

平成 26 年 5 月 21 日現在

機関番号：12601

研究種目：基盤研究(B)

研究期間：2011～2013

課題番号：23340041

研究課題名(和文)重力崩壊型超新星親星の質量決定

研究課題名(英文)Mass Constraints for the Progenitor of the Core Collapse Supernova

研究代表者

土居 守(Doi, Mamoru)

東京大学・理学(系)研究科(研究院)・教授

研究者番号：00242090

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 14,000,000円、(間接経費) 4,200,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では重力崩壊型超新星の親星の質量分布を観測的に制限することを行った。手法としては、超新星の誕生した位置のごく近傍の可視面分光・狭帯域撮像などを行い、星団の年齢などから、星生成後の年齢に制限を与えた。

面分光観測においては、ハワイ大学2.2m望遠鏡のSNIFS分光器やGEMINI-N望遠鏡のGMOS分光器による超新星出現位置付近の研究をすすめ重力崩壊型超新星の親星の質量について制限を与える論文2編を出版した。また狭帯域撮像においては、観測装置LISS(Line Imager and Slit Spectrograph)を製作、ファブリペロエタロンによる狭帯域撮像を可能とした。

研究成果の概要(英文)：We carried out studies to constrain the progenitor mass of the core collapse supernovae by studying the explosion site of nearby supernovae with optical IFU, narrow-band imaging, and other observations.

We published two papers in which we constrain mass and metallicity of the nearby core collapse supernovae using the data taken with SNIFS on UH88inch telescope and with GMOS on GEMINI-N telescope. We also develop a new instrument LISS (Line Imager and Slit Spectrograph) with which we can carry out narrow-band imaging with a Fabry-Perot etalon.

研究分野：天文学

科研費の分科・細目：天文学

キーワード：超新星 銀河 狭帯域撮像 ファブリペロ分光器

1. 研究開始当初の背景

超新星は恒星の寿命が尽きるときの爆発現象であり、宇宙の重元素の大半を合成していると考えられる大変重要な現象である。しかしながら、どのような恒星が爆発しているのかについて、理論的予想があるものの、観測的な制限は必ずしも十分とは言えない。

超新星は Ia 型超新星などの熱核暴走型の超新星と、重力崩壊型超新星に大きく分類される。このうち、重力崩壊型超新星は、スペクトル中に水素がみられる II 型と、水素がみられないが He がみられる Ib 型、水素も He も、また Si もほとんど見られない Ic 型に分けられる。

本研究で着目している重力崩壊型超新星の中で II 型超新星の親星については、爆発前の画像の分析から、初期質量が 8.5~16.5 太陽質量程度である、という観測結果 (Smartt et al. 2009) などがあつたが、Ib 型や Ic 型についてはほとんど制限が得られていなかった。

2. 研究の目的

本研究では近傍銀河の重力崩壊型超新星出現場所の詳細な観測を行うことによりこれらの超新星の親星の質量を観測的に制限することを試みた。

爆発した超新星そのものから親星を推定することは難しいため、出現した周辺を観測的に調べ、周辺の環境が親星の性質を十分反映していると仮定をして、親星の質量に制限を与えることを行った。

3. 研究の方法

観測方法としては、超新星の誕生した位置のごく近傍の可視面分光・狭帯域撮像等を行い、星団の年齢などから、星生成後の年齢に制限を与えることを試みた。

まず面分光観測においては、ハワイ大学 2.2m 望遠鏡の SNIFS 分光器や GEMINI-N 望遠鏡の GMOS 分光器による 27 個の超新星の出現位置付近の分光撮像データを用い、周辺の恒星集団が一度に生まれたと思ったときに予想される輝線や吸収線と連続光の比率などから、恒星集団の年齢を推定し、初期質量に換算した。

また狭帯域撮像観測においては銀河のより広い範囲での輝線分布や金属量を調べ、年齢分布などの統計的な調査を可能とすることを目標とした。このためファブリペロエタロンによる狭帯域撮像分光器 LISS (Line Imager and Slit Spectrograph) を製作した (図 1)。提案の段階ではチリにある miniTAO 望遠鏡の ANIR に 7 枚の狭帯域フィルターと新たなダイクロミックミラーを搭載することとしていたが、予算が大幅に削減されたことに伴い、多数のフィルターの購入を断念し、国内望遠鏡にむけて波長可変の液晶型エタロン (既存) を活用した LISS を製作することにより、当初予定していた近傍銀河の赤方

