

みずがめ座 CY 星の測光観測

江淵 仁尊 中岸 奏登 村上 裕紀

【概要】

阿南市科学センターの口径 113cm 反射式望遠鏡と冷却 CCD カメラを用いて、SX Phe 型変光星 CY Aqu の測光観測を行った。観測で得たデータから作成した光度曲線を用いて、色指数 B-V (0.27~0.45) 得た。この値から天体の表面温度を 6900K~8000K と見積もった。

また、脈動に応じて半径の変化が見られたが、一般的に脈動変光星で多く報告されているような極大付近で最小になり、極小付近で最大になる半径の変化とはやや位相のズレがあり、温度が最も低いときに対して 0.2~0.3 位相先行して半径の最大を迎えるという結果になった。

The purpose of this study is to investigate the characteristics and causes of volume changes in pulsating variable stars. When I worked on astronomical observation, we learned celestial bodies (stars) called variable stars. Among them, we were interested in pulsating variable stars whose brightness changes according to the change in their volume, so we decided to investigate how the volume of pulsating variable stars changes.

: 変光星

変光星はいくつかの種類に分類される。爆発型変光星、回転変光星、激変星、食変光星、脈動変光星などがある。爆発型変光星は恒星の外層や大気の爆発によって変更する星で、変更には規則性が見られないのが特徴である。回転変光星は星の表面の明るさの分布が一様でないとき、星の自転に伴って明るさが変化して見えるのが特徴である。激変星は突発的に増光する星で、新星、新星状変光星、超新星、矮新星、アンドロメダ座 Z 型に細分類される。食変光星は複数の星が引力を及ぼしあって、共通重心を回っている天体を連星というが、連星の軌道面が地球と連星を結んだ直線を含む平面上に存在する場合、星が隠れたり現れたりすることで見かけの光度が変わる特徴がある。

: 脈動変光星

脈動変光星は私たちが観測を行った変光星であり、星が超新星爆発をする前の安定時期に、星自身の重力による収縮で星の輻射エネルギー（放射エネルギー）による収縮とのバランスが崩れ、表層が周期的に膨張・収縮し始める特徴を持つ。膨張しているとき暗く、収縮しているときは明るい。巨星または超新星に属する大きな恒星である。周期の長さや規則性などによっていくつかのタイプに分類される。

【研究動機・目的】

天体観測の際、変光星という天体について知った。その中でも、体積の変化によって明るさが変わる脈動変光星に興味を持ち、脈動変光星の体積がどのように変化するか研究することにした。

本研究では、脈動変光星の体積の変化の特徴とその原因を調べることを目的としている。

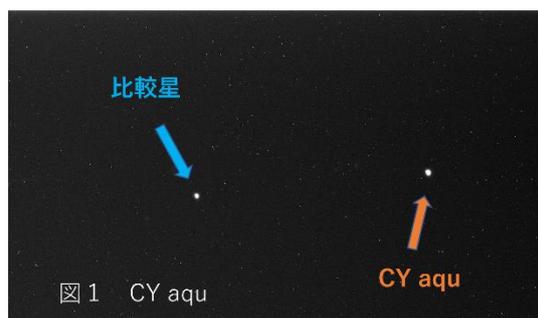
脈動変光星の体積の変化の割合は表面温度と関係しており、表面温度が高いほど変化の割合は大きいと考える。また位相のずれについては、星の大きさや核融合反応による衝撃波の影響が大きいと考えた。

【実験器具】

- ・阿南市科学センター口径 113cm 反射式望遠鏡 (F9.7)
- ・冷却 CCD カメラ SBIG Model: STX-1600 Serial: X10010026
- ・B、V フィルター
- ・AIP4Win V2 (App)
- ・Excel

