

「あかり」赤外線天文衛星で探る、 塵に埋もれた活動的な 超巨大ブラックホール



今西昌俊

〈国立天文台光赤外研究部 〒181-8588 東京都三鷹市大沢 2-21-1〉

e-mail: masa.imanishi@nao.ac.jp

「あかり」赤外線天文衛星を用いた、超高光度赤外線銀河中に埋もれた活動的な超巨大ブラックホール (AGN) の探査の結果を報告する。地球大気に邪魔されずに、赤外線の波長 2.5-5 マイクロメートルの分光機能を有する「あかり」赤外線天文衛星により、われわれが地上観測で確立したエネルギー源診断法を、赤方偏移が 0.15 を超える天体に拡張でき、塵に埋もれた活動的な超巨大ブラックホールの役割を、銀河の赤外線光度の関数として調べることが可能となった。われわれは、米国の「スピッツァー」(Spitzer) 赤外線天文衛星による波長 5.2-35 マイクロメートルの分光観測結果をも組み合わせた研究により、赤外線光度の大きな銀河ほど、埋もれた AGN の相対的なエネルギー重要度が系統的に大きくなること、つまり、AGN と星生成の関係は銀河の光度に大きく依存することを見いだした。さらに、現在赤外線で見える銀河は、AGN の相対的寄与が大きくなるものの、現在の星生成率も大きいので、将来、より多くの星を作り、より星質量の大きな銀河に進化すると考えられる。この結果は、現在星質量の大きな銀河ほど、かつて AGN からのフィードバックが強くて、星生成を宇宙のより昔の時代に終了したという銀河のダウンサイジング現象と関係しているかもしれない。

1. 背景

太陽光度の 1 兆 (10^{12}) 倍以上もの莫大な光度をもち、そのほとんどすべてを赤外線で塵 (ダスト) 熱放射している天体は、超高光度赤外線銀河 (以下、赤外線銀河) と呼ばれる¹⁾。塵の向こう側に強力なエネルギー放射源が隠されて存在し、そこからのエネルギー放射のほとんどすべてが周囲の塵に一度吸収され、暖められた塵が赤外線熱放射している天体である。赤外線銀河のほとんどすべては、ある程度ガス/塵をもつ銀河の合体によって生成されると考えられている¹⁾。エネルギー源として考えられるのは、大量に生まれつつある星々の内部で生じている核融合反応によるエ

ネルギー生成活動、あるいは、太陽の 100-1,000 万倍以上の質量の超巨大ブラックホールに物質が落ち込み、その際に解放する重力エネルギー (位置エネルギー) を放射に変換して、コンパクトな領域から大量の放射エネルギーを発生する活動銀河中心核 (Active Galactic Nucleus; AGN) 活動である。星生成、AGN のどちらであっても、エネルギーを支配しているのは紫外線放射であるが、AGN は星生成活動に比べて、高エネルギーの紫外線や X 線の放射が相対的に強いという観測的特徴がある。エネルギー源自身、あるいはエネルギー源に電離されたガス雲をわれわれが観測することができれば、可視光線での分光観測から、星生成と区別して、AGN の存在を比較的容易に認

識することができる。しかしながら、合体赤外線銀河の中心核には大量のガス/塵が集中するため¹⁾、中心核に存在しているであろうコンパクトな AGN を、ほぼ全立体角方向隠してしまう状況が普通に起こりうる²⁾。このような埋もれた AGN は見つけるのが非常に困難になるが、その理解が合体赤外線銀河の本質的な理解と密接にかかわっているのだ。

赤方偏移が 0.3 より小さい近傍宇宙においては、赤外線銀河は、同じように大きな光度をもつ天体クエサー（光度の大きな AGN）より数が多いものの³⁾、近傍宇宙全体からの放射という観点からは、さほど重要な種族ではない⁴⁾。しかしながら、その時代の塵に隠された側の活動の総和を反映する、各赤方偏移での宇宙全体からの赤外線放射に対する赤外線銀河の寄与は、赤方偏移が大きくなるにつれてどんどん増加し、赤方偏移が 2 付近では支配的な種族になる^{5), 6)}。赤方偏移が 2 付近というのは、宇宙全体の星生成や AGN 活動がピークを示す時代であり、したがって、赤外線銀河という種族の塵に隠されたエネルギー源を明らかにすることは、宇宙全体の塵に隠された側での銀河/超巨大ブラックホールの共進化、両者の相互作用の理解と密接に関係する。

塵に埋もれてしまって見つけるのが困難な AGN を研究するためには、塵吸収の影響を受けにくい波長での観測が必須である。その一つに赤外線があり、筆者の今西は、日本の「すばる」望遠鏡、および、米国の「スピッツァー」(Spitzer) 赤外線天文衛星を用いて、近傍の赤外線銀河中に埋もれた AGN のサインを見つけることに成功してきた⁷⁻⁹⁾。AGN と星生成を区別する基本原理は、以下のような感じである。

