

論文審査の結果の要旨

氏名 ベル アーロン クリストファー

本論文は、マイクロ波帯の全天サーベイにより 10—50GHz の周波数帯に発見された放射超過 (AME : Anomalous Microwave Emission) の原因物質が PAH (多環芳香族炭化水素) であるという仮説を、赤外線天文衛星「あかり」を始めとする赤外線・マイクロ波帯の全天サーベイデータを用いて統計的に調べたものである。

本論文は 5 章からなる。第 1 章は序章であり、本論文の背景や研究動機などが簡潔にまとめられている。赤外線・マイクロ波帯における宇宙背景放射の観測の進展にともない、AME が星間空間に普遍的に見られることが明らかになったが、その原因物質と発生機構はまだ明らかになっていない。AME の天球上の空間分布は銀河系の星間ダスト分布と大まかな相関があることから、AME の原因物質は何らかのダストであり、また 1nm 程度の小さなサイズのダストが高速で回転すればちょうどこの周波数域に双極子放射を出すという理論予測から、回転するダスト粒子 (spinning dust) を成因とする仮説が広く研究されている。小さなダストとして現在知られているものは、炭素系の PAH および珪素系のナノシリケートであるため、この 2 つのどちらが AME の原因物質かが活発に議論されている。本研究は、AME と各種赤外線・マイクロ波帯放射の空間分布相関を包括的かつ統計的に調べ、PAH が AME の原因物質となりうるかを明らかにすることを目標としている。そのために、「あかり」が持つユニークな PAH フィルターによる全天サーベイデータを活用しているところに本研究の特色がある。AME 現象の理解は、未知の現象の解明としてはもちろんのこと、現在活発に進められているマイクロ波帯宇宙背景放射 (CMB) の研究にとっても極めて重要である。

第 2 章には、使用された全天サーベイデータとその処理方法が簡潔にまとめられている。とくに、宇宙背景放射観測衛星プランクの全天サーベイに基づく AME の空間分布マップの諸元および注意すべき点が強調されている。そして、本研究のキーとなる「あかり」の 9 ミクロンバンドおよび IRAS 衛星の 12 ミクロンバンドが PAH 輝線を特に多く含む波長域であることが述べられ、さらに「あかり」9 ミクロンバンドは過去のどの全天サーベイバンドと比較してもイオン化された PAH 放射バンドに感度があることが述べられている。本研究では、「あかり」データを自ら処理し、約 1 度角四方の分解能で AME マップと直接比較できるように整約したことが述べられている。

第 3 章は本論文の核心であり、特に強い AME を放射することで知られる λ Orionis 領域についての結果がまとめられている。O 型の中心星とその周囲に円環状に分布する星周物質を含む約 10 度四方の領域に対して、COBE、プランク、IRAS、そして「あかり」の 4 衛星のダスト放射に関係する全 13 バンド、ならびに AME の 2 成分の合計 15 マップの全ての組み合わせについて空間相関係数が求められている。その結果、PAH を含む「あかり」9 ミクロンバンドおよび IRAS12 ミクロンバンドが AME と最も強い相関を示すことが明らかになった。さらに、使われたデータが 10—1000 ミクロンの広範囲をカバーする

ことを活かし、最新のベイジアンアルゴリズムで SED フィットを試み、大きなダスト、中性 PAH、イオン化 PAH それぞれの質量を各空間ピクセル毎に見積もった。これら質量と（紫外線量で規格化した）AME 強度との空間相関を調べた結果、PAH 質量の方が大きなダストの質量より有意に強い相関を示すことが明らかになった。以上から、 λ Orionis 領域では、1) AME は大きなダストではなく PAH から放射されている可能性が高いことが明らかになり、2) さらに spinning dust 仮説と符合するイオン化された PAH から放射されている可能性が示された。

第 4 章では、同様の相関解析を全天に拡張した結果がまとめられている。点源や黄道光の影響が強い領域、および S/N 比の不十分な領域等を除いた全天中の 7% 程度の領域について同様の相関を調べた結果、「あかり」の遠赤外線バンド（140、160 ミクロン）やプランクの 2 バンドは AME と強い相関を示したが、PAH の 2 バンドについては概ねよい相関があるものの最も強い相関を示すわけではないことが明らかになった。全天データを 1 度角という“粗い”分解能で見ると多数の不定性や系統誤差が入り込むため、データの扱いと解釈に様々な困難が生じることが議論されている。そして、3、4 章の 2 つのケースの比較から、AME の起源を明らかにするためには、ローカルな領域をより高い空間分解能で丁寧に調べていくことが必要であると結論している。

第 5 章は論文のまとめである。

本論文で議論されている AME の起源は、星間物質の研究のみならず CMB の研究においても極めて重要な研究対象であり、「あかり」の特徴あるバンドでの全天サーベイデータを活かし、ローカルな領域から全天までの広いスケールに亘る空間相関を包括的にかつ丁寧に調べた本研究の学術的価値は高い。とくに、他のグループがナノシリケートを強く打ち出している状況において、PAH を支持する明確なカウンターエビデンスを出した本研究は高く評価できる。

なお、本研究は尾中敬、土井靖生、左近樹、臼井文彦、石原大助、金田英宏、Giard, M.、Wu, R.、大澤亮、森珠実、Hammonds, M.、Lee, H.-G.、Galliano, F.、大坪貴文との共同研究であるが、論文提出者が主体となって行ったもので、論文提出者の寄与が十分であると判断する。

したがって、博士（理学）の学位を授与できると認める。