観測星

「みずがめ座 CY 星」(CY aqu)
ほうおう座 SX 星型に分類される。変光周期が非常に短く、金属量が少ないのが特徴的である。



赤経 22h 37m 47s,85

赤緯 +01° 32' 3.8

【研究方法】

阿南市科学センターにある口径 113cm の望遠鏡(F9.7)に冷却 CCD カメラ(SBIG STX-16080)を使用し測光観測を行った(2022年9月23日、30日)。VとB、2つフィルターを使用し、それぞれの露出時間を15秒と40秒とした。また、みずがめ座CY星が変光星であることを証明するために比較星(約11.5等)とチェック星を設定した。AIP4WinV2で画像解析(差測光)を行い、ダーク減算とフラット補正の一次処理を行った。得られたデータから表計算ソフトを用いて光度曲線を作成し、位相平均化した上で、色指数や半径の変化について解析した。

「ダーク減算」とは撮影画像からダークフレームを減算処理すること、つまりノイズの除去のことである。ダークフレームはカメラにキャップをして外からの光が入らないようにした上で、目的の写真を撮影したときと同条件で撮影したものだ。

「フラット補正」とはフラットフレームと呼ばれる何も写っていない画像を用いて、撮影画像に生じた周辺減光を補正する処理のことである。レンズの前に均一な白い板を置いて撮影すると周辺減光やゴミの

