

## 激変星観測のススメ

京都大学理学研究科 野上 大作

### 1. 爆発する星を見たい!

この記事を読まれている方は、宇宙のどういうところが好きでしょうか？きれいな星空でしょうか？夕方まだ少し水平線が明るいくらいで、紫の空に浮かぶ船のような欠けた月もいいですね。望遠鏡で覗く土星も浮き輪に収まっているみたいでかわいいし、真夏に頭の上でギラつく太陽に強烈なエネルギーを感じるのがいい！という方もいらっしゃるかもしれません。宇宙飛行士になりたい！という方も、宇宙人と話してみたい！という方もいることでしょう。書いていて、大学の4回生の秋、下宿の窓から南中を少し過ぎた満月を見上げながら、缶ビールを片手にベートーヴェンのピアノソナタ「月光」の第1楽章を聞いて、表現のしようがない感傷にひたっていたことを思い出しました。普段クラシックはほとんど聞かないのですが、何か悩んでいたのでしょうか。

とまあ、好みや考えは人それぞれでいいわけですが、では宇宙の研究をしている人々はどういう動機でその研究をしているのでしょうか？この冊子「うちゅう」の2025年11月号では播金優一さんがメイン記事の中で「宇宙の夜明けを見たい！」と書かれていました。カッコいい表現ですね！では私の場合はどうか？「爆発する星を見たい！」これです。

一口に爆発と言っても、宇宙ではいろいろな爆発があります。超新星みたいに本当に星がバラバラになってしまう（でも最後にブラックホールや中性子星が残ることもある）ような場合もあれば、太陽表面で黒点の近くがぱっと明るくなるフレアのような場合もあります。基本的には、宇宙の遠くで起こっていることは事細かに観測できるものではありませんから、突然明るくなる現象は何でも「爆発」と表現します。

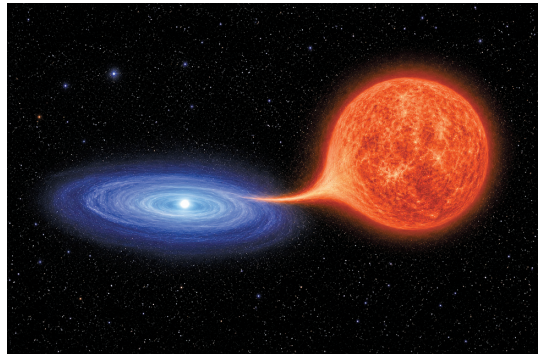


図1. 激変星の想像図 (AI生成画像: ChatGPT / OpenAI)

この記事では、爆発する星が様々ある中で、激変星の紹介をいたします。

## 2. 激変星ってどんな星？

図1は激変星の想像図です。ChatGPTに描いてもらいました。左側の青い円盤の中心にいるのが白色矮星です。太陽と重さはあまり変わらないのに、半径が太陽の100分の1しかないような変な星です。それと普通の星がお互いの重力で引っ張り合い、お互いの周りをぐるぐる回る、いわゆる連星になっていて、しかも普通の星の表面のガスが白色矮星の方に引っ張られてきて、白色矮星の周りをぐるぐる回りながら白色矮星にゆっくり落ち込んでいっているような天体が激変星です。この落ち込むのを専門用語で降着すると表現し、薄い円盤を通して降着していくので、この円盤を降着円盤と言います。

## 3. 今注目を集めている激変星「かんむり座T」

さて宇宙にたくさんある激変星の中で、今最も注目を集めているものの一つが「かんむり座T」星です。なぜこの星が注目を集めているかというと、もうすぐ爆発する！と予測された(Schaefer 2024)からです。1787年、1866年、1946年と爆発が起こったことが判明していて、だいたい80年おきだと思えば今年にも起こりそうですよね！

この爆発は新星爆発というもので、降着によって白色矮星の表面に溜まっていっている水素ガスが、ある質量や温度に達した時に暴走的に核反応を起こすことに起因します(図2参照)。かんむり座T星のように新星爆発が繰り返し観測された天体を反復新星と呼びます。過去の観測では、普段は10等台なのに、新星爆発を起こして一番明るいときには2.0等にも達します。ざっと



図2. 新星爆発の想像図 (AI生成画像: ChatGPT/OpenAI)。白色矮星表面で爆発が起こり、溜まっていたガスが吹き飛びます。

2000倍くらい明るくなるということです。もし今太陽が2000倍明るくなったらと想像すると、恐ろしいですよ。2等星になるということは、それまで星が見えなかった場所に、突如として星が現れる感じになるはずで、これは見てみたい！

私のように思う方はたくさんおられるようで、かんむり座T星を監視するキャンペーンがSchaeferさんの予測発表直後から世界中で始まりました。日本でも今村和義さんらを中心として行われています。詳しくは「反復新星 かんむり座T星 監視」で検索してみてください。

実はSchaeferさんは当初、2023年末から2024年の終わりまでの間に爆発が起ころうと言っていたのですが、今のところまだおとなしいままです。今後どうなっていくのか、興味をそそられるところです。

