

# 宇宙・ブラックホール・タイムマシン

神戸大学・理学部・地球惑星科学科 松田卓也

はじめに

今年、2005 年は、アインシュタインが 1905 年に、物理学の発展にとって重要な 5 編の論文を書いたから 100 年になります。それを記念して、2005 年を世界物理年とすることが国連で決められました。日本でも、世界物理年日本委員会というものができて、物理学に関連したさまざまなイベントを行うことになりました。この「リフレッシュ理科教室」もその一つです。

重要な 5 編の論文といいましたが、そのなかでも特に重要なのが「特殊相対性理論」です。アインシュタインは 1915 年に特殊相対性理論をさらに発展させた「一般相対性理論」という学問を提案しています。ですから、アインシュタインといえば相対性理論、相対性理論といえばアインシュタインです。みなさんは相対性理論という言葉は聞いたことがあるかもしれませんが。でも内容を知っている人はほとんどいないでしょう。相対性理論とはなにかを知るには、アインシュタイン以前の物理学がどんなものであったかを知る必要があります。

ニュートンからアインシュタインへ

ポーランドのコペルニクス(1473-1543)というお坊さんが、ギリシャ時代から考えられていたように、世界の中心は地球ではなく太陽であることを発見しました。この考えを地動説といいます。ドイツのケプラー(1571-1630)は、惑星の軌道がそれまでに考えられていたように円ではなく、楕円であることを発見しました。(ちなみに 1600 年は、日本では関ヶ原の戦いがあった年です)。イギリスのニュートン(1642-1727)は、運動の三法則を作り上げ、また万有引力の法則を発見しました。この二つを用いてニュートンは、惑星の軌道がなぜ楕円になるかを証明しました。ニュートンの力学と万有引力の法則は、現在でも飛行機やロケットなどの機械の動き、天体の運動を理解するのになくてはならないものです。

## アインシュタインの特殊相対性理論

それではアインシュタインはなにを発見したのでしょうか。特殊相対性理論では、ニュートンの力学が、ちょっとだけ違っているということ、一般相対性理論では、ニュートンの万有引力の法則が、ちょっとだけ違っているということを発見しました。

まず特殊相対性理論の話をしてします。ニュートンは、非常に堅いもの(剛体といいます)の長さは、運動しても変わらないと考えていました。それに対して、

アインシュタインは、ものは運動すると少しだけ縮むと考えたのです。どのくらい縮むのでしょうか。たとえば時速 100 キロメートルで走っている自動車は、止まっているときより、100 兆分の 1 だけ、縮みます。こんなわずかな縮みは、普通ははかれないので、問題になりません。つまり、普通の速さでは、アインシュタインの特殊相対性理論は問題にならず、ニュートン力学で十分なのです。しかし、加速器の中では素粒子が光の速さに近い速度で運動しています。こんな時は、特殊相対性理論の効果を考えないと、機械の設計すらできません。

またアインシュタインの特殊相対性理論は、運動している時計は遅れると主張します。その遅れの効果も、普通の速さでは無視してよいほどの小さい大きさです。でもその小さい遅れでも、問題になる現象があります。それは次に述べます。

## アインシュタインの一般相対性理論

アインシュタインは特殊相対性理論をさらに拡張した一般相対性理論という理論を 1915 年に提案しました。これはニュートンの万有引力の法則を少し変更したのですが、この「少し」というのが、実はとてつもなく「大きい」役割を果たします。それは一般相対性理論を使うと、宇宙の形が計算できた

り、ブラックホールというものがあるということが予言できたりするからです。

## カーナビと GPS 衛星

さきに、特殊相対性理論では、運動している時計は少し遅れると言いました。ところが、一般相対性理論によると、高い位置にある時計は少し進むのです。カーナビといって、自動車の位置を調べる機械があります。これは GPS 衛星という人工衛星からやってくる電波を受けて、車の位置を計算します。電波が衛星を出た時刻と、カーナビに届いた時刻の差を求めて、それに電波の速さをかけると、GPS 衛星と自動車間の距離が分かります。そのために GPS 衛星はとても精密な原子時計が積まれています。ところが先に述べた特殊と一般相対性理論の効果で、衛星に積んだ原子時計は 1 秒につき 100 億分の 4.3 秒進みます。こんなに小さな、時計の進みも馬鹿になりません。一日ほっておくと、カーナビには 1 キロメートルもの間違いが出てくるのです。ですから、カーナビを設計するときには、特殊、一般の相対性理論を無視することができないのです。

## 一般相対性理論とブラックホール、ワームホール

一般相対性理論は、この宇宙にはブラックホール(黒い穴)というのがあると主張します。ブラックホールとは、そこに落ち込んだものは二度と出てこられない、いわばあり地獄みたいなものだということです。光すら出てこられないので、真っ暗、つまりブラックなホール(穴)だということです。最近の天文学の観測では、ブラックホールらしいと考えられている天体がたくさん見つかっています。

一般相対性理論は、ブラックホールのちょうど反対の性質を持ったホワイトホール、またブラックホールとホワイトホールがつながったワームホールというものもあるのではないかと考えています。もっとも、ブラックホールと違って、こちらはまだ見つかっていません。

## ワームホールを使うとタイムマシンが作れる

ワームホールはまだ見つかっていないのですが、それを使うとタイムマシンが作れると、夢のようなことを言う物理学者もいます。特殊相対性理論では速い速度で運動する時計は遅れると言いました。ワームホールには入り口と出口があります。そこで、仮にワームホールの出口を、光の速さに近い高速度で運動させて、また元の場所に戻すことができたとしたら、出口にある時計は入り口の時計より、昔の時間を指しているはずで、そこでワームホ

ールの入り口から入って出口からでると、昔に戻れるというわけです。

こんなものが本当にできるかどうか、分かりません。でも原理的にでもタイムマシンができるとすれば、それはとてもおもしろいことです。

科学者が、何の役に立つか分からないようなことを研究していても、それが 100 年後には役に立つと言うこともあるのです。アインシュタインの発見した相対性理論はそんな科学の一つです。