

# Zanstraの手法による惑星状星雲中心星の表面温度の推定

銀河学校2019 B班：

石本 貴昭(高2)【中央大学附属高等学校】、大野 智洋(高3)【甲陽学院高等学校】、  
笹田 翔太(平成30年度卒業)【京都府立洛北高等学校】、柴田 美羽(高1)【広島大学附属高等学校】、  
菅沼 斗憊(高2)【栄光学園高等学校】、西内 月紅実(高2)【東京都立日比谷高等学校】、  
村田 響子(高2)【お茶の水女子大学附属高等学校】

## 要旨

本研究ではZanstraの手法を利用し、2波長帯の撮像観測から、惑星状星雲中心星(Central Star of Planetary Nebula: CSPN)の有効温度の推定を試みた。その結果、先行研究における値から8000K程度の偏差ではあるが、有意な推定に成功した。

## 1. 序論

天体の有効温度の推定には、一般にウィーンの変位則が用いられる。しかし、CSPNの有効温度については、その周囲に分布するH原子の影響で一般的手法による測温ができない。そこで我々は、電離水素原子の再結合によって放出されるH $\alpha$ 輝線の強度と、天体の有効温度に対応があることを利用し、複数のCSPNの有効温度を検討した。

## 2. 方法

東京大学木曾観測所 105cmシュミット望遠鏡、広視野CMOSカメラ Tomo-e gozen, R帯、H $\alpha$ 帯のフィルターを用いて、3つの惑星状星雲 PN G190.3-17.7 (天体A), PN G211.2-03.5 (天体B), PN G232.0+05.7 (天体C) を観測し、この波長帯域の撮像画像を得た。ここから目標天体の波長帯域ごとの放射量を求め、これを光子数に変換した。また、2波長帯域の光子数比と有効温度の関係を示すグラフ(図1)を作成し、CSPNの有効温度を推定した。

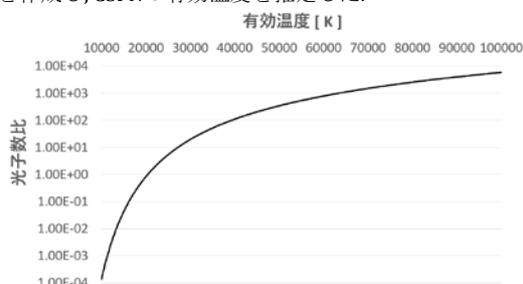


図1: 2波長帯域の光子数比と有効温度の関係

## 3. 結果

天体A~Cの有効温度はそれぞれ23500K, 22000K, 20600Kと推定された。

## 4. 考察

H $\alpha$ 線を放出するためには最低で20000Kの有効温度が必要である[1]。また、今回の目標天体は観測と測光の都合上、近距離にある視直径の小さいものを選択した。このような天体は形成後間もない天体のため、有効温度が低い傾向がある。これらは得られた有効温度と大きく矛盾せず、本研究の解析は理論的に妥当と言える。

また我々は、H $\alpha$ 帯がR帯に含まれることによる誤差(図2参照 これを誤差Aとする)と、H $\alpha$ 帯を除くR帯で、波長に係らず放射強度を同じと仮定することによる誤差(これを誤差Bとする)に注目した。しかし、これらの影響は結果に直結する光子数比に対して5%以下であり、ほぼ無視できるという結論を得た。

なお、天体Cの有効温度は、先行研究において

28100 $\pm$ 300Kとされている[2]。両者で有効温度値に違いが生じた原因として以下の2点が考えられる。1つ目に、大塚らのモデルの紫外線吸収量が、波長91nm以下の光が全て吸収されるとした本研究での仮定を大きく下回ること、2つ目に、大塚(2019)ではスペクトルにH $\alpha$ 線以外にも輝線が見られ、これらによっても水素原子の電離で吸収されたエネルギーを放出していると考えられることである。



図2: R帯とH $\alpha$ 帯のスペクトルの模式図

有効温度の推定に必要な放射量の値は  $h$  だが、誤差Aを考慮しない解析では  $h'$  が得られる。

## 5. 結論

今回の研究により、CSPNの有効温度について、理論値に矛盾しない有意な推定を行うことができた。星雲部の紫外線の透過とH $\alpha$ 線以外の輝線の放射について考慮することで、推定の精度を上げることができると考えられる。これをより多くの高温天体に施すことで、表面温度を比較的簡単に得ることができる。これは高温天体について詳しい分類を行ったり、その形成年代を推定するなど、より深い理解を得る基礎となりえる。

## 6. 謝辞

本研究を進めるにあたって多大なる助力を頂いた、東京大学大学院理学系研究科附属天文学教育研究センター 大澤亮特任助教, NPO法人 Science Station, 東京大学木曾観測所の皆様に深く感謝申し上げます。

## 7. 参考文献

- [1]W.A.Weidmann and R.Gamen.Central stars of planetary nebulae.II.New OB-type and emission-line stars. AA,Vol.531,p.A172,Jul 2011.
- [2]Masaaki Otsuka. Physical properties of the fullerene C<sub>60</sub>-containing planetary nebula SaSt2-3. MN-RAS,Vol.482,No.2,pp.2354-2373,Jan 2019