## 4. 矮新星と円盤不安定性モデル

さてこの激変星ですが、何十年かに一度新星爆発を起こすだけ(この何十年かに一度というのは非常に頻度が高い部類で、普通の激変星は数万年から100万年に一度程度と考えられています)で普段は静かなのかというと、そんなことはありません。中にはおとなしいものもありますが、明るくなったり暗くなったりを繰り返している星も多いです。

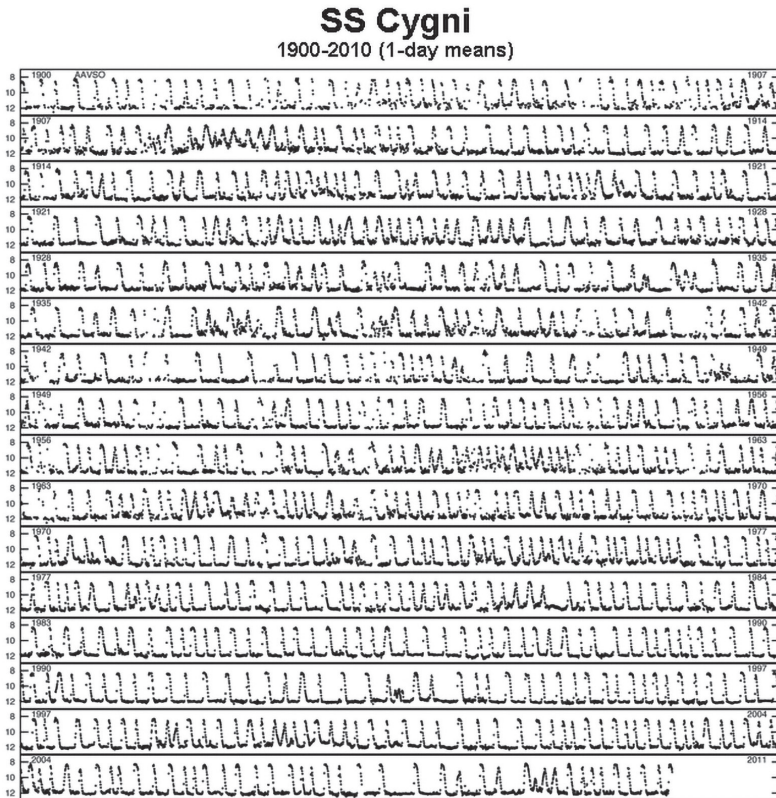


図3. はくちょう座SS星の1900年から2010年までの光度曲線(AAVSO : [https://www.aavso.org/vsots\\_sscygn](https://www.aavso.org/vsots_sscygn))。

図3はAmerican Association of Variable Star Observers (AAVSO ; アメリカ変光星観測者協会) に多数のアマチュア観測者から報告された、はくちょう座SS星の1900年から110年にもわたる観測結果をもとに描かれた光度曲線です。データが多すぎてわかりにくいですが、11等台から8等台の間で、数十日くらいの間隔で爆発を起こしています。

この爆発現象は平均的には新星爆発よりだいぶエネルギー規模は小さく、矮新星爆発(矮は小さいという意味)と呼ばれます。この爆発は核反応によるものではなく、降着円盤を通して落ち込むガスの量の格段に増えることで起こる現象です。すなわち、普段は降着円盤の中ではほとんど降着が起こらず、円盤の外側にガスが溜まっていき、ある密度を超えた時に突然大量のガスが白色矮星に降着していくと考えられています。



図4. ししおどしの概念図 (©いらすとや)

よく例えられるのは「ししおどし」です(図4)。日本庭園にあるようなアレで、竹筒に水がある一定量溜まると、そちら側の方が重くなって下がり、水がこぼれると軽くなるので元に戻る、その時お尻のほうに石にあたってカポーンという感じの音が出るやつです。この大量のガスが降着していく時に、持っていた位置エネルギーが熱や光のエネルギーに変換されて明るく光る、すなわち爆発することになります。詳しい説明は省きますが、降着円盤のガスの状態が突如として大きく変わるので、円盤不安定性モデルと呼ばれます。

この円盤不安定性モデルは1974年に尾崎洋二さんが提案されたものです(ちなみに、1990年代半ばで私が大学院生時代に参加した国際会議で、尾崎さんがこの説明をする時に「like shishiodosi」(ししおどしのように)と話されていて驚いたのを覚えています、本当に通じるのでしょうか?)。このモデルは、普通の星から流れ込んでくるガスの量が変化しなくても突然明るさが変わるという現象を、非常にうまく説明しています。対立するモデルとして、爆発するのは普通の星から流れ込んでくるガスの量が突然増えるから、とする、イギリスのジェフリー・バースさんが1973年に提唱した質量輸送バーストモデルというものがあり、今でも完全な決着はついていません。このモデルには、そんなに都合よく流れ込むガスが増えたり減ったりするのか?とか、いろいろ説明しにくいことがあるのですが、なかなか完全な否定には至っていないというところです。

