

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 5 月 29 日現在

機関番号：12601

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2011～2013

課題番号：23740175

研究課題名(和文) 超新星の物理的性質の研究

研究課題名(英文) Study on physics of supernovae

研究代表者

FOLATELLI Gaston (FOLATELLI, Gaston)

東京大学・カブリ数物連携宇宙研究機構・特任研究員

研究者番号：80600527

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,600,000円、(間接経費) 780,000円

研究成果の概要(和文)：超新星の集中観測を行うとともに、その物理的性質を調べるために研究協力者により提供されたモデリング手法を用いた。この観測は、短い間隔で得られ、かつ広い波長帯を網羅している初期の分光データを使用できたことで可能となった。ここで得られた情報により、様々なタイプの超新星の研究を行うことができた。主要な結果のひとつは熱核反応超新星の爆発によっても燃焼せずに残る物質の発見であり、これが従来考えられていたよりもはるかに一般的であることがわかった。重力崩壊型超新星については、特に低い膨張速度を示す水素が欠乏した超新星の特別なクラスを識別することができた。これは現在の爆発モデルにとって挑戦的な点である。

研究成果の概要(英文)：We have used intensive observations of supernovae (SNe), coupled with modelling capabilities provided by collaborators to study the physical nature of these events. The power of our observations resided in the availability of early-time spectroscopic data, obtained at short intervals, and covering a wide wavelength range. This wealth of information allowed us perform studies on different types of SNe. One highlight of the results is the detection of material that is left unburned by the explosion of thermonuclear SNe, which we found to be much more common than previously thought. On core-collapse SNe, we were able to distinguish a special class of hydrogen-poor SNe that show peculiarly low expansion velocities, a feature that is challenging for current explosion models.

研究分野：数物系科学

科研費の分科・細目：物理学 素粒子・原子核・宇宙線・宇宙物理

キーワード：宇宙物理学 宇宙論 超新星 分光学

1. 研究開始当初の背景

超新星の研究は、その大質量星の進化との密接な関連、及び超新星が銀河における星間物質の化学的組成、気体の運動、及び塵の内容に影響すると考えられていることから、最近数十年間で盛んに行われてきた。加えて、Ia型超新星は宇宙論的スケールでの正確な距離を測定するために用いられており、それが宇宙の加速膨張の発見につながった。この分野は、未解決の問題が多いため非常にダイナミックである。例えば、膨張のメカニズムや星内部の火炎伝播の詳細は解明されていない。非常に重要なことに、どのタイプの祖先星から観測されている超新星の様々なタイプが生じるのか、完全には解明されていない。特に、前駆天体系における連星性の影響を理解する必要がある。申請段階では、これらの問題を解明するための高度な観測の準備ができていた。

2. 研究の目的

申請時点での研究目的は、集中観測の実施とモデリングの専門家の協力を得ることにより、超新星の物理学の理解を発展させることであった。特にIa型超新星については、過去に多波長測光に基づく距離指標としてのその正確性を研究していた。本課題では、距離の決定に及ぼし得る影響を検討するために豊富な分光データを使用することを提案した。その分光多様性は、これらの超新星の中での物理学的条件の多様性を特定することに役立ち、それは距離測定を信頼するためにきわめて重要であった。超新星噴出物中における様々な元素の存在とその分布により、火炎の伝播が解明され、さらには爆発時の放射能発生及び超新星の光度が決定される。重力崩壊型超新星の場合は、大質量星の進化と爆発の帰結との関係を調査することを提案した。外層がはぎ取られた超新星(水素に乏しい)の詳細な分光により噴出物の豊富さを測定するとともに、どのようにしていくつかの星が外層を失ったのか、理解を深めることを目指した。