- 分子ガス、HII 領域、光解離領域からなる普通の星生成の場合は、PAH（芳香族炭化水素）分子が、光解離領域で破壊されずに存在することができ、星からの遠紫外線によって励起される。したがって、普通の星生成銀河

では、強い PAH 放射が、赤外線の波長 3-20 マイクロメートル (μm) のスペクトル中に観測される (図 1 左)。それに対し、AGN では強い X 線放射のために PAH 分子が破壊されてしまうため、PAH 放射は観測されない。サブマイクロメートル程度の大きなサイズをもち、より壊されにくく、放射と熱平衡状態にある塵からの滑らかな連続光が観測される (図 1 右)。

- 普通の星生成銀河の場合は、エネルギー源である星と塵が空間的にある程度混在して分布するのに対し (図 1 左)、埋もれた AGN の場合は、エネルギー源である活動的な超巨大ブラックホールが非常にコンパクトで、周囲の塵に比べて中心集中している (図 1 右)。前者の場合、赤外線に観測される塵吸収フィーチャーの光学的厚さが、ある値より大きくなりえないのに対し、後者の場合は、いくらでも大きくなりうる。また、後者の場合、塵は、エネルギー源に近い内側ほど高温、外側にいくほど低温になるという、強い温度勾配をもつものに対し、前者ではもたない。塵の強い温度勾配の存在は、赤外線の異なる波長での塵吸収フィーチャーの光学的厚さを比較することにより、観測的に検証できるのである^{8), 9)}。

われわれは、本手法により、塵に埋もれた AGN がエネルギー的に重要であるという観測的証拠を、半数近くの赤外線銀河において見いだしてきた。しかしながら、「すばる」望遠鏡を用いて、静止波長 3-4 μm のエネルギー源診断法を適用するには、地上から観測可能な波長が限られているため (地球大気の窓)、赤方偏移が 0.15 より小さな赤外線銀河に限定される。「スピッツァー」赤外線天文衛星の観測も、「すばる」のサンプルに合わせるために、同じ赤方偏移の赤外線銀河を主な研究対象としてきた。その結果、ほとんどすべての銀河の赤外線光度が $10^{12-12.3}$ 太陽光度で、赤外線光度が非常に狭い範囲の銀河のサンプルしか

