

OA0/ISLE による NGC 1068 の近赤外線分光観測

(AGN feedback の現場を観測的にとらえたい!)

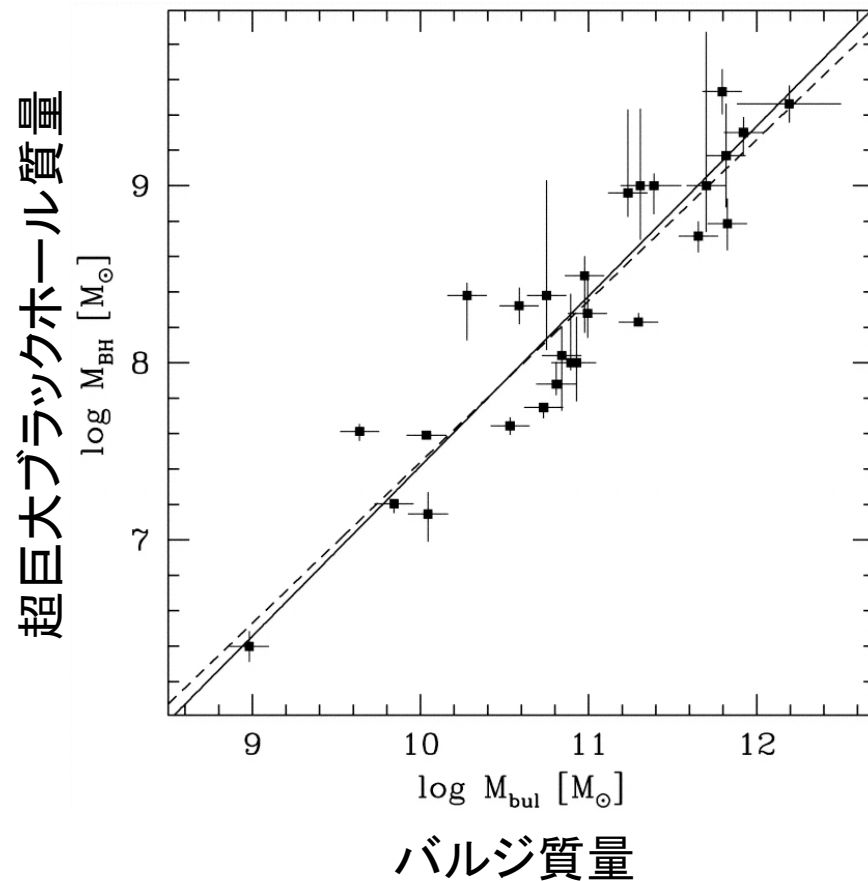
橋本哲也 (京都大学)、長尾透 (愛媛大学)、柳澤顕史 (国立天文台)、
松岡健太、荒木宣雄 (愛媛大学)

Contents

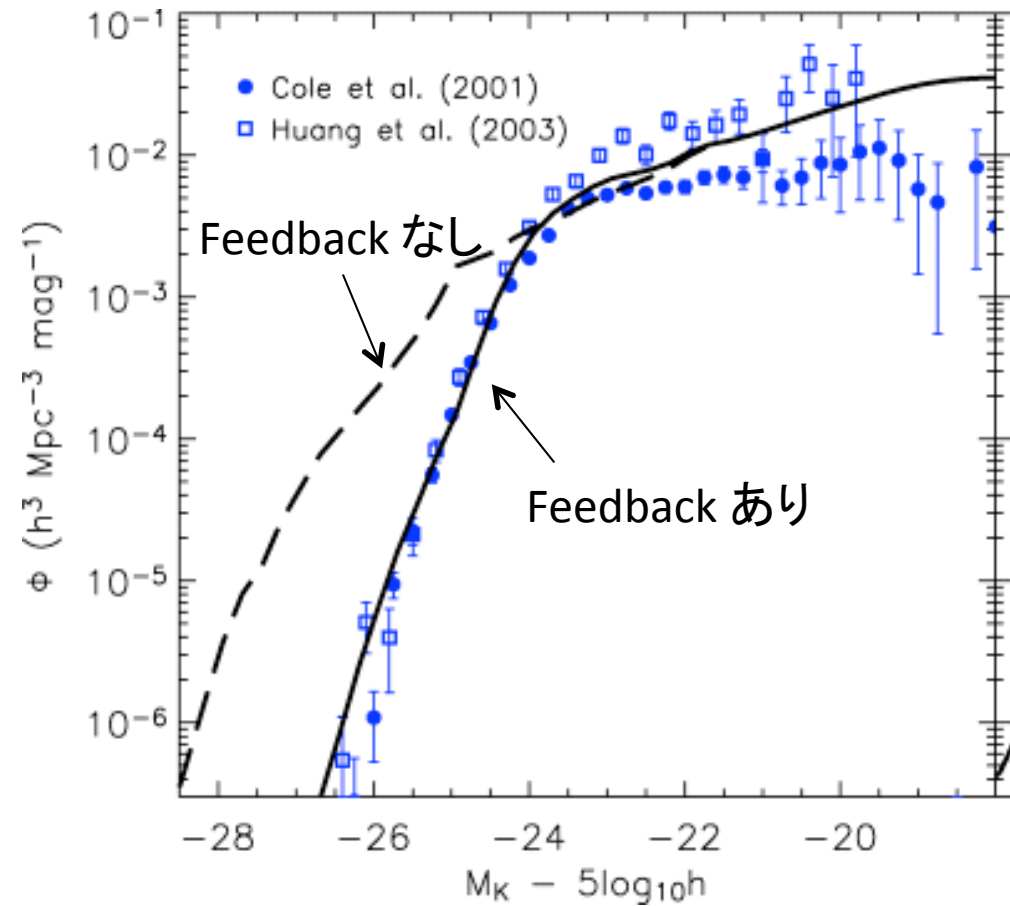
- Introduction
- Methodology
- Observation
- Results

