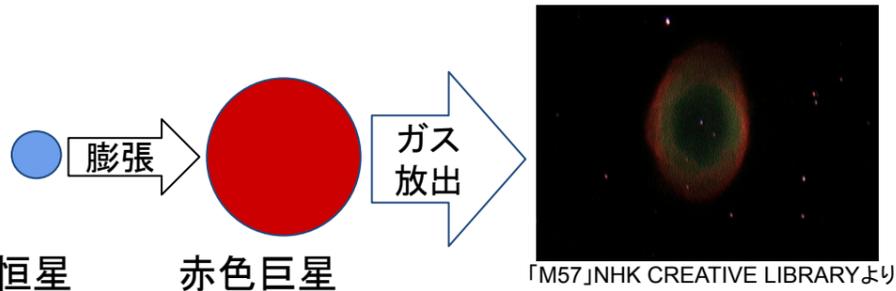


背景

惑星状星雲とは？

→中小質量星(太陽の0.5~8倍)が進化の最終段階で赤色巨星になり、重力で保てなかった外層が宇宙に噴き出し、残った中心の白色矮星の紫外線で電離することで光っている星雲。



M57は惑星状星雲になる前はどんな恒星だったかを現在のM57の情報から調べたいと考えた。

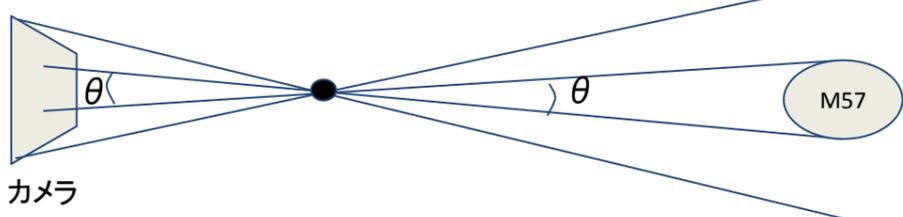
恒星の多くの要素(寿命・光度・表面温度等)は質量と相関を持つため、今年度は質量の推定を目標にした。

研究方法

今回我々は

- ①M57を撮像観測し視直径→実直径→体積を推定
- ②M57のスペクトルから組成比を調査
- ③体積と電子密度からM57内の電子の量を推定
- ④電子量と組成比から各原子の量を推定
- ⑤各原子の量とその原子の質量からM57の質量を計算

①M57を撮影し、視直径と距離から体積を推定する



長・短半径の視直径 $\theta = 2\arctan(\frac{\text{センサー上の長さ}}{2 \times \text{焦点距離}})$

D 天体の直径 (ly)
R 視直径 (rad)
 θ 天体までの距離 (ly)

$$D = 2R \tan \frac{\theta}{2}$$

計算した結果、長半径は0.45ly、は短半径は0.37ly
M57を楕円体とすると体積は $0.42ly^3$ であった。

②M57を分光観測し、物質組成比を調査する

学校の分光器で分光したところ...

→スペクトルが薄い

・長波長の領域のスペクトルが映りにくい



オープンデータベース M57のスペクトルを用いて計算した

③体積と電子密度からM57内の電子の量を推定

表1 カウント値の割合と放出される電子の比の合計

原子	HII	HeII	NII	OIII	NeIII	SIII	電子比計
カウント値の比	0.1762	0.01471	0.1134	0.6239	0.03067	0.04107	1.696
×放出される電子の個数	0.1762	0.01471	0.1134	1.248	0.06134	0.08214	

※カウント値の比=組成比

M57の電子密度は[S II]のスペクトル強度比の間の関係式を用いた。

$$N_e = 10^{-2} \sqrt{T_e} \left[\frac{(R_{[SII]} - 1.49)}{5.62 - 12.8R_{[SII]}} \right]$$

$$N_e = 718.7391972 \text{ cm}^{-3}$$

④組成比と電子数から各原子の数を推定

表2 M57に存在する原子の個数

HII	HeII	NII	OIII	NeIII	SIII
2.652	2.213	1.707	1.878	9.232	1.236
$\times 10^{55}$	$\times 10^{54}$	$\times 10^{55}$	$\times 10^{56}$	$\times 10^{54}$	$\times 10^{55}$

R_e ある電子の個数比

T_e 電子の個数比の合計

S_e M57の総電子数

$$\frac{R_e}{T_e} \times S_e$$

⑤原子数と原子の質量からM57の質量を推定

表2 M57に存在する原子の個数

HII	HeII	NII	OIII	NeIII	SIII
2.652	2.213	1.707	1.878	9.232	1.236
$\times 10^{55}$	$\times 10^{54}$	$\times 10^{55}$	$\times 10^{56}$	$\times 10^{54}$	$\times 10^{55}$

表2の値に原子1個あたりの質量を掛けて求めた値の総和が、M57の質量になる。

結果: 3.8太陽質量

考察

惑星状星雲形成時(恒星がガスを放出時)

核融合反応はほとんど起こらない
CNOサイクルによる質量欠損

→ ほぼ影響なし

まとめ

M57の質量はおおよそ3.8太陽質量

質量光度関係より、主系列星時の光度は

$$L = 3.8^{3.5} M_s = 1.1 \times 10^2 L_s$$

M_s 太陽質量

L_s 太陽光度

また、絶対等級は、-0.27

参考文献

- [1] 飯田美幸, 高野春菜. 太陽の進化~惑星状星雲~<https://drive.google.com/file/d/17Bdx1Yx4wiVdFRpJJP2Kamo4ZKo8YnG/view> (2025年1月20日閲覧) [2] Williams College. Detail for information NGC 6720 <https://apps.williams.edu/nebulae/spectra.php?neb=NGC%206720> (2025年1月19日閲覧) [3] B Samarakoon, Medagangoda, P Geekiyanage, J Adasuriya, S Gunasekara. "SPECTROSCOPIC DETERMINATION OF ELECTRON TEMPERATURE AND ELECTRON DENSITY OF PLANETARY NEBULAE" <http://192.248.104.6/bitstream/handle/345/4447/1-9.pdf?sequence=1&isAllowed=y> (2025年1月19日閲覧)
- [4] 天文学辞典(日本天文学会) 白色矮星 <https://astro-dic.jp/white-dwarf/> (2025年1月19日閲覧) [5] 天文学辞典(日本天文学会) 質量放出 <https://astro-dic.jp/stellar-mass-loss/> (2025年1月19日閲覧) [6] Strasbourg astronomical Data Center. "M57". SIMBAD Astronomical Database - Université de Strasbourg. May 2, 2010. <https://simbad.cds.unistra.fr/simbad/> (2025年1月20日閲覧)