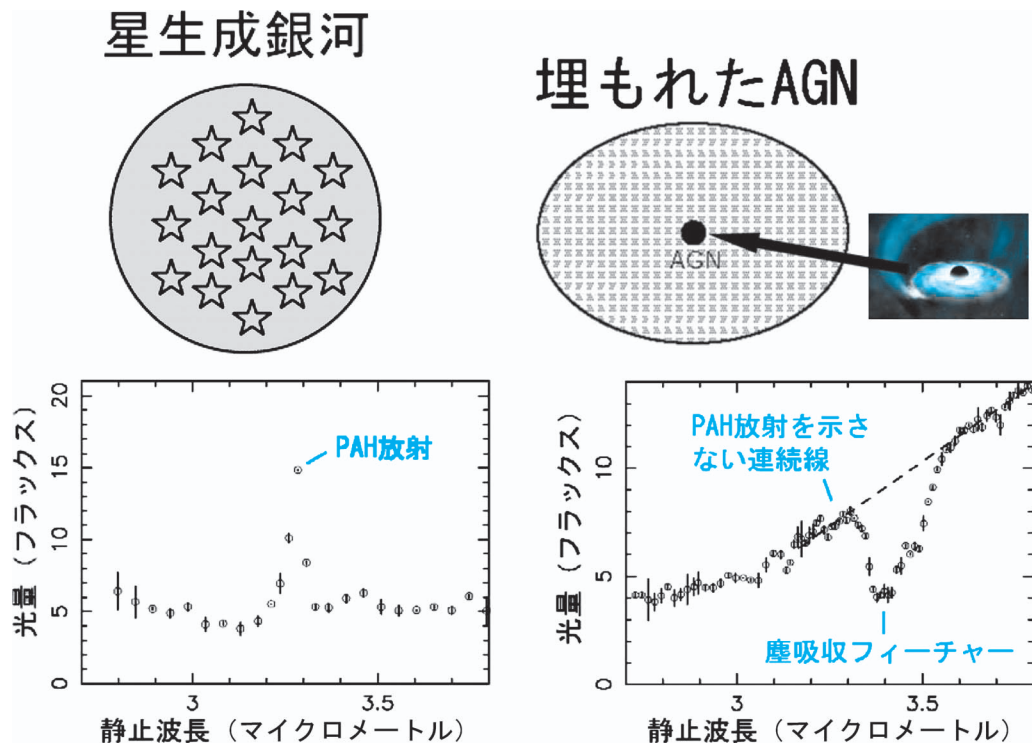


図1 エネルギー源と塵の空間分布、および、静止波長3-4マイクロメートル(μm)の赤外線スペクトルに基づくエネルギー源診断法^{9), 10), 11)}。左: 普通の星生成銀河。エネルギー源である星と塵は空間的に混在している。波長3-4 μm の赤外線スペクトル中で、強いPAH放射が、静止波長3.3 μm に観測される。普通の星生成の場合、連続線、PAH輝線共に、塵吸収によって同様に光量(フラックス)が減衰されるため、連続線に対する輝線の強度比として定義される等価幅は、星生成の塵吸収の量によらず、常に大きな値を示すはずである。このような塵とエネルギー源の空間分布では、手前の、吸収が小さくて塵吸収フィーチャーの弱い放射は、光量減衰をあまり受けずに観測光に寄与するが、塵吸収フィーチャーを強く示す奥からの放射は、減衰されて観測光にあまり寄与しない。結果として、観測光中の塵吸収フィーチャーはあまり強くなることができず、光学的厚さの観測値には上限がある。右: 塵に埋もれたAGN。エネルギー源である、質量降着をしている活動的な超巨大ブラックホールは、空間的に非常に小さく、周囲の塵に比べて中心集中している。AGNからの硬い放射場によってPAH分子が破壊されるため、PAH放射は観測されず、AGNに暖められた、放射と熱平衡状態にある大きな塵からの滑らかな連続線が観測される。AGNの周囲に大量の塵が存在していれば、放射源の手前に吸収物質がスクリーン状に分布する幾何学となり、非常に強い塵吸収フィーチャーを作り出すことができる。破線は、連続線のレベルを表す。もちろん、埋もれたAGNであっても、AGN手前の塵分布があまり多くない場合は、塵吸収フィーチャーはあまり強くない。すなわち、強い塵吸収は埋もれたAGNのような幾何学が必要だが、すべての埋もれたAGNが、星生成で説明できる上限よりも強い塵吸収フィーチャーを示すわけではないという意味である。星生成と埋もれたAGNが共存する場合、星生成からのPAH放射が観測されるが、埋もれたAGNに暖められた大きな塵からの、PAH放射を示さない連続光放射の下駄が乗るため、PAH放射の等価幅が、純粋に星生成に支配された銀河に比べて小さくなる。つまり、原理的に、スペクトルの形状から、エネルギー源を区別することができる。星の分布が、塵に比べて例外的に中心集中している極端な星生成も、原理的には強い塵吸収フィーチャーを作りうる。星というのは、分子ガスの中心の高密度部から生まれ、塵と分子ガスは空間的に混在しているであろうから、1個の星を考えれば、星は塵に比べて中心集中しているであろう。しかし、銀河スケールで見れば、あちこちに分布する高密度分子ガスの中で星が生まれるため、両者は空間的にある程度混在しているのが自然である。赤外線銀河の場合、放射の表面輝度の観点、および、他の波長の観測結果などからも、星が塵に比べて例外的に中心集中している極端な星生成の可能性は、極めて小さいと考えられる¹²⁾。

なく、埋もれた AGN の存在，エネルギー的役割が，銀河の赤外線光度にどう依存するかを調べることができないという問題があった。

2. より遠くの赤外線銀河への拡張

「あかり」赤外線天文衛星を用いれば，地球大気の影響を受けずに，赤外線の波長 $2.5\text{--}5\ \mu\text{m}$ の低分散分光観測を行うことができ，図 1 の静止波長 $3\text{--}4\ \mu\text{m}$ のエネルギー源診断法を，赤方偏移が 0.15 より遠方の赤外線銀河に拡張することが可能となる。感度も高く，赤方偏移が 0.3 程度以下ならば，短い積分時間（1 ポインティング）で，質の高いスペクトルを取得することができる。われわれは，「あかり」赤外線天文衛星を用いて，赤方偏移 $0.15\text{--}0.3$ の赤外線銀河に研究を拡張することにした。

この拡張により，赤外線光度の大きな銀河が数多く含まれる。実際，IRAS 衛星によるサーベイで見つかった赤方偏移 $0.15\text{--}0.3$ の赤外線銀河サンプルの約 7 割は，赤外線光度が $10^{12.3\text{--}12.6}$ 太陽光度を示す¹³⁾。その結果，埋もれた AGN を，銀河の赤外線光度の関数として系統的に調査することが初めて可能になる。

3. 結果と議論

地上望遠鏡で以前に観測していた赤外線銀河を，「あかり」でも観測し，両者のスペクトルを比較したものを図 2 に示す。共通の観測波長で，両者のスペクトルはよく一致しており，「あかり」のスペクトル較正の精度が十分高いことが確認された。

図 3 に，「あかり」によって取得された赤方偏移が $0.15\text{--}0.3$ の赤外線銀河のスペクトルの例を示す。われわれは，赤方偏移 $0.15\text{--}0.3$ の，光度の大きな赤外線銀河が，かなり高い割合で，埋もれた AGN がエネルギー的に重要な場合に期待されるスペクトルの特徴を示す傾向があることを見つけた¹⁴⁾。われわれは，「スピッツァー」赤外線衛星を

