

すばる望遠鏡超広視野撮像カメラ Hyper Suprime-Cam で迫る重力波源の正体

Study of gravitational wave sources with Subaru telescope/Hyper Suprime-Cam

甲南大学理工学部 富永 望

重力波とは、今から約 100 年前にアインシュタインが自らの打ち立てた一般相対性理論に基づいてその存在を予言した、重力による空間の歪みが光速で伝わる現象である。以来、重力波の直接検出は一般相対論の残された観測的実証として注目され、重力波検出器の開発が長年進められてきた。そして、2015 年 9 月 14 日アメリカの重力波望遠鏡 advanced LIGO は遂に人類初の重力波直接検出に成功した。これは、まさに「重力波天文学」が誕生した瞬間であった。

しかしながら「重力波天文学」には課題が残されていた。それは、重力波の到来方向の決定精度は数 10 平方度と非常に悪く、その検出だけではどの天体から重力波が放射されたのかという基本的な情報すら明らかにすることはできない、という点である。そこで重要となるのは、電磁波放射であり、その中でも特に可視光による観測である。その位置決定精度は 0.1 秒角程度（1 秒角は 1 度角の 3600 分の 1）であり、可視光観測で重力波源の位置を決定できると、重力波源の正体に迫ることが可能となる。連星合体の理論研究からは、「キロノバ」と呼ばれる金や銀を含む r プロセス元素の放射性崩壊による放射が提案され、キロノバの輻射輸送計算によって、その検出のためには 8m 望遠鏡が必要不可欠であることが示されていた。そこで、本研究では、8m 望遠鏡で唯一広視野撮像カメラ Hyper Suprime-Cam(HSC)を持つすばる望遠鏡を用いて、重力波源の可視光追観測を行い、重力波源の正体に迫ることを目的として研究を行った。

本研究開始後の 2017 年 8 月 17 日、Advanced LIGO とヨーロッパの重力波望遠鏡 Advanced Virgo の両望遠鏡が遂に中性子星同士の合体による重力波源 GW170817 を観測することに成功した。この情報は即時に世界中の電磁波観測グループに伝えられ、各地で即時追跡観測が開始された。我々も、重力波検出から約 17 時間後にすばる望遠鏡 HSC で重力波到来方向の約 66% をカバーする広域追跡観測を行ったのを皮切りに、国内外の望遠鏡群を駆使して光赤外追跡観測を実施した。

その結果、重力波源の光赤外対応候補天体 SSS17a を可視光から近赤外線にかけての広い波長域で明瞭に捉え、明るさの時間変化を追跡することに成功し、可視光では早く減光するが、近赤外線ではゆっくりと減光している様子を捉えた。また、すばる望遠鏡 HSC で取得した広域追跡観測のデータから重力波到来方向の中に SSS17a の他に重力波に対応する可能性が高い天体は存在しないことを明らかにした。さらに、これらの観測データをキロノバの理論計算と比較したところ、重力波源 GW170817 では、金やプラチナなどの r プロセス元素を含む物質が地球質量の約 10,000 倍程度放出されており、多くの種類の r プロセス元素が合成されていたことが明らかとなった。この結果は、重力波源が宇宙における r プロセス元素の合成現場であることを強く示唆するものである。