

56S シミュレーションによりかんむり座T星の光度変化を追う

高賀 寧子 (小6) 【岐阜市立長良小学校】、曾我部 文麗 (中2) 【岐阜市立岐阜西中学校】、古方 伶旺 (中3) 【岐阜東中学校】

要 旨

かんむり座T星 (以下T星) をSeestar S50で観測測光し光度曲線を描くと、曲線は左右非対称であった。その特徴から変光要因には楕円体状変光星の公転に加えて、赤色巨星の表面輝度ムラがあると考えた。モデルを用いたシミュレーションによると、変光要因として巨大黒点などによる表面の輝度ムラに加え、形状がいびつであることが推察された。

1. はじめに

Seestar S50を用いた日本変光星研究会のキャンペーン「反復新星かんむり座T星の爆発を監視しよう！」に参加した (図1) (参考文献〔1〕)。T星は80年に1度爆発する反復新星だが、これまでに得られた光度変化は連星系の公転による変光である。得られた光度曲線は単純な左右対称でなかったため、その理由を探ることとした。



図1 日本変光星研究会「反復新星かんむり座T星の爆発を監視しよう！」
※画像提供: K.Imamura

2. 目的

モデルを使ったシミュレーションで赤色巨星の表面輝度のバラつきを探り、光度曲線の特徴の要因を推察する。

コラム — かんむり座T星 —

初夏の星座かんむり座に位置する変光星。地球からの距離は約3000光年。80年に一度の新星爆発が迫っていると話題の反復新星でもある。静穏時は約10等だが、爆発すると約2等になる。

普段の姿は、主星白色矮星と伴星赤色巨星の近接連星。赤色巨星が降着円盤を有する白色矮星に引っ張られ楕円のような形をしている。この形状で公転することが変光の要因。このような変光星を楕円体状変光星という。

- ・変光周期 114日
- ・公転周期 227日
- ・静穏時の変光幅 約0.3~0.6等

T星の位置(赤丸)

白色矮星と赤色巨星
降着円盤が形成

楕円形状の赤色巨星

※3画像提供: K.Imamura

3. 観測機材・方法

- 3-1 機材・方法 Seestar S50 (ZWO社) でT星を導入 (図2)
露出時間100秒 (10秒×10枚) 前後
- 3-2 測光方法 観測データをMakali`iで測光
digphot4 (永井和男氏製作の測光支援ソフト) で等級に変換

4. 観測結果

観測期間 2024年6月21日~2026年1月10日 観測日数303日

図3の光度曲線を見ると左右非対称であり、以下の特徴を読み取ることができる。

- a. 鋸刃型 (曲線が右に倒れる③~⑤, ⑤~⑦の形を鋸刃型と名付けた)
極小から極大までの日数が極大から極小までの日数より長い
- b. 平たい極大 ④ c. 平たい極小 ⑦ d. 極大時の等級変化④⑥⑧
- e. 極小時の等級変化①と③⑤⑦

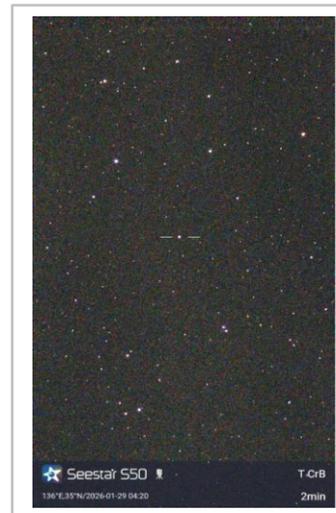


図2 Seestar S50でT星を導入撮影

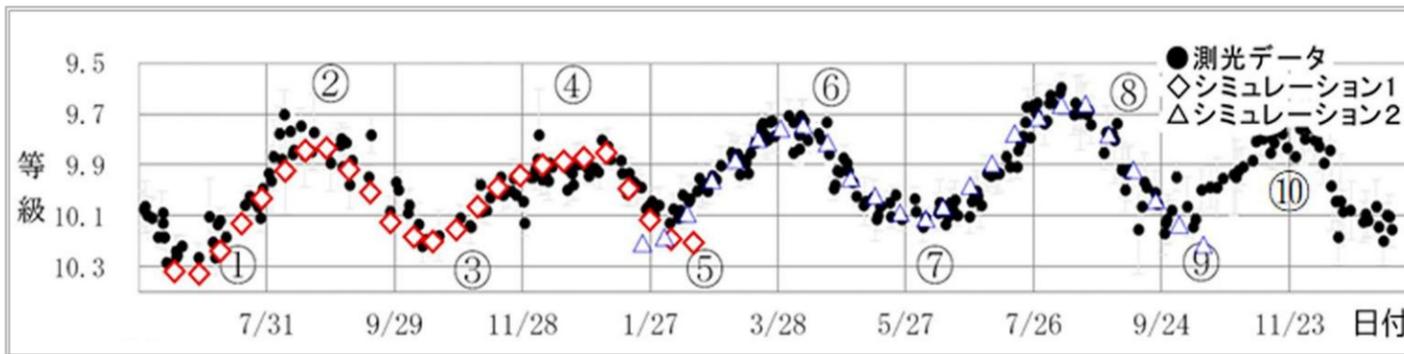


図3 かんむり座T星の光度変化 (●印) とシミュレーション結果 (◇△印)