Introduction 1

Marconi & Hunt 2003



Croton et al. 2006



Galaxy formation and evolution



AGN feed back

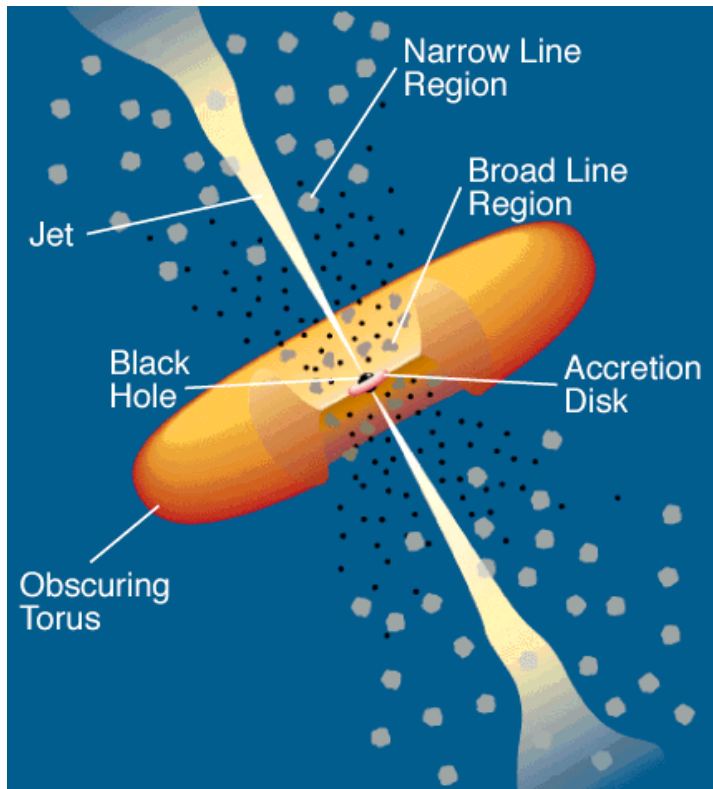
?



観測的にはよくわかっていない

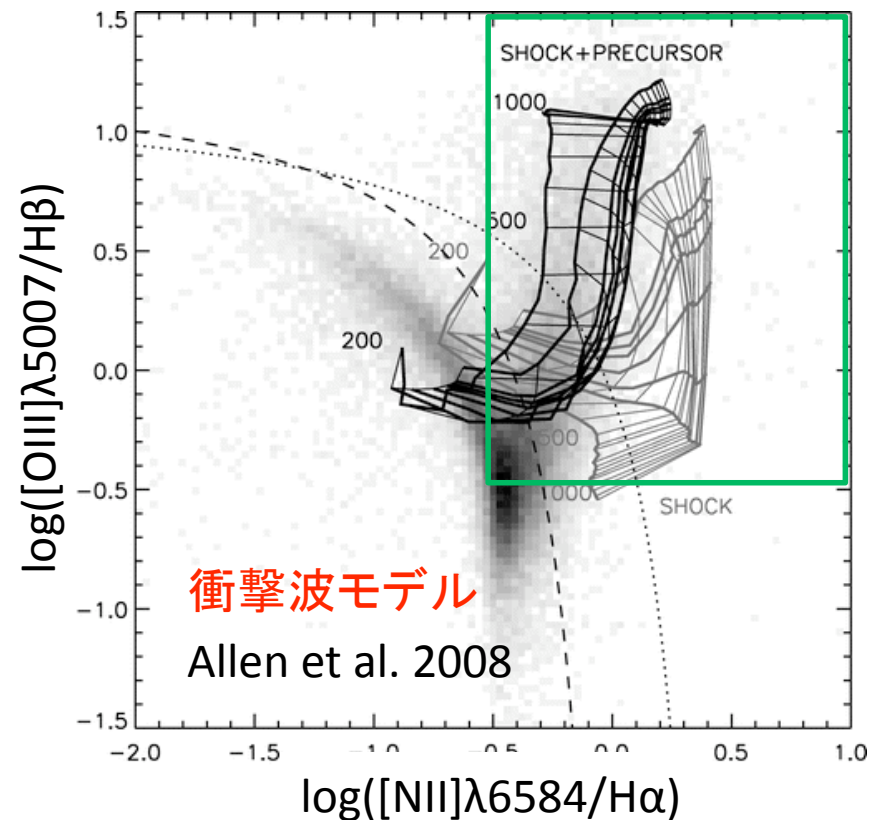
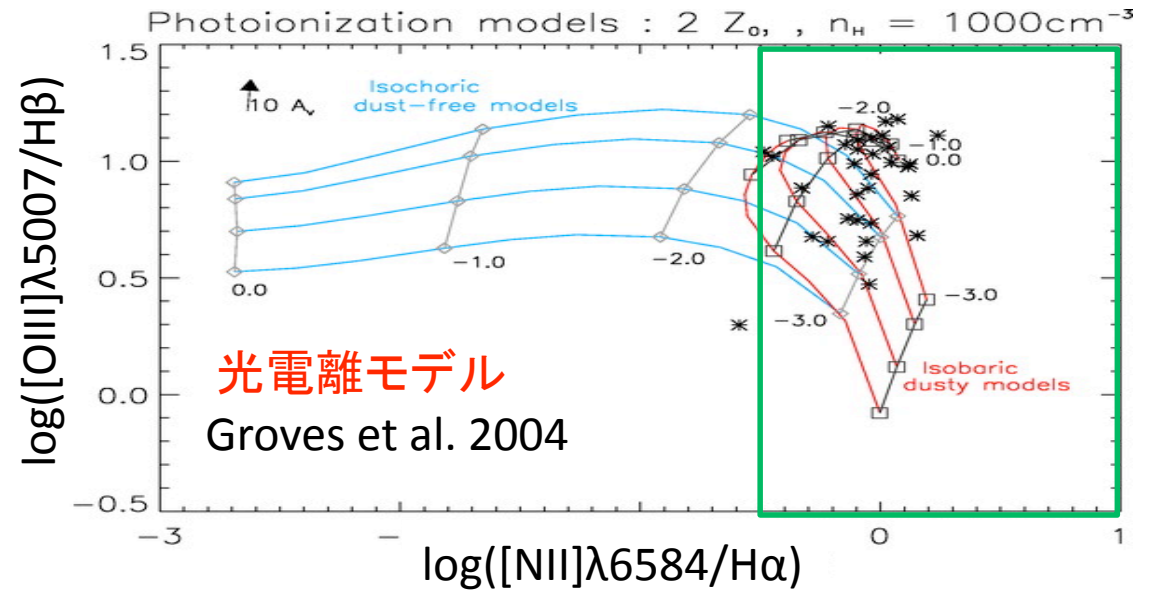
Shock ionization of interstellar medium induced by radio jet

