

LIGO-Virgo 検出器ネットワーク、再び中性子星の衝突を捉える

2019年4月25日、LIGOのリビングストン検出器は二つの中性子星の衝突由来とみられる重力波信号を検出した。リビングストン検出器は、アメリカ国立科学財団(NSF)に支援されているLIGO(レーザー干渉計重力波観測所)とヨーロッパの検出器Virgoの干渉計ネットワークの一員である。最新の研究で、この信号は確かに二つの中性子星の衝突に由来する可能性が高いことが検証された。このようなイベントが重力波で観測されるのは未だ二例目である。

このような中性子星連星の合体は2017年8月に初めて観測されていて、初めて同じ天体現象から重力波と電磁波が同時に検出された歴史的な発見となった。その一方今回の4月25日の中性子星合体では電磁波は全く検出されなかった。しかし重力波検出器のデータのみ解析から、研究者たちはこの合体で異常に高質量な天体が生み出されたことがわかった。

米国のオレゴン大学に所属しLIGOチームの一員であるベン・ファー(Ben Farr)氏はこのイベントについて、「今までの電磁波の観測によって我々がいる天の川銀河に存在する中性子星連星は17個知られていて、これらの質量も推定されていた。驚くべきことは、今回の合体した中性子星連星の合計の質量は既存の観測から期待されるものよりも非常に高いことである。」と解説している。

Virgoチームの広報担当者であり、オランダのマーストリヒト大学、国立重原子物理学研究所(Nikhef)およびアムステルダム自由大学の教授であるジョー・ヴァンデンブランド(Jo van den Brand)氏は、「私たちが二つ目の中性子星連星と矛盾のない重力波信号を検出したことで、2年前の2017年8月に観測され、マルチメッセンジャー天文学を切り開いた中性子星連星の合体が宇宙では普遍的に起こっていることが確認された。」と述べている。マルチメッセンジャー天文学は、重力波と光のように異なる種類の信号が同時に観測されたときに実現される。

今回の研究はアストロフィジカル・ジャーナル・レターズ(Astrophysical Journal Letters)に投稿され、LIGO Scientific Collaborationと、イタリアのVirgo重力波観測所で観測を行うVirgo Collaborationからなる国際チームが著者に名を連ねた。研究成果は、1月6日にハワイのホノルルで行われたアメリカ天文学会の第235回会議に伴い記者会見で発表された。

中性子星は、星が死を迎える際に大きな爆発をしたあとの残骸である。二つの中性子星が近づき合体すると激しい衝突が起こり、この際重力波が放出され時空を伝わる。

LIGOは2015年に重力波を直接検出した初めての観測所となったが、この時検出された重力波は2つのブラックホールが激しく衝突した際に生まれたものであった。この観測

以来、LIGO・Virgo 両観測所からはこのようなブラックホール合体の候補が更に数十例ほど報告されている。

2017 年 8 月の中性子星合体は、ルイジアナ州リビングストン、ワシントン州ハンフォードにある LIGO の 2 台の検出器両方と共に、世界中の多くの電磁波望遠鏡で観測された（ブラックホール合体では電磁波は放出されないと考えられているが、中性子星の衝突では放出される）。Virgo のデータには信号ははっきりとは見えなかったが、このことが空のどの方向で合体が起こったかを最終的に特定するための重要な情報となった。

2019 年 4 月のイベントは、まず LIGO のリビングストン検出器のデータのみで発見された。一方 LIGO のハンフォード検出器はその時オフラインの状態、さらに合体した場所までは 5 億光年以上の距離があったため、Virgo のデータでは信号が弱すぎて観測できなかった。研究チームはリビングストンのデータと Virgo のデータから得られた情報を用いて、イベントの起こった場所を 8,200 平方度、全天のおよそ 20%の領域に狭めた。比較として、2017 年 8 月のイベントではたった 16 平方度、全天の 0.04%の領域まで狭められていた。

