

氏名・(本籍)	も　　り　　ひで　　あき 毛　　利　　英　　明
学位の種類	博　　士(理　　学)
学位記番号	理　第　1　0　0　3　号
学位授与年月日	平　成　5　年　1　月　27　日
学位授与の要件	学位規則第4条第2項該当
最　終　学　歴	昭和63年3月 京都大学大学院理学研究科 (修士課程)物理学専攻修了
学位論文題目	Origin of Far-Infrared Emission in Seyfert and Starburst Galaxies (セイファート・スターバースト銀河における遠赤外放射の起源)
論文審査委員	(主査) 教　授　竹　内　　峯　　教　授　土　佐　　誠 教　授　関　　宗　　蔵

論　文　目　次

Abstract

1. Introduction
 2. The Sample and the Date
 3. A Linear Correlation between $S(1)/Br\gamma$ and $[OI]/H\alpha$
 4. Origin of FIR Emission in AGNs and SBNs
 5. A Relation between $S(1)$ and $3.28\mu m$ Emission in AGNs and SBNs
 6. Summary
- Appendices
- Acknowledgments
- Tables
- References
- Figures

論文内容要旨

セイファート銀河とスターバースト銀河における遠赤外放射の起源を、統計的手法により調べた。統計に用いたのは、 $25\mu\text{m}$ と $60\mu\text{m}$ との間のスペクトルの傾き ($\alpha(25, 60)$), $[\text{OI}]\lambda 6300$ 輝線と $\text{H}\alpha$ 輝線との強度比 ($[\text{OI}]/\text{H}\alpha$), $\text{H}_2 2.12\mu\text{m}$ 輝線 ($v=1-0$ S(1)遷移)と $\text{Br}\gamma$ 輝線との強度比 ($\text{S}(1)/\text{Br}\gamma$), そして $3.28\mu\text{m}$ 未同定バンドと $\text{Br}\gamma$ 輝線との強度比 ($3.28\mu\text{m}/\text{Br}\gamma$)である。ここで $[\text{OI}]/\text{H}\alpha$ は、セイファート銀河とスターバースト銀河とを、効果的に分別する観測量として知られている。即ち、セイファート銀河における $[\text{OI}]/\text{H}\alpha$ は、スターバースト銀河における $[\text{OI}]/\text{H}\alpha$ に比べ、非常に大きな値をとる。

まず、 $\text{S}(1)/\text{Br}\gamma$ と $[\text{OI}]/\text{H}\alpha$ との間に、線形の相関関係があることを示した。 $[\text{OI}]/\text{H}\alpha$ の場合と同様、 $\text{S}(1)/\text{Br}\gamma$ は、セイファート銀河において、スターバースト銀河よりも大きな値をとる。従って、 $\text{S}(1)$ 輝線を用いても、セイファート銀河とスターバースト銀河を区別することができるということになる。 $\text{S}(1)-[\text{OI}]$ 輝線の励起機構を議論した。セイファート銀河では、X線による分子雲の加熱が、 $\text{S}(1)$ 輝線の励起機構として、最も確からしい。一方、スターバースト銀河では、 $\text{S}(1)$ 輝線は、衝撃波により、励起されていると考えられる。

次に、 $\alpha(25, 60)$ を $[\text{OI}]/\text{H}\alpha$ 及び $\text{S}(1)/\text{Br}\gamma$ と比較した。スターバースト銀河では、 $\alpha(25, 60)$ とこれらの輝線強度比との間に、相関関係が見出された。これらの相関を説明するために、以下の励起機構を採用する。(1) $25\mu\text{m}$ emissionは、 $\text{Ly}\alpha$ 及びionizing photonsにより暖められた、電離領域内のダストが放射する。(2) $60\mu\text{m}$ emissionは、non-ionizing photonsにより暖められた、分子雲内のダストが放射する。(3) $[\text{OI}]$ と $\text{S}(1)$ 輝線のエネルギー源は、超新星(爆発)である。ここで、non-ionizing photonsを生成するのが、 $5M_{\odot}$ 以上の量(これらは、最終的に、超新星へと進化する)であるのに対し、ionizing photonsは $20M_{\odot}$ 以上の星が生成する。従って、 $20M_{\odot}$ 未満の星の数が、 $20M_{\odot}$ 以上の星の数に比べて増加すると、 $60\mu\text{m}$ emissionは $25\mu\text{m}$ emissionに比べて強くなり($\alpha(25, 60)$ は小さくなり)、 $[\text{OI}]/\text{H}\alpha$ と $\text{S}(1)/\text{Br}\gamma$ は大きくなる。このように、 $\alpha(25, 60)-[\text{OI}]/\text{H}\alpha$ 相関と、 $\alpha(25, 60)-\text{S}(1)/\text{Br}\gamma$ 相関は、重い星($\geq 20M_{\odot}$)の相対的な量をパラメータとする系列と、理解することができる。

