

論文審査の結果の要旨

氏名 村島 未生

本論文は、惑星状星雲の中心星の周囲に存在する高温プラズマガスの X 線衛星による観測的研究を系統的に行い、その組成を解明したものである。この高温プラズマガスは、惑星状星雲に進む進化段階で、中心星が高温に進化するとともに高速の星風が生じ、形成されると考えられている。従って、このガスの組成比は、中質量星の進化の最終段階における元素合成の結果を示すものと考えられる。本論文は、元素合成の理論との定量的な比較を初めて可能にする重要な観測結果を得た研究である。

論文は 8 つの章と 2 つの Appendix から成る。

第一章では、本論文の目的が簡潔にまとめられている。

第二章では、天体における元素合成の過程がレビューされ、引き続き、惑星状星雲における高温プラズマガスのモデルと元素合成過程が詳細に記述され、X 線観測を含む、現在までの研究が要領よくまとめられている。

第三章は、本研究で用いた 3 つの X 線衛星とその観測装置が説明されている。特に「すざく」に搭載されている XIS (X 線撮像分光装置) は、Chandra 衛星および XMM-Newton 衛星の CCD 観測装置と比較し、0.37keV の炭素の遷移線付近では高い検出感度と優れたエネルギー分解能を有し、0.37keV の炭素、0.50keV の窒素、及び 0.5-0.8keV の酸素の遷移線を分離できること、バックグラウンドが低く、安定している点が示されている。

第四章では、本研究に用いられた観測が詳細に記述されている。まず Chandra 及び XMM-Newton 衛星で観測された 21 個の惑星状星雲の公開データの解析を行い、14 個の惑星状星雲からの X 線の検出を確認した。この 14 個のうち、十分なフラックスを放射しているものとして 8 個の天体を抽出し、これらの天体の特徴がまとめられている。さらに、本研究の目的である中心星の周りに広がるプラズマガスからの X 線が検出されているかを確認するために、その空間分布を詳細に調べ、5 つから広がった X 線が放射されていることを明らかにした。次にこの中で一番強い X 線を放射している BD+30° 3639 について、「すざく」による装置評価期間 (PV) で行った観測の詳細が記述されている。

第五章は、本論文の中核をなす章で、Chandra 及び「すざく」の XIS による

BD+30° 3639 の観測データの解析結果がまとめられている。「すぎく」により得られたスペクトルは、0.3-1keV の領域で、炭素、酸素およびネオンの遷移線を明瞭に分解して検出することに成功した。また窒素の遷移線は弱く、分解されていないが、組成を見積もるには十分なスペクトルが得られている。性能評価期間の観測であることから、まず、装置のエネルギー尺度の較正、低エネルギー側の感度の時間変化の評価を綿密に行っている。次にプラズマ輝線の一温度モデルとの比較から、観測されたスペクトルが太陽組成のガスからの放射では説明できないこと、特に C/O、Ne/O は太陽組成より大きく、鉄が欠乏していることを示した。この結果について、2 温度モデル、水素柱密度あるいは He/H の影響、また感度の補正あるいはバックグラウンドの補正の不定性を慎重に考慮した解析を行い、いずれの効果も上記の結論に影響を与えないことを明瞭に示した。この結果、太陽組成と比較し、 $C/O=95^{+15}_{-20}$, $N/O=3.3^{+1.7}_{-2.3}$, $Ne/O = 5.5^{+1.8}_{-0.7}$ の結果を得、C/O が非常に大きいことを明らかにした。

第六章では、他の 7 個の惑星状星雲についての Chandra 衛星及び XMM-Newton 衛星による公開データの解析が記述されている。この結果、炭素・窒素・酸素の遷移線が分離できていないものの、広がった成分については、BD+30° 3639 と同様、大きな C/O が得られた。

第七章では、以上の結果について、惑星状星雲のモデルとの比較が議論されている。X 線で観測された高温プラズマガスは、紫外・可視・赤外で観測されるガスより中心星近傍に存在する。高温プラズマガスの組成は他波長で得られるガスとは異なることが示され、中質量星進化の最終段階での元素合成を反映していることが示唆される。元素合成のモデルとの比較が行われ、本研究の結果から、ヘリウム層の上層部が放出され、高温プラズマガスを形成している可能性を示唆した。

第八章では、上記の結果が簡潔にまとめられている。

以上のように本論文は、惑星状星雲の中心星近傍に存在する高温プラズマガスの組成を、X 線衛星観測を用いて系統的に解析したものである。特に「すぎく」衛星の装置性能評価期間の観測を用いて、BD+30° 3639 についてそのスペクトルを詳細に解析し、炭素・窒素・酸素の組成を初めて分離し、明確に導出した。この結果は、他波長の観測では得られないデータであり、星における元素合成理論との比較を可能にする重要な成果である。なお本論文は、牧島一夫、国分紀秀との共同研究であるが、論文提出者が主体となって、観測・データ整約・解析・議論を行っており、論文提出者の寄与が十分であると判断する。よって博士（理学）の学位を授与できるものと認める。