

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 8 日現在

機関番号：12601
研究種目：若手研究(B)
研究期間：2013～2015
課題番号：25800103
研究課題名(和文)超新星ショック・ブレイクアウト可視光大規模探査研究

研究課題名(英文)Optical Survey for Supernova Shock Breakouts

研究代表者
諸隈 智貴 (Morokuma, Tomoki)

東京大学・理学(系)研究科(研究院)・助教

研究者番号：10594674

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,200,000円

研究成果の概要(和文)：大質量星の最期である超新星爆発の瞬間(ショック・ブレイクアウト現象)を可視光で初めて捉え、宇宙の主要構成要素である星の最終進化段階の姿及び爆発メカニズムの解明を目的とし、1m木曾シュミット望遠鏡KWFC及び8.2mすばる望遠鏡HSCを用い、世界初の高頻度超新星探査を行った。木曾では、KWFCの機器整備を行い、遠隔自動観測により1年あたり100晩の観測を3年間行った。目的の天体は発見できなかったが、理論モデルによる予想とは無矛盾である。すばる望遠鏡では、データ解析専用PCを設置し、爆発直後の超新星を5天体発見した。同データから、300万太陽質量の小さな活動的ブラックホールの同定にも成功した。

研究成果の概要(英文)：We aimed for detecting the first moment of explosion of a supernova (shock breakout), which is originated from a massive star, to reveal the final stage of a stellar evolution and the explosion mechanism. We used wide-field optical imaging camera mounted on 1-m Kiso Schmidt telescope (KWFC) and 8.2-m Subaru telescope (HSC). Our high-cadence supernova survey for supernovae was the first trial in the world. We completed observing systems for remote automatic observations for the Kiso telescope and carried out 100-night observations per year for three years. We discovered no shock breakouts which is still consistent with the model prediction. With the Subaru HSC, we developed a data reduction system at the site and successfully discovered 5 young supernovae which are thought to be right after the explosions. Using the same dataset, we also identified a small active black holes of 3 million solar masses.

研究分野：光赤外線天文学

キーワード：超新星 広視野サーベイ 活動銀河核

1 . 研究開始当初の背景

太陽の 8-10 倍以上の質量を持つ大質量星の最期である(重力崩壊型)超新星爆発は、超新星爆発そのもののみならず、大質量星の進化という観点からも興味深い天体であるが、どのような星が超新星爆発を起こしたのか(爆発前の姿はどのようであったか)、という基本的なことがいまだ明らかになっていない。研究開始当初は、一部の超新星に対して、ハッブル宇宙望遠鏡による爆発前の星の観測結果が大きな比重を占めていたが、これは星が個別に観測できる非常に近傍の宇宙に限定される。本研究における対象である超新星の爆発直後の観測による研究は、当時まだ精度のあまり高くない偶然の観測例が X 線・紫外線で 2 つあったのみであり、さらなる高精度の観測が望まれていた。しかし、世界各地で行われていた広視野超新星探査的手法では、爆発直後の発見が難しく、研究はあまり進展していなかった。

2 . 研究の目的

超新星爆発の、その爆発の瞬間であるショック・ブレイクアウト現象を可視光で初めて捉えることにより、宇宙の主要構成要素である星の最終進化段階の姿、および超新星爆発のメカニズムの解明を目的とする。小口径望遠鏡を用いて、近傍の超新星爆発を超早期発見し、その性質を詳細追観測により明らかにするとともに、大口径望遠鏡を用いた遠方超新星探査を行い、サンプル数を増大させ、統計的な議論を行うことを目指した。

3 . 研究の方法

2 つの広視野望遠鏡である、木曾 1m シュミット望遠鏡およびすばる 8.2m 望遠鏡を用い、本目的に特化した観測の効率化を実現し、大規模サーベイを行った。両望遠鏡ともに 1 時間という高頻度で探査観測を実施しているが、このような高頻度超新星探査観測は世界的にも例がない。

- (1) 木曾シュミット望遠鏡では、赤方偏移 0.03 以下の近傍超新星のショック・ブレイクアウトの検出を目指し、年間約 100 晩の観測を継続する。
- (2) すばる望遠鏡では、大規模戦略枠観測のデータ、および共同利用観測による年間数晩のデータを用いて、宇宙の星形成の最盛期である赤方偏移 2-3 にせまる遠方超新星のショック・ブレイクアウトの検出を目指した。これら 2 つの探査から見つかる超新星の爆発直後の観測データを元に、理論モデルとの比較により超新星爆発前の星の性質を探る。

