

# 惑星状星雲の細分化 ～太陽の最期の姿～

第8回「もし天」4K班

野澤大河 中原京香 菅沼斗悞 丸山満ちる 手伝ってくださったSLAの方々

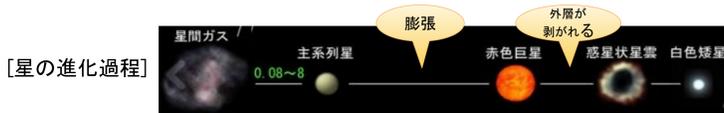
## 概要

私たちは身近な恒星である太陽がいつどのような形状の惑星状星雲になるのかを知りたいと考えました。そのために赤色巨星から惑星状星雲になるまでの過程を明確にする必要があります。今回2種類の形状の惑星状星雲を観測し、質量と年齢について考察しました。結果として、過程を明確にすることは出来ませんでしたが、惑星状星雲の観測における課題がみつかりました。

## 1. 背景目的

惑星状星雲(以下 PNeと呼ぶ)の形状には円型や双極型があり、先行研究によると、これらは組成元素で分類されます。標準とされる円型はヘリウム:窒素=1:10<sup>-2</sup>ですが、双極型はヘリウム:窒素=1:10<sup>-3</sup>です。

私たちは、PNeは年齢とともに形状が変わると仮定し、年齢と形状の相関を求めることで、太陽がいつどのような形状をしたPNeになるかを研究テーマにしました。現在の分類では、赤色巨星からPNeまでの過程を明確にするには不十分なので、私たちは細分化をしようと考えました。組成元素での分類は、どれほど核融合が進み、どれくらい重い元素が作られたかと言い換えられます。そして核融合の進み具合は元の質量によるので、元の質量を用いて細分化を行いPNeまでの過程を明確にしようと試みました。



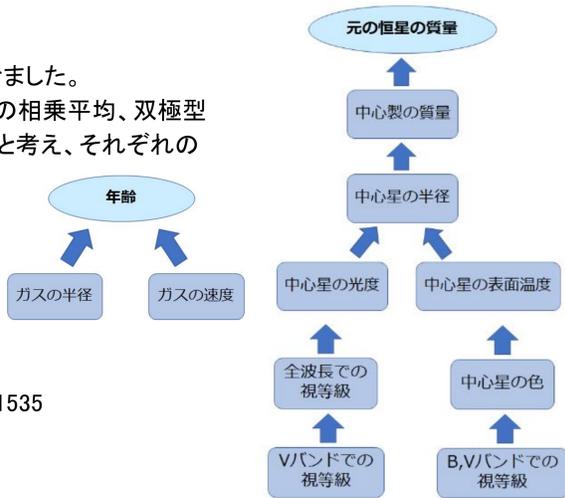
## 2. 方法

以下の図はPNeの年齢、元の恒星の質量を求めるために必要な値と順序を表しています。元の恒星の質量は、中心星の質量との差からPNeの質量を求めるために算出しました。

ガスの半径…アーカイブから持ってきました。

(楕円の場合は長い部分と短い部分の相乗平均、双極型の場合は、ガスは2方向に出ていると考え、それぞれの相乗平均を取りました。)

ガスの速度…文献値を用いました。



## 3. 観測

観測天体

円形:M97, NGC1514, NGC40, NGC1535

双極型:NGC2346, NGC7026

観測日 12月25日

・18:25~19:32…NGC1535,NGC7026

18:25~19:32	曇り
-------------	----

・25:11~25:54…98724,NGC1535,NGC40,NGC1514,NGC2346,M9

25:03~25:15	晴れ	25:19~25:47	晴れ
25:16~25:18	うす雲	25:47~25:54	うす雲

## 4. 結果

### i) 観測天体のガス半径と表面温度

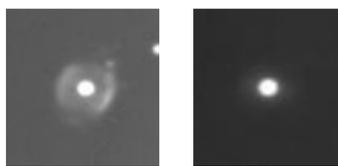
天体名	ガスの半径[pc]	ガスの表面温度[K]
M97	2.6×10 <sup>-3</sup>	5872
NGC1514	8.0×10 <sup>-2</sup>	9850
NGC40	4.1	71×10 <sup>3</sup>
NGC1535	4.5×10 <sup>-3</sup>	75×10 <sup>3</sup>
NGC2438	1.9	2.0×10 <sup>5</sup>
NGC2346	1.0	≥8000
NGC7026	1.9×10 <sup>-1</sup>	1.5×10 <sup>6</sup>

### ii) 観測天体写真

観測した六天体の内、例として2つを

[図1:NGC40]、[図2:NGC2346]に挙げます。

尚、両方ともBバンドで撮影しました。



[図1]

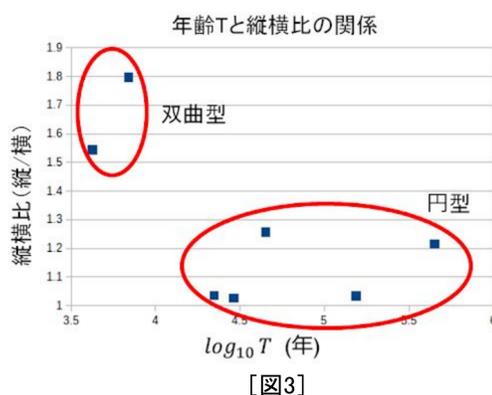
[図2]

