

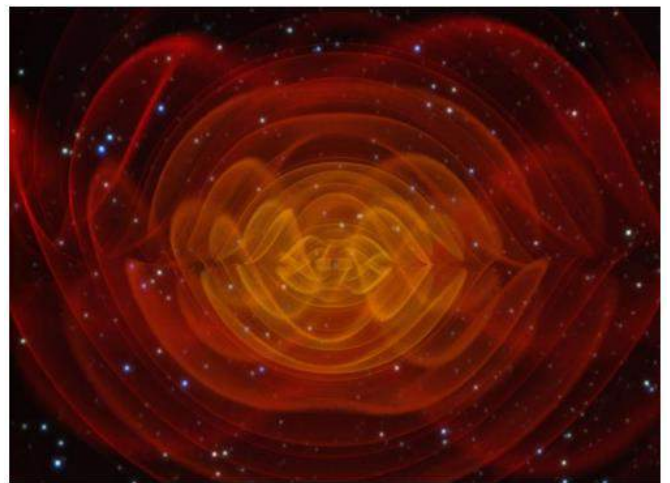
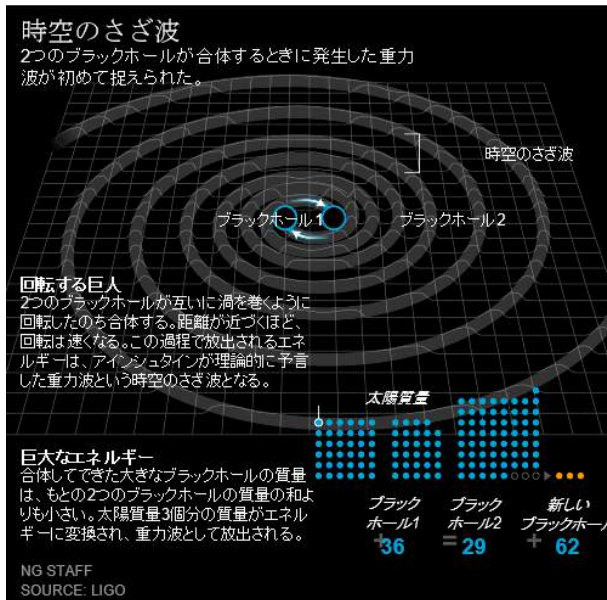
重力波

実際の観測は、2015年9月14日

日本時間の2016年2月12日未明、アメリカの重力波望遠鏡LIGOが、遠い宇宙からやってきた「重力波」の初観測に成功したと発表しました。二つのブラックホールが合体する瞬間をとらえた、というのです。このニュースはその朝の新聞各紙で一面トップを飾り、テレビでは歴史的な出来事として報じられた。

「重力波」は、物理学者アルベルト・アインシュタインが1915年に一般相対性理論を完成させた直後に、その帰着の一つとして存在を予想していた「時空のさざなみ」です。この時空の小さな歪みが、波として宇宙を伝わっていく、というのです。

重力波が存在することは、天体の電波観測から間接的には証明されていました。しかし、研究者たちが五十年以上に及ぶ努力を積み重ねてきたにもかかわらず、その直接観測は実現されていませんでした。その初観測が、アインシュタインの予想から百年を経て、ついに成し遂げられたのです。



お互いのまわりを渦を巻くように回転する2つの巨大なブラックホールから放出される重力波のコンピュータ・シミュレーション。(ILLUSTRATION BY C. HENZE, NASA)

LIGO (ライゴ: レーザー干渉計重力波天文台)