Introduction 2



可視光観測からは、光電離/衝撃波
を区別することが難しい

実際は 光電離 + 衝撃波(?)



Methodology 1

[Fe II]1.257 μ m/[P II]1.188 μ m に注目

Excitation temperature

Critical density

Ionization potential

Radiative recombination coefficient



$$\frac{n_{gas}(Fe)}{n_{gas}(P)} \approx 2 \frac{I([FeII]1.257\mu m)}{I([PII]1.188\mu m)}$$

Oliva et al. 2001

$$\frac{n_{gas}(Fe)}{n_{gas}(P)} = \frac{n_{gas+dust}(Fe) \times f(Fe)}{n_{gas+dust}(P) \times f(P)}, f = \text{depletion factor}$$

~100 (Solar abundance)

P は溶解性物質 → 電離ガス中にばらまかれている ($f \sim 1$)

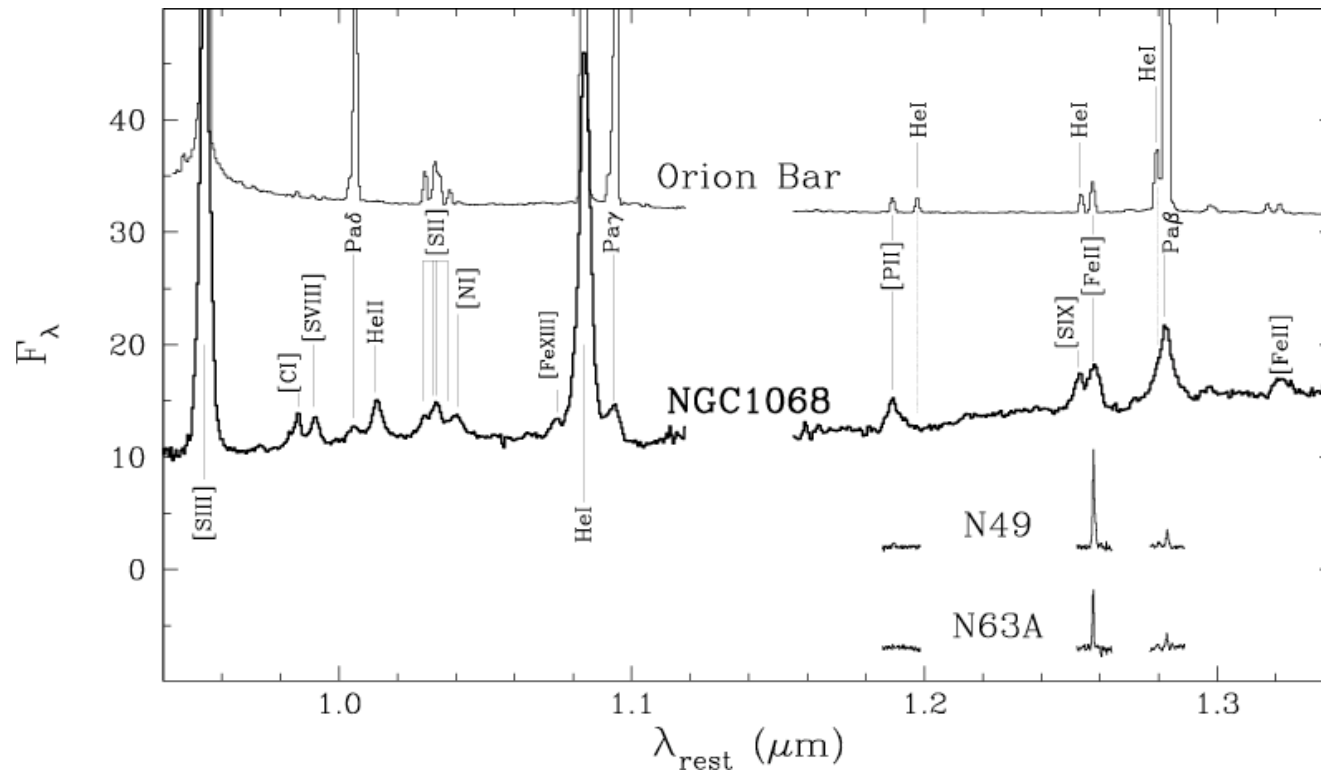
Fe は難溶性物質 → 基本的にほとんどがダストの中に埋もれている ($f \sim 0.01$)

