

超高光度赤外線銀河 ULIRGs のエネルギー源診断法

市川 幸平

京都大学大学院 理学研究科 宇宙物理学教室 修士1年

1 概要

Ultra-Luminous InfraRed Galaxies (ULIRGs) は $L_{\text{IR}} > 10^{12}L_{\odot}$ で定義される赤外で非常に明るい銀河である (Sanders & Mirabel 1996)。全光度 L_{bol} のほとんど ($> 90\%$) を、ダストからの赤外線領域で放出しており、その形状は、一般に非常にコンパクトな領域 ($r < 500\text{pc}$) で輝いている (Soifer et al. 2001)。ULIRGs は近傍宇宙においては非常にまれな天体であるが、ISO 衛星や Spitzer 衛星によるサーベイの結果、 $z = 1 - 2$ では個数・エネルギーともに赤外線領域で重要な割合を占めることがわかってきた (Lonsdale et al. 2006)。ULIRG のエネルギー源としては、同じ $z = 1 - 2$ で活動のピークを示す星生成と活動銀河核 (AGNs) によるものが考えられている。これらを分類し、ダストで覆われた、隠された AGN を見つけ出し、その形状、物理的特性を調べることは、AGN の成長段階の初期を知るという意味で非常に重要なトピックである。今回は、エネルギー源診断法のひとつとして、PAH の輝線の有無を利用した方法を紹介する。

2 分類方法

ULIRGs のエネルギー源として考えられる星生成と AGN を分類する方法としてまず考えられるのは、可視でのスペクトルから、AGN を判別する方法である。しかし、ULIRGs のほとんどは深いダストに覆われているため、これらはダストで非常に覆われた場合、我々観測者に届く前にダストの吸収を受けることで、AGN に特徴的な輝線スペクトル情報が失われてしまう。このような、可視では AGN の特徴が見られない、Optically Non-Seyfert な ULIRGs に対して、エネルギー源を診断方法を紹介するのが、今回の主目的である。

判別方法の1つとして、PAH 輝線の有無を利用した判別方法がある。PAH (Polycyclic Aromatic Hydrocarbons) 分子は、一般にダスト内に一様に存在すると言われていた分子の1つであり、X線放射を受けると分子が破壊されてしまうという性質を持つ。その一方で、紫外線放射を受けると、放射により励起が起こり、その後の二次放射が赤外線領域で輝線を出すことが知られている。特徴的な輝線波長としては、 $3.3\mu\text{m}$ をはじめ、 6.2 , 7.7 , 8.6 , および $12.7\mu\text{m}$ があり、今回は地上で観測できる唯一の波長である $3.3\mu\text{m}$ 輝線に注目して、エネルギー源の判別方法を紹介する。

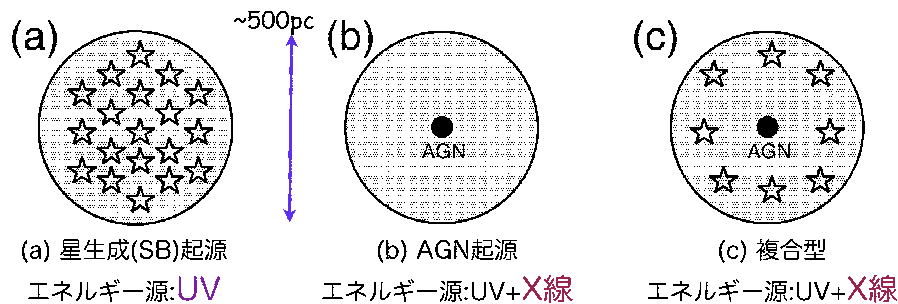


図 1: ULIRGs のエネルギー源の模式図と、そのエネルギー源が主に出す放射。(今西 天文月報 2005 より若干改変)

