

論文審査の結果の要旨

氏名 梅畑 豪紀

ダストに隠された爆発的星形成銀河であるサブミリ波銀河 (SMG) は、楕円銀河の祖先として、さらには超大質量ブラックホール (SMBH) の形成現場として重要な遠方銀河種族と考えられているが、その性質や進化にはまだ不明な点が多い。本研究は、赤方偏移 3.1 の原始銀河団領域にある SMG をサブミリ波望遠鏡 ASTE と同干涉計 ALMA を用いてかつてない規模で探査し、SMG がどのような環境で生まれるかという重要な未解決問題に取り組んだものである。

本論文は 7 章と付録からなる。第一章では研究の背景と目的が述べられている。まず SMG の特徴が概観され、SMG の確実な同定には ALMA による高解像度の観測が不可欠であることが述べられている。続いて、SMG は銀河密度の高い環境で形成されるとする観測がある一方で、必ずしもそうではないとする観測もあり、環境依存性について明確な結論が出ていない旨が述べられている。これを受けて、本研究の目標は、遠方宇宙で知られている最大の密度超過領域である SSA22 原始銀河団 ($z=3.1$) を ASTE と ALMA で観測して、SMG と環境の関係を明らかにすることであると述べている。

第二章は観測とデータ解析について書かれている。まず ASTE 搭載のボロメータカメラ AzTEC で得られた、SSA22 原始銀河団の直径 50 角度分の天域の波長 1.1mm の撮像データを解析し、125 個のサブミリ波天体を検出している。ただし ASTE の観測は解像度が 30 秒角と低い。そこで次の段階として、申請者が筆頭観測者となって、うち 45 個を ALMA のバンド 6 (波長 1.1mm) で追観測している。0.6 秒角という高い解像度のおかげで、計 64 個の SMG が同定された。45 個より多いのは、ASTE では 1 つの銀河に見えたが、実は複数の銀河に分かれているものがあるからである。本観測は ALMA による SMG サーベイの中で 2 番目に大きく、原始銀河団天域を対象としたものでは最大である (ただし各 SMG が原始銀河団に三次元的に含まれているかどうかを判断するには、後述の赤方偏移の情報が必要である)。

第三章から第六章では、このサンプルと、ECDF-S 領域という一般領域の同等規模のサンプルを組み合わせて、環境に関するさまざまな考察がなされている。まず第三章では、SMG の銀河計数を SSA22 と ECDF-S とで比較し、前者で計数が大きい傾向があることから、SMG が原始銀河団領域により多く存在する可能性を指摘している。他の波長を用いた SMG の同定成績についても考察し、確実な同定には ALMA による観測が必要であることを強調している。

第四章では、可視から近赤外の多波長測光データを用いて、SMG の測光的赤方偏移と星質量を推定している。環境依存性を調べるには SMG の赤方偏移を知る必要があるが、分光で測れるほど可視や近赤外で明るいものはごく少ない。測光的赤方偏移はほぼすべての SMG で求めることができ、本研究で重要な役割を果たしている。

第五章では、X 線衛星 Chandra の公開データを用いて、活動銀河核 (AGN) を持つ SMG、すなわち成長中の SMBH を持つ SMG を同定している。5 個が同定され、それらはすべて原始銀河団内にあることが示されている。

以上の結果を受けて第六章では、SMG と AGN の数密度をライマン α 輝線銀河の数密度の関数としてプロットして、SMG と SMBH の成長が周囲の環境 (銀河数の面密度) にどう依存するかを調べ、以下の 3 つの主な結果を得ている。ただしここでは、ライマン α 輝線銀河の分布が銀河一般の分布をよく表しているという妥当な仮定を置いている。第一に、SMG は高密度環境に選択的に存在する。ライマン α 輝線銀河の数密度が高い場所では、それを上回る比率で SMG の数密度が高いのである。第二に、SMG の星形成率や星質量は、銀河数密度に明確には依存しない。第三に、AGN を持つ SMG は銀河数密度への依存性がより強い。実際、AGN を持つ SMG は、原始銀河団の最も高密度の領域付近にかたまっている。これらの結果と、SMG の多くが衝突・合体の兆候を示すという結果に基づいて申請者は、SMG と SMBH 成長の環境依存性について次のようなシナリオを提案して、考察をまとめている。SMG として観測される爆発的星形成は銀河の衝突・合体によって引き起こされる。高密度環境では衝突・合体の頻度が高いため SMG の数も多い。銀河密度の最も高い領域で AGN が多いという結果も、同じ文脈で説明され得る。一方で、SMG になった後の進化は銀河個々の性質で決まるため、星形成率や星質量は環境に依存しない。第七章は論文全体のまとめである。

以上のように本研究は、原始銀河団領域において過去最大の SMG サンプルを構築し、SMG が高密度環境に選択的に存在することを明確に示すとともに、観測された環境依存性を整合的に説明し得る SMG 形成シナリオを提示している。SMG 形成への環境の役割を明らかにする上で、重要な位置づけとなる研究である。本研究は河野孝太郎、田村陽一ら 26 名との共同研究であるが、論文提出者が主体となって行なったものであり、その寄与は十分高い。よって博士 (理学) の学位を授与できるものと認める。