[Fe II]1.257 μ m/[P II]1.188 μ m

→ダスト からガスへ、どれだけの鉄がばらまかれているか

Methodology 2

Oliva et al. 2001



$[\text{Fe II}]1.257\mu\text{m}/[\text{P II}]1.188\mu\text{m}$

光電離

Orion bar: 2.0

NGC 1068
nucleus (Seyfert 2): 1.5

衝撃波

N49 (SNR): 33.3

N63A (SNR): > 17.0

ガスの電離メカニズム

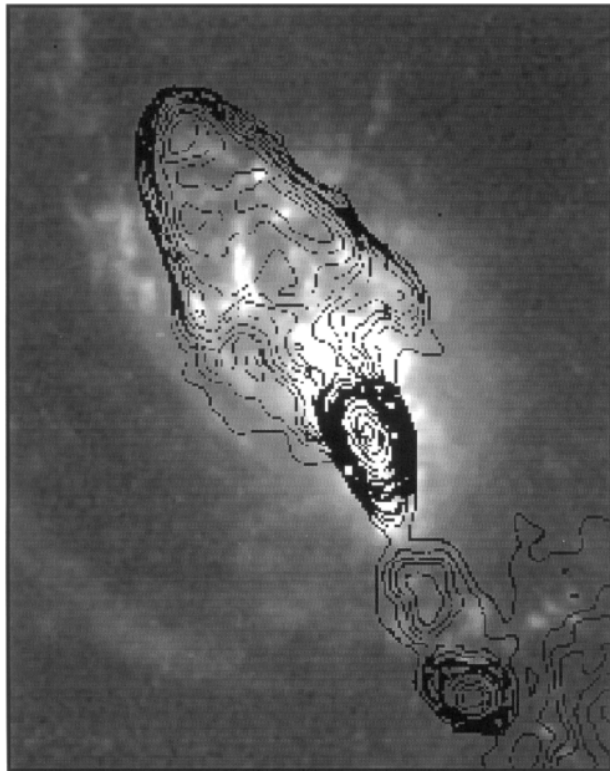
光電離 → 鉄はダストの中 → $[\text{Fe II}]1.257\mu\text{m}/[\text{P II}]1.188\mu\text{m} < 2$

衝撃波 → ダスト破壊 → 鉄がガス中へ → $[\text{Fe II}]1.257\mu\text{m}/[\text{P II}]1.188\mu\text{m} > 20$

Target Object (NGC 1068)

Capetti et al. 1997

3''



Gray: [OIII]5007+[NII]+H α
Contour: Radio

可視光+電波

Interaction of radio jet with interstellar gas
(Wilson & Ulvestad 1983).

紫外線

Surprisingly strong C III λ 977 and N III λ 990 lines
→ Shock heating? (Kriss et al. 1992).

C III λ 977 and N III λ 990 lines are easily reproduced
By photoionization model if the gas is highly turbulent
(Ferguson et al. 1995).

X線他

It is not clear whether the extended X-ray emission in
NGC 1068 arises from thermal processes or scattering
of beamed nuclear radiation (Morse et al. 1996).

可視光+X線

Ionizing radiation emitted by fast shocks may power
NLR in Seyfert 2 galaxies
(Wilson & Raymond 1999).

近赤外線

Shocks do not play an important role at the nucleus
of NGC 1068 (Oliva et al. 2001).

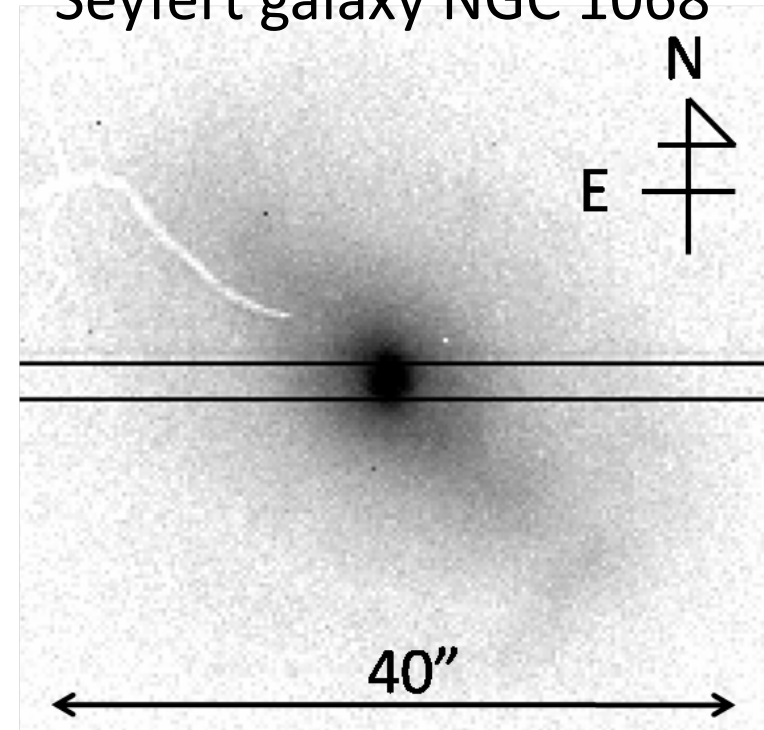
Observation (OAO/ISLE)



Copyright (c) 2009, OAO/NAOJ/NINS, All rights reserved.

