

## 科学研究費助成事業（学術研究助成基金助成金）研究成果報告書

平成 25 年 6 月 11 日現在

機関番号：12601

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2011 ～ 2012

課題番号：23740143

研究課題名（和文） 超新星ショック・ブレイクアウト現象の観測的研究

研究課題名（英文） Observational Studies on Supernova Shock Breakouts

研究代表者

諸隈 智貴 ( MOROKUMA TOMOKI )

東京大学・大学院理学系研究科・助教

研究者番号：10594674

研究成果の概要（和文）：木曾シュミット望遠鏡の広視野カメラ Kiso Wide Field Camera (KWFC)を用いて、1 時間間隔という超高頻度で撮像観測を行うという超新星探査 Kiso Supernova Survey (KISS)を行った。超新星爆発の直後の現象であるショックブレイクアウトを可視光で初めて検出し、その光度曲線の理論モデルとの比較から、爆発前の親星の姿を明らかにするとともに、すばる望遠鏡等の大口径望遠鏡を用いて初期宇宙における星形成史を明らかにすることを目的としていた。本研究では、KISS において必須である KWFC 用フィルター交換機構を完成させ、その後、2012 年 4 月より探査を開始し、当初の見積の通り、超新星を約 40 天体発見し、国際天文学連合に新規超新星を 7 天体報告した。ショックブレイクアウトは検出できなかったが、観測直後の自動データ解析システムの確立、KWFC 観測後のフォローアップ体制の整備を行うことができた。すばる望遠鏡の広視野カメラ Suprime-Cam、Hyper Suprime-Cam による遠方超新星ショックブレイクアウトの観測も予定していたが、望遠鏡・装置トラブルにより実行することができなかった。

研究成果の概要（英文）：We carried out a supernova survey called Kiso Supernova Survey (KISS) using 1-m Kiso Schmidt telescope and its wide-field optical imager, Kiso Wide Field Camera (KWFC). The uniqueness of KISS is its high cadence observation of 1-hour interval. The main purpose of KISS is to the first optical discovery of a shock breakout phenomenon of a supernova which has been predicted theoretically for a long time. By comparing of a light curve of a shock breakout, we sophisticate our theoretical model and utilize it to explore cosmic star formation history up to the early universe. In this study, we first completed the filter exchanger system for KWFC which is indispensable for KISS and then started the KISS observations from April 2012. We discovered about 40 supernovae as expected before the survey started and reported 7 new supernovae to the Central Bureau for Astronomical Telegrams. We could not discover shock breakouts but succeeded in establishing automatic data reduction system and quick follow-up framework which is essential for this study. We were planning to conduct observations using the 8.2-m Subaru telescope and its wide-field imagers, Suprime-Cam and Hyper Suprime-Cam for distant shock breakout discoveries but our observations were cancelled due to some troubles of them.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
交付決定額	3,300,000	990,000	4,290,000

研究分野：数物系科学

科研費の分科・細目：天文学・天文学

キーワード：光学赤外線天文学

## 1. 研究開始当初の背景

太陽の8倍以上の質量を持つ星は、その一生の最期に、重力崩壊型超新星と呼ばれる爆発を起こし、太陽の約 10 億倍もの明るさで光り輝く。重力崩壊型超新星爆発では、中心の鉄のコアが重力崩壊し、その後、中心部で発生した衝撃波が外部へ伝搬して行く。その衝撃波が、星の表層を通過する際に、急激に明るくなる。これがショック・ブレイクアウトと呼ばれる現象であり、1978年に理論的に予言されたにも関わらず、継続時間が数秒から数時間と短く、そもそも超新星爆発自体が突発的で稀な現象(典型的には 1 つの銀河で 100 年に 1 個)であるため、長らく観測的に実証されなかった。1990 年代以降、数千個の超新星が発見されてきたが、このショック・ブレイクアウト現象が初めて観測的に確認・報告されたのは 2008 年のことであり、その後、計 3 例の報告があるが、いずれも別の目的の観測データを用いた偶然の発見であり、系統的な探査はいまだ行われておらず、その普遍性でさえも謎であった。ショック・ブレイクアウト現象は、継続時間は短いながらも、全放射強度は最も明るい超新星に匹敵し、一般的な超新星に付随する現象の中で最も明るく輝くものの一つであり、一般的な重力崩壊型超新星爆発の物理、宇宙の星形成史の進化の理解に最適な現象である。

