

論文審査の結果の要旨

氏名 小島崇史

本論文は、宇宙初期の銀河形成過程を念頭に、宇宙初期と同様の環境にある近傍の極低金属量銀河の観測的研究についてまとめたものである。論文は全体で11章からなる。第1章の研究の背景および第2章の理論的背景の記述に引き続き、用いた観測装置(すばる、Keck、Magellan)の概要が第3章で、また、用いた観測データが第4章で紹介されている。第5章では機械学習による天体選別方法が述べられ、第6章で、それを応用してすばるのHSCのデータおよびSDSSの公開データから極低金属量銀河の候補を実際に選別している。第7章ではそれらの候補に対して行った分光観測が、また、第8章および第9章ではそのデータ処理と解析がそれぞれ詳しく記述されている。第10章では得られた結果をまとめ、第11章で結論を述べている。

金属量(炭素よりも重い元素の存在量)が極端に低い銀河(極低金属量銀河:EMPG)は、宇宙初期の状態を保持していると考えられることから、これまでも注目されてきたが、天体数を増やしそれらの性質を詳しく調べていくことは銀河の形成と進化の研究において重要な課題である。しかし、膨大な数の銀河の測光データから、極低金属量銀河を系統的に見つけ出すことは非常に困難であった。本論文では、データベースとして「すばる」のHSCによるサーベイデータとSDSSのデータを用い、機械学習(ニューラルネットワーク)を用いた選択手法を開発して適用した。その結果、HSCデータとSDSSデータで、それぞれ約6000万個および3000万個の中から27個と86個の極低金属量銀河の候補を抜き出すことができた。これらの候補の中から10個を選んでMagellan, Keck, 「すばる」で分光観測を行ったところ、これらの天体はいずれも近傍にあり、 $H\beta$ の等価幅、質量、高い星形成率の観点から $z>6$ にある初期銀河と類似の性質をもつことがわかった。また、10天体中3天体は金属量が太陽の1/10以下であり、真に極低金属量銀河と同定された。さらに、そのうちの1つの天体は金属量が太陽の0.019倍であり、これまで見つかった銀河の中で最低クラスの金属量であった。

検出した極低金属量銀河の個数密度は低く(10^{-4} - 10^{-5} Mpc $^{-3}$)、また比較的孤立した環境にあることが示された。元素比に着目すると、第一次元素合成の兆候である低いN/O比を示すことから、低金属量環境における星形成が起こっていることが確認された。また、2つの極低金属量銀河では銀河系の星における値よりも高いFe/O比が観測され、これが300太陽質量以上の超大質量星の超新星爆発に由来する可能性を指摘している。さらに、水素の電離ポテンシャルである13.6 eVよりも高エネルギーの光子の量に敏感な[HeII]、[OIII]、[ArIV]

等の輝線強度を解析して、これらの電離光子源として低金属量の AGN や 300 太陽質量を超える超大質量星の可能性を提示した。そのうち、極低金属量銀河との関連で、特に後者の可能性が高いと結論している。

以上のように、本論文は、膨大な銀河データベースの中から機械学習を活用して効率よく低金属量銀河の候補を選び出す手法を開拓し、実際に検出に成功した。それらの分光観測結果から、低金属量銀河の特性を浮かび上がらせることに成功した。これは宇宙初期の銀河進化の理解にも資するもので高い学術的意義がある。

本論文は、指導教員である大内正己教授ほか多数の観測プロジェクト共同研究者との共同研究であるが、論文提出者が主体となって着想し実行したものであり、本人の寄与は十分と判断する。

したがって、博士（理学）の学位を授与できると認める。