ISLE is a near-infrared ($1.0\text{--}2.5\mu\text{m}$) imager and spectrograph for the Cassegrain focus of the 1.88 m telescope at Okayama Astrophysical Observatory (OAO). (See also <http://www.oao.nao.ac.jp/~isle/index.html>)

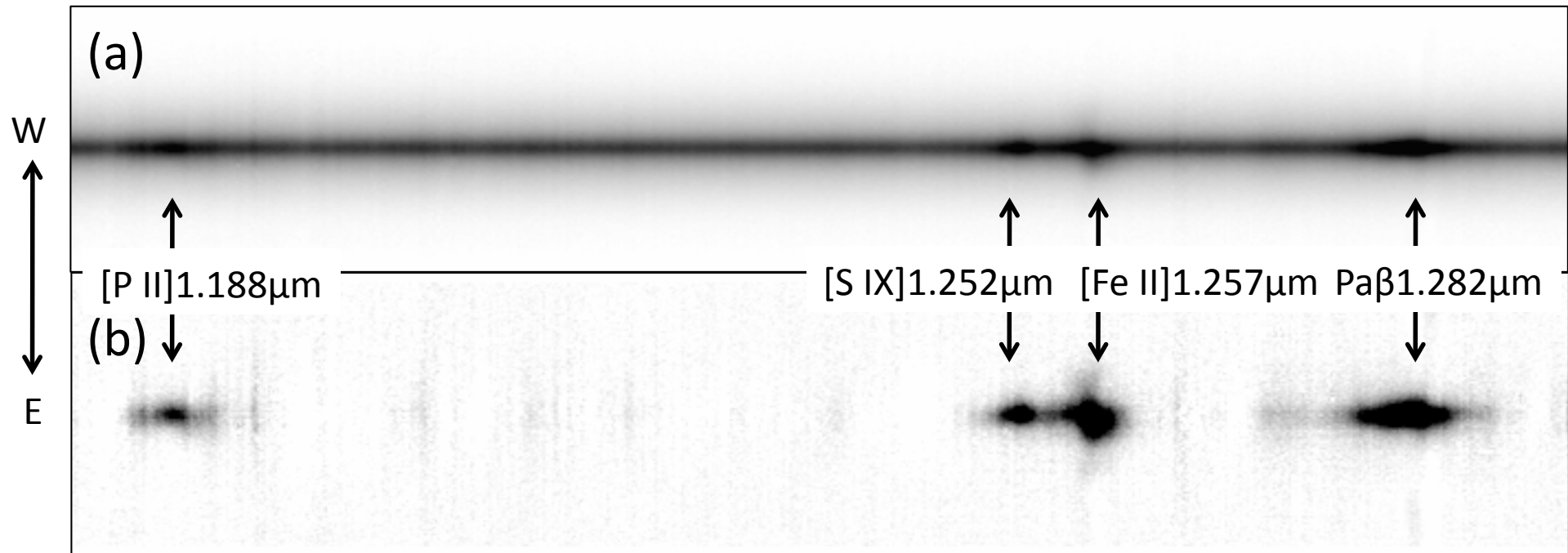
Seyfert galaxy NGC 1068



ISLE J-band image. Black lines show slit position with $2''.0$ width

Target name	Date	Band	Total exposure time	Unit integration time	Slit width	Spectral resolution	Typical seeing
NGC 1068	8-12 Nov. 2009	$1.13\text{--}1.30\ \mu\text{m}$	4.4 hours	120 seconds	$2''.0$	~ 1000	$1''.0 - 2''.0$