カリフォルニア工科大学に所属し LIGO のリビングストン観測所で働くアナマリア・エフラー(Anamaria Effler)氏は、「このイベントは一つの検出器のみで検出した初めての公開されたイベントです。しかし Virgo も重要な貢献をしました。Virgo が検出できなかったという情報を用いて、信号が宇宙のどこから来たはずかを大雑把に理解できたのです。」と述べている。

LIGO のデータからは、合体した二つの中性子星の質量の合計は太陽の 3.4 倍であることが明らかになった。天の川銀河に存在する既知の中性子星連星は、最大でも太陽の 2.9 倍の質量しか持っていない。この異常に高い質量を説明する一つの可能性として、この合体が二つの中性子星の合体ではなく、中性子星と中性子星より重いブラックホールの合体であるということが考えられる。しかしこれが本当であれば、ブラックホールの質量はこれまで観測されてきたものより並外れて軽い必要がある。そのため研究者たちは、LIGO は二つの中性子星の衝突を観測したという可能性の方が遥かに高いと考えている。

ペンシルバニア州立大学に所属し LIGO チームの一員であるスラビ・サチュデフ(Surabhi Sachdev)氏は「私たちがデータから知ったのは合体する二つの天体の質量で、それぞれの質量は中性子星の質量と最もよく対応する。しかし、中性子星の連星系としては、合計質量は知られている天の川銀河中のどの中性子星連星よりも大きい。この発見は、この連星がどのようにして生まれたかについて興味深い示唆を与えてくれるかもしれない。」と述べている。

中性子星連星が形成される方法は二通りあると考えられている。一つは、二つの大質量星の連星系がそれぞれ中性子星を残してその一生を終えるというもので、もう一つは星

が密に存在する環境で独立に生まれた二つの中性子星が出会うというものである。このイベント時の LIGO のデータはどちらのシナリオがより正しいかを教えてくれたわけではないが、この連星の想定外に高い質量を説明するためにはより多くのデータと新しい理論モデルが必要であることを示している。

重力波観測所についての追加情報：

LIGO 観測所はアメリカ国立科学財団 (NSF) の支援を受けていて、プロジェクトを考案・リードしているカリフォルニア工科大学とマサチューセッツ工科大学によって稼働されている。Advanced LIGO プロジェクトへの金銭的支援は NSF とドイツ (Max Planck Society)、イギリス (Science and Technology Facilities Council)、オーストラリア (Australian Research Council-OzGrav) が主導的に行い、プロジェクトに多大な貢献をした。世界中のおよそ 1,300 人の研究者が GEO Collaboration を含む LIGO Scientific Collaboration に所属しプロジェクトに参加している。その他の共同研究機関のリストはこちらで入手できる。 <https://my.ligo.org/census.php>

Virgo Collaboration は、現在イタリア、オランダ、スペイン、ドイツ、ハンガリー、フランス、ベルギー、ポーランドなど 11 カ国の 99 研究機関に所属する計 520 人程度の研究者で構成されている。European Gravitational Observatory (EGO) はイタリアのピサの近くにある Virgo 検出器を運営していて、フランスの Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS)、Istituto Nazionale di Fisica Nucleare (INFN)、そしてオランダの Nikhef の支援を受けている。Virgo Collaboration に所属する研究グループはこちらのリンク <http://public.virgo-gw.eu/the-virgo-collaboration/> にある。Virgo Collaboration の詳細については Virgo のウェブサイト <http://www.virgo-gw.eu> で入手可能である。

報道機関問い合わせ先

カリフォルニア工科大学

Whitney Clavin

wclavin@caltech.edu

626-390-9601

マサチューセッツ工科大学

Abigail Abazorius

abbya@mit.edu

617-253-2709

Virgo

Livia Conti

livia.conti@pd.infn.it

アメリカ国立科学財団

Ivy Kupec

ikupec@nsf.gov

703.292.8796