

平成29年度国立天文台滞在型共同研究報告書
Activity Report for NAOJ Visiting Joint Research in FY 2017

2018年 4月 7日
YYYY/MM/DD

申請者 Applicant	氏名 Name	もりや たかし 守屋 堯
	所属・職 Division・position	理論研究部 特任助教
研究課題名 Research Title	Superluminous supernovae and extreme core-collapse supernovae	
研究場所 Place	国立天文台三鷹	
共同研究者 氏名・所属・職名 Joint researcher's Name・Institution・Position/ Graduate Student year	Paolo Mazzali, Liverpool John Moores University, Professor Elena Pian, INAF - Astrophysics and Space Science Observatory, Senior Astronomer	
1. 研究概要 (Summary of research)		
<p>近年、時間軸天文学が注目され、大規模な突発天体サーベイが行われるようになり、従来の恒星進化論では全く考えられて来なかったような星の死の形態が多く存在することが明らかになってきた。その中の一つに、超高輝度超新星(superluminous supernova)と呼ばれている超新星が挙げられる。大質量星の爆発に由来する超新星のなかで従来最も明るかった超新星はガンマ線バーストに付随することが知られている極超新星である。極超新星の明るさは0.5太陽質量程度のニッケル56が爆発時に合成されることで説明されるが、超高輝度超新星の明るさを実現するためには典型的に10太陽質量程度のニッケル56が爆発時に生成される必要がある。これほどの量のニッケル56を通常の重力崩壊型超新星時に合成することは困難であると考えられてきたため、超高輝度超新星は対不安定型超新星といった他の爆発メカニズムに関係している可能性が議論されてきた。しかし、極超新星と超高輝度超新星には多くの類似性があることも明らかになり始めている。例えば爆発から十分時間が経ち、超新星の中心部が直接観測出来る時期に取られるスペクトルがお互いにとても良く似ていることが分かり始めている。これは、両者の明るさは大きく異なるものの、中心での爆発エンジンに類似性がある可能性を示唆している。さらに、ガンマ線バーストに付随する極超新星の中には、超高輝度超新星の明るさに迫るものが存在することも明らかになっている。加えて、両者はともに金属量の低い環境で観測されることも判明している。</p> <p>これまで超高輝度超新星の由来として重力崩壊型超新星がニッケル56を多量に生成して明るくなっているという可能性はほとんど考えられて来なかった。しかし、極超新星と超高輝度超新星の類似性は、両者の爆発機構に一定の関係がある可能性を示している。そこで、これまで超高輝度超新星の明るさを説明できるほどのニッケル56を合成することは難しいと考えられてきた重力崩壊型超新星が、極超新星を上回るような極限的な状況においてどの程度までニッケル56を生成できるかを整理する。そして、ニッケル56によって明るくなる極超新星の究極版として超高輝度超新星を説明できるかどうかを明確にするのが本共同研究の目的である。</p>		

2. 研究成果(Research achievements)

超高輝度超新星の中では比較的暗い部類であるSN 2007biに注目して、特にSN 2007biのスペクトルのモデルを行った。この結果、SN 2007biは極超新星の究極版としてニッケル56の崩壊による加熱で明るさとスペクトルの変化を説明できることが明らかになった。必要なニッケル56の質量は5太陽質量前後であり、極超新星の10倍程度必要であることを示した。さらに、スペクトルの詳細なモデルを行った結果、スペクトルに現れている比較的細い吸収線を再現するためには、爆発噴出物の最外層の速度が非常に遅い必要があることが判明した。これは、爆発噴出物の最外層が何らかの理由で減速を受けていることを示唆しているという結論を得た。おそらく親星のすぐ近くに高密度の星周物質が存在するために最外層が減速を受けていると考えられ、今後超高輝度超新星における明るさの起源として、ニッケル56に加えて星周物質との相互作用も同時に考慮していく必要があるということが明らかになった。これらの成果は2編の論文としてまとめ、夏頃の投稿を目指すことになった。

SN 2007biが極超新星の究極版として説明できそうであることが判明したことから、ガンマ線バーストに付随するような極超新星とSN 2007biのような超高輝度超新星の関係や違いについて議論を深めた。ガンマ線バーストに付随する高エネルギーの超新星のエネルギー源として、爆発時に生ずる強磁場が原因である可能性が指摘されている。現在強磁場を考慮した超新星爆発のシミュレーションは存在するものの、爆発後の観測量まで予言できるほど長い時間を追ったシミュレーションはまだ存在していない。少し物理を単純化してでも強磁場を伴う超新星爆発のシミュレーションを長時間追い、その観測的性質を予言するような研究を今後行っていく方向性を得た。このような長時間シミュレーションから極超新星と超高輝度超新星が多くの共通の観測的性質を持つ理由が今後明らかになる可能性がある。

昨年はこれまで発見された3番目に近いガンマ線バーストとそれに付随する極超新星(SN 2017iuk)と、これまで発見された最も近い超高輝度超新星(SN 2017egm)に恵まれた。これらの超新星は非常に近いため、その正体を明らかにするための詳細な観測を行う絶好のターゲットである。極超新星と超高輝度超新星の議論を重ねる中で、この2つの天体の中心の様子を探るための爆発後期における観測を行う重要性を認識した。偶然すぎる望遠鏡のサービス観測プロポーザルの締切直前であったので、上記の2天体の後期観測を行うプロポーザルを共同で準備し、提出した。

3. 本制度に対する意見、要望など【申請者記載欄】

(Any comments on this program 【For applicant】)

一般共同利用研究室のプリンターが使えなかった。印刷機が古すぎるようなので、新しいものを導入して欲しい。また、eduroamが使えないためにインターネット接続に困ることがあった。eduroamを導入するべきである。

4. 本制度に対する意見、要望など【本事業で来訪した共同研究者記載欄】

(Any comments on this program 【For joint researcher】)

非常に有意義な滞在であった。欲を言えば、共同研究者以外とも交流する機会があればよかった。

(申請者注：年度末の滞在だったため定例のセミナーもほぼなく、共同研究者以外の研究者との交流の場をあまり設けられなかった。今後似たような滞在者が来る時は、なるべく多くの研究者と交流を持ってもらえるように注意したい。)

5.共同研究者の滞在日程(Joint research period)

氏名・所属 (Name・Institution)	Paolo Mazzali (Liverpool John Moores University)	
滞在日程 (Period of stay)		日数(days)
2018年 3月20日 ~ 2018年 4月 3日 YYYY/MM/DD ~ YYYY/MM/DD		15日間(days)
年 月 日 ~ 年 月 日 YYYY/MM/DD ~ YYYY/MM/DD		日間(days)
合計 (Total)		日間(days)

氏名・所属 (Name・Institution)	Elena Pian (INAF, Astrophysics and Space Science Observatory)	
滞在日程 (Period of stay)		日数(days)
2018年 3月20日 ~ 2018年 4月 3日 YYYY/MM/DD ~ YYYY/MM/DD		15日間(days)
年 月 日 ~ 年 月 日 YYYY/MM/DD ~ YYYY/MM/DD		日間(days)
合計 (Total)		日間(days)