

中性子星合体！重力波！！

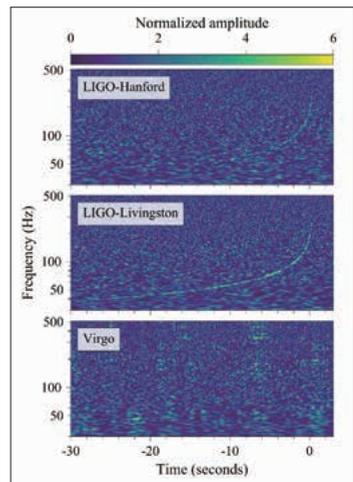
今年のノーベル物理学賞は、アメリカの重力波検出装置「Advanced LIGO」による人類初の重力波直接観測という偉業に与えられました。それから間もない10月16日、今度は『中性子星同士の合体による重力波天体が特定された！』という、ビッグニュースが飛び込んできました。ということで今回は、現在投影中のプラネタリウム番組名をもじり、「中性子星合体！重力波！！」のお話をしましょう。

アインシュタインが予測した「重力波」

質量を持つ物体が運動することで時空のゆがみが生じ、それが波として光速で伝わるのが重力波です。1915年に一般相対性理論を発表したアインシュタインがその存在を予測していましたが、重力波は透過性が非常に高く、かつ信号が極めて弱いため、長い間観測することができませんでした。つい最近になってアメリカの2台の「Advanced LIGO」、フランス・イタリアの「Advanced Virgo」などが運用を開始し、人類初の重力波直接観測（GW150914）は、2015年LIGOによってもたらされました。アインシュタインの予測からちょうど100年後ということになります。何ともドラマティックですね。こうして、2017年10月末までに実に5例の重力波が検出されています。日本では、岐阜県神岡に設置した重力波望遠鏡KAGRAが試験運用を開始しており、2019年の本格運用を予定しています。

めざせ、重力波天体の特定！

8月17日に検出された5例目のGW170817の到来方向は、90%の確率で天球上の31平方度の広さに絞り込むことができたそうです。世界初の重力波検出となったGW150914が230平方度だったことに比べると、精度が大きく向上しています。これには検出装置の台数が関係しています。GW150914では稼働していた重力波検出装置はLIGO2台でした。今年Virgoが運用を開始したことで、GW170817はVirgoを含め3台の装置によって検出されたため、より重力波源の到来方向を絞り込むことができたと言えます。そして観測データの解析で、この重力波はどうやら中性子星同士が合体して生じたものであることが分かりました。



GW170817の観測成果
上2図:LIGO/最下図:Virgo
Published in Phys. Rev. Lett.
119,161101 (2017) より

中性子星は、重い恒星が最期に起こす超新星爆発によって作られる天体です。太陽と同じくらいの質量を持ちながら、半径は10km程度しかありません。その密度は、角砂糖1個に対し、10億トンにもなります。そしてブラックホール同士の合体とは違い、中性子星同士の合体ではさまざまな波長の光（電磁波）が出るのが予想されていました。つまり、重力波検出の後に現れる現象を電磁波観測で見つけることができれば、重力波天体を特定できる、というわけです。

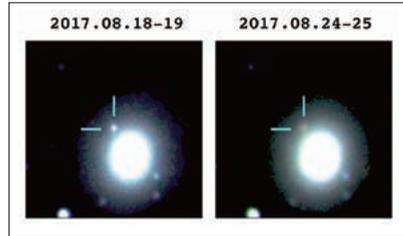
この重力波の検出情報は、すぐに世界中の電磁波観測グループに伝えられました。そのうちの1つが日本の重力波追跡観測チームJ-GEMです。実は月刊うちゅう7月号には、このチームに参加されている国立天文台の田中雅臣先生に、J-GEMの取り組みや重力波天体の観測について執筆いただいています（p4～9「重力波天体の可視光・赤外線観測」）。そちらもぜひ、もう一度お読みいただければと思います。

「マルチメッセンジャー天文学」の夜明け

GW170817の発生から11時間後、南米チリにある口径1mのSwope望遠鏡による近赤外線での観測で、重力波天体だと考えられるものが発見されました。それは、うみへび座の方向、地球からはおよそ1億3000万光年離れた楕円銀河NGC4993に出現した天体で、SSS17aと名づけられました。日本のJ-GEMチームも、17時間後にはハワイのすばる望遠鏡による観測を始め、数多くの望遠鏡で可視光・赤外線観測が行われました。

そしてSSS17aを可視光から近赤外線の広い波長域でとらえ、明るさの時間変化を追跡することに成功しました。田中先生の研究チームでは、国立天文台のスーパーコンピュータ「アテルイ」を使ったシミュレーションで、中性子星合体から放射される電磁波のパターンを予測する研究をされていました。今回観測された天体の明るさやスペクトルの変化は、その予測に驚くほど一致していたそうです。これは、重力波観測と電磁波観測が協力した「マルチメッセンジャー観測」の世界初の成果です。私達は、まさに「マルチメッセンジャー天文学」の夜明けを見た！と言えるのではないのでしょうか。今後日本のKAGRAも運用を開始し、さらに精度高く重力波観測が行われるようになります。

というわけで、まずは旬の話題満載のプラネタリウム「ブラックホール合体！重力波」、ぜひご覧ください！（私が担当した「星の誕生」も合わせて見てほしいです…笑）



GW170817の可視光赤外線対応天体
すばる望遠鏡とIRSF望遠鏡データを用いた疑似三色合成画像。

Credit: NAOJ/Nagoya University