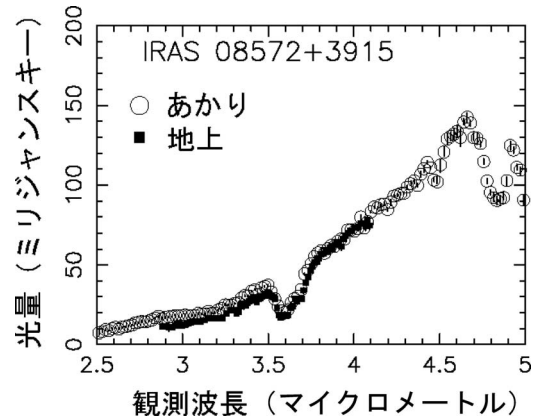


図2 赤外線銀河 IRAS08572+3915 の地上望遠鏡と，「あかり」赤外線天文衛星によるスペクトルの比較¹⁴⁾。地上で観測できる波長 $2.8\text{--}4.1\ \mu\text{m}$ において，両者のスペクトルはよく一致しており，「あかり」の較正がうまくいっていることがわかる。「あかり」スペクトルは，地上のデータに比べて広い波長範囲をカバーしており，スペクトルの質も高い。縦棒の長さが誤差を表すが，無視できるほど小さい。

用いても，赤方偏移 $0.15\text{--}0.3$ の赤外線銀河の，波長 $5.2\text{--}35\ \mu\text{m}$ の分光観測を行い，エネルギー源を診断した結果，同じ傾向を得た¹⁵⁾。図 4 にスペクトルの例を示す。

観測光に相当寄与するほど重要な，埋もれた AGN のサインを示す銀河の割合を，銀河の赤外線光度の関数として示したものが図 5 である。赤外線光度が大きい銀河ほど，埋もれた AGN のサインが見つかる銀河の割合が有意に高くなることが見取れる。つまり，AGN と星生成の関係は，銀河の光度に大きく依存する。これが，われわれの得た主な結論である^{14), 15)}。

埋もれた AGN が見つかる割合だけではなく，埋もれた AGN のエネルギー的寄与を定量的に見積もることも行った。図 6 に，その手法を簡単にまとめた。PAH 放射の等価幅の小さなスペクトルの場合，ほとんどが AGN によって暖められた塵による熱放射であると考えられる。われわれはその連続光の観測光度を知ることができる。

