

● 松本 達矢 特定助教

Tatsuya MATSUMOTO (Assistant Professor)

研究課題: 将来観測を見据えた汎用性の高い突発天体解析手法の完成と
その応用による天体爆発現象の究明: ブラックホールや中性子星などの
極限天体はどのような星から誕生し多様な宇宙の爆発現象を引き起こすのか?
(Deciphering cosmic explosions with a novel analyzing method)

専門分野: 天体物理学 (Astrophysics)

受入先部局: 理学研究科 (Graduate School of Science)

前職の機関名: コロンビア大学 物理学科 (Columbia University, Department of Physics)



宇宙には強い重力のために光さえ脱出できないブラックホールや、銀河一個分の明るさに匹敵する超新星爆発を引き起こす中性子星といった天体が存在します。幼少期に図鑑を通してこれらの極限天体を知った私には、なにか自分の理解を超えるような遠い彼方の存在だと感じられました。しかし、物理学の知識を用いることでそれらを理解できることを知って感銘を受け、以来、天体の性質をより深く理解するべく研究に取り組んでいます。この10年ほどで観測の手法が多様化し、これまでは予想されていなかった天体の爆発現象が数多く発見されています。

白眉プロジェクトでは、今後も進歩していく観測体制を念頭に、より多くの天体爆発現象を短時間で解析する方法の完成を目指します。この方法を実際に観測された天体に適用していくことで、それらの物理的性質を探り、爆発の理論モデルなどの提唱にも取り組んでいきます。

In the Universe, there are many exotic objects such as black holes from which light cannot escape due to strong gravity, and neutron stars which cause an explosion as bright as a whole galaxy. These celestial objects may seem distant entities beyond our understanding. While my first impressions were a similar one, at university I realized that physics is a powerful tool for understanding them. Since that time, I have been passionate about astrophysics and enjoyed studying various astrophysical phenomena. In particular, my research interests lie in the physics of cosmic explosions which are probably produced by black holes and neutron stars. Interestingly, recent observations have discovered more and more cosmic explosions but their nature is still a big mystery.

In the Hakubi project, taking into account the ongoing progress of observations, my research project aims to establish a new theoretical framework to analyze cosmic explosive phenomena. Through systematic analyses of transients detected so far, I will elucidate their origin and explosion mechanism.

宇宙の極限天体と突発天体現象

宇宙には太陽のような星以外にも、ブラックホールや中性子星と呼ばれる天体が存在します。これらは非常に強い重力によって特徴づけられる極限天体で、特にブラックホールは表面から光も脱出できない、文字通り漆黒の天体として知られています。このような日常生活の感覚からかけ離れた性質が、研究者だけでなく多くの人々の興味を引きつけ、SF映画などにもしばしば取り上げられています。

極限天体が関わる現象として、突発天体現象が挙げられます。これは宇宙で起こる爆発で、夜空に突然現れる明るい天体として観測されます。代表的な例として、超新星爆発は太陽の10倍ほどの質量を持つ星が一

生を終える際に中心で中性子星を作って起こす爆発です。この爆発は銀河一個分に匹敵する明るさで数ヶ月間輝く天体として観測されます。これを詳しく観測することで、どのような星が爆発したのかを調べることができます。

突発天体観測の進展と展望

突発天体の観測はこの10年で大きく進歩しました。感度の高い望遠鏡によって広い視野を何度も観測することで、多くの突発天体を検出できるようになっています。例えば、超新星爆発は30年前には一年に10天体ほどしか観測されていませんでしたが、現在では一日に約100天体も検出されています。また、超新星爆

発以外にも、これまでは検出できなかった新しいタイプの突発天体も数多く発見されてきました。図1にそのような新しい突発天体の例を示しています。これらの多くはブラックホールや中性子星によって引き起こされると考えられていますが、その具体的なメカニズムはよくわかっておらず宇宙物理学の活発な研究対象となっています。

突発天体現象の観測は今後も発展していきます。特に私は2024年ごろからスタートする予定であるRubin Observatory (参考文献 [1])での観測に注目しています。この天文台が本格的に稼働すると検出される突発天体は現在の約10倍になると見積もられています。また、これまで述べてきたのは私たちの目で見える可視光での観測でしたが、この他にも電波やガンマ線に至る様々な波長の光や、ニュートリノや重力波を用いた突発天体の観測体制がますます充実していきます。

突発天体を解析する新しい方法の構築

突発天体の観測が充実していく一方で、観測された天体を解析し、理解するための理論的枠組みはまだ十分に整備されているとは言えず、研究の余地が残されています。特に、新しいタイプの突発天体に対しては、爆発メカニズムを仮定して理論モデルを構築し、爆発で放出された物質の質量やエネルギーなどのパラメータ推定が行われます。しかし、推定結果は仮定される爆発メカニズムに依存するため単純な比較が難しく、様々なメカニズムが提案されるだけで現象の理解があまり進んでいないのが現状です。

そこで、私は突発天体を解析する新しい手法の開発に取り組みます。この方法は、多くの可視光突発天体では熱的な放射が観測されるという事実を用い、天体の明るさと温度を用いて放射領域の半径と密度、さらに爆発物質のパラメータを推定します。特にこの方法では爆発メカニズムに依存せず、観測量を用いた簡単な計算でパラメータを推定できるため、新奇な天体や多くの天体の系統的な解析ができると期待できます。実際にこの手法を試験的に超新星爆発に適用し、うまく推定できることを確認しています (参考文献 [2])。今後は数値シミュレーションの結果などを援用しつつ、試験的な計算で用いた近似の妥当性などを考察し、より精度の高い計算ができるように改良していきます。

また、京都大学が有するせいめい望遠鏡で得られる天体にも応用することで、観測の現場で実践的に使える手法として完成させます。さらに、この手法をこれまで観測されてきた多様な天体に適用し、従来提唱されてきた爆発メカニズムの検証や新しいメカニズムの提案にも取り組みます。

突発天体の研究は観測に大きく牽引されています。新しい謎の提起 (最近の観測に触発されて私が取り組んだ研究の例として、参考文献 [3]) や、数十年來の謎の解決につながる天体現象が今夜起こるかもしれないのは、スリリングですが非常に躍動感のある楽しいものです。白眉研究員として与えられた環境を存分に活かし研究に励みたいと思います。

参考文献

1. Ivezic et al. 2019, ApJ, 873, 111
2. Matsumoto & Piran, 2021, MNRAS, 502, 3385
3. Matsumoto & Metzger, 2022, ApJ, 936, 115

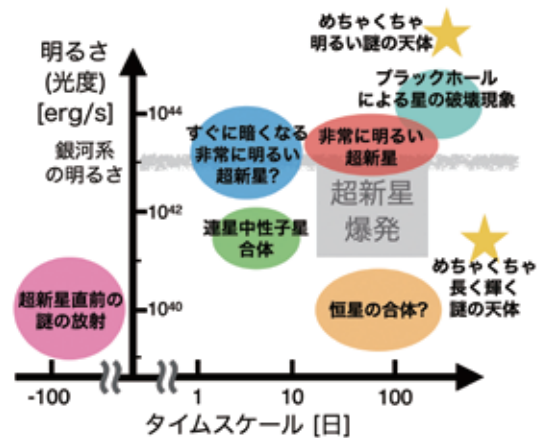


図1. 新しいタイプの (可視光) 突発天体の例。横軸に爆発の継続時間 (タイムスケール)、縦軸に明るさを示している。