

次世代大規模探査を用いた突発天体観測で明らかにする宇宙の進化

研究代表者	国立天文台・科学研究部・教授	
	富永 望 (とみなが のぞむ)	研究者番号：00550279
研究課題情報	課題番号：24H00027	研究期間：2024年度～2028年度
	キーワード：突発天体、大規模探査観測、すばる望遠鏡、ビッグデータ、大規模データ解析	

なぜこの研究を行おうと思ったのか (研究の背景・目的)

●研究の全体像

超新星爆発に代表される突発天体は、宇宙におけるヘリウムより重い元素(重元素)の主要な供給源であり、爆発の際に解放されるエネルギーも含め、宇宙進化の原動力である。本研究は、次世代大規模探査とすばる望遠鏡による同時観測、理論研究、それらを有機的に統合するシステム構築によって、宇宙開闢から現在に至るまで、突発天体がどのように宇宙進化を駆動してきたのかを明らかにする。

本研究期間の5年間で、広視野専用望遠鏡を用いた究極の可視光探査Rubin/Legacy Survey of Space and Time (LSST)サーベイが始まる。また、近赤外線広視野衛星である欧州のEuclid衛星、米国のRoman衛星が稼働し、近赤外線広視野探査が行われる。今まさに、遠方宇宙から近傍宇宙に至るまで、突発天体を用いて宇宙進化を明らかにする好機が訪れている。

本研究は、近傍宇宙では、すばる望遠鏡Prime Focus Spectrograph (PFS) を用いてRubin/LSSTによって発見される近傍突発天体の即時分光追観測を行い、突発天体の輻射流体計算と比較することで、その重元素合成量やエネルギー解放量を明らかにする。さらに、遠方宇宙では、Euclid、Romanによる近赤外線観測に合わせてすばる望遠鏡Hyper Suprime-Cam (HSC) を用いた可視光同時観測を行い、可視光・近赤外線遠方突発天体を探査する。これにより遠方突発天体の発生率に加えて重元素合成量やエネルギー解放量を求める。これらの結果に基づいて宇宙論的シミュレーションを行い、遠方銀河観測と比較する。以上により、突発天体を切り口に遠方宇宙から近傍宇宙までの宇宙進化を理解する。

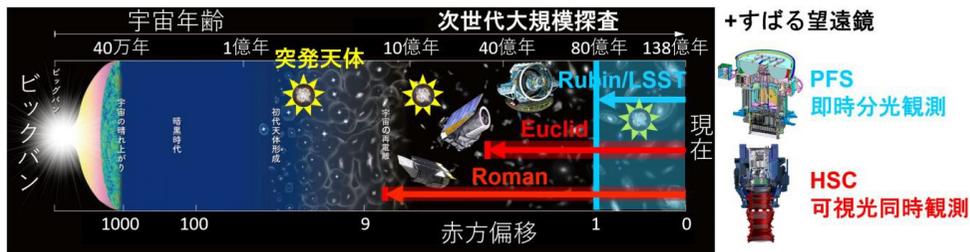


図1 本研究で突発天体を用いて明らかにする宇宙の進化。(a) Rubin/LSSTおよびPFSによる観測と数値計算で、宇宙に存在する突発天体の重元素合成量、エネルギー解放量を明らかにし、(b) Euclid、RomanおよびHSCによる観測と数値計算を用いて、遠方突発天体がどのように宇宙の進化に貢献してきたのかを明らかにする。© NAOJ

●学術的「問い」

本研究は、Rubin/LSST、Euclid、Romanによる次世代大規模探査に合わせて、すばる望遠鏡HSC、PFSを用いた同時観測を行い、

- (1) 宇宙にはどの程度のエネルギーを解放し重元素を生成する突発天体が存在するのか?
- (2) これらの突発天体はどのように宇宙の進化に貢献してきたのか?

という二つの「問い」に答える。

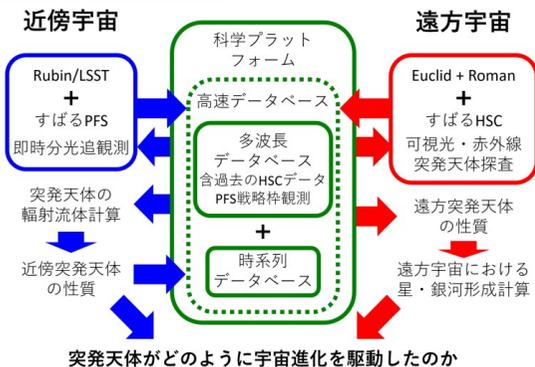


図2 本研究の全体像。高速データベースと科学プラットフォームを構築し、次世代大規模探査を用いて、遠方宇宙から近傍宇宙まで突発天体がどのように宇宙進化を駆動したのか明らかにする。