3. 研究の方法

方法は、超新星の進化を測光を含む頻繁な観測、及び最も重要なことは分光により調査することであった。光学的及び近赤外領域の測定により長波長の範囲のスペクトルを得ることに努めた。長波長領域の測定により、異なるスペクトル線を生じさせるイオンをより頑健に同定することができた。爆発直後から高頻度での観測を開始することにより、超新星噴出物がますます深い階層を示しながら膨張し、冷却される間のスペクトルの速い進化を追うことができた。データは、エネルギー、放出された質量、発生した放射能等、

超新星の一般的な性質を得るため、そして様々な深度における噴出物の組成を決定するためのモデリングによって分析された。

4. 研究成果

この科研費により、様々なタイプの超新星の物理に関するいくつかの疑問を取り扱うことができた。本研究では、長波長域の分光写真機であるESOのX-Shooterをはじめとする優れた技術を含む、大規模なデータセットが用いられた。主な結果は、熱核反応超新星(Ia型)と重力崩壊型超新星(Ib, Ic, II型)に分けられる。以下では、得られた結果の最も適切な例を挙げる。前者については、白色矮星の爆発によっても燃焼しない物質(炭素)が予想より多量に存在していたことが発券された。炭素の発生及び噴出物の深部という場所は、火炎伝播の理解に重要な示唆を与える。Ia型超新星の大規模な分光サンプルのより広範な分析により、スペクトル線の性質に基づきこれらの物質のサブタイプを特徴づけることができた。同時に、いくつかの線の強度を用いて距離を決定する方法を提案した。重力崩壊型超新星については、超新星2010asのデータを用いて初期のきわめて低速かつ一定の膨張速度から超新星のより小規模な系統を特定した。この特性は、噴出物の外層において、光球が高速で発生し、より深部かつ低速の層に落下してゆく、という典型的なパターンとは調和しにくい。この系統の超新星のモデルは欠落しており、伝播システムまたは爆発過程の性質に与えるであろう影響は多大である。

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19件)

Takats, K., Pumo, M. L., Elias-Rosa, N., Pastorello, A., Pignata, G., 省略29名, 16番目, "SN 2009N: linking normal and subluminous Type II-P SNe", *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, **438**, pp.368-387 (2014) 査読有

Stritzinger, M. D., Hsiao, E., Valenti, S., Taddia, F., Rivera-Thorsen, T. J., 省略19名, 14番目, "Optical and near-IR observations of the faint and fast 2008ha-like supernova 2010ae", *Astronomy and Astrophysics*, **561**, A146 (2014) 査読有

Phillips, M. M., Simon, J. D., Morrell, N., Burns, C. R., Cox, N. L. J., 省略27名, 19番目, "On the Source of the Dust Extinction in Type Ia Supernovae and the Discovery of Anomalously

Strong Na I Absorption”, *The Astrophysical Journal*, **779**, 38 (2013) 査読有

Maeda, K., Nozawa, T., Sahu, D. K., Minowa, Y., Motohara, K., 省略 13 名, 7 番目, “Properties of Newly Formed Dust Grains in the Luminous Type IIⁿ Supernova 2010jl”, *The Astrophysical Journal*, **776**, 5 (2013) 査読有

Folatelli, G., Morrell, N., Phillips, M. M., Hsiao, E., Campillay, A., 省略 25 名, “Spectroscopy of Type Ia Supernovae by the Carnegie Supernova Project”, *The Astrophysical Journal*, **773**, 53 (2013) 査読有

Forster, F., Gonzalez-Gaitan, S., Folatelli, G., and Morrell, N. “On the Lira Law and the Nature of Extinction toward Type Ia Supernovae”, *The Astrophysical Journal*, **772**, 19 (2013) 査読有

Taddia, F., Stritzinger, M. D., Sollerman, J., Phillips, M. M., Anderson, J. P., 省略 14 名, 10 番目, “Carnegie Supernova Project: Observations of Type IIⁿ supernovae”, *Astronomy and Astrophysics*, **555**, A10 (2013) 査読有

Quimby, R. M., Werner, M. C., Oguri, M., More, S., More, A., 省略 6 名, 9 番目, “Extraordinary Magnification of the Ordinary Type Ia Supernova PS1-10afx”, *The Astrophysical Journal*, **768**, L20 (2013) 査読有