偏移に対応した H α 線の撮像観測を実現できるようにした。

LISS の特長としては、浜松ホトニクス社製の可視光長波長に感度のある CCD を用いることで、あまり観測を行うことのできなかつた [SIII] の観測を行うことができることがあげられる。その他にも H α ・H β ・[NII]・[SII] の観測も行うことができる。また、低分散のスリット分光機能も有している。



図 1 狭帯域撮像分光器 LISS

4. 研究成果

面分光観測の結果、Ic 型超新星が最も質量が大きく金属量の高い星団の環境に出現している可能性を指摘した。一方で、質量が小さい、すなわち連星系をなす Ib 型・Ic 型超新星の親星の存在可能性も示唆する結果を得た。また一部の II 型超新星の親星は連星をなさない Ib 型や Ic 型の親星と同程度に大質量である可能性を指摘した。これらの結果を学会、国際研究会で発表するとともに、2 編の査読論文として The Astronomical Journal に発表した。

狭帯域撮像においては、観測装置 LISS を製作、北海道大学のピリカ望遠鏡 (口径 1.6m) のナスミス焦点にとりつけ、試験観測に成功した。図 2 にファブリペロ・エタロンを用いた H α 線付近での波長を変えながらの観測の例を示す。

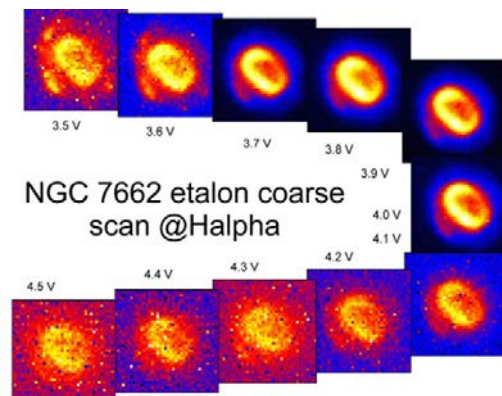


図 2 LISS を用いて撮像した H α 656nm 付近での惑星状星雲 M57 (NGC7662) の画像。ファブリペロ・エタロンにより波長を少しずつ変化させている。

また当初は予定していなかった、スリット分光や H α 線以外の波長域での狭帯域撮像を可能とすることができた。特に可視光において観測の難しかった[SIII]輝線 (907nm) の観測を波長のスキャンをしながら撮像することに成功した (図 3)。

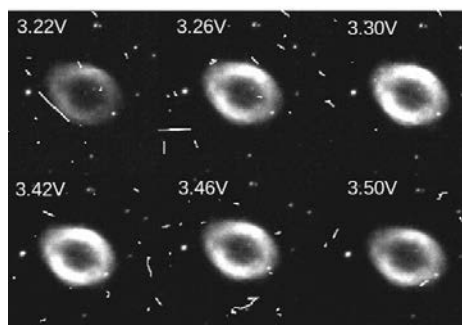


図 3 LISS を用いて撮像した[SIII]907nm を中心とする惑星状星雲 M57 の画像。

[SII]輝線と[SIII]輝線の比率等から金属量の推定がより正確にできるようになったことは当初の計画以上の成果である。

一方、観測時間の制限などから、超新星の出現した近傍銀河の観測には至らなかったが、ガイダーの性能評価を終え、次回以降の観測において近傍銀河における狭帯域撮像観測やスリット観測を可能とするところまで研究を進めることができた。

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 4 件)