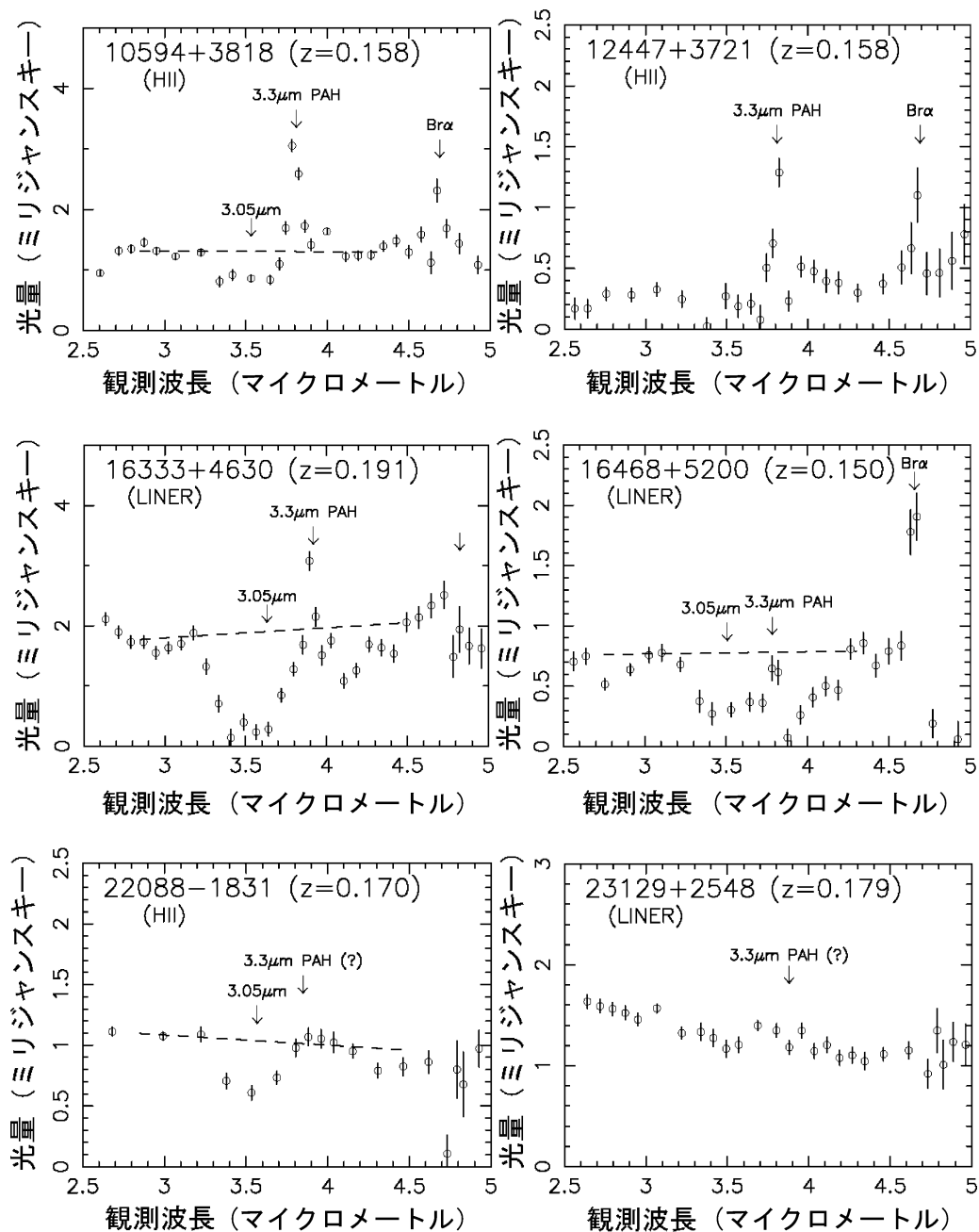


図3 「あかり」によって得られた、赤方偏移が0.15–0.3の赤外線銀河の、波長2.5–5 μmの赤外線スペクトルの例¹⁴⁾。上の2天体は、PAH放射の等価幅が大きく、星生成が観測光を支配していることがわかる。埋もれたAGNの強い証拠はない。下の4天体は、PAH放射の等価幅が小さいか、あるいは、普通の星生成では説明できないほど強い塵吸収フィーチャーが観測され、埋もれたAGNが観測光に効いていることを示す。HII、LINERはそれぞれ、可視光線分光観測でHII領域型、LINER型に分類された天体である。つまり、可視光線でAGNのサインがはっきり見つからなかった天体である。