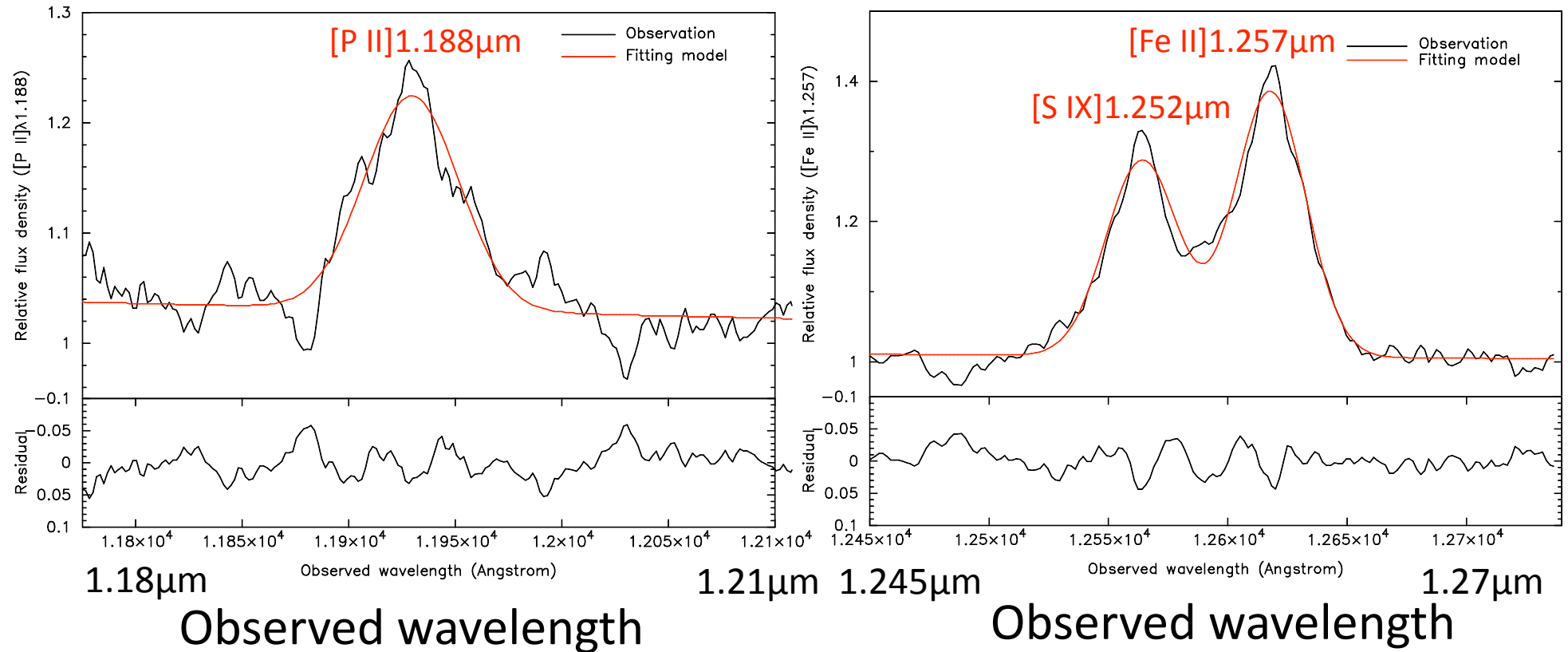
Spatially extended [Fe II]1.257 μm and [P II]1.188 μm lines were detected!



2-D spectrum extracted from central $\pm 15''$ region (a) and continuum-subtracted spectrum (b).

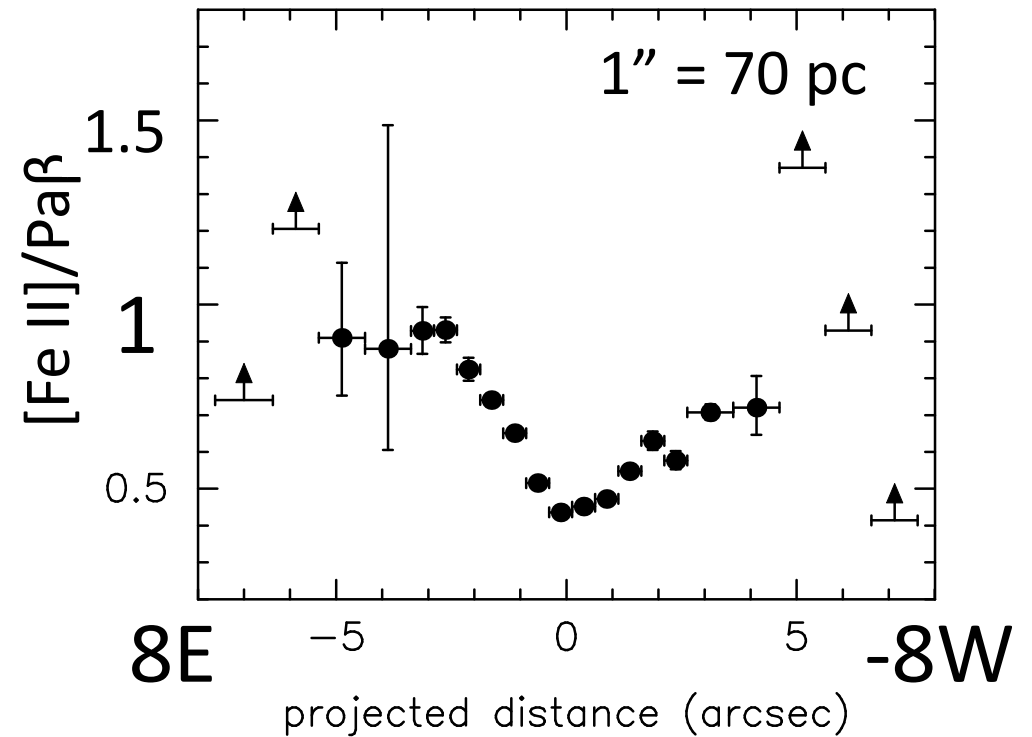
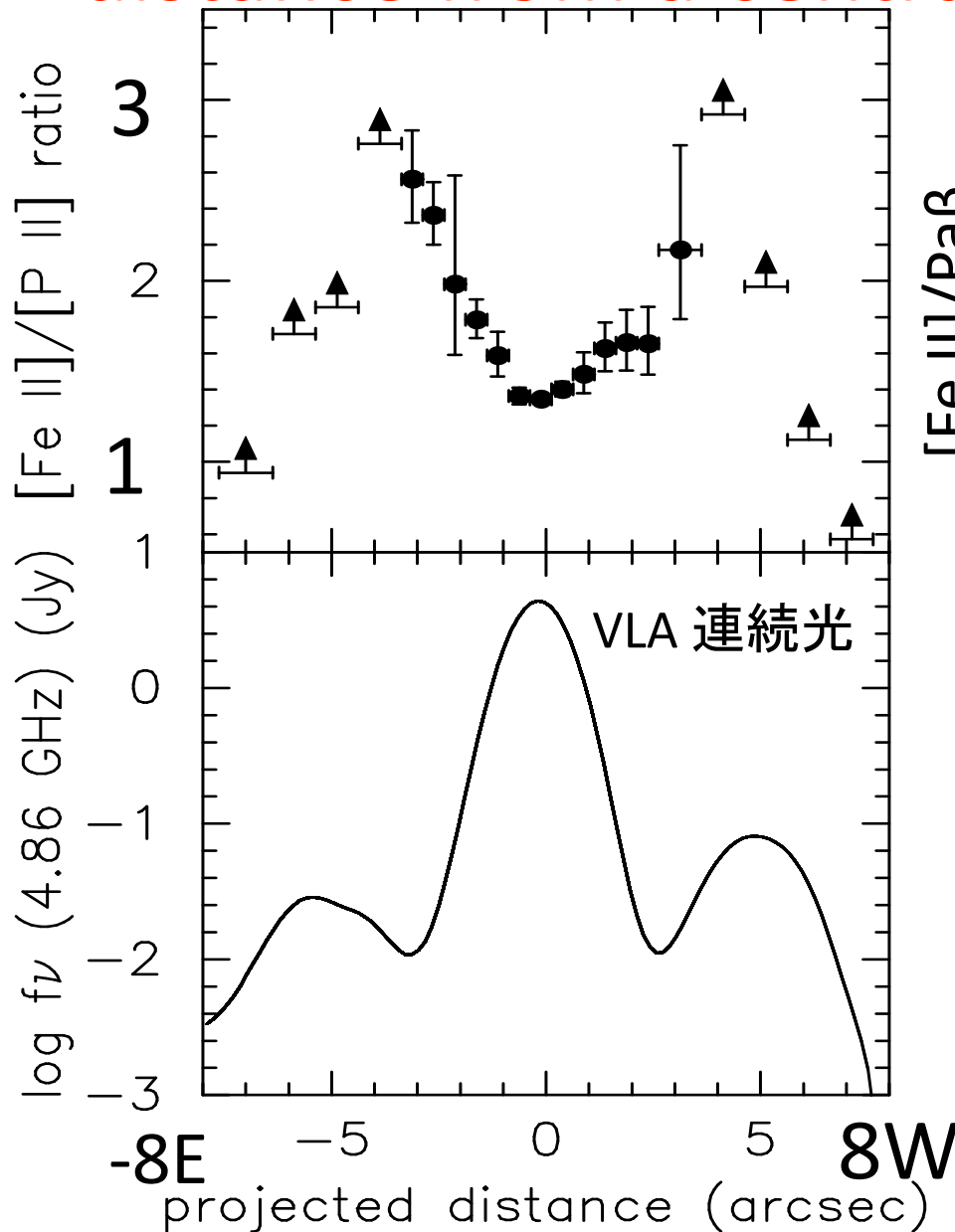
Spectral fitting

