

「あかり」近赤外分光で探る星形成銀河の PAH3.3 μ m放射

名古屋大学大学院理学研究科 Uir 研

M1 山田梨加

概要

本研究では、3.3 μ m での多環芳香族炭化水素(PAH)の光度と赤外線光度の関係を調べるため、「あかり」中間赤外全天点源カタログから選んだ 79 個の中間赤外超過銀河の「あかり」近赤外分光観測を行い、2.5-5 μ m のスペクトルを得た。解析の結果、47 個の銀河から 3.3 μ m の PAH 放射を検出した。これらから活動銀河核の支配的な銀河を除いて、PAH 光度と赤外線光度を比較すると、PAH 光度は赤外線光度とよく相関し、PAH と赤外線光度の比はだいたい 10^{-3} となることがわかった。しかし、Imanishi et al. (2008, 2010)の高光度赤外線銀河と超高光度赤外線銀河を加えると、赤外線光度が $10^{12}L_{\odot}$ 以上で PAH 光度が相対的に小さくなることが分かった。この原因について Br α の輝線放射やダスト温度、質量を用いて議論する。

1. イントロダクション

正確な星形成率を求めることは、星形成の発展を明らかにするために重要である。星形成銀河は豊富なダストを持ち、ダストは OB 星が放射する紫外線を吸収し赤外線で再放射するため、赤外線光度は星形成率を求める有効な手段としてよく使われる。しかし、赤外線光度には AGN の放射成分が混入することがあり、そのために星形成率は過剰に見積もられてしまうと考えられる。一方、多環芳香族炭化水素(PAH)は遍在性があるが、活動銀河核の硬い放射によって壊されるため、純粋な星形成の指標になると考えられる。

PAH は OB 星の紫外線が当たることで、3.3, 6.2, 7.7, 8.6, 11.3 μ m で放射すると知られている。特に 3.3 μ m の放射は、図 1 のような熱容量が小さい PAH による放射であり、紫外線で簡単に高温になり放射すると考えられるため、他の長い波長帯より放射環境をよく反映するのではないかと期待される。

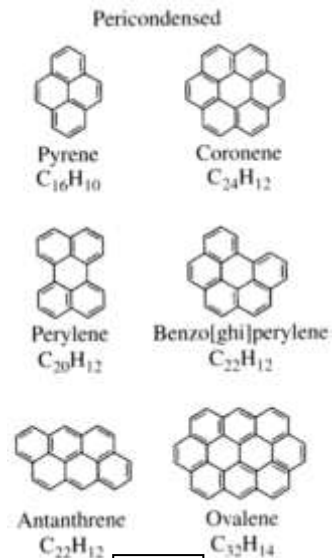


図 1

2. 観測

ターゲットは「あかり」という赤外線天文衛星による中間赤外全天点源カタログから、

$$\frac{\text{flux}(9,18\mu\text{m})}{\text{flux}(2.2\mu\text{m})} > 2$$

という基準で選んだ。これにより中間赤外が超過している特殊なソースを選ぶことができ、これらを「あかり」で近赤外分光を行い79個の銀河のスペクトルを得た。

3. 分光結果

3.1 スペクトルの様子

星形成活動を行っているかどうかは、PAH放射 featureの有無で判別できる。これにより47個の星形成がある銀河(PAH放射あり)と32個のAGN(PAH放射なし)に分けることができる。さらに47個中にもAGNの影響が強いものが見られるため、PAHの等価幅と連続光の傾きの大きさによって、35個の純粋な星形成銀河(図2)と、12個のAGNを含む銀河(図3)に分けた (Moorwood 1986; Imanishi & Dudley 2000; Imanishi et al.(2010)).

