



IRSF が観測した重力波天体

## 重力波天体が放つ光を初観測！ —名古屋大学の望遠鏡による重力波対応天体の観測—

アメリカ合衆国の重力波検出器 LIGO および日本の光赤外天文学者で組織する J-GEM グループと協力して、名古屋大学大学院理学研究科が管理する南アフリカ・1.4m 赤外線望遠鏡(IRSF)および名古屋大学宇宙地球環境研究所が管理するニュージーランド・1.8m 可視望遠鏡(MOA II)が、最初の重力波対応天体 GW170817 の観測に成功しました。GW170817 は、これまでの重力波と異なり、中性子星連星の合体によって生じたと考えられます。

金やウランなどの重元素は、中性子星連星の合体で生じたと考えられており、今回、その現場が直接観測されたこととなります。今後、さらにこうした研究を進めることにより、宇宙の重元素の起源が解明されることが期待されます。

この研究成果は、日本天文学会誌 PASJ 他に掲載されます。

なお、この研究は、平成 24 年度から始まった文部科学省科学研究費補助金新学術領域『重力波天体の多様な観測による宇宙物理学の新展開』の支援のもとで行われたものです。

## 【ポイント】

最初の重力波対応天体の観測、重元素の起源の解明に足掛かり

## 【研究背景と内容】

宇宙に存在する金やウランなどの重元素は、核融合反応などの通常のプロセスでは説明することができず、その起源は不明でした。中性子星を含む高密度天体（ブラックホールや中性子星など）の合体では、高密度の中性子によって  $r$  プロセスと呼ばれる急速な重元素合成過程が進行すると考えられ、宇宙の重元素の起源として注目されています。

こうした高密度天体の合体は、重力波を使って検出可能ですが、重力波のデータだけでは重元素合成などの物理プロセスを知ることができません。こうしたプロセスを解明するには、重力波検出に合わせて光学望遠鏡や電波、エックス線やガンマ線などによる観測を実施して、重元素合成の現場を詳しく調べるのが期待されていました。しかし、これまでの重力波検出は、光を発しないと考えられるブラックホール連星の合体によるものだけでした。

2017年8月17日、アメリカの重力波検出器 LIGO およびヨーロッパの VIRGO により、中性子星を含む高密度天体の合体としては、初めてとなる重力波事象 GW170817 が検出され、さまざまな観測機器による観測が世界中で行われました。その結果、対応天体が発見され、ガンマ線から電波まで様々な波長で観測がなされました。

日本では、可視光や赤外線などによる重力波対応天体の観測のため、LIGO/VIRGO グループと学術協定を結び、国内の研究機関が保有する望遠鏡を組織して、J-GEM という研究グループを作り、重力波対応天体の観測を目指しておりました。GW170817 の検出を受けて、各望遠鏡が観測を開始し、国立天文台・ハワイ観測所のすばる望遠鏡などが対応天体の観測に成功しました。

名古屋大学では、理学研究科・南半球宇宙観測センター所属の南アフリカ・1.4m 赤外線望遠鏡(IRSF)およびニュージーランド・1.8m 可視望遠鏡(MOA II)が、J-GEM のメンバーとして観測を実施しました。IRSF 望遠鏡では、発見翌日の8月18日から9月6日まで、赤外線3波長での観測を継続し、中性子星の合体によって起きた爆発現象(キロノヴァ)の赤外線における明るさと色の変化を記録しました。IRSF 望遠鏡で記録された赤外線の色の変化は、理論的考察やコンピュータシミュレーションから予測されたキロノヴァの色変化に近く、今回の爆発現象がキロノヴァであることを強く示唆する本研究に大きく貢献しています。一方、MOA II 望遠鏡も合体の1.78日後の対応天体の姿を捉えました。今回の天体は、北半球からは条件が悪い南天で起きたため、名古屋大学が南半球に設置してきた望遠鏡群が有効に機能し、最初の重力波対応天体の観測に成功しました。今後、こうした天体を数多く観測し、理論・観測の双方から研究を進めることにより、宇宙の重元素の起源が解明されることが期待されます。

## 【成果の意義】

重力波検出器による観測と連携して、重元素の生成現場と考えられる中性子星を含む高密度星の合体の観測に初めて成功した。今後、宇宙の重元素の起源の解明が進むことが期待できる。

## 【用語説明】

中性子星：太陽よりやや大きな質量の星が、寿命が尽きて超新星爆発をして生じる半径 10km 程度の非常にコンパクトな空間に太陽程度の質量が詰まった天体

ブラックホール：中性子星よりさらに大質量・高密度で、限りなく重力崩壊をした天体

r プロセス：中性子が非常に高密度にある環境でのみ進行するとされる急速な重元素の合成過程

キロノヴァまたはマクロノヴァ：中性子星連星やブラックホールと中性子星の合体による r プロセスで生じる放射性同位元素の熱によって起きる発光現象

重力波：アインシュタインが予言した時空のゆがみが波として伝わる現象

ブラックホールや中性子星などの高密度天体が合体する際に強く放出される

LIGO：Laser Interferometer Gravitational-Wave Observatory の略

アメリカの2か所（ワシントン州 Hanford およびレイジアナ州 Livingston）に設置された大規模なレーザー干渉計から成る重力波検出器

2015年9月に最初の重力波検出に成功

ワイス、バリシュ、ソーンの3氏が2017年のノーベル物理学賞を受賞

VIRGO：ヨーロッパの重力波検出器（イタリア・ピサの近郊にある）

2017年8月から本格的な観測を開始

J-GEM：Japanese collaboration for Gravitational-wave Electro-Magnetic follow-up の略（日本の望遠鏡による重力波天体の観測を行うグループ）

すばる望遠鏡：国立天文台がハワイ・マウナケア山（標高 4205m）に設置した口径 8.2m の光学望遠鏡

南半球宇宙観測センター：名古屋大学が南半球に設置した望遠鏡群をまとめた組織

南アフリカの IRSF、ニュージーランドの MOAII のほか、チリの NANTEN2 電波望遠鏡がある

IRSF：佐藤 修二 理学研究科教授（当時）らが、2000年に南アフリカに設置した口径 1.4m の近赤外望遠鏡

赤外線が強みを生かして、様々な研究に利用されている

MOAII：村木 綏 太陽地球環境研究所教授（当時）らが、2004年にニュージーランドに設置した口径 1.8m、視野 2.2 平方度の広視野望遠鏡

主に、マイクロレンズ法による太陽系外惑星の探索に使用されている

## 【論文名】

Utsumi et al., "J-GEM observations of an electromagnetic counterpart to the neutron star merger GW170817", PASJ

DOI: 10.1093/pasj/psx118

Tanaka et al., "Kilonova from Post-Merger Ejecta as an Optical and Near-Infrared Counterpart of GW170817", PASJ

DOI: 10.1093/pasj/psx121