Laser Interferometer Gravitational-Wave Observatory

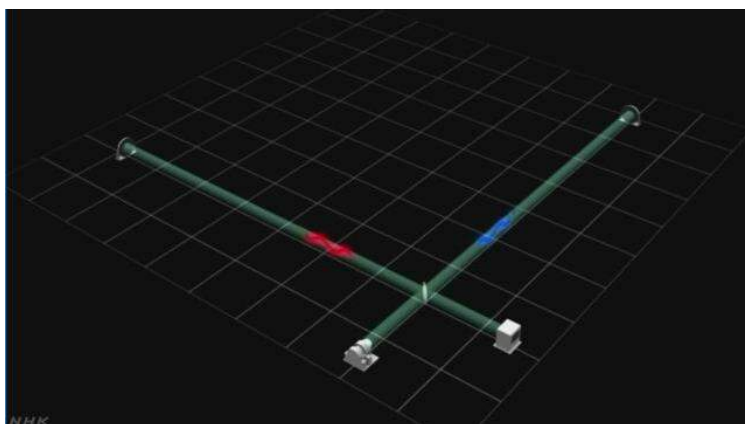


米ワシントン州・ハンフォード観測所

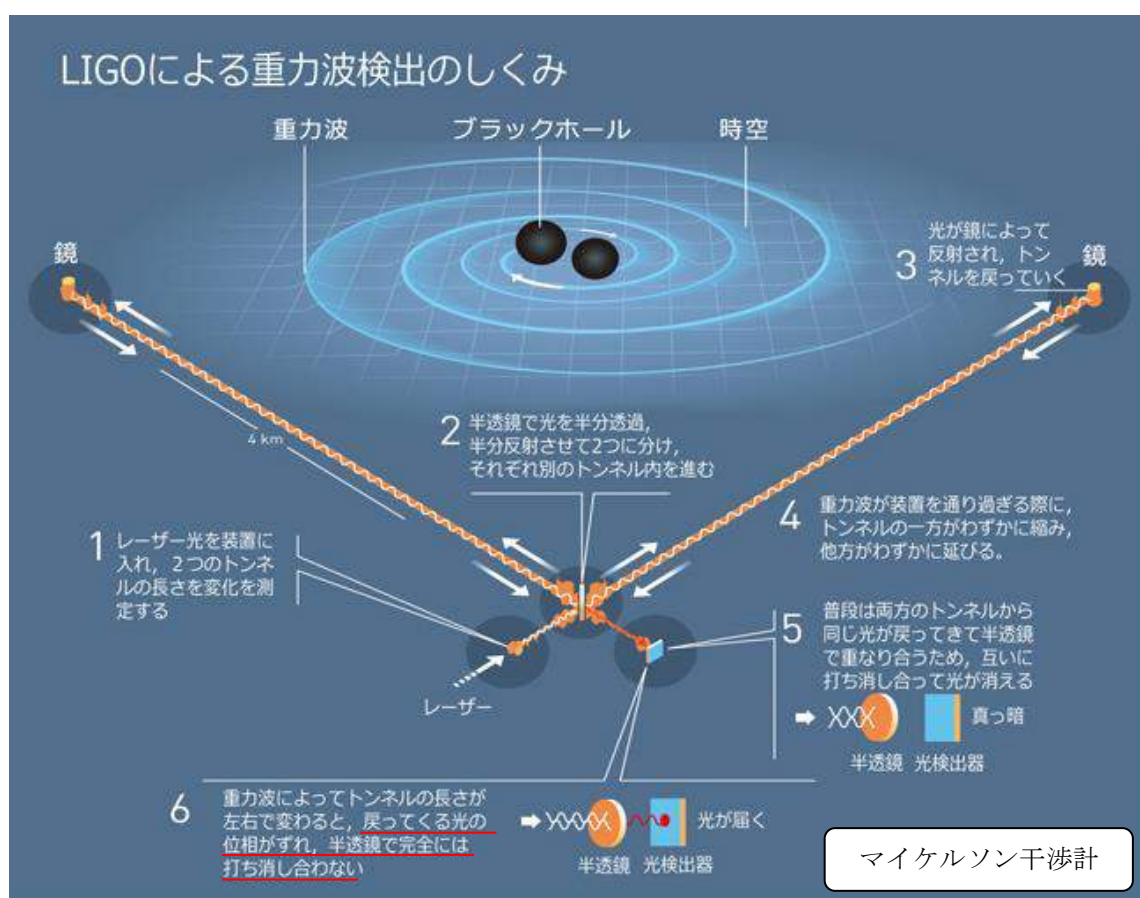


米ルイジアナ州・リビングストン観測所

「重力波」を検出する仕組みは次のとおりです。L I G Oには、長さ4キロメートルもある2本のパイプがL字形に交わった形で設置されています。2本のパイプの中で同時にレーザー光を放ち、パイプの端に設置した鏡で反射させると、通常は、レーザー光は同時に跳ね返り、L字型のパイプが交わり合った場所に戻ってきます。



