

NEWS RELEASE

For Immediate Release

February 11, 2016

アインシュタインの予言後 100 年で重力波の検出達成
LIGO はブラックホール同士の衝突からの重力波を観測し、宇宙に新しい窓を開いた
ワシントン、DC/カッシーナ、イタリア

科学者たちは初めて、遠い宇宙での大異変から地球に届く 重力波と呼ばれる時空の波紋を観測した。これは、1915 年にアインシュタインが発表した一般相対性理論における重要な予測を裏づけ、宇宙に向けてまったく新しい窓を開くことになる。

重力波は、その劇的な起源や重力の性質に関する情報を運んでおり、それらの情報は他の手段では得ることができない。物理学者たちは、検出された重力波が、二つのブラックホールが合体し、一つのより巨大なブラックホールを生成する時の最後の一瞬から生じたものだと結論づけている。このような二つのブラックホールの衝突は予測されていたが、これまでに観測されたことはなかった。

今回の重力波は、米国東部夏時間 (9 時 51 分 UTC) 2015 年 9 月 14 日、午前 5 時 51 分にルイジアナ州リビングストンとワシントン州ハンフォードに設置されるレーザー干渉計重力波天文台 (LIGO) のペアの検出器の両方によって検出された。LIGO 天文台は国立科学財団 (NSF) により資金提供されており、カリフォルニア工科大学と MIT により考案、構築、運営がなされている。この発見は GEO コラボレーション、オーストラリア干渉計型重力天文学コンソーシアムを含む LIGO 科学コラボレーション (LSC) と、二台の LIGO 検出器からのデータを使用する VIRGO コラボレーションによってなされ、Physical Review Letters ジャーナルで出版が受理された。

LIGO の科学者たちは、観測された信号を解析して、このイベントを起こした二つのブラックホールがそれぞれ太陽の約 29 倍および 36 倍の質量であり、そのイベントは 13 億年前に起こったと推定している。太陽の約 3 倍の質量が一瞬にして重力波に変換された。それによる最大出力エネルギーは、晴れ上がり以降観測可能な宇宙すべてのエネルギーの約 50 倍である。リビングストンに位置する検出器は、ハンフォードに位置する検出器の 7 ミリ秒前にイベントを記録した。科学者たちは、この信号の到着時間差から、波源が南半球に位置していたと推定している。

一般相対性理論によると、互いの周りを周回する一対のブラックホールは、重力波の放射によりエネルギーを失いながら、数十億年にわたって次第に近づいてゆき、その後、最後の数分間で突然急速に接近する。最後の瞬間には二つのブラックホールは光速のほぼ半分のスピードで衝突し、単一の、より巨大なブラックホールを形成する。アインシュタインの方程式、 $E=mc^2$ によれば、衝突して一つになったブラックホールの質量の一部はエネルギーに変換される。このエネルギーは最終的に強力な重力波のバーストとして放出される。この重力波こそが今回 LIGO で観測されたものだ。

重力波の存在は最初に、ジョセフ・テイラー・ジュニアとその同僚によって1970年代から1980年代にかけて実証された。1974年、テイラーとラッセル・ハルスは、中性子星とその周りを回るパルサーから成る連星系を発見した。1982年、テイラーとジョエル・M・ワイズバークは、パルサーの軌道が、重力波としてエネルギーを放出しながら、時間をかけてゆっくりと縮小していることを発見した。パルサーを発見したことと、連星周期の観測によって重力波測定が行えることを示したことにより、ハルスとテイラーは1993年にノーベル物理学賞を受賞した。

今回のLIGOの新たな発見は、重力波が地球を通過するときに起こる、時空の微小な外乱を測定した、重力波そのものの自体の最初の観測である。

「我々の重力波の観測によって、この捉えにくい現象を直接検出するということや、宇宙をより深く理解するという、50年ごしの野心的なゴールが達成されたのである。それだけでなく、まさにアインシュタインの一般相対性理論100周年記念の年に、アインシュタインの遺産を成就したということでもある。」と、LIGO研究所エグゼクティブディレクターであるカリフォルニア工科大学のデービッド・H・ライツィー氏は述べる。