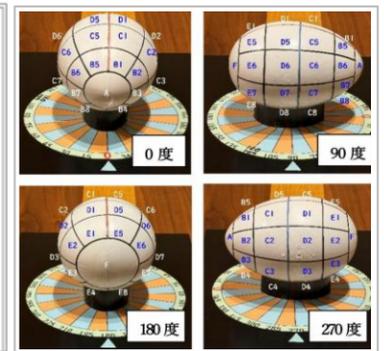


図4 ブロック分けした赤色巨星模型
反時計回りで回転させて撮影

5. 考察

赤色巨星の表面輝度ムラの要因として巨大黒点、フレア、白斑 (明班)、周縁減光、重力暗化、照射効果などの影響を想定した。そこで、図4のようなT星の赤色巨星模型を作り、視線方向の形状の面積を光度として考えた。表面をブロック分けし、模型を15度ずつ回転させて撮影し、図5に示したようにエクセルで輝度ムラを係数 (明るい: $K > 1$ 、暗い: $K < 1$) として、光度変化をシミュレーションした。

回転角度 ブロック	A				B				C						
	面積	周縁減光	反射効果	光度ムラ	合計	面積	周縁減光	反射効果	光度ムラ	合計	面積	周縁減光	反射効果	光度ムラ	合計
1	357526	0.95	1.1	1	373615	144261	1	1.05	1	151474	199931	0.99	1	0.9	178139
2					110049	0.94	1.05	1	108618	114376	0.73	1	0.95	79320	
3					53890	0.62	1.05	1	35082	15589	0.42	1	1	6547	
4					18002	0.43	1.05	1	8128	0	1	1	1	0	
5					145250	1	1.05	1	152513	207223	0.99	1	1.05	215408	
6					111251	0.98	1.05	1	114477	124875	0.75	1	1.1	103022	
7					58645	0.61	1.05	1	37562	24154	0.41	1	1	9903	
8					18177	0.41	1.05	1	7825	0	1	1	1	0	
9					48411	0.91	1.02	1	3852	0	1	1	1	0	
10					28842	0.91	1.02	1	21295	54124	0.91	1	1	8903	

図5 赤色巨星模型の表面をブロック分けし、係数指定で輝度を変えたシミュレーション

図6は鋸刃型の光度曲線を再現したシミュレーション結果である。鋸刃型になるためには、常に極大を15度程ずらす必要があると考えた。

①から④のシミュレーション (公転周期の1周期目)

②より④のほうが暗い。この特徴を表現するために210度から280度までB2,3とC1,2,3,5,6のブロックを暗くして、係数を $K < 1$ に指定した。結果、②より④の時間が暗くなり、平たい極大にすることができた。また、極大を90度から105度に、270度から285度にずらすことで鋸刃型を再現できた。(角度は図6参照)

⑤から⑨のシミュレーション (公転周期の2周期目)

AとB2,C5,6のブロックは巨大黒点の影響があり暗くなると推察、係数を $K < 1$ に指定した。D5,6とE5,6のブロックは極大90度とその前後、D1,2,3,4とE1,2,3,4のブロックを極大270度も同様に係数を $K > 1$ に指定した。結果、極大が⑥より⑧の時間が明るくなり、①から④のシミュレーションと同様に極大を鋸刃型に再現できた。

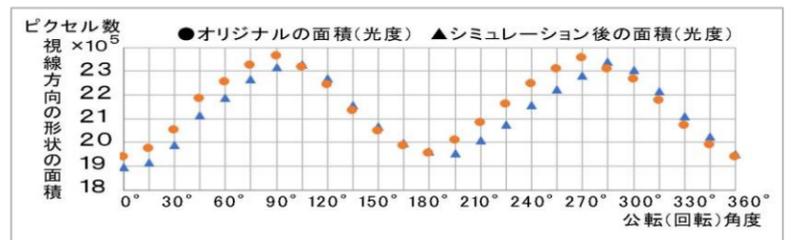


図6 表面輝度の明暗シミュレーションによる鋸刃型曲線の再現 (青▲)

これらのシミュレーションは、光度曲線にうまくフィットした。しかし、表面輝度ムラが一定の期間や部分に必要となり、脈動などの周期活動がない場合は、非現実的だと思われる。

そのため、鋸刃型の要因は輝度ムラに限らず、赤色巨星がいびつな形状 (例えばE, Fの一部が膨らみAの部分が引き伸ばされた形) ではないかと推察した。これにより、公転による回転で90度からずれた角度で視線方向の面積が最大になると考えた。

6. 結論

シミュレーションから考えられる赤色巨星の非対称な光度変化の要因は主に三つある。

- ① 輝度ムラが不規則に起こっている この輝度ムラの要因を巨大黒点や部分的な明斑などと推察
- ② 光度曲線を鋸刃型に近づけるために必ず一定の期間や部分に同じ変化が必要
- ③ 赤色巨星の形状がきれいな卵型ではなく非対称形 (例えば勾玉のような形状) で、極大のピークを遅らせていると推察

今後は赤色巨星の非対称な形状をより具体的に考察することを課題としたい。光度曲線の特徴をさらに捉える為に観測を継続し爆発の前兆をつかみ、80年越しの爆発をこの目で目撃したい。

7. 参考文献

- 〔1〕 日本変光星研究会「反復新星かんむり座T星の爆発を監視しよう！」
https://www.ananscience.jp/variablestar/?page_id=624 (2026年1月11日閲覧)

謝辞

板橋区立教育科学館研究員 船越浩海先生には様々な場面でご指導いただきました。
阿南市科学センター 今村和義先生には観測測光、画像提供などで多くのご助言とご協力をいただきました。ありがとうございました。