4 . 研究成果

(1) 木曾シュミット望遠鏡の超広視野カメラ KWFC の機器整備を完了し、安定した遠隔・自動観測に成功した。データ解析・候補天体確認システムの整備も完了し、候補天体即時

発見、即日観測のシステムが完成した。

(2) このシステムを用いて、平成 24 年度より行っている高頻度超新星探査 KISS を平成 27 年 9 月まで継続し、科学的発見に至るまでの効率化が進んだ。1 年あたり約 100 晩もの観測を行い、超新星ショック・ブレイクアウトに特化した本探査観測の詳細について述べた査読論文を出版した(雑誌論文)。過去の一例の観測結果(紫外線)に基づいた理論モデルを元に予想される検出期待値は 1 年あたり 1 個前後と少なく、KISS 探査で超新星ショック・ブレイクアウトを検出できていないことと理論モデルは矛盾しない。

(3) また、高頻度超新星探査の副産物として、早期発見に成功した Ia 型超新星 2 天体や特殊な IIc 型超新星、珍しいブラックホールの突発現象などが発見された。特に、最後に述べたブラックホールについては、その後の追観測により、赤方偏移 0.84 と遠方の電波で明るい活動銀河核で、相対論的ジェットによるシンクロトロン放射およびその短時間変動を見ていることが明らかになり、その結果を査読論文として出版(雑誌論文)するとともに、継続的なモニター観測や多波長観測を行った。

(4) KWFC 用に構築した遠隔・自動観測および解析システムは、他の突発現象に対しても汎用的に使用することができ、MAXI 衛星の出した X 線突発天体アラートや重力波検出アラートに対しての追観測も行った(雑誌論文、 、 、)。

(5) すばる望遠鏡の新広視野カメラ HSC では、5 年間で 300 晩の大規模な戦略枠観測(2014 年 3 月開始、一部完了)及び共同利用観測を行った。上記 KWFC 用データ解析システムを HSC 用へ修正した専用 PC を設置し、主に共同利用観測データ(計 6 晩)の解析を行い、4 件の速報(雑誌論文、 、 、)を行った。さらに、すばる望遠鏡、Gemini8.2m 望遠鏡を用いて分光追観測(計 5 晩)を行い、爆発直後と考えられる超新星を 5 天体発見し、1 本の査読論文(雑誌論文)を出版した。これらは星周構造外縁部もしくは厚い星風におけるショック・ブレイクアウトと解釈され、今後、より詳細な光度曲線およびスペクトルの取得、統計サンプルの構築が必要となる。

(6) また、副産物として、太陽質量の 300 万倍という小さな活動的ブラックホールの同定にも成功し、査読論文(雑誌論文)として出版した。他にも、本研究のために構築した HSC および HSC の先代の広視野カメラである Suprime-Cam の解析システムを用いて、Fast Radio Burst の母銀河の同定(雑誌論文)などの関連研究も行った。

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 16 件)

Morokuma, T., Tominaga, N., Tanaka, M., et al. 2016, "An effective selection method for low-mass active black holes and first spectroscopic identification", Publications of the Astronomical Society of Japan, 68, 1--10 (arXiv:1603.02302), 査読有り

DOI: 10.1093/pasj/psw033

Tanaka, M., Tominaga, N., Morokuma, T., et al. 2016, "Rapidly Rising Transients from the Subaru Hyper Suprime-Cam Transient Survey", The Astrophysical Journal, 819, 1--15, 査読有り

DOI: 10.3847/0004-637X/819/1/5

Keane, E. F., Johnston, S., Bhandari, S., et al. (41 名中 22 番目) 2016, "The host galaxy of a fast radio burst", Nature, 530, 453--456, 査読有り

DOI: 10.1038/nature17140

Morokuma, T., Tominaga, N., Tanaka, M., Suzuki, A., Serino, M., Sakamoto, T., & Maeda, K. 2016, "GRB 160206A: Kiso/KWFC optical observations.", GRB Coordinates Network, Circular Service, No. 19008, #1, 査読無し