Bersten, M. C., Benvenuto, O. G., Nomoto, K., Ergon, M., Folatelli, G., 省略 8 名, “The Type II^b Supernova 2011dh from a Supergiant Progenitor”, *The Astrophysical Journal*, **757**, 31 (2012) 査読有

Stritzinger, M., Taddia, F., Fransson, C., Fox, O. D., Morrell, N., 省略 17 名, 14 番目, “Multi-wavelength Observations of the Enduring Type IIⁿ Supernovae 2005ip and 2006jd”, *The Astrophysical Journal*, **756**, 173 (2012) 査読有

Taddia, F., Stritzinger, M. D., Phillips, M. M., Burns, C. R., Heinrich-Josties, E., 省略 17 名, 14 番目, “Supernova 2008J: early time observations of a heavily reddened SN 2002ic-like transient”, *Astronomy and Astrophysics*, **545**, L7 (2012) 査読有

Foley, R. J., Kromer, M., Howie Marion, G., Pignata, G., Stritzinger, M. D., 省略 19 名, 9 番目, “The First Maximum-light Ultraviolet through Near-infrared Spectrum of a Type Ia

Supernova”, *The Astrophysical Journal*, **753**, L5 (2012) 査読有

Mosher, J., Sako, M., Corlies, L., Folatelli, G., Frieman, J., 省略 8 名, “A Precision Photometric Comparison between SDSS-II and CSP Type Ia Supernova Data”, *The Astrophysical Journal*, **144**, 17 (2012) 査読有

Kattner, S., Leonard, D. C., Burns, C. R., Phillips, M. M., Folatelli, G., 省略 7 名, “The Standardizability of Type Ia Supernovae in the Near-Infrared: Evidence for a Peak-Luminosity Versus Decline-Rate Relation in the Near-Infrared”, *Publications of the Astronomical Society of the Pacific*, **124**, 114-127 (2012) 査読有

Folatelli, G., Phillips, M. M., Morrell, N., Tanaka, M., Maeda, K., 省略 15 名, “Unburned Material in the Ejecta of Type Ia Supernovae”, *The Astrophysical Journal*, **745**, 74 (2012) 査読有

Taddia, F., Stritzinger, M. D., Sollerman, J., Phillips, M. M., Anderson, J. P., 省略 9 名, 7 番目, “The Type II supernovae 2006V and 2006au: two SN 1987A-like events”, *Astronomy and Astrophysics*, **537**, A140 (2012) 査読有

Stritzinger, M. D., Phillips, M. M., Boldt, L. N., Burns, C., Campillay, A., 省略 18 名, 8 番目, “The Carnegie Supernova Project: Second Photometry Data Release of Low-redshift Type Ia Supernovae”, *The Astrophysical Journal*, **142**, 156 (2011) 査読有

Cartier, R., Forster, F., Coppi, P., Hamuy, M., Maeda, K., 省略 2 名, 7 番目, “A study of the color diversity around maximum light in Type Ia supernovae”, *Astronomy and Astrophysics*, **534**, L15 (2011) 査読有

Maeda, K., Leloudas, G., Taubenberger, S., Stritzinger, M., Sollerman, J., 省略 5 名, 9 番目, “Effects of the explosion asymmetry and viewing angle on the Type Ia supernova colour and luminosity calibration”, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, **413**, 3075-3094 (2011) 査読有

[学会発表](計1件)

G. Folatelli, “Supernovae and Cosmology”, 54 Annual Meeting of the Argentine Astronomy Association, 2012 年 9 月 17 日, マル・デル・プラタ, アルゼンチン

〔図書〕(計0件)

〔産業財産権〕

出願状況(計0件)

取得状況(計0件)

〔その他〕

ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

FOLATELLI Gaston

東京大学カブリ数物連携宇宙研究機構・特

任研究員

研究者番号：80600527

(2) 研究分担者

なし

(3) 連携研究者

なし