さて、円盤不安定性モデルの提唱から50年が経過しており、その間に様々な観測結果がでてきて、そのたびに円盤不安定性モデルはいろいろな要素を取り込み進化してきました。ある条件を満たすと降着円盤が歪んで楕円形になり、しかもその楕円の軸がゆっくり動いていくとか、別の条件を満たすと降着円盤の中に2本の渦状の構造が現れるとか、また別の条件を満たすと降着円盤が傾くとか、他にもいろいろなことが降着円盤で起こることがわかってきています。様々な観測データをもとに理論的な枠組みが構築、または補強されていき、逆に理論的にこういうことが起こりそうで、そうなるとこういう現象が観測されそうという予想に基づいて観測計画が立てられて、という観測と理論の相補的な関係が非常にうまくいっているのが矮新星研究の面白いところです。そして、観測的にも理論的にも日本人の果たしてきた役割は非常に大きなものがあります。

このような降着円盤は、激変星の白色矮星がブラックホールや中性子星に置き換わったX線連星での爆発、星が生まれるあたりの原始星円盤の増光、一部の大質量星の最後で起こるガンマ線バースト、銀河中心の超巨大ブラックホールに大量のガスが落ち込んでいる活動銀河中心核や同じく超巨大ブラックホールに星が落ち込む時に潮汐力で星がバラバラになってしまう潮汐破壊現象などなど、宇宙における非常に激しい現象の多くに関わっています。その中でも矮新星の爆発現象は、数秒から数十日という時間尺度や可視光で観測しやすいこと、天体数が多いことなどから、降着円盤の基本的な性質を明らかにするよい実験場と言えます。

## 5. 国際研究会

さて、2025年9月には近接連星系における降着円盤不安定性モデル50周年記念国際研究会（開催は1年遅れていますが、準備は前年から始めたということでご勘弁を。）が北海道で行われました（図5参照）。この研究会には日本を含む13カ国から61人の参加者があり、激変星やX線連星を中心に円盤不安定性モデルに関係する観測結果や理論を集中的に議論しました。この研究会では、なんと尾崎さんが科学組織委

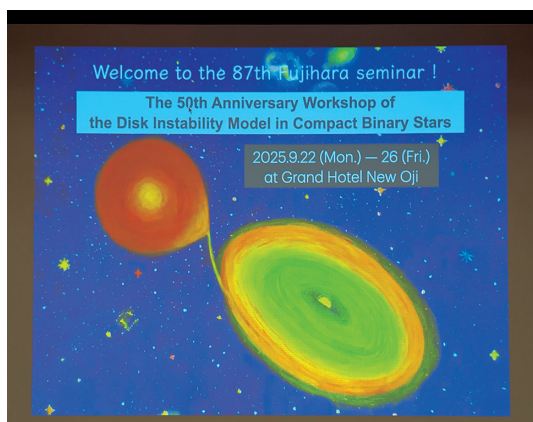


図5. 降着円盤不安定性50周年記念研究会のオープニングを飾ったスライド。尾崎さんの激変星の油絵がもとになっています。

員及び現地組織委員を務められる（私も現地組織委員をしていました）とともに、円盤不安定性モデル発表前後の状況についての報告をされました。尾崎さんはその頃30台半ば、現在が80代半ばとのことで、そのお元気に驚くとともに私ももっともっと頑張っていかなければと大いに元気づけられました。

## 6. 激変星観測のススメ

ここまで読まれた皆様、激変星って面白そうと思っていただけただけでしょうか？この分野は、現代の幅広い天文学研究の中でも、一般の方の参加が非常に大きな貢献となります。かんむり座T星の爆発監視は、一番明るいときには2等にもなるので、空の明るい大阪市内でも望遠鏡も双眼鏡もなしで、肉眼で見つけられるかもしれません。また、「うちゅう」2025年5月号のメイン記事で渡部義弥さんが紹介されていたスマート望遠鏡を使えば、今の静かなかんむり座T星を写して明るさを測ることもできます。スマート望遠鏡を使った観測方法は、今村さんのかんむり座T星の観測キャンペーンのウェブページに詳しく記載されていますので、よければどうぞキャンペーンにご参加ください。さらにご興味湧きましたら、是非いろいろな激変星の観測にも参加してみてください。上記の観測キャンペーンのウェブページも持っている、日本変光星研究会の方々がきっとあなたを温かく迎えてくれます。あなたの発見した激変星の爆発の報告を受けて、私たちの研究グループで京都大学の持つせいめい望遠鏡を含むたくさんの望遠鏡を動かして詳細な観測を行ない、新たな大発見ができるかもしれません！一緒に激変星の観測を楽しみましょう！

### 著者紹介 野上 大作（のがみ だいさく）



1970年生まれ。京都大学理学部卒業。京都大学大学院理学研究科修了。博士（理学）。京都大学大学院研修員、ドイツ・ゲッティンゲン大学研究員、京都大学大学院理学研究科附属天文台助手・助教を経て、2014年より京都大学大学院理学研究科宇宙物理学教室准教授。専門は観測的な恒星物理学で、激変星・X線連星・恒星スーパーフレアを中心に、様々な爆発現象の研究を行なう。国際的な変光星観測ネットワークVSNETの管理人も務める。2024年5月の太陽の大フレアが起こったときには4ちゃんテレビで解説をしたことがあるので、見ていた方もおられるかも。