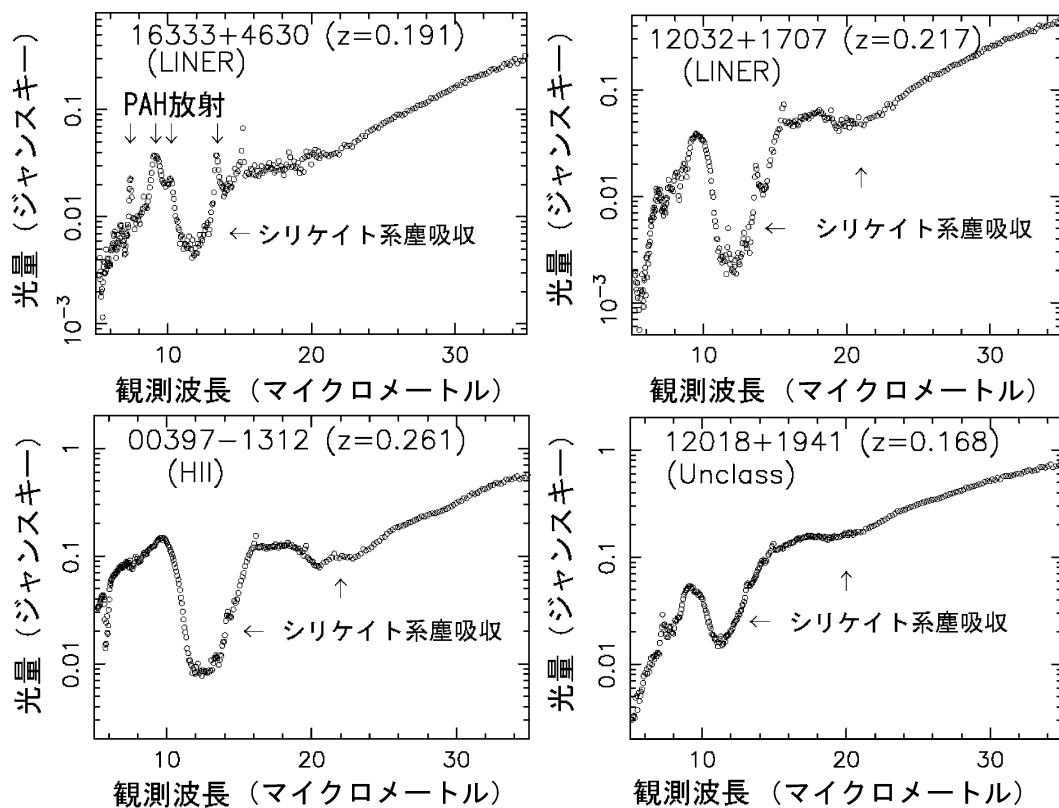


図4 「スピッター」によって取得された、赤方偏移が0.15–0.3の赤外線銀河の、波長5.2–35 μm の赤外線スペクトルの例¹⁵⁾。左上の天体は、等価幅の大きなPAH放射が観測されており、星生成が観測光を支配しているという描象で説明できる。シリケート系塵吸収フィーチャーの光学的厚さも、普通の星生成で説明できる範囲内に収まっている。右上の天体は、星生成に加えて、埋もれたAGNも寄与していると考えられる。PAH放射は検出されているが、その等価幅は、星生成銀河に比べて有意に小さい。下の2天体は、PAH放射が検出されず、星生成のサインはない。埋もれたAGNがエネルギーを支配していると判断される。Unclassは、可視光線分光観測で型を分類できなかった天体、つまり、AGNのサインがはっきり見つからなかった天体を表す。

また、その波長での塵吸収フィーチャーの強さから、その波長の連続光の放射源までの塵の柱密度を求めることができる。つまり、その波長での連続光の観測光度と、その波長の連続光放射源までの塵の吸収量が導出できるため、塵吸収による減光を補正した後の、AGNに暖められた塵の真の光度を見積もることができる。それは、埋もれたAGNのエネルギー放射の真の光度と等しいはずである。それを、赤外線銀河の赤外線光度の観測値と比べることにより、埋もれたAGNがどの程度効いているかを、定量的に求めることができる

のだ。

その結果、埋もれたAGNのサインが見つかった銀河に関しては、ほとんどの場合で、埋もれたAGNの光度は太陽の1兆倍近くに達し、これらの赤外線銀河の光度の半分程度以下、しかし、かなりの割合を説明できることがわかった。残りの説明できない光度が星生成起源によるとした場合、銀河の赤外線光度に対するエネルギー的役割を簡単にまとめたものが図7である。赤外線光度が大きな銀河ほど、埋もれたAGNのエネルギー的寄与の割合が、相対的に大きくなる。しかし、

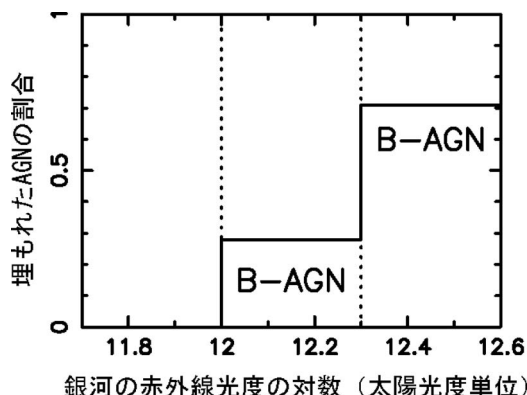


図5 エネルギー的に重要な埋もれたAGNのサインを示す銀河の割合を、銀河の赤外線光度の関数として調べた図。一番右のbinは25天体、真ん中のbinは43天体からなる。一番左のbinは、高品質のスペクトルがある18天体のみから求められた割合であり、宇宙に存在する、赤外線光度が 10^{12} 太陽光度より小さな銀河が、埋もれたAGNを全くもたないということを言っているわけではない¹⁵⁾。

残りの星生成起源の光度の絶対値も大きいため、現在の星生成率も高く、より多くの星を作り出して、将来、星質量の大きな銀河に進化すると考えられる。

さて、昨今、銀河のダウンサイジング現象が広く議論されている。現在星質量の大きな重い銀河ほど、主要な星生成を、宇宙のより昔の時代に終了したという現象である^{16), 17)}。この観測事実を説明するのに広く提唱されている理論仮説が、AGNからのフィードバックによるというものである。すなわち、現在星質量の大きな銀河ほど、かつてAGNのフィードバックが強くて、短期間に周囲のガスを吹き飛ばしたり、暖めたりしてさらなる星生成を抑圧するというものである^{18), 19)}(図8)。その結果、現在では、年齢の古い星が支配的になり、赤い銀河になるはずである。特にフィードバックの強いAGNは、周囲の塵が晴れ上がって見つけやすいAGNではなく、大量の塵とガスに囲まれた埋もれたAGNであろう。つまり、本理論仮説の検証には、埋もれたAGNの理

