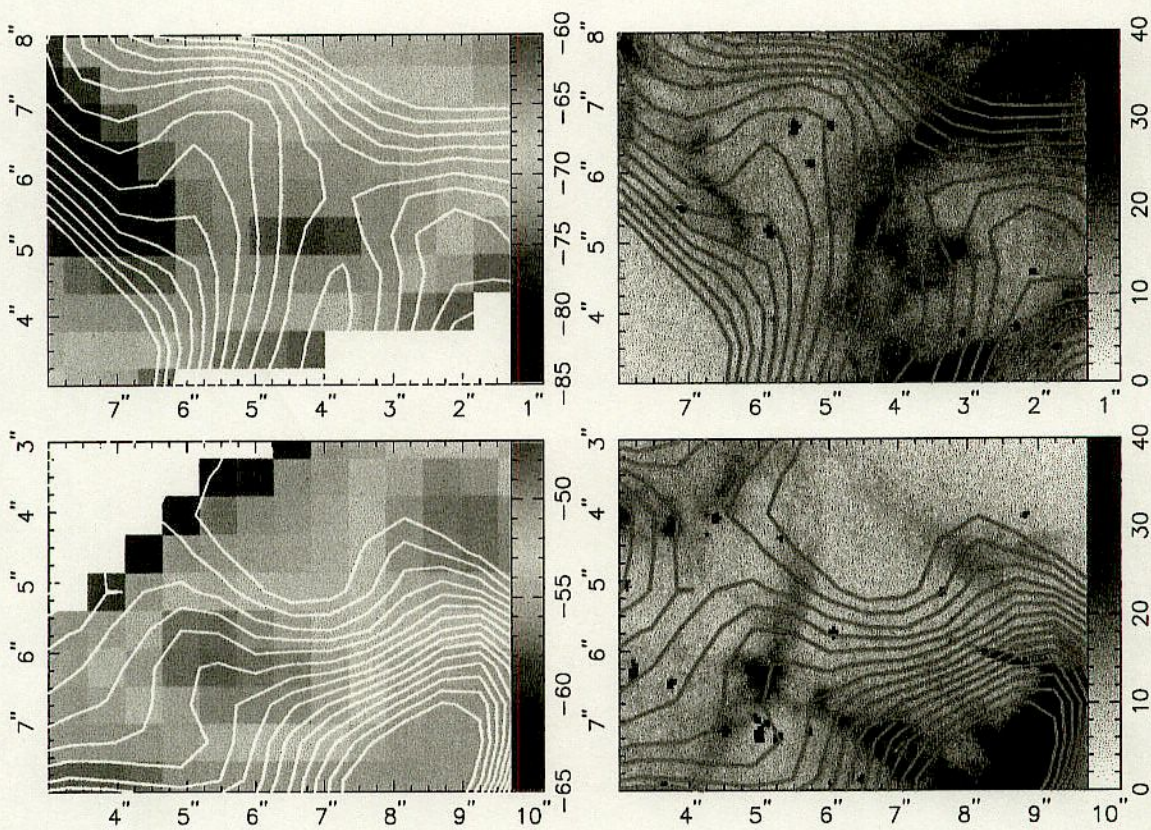


図7: ジェットの  $H\alpha$ 、[N II] 速度場。上段が N-インナージェット、下段が S-インナージェット。(左)[S II]  $\lambda 6731$  速度場。(右)HST F673N イメージ。コントアは [S II]  $\lambda 6731$  のフラックス分布。



この2組のジェットをインナージェットと呼ぶことにする。[S II] $\lambda$ 6731でのインナージェットの速度は $66 \pm 17 \text{ km s}^{-1}$ ,  $65 \pm 16 \text{ km s}^{-1}$ である。但し、シェルと視線方向に重なっているため、実際にはこれよりも速いと考えられる。

インナージェットは外側のジェットやキャップと軸が異なっている。中心星との距離が近く、比較的新しいと考えられるインナージェットにも軸の変化があることは、これらを形成した質量放出の軸の歳差運動などによる時間変化が最近まで続いていたことを伺わせる。

また、今回同定した二組のインナージェットは実際の空間における3次元的な運動の方向は不明だが中心星から伸びている方向に運動していると考えられ、このまま進めば今アークの光っている位置に到達することから、アークの形成に参与している可能性もある。

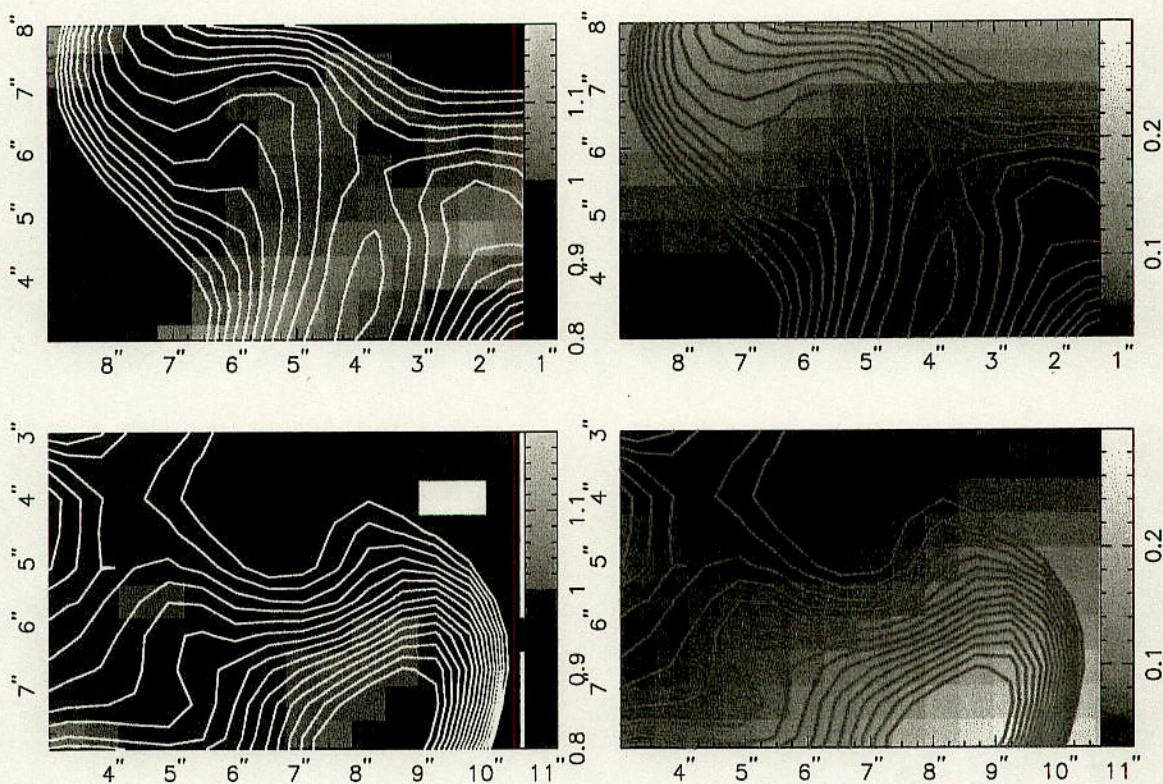


図 8: 上段が N-インナージェット、下段が S-インナージェット。(左) 電子密度分布。(右)[N II] / H $\alpha$  輝線強度比。コントアは [S II]  $\lambda$ 6731 のフラックス分布。