## 2. 研究の目的

世界で初めての、超新星ショック・ブレイクアウト検出に最適化した系統的探査を行い、(1) 我々の理論モデルに基づき、爆発した星の物理パラメータを引き出し、その手法を確立すること、(2) 超新星ショック・ブレイクアウト現象が、一般的な重力崩壊型超新星に付随することを観測的に初めて実証し、その大サンプル(~ 100 天体程度)を構築すること、(3) 銀河そのものの研究とは独立に、宇宙の星形成史進化を調べる、特に、星形成が最も活発であった 100 億年前までの重力崩壊型超新星発生頻度を調べるのが当初の目的であった。

## 3. 研究の方法

上記目的を達するため、口径 1.05m 木曾シュミット望遠鏡と口径 8.2m すばる望遠鏡のそれぞれの可視広視野カメラを用いて、超新星ショック・ブレイクアウトの系統的探査を行うことを予定していた。

木曾シュミット望遠鏡については、まず、本研究に欠かせないロボット式フィルター交換機構を完成させるとともに、2012 年度より本格的な探査 Kiso Supernova Survey

(KISS)を開始する。KISS では、木曾シュミット望遠鏡を年間 100 晩程度使用して観測を行うことにより、100Mpc より近い超新星ショック・ブレイクアウトの検出と、その後の詳細観測による爆発前の星の物理パラメータおよび爆発機構の解明を目指した。

一方、すばる望遠鏡では、現行の広視野カメラ Suprime-Cam、および新しい広視野カメラ Hyper Suprime-Cam を用いた探査を行うことにより、100 億年前までの宇宙における超新星ショック・ブレイクアウトの検出を行うことにより、宇宙の星形成史の理解を目指した。

## 4. 研究成果

木曾シュミット望遠鏡広視野カメラ KWFC 用のフィルター交換機構のフィルターカセットを 4 枚から 12 枚へ、さらに空圧制御装置を取り付けた。これにより、産業用ロボットを用いたフィルター交換機構全体として完成を迎え、超新星探査の大規模な観測を遂行するために十分な数のフィルターを使用することが可能になった。平成 23 年度下半期に行った試験観測による KWFC カメラ本体の性能評価において、想定通りの性能を確認し、平成 24 年 4 月から共同利用観測へ公開するとともに、超新星探査 KISS の観測を開始し、2013 年 3 月までの 1 年間で、計 126 晩(曇天・雨天等の観測遂行不可能夜も含む)の観測を行った。ショック・ブレイクアウトのような短い時間スケールでの変動現象の研究には必要不可欠な、KWFC データ取得後の即時大量データ解析パイプラインの開発、その結果をアマチュア天文家の目を借りてチェックする体制の構築等を行った。また、観測を進めて行くにつれて、他望遠鏡での即時追加観測の必要性を認識し、国内外(日本、台湾、インド、米国、チリ、ロシアなど)の機関・研究グループとの共同研究のもと、撮像・分光追加体制を 2013 年 1 月に整備した。これによりサーベイの効率を当初の想定にまで上げることが可能となった。本研究の範囲内

では、主目的のショックブレイクアウトの検出を行うことはできなかったが、当初の見積りの通り、約40天体の超新星候補天体を発見し、うち計7天体の超新星発見の報告を国際天文学連合へ行った（諸隈ら2012: 計3本、田中ら2013: 計3本、諸隈ら2013: 1本）。これらの成果については、初期成果の記者発表（2012年6月、長野県木曾地方事務所にて）、日本天文学会での講演（2012年春季年会、2013年春季年会）を含め、プロジェクト合計で国際会議発表3件、国内研究会・学会発表14件、卒業論文1件、解説記事2件の他、テレビ取材等の成果発表を行った。

すばる望遠鏡での観測については、富永望氏（甲南大学）を代表研究者として、広視野カメラSuprime-Camを用いた観測提案が受理されていた（平成24年11月に2晩観測を予定）が、望遠鏡トラブルのため、観測がキャンセルされ、実行することが不可能となった。それ以外にも、平成23年度におけるすばる望遠鏡事故や、新しい超広視野カメラHyper Suprime-Cam (HSC)の開発がその最終段階において若干の遅延があったことが原因で、本研究の範囲内ではすばる望遠鏡を用いた観測を遂行する事はできなかった。この間、より効率のよい観測計画を検討するとともに、これまでに偶然発見された超新星ショック・ブレイクアウト現象の発生銀河に対して、超新星爆発環境（星形成率、金属量）を調べるため、ウィリアム・ハーシェル望遠鏡を用いて可視分光観測を2012年3月に行い、現在、データを解析中である。