この研究によって何をどこまで明らかにしようとしているのか

●可視光突発天体の即時分光追観測で探る近傍突発天体の素性

Rubin/LSSTでは、ブローカー (ALeRCE等)と呼ばれる突発天体探査チームが世界に突発天体を報告する。本研究では、このうちすばる望遠鏡から観測可能な約10,000天体の突発天体に対して、PFSを用いた即時追観測を行う。これにより取得されるスペクトルから、突発天体の重元素合成量、放出物質の速度を測定する。これを用いて、それぞれの突発天体を分類し、その多様性や共通点を同定する。恒星進化や高エネルギー物理学の理論を駆使した突発天体の輻射流体計算を行い、それぞれの突発天体の重元素合成量、エネルギー解放量を明らかにし、近傍宇宙で突発天体がどのように宇宙進化に寄与したのか解明する。また、多数の突発天体を用いて撮像観測による重元素合成量、エネルギー解放量の推定方法を確立する。

●可視光・近赤外線突発天体探査によって探る遠方突発天体の宇宙進化への寄与

Euclid、Romanによって複数回観測される領域に対して、HSCを用いた深い可視光同時観測を行い、可視光・近赤外線観測データを独自に解析し、遠方天体に特化した突発天体探査を行う。Euclidを用いた継続時間の長い赤方偏移4程度までの遠方突発天体の探査、Romanを用いたさらに遠方の赤方偏移7程度までの突発天体探査を行う。理論予測に基づくと、Euclidによって赤方偏移4以下の遠方突発天体が約50天体、Romanによって赤方偏移5を超える遠方突発天体が約100天体発見されることが期待される。これにより、遠方突発天体の発生率を決定する。その結果に基づいて次世代星形成や銀河の形成・進化の数値計算を行い、James Webb Space Telescope (JWST) などによる遠方銀河観測の結果と比較する。これらを用いて、宇宙初期の進化に遠方突発天体がどのように寄与したのか解明する。

以上のように次世代大規模探査とすばる望遠鏡による観測に加えて、理論研究を用いて、突発天体を切り口に、宇宙開闢から現在に至るまで宇宙進化を網羅的に理解する手段を創出する。

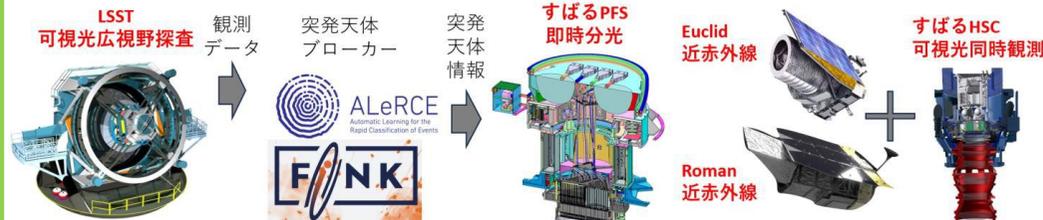


図3 本研究で実現する近傍突発天体の観測研究。10,000天体にのぼる近傍突発天体の究極データを構築し突発天体の統計的性質を明らかにする。© Rubin/LSST, ALeRCE, Fink, NAOJ

図4 本研究で実現する遠方突発天体の観測研究。遠方突発天体に特化した探査で初期宇宙における重元素供給の歴史を解明する。© Euclid, Roman, NAOJ

●ビッグデータ天文学の基盤構築

次世代大規模探査およびすばる望遠鏡を用いた同時観測によって得られる観測データは膨大な量となる。そのため、各研究者が個別にデータをダウンロード解析するという従来の枠組みはもはや通用しない。本研究の実現には、巨大な観測データを解析し突発天体やその母銀河に関する情報を即時に検索・参照できるシステム(科学プラットフォーム)の構築が必要不可欠である。

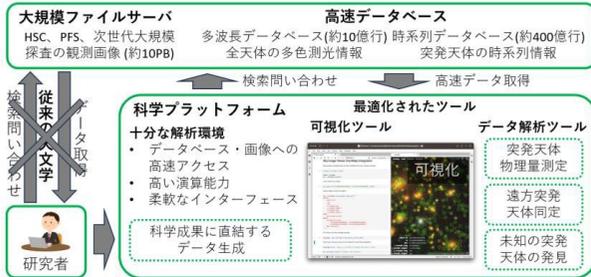


図5 本研究で実現するビッグデータ天文学の基盤

本研究では、大規模ファイルサーバ、高速データベースに加え、国際協力によりRubin/LSSTが開発中のフレームワークを本研究用に改良することで、即時性、高い解析効率を実現した科学プラットフォームを構築する。これらを用いて、科学成果に直結するデータを生成し、世界との競争に打ち勝ち科学成果を早期に創出することを可能にする。さらに、将来的に日本がビッグデータ天文学の新時代をけん引する基盤を構築する。また、若手育成にも力を入れ、次世代のビッグデータ天文学を牽引する研究者を育成する。