今回の発見は、Advanced LIGOでの感度の向上により可能となった。第一世代LIGO検出器がAdvanced LIGOとして大きくアップグレードされ、探索可能な宇宙の体積が大幅に増加した。それにより、初めての連続観測ですでに重力波検出が達成されたのである。Advanced LIGOの財政は米国国立科学財団(NSF)によって支援されている。また、ドイツでの資金調達機関(マックス・プランク研究所)、英国での資金調達機関(科学技術施設評議会、STFC)また、オーストラリアでの資金調達機関(オーストラリア研究会議)がこのプロジェクトにとって重要な役割を果たしてきた。Advanced LIGOの感度をより向上させた鍵となる技術は、ドイツと英国から成るGEOコラボレーションにより開発され、試験されてきた。重要なコンピューターリソースは、AEIハノーバーアトラスクラスタ、LIGO研究所、シラキュース大学、ウィスコンシン大学ミルウォーキー校らにより貢献されている。オーストラリア国立大学、アデレード大学、フロリダ大学、スタンフォード大学、ニューヨーク市コロンビア大学、ルイジアナ州立大学などの数カ所の大学で、Advanced LIGOのための主要な構成要素の設計、構築、確認実験が行われた。

「1992年にLIGOの初期資金が承認されたが、それはNSFがこれまでに行った最大の投資となった。」とNSFディレクター、フランス・コルドバは述べる。「これは大きなリスクであった。しかし、全米科学財団は、このようなリスクを負う機関なのだ。我々は発見に至る道のりの途中、先行きの全く見えない時点でも基礎科学と工学の援助を行う。我々は、先駆者に資金を提供する。それが、米国が知識向上のグローバルリーダーであり続ける理由である。」

LIGOでの研究は米国とその他14カ国の大学からの1000人以上の科学者のグループであるLIGO科学コラボレーション(LSC)により行われている。LSCを成す90以上の大学や研究機関が、検出器技術を開発し、データを解析している。その中の約250人の学生もコラボレーションの重要なメンバーである。LSCの検出器ネットワークはLIGOの二つの干渉計とGEO600の検出器から構成される。GEOチームは、マックスプランク研究所重力物理学(アルバート・アインシュタイン研究所、AEI)、ハノーバー大学、グラスゴー大学の科学者、また、パートナーであるカーディフ大学、バーミンガム大学、英国のいくつかの大学、スペインのバレアレス大学の科学者からなる。

「この検出は、新しい時代の始まりだ。重力波天文学分野は今現実になった。」とLSC広報担当でルイジアナ州立大学物理・天文学の教授、ガブリエラ・ゴンサレスは言う。

LIGOは、ライナー・ワイス（MIT物理学教授、名誉教授）、キップ・ソーン（カリフォルニア工科大学理論物理学のリチャードP. ファインマン教授、名誉教授）、ロナルド・ドレーバー（カリフォルニア工科大学物理学の教授、名誉教授）たちにより、重力波を検出する手段として1980年代に提案されたことから始まった。

「今回の観測の説明は100年前にアインシュタインが述べた一般相対性理論のなかで見事に表現されている。またそれは、強重力場での理論の最初の検証である。もし我々がアインシュタインにこのことを言うことができ、その時の彼の顔を見ることができたのなら、どんなに素晴らしいだろう」とワイス氏は語る。

「この発見によって我々人類は驚くべき、そして新しい探求に着手したことになる。それは曲がった宇宙の探索、つまり歪んだ時空からつくられた物体や現象の探求である。衝突するブラックホールと重力波が我々の最初の美しい例である。」とソーン氏は述べる。

