

太陽の進化～惑星状星雲～

飯田美幸(高3)【茨城県立竹園高校】

1. 概要

私たちは恒星の一生について興味があり、太陽の進化を調べることにした。一般に質量が太陽の0.5～8.0倍程度の恒星は、進化の最終段階として惑星状星雲になるといわれているので、太陽は惑星状星雲になるとわかるが、実際の惑星状星の質量算出することによって、太陽の最終段階の考察・確認を行う。使用したデータは、2009年の「君が天文学者になる4日間 in 姫路」のときに取ったデータである。

2. 質量計算①

望遠鏡のピクセルスケール $0.82''/\text{pix}$ より、観測画像から Makali'i を使用して視直径 θ を測り、 $\theta = 35\text{pix} \times 0.82''/\text{pix} = (7.97 \times 10^{-3})^\circ$ となる。

地球から対象までの距離 1690 光年であり 1 光年 $9.46 \times 10^{17}\text{cm}$ なので

$$1690 \text{ 光年} \times 9.46 \times 10^{17}\text{cm} = 1.60 \times 10^{21}\text{cm}$$

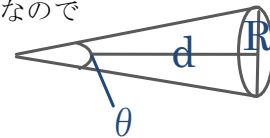
NGC6543 が球体だとすると、半径 $R = d \tan \frac{1}{2}\theta = 1.11 \times 10^{17}\text{cm}$

体積 $V = \frac{4}{3}\pi R^3 = \frac{4}{3}\pi \times (1.11 \times 10^{17})^3 = 5.74 \times 10^{51}\text{cm}^3$ となり、電子密度 $8.0 \times 10^3\text{cm}^{-3}$ とすると、

ここで、NGC6543 が水素だけで構成されていると仮定する。

水素原子の数 = 体積 × 電子密度 より質量求めると、質量は $7.62 \times 10^{31}\text{g}$ となる。

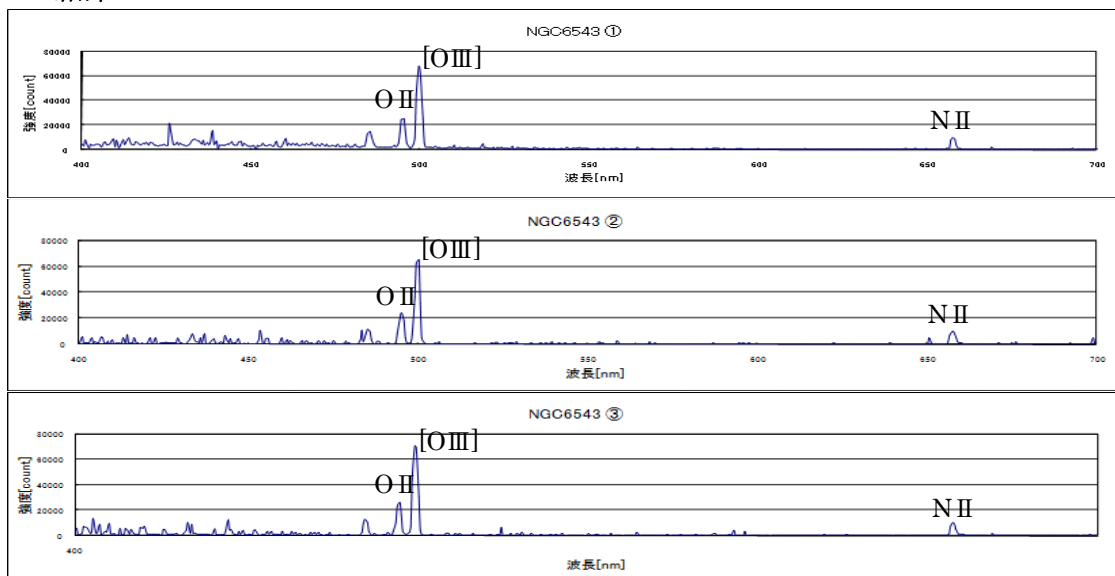
これを太陽と比較すると、 $\frac{\text{NGC6543}}{\text{太陽質量}} = \frac{7.62 \times 10^{31}}{1.99 \times 10^{33}} = 0.038$ (太陽質量) となった。



3. 考察①

これは惑星状星雲になるための条件を満たさない。そこで、水素だけでなく他の元素も含まれていると推測し、NGC6543 の元素組成を調べるために分光観測を行う必要があると考えた。

4. 結果



観測されたスペクトルから、H II、He I、He II、N II、O II、[O III] の輝線が確認された。

5. 質量計算②

カウント値の比（割合）を取ると

H II : He II : N II : [O III] : O II = 0.182 : 0.0276 : 0.0757 : 0.523 : 0.192 (H β 、H γ 、H δ の 3 つは 1 階電離状態だから H II にまとめる。)

これからそれぞれの原子から放出される電子の比（割合）をとり、その総計は 1.5233 となる。

質量計算①より電子数は密度×体積 = 4.59×10^{55} 個となるので、

H II : He II : N II : O II : [O III] = 0.548×10^{55} 個 : 0.0831×10^{55} 個 : 0.228×10^{55} 個
: 0.579×10^{55} 個 : 3.152×10^{55} 個

次に原子の個数を求める。

ここで、He I はカウント値と実際の個数の比を使うと

(He I の実際の個数) : (He II の実際の個数) = 28258 : 10794
= 0.218×10^{55} 個 : 0.0831×10^{55} 個

すべての原子の個数から質量を求めると

元素名	H II	He II	N II	[O III]	O II	He I
質量($\times 10^{30}$ g)	9.10	5.52	53.02	418.87	153.89	14.49

以上より、総質量は 0.655×10^{33} g となる。

$\frac{NGC6543}{\text{太陽質量}} = \frac{0.655 \times 10^{33}}{1.99 \times 10^{33}} = 0.330$ (太陽質量)

6. 考察②

水素だけで質量を見積もった時よりは大幅に質量が増えている。さらに、惑星状星雲は一般的に可視光では見えない分が周りに広がっていると考えられており、さらに中心に白色矮星があるので、それらの分の質量も考慮すると惑星状星雲になるための条件を満たすと考えられる。したがって、今回の計算は条件を満たしていないが、太陽程度の恒星は進化の最終段階で惑星状星雲になると考えられる。同様に太陽は惑星状星雲になると考察できる。

7. まとめ

分光観測から NGC6543 には水素以外にもいくつかの元素が含まれていることがわかった。

さらに太陽の進化の最終段階は惑星状星雲であると考察できた。

今後はより正確なデータを得るための観測を行い、NGC6543 の質量計算でできる限り正確な値を算出したい。さらに、惑星状星雲以外の進化の最終段階である中性子星やブラックホールなどにも焦点を当てて研究していきたい。

参考文献

天文年鑑 2010 年版 誠文堂新光社

理科年表 2010 自然科学研究機構国立天文台編

星間物理学(宇宙物理講座) 小暮智一