一方、セイファート銀河は、 $\alpha(25, 60)-[\text{OI}]/\text{H}\alpha$ 図及び $\alpha(25, 60)-\text{S}(1)/\text{Br}\gamma$ 図の広い範囲に分布する。このうち、星生成領域をあわせ持つセイファート銀河は、 $60\mu\text{m}$ emissionが $25\mu\text{m}$ emissionに比べて強く、スターバースト銀河について得られた相関に従う。よって、セイファート銀河における遠赤外線は、セイファート核本体からの非熱的成分と、星により暖められたダストからの熱的成分の、2成分からなると結論できる。ここで、熱的・非熱的成分の強度比は、銀河ごとに異なると考えられる。また、いくつかのセイファート銀河における $\alpha(25, 60)$ の値が、スターバースト銀河のものよりも、小さくなっていることがわかった。このことは、これらのセイファート銀河は、通常スターバースト銀河に比べて、 $20M_{\odot}$ 以上の星が少なくなっていることを意味し、スターバースト銀河とセイファート銀河における星生成のあり

かたが異っていることを示唆する。

最後に、 $3.28\ \mu\text{m}/\text{Br}\ \gamma$ と $\text{S}(1)/\text{Br}\ \gamma$ を比較した。スターバースト銀河においては、これらの強度比の間に、相関関係が見出された。 $3.28\ \mu\text{m}$ 未同定バンドは、若い星からの、non-ionizing UV photonsにより励起されるから、 $\text{S}(1)-3.28\ \mu\text{m}$ 相関は、 $\alpha(25, 60) - \text{S}(1)/\text{Br}\ \gamma$ 相関と同じシナリオで説明できる。星生成を活発に行っているセイファート銀河も同じ相関に乗るが、他のセイファート銀河では、 $3.28\ \mu\text{m}$ 未同定バンドが、 $\text{S}(1)$ 輝線に比べ弱くなる傾向を示す。このことは、セイファート核からのX線によって、 $\text{S}(1)$ 輝線が励起される一方、 $3.28\ \mu\text{m}$ 未同定バンドを放射する巨大分子が壊されていると考えれば、説明できる。つまり、強度比 $3.28\ \mu\text{m}/\text{S}(1)$ によって、各々のセイファート銀河における、星生成領域とセイファート核の、相対的な重要性を調べることができる。

論文審査の結果の要旨

本論文は、近年学界で注目されているセイファート・スターバースト銀河について、それらから放射されている波長 $60\ \mu\text{m}$ 、 $25\ \mu\text{m}$ 等の遠赤外放射の性質を、水素のバルマー α 線、ブラケット γ 線、水素分子のS(1)線、酸素の禁制線等のスペクトル線の放射強度についての観測結果と比較検討することによって、研究したものである。

著者はまず、酸素禁制線と水素分子の線をそれぞれ波長の近い中性水素の線と比較することにより、水素分子のS(1)線とブラケット γ 線の強度比が、スターバースト銀河の星間空間の電離状態について有用な情報を与えることを示した。また、これらの線の起源が星間衝撃波であることが明らかにした。

ついで、波長が $25\ \mu\text{m}$ の遠赤外放射が極端紫外線で照射された宇宙塵によるものであり、波長 $60\ \mu\text{m}$ のそれは分子雲中の宇宙塵によるものであることから、これらの放射の強度の比の示す性質より、スターバースト銀河では質量が太陽の20倍を超す恒星が相対的に多数存在することを確かめた。これに対して活動的中心核の観測される銀河の遠赤外放射は、このような大質量星に起因する遠赤外放射と非熱的起源の赤外放射が混在しているものであることが確かめられた。

遠赤外放射の性質と星間空間の電離状態の性質との比較の結果は、スターバースト銀河は、豊富に大質量星を含む状態から次第に大質量星の少ない状態へと移行し、スターバースト銀河は、豊富に大質量星を含む状態から次第に大質量星の少ない状態へと移行し、スターバーストを示さないが活動的な中心核の観測される銀河へと、連続的に移行するという説を裏付けるものであった。この関係は、観測結果から銀河中心部の状態を推定するうえで、きわめて有用なものである。

以上の結果は、恒星と星間塵との相互関係についてのこれまでの観測結果を詳しく吟味することに得られた新しい結果であり、今後のスターバースト銀河と活動的銀河核の研究について貴重な成果といえるものである。

この論文の内容は以上のように、著者が自立して研究活動を行うに必要な高度の研究能力と学識を有することを示している。よって毛利英明提出の論文は博士（理学）の学位論文として合格と認める。