

## アインシュタインの遺産：重力波

### 1. はじめに

アインシュタインの残した最後の宿題と言われていた重力波が相対性理論誕生の年から 100 年目の 2015 年について検出されました。この成果により、これまでとは全く違った手法での宇宙探査の道が開けました。今回はまだ大発見の余韻が残っている重力波について紹介していきます。

### 2. アインシュタインと重力

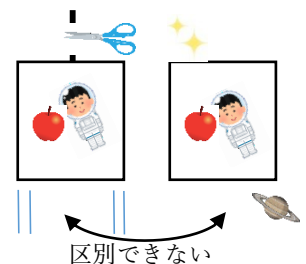
#### 2-1. 相対性理論に重力をどう取り込むか



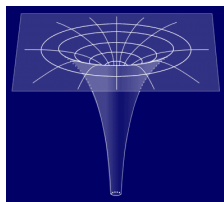
光と同じ速度で移動する物体から光を見るとどう見えるのか？アインシュタインはそんな疑問を出発点として相対性理論を作り上げました。ただ、完成した理論には重力の効果は組み込まれていませんでした。相対性理論に重力をどう組み込んだらよいか。考えを巡らせたアインシュタインは、自身が「生涯最高のアイデア」と称した考え方にたどり着きます。それは現在では「等価原理」と呼ばれている考え方です。

#### 2-2. 重力と加速度運動は区別できない：等価原理

いま、あなたは窓のないエレベーターの中にいるとします。運悪くロープが切れてしまったらとうなるでしょう。シンプルな構造のエレベーターの場合、重力の影響で自由落下していきます。それによってエレベーター内の重力は相殺され体が浮いた状態になります。その時、エレベーターの中にいるあなたは、重力で自由落下をしているのか、無重力の宇宙空間にエレベーターがあるのか区別することはできるのでしょうか？“区別はできない”というのが、アインシュタインの結論でした。



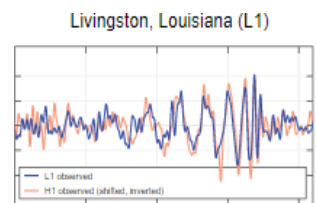
#### 2-3. 空間のゆがみと重力



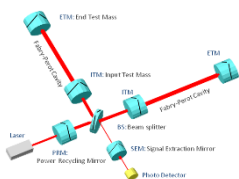
等価原理の考え方を拡張していくことでアインシュタインは、質量のある物体が存在すると、その周囲の空間がゆがむ、それが重力の本質であるとする理論（一般相対性理論）を構築しました。一般相対性理論によれば、重力の強い場所では光が曲がったり、時間がゆっくり進むという不思議な現象が起きます。ブラックホールという考えも一般相対性理論から導くことができます。そして、今日のテーマである重力波も存在し得ることが示されます。ただし、重力波の大きさは非常に小さく、検出されることはないだろうというのが、大方の予想でした。

#### 2-3. We did it!

2016年2月11日、人類初の重力波がアメリカの重力波検出施設 LIGO で検出されたと発表されました。重力波そのものは前年の 2015 年 9 月 14 日に検出されており、半年近くの慎重な検証の結果、重力波であると確認され発表されたものです。検出された重力波による時空のゆがみは地球-太陽間の距離がわずかに水素原子 1 個分程度変動する程度のわずかなものですが、科学が大きく前進した瞬間です。



#### 2-4. KAMioka GRAvitational wave detector, Large-scale Cryogenic Gravitational wave Telescope



日本の大型重力波検出装置 KAGRA は岐阜県神岡町の鉱山跡地に建設されています。重力波検出にはわずかな振動もノイズになってしまうので、レーザー光を反射する鏡を $-253^{\circ}\text{C}$ という極低温まで冷却したり、長さ約 3km の光路を高真空に保つなど、技術の粋を集めた施設となっており、2020 年 2 月より観測が始まっています。

### 3. まとめ

アインシュタインからの宿題となっていた重力波が検出され、相対性理論が強い重力下でも成り立っていることが改めて証明されました。また、人類は宇宙を観測する新しい手段を得たこととなります。KAGRA の稼働による国際共同観測の強化によって、今後も新しい発見が期待されます。重力波天文学の発展にご注目ください。