コンパクトな埋もれたAGN周囲の塵の温度勾配

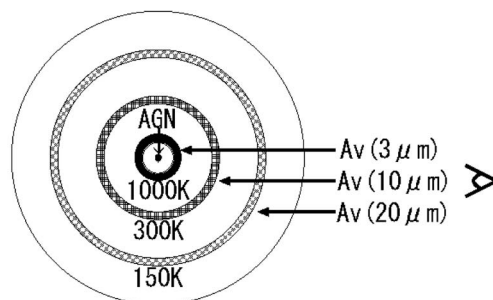


図6 埋もれたAGNの周囲の塵の温度勾配の概念図。黒体放射の場合、塵の温度(K)と、放射のピークの波長(μm)の積は、約3,000($\mu\text{m} \cdot \text{K}$)になるという関係がある。したがって、一番内側の、塵の昇華温度に近い1,000 Kの塵は、波長3-4 μm の連続光を強く放射する。やや外側の300 Kの塵は、波長10 μm の連続光を、もっと外側の150 Kの塵は、波長20 μm の連続光を強く放射する。波長3-4 μm 帯に観測される塵吸収フィーチャーの光学的厚さは、波長3-4 μm の連続光を放射している放射源までの塵の柱密度を反映する。それは一番内側の、埋もれたAGNまでの塵の柱密度にかなり近い値のはずである。つまり、われわれは、光量(フラックス)が減衰された波長3-4 μm の観測光を見ているが、塵の柱密度を見積もることができるため、塵吸収による減光を補正した後の、AGNに暖められた塵の真の光度(νL_ν)を見積もることができる。同様に、波長10 μm の観測光量と、波長9.7 μm のシリケート系塵の吸収の強さから、塵吸収補正後の波長10 μm での光度(νL_ν)も求めることができる。本図のような単純な球対称の幾何学を考える場合、内側の放射はどこにも逃げることなく、輻射輸送によって、内側の高温領域から、外側の低温領域まで、光度が保存されて伝わっていく。つまり、塵吸収補正した後の波長3-4 μm での光度(νL_ν)は、塵吸収補正後の波長10 μm での光度(νL_ν)と等しく、それらは、赤外線銀河の放射のピークである波長60 μm 付近の観測光度(外側の約50 Kの塵放射)とも等しくなるはずである。本手法により、埋もれたAGNのエネルギー放射の真の光度を導出することができる^{8), 9), 14), 15)}。

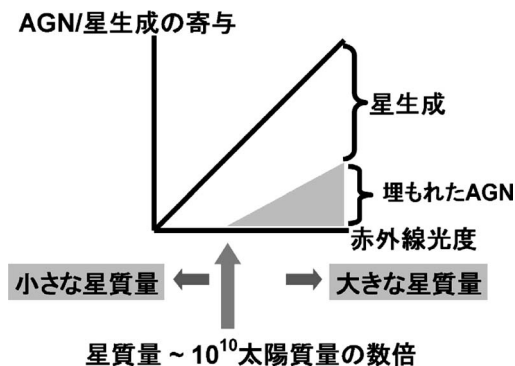


図7 銀河の赤外線光度の違いによる、埋もれたAGNと星生成のエネルギー的寄与の模式図。現在赤外線光度の大きな銀河では、埋もれたAGNのエネルギー的役割が相対的に大きくなる。しかし、それでは説明できない、星生成による赤外線放射光度も大きく、星生成率が高いと考えられる。つまり、より多くの星を生成中であり、将来、より星質量の大きな銀河に進化すると考えられる。埋もれたAGNが重要になり始める銀河の星質量は、最終的には 10^{10} 太陽質量の数倍になると見積もられる。

解が本質的に重要なのだ。

さて、再び図7を見てもらおう。現在、赤外線光度の大きな銀河は、将来より星質量の大きな銀河に進化するとともに、埋もれたAGNがより重要であることを言っている。しかも、埋もれたAGNがエネルギー的に重要になり始める銀河の質量は、 10^{10} 倍の数倍と見積もられ、これは、近傍宇宙において、赤くて星質量の大きな銀河と、青くて軽い銀河を分ける質量にほぼ相当する²⁰⁾。つまり、われわれの観測結果は、銀河のダウンスライジングが埋もれたAGNからのフィードバックによるとする理論仮説に矛盾しないものになっている。

4. 将来の展望

「すばる」、「あかり」、「スピッツァー」を用いたわれわれの研究は、主に感度の観点から、赤方偏移が0.3以下の近傍の赤外線銀河に限定されてきた。しかしながら、本当に重要なのは、星生成や