まず、各エネルギー源から放出される放射機構と、その主たるエネルギーバンドを復習しておく。星生成は、星の核融合による放射で、そのほとんどがUV領域で放射されるのに対し、AGNはブラックホール周りに形成された降着円盤からの、重力エネルギーの解放によって行われる放射であり、X線領域で主要な放射が行われる(図1)。この放射エネルギーの違いと、PAH分子の性質を照らし合わせると、星生成が起きている場合は強いPAH輝線が観測されるのに対し、AGNが中心に存在する場合、PAH輝線は星生成と区別することができるほどに非常に弱い、または全く観測されなくなることが予想される。これを地上で観測するためには、Lバンドで分光ができる装置を持つ、大口径の望遠鏡が必要となるが、すばる望遠鏡のIRCSはこの要求に最もマッチする条件となっている。また、 $3.3\mu\text{m}$ に限らず、AKARI, Spitzerなどの宇宙望遠鏡を使用すれば、地上でのバンドに支配されることなく、他のPAH輝線に対しても、同様の診断が可能となる(Imanishi et al. 2010)。

3 結果

以上の方法から、可視ではAGNの存在が見られない、Optically Non-SeyfertなULIRGs(一部LIRGsも含む)に対し、エネルギー源診断を行ったのがImanishi(2006, 2010)らであり、赤外線光度 L_{IR} と、ULIRG中の隠されたAGNの割合には正の相関があることが報告されている(図2)。これは、赤外線光度が大きいほど、AGNの活動が活発であることを表しており、赤外線光度が大きい銀河はAGNからのフィードバックが強く、星生成が早期に終了する、と考えられ、これは昔から現在になるほどULIRGsの数が減少する、という観測事実と矛盾しない。

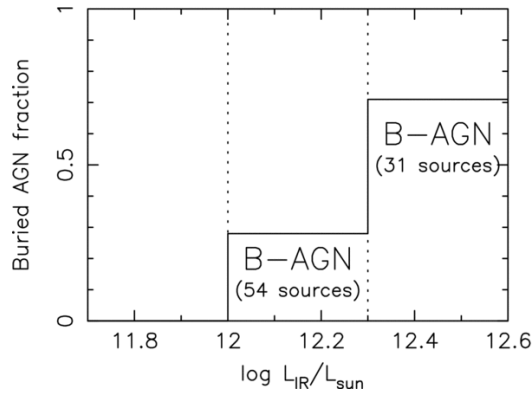


図 2: ULIRGs の赤外線光度と、各光度における隠された AGN の割合。赤外線光度が増えるほど、隠された AGN の割合が増えていることがわかる。(Imanishi et al. 2010 Fig. 7 より)

4 今後の展開

主に、地上での観測から ULIRGs のエネルギー源診断を行い、ULIRG 中の隠された AGN の割合は、赤外線光度に比例することがわかったが、LIRGs ($10^{11}L_{\odot} < L_{\text{IR}} < 10^{12}L_{\odot}$) については、数多くの観測がまだ行われていない。これは、LIRGs と ULIRGs の形状の差が大きな要因となっている。前述したように、ULIRGs は非常に compact な領域でのみ輝いているのに対し、LIRGs は非常に広がった領域 ($r \sim 2 - 3\text{kpc}$) で輝いている (Soifer et al. 2000)。地上での大型望遠鏡でのスリット幅では、LIRGs の全領域をカバーすることが難しく、中心領域でのみの議論しか許されなかった。それに対し、AKARI の IRC はスリット幅が広く、LIRG の一部分を切り取ることなく分光をすることが可能である。今後は AKARI の IRC を用いてこのエネルギー源診断法を、ULIRGs に成長する前の姿と思われる LIRGs にも広げ、銀河進化の様子を探っていく予定である。

参考文献

- [1] Imanishi, M., Dudley, C. C., & Maloney, P. R. 2006a, ApJ, 637, 114
- [2] Imanishi, M., Maiolino, R., & Nakagawa, T. 2010a, ApJ, 709, 801
- [3] Lonsdale, C. J. et al. 2006, arXiv: 0603. 031v1
- [4] Sanders, D. B., & Mirabel, I. F. 1996, ARA&A, 34, 749
- [5] Soifer, B. T. et al. 2000, AJ, 119, 509
- [6] Soifer, B. T. et al. 2001, AJ, 122, 1213