

科学研究費助成事業（基盤研究（S））公表用資料
〔平成31年度（2019年度）研究進捗評価用〕

平成28年度採択分
平成31年3月8日現在

高速掃天観測による連星中性子星合体現象の研究

Study of binary neutron star merger
by high cadence optical observations

課題番号：16H06341

茂山 俊和 (SHIGEYAMA, TOSHIKAZU)

東京大学・大学院理学系研究科（理学部）・准教授



研究の概要（4行以内）

高感度 CMOS センサを搭載した超広視野高速カメラ Tomo-e Gozen1（視野 ϕ 9度・以下 Tomo-e）を開発し、東京大学木曾観測所の口径 1.0m シュミット望遠鏡に搭載し、重力波イベントの迅速な超広視野追観測を実施し、光学対応現象の検出をめざす。これと並行して、重力波到来予想を迅速に行うために、重力波望遠鏡 KAGRA の高速解析システムを整備する。

研究分野：重力波天文学

キーワード：重力波、光学観測、連星中性子星合体、重元素合成、状態方程式

1. 研究開始当初の背景

重力波望遠鏡の建設が進みアメリカの advanced LIGO (aLIGO) で、ブラックホールの合体による重力波が初めて検出された。しかし、電磁波での対応天体検出には至っていない。一方、同じ重力波源とされる中性子星合体からは電磁波放射が期待され、既に確立された観測手段で確認することで、その現象の理解および一般相対性理論の検証、中性子星を構成する高密度物質の性質などを解明するための重要な情報が得られると期待される。

2. 研究の目的

連星中性子星合体や中性子星とブラックホールの合体が重力波で検出された直後にそこから放射された可視光を観測することで、中性子星を構成していた物質の性質や放出された物質の性質についての情報を得ることが最大の目的。

3. 研究の方法

研究期間の前期2年間に、高感度 CMOS センサを搭載した超広視野高速カメラ Tomo-e Gozen1（視野 ϕ 9度・以下 Tomo-e）を開発し、東京大学木曾観測所の口径 1.0m シュミット望遠鏡に搭載する。さらに、重力波到来予想を迅速に行うために、重力波望遠鏡 KAGRA の高速解析システムを次の3点について整備する。1) ノイズとの相関解析、2) 探索する中性子星質量範囲の拡大、3) 複数の重力

波望遠鏡からのデータのうち他の解析センターとは異なるペアのデータ解析。研究期間の後期3年間に、これらのシステムを用いて、重力波イベントの迅速な超広視野追観測を実施し、光学対応現象の検出する。

4. これまでの成果

高感度 CMOS センサを4分割して開発した。その内4分の3が完成し、H31年度の早い時期に全体が完成する予定。

重力波望遠鏡 KAGRA の高速解析システムを稼働する計算サーバーを導入した。今年度後半から始まる予定の KAGRA による観測で利用する体制が整った。

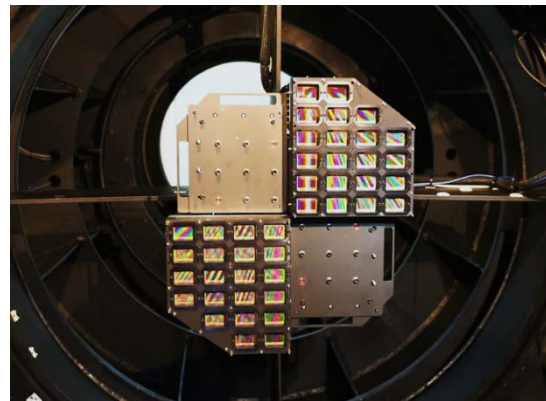


図 木曾シュミット望遠鏡の焦点面に搭載した Tomoe カメラの写真

2015年のブラックホール同士の合体からの重力波検出に次ぎ、中性子星合体からの重力波は2017年8月17日にaLIGOによって初めて観測され(GW170817)、重力波検出から11時間後には対応光学天体も検出され、日本を含む世界中の望遠鏡によって精力的に観測された。それらの観測結果をもとに中性子星合体から放出された物質を記述する理論的モデルとの比較も行われた。本研究では、中性子星合体の一般相対論的シミュレーション結果との比較からこの現象に考察を加え、合体時に異なる様相で(ジェット状や球状など)放出された物質について、それぞれの様相を個別に精査した。

5. 今後の計画

H31年度の早い時期に高感度CMOSセンサの全体が完成する予定である。H31年4月1日から始まる重力波観測で検出された重力波源に対して20平方度の超広視野による光学追観測を実施予定である。

6. これまでの発表論文等(受賞等も含む)

Prospects for observing and localizing gravitational wave transients with Advanced LIGO, Advanced Virgo and KAGRA, Abbott, B. P.; Abbott, R.; Abbott, T. D.他 1097名(カンノン キップ 148番目、伊藤洋介 440番目、関口雄一郎 875番目), Living Reviews in Relativity, Volume 21, Issue 1, article id. 3, 57 ページ, 2018年(査読有)

Free Neutron Ejection from Shock Breakout in Binary Neutron Star Mergers, *Ishii, Ayako; Shigeyama, Toshikazu; Tanaka, Masaomi, The Astrophysical Journal, Volume 861, Issue 1, article id. 25, 8 ページ, 2018年(査読有)

Modeling GW170817 based on numerical relativity and its implications, *Shibata, Masaru; Fujibayashi, Sho; Hotokezaka, Kenta; Kiuchi, Kenta; Kyutoku, Koutarou; Sekiguchi, Yuichiro; Tanaka, Masaomi, Physical Review D, Volume 96, Issue 12, id.123012, 22 ページ, 2017年(査読有)

GW170817: Observation of Gravitational Waves from a Binary Neutron Star Inspiral, Abbott, B. P.; Abbott, R.; Abbott, T. D.他 1123名(カンノン キップ 157番目), Physical Review Letters, Volume 119, Issue 16, id.161101, 18 ページ, 2017年(査読有)

Multi-messenger Observations of a Binary

Neutron Star Merger

Abbott, B. P.; Abbott, R.; Abbott, T. D.他 3660名(カンノン キップ 155番目), The Astrophysical Journal Letters, Volume 848, Issue 2, article id. L12, 59 ページ, 2017年(査読有)

Development of a prototype of the Tomoe-Gozen wide-field CMOS camera,

*Sako, Shigeyuki; Osawa, Ryou; Takahashi, Hidenori 他 40名(土居守 5番目、茂山俊和 32番目), Proceedings of the SPIE, Volume 9908, id. 99083P 15 ページ, 2016年

Contribution of Neutron Star Mergers to the r-Process Chemical Evolution in the Hierarchical Galaxy Formation, *Komiya, Yutaka; Shigeyama, Toshikazu, The Astrophysical Journal, Volume 830, Issue 2, article id. 76, 10 ページ, 2016年(査読有)

7. ホームページ等

<http://www.ioa.s.u-tokyo.ac.jp/tomoe/>

<http://www.s.u-tokyo.ac.jp/ja/info/5594/>