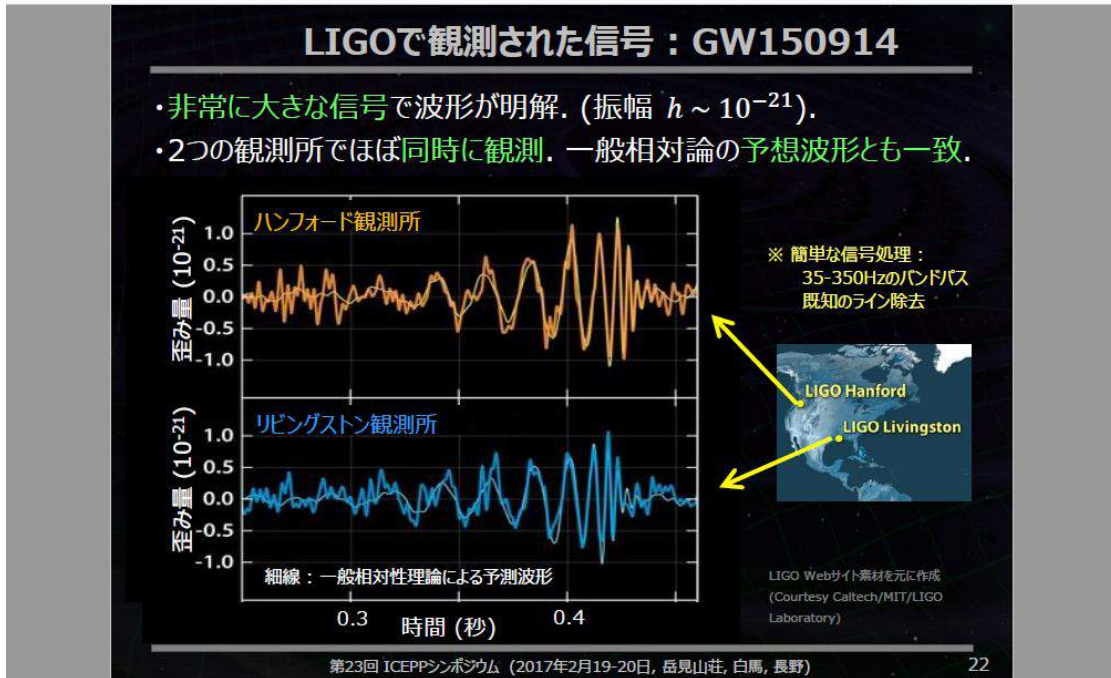
ところが、重力波によって時間や空間がゆがめられると、パイプの長さが変わるため、中を通る光がわずかにずれて到達するのです。このずれ方を捉えることで、重力波が来たのかどうか、またどんな重力波だったのかも検出する仕組みです。



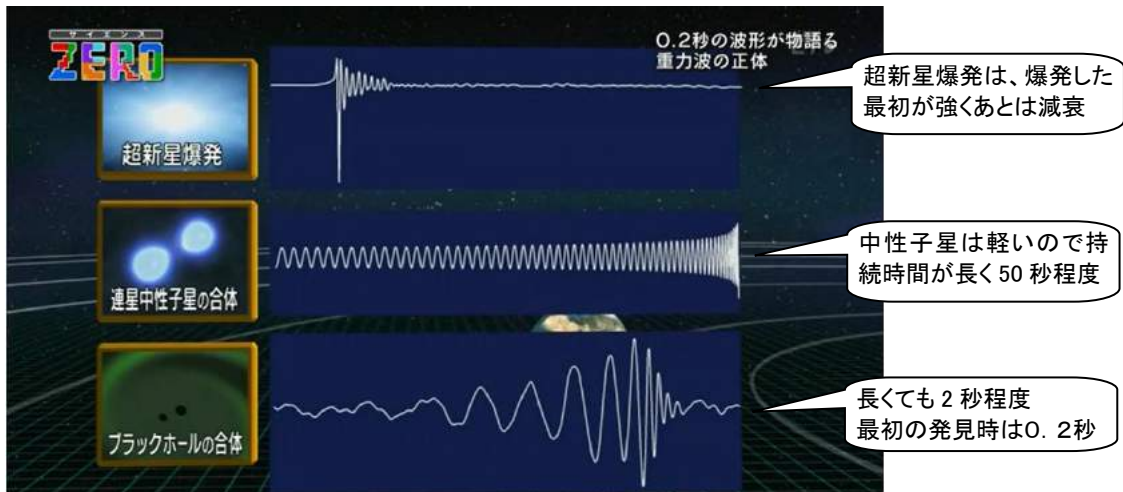
2015年に検出した重力波では、空間が最大で 10^{-21} だけ伸び縮みしました。こう言われてもピンときませんが、これは先にカッシーニ探査機が旅した地球から土星までの距離（約15億km）が、わずか1nm、アミノ酸1個とかフラーレン1個分だけ伸び縮みしたことに相当します。LIGOはその極微の変化を捉えたのです。