連続光ピーク 2 pixels binning (0".5 binning)



Fitting model = single gaussian + linear continuum

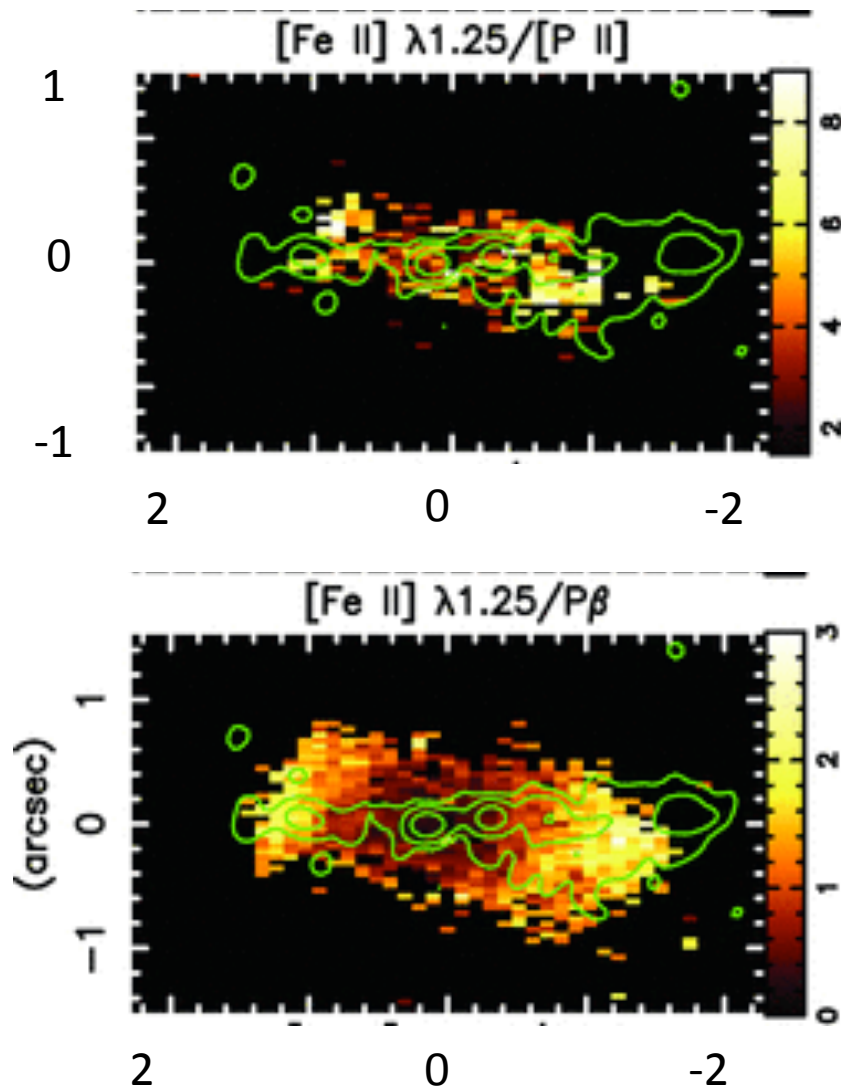
$[\text{Fe II}]/1.257\mu\text{m}/[\text{P II}]/1.188\mu\text{m}$ increases with distance from a central continuum peak



