

LINER中心核の間接的UV光度評価

尾崎忍夫(国立天文台)、石垣剛(岩手大学)、服部堯(国立天文台)、大谷浩(龍谷大学)、菅井肇(東京大学)、林忠史(富山天文台)

イントロダクション

LINERとは銀河中心スペクトルに以下のような特徴をもつ銀河の総称である。

- ・セイファート銀河に比べて高階電離線が相対的に弱い
- ・HII領域に比べて禁制線強度が相対的に強い

LINERの電離源はAGN、高温星、衝撃波などが提案されている。LINERのなかには水素の許容線に幅の広い成分があるものや、X線や電波で点源が検出されているものがあり、少なくとも、そのような天体の中心にはAGNが存在していると考えられている。

LINERのUV光度はクエーサーのSEDに比べて相対的に暗いという観測結果(Ho et al. 1999)から、高光度AGNと低光度AGNで降着円盤の構造が異なるのではないかとという研究が進んだ。その代表的な例がRadiatively Inefficient Accretion Flow (RIAF)である。RIAFでは中心付近で円盤が膨れ上がって密度が低下するために、降着円盤から放射されるUV光度が低下する。

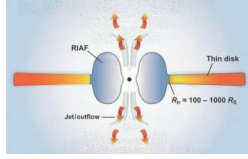


図1 RIAFの概略図 (Ho 2008より)

しかしLINERのSEDはクエーサーと明らかに異なるということはないという観測結果が発表された(Maoz 2007; Elacroux et al. 2010)。もしそうなら、高光度AGNと異なる降着円盤を考える必要がなくなるかもしれない。

キーポイントはSEDのUV領域のデータ点である。過去のSEDに関する研究ではUV領域のデータ点はHSTなどを用いた直接観測に基づいた測定であった。しかしUV領域は吸収の影響を大きく受けるという欠点があった。

そこで本研究では、直接観測とは独立した手法として、AGNの輝線比を持つ輝線放射領域のH α 光度から間接的に中心核のUV光度を評価し、LINERのSEDの検証を行うことを目的としている。この評価方法ならば2型LINERについてもUV光度を評価できる。

観測と解析

望遠鏡: 岡山天体物理観測所 188cm望遠鏡

装置: 京都三次元分光器第一号機

低分散ファブリペロー干渉計使用

透過曲線半値全幅 $\sim 24 \text{ \AA}$

観測期間: 1997年8月～2000年4月(半期に1週間程度)

バンド: H α 、[NII] $\lambda 6583$ 、連続光

サンプル: Ho et al. (1997)でLINERと分類されている天体のうち、明るく22天体を選んだ。

露出時間: 平均的に各バンド30分 $\times$ 2

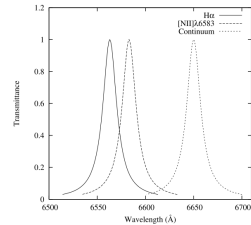


図2 低分散ファブリペロー干渉計の透過曲線

ファブリペロー干渉計の透過曲線は図2のように裾切れが悪いので、目的の輝線以外の輝線成分が混入してしまう。この影響を評価した結果が図3である。輝線比・輝線幅・透過曲線中心波長と輝線中心波長の距離の異なるいくつかのスペクトルを製作し、それを図2のような透過曲線で観測した場合に観測される輝線比を求めた。Ho et al. (1997)に従って、AGN的な輝線比を0.6以上とすると、観測される輝線比が0.8以上なら、AGN的な輝線比を示す輝線放射領域を選別できることがわかる。

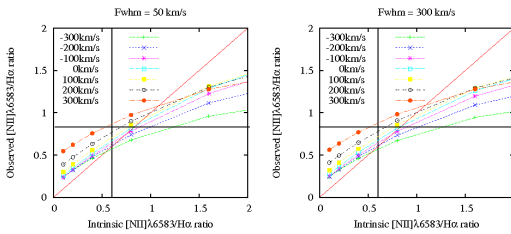


図3 コンタミネーションが輝線比に与える影響。輝線幅は50km/sと300km/s、輝線シフトは-300km/s～300km/sまで変化した場合を評価した。

AGN的な輝線比を示す輝線放射領域を持つ天体は8つ(NGC1052, NGC2911, NGC4111, NGC4438, NGC4457, NGC4486, NGC4579, NGC6500)であった。これらの輝線放射領域が中心核からの放射が電離源であるという仮説のもと、以下の要領で中心核のUV光度を求めた。