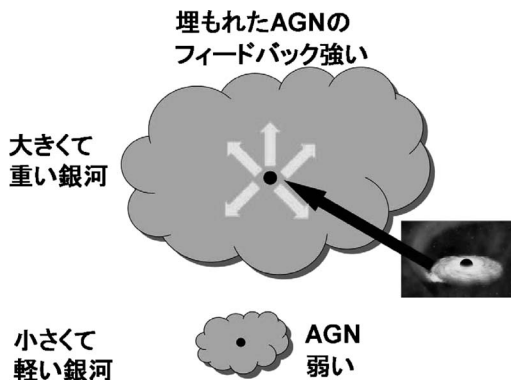


図8 大きくて重い銀河ほど、埋もれたAGNからのフィードバックが強いことを示す模式図。

AGNの数密度がピークを示す赤方偏移1-4付近の赤外線銀河の直接的な観測的研究であろう。「スピッツァー」を用いた、赤方偏移が1を超える赤外線銀河の分光観測も一部行われているが、波長 $24\mu\text{m}$ で非常に明るい(数百 μJy 以上)天体のみに限定されている²¹⁾。結果は、埋もれたAGNが非常に高い割合で検出されており、近傍に比べて遠方宇宙ではAGNのエネルギー的重要度が非常に高くなっているのかもしれない。しかし、AGNはエネルギー生成率が高く(6-40% $\cdot\text{Mc}^2$; Mは超巨大ブラックホールに降着する物質の質量、cは光速²²⁾)、数百Kの高温の塵を大量に作り出し、静止波長5-10 μm の中間赤外線で明るく輝く。それが赤方偏移の結果、波長 $24\mu\text{m}$ 付近に来る。つまり、赤方偏移1より向こうの、波長 $24\mu\text{m}$ で明るい天体は、埋もれたAGNに非常に強いバイアスがかかっているのかもしれない。

本当に重要なのは、宇宙赤外線背景放射を支配している、赤方偏移1より遠方の、一般の赤外線銀河の総合的理解である。それには、波長 $24\mu\text{m}$ でもっと暗い、一般の赤外線銀河の系統的観測が必要である。そして、本記事で述べた静止波長3-25 μm の赤外線に基づくエネルギー源診断法をこれらの遠方天体に適用するには、波長6-150 μm の赤外線での低分散分光機能が必要である。日本の次期赤外線天文衛星SPICA²³⁾は、感度の点で

も、波長カバーの点でも、これらの要求を満たしており、本研究を赤方偏移 1-4 の赤外線銀河に拡張することを初めて可能にする。宇宙論的に重要なこれら遠方の赤外線銀河を系統的に分光観測することにより、宇宙の塵に隠された側での銀河と超巨大ブラックホールの共進化、および、両者の相互作用、銀河のダウンサイジングの起源といった重要な問題に、明確な観測的回答を与えることができるに違いない。

謝 辞

本研究成果の基になった高品質の観測データの取得は、「あかり」赤外線天文衛星、および、IRC装置チームの不断の努力によって初めて可能になったものです。「あかり」衛星を用いた本研究は、以下の方々との共同研究によるものです。中川貴雄、大山陽一、白旗麻衣、和田武彦（以上、宇宙航空研究開発機構）、尾中 敬（東京大学）、大井 渚（総合研究大学院大学）。

参考文献

- 1) Sanders D. B., Mirabel I. F., 1996, ARA&A 34, 749
- 2) Hopkins P. F., et al., 2006, ApJS 163, 1
- 3) Soifer B. T., et al., 1987, ApJ 320, 238
- 4) Soifer B. T., Neugebauer G., 1991, AJ 101, 354
- 5) Le Floc'h E., et al., 2005, ApJ 632, 169
- 6) Caputi K. I., et al., 2007, ApJ 660, 97
- 7) 今西昌俊, 2005, 天文月報 98, 399
- 8) Imanishi M., et al., 2006, ApJ 637, 114
- 9) Imanishi M., et al., 2007, ApJS 171, 72
- 10) Imanishi M., Dudley C.C., 2000, ApJ, 545 701

- 11) Imanishi M., Maloney P. R., 2003, ApJ 588, 165
- 12) 今西昌俊, 2008, 天文月報 101, 202
- 13) Kim D., -C., Sanders D. B., 1998, ApJS 119, 41
- 14) Imanishi M., et al., 2008, PASJ 60, S489
- 15) Imanishi M., 2009, ApJ 694, 751
- 16) Cowie L. L., et al., 1996, AJ 112, 839
- 17) Bundy K., et al., 2005, ApJ 625, 621
- 18) Granato G. L., et al., 2004, ApJ 600, 580
- 19) Sijacki D., et al. 2007, MNRAS 380, 877
- 20) Kauffmann G., et al., 2003, MNRAS 341, 54
- 21) Dasyra K., M., et al., 2009, ApJ 701, 1123
- 22) Thorne K. S., 1974, ApJ 191, 507
- 23) <http://www.ir.isas.jaxa.jp/SPICA/index.html>

Luminous Buried AGNs in Ultraluminous Galaxies and the Origin of Galaxy Downsizing

Masatoshi IMANISHI

*Division of Optical and Infrared Astronomy,
National Astronomical Observatory, 2-21-1
Osawa, Mitaka, Tokyo 181-8588 Japan*

Abstract: We report the results of systematic infrared 2.5–5 micrometer low-resolution spectroscopy of nearby ultraluminous infrared galaxies at $z < 0.3$, using IRC onboard the AKARI satellite. We combined these AKARI spectra with those obtained with the Spitzer infrared satellite, and found that the energetic importance of buried AGNs systematically increases with increasing galaxy infrared luminosity, suggesting that the AGN-starburst connections are luminosity dependent. Our result may be related to the stronger past AGN feedback scenario in currently more massive galaxy systems, as the origin of the galaxy downsizing phenomenon.