LIGOの観測成功は2016年2月に発表され、世界的なニュースになりました。その後も数度にわたって重力波を検出し、2017年8月には欧州に建設された干渉計VIRGOもLIGOと同時に重力波を捉えました。日本でも神岡鉱山の地下深くに、重力波観測装置「KAGRA」の建設が進んでいます。KAGRAでは、LIGOやVIRGOにはない新しい技術「極低温鏡」を採用しており、最先端の技術で重力波検出を目指しています。現在、検出感度を上げるための作業を進めており、2019年春から試験観測を開始する予定です。(東京大学宇宙線研究所梶田隆章所長)

- ・ 2カ所のL I G Oで検出された重力波（根拠：2か所で同じ波形／理論波形に酷似）



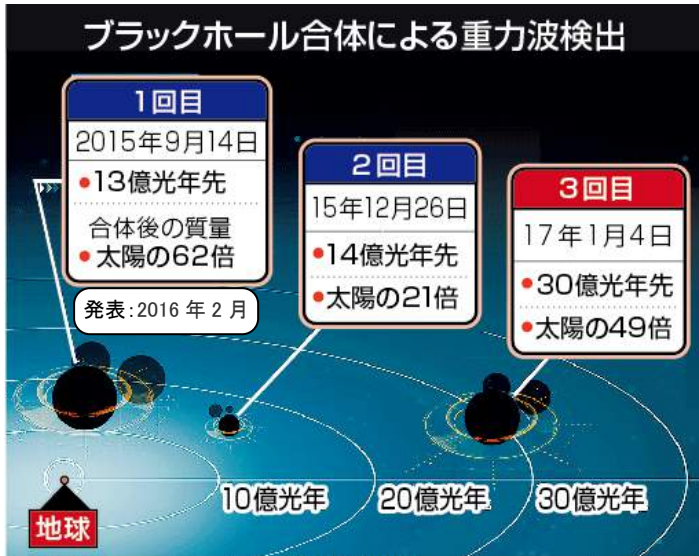
重力波の発生原因がブラックホールなのか中性子星なのかは、観測された重力波を重力理論（一般相対論）から予想される波形と比べることでわかる。以下の波形は重力理論（一般相対論）に基づき、スパコンでシミュレーションして得られた波形。



宇宙から届く「重力波」を初めて捉えた米マサチューセッツ工科大のレイナー・ワイス名誉教授（85）、米カリフォルニア工科大のバリー・バリッシュ名誉教授（81）、キップ・ソーン名誉教授（77）が2017年10月3日、ノーベル物理学賞に輝いた。重力波はアインシュタインが残した「最後の宿題」と言われ、その答えを歴史に刻んだ物理学者に最高の栄誉が贈られた。



●今までの観測結果



- ・ 第1回目 (2015年9月14日) 発表 2016年2月 ブラックホール合体による重力波 太陽の約36倍と29倍の質量を持つ2つの巨大ブラックホールが合体し、62倍の巨大ブラックホールになった。その時3倍の質量が失われ、それが重力波となった。
- ・ 第2回目 (2015年12月26日) 発表 2016年6月 ブラックホール合体による重力波
- ・ 第3回目 (2017年1月4日) 発表 2017年6月 ブラックホール合体による重力波
- ・ 第4回目 (2017年8月14日) 欧州に建設された干渉計 VIRGO も LIGO と同時に重力波を検出 太陽の約31倍と25倍の質量を持つ2つの巨大ブラックホールの合体
- ・ 第5回目 (2017年8月17日) 初めて中性子星合体からの重力波が観測 (発表は10月)。 40メガパーセク(1.3億光年)という近距離にある銀河の中で発生
- ・ 第6回目 (?)