1. 輝線放射領域のH α 光度を求める。

Ho et al. (1997)に記載されている中心核のH α 光度(銀河系内での吸収だけが補正されている)と、我々のデータの中心部のH α カウント値を用いてスケールアップファクターを求めた。

2. 輝線放射領域が受けているUV光度 νL_{ν} (912 Å) を求める。

吸収断面積は光子のエネルギーが電離エネルギーから大きくなるに従って急激に減少する(図4)ので、再結合輝線であるH α の光度は電離エネルギー付近の電離光光度を反映していると考えられる。これを確認するために、光電離シミュレーションソフトCloudy(Ferland et al. 1998)を用いてH α 光度と νL_{ν} (912 Å)との相関を調べた。その結果、期待したとおり密度と電離スペクトルの傾きが変わっても、非常に良い相関がみられることが確認できた。

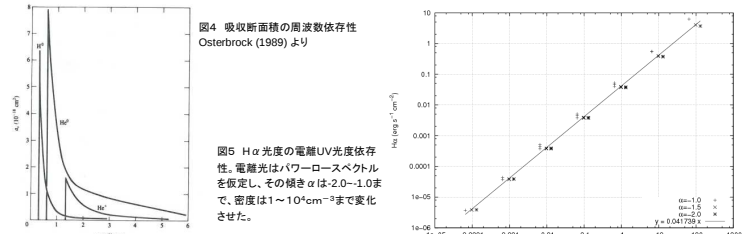


図4 吸収断面積の周波数依存性 Osterbrock (1989) より

図5 H α 光度の電離UV光度依存性。電離光はパワーロースペクトルを仮定し、その傾き α は-2.0-1.0間で、密度は $1 \sim 10^4 \text{ cm}^{-3}$ まで変化した。

3. 中心から放射されているUV光度を求める。

銀河中心から見たとき、輝線放射領域は円形であるという仮定をした。

インクリネーションの情報がある天体(NGC4111, NGC4457, NGC4486以外)については、輝線放射領域は銀河ディスク上にあると仮定して、プロジェクションを解いた。

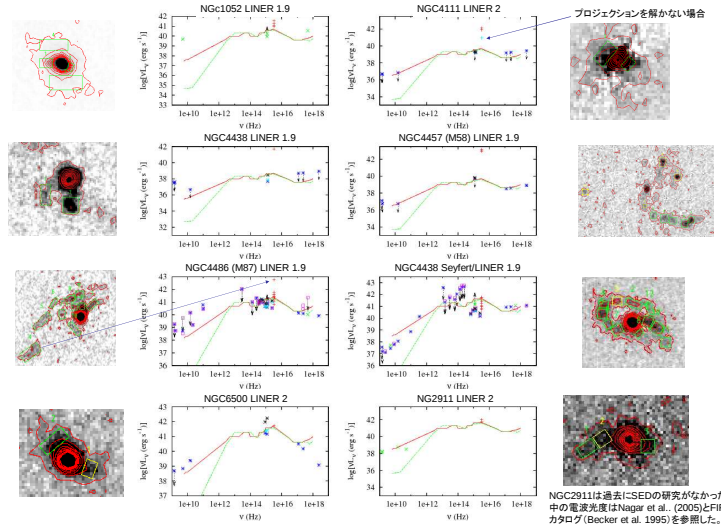
結果と議論

図6は過去のSEDの研究結果に本研究で求めたUV光度のデータ点を加えたものである。NGC4111、NGC4438、NGC4457のUV光度は過去に求められたSEDよりも桁で明るいが、それ以外の天体は概ねクエーサーのSEDと矛盾しない値となっている。本研究からはLINERのUV光度が高光度AGNに比べて暗いという証拠は得られなかった。

NGC4438はNGC4435と潮汐相互作用しており、衝撃波や星形成領域のコンタミネーションがあってもおかしくない。NGC4457の輝線放射領域は銀河全体にアーム状に分布しており、AGNからの放射による光電離とは異なる電離源の寄与が考えられる。NGC4486の一番明るいデータ点は、中心から一番離れた領域であり、おそらく衝撃波の寄与が考えられる。NGC4111はエッジオンであり、輝線放射領域は極方向に伸びていると考えられるので、それらが銀河ディスク上にあるという仮定のもとにプロジェクションを解くことは間違っている可能性が高い。そこでプロジェクションを解かないで求めたUV光度も図6に示したが、1桁以上の過大評価している。アウトフローとISMとの衝撃波の影響があるのかもしれない。