また、同種の探査データを用いて同時に実現可能である時間変動天体として活動銀河核の研究も並行して進めており、複数の研究会で、主にすばる望遠鏡 HSC を用いた観測計画の発表を行った。

##### 5. 主な発表論文等

（研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線）

##### 〔雑誌論文〕（計7件）

- ① Masaomi, Tanaka, Nozomu Tominaga, Tomoki Morokuma et al. Supernova 2013al, Central Bureau for Astronomical Telegrams, 査読無, 3438 巻, 2013, pp. 1-1
- ② Tomoki Morokuma, Nozomu, Tominaga, Masaomi, Tanaka et al. Supernova 2013Y, Central Bureau for Astronomical Telegrams, 査読無, 3414 巻, 2013, pp. 1-1
- ③ Masaomi, Tanaka, Nozomu Tominaga, Tomoki Morokuma et al. Supernova 2013J, Central Bureau for Astronomical Telegrams, 査読無, 3388 巻, 2013, pp. 1-1
- ④ Masaomi, Tanaka, Nozomu Tominaga, Tomoki Morokuma et al. Supernova 2013I, Central Bureau for Astronomical Telegrams, 査読無, 3386 巻, 2013, pp. 1-1
- ⑤ Tomoki Morokuma, Nozomu, Tominaga, Masaomi, Tanaka et al. Supernova 2012ct, Central Bureau for Astronomical Telegrams, 査読無, 3145 巻, 2012, pp. 1-1
- ⑥ Tomoki Morokuma, Nozomu, Tominaga, Masaomi, Tanaka et al. Supernova 2012cq in UGC 4792, Central Bureau for Astronomical Telegrams, 査読無, 3139 巻, 2012, pp. 1-1
- ⑦ Tomoki Morokuma, Nozomu, Tominaga, Masaomi, Tanaka et al. Supernova 2012cm, Central Bureau for Astronomical Telegrams, 査読無, 3126 巻, 2012, pp. 1-1

##### 〔学会発表〕（計10件）

- ① 森 健彰、諸隈 智貴、富永 望、田中 雅臣、KISS チーム、Kiso Supernova Survey (KISS)、日本天文学会 2013 年春季年会、埼玉大学、2013 年 3 月
- ② 諸隈智貴、可視突発天体・超新星サーベイ、コンパクト連星の合体と電磁波対応天体(招待講演)、京都大学、2013 年 2 月
- ③ 諸隈 智貴、Kiso Supernova Survey (KISS)、連星系変光星低温度星研究会(招待講演)、上松ねざめホテル、2012 年 12 月
- ④ 諸隈 智貴、可視広視野カメラによる変動天体大規模サーベイ、日本天文学会 2012 年秋季年会(基調講演)、大分大学、2012 年 9 月
- ⑤ 諸隈 智貴、大規模観測 KISS、木曾シュミットシンポジウム 2012、上松・木曾勤労者福祉センター、2012 年 7 月

- ⑥ 諸隈 智貴、木曾観測所 105cm シュミット望遠鏡広視野カメラ KWFC による大規模プロジェクト観測：銀河面変光星探査と超新星探査、グローバルな宇宙天文観測、国立天文台、2012 年 2 月
- ⑦ 諸隈 智貴、東京大学木曾観測所大規模プログラム ～銀河面・超新星サーベイ～、第 2 回大学間連携ワークショップ、岡山、2012 年 1 月
- ⑧ 諸隈 智貴、富永 望、田中 雅臣、KWFC 超新星サーベイ計画 KIso Supernova Survey (KISS)、日本の新たな広視野カメラを用いた銀河系探査の展望、東京大学、2011 年 12 月
- ⑨ Tomoki Morokuma、Subaru Wide-Field Variability Survey for Active Galactic Nuclei、IAU Symposium 285 New Horizons in Time Domain Astronomy、Oxford University、2011 年 9 月
- ⑩ Tomoki Morokuma、Supernova Survey Plan with Kiso Wide-Field Camera (KWFC)、Supernova Cosmology Project Collaboration Meeting 2011、Lawrence Berkeley National Laboratory、2011 年 7 月

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

諸隈 智貴 ( MOROKUMA TOMOKI )  
東京大学・大学院理学系研究科・助教  
研究者番号：10594674

### (2) 研究分担者

( )

研究者番号：

### (3) 連携研究者

( )

研究者番号：