



東北大学

東北大学

担当部署連絡先 研究推進課基盤研究係

E-mail : kenjyo@grp.tohoku.ac.jp

作成日 : 2021年8月5日

更新日 : —

科研費
KAKENHI

マルチメッセンジャー天文学で迫る中性子星合体の重元素合成

天文学およびその関連分野

研究者所属・職名 : 理学研究科・准教授

ふりがな たなか まさおみ

氏名 : 田中 雅臣

主な採択課題 :

- [基盤研究\(A\)「大規模サーベイ観測による時間軸天文学のフロンティアの開拓」\(2015-2018\)](#)
- [基盤研究\(A\)「新しい精密重元素原子データで読み解く中性子星合体の元素合成」\(2019-2022\)](#)

分野 : 宇宙物理学、天文学

キーワード : 中性子星合体、元素の起源、時間軸天文学、マルチメッセンジャー天文学

課題

●なぜこの研究をおこなったのか？(研究の背景・目的)

宇宙における金やプラチナなどの重元素の起源は、長年にわたる宇宙物理学の未解決問題である。近年その起源として、「中性子星」の合体現象が注目されている。中性子星が合体すると、放出された物質の中で重元素が合成され、電磁波で輝くと考えられてきた(図1)。中性子星合体は重力波観測の主要なターゲットでもあり、中性子星合体における重元素合成の検証に期待が集まっていた。

●研究するにあたっての苦労や工夫(研究の手法)

天文学観測から重元素合成を検証するには、中性子星合体の電磁波放射の正確な理解が必要不可欠である。その性質は重元素の原子構造や状態間の遷移確率によって決まるが、重元素の網羅的な原子データが存在しておらず、電磁波放射の正確な計算はこれまで困難であった。そこで本研究では、原子物理学の知見を取り入れることで、新しく重元素の原子データを構築し、中性子星合体からの電磁波放射の正確な計算を実現した。

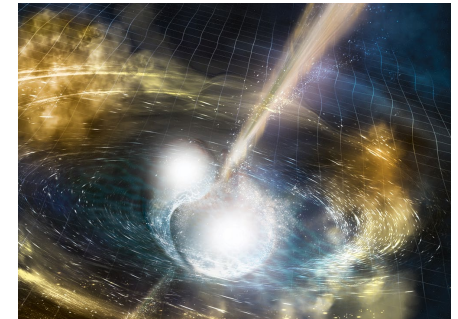


図1 中性子星合体のイメージ図
(C) NSF/LIGO/Sonoma State University/A. Simonnet



東北大学

東北大学

担当部署連絡先 研究推進課基盤研究係
E-mail : kenjyo@grp.tohoku.ac.jp

作成日 : 2021年8月5日
更新日 : —

科研費
KAKENHI

マルチメッセンジャー天文学で迫る中性子星合体の重元素合成

天文学およびその関連分野

研究成果

●どんな成果がでたか？どんな発見があったか？

重元素の網羅的な原子構造計算を行うことで、中性子星合体で合成されるガリウムからウランまでの全元素の原子データを構築した。この新たな原子データを用いて中性子星合体からの電磁波放射の理論計算を行うことで、全元素の原子構造を加味した理論予想を世界に先駆けて提供することができた。特に、重元素合成の度合いと、可視光と赤外線電磁波放射強度を定量的に結びつけ、電磁波観測から元素合成の情報を得る指針を示した。

2017年には重力波望遠鏡LIGOとVirgoにより初めて中性子星合体からの重力波(GW170817)が検出され、電磁波対応天体の観測も実現し(図2)、重力波と電磁波による「マルチメッセンジャー天文学」が幕を開けた。観測された電磁波放射の性質は、理論計算で予想されていた特徴と一致しており、中性子星合体が重元素を合成した証拠が得られたと言える。また、理論計算と様々な波長の観測の比較から、中性子星合体が幅広い原子番号の重元素を合成したことが明らかになった(図3)。さらに、観測された天体の明るさから、放出された重元素の質量は0.03太陽質量程度であると見積もられ、中性子星合体が宇宙の重元素の起源となり得る十分な量の元素を放出していることが示された。

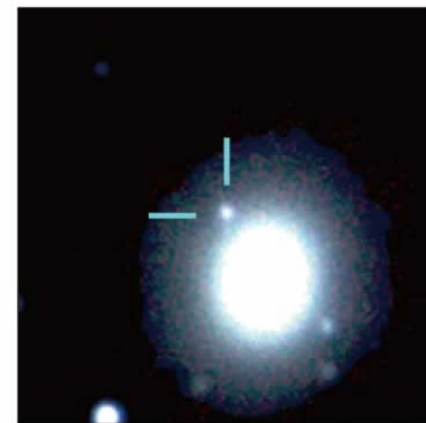


図2 中性子星合体GW170817の電磁波対応天体の画像 (C) NAOJ/Nagoya U.

今後の展望

●今後の展望・期待される効果

今後、より多くの中性子星合体の「マルチメッセンジャー観測」が実現し、多くの天体の電磁波スペクトルが取得されることが期待されている。また、より精密な重元素原子データを構築することで、電磁波放射の分光的特徴の理解も進むだろう。これら観測・理論の進展によって、中性子星合体でどのような元素がどの程度放出されているかを検証することが可能となり、中性子星合体による重元素合成の全容を解明できると期待している。

図3 中性子星合体からの電磁波放射の性質。様々な波長の光の強度の時間発展を示している(点が観測、線が理論計算)。

