

# 近赤外線分光観測に基づく AGN の狭輝線領域における電離メカニズムへの制限

寺尾航暉<sup>1</sup>, 長尾透<sup>1</sup>, 橋本哲也<sup>2</sup>, 柳澤顕史<sup>2</sup>, 松岡健太<sup>3,4</sup>, 池田浩之<sup>1,5</sup>, 谷口義明<sup>1</sup>

1: 愛媛大学, 2: 国立天文台, 3: ソウル大学, 4: 京都大学, 5: ASIAA

## 1. イントロダクション

銀河進化における星形成活動に対する活動銀河核 (AGN) によるフィードバックの効果を調べるには、AGN の狭輝線領域 (NLR) の詳細な観測的研究が有効である。フィードバック効果が効いている場合、衝撃波加熱が起こっていることが期待される。

そこで、本研究では近傍の AGN 27 天体の中心核領域を近赤外分光観測を行い、[Fe II]/[P II] 輝線比から衝撃波加熱がどの程度起きているかを調べ、フィードバック効果の有無を研究した。

### NLR の電離メカニズム

- 中心核からの電離光子による光電離 → 広く支持されている (e.g., Matsuoka et al. 2009)
- 電波ジェットに起因する衝撃波による衝突励起

### 電離メカニズムの切り分け

→ [Fe II] 1.257 μm/[P II] 1.188 μm を用いた輝線強度比による診断

$$\frac{n(\text{Fe})}{n(\text{P})} \lesssim 2 \cdot \frac{I([\text{Fe II}] 1.257 \mu\text{m})}{I([\text{P II}] 1.188 \mu\text{m})}$$

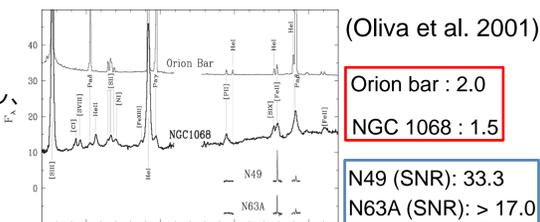
$n$ : 元素の数密度  
 $I$ : 輝線強度 (Oliva et al. 2001)

### [Fe II] と [P II] を用いる理由

- Wavelength  
Excitation temperature  
Critical density  
Ionization potential  
Radiative recombination coefficient
- よく似ている → 似た物理状態の場所から輝線は放射されている

- ✓ Fe: 難溶性物質 → 多くはダストに閉じ込められている  
✓ P: 易溶性物質 → ガス中にばら撒かれている

- 中心核からの電離光子のみでは、ダストは破壊されにくい。
- 衝撃波は、容易にダストを破壊し、鉄を電離ガス中へばら撒く。



【上図: 衝撃波が卓越していると考えられる超新星残骸 (SNR)、光電離されていると考えられる Orion bar や NGC 1068 の中心核領域でのスペクトル】

- 輝線比から、衝撃波がどれだけ電離に寄与しているかが分かる。

- 光電離が卓越 → [Fe II]/[P II] < 2
- 衝撃波が卓越 → [Fe II]/[P II] > 20

しかし、サンプル数が少ないので、統計的な議論は進んでいない。

## 2. 観測

岡山天体物理観測所の 188 cm 望遠鏡の、近赤外分光装置 ISLE を用いて、近傍の AGN の中心核領域をロングスリット分光観測。

- Band: J-band (1.11 - 1.32 μm)
- Slit width: 2".0
- 波長分解能: ~ 1000
- seeing: ~ 2".0

### 観測天体

- 観測された 27 天体の内、解析の終了している以下の 2 型セイファート銀河として知られる 3 天体について議論する。



【188 cm 望遠鏡のカセグレン焦点に取り付けられた ISLE】

天体名	redshift	観測日時	観測時間 [s]	2".0 に相当する physical scale [pc]
Mrk 1073	0.0233	2010/8/12, 14-18	17280	~ 590
Mrk 3	0.0135	2011/1/12	3360	~ 800
Mrk 6	0.0188	2011/1/13	3840	~ 1000

## 3. 解析

- データ解析には、IRAF を使用。

### データ解析の流れ

flat fielding → Sky の除去 (A-B) → 画像の足し合わせ → スペクトルの 1 次元化 → 波長較正 → 標準星の吸収線の除去 (Pa β 1.2822 μm) → flux 較正