Virgoでの研究は、19の欧州研究グループに所属する250人以上の物理学者やエンジニアからなる、Virgoコラボレーションにより行なわれている（フランスの国立科学研究センターCNRSから6グループ、イタリアの国立原子核物理研究所INFNから8グループ、オランダのNikhefから2グループ、ハンガリーウィグナーRCPグループ、ポーランドのPOLGRAWグループ、VIRGO検出器のあるイタリア・ピサ近郊のヨーロッパ重力観測所EGO）。

Virgo広報担当者フルビオ・リッチ氏は「これは物理学のための重要な節目であるが、より重要なことは、これはLIGOとVirgoにとって新しくエキサイティングな天文物理学の始まりにすぎないということである。」と述べた。

マックスプランク研究所重力物理学（アルバート・アインシュタイン研究所）のマネジングディレクターブルース・アレン氏はそれに付け足し「アインシュタインは、重力波を検出するには弱すぎると思っていたし、ブラックホールの存在も信じなかったが、彼なら間違っていたことを気にもしなかつただろう。」と述べた。

「Advanced LIGO検出器は、技術者、エンジニア、科学者からなる、真に並外れた国際チームが可能にした、科学技術の力作である。」とAdvanced LIGOプロジェクトリーダー、デビッド・シューメーカー氏（MIT）は述べる。彼はまた「我々は時間と予算を守り、このNSF資金によるプロジェクトを終了したことを非常に誇りに思う。」と語った。

各観測所に設置された、長さ4キロメートルでL字型をしたLIGO干渉計は、レーザー光を用いる。レーザー光源は二つのビームに分けられて干渉計の腕を行き来する（直径1.2メートルの管は完璧に近い真空中に保たれている）。二つのビームは、腕の両端部に正確に配置されたミラー間の距離をモニターする。アインシュタインの理論によれば、重力波が検出器を通過する際、ミラー間の距離が微量変化する。この干渉計では、陽子（ 10^{-19} メートル）の一万分の一よりも小さな長さの変化が検出可能なのである。

「この素晴らしい画期的な出来事をもたらすためには、科学者たちのグローバルな連携が必要であった。というのも、我々がGE0600検出器のために開発したレーザーやサスペンションの技術が、Advanced LIGOで使われ、それがLIGO をこれまでで最も洗練された重力波検出器にしているのである。」とグラスゴー大学、物理・天文学教授シーラ・ローワンが述べる。

重力波を発生させたイベントの方向を決定するために、また、信号が宇宙から来たものであり、他の局所的な現象ではないことを確認するためには、独立した、遠く離れた複数の天文台が必要である。

「うまくいけば、今回の初観測により、検出器のグローバルネットワークの構築が進むだろう。それにより、マルチメッセンジャー天文学の時代において、正確な波源の位置情報を可能にするであろう」と、オーストラリア国立大学重力物理学センター、物理学教授兼ディレクターであるデビッド・マクレランドが述べる。

###

支局プレス窓口

名前

電話

Eメール

Caltech
Kathy Svitil
Director of News and Content Strategy
626-676-7628 (cell)
ksvitil@caltech.edu

MIT
Kimberly Allen
Director of Media Relations
Deputy Director, MIT News Office
617-253-2702 (office)
617-852-6094 (cell)
allenkc@mit.edu

NSF
Ivy Kupec

Version February 5, 2016 L1600013-v2

Media Officer
703-292-8796 (Office)
703-225-8216 (Cell)
ikupec@nsf.gov

VIRGO
NAME
TITLE
PHONE
EMAIL

GEO
Susanne Milde
milde@mildemarketing.de
Phone +49 331 583 93 55
Mobile: +49 172 3931349.

UK Science and Technology Facilities Council
Terry O' Connor
Email: terry.o'connor@stfc.ac.uk
Phone: +44 1793 442006
Mobile: +44 77 68 00 61 84.

Max Planck Institute for Gravitational Physics Hannover
Benjamin Knispel (Press Officer)
+49 511 762 19104
benjamin.knispel@aei.mpg.de