

もしも太陽が星の都で惑星状星雲になったら
～組成から見る惑星状星雲の形状について～

もし天2024 Nebulous班:
加賀屋 諒(高2)【渋谷教育学園幕張高等学校】、廣中 すみれ(高2)【北海道科学大学高等学校】、
木下 和奏(高2)【石川県立小松高等学校】、千本木 玲季(高3)【神奈川県立横浜緑ヶ丘高等学校】

1. 要旨

惑星状星雲の形状とガスを構成する元素の組成の関係を調べるために、惑星状星雲のHe/Hとlog(N/O)を算出した。惑星状星雲の扁平率との相関関係を求めた結果、log(N/O)と扁平率には負の相関があったため、CNOサイクルによる核融合反応が惑星状星雲の形状に関わっていると考えた。

2. 研究背景、目的

中小質量星がその生涯を終える際に質量放出現象を起こして形成される惑星状星雲には多様な形状がある。この形状の違いが生じる要因の解明が、中小質量星がどのような形の惑星状星雲を形成するかの予測につながると考えた。先行研究によると、元素存在量比が $He/H > 1/8$ 、 $log(N/O) > -3/10$ の惑星状星雲には双極型の天体が多いとされている[1]。このことから円形や楕円形の惑星状星雲とガスを構成する元素の組成には何らかの関係があるという仮説を立てた。

3. 研究方法

惑星状星雲のHe/Hとlog(N/O)(個数密度)を求め、独自に作成した惑星状星雲の扁平率との相関関係を求めた。仙台市天文台のひとみ望遠鏡による分光観測とアーカイブデータからスペクトル図を作成して輝線のフラックスのピークを求め、論文[2]から引用した式と値を用いて各元素の個数密度を求めた。個数密度から、ppチェインの指標としてHe/Hを、CNOサイクルの指標としてlog(N/O)を算出した。扁平率はDSS[3]から得た天体の画像をMakali'iを用いて目視で最も長い軸の輝度/ピクセル図を作成し、長軸を輝度が一定以上の範囲、短軸を長軸の垂直二等分線の輝度が一定以上の範囲として算出した。

4. 観測

仙台市天文台のひとみ望遠鏡を用いてスリット幅1.35"で分光観測を行った。NGC7027のみ分光観測データが得られ、アーカイブデータから10個の楕円形または円形の惑星状星雲のスペクトル図の、表1に示した輝線のデータを使用した。

表1. 使用した輝線の波長					
輝線	波長(Å)	輝線	波長(Å)	輝線	波長(Å)
[O II]	3726	He II	4686	[O III]	5007
Hγ	4340	Hβ	4861	Hα	6563
[O III]	4363	[O III]	4959	[N II]	6584

5. 結果

扁平率とHe/Hについては図1、扁平率とlog(N/O)については図2のようになった。なお、NGC7027に関しては観測値とアーカイブ値の双方を図中に示している。扁平率とHe/Hの間に相関関係は見られなかったが、log(N/O)との間には負の相関が見られた。図2から、log(N/O)が大きい惑星状星雲は扁平率が小さい傾向があることがわかる。

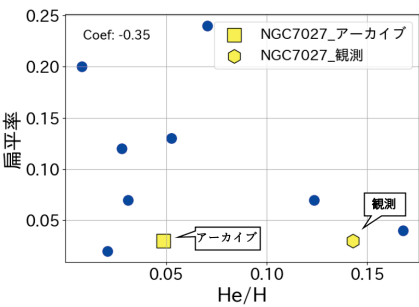


図1. He/Hと扁平率の関係

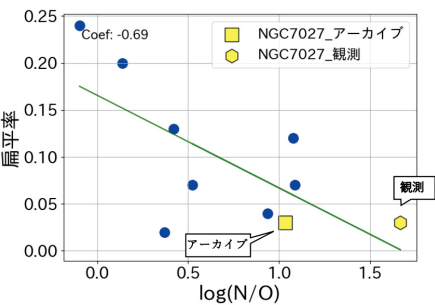


図2. log(N/O)と扁平率の関係

6. 考察、今後の展望

He/Hと扁平率の相関が見られなかったことから、ppチェインの核融合反応と形状には関係がないと考えられる。log(N/O)が大きい惑星状星雲は扁平率が小さい傾向があることから、CNOサイクルを盛んに行っていた質量の大きい恒星の質量放出現象によって形成される惑星状星雲は真円に近づく傾向があると分かった。そして、核融合反応の進み具合は星の質量と関係していることから、惑星状星雲の形状にはもとの恒星の質量が関係していると考えられる。よって、CNOサイクルによって変化する窒素、酸素の存在比を調べることで惑星状星雲の形状を予測することができる可能性があると考えられる。今後の展望として、惑星状星雲の中心星の特性や、惑星状星雲の立体構造、質量放出を起こす直前の恒星の組成など、惑星状星雲の組成以外の観点と形状の関係についても調査を進めることが挙げられる。

参考文献

[1] M. Peimbert & S. Torres-Peimbert. Proceedings of the Symposium, vol. 103. D. Reidel Publishing Co., 1983, p. 233-241
[2] K.B.Kwitter & R.B.C.Henry. 2001. Sulfur, Chlorine, & Argon Abundances in Planetary Nebulae. I: Observations and Abundances in a Northern Sample
[3] CDS, Strasbourg Observatory, France, Aladin Lite, <https://aladin.cds.unistra.fr/AladinLite/> (2024年12月27日閲覧)