本研究では吸収補正をしていない。吸収補正を行うと中心核UV光度はさらに大きくなるセンスであるので、結論は変わらない。中心から見た輝線放射領域の形状が円形であると仮定は単純化しすぎである。奥行き方向にそれほど広がっていないければ、UV光度は小さくなるセンスだが、奥行きと横幅の比率が一桁以上あるような形状は考えにくい。銀河ディスクに輝線放射領域があると仮定して、プロジェクションを解いた。しかしプロジェクションの影響でUV光度が一桁以上暗くなるためには、中心核と輝線放射領域を結ぶ線が視線となす角が6°以下である必要がある。これも全ての天体に適用するのは難しい。

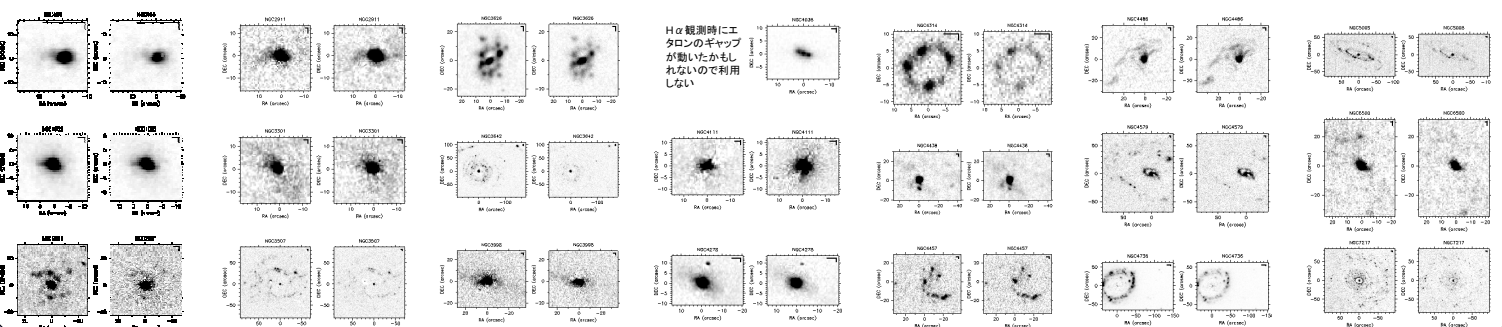
図6 AGN的な輝線比を示す輝線放射領域を持つLINERのSED。+が本研究で求めたUV光度。+とxはそれぞれMaoz (2007)とHo et al. (1999)のデータ。*は全てElacroux et al. (2010)のデータで、●は観測値。*とxはそれぞれCalzettiとSearsonの吸収補正を用いて吸収補正した値。赤線と緑線はradio loud quasarとradio quiet quasarのSED (Elvis et al. 1994)をスケールアップしたもの。各SEDの横にあるH α イメージ上に、測定した輝線放射領域を示している。緑の領域の輝線比が0.8以上、黄色は0.8以下(ここに示している黄色い領域はどれも輝線比が0.7以上であった)。



NGC2911は過去にSEDの研究がなかった。図中の電離光度はNagar et al. (2005)とFIRSTカタログ(Becker et al. 1995)を参照した。

各天体のナローバンドイメージ

22天体全てのH α (左)、[NII]イメージ(右)を以下に記載する。



H α 観測時にエタロンのキャップが動いたかもしれないので利用しない

参考文献

- Becket et al., 1995, ApJ, 450, 559 (<http://sundog.stsci.edu>)
Elacroux et al., 2010, ApJS, 187, 135
Elvis et al., 1994, ApJS, 95, 1
Ferland et al., 1998, PASP, 110, 761
Ho, 2008, ARA&A, 46, 475
Ho et al., 1997, ApJS, 112, 315
Ho et al., 1999, ApJ, 516, 672
Maoz, 2007, MNRAS, 377, 1696
Osterbrock, 1989, "Astrophysics of Gaseous Nebulae and Active Galactic Nuclei"