<http://adsabs.harvard.edu/abs/2016GCN..19008...1M>

Morokuma, T., Tominaga, N., Tanaka, M., Sarugaku, Y., & Kawai, N., 2015, "Imaging Follow-up Observations with KWFC for MAXI J1501-026", The Astronomer's Telegram, No.7960, 査読無し

<http://adsabs.harvard.edu/abs/2015ATel.7960....1M>

Tominaga, N., Morokuma, T., Tanaka, M., et al. 2015, "Supernova candidates discovered with Subaru/Hyper Suprime-Cam", The Astronomer's Telegram, No.7927

<http://adsabs.harvard.edu/abs/2015ATel.7927....1T>, 査読無し

Tominaga, N., Morokuma, T., Tanaka, M., et al. 2015, "Fifty supernova candidates discovered with Subaru/Hyper Suprime-Cam", The Astronomer's Telegram, No.7565

<http://adsabs.harvard.edu/abs/2015ATel.7565....1T>, 査読無し

Morokuma, T., Tominaga, N., Tanaka, M., et al. 2015, "KISS: Discovery and Spectroscopic Classification of a Type Ia Supernova KISS15q", The Astronomer's Telegram, No.7562, 査読無し

<http://adsabs.harvard.edu/abs/2015ATel.7562....1M>

Morokuma, T., Tominaga, N., Tanaka, M., et al. 2015, "KISS: Discovery and Identification of a young SN Ia KISS15n in the Coma cluster", The Astronomer's Telegram, No.7532, 査読無し

<http://adsabs.harvard.edu/abs/2015ATel.7532....1M>

Morokuma, T., Tanaka, M., Yoshida, M., et al. 2015, "LIGO/Virgo G184098: optical transient search with Kiso Schmidt telescope and KWFC on behalf of J-GEM collaboration.", GRB Coordinates Network, Circular Service, No. 18361, #1, 査読無し

<http://adsabs.harvard.edu/abs/2015GCN..18361...1M>

Tominaga, N., Morokuma, T., Tanaka, M., et al. 2014, "Supernova candidates discovered with Subaru/Hyper Suprime-Cam", The Astronomer's Telegram, No.6763, 査読無し

<http://adsabs.harvard.edu/abs/2014ATel.6763....1T>

Tominaga, N., Morokuma, T., Tanaka, M., et al. 2014, "First supernova candidates discovered with Subaru/Hyper Suprime-Cam", The Astronomer's Telegram, No.6291, 査読無し

<http://adsabs.harvard.edu/abs/2014ATel.6291....1T>

Morokuma, T., Tominaga, N., Tanaka, M., et al. 2014, "Kiso Supernova Survey (KISS): Survey strategy", Publications of the Astronomical Society of Japan, 66, 1--16, 査読有り

DOI: 10.1093/pasj/psu105

Tanaka, M., Morokuma, T., Itoh, R., et al. 2014, "Discovery of Dramatic Optical Variability in SDSS J1100+4421: A Peculiar Radio-loud Narrow-line Seyfert 1 Galaxy?", The Astrophysical Journal Letters, 793, 26, 1--26, 査読有り

DOI: 10.1088/2041-8205/793/2/L26

Maehara, H., Tominaga, N., & Morokuma, T. 2014, "GRB 140423A: KWFC z-band photometry", GRB Coordinates Network, Circular Service, No. 16151, #1, 査読無し

<http://adsabs.harvard.edu/abs/2014GCN..16151...1M>

Okumra, J. E., Ihara, Y., Doi, M., Morokuma, T., et al. 2014, "The Type Ia supernovae rate with Subaru/XMM-Newton Deep Survey", Publications of the Astronomical Society of Japan, 66, 1--23, 査読有り

DOI: 10.1093/pasj/psu024

[学会発表](計 16 件)

Tomoki Morokuma, "Subaru Wide-Field Imaging Follow-Up Observations for GW EM Counterparts", 4th Annual Symposium of the Innovative Area on Multi-Messenger Study of Gravitational Wave Sources, 2016 年 2 月 18 日-20 日, Kavli IPMU (千葉県・柏市)