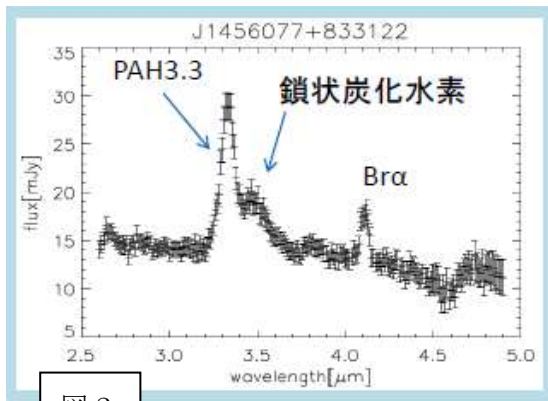


図 2

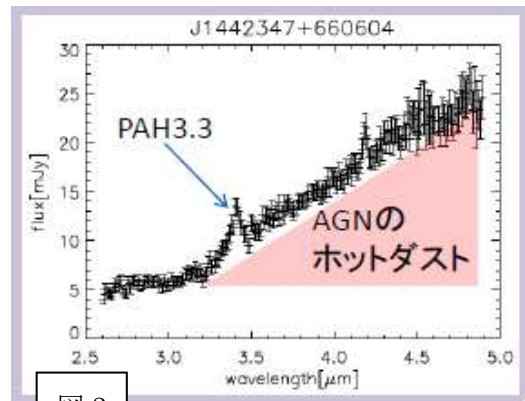


図 3

3.2 PAH光度と赤外線光度の比較

星形成銀河のスペクトルからフィッティングして求めたPAH光度と、IRASの4バンドのフラックスから求めた赤外線光度を比較すると、図4のようによい相関関係が得られた。PAH光度は星形成をよくあらわしていると考えられる。しかし、ここに我々のデータより明るいImanishi et al.(2008、2010)の高光度赤外線銀河(LIRG)と超高光度赤外線銀河(ULIRG)を加えると高赤外光度($10^{12}L_{\odot}$ 以上)では、PAH光度が想定的に弱くなることが確認された(図5)。この原因を考察していく。

- (× :星形成銀河 ($z=0.1-0.01$))
- : Imanishi et al.(2010)の LIRGs
- △: Imanishi et al.(2010)の ULIRGs)

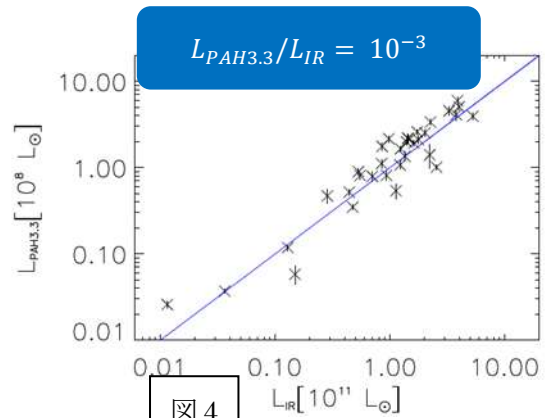


図 4

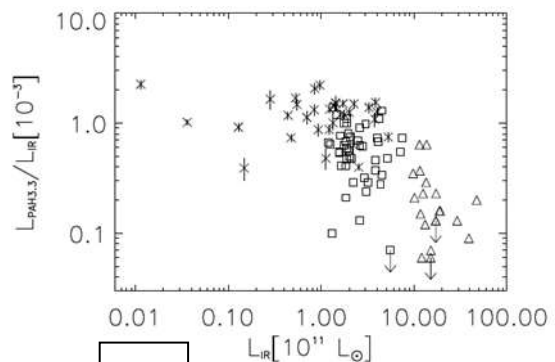


図 5

4. 議論—PAH 光度が高赤外線光度で相対的に下がる原因

4.1 ダストによる減光の影響

もし星形成領域が **obscured** であるならダストによる PAH 放射の吸収は無視できず、この時 $\text{Br } \alpha$ の放射も波長が近いので PAH 放射と同じように吸収を受ける。図 6 の赤外光度 vs $\text{Br}/$ 赤外光度の plot を図 5 の赤外光度 vs PAH 光度/赤外線光度の plot と比較してみると $\text{Br } \alpha$ の比の減少の割合ははかり小さいことがわかり、減光の影響は小さいといえる。

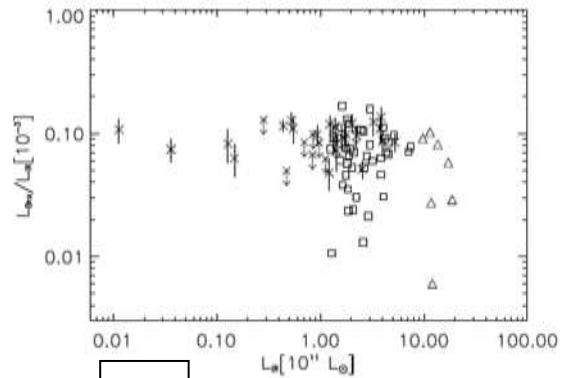


図 6

4.2 強い放射場による PAH の破壊

図からダスト温度に対して、PAH と赤外線光度比が変化していないことが読み取れる。ダスト温度は放射場の強さを表すといえるため、図から強い放射場による PAH の破壊が、赤外線放射に対する弱い PAH 光度の放射の原因ではないと考えられる。