影を撮影したものだ。

観測したデータから半径（太陽比）、表面温度を求める式は以下のとおりである。

シュテファンボルツマンの法則

$$R/R_s = (T_s/T)^2 (L/L_s)^{1/2}$$

R/R_s 半径比（太陽比）

T_s/T 温度比（太陽比）

L/L_s、光度比（太陽比）

$$m-M=5\log(d/10)$$

m 見かけの等級

M 絶対等級

d 距離（先行研究より 440 パーセクとした）

$$T=9000/((B-V)+0.85) \quad T: \text{表面温度}$$

【結果・考察】

観測と解析の結果、得られた V 及び B フィルターの光度曲線（位相平均）、さらに表面温度の変化、半径の変化を以下に示す。

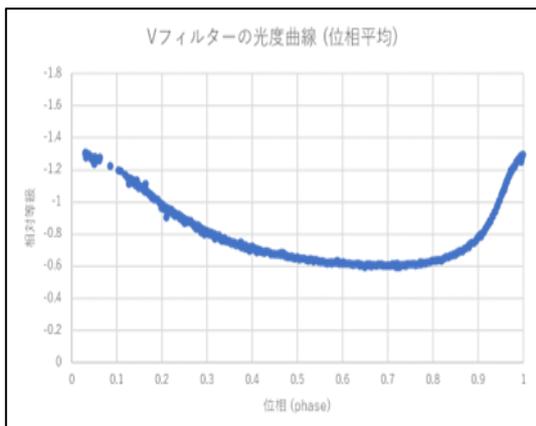


Figure1

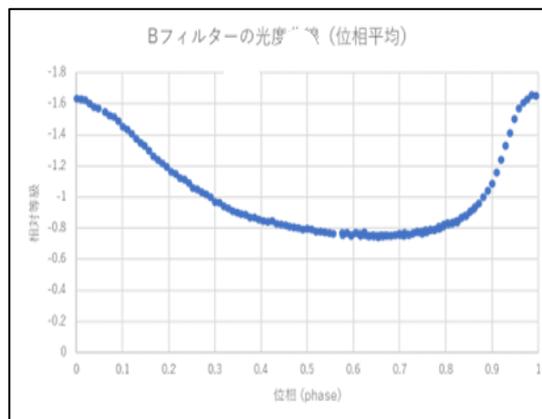


Figure2

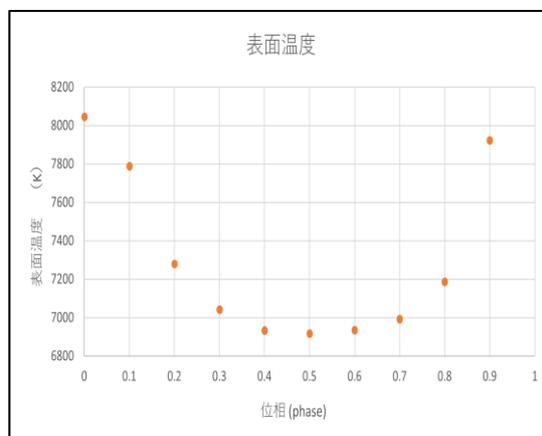


Figure3

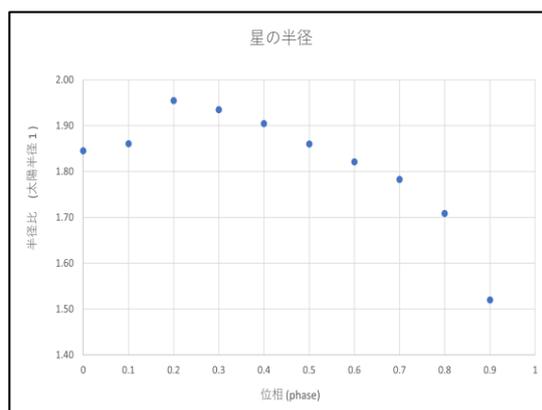


Figure 4

半径の最大と最小の比は、1.57:1.92 となった。半径は 28%ほど変わっていることが言える。過去の研究によると同じ SX Phe 型である BL cam では半径は 20%ほど変化していたことから、2つの星は近い割合の

変化をしていることが言える。しかし、過去の CY aqu や他の SX phe 型の半径の変化を調べられていないので、どのように変化しているのか考察が深くできていない。

Fig3,4 のグラフ 2 つより、傾向として表面温度が高いときに星の半径は小さくなり、逆に表面温度が低いときには星の半径は大きくなることが言える。これらは周期的に変化していることから断熱変化が生じていることが言える。

また位相のズレが生じていることが言える。星の半径が最大になった後、位相が 0.2~0.3 程、先行した段階で表面温度が最小になっている。これは核融合反応などを含む衝撃波の影響で温度が低くなるのに時間を要するためだと考えられる。先行研究から BL cam でも位相のズレが見られた。

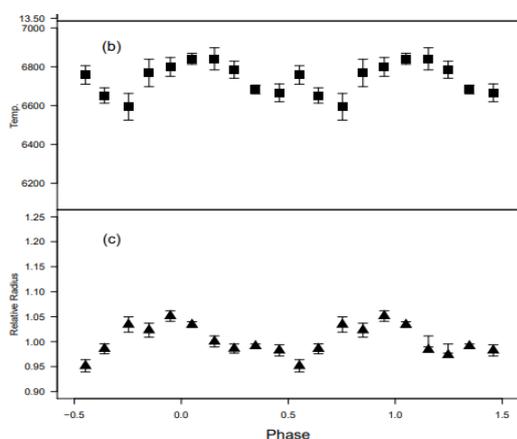


Figure 5 BL cam 表面温度 (上)
半径比 (下) の位相図

(SX Phe 型変光星 BL Cam の多色測光観測
大島 誠人 より)

過去の研究における SX Phe 型の脈動変光星の半径変化に関する結果では、多くの場合半径の極大・極小は表面温度の極小・極大に対して位相 0.1 程先行していることが

分かっている (e. g. Bessell 1969, Breger 1975, Fernley et al. 1987)。

しかし BL cam の位相のズレの幅は CY aqu の位相のズレの幅と大きく異なっていた。BL cam と CY aqu では大きさや温度が異なることから核融合反応の衝撃波が伝わる速度が異なるため、BL cam と CY aqu では位相のズレが生じると考えた。

【まとめ】

CY aqu の半径の変化の最大と最小の比は 1.57:1.92 であった。また位相のズレから同じ型の脈動変光星であっても脈動の様子は大きく異なっていることが言えた。しかし比較するデータが少ないことから、半径の比の変化と位相のズレについてさらに考察を深めていきたい。

【謝辞・参考文献】

観測、解析など幅広くご指導いただいた阿南市科学センターの今村和義様に心から感謝申し上げます。

SX Phe 型変光星 BL Cam の多色測光観測
(2019) 大島 誠人

New times of maximum of CY
aquaria(2010) T. Tuvikene

Hardie, R. H. and Tolbert, C. R., 1961,
ApJ, 134, 581

Chulhee Kim, 1996, Ap&SS, 236, 139
e. g. Bessell 1969,

Breger 1975, Fernley et al. 1987

天文学辞典 監修 谷口 義明

宇宙物理学 著 桜井

