



研究課題名 高感度広帯域近赤外線分光で読み解く重力波源における元素合成

自然科学研究機構・国立天文台・ハワイ観測所・教授

よしだ みちとし
吉田 道利

研究課題番号： 21H04997

研究者番号： 90270446

研究期間： 令和3年度～令和7年度 研究経費（期間全体の直接経費）： 142,600千円

キーワード： 光学赤外線天文学、重力波天体、中性子星合体、補償光学、近赤外線分光

【研究の背景・目的】

宇宙における金やプラチナ、ウランといった鉄より重い元素（重元素）の起源はよく分かっていない。重元素が合成される現場として最も有力視されているのは中性子星の合体である。中性子星が合体するとその一部が宇宙空間に放出され、放出された物質の中で素早い中性子捕獲反応により重元素が合成されると考えられてきた。しかし、近年までこの仮説を確かめる観測手段がなかった。

この状況は2017年に重力波によって中性子星合体が初めて観測されたことによって大きく変化した。重力波望遠鏡 LIGO と Virgo によって中性子星合体から生じた重力波 GW170817 が観測され、さらにすばる望遠鏡などにより重力波源の電磁波対応天体が初めて観測された。この結果、中性子星合体が重元素を合成した際に現れると予測されていた電磁波シグナルが確認され、中性子星合体において重元素が合成されていることが確かめられた。しかし、中性子星合体が電磁波でも観測されたのはまだこの一例に限られている。中性子星合体には多様性があると考えられており、中性子星合体において一般的にどの程度の重元素が合成されているのかはまだ分かっていない。本研究では、多数の中性子星合体を電磁波で観測し、中性子星合体が作り出す元素の量と種類の全容を解明する。

【研究の方法】

中性子星合体で合成される元素の量と種類を知るためには、中性子星合体を近赤外線では合体後1週間にわたって分光観測する必要がある。すばる望遠鏡をはじめとする現在最大規模の望遠鏡に搭載されている近赤外線分光装置を用いた場合、約4億光年以内に現れる中性子星合体であれば1週間にわたり観測可能である。しかし、約4億光年以内に現れる、すばる望遠鏡から観測可能な中性子星合体は年に2つ程度であり、多数の中性子星合体を観測するのは困難である。約6億光年以内に現れる中性子星合体まで観測可能になれば、年間10個程度の中性子星合体を1週間にわたり観測できるようになり、中性子星合体での元素合成の全容を一気に解明できるようになる。

すばる望遠鏡に現在搭載されている近赤外線分光装置の観測限界を決めているのは大気ゆらぎである。宇宙からやってくる光が大気ゆらぎによって広げられてしまうため、感度が低下する。この大気ゆらぎを補正し、光を極限まで集中させることができればすばる望遠鏡の最高感度が達成できる。すばる望遠鏡では、複数のレーザー人工星を使ったトモグラフィ技術を用いて大気ゆらぎを測定し補正する、レーザー・

トモグラフィック補償光学(LTAO)の開発が行われている。しかし、現在、LTAOで極限まで集中した星像に最適化された分光装置は存在しない。そこで本研究では、LTAOによって極限まで集中した光を分光可能な近赤外線分光装置を開発する。これにより、すばる望遠鏡の分光観測能力を格段に向上させ、約6億光年以内に現れる中性子星合体の1週間にわたる分光観測を実現し、多数の中性子星合体で合成された元素の量と種類を測定する(図1)。

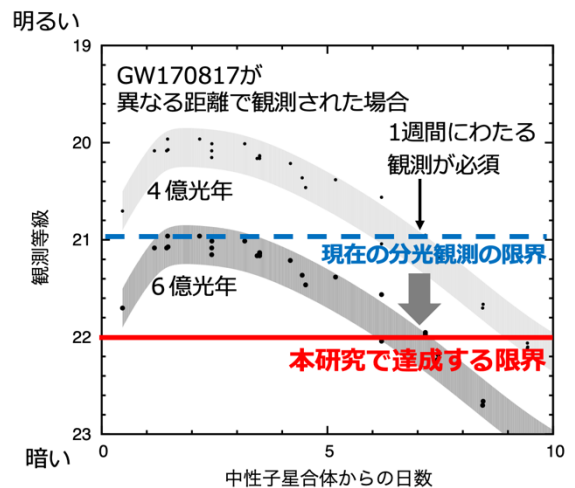


図1：中性子星合体の近赤外線での明るさ

【期待される成果と意義】

多数の中性子星合体で合成される元素の量と種類を測定することで、中性子星合体が宇宙において主要な重元素の起源であるかが明らかとなる。これにより、天文学・物理学の大問題の1つである重元素の起源の理解に大きな進展がもたらされる。また、本研究で開発する分光装置は、その感度を活かして、中性子星合体以外の天体の分光にも応用できる。例えば超新星での元素合成や超巨大ブラックホールの起源にも新たな知見がもたらされると期待される。

【当該研究課題と関連の深い論文・著書】

- ・ “J-GEM observations of an electromagnetic counterpart to the neutron star merger GW170817,” Utsumi, Y., Tanaka, M., Tominaga, N., et al. 2017, PASJ, 69, 101
- ・ “Kilonova from post-merger ejecta as an optical and near-infrared counterpart of GW170817,” Tanaka, M., Utsumi, Y., Mazzali, P.A., et al. 2017, PASJ, 69, 102

【ホームページ等】

<https://subarutelescope.org/>
yoshida@naoj.org