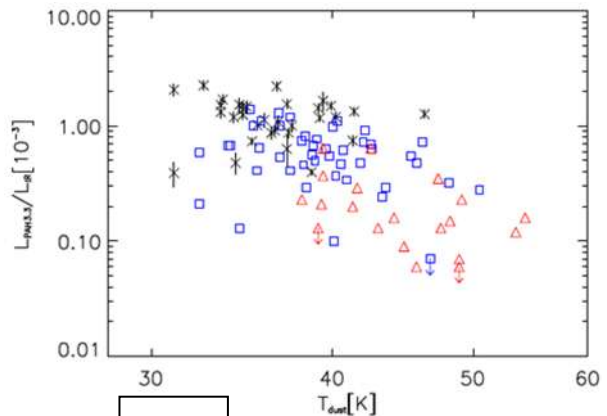


図 7

4.3 PAH のもとからの存在量が小さい

図 8 のようにダスト質量に対して PAH 光度/赤外線光度を plot すると、ダスト質量に依存し、とくにダスト質量が大きい ULIRGs で PAH 光度/赤外線光度が小さくなるのが分かった。よって、PAH 放射が赤外線放射に対し相対的に弱くなる原因は、ダスト量に対する PAH の存在量が小さくなるためであると考えられる。

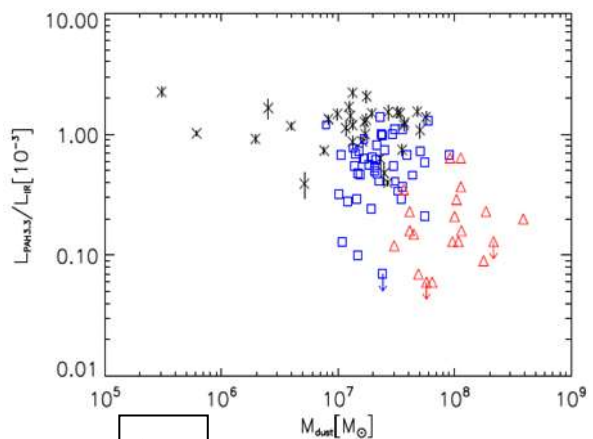


図 8

4.4 なぜ ULIRG では PAH の存在量が少ないのか？

図 9 のように PAH と赤外光度の比を PAH 光度に対してプロットすると、きれいに銀河の種別ごとに分布がわかる。それぞれの銀河の種別で相関係数と傾きを求めると、低高度である星形成銀河では PAH 光度/赤外光度比は一定であるが、ULIRGs では PAH 光度に強く相関することが分かった。ULIRGs では、同じような赤外線光度でも、PAH の存在量が異なるということが読みとれる。この分布を説明するシナリオとして、銀河がマージする際、激しい衝撃などで一度 PAH が壊されていることが考えられる。このとき、後に大量のダストを獲得するためにダストは壊されず残ると推測される。星形成が始まると大質量の星から次々にダストがつくれ、赤外線光度が増加する。一方 PAH は、中間質量星が炭素星となるような 1 Gyr というダスト生成がつくれるより長い時間スケールで、生成され増加すると考えられる。実際に、ULIRG は合体銀河が多く、starburst 年齢は数 100Myr とされており、推測と矛盾しない。

	相関係数	N
星形成銀河	0.19	33
LIRG	0.59	44
ULIRG	0.71	18

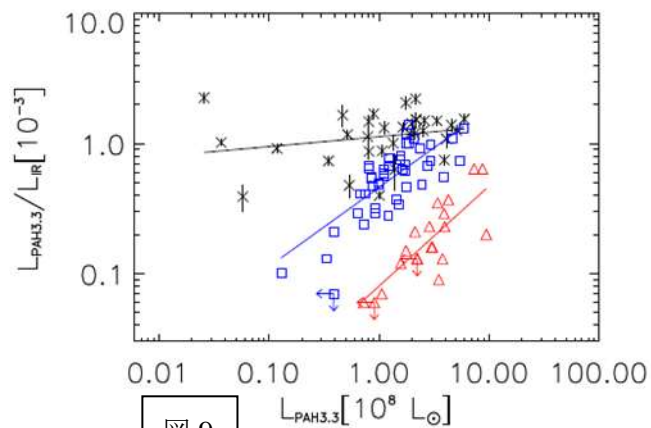


図 9