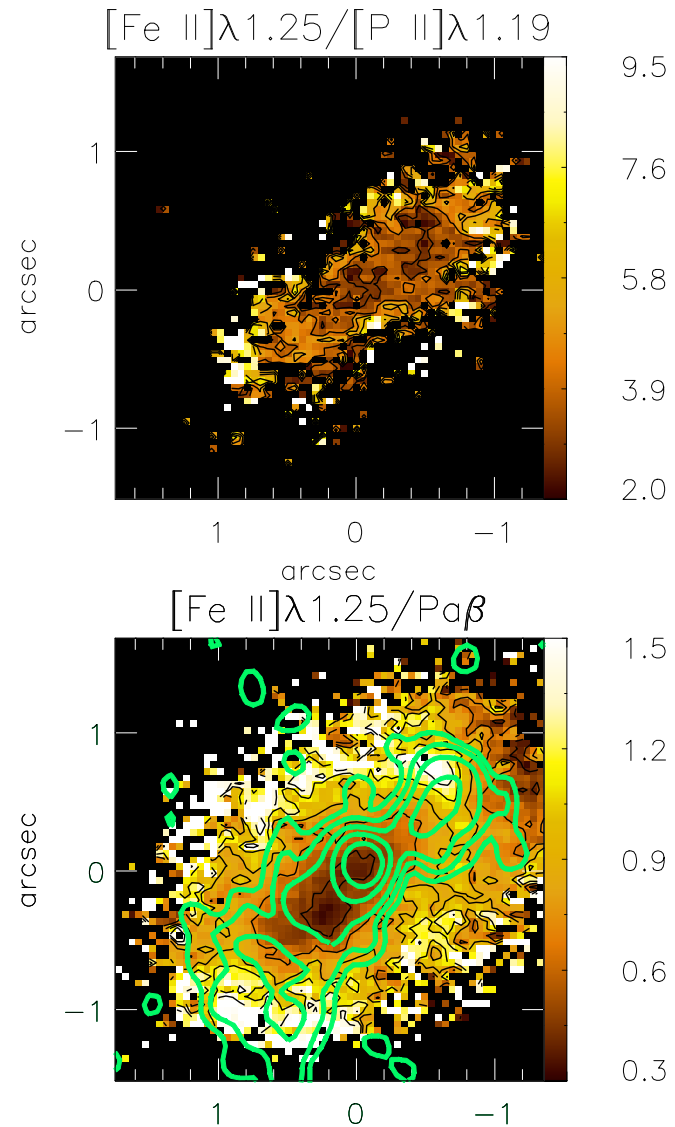
中心 $\sim 2''.0$ は光電離が支配的
(Oliva et al. 2001 の報告と一致)
中心から $\sim 4''.0$ 離れた領域で衝撃波の寄与が大きくなっている

Other AGN samples --- Only 2 objects!----

NGC 4151, Gemini/NIFS
(Storchi-Bergmann et al. 2009)



Mrk 1066, Gemini/NIFS
(Riffel et al. 2010)



Summary

- ・ OAO/ISLE を用いて、近傍 Seyfert 2 銀河 NGC 1068 の近赤外線 (J-band) long slit 分光観測を行い、空間的に広がった $[\text{Fe II}]1.257\mu\text{m}$ と $[\text{P II}] 1.188\mu\text{m}$ を検出することに成功した。
- ・ 衝撃波によるダスト破壊に敏感な $[\text{Fe II}]1.257\mu\text{m}/[\text{P II}] 1.188\mu\text{m}$ 比は中心核(連続光ピーク)付近では光電離から期待される値とよく一致している。一方中心核から離れるほどこの比は大きくなっており衝撃波の寄与が大きくなっていることを示唆している。
- ・ 将来的に radio loud AGN などへの拡張と OAO/ISLE による独自の観測サンプルを増やすことが非常に重要

[P II] $\lambda 1.188$ に対する Shock の寄与

$$\frac{I_{total}([\text{Fe II}])}{I_{total}([\text{P II}])} = \frac{I_{photo}([\text{Fe II}]) + I_{shock}([\text{Fe II}])}{I_{photo}([\text{P II}]) + I_{shock}([\text{P II}])}$$

$$I_{shock}([\text{P II}]) = x \times I_{total}([\text{P II}])$$

$$\frac{I_{photo}([\text{Fe II}])}{I_{photo}([\text{P II}])} = 2$$

$$\frac{I_{shock}([\text{Fe II}])}{I_{shock}([\text{P II}])} = 20$$

$$\frac{I_{total}([\text{Fe II}])}{I_{total}([\text{P II}])} = 3 \quad \text{---} > \quad x = 0.06$$