- ① Kuncarayakti, H., Doi, M., Aldering, G. 他 “Integral Field Spectroscopy of Supernova Explosion Sites: Constraining the Mass and Metallicity of the Progenitors. II. Type II-P and II-L Supernovae”, *The Astronomical Journal*, Volume 146, Issue 2, article id. 31, 14 pp. (2013) 査読有
DOI:10.1088/0004-6256/146/2/31
- ② Kuncarayakti, H., Doi, M., Aldering, G. 他 “Integral Field Spectroscopy of Supernova Explosion Sites: Constraining the Mass and Metallicity of the Progenitors. I. Type Ib and Ic Supernovae”, *The Astronomical Journal*, Volume 146, Issue 2, article id. 30, 14 pp. (2013) 査読有
DOI:10.1088/0004-6256/146/2/30
- ③ Kuncarayakti, H., Doi, M., Aldering, G. 他, “Mass and metallicity constraints on supernova progenitors derived from integral field spectroscopy of the

environment”, *Death of Massive Stars: Supernovae and Gamma-Ray Bursts*, *Proceedings of the International Astronomical Union, IAU Symposium, Volume 279*, p. 343-344 (2012), 査読無
DOI: 10.1017/S1743921312013269

- ④ Kuncarayakti, H., Doi, M., Aldering, G. 他, “Supernova Progenitor Mass and Metallicity from Integral Field Spectroscopic Study of the Environment”, *Galactic Archaeology: Near-Field Cosmology and the Formation of the Milky Way. Proceedings of the conference held 16-20 May 2011 in Shuzenji, Japan.* Edited by W. Aoki, M. Ishigaki, T. Suda, T. Tsujimoto, and N. Arimoto. *ASP Conference Proceedings, Vol. 458.* San Francisco, CA: *Astronomical Society of the Pacific*, 2012., p.43 (2012), 査読無

[学会発表] (計 8 件)

- ① 小久保充、橋場康人、土居守、酒向重行、諸隈智貴、満田和真(東京大学)、Hanindyo Kuncarayakti、渡辺誠、中尾光、「可視光ファブリ・ペロー分光撮像装置 LISS の開発: 低分散グリズム分光モードの追加立ち上げ」、日本天文学会 2014 年春季年会、国際基督教大学、2014 年 3 月 19-22 日
- ② 橋場康人、土居守、酒向重行、諸隈智貴、Hanindyo Kuncarayakti、小久保充、渡辺誠、「可視光ファブリ・ペロー分光撮像装置の開発: 試験観測」、日本天文学会 2013 年春季年会、埼玉大学、2013 年 3 月 20-23 日
- ③ 橋場康人、土居守、酒向重行、諸隈智貴、Hanindyo Kuncarayakti、小久保充、「可視光ファブリ・ペロー分光撮像装置の開発: 性能評価」、日本天文学会 2012 年秋季年会、大分大学、2012 年 9 月 19-21 日
- ④ 橋場康人、土居守、酒向重行、諸隈智貴、Hanindyo Kuncarayakti、「可視光ファブリーペロー分光撮像装置の開発」、日本天文学会 2012 年春季年会、龍谷大学、2012 年 3 月 19-22 日
- ⑤ Kuncarayakti, H., Doi, M., Aldering, G. 他, “Mass and metallicity constraints on supernova progenitors derived from integral field spectroscopy of the environment”, *Death of Massive Stars: Supernovae and Gamma-Ray Bursts*, 12-16 March 2012 in Nikko Japan
- ⑥ H.Kuncarayakti., M.Doi, G. Aldering, N. Arimoto, K. Maeda, R. Pereira, “Integral field spectroscopy of

supernova environments: mass and metallicity of SN 1948B progenitor”, 日本天文学会 2011 年秋季年会、鹿児島大学、2011 年 9 月 19-22 日

- ⑦ 橋場康人、土居守、諸隈智貴、「Local star formation histories in nearby galaxies」、日本天文学会 2011 年秋季年会、鹿児島大学、2011 年 9 月 19-22 日
- ⑧ Kuncarayakti, H., Doi, M., Aldering, G. 他, “Supernova Progenitor Mass and Metallicity from Integral Field Spectroscopic Study of the Environment”, Galactic Archaeology: Near-Field Cosmology and the Formation of the Milky Way. Proceedings of the conference held 16-20 May 2011 in Shuzenji, Japan.

〔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〕

ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

土居 守 (Doi, Mamoru)
東京大学・大学院理学系研究科・教授
研究者番号： 00242090

(2) 連携研究者

本原 顕太郎 (Motohara, Kentaro)
東京大学・大学院理学系研究科・准教授
研究者番号： 90343102

(3) 連携研究者

酒向 重行 (Sako, Shigeyuki)
東京大学・大学院理学系研究科・助教