Tomoki Morokuma, "An Effective Selection Method for Low-Mass Active Black

Holes”, Subaru Users’ Meeting FY2015, 2016年1月19日-21日, Hotel KKR, Atami (静岡県・熱海市)

Tomoki Morokuma, “An Effective Selection Method for Low-Mass Active Black Holes”, Understanding Evolution of Quasars: Collaboration between Theoretical Models and Initial HSC Survey, 2015年12月1日-3日, 鹿児島大学(鹿児島県・鹿児島市)

諸隈智貴、「An Effective Selection Method for Low-Mass Active Black Holes」, 超巨大ブラックホール研究推進連絡会第3回ワークショップ, 2015年10月17日-18日, 甲南大学(兵庫県・神戸市)

諸隈智貴、「木曾超新星探査(KISS)におけるアマチュア天文家との連携」, Stella Nova 2015 第1回新天体捜索者会議, 2015年10月2日-4日, なよろ市立天文台(北海道・名寄市)

諸隈智貴、「An Effective Selection Method for Low-Mass Active Black Holes」, 光赤天連シンポジウム 2015, 2015年9月14日-16日, 国立天文台(東京都・三鷹市)

諸隈智貴、「Kiso Supernova Survey (KISS)」, 木曾シュミットシンポジウム 2015, 2015年7月13日-14日, 上松町公民館(長野県・上松町)

Morokuma, T., et al., “A Peculiar Radio-Loud Narrow-Line Seyfert 1”, Subaru Users’ Meeting FY2014, 2015年1月13日-15日, 国立天文台(東京都・三鷹市)

諸隈智貴、「Ibn型超新星 KISS14z の大学間連携測光観測」, 第5回光赤外線天文学大学間連携ワークショップ, 2015年1月7日-8日, 東京工業大学(東京都・目黒区)

Morokuma, T., “Time Variability Studies on AGN”, Evolution of SMBHs with HSC: First results from initial dataset, 2014年12月18日-20日, 台湾中央研究院(台湾・台北市)

諸隈智貴、田中雅臣、伊藤亮介、秋田谷洋、富永望、諸隈佳菜、野間千菜美、斉藤嘉彦、徂徠和夫、藤沢健太、新沼浩太郎、元木業人、松本恵未子、「可視変動により見つかった radio-loud narrow-line Seyfert 1 の多波長観測」, 日本天文学会 2014 秋季年会, 2014年9月11日-13日, 山形大学(山形県・山形市)

諸隈智貴、「Kiso Supernova Survey (KISS)」, 木曾シュミットシンポジウム 2014, 2014年7月10日-11日, 国立天文台(東京都・三鷹市)

諸隈智貴、富永望、田中雅臣、松本恵未子、森健彰、菊池勇輝、KISSメンバー、KWFC 開発メンバー、「木曾シュミット望遠鏡 KWFC を用いた高頻度超新星サーベイ KISS」, 日本天文学会 2014 春季年会, 2014年3月19日-22日, 国際基督教大学(東京都・三鷹市)

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 2013 秋季年会, 2013年9月11日-13日, 東北大学(宮城県・仙台市)

諸隈智貴、「低光度 AGN の時間変動検出とその分光同定」, 岡山ユーズーズミーティング 2013, 2013年8月1日-3日, 倉敷市立美術館(岡山県・倉敷市)

諸隈智貴、「Kiso Supernova Survey (KISS)」, 木曾シュミットシンポジウム 2013, 2013年7月9日-10日, 木曾郡民会館(長野県・木曾町)

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕
出願状況(計 0 件)

名称:
発明者:
権利者:
種類:
番号:
出願年月日:
国内外の別:

取得状況(計 0 件)

名称:
発明者:
権利者:
種類:
番号:
取得年月日:
国内外の別:

〔その他〕
ホームページ
KISS:
<http://www.ioa.s.u-tokyo.ac.jp/kisohp/KISS/>
HSC:
<http://tpweb2.phys.konan-u.ac.jp/~tominaga/HSC-SN/index.html>

アウトリーチ

東京大学木曾天文台協会・講演会、「星の最期の大爆発」, 木曾合同庁舎, 2015年11月27日

2014 年度東京大学木曾観測所特別公開・講演会、「超新星爆発の"瞬間"をとらえる！」, 東京大学・木曾観測所, 2014年8月9日

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：