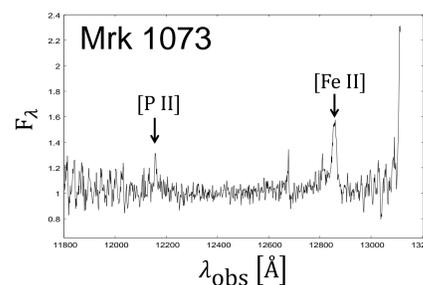
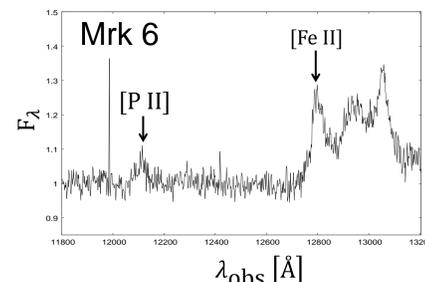
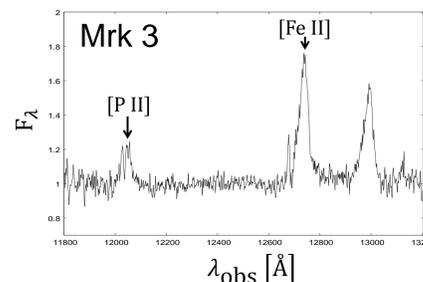
- 1 次元化の際の aperture は、2".0 (~ seeing size) とした。
- 波長較正には、Ar 輝線を使用。波長のデータは、ISLE のページに掲載されているを使用。
- flux 較正には、2 つの標準星を使用。星のスペクトルは表面温度に対応する黒体輻射と仮定。

天体名	スペクトル型 光度階級	表面温度 [K]	$I_{\text{Vega}}$
HIP 15648	A3 V	8594	4.796
HIP 29997	A0 V	9480	4.973

## 4. 結果・議論

- 観測された [Fe II] 1.257 μm と [P II] 1.188 μm 輝線について、ガウシアンでフィットして、それぞれ flux を測り、その輝線強度比を求めた。

- 3 天体のスペクトル

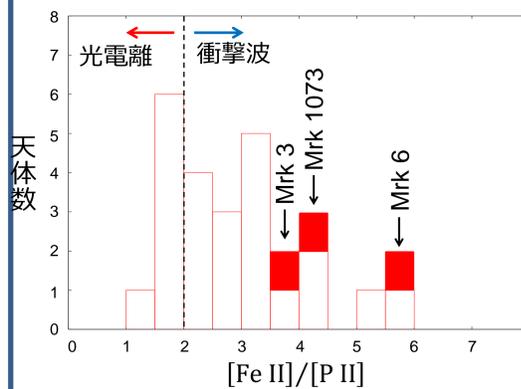


縦軸は、連続光の flux が波長 1.235 μm 付近で 1 になるように規格化している。

- 3 天体の [Fe II]/[P II] 輝線比

天体名	[Fe II]/[P II]
Mrk 3	3.66
Mrk 6	5.99
Mrk 1073	4.02

### 先行研究との比較



【左図: [Fe II]/[P II] 輝線強度比のヒストグラム】

白: 先行研究の結果  
赤: 今回の結果  
縦の破線: 光電離が卓越、衝撃波が寄与していると考えられる領域を分ける目安

24 天体の輝線強度比のデータが存在

平均値: 2.82  
分散: 1.19

- 実際の NLR では衝撃波の寄与の違いによって  $2 < [\text{Fe II}]/[\text{P II}] < 20$  の範囲に分布すると考えられる

Mrk 3, Mrk 6, Mrk 1073 → 衝撃波が寄与している可能性あり

全ての AGN の NLR の電離において、光電離のみによって決まっているわけではない。

## 5. まとめ

- 近傍の AGN の中心核領域について、J-band ロングスリット分光により観測されたデータの解析を行った。
- データ解析を行った 3 天体について、[Fe II] 1.257 μm、[P II] 1.188 μm 輝線が観測された。
- [Fe II]/[P II] 輝線比から、AGN の NLR の電離メカニズムが、光電離によるのか、衝撃波によるのを切り分けることが可能。
- 3 天体の中心核領域の NLR の電離は、衝撃波の寄与が考えられるような輝線比が得られた。
- 必ずしも、すべての AGN の NLR の電離が光電離によって決まっているとは考えられない。