### iii) 元の恒星の質量と形状

元の恒星の質量を推定することができませんでした。理由は、算出した中心星の質量の値があまりに小さすぎる結果となり、用いるグラフの範囲上、中心星から元の恒星の質量は推定することができませんでした。そうなった原因を考察 i) に示します。

### iv) 年齢と形状

PNeの形状と年齢に関する結果を[図3]に示します。双極型の方が年齢が若くより細長いことがわかり、また円型と双極型では、年齢・形状に関して明瞭な違いがみられました。ただし、円形のPNeのデータには、今回観測した天体だけでなく、バックグラウンドデータとして質量、年齢の既知である天体のものも含まれています。

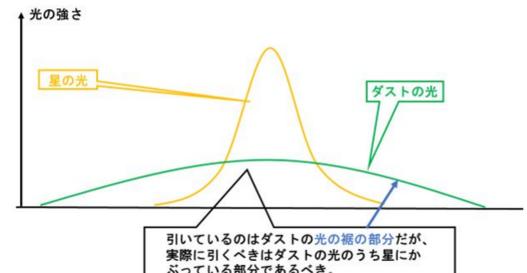


[図3]

## 5. 考察

### i) 質量の算出について

観測して得たデータをもとに、文献に載っていた式や補正値を使って中心星の質量を求めたので、文献は正しいとすると、原因は「B、Vバンドの視等級」以前にあると考えました。その範囲の中で原因だと考えられるものは、2つあります。1つ目は、一部に薄雲がかかっている、理想的な観測データが得られなかった、というものです。2つ目は、観測データから正確に中心星の視等級を求めることができなかった、というものです。(Makali'iというソフトで読み込んだ画像。赤い線の範囲の明るさをグラフにすると、下のようになる。)



中心星の手前にどのくらいダストがあるのか分からなかったため、周りに映っていたダストの明るさの平均値を中心星の部分の明るさから引いた値を、中心星の明るさとした。そのため、私たちが測った値が、実際の中心星の明るさと大きく異なっていたという可能性が考えられます。

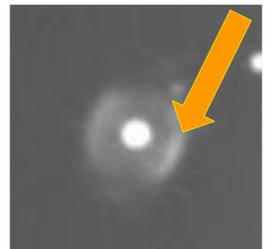
### ii) 形状と年齢について

PNeの形状と年齢との関係を示す結果[図3]から、PNeの形状進化について2つの仮説が立てられます。1つ目は、双極型PNeは短命で円型PNeは長命であるというもので、2つ目は双極型PNeが円型PNeに進化するということです。今回得られた結果からはどちらの仮説が正しいと言えるかは判断できませんが、若い円型PNe、もしくは双極型PNeと円型PNeの中央付近に分布するPNeが見つければ、仮説の判定ができると思います。

また、円型PNe、双極型PNe同士では、縦横比と年齢の相関が認められないのは、単にデータ数が少ないから、もしくは今回は視線方向に対してどのくらい傾いているかを考慮することができなかったためだと考えます。

### iii) NGC40のまわりに観測された不明瞭部について

観測で得たNGC40の画像で「モヤモヤ」が見られました。一般に中心星の周りにはガスがありますが、ガスは輝線スペクトルで光っているのでもともと観測では見られずと予想されていました。ところが「モヤモヤ」が観測できました。すなわち、これはガスではなく連続スペクトルで光るダストであるとわかりました。

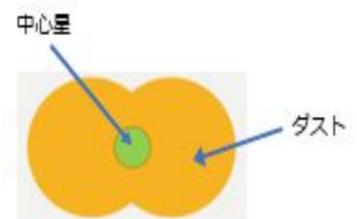
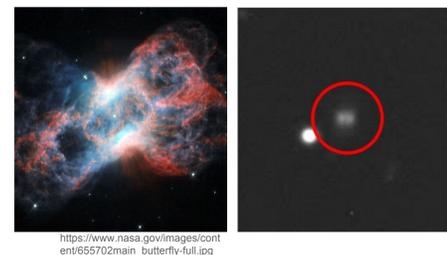


### iv) NGC7026の形状について

今回、私達がNGC7026を観測した際、上図のようにダストは2つの円が重なったように見えました。なぜこのような形に見えたのでしょうか。ここで、私達は以下の2つの仮説をたてました。

1つ目は、進化途中の惑星状星雲であるというものです。まだ円型、あるいは双極型の形に定まっていません。また文献によると、年齢は1540年とまだ若く、成長段階の惑星状星雲だと考えられます。

2つ目は、連星があるというものです。ダストがその場に留まっているということは、惑星状星雲の内側からそれらを引きつけている力があるということです。つまり、中心星がそれらを引きつけているのです。しかし星ひとつにはそれほど力はありません。そうすると、中心には2つの星があり、それらは連星であると考えました。



## 6. 参考文献

・タイトルの画像

<https://ja.wikipedia.org/wiki/ふくろう星雲>,

[https://ja.wikipedia.org/wiki/NGC\\_2346](https://ja.wikipedia.org/wiki/NGC_2346)

・D.E.オスターブロック(2002)『ガス星雲と活動銀河核の天体物理学』田村真一訳、東北大学出版会。

・Gurzadyan, Grigor A(1997)『The Physics and Dynamics of Planetary Nebulae』Astronomy and Astrophysics Library.

・野本 憲一・佐藤 勝彦・定金 晃三(2009)『恒星(シリーズ現代の天文学)』日本評論社。