

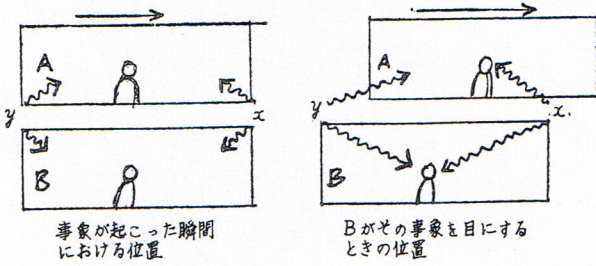
現象と同じです。さて、もうひとつ非常におもしろい対称性の法則をお話ししましょう。問題になりますのは、直線上の等速運動です。物理法則は、真直ぐに等速で走りながら見ても変わらぬと信じられています。これが相対性原理です。宇宙船があって、何か実験装置が積み込んである。また同じ装置が地上にもあるとします。宇宙船が一定の速度で航行しており、その中の人が彼の装置をにらんでいて見るものは、地上に静止している私が自分の装置で見るとちつともちがわぬのであります。もちろん、彼が外を見たり、宇宙船の壁に頭をぶついたりしたら話は変わってまいります。しかし、とにかく彼が一定の速さで真直ぐに航行しているかぎり、物理法則は彼にも私にも全く同じに見えるのであります。それゆえ、本当はどちらが動いているのだと問われても、私には答えられません。

たいせつな注意が一つあります。先に進む前に、これをはっきり申し上げておかなければなりません。右のように変換とか対称性とかいう場合に、宇宙全体を動かすことを考えているのではないということです。時間のずれをいう場合でも、宇宙の始まりも含めて宇宙のあらゆる時間をずらすとしたら、結局なにも言わないのと同じになってしまいます。宇宙の万物をすべていっせいに平行移動しても、現象は変わらないといってみたくて、なんの内容もありません。言挙げする価値があるのは、こういうことなのです。一つの実験装置を移動させたとし、同時にいろいろの条件に気を配って、かつ関連のあるものは本当にすべていっしょに引越せさせるようにする。これで世界の一部分を切り取ったことになり、それを遠くの星から何から残りの部分のいっさいに対して移動させたわけですが、こうしても物理は変わらない——これがいま注目すべき事実であります。相対性原理についていえば、星雲とか何か宇宙の他の部分いっさいの平均位置に対して一定の速さで真直ぐに航行している人には、自分の動いていることがわからない。言い換えますと、宇宙船の内部にもって実験するばかりで外を見なければ、自分が動いているかどうかかわらないということなのです。

このことを最初に述べたのはニュートンです。彼の重力の法則をまた考えてみましょう。力は距離の二乗に逆比例し、力は速度の変化を生み出すというあの法則です。いま、太陽は静止しているとすると、そのまわりをまわる惑星の運行が計算してあるとしましょう。つぎには、太陽が一定の速度で移動しているものとして、惑星の運動を計算してみたい。第一の場合に求めた惑星の刻々の速度が、第二の場合に通用するはずはありません。惑星は止まっている太陽のまわりをまわっているのですから、太陽だけが移動をして惑星の運動はもとのままだったら、太陽は惑星の楕円軌道からいざれとび出してしまいます。惑星の軌道もいっしょに同じ速度で移動をさせればよさそうです。つまり、第一の場合の惑星の

刻々の速度にそれぞれ一定の速度を加えてやるのです。思い出してください。ニュートンの運動法則に入ってくるのは速度の変化率なのです。変化率は、刻々の速度に一定の速度だけゲタをはかせても変わりません。ですから、移動中の太陽をめぐる惑星、これにはたらく力は、以前の静止した太陽を回る惑星にはたらく力と同じでなければなりません。逆に、力が同じなら速度の変化も同じで、初めにゲタをはかせた分の速度はいままでたつてもそのままであります。力による変化分はその上にどんな積み重なっていくことになりました。事実、万有引力は太陽が移動していようとまいと変わりません。力は惑星と太陽の間の距離によってきまるのです。惑星と太陽が同じペースで移動していきますと、刻々の距離は移動のない場合と同じ、したがって力にも変わりがないことになるのであります。こんなわけで、太陽が移動しているときには、それといっしょに惑星の軌道もずれていくように惑星の速度にゲタをはかせてやればよい、計算などしなくても、これで太陽が動いている場合の惑星の運動が求まってしまったことになりました。つまり、こういうことです。一定の速度だけゲタをはかせても法則はぜんぜん変わらない。したがって、太陽系を研究し、惑星が太陽のまわりを回る仕方をいくら調べても、太陽が宇宙空間を移動中であるかどうかはわからない。ニュートンの法則に従えば、太陽が等速度運動をしても、太陽をめぐる惑星の運動には影響しないのです。だからニュートンも書いています。「空間における諸物体の運動は、その空間が惑星系から見ると静止していようと、等速で直線運動をしていようと、それ自身としては同じことである。」

さて時は移り、ニュートンの時代も過ぎるころ、またいろいろの法則が発見されてまいりました。大発見といえば、マクスウェルの電気の法則です。この法則からはおもしろいことがたくさん導かれるのですが、そのひとつは、電磁波という波が存在して、この波は一秒間に三億メートル走るはずだということです。一例をあげれば、光です。なにがどうなっているかというと、光は一秒間に三億メートル走る——これがマクスウェルの法則からの結論なのです。これが本当なら、何が絶対静止であるか、たやすく言い当てられることになりました。光が一秒間に三億メートル走るというこの法則は、移動をしながら見たらまちがいになってしまふ性質のものと思われるからであります。いま、あなたが宇宙船に乗って二億五、〇〇〇万メートル毎秒の速さで何かある方向に進み、私は静止してるとしましょう。私が速さ三億メートル毎秒の光を放射して、それが宇宙船を貫いて走ったとしたら、あなたは二億五、〇〇〇万メートル毎秒で進み、光は三億メートル毎秒ですから、あなたには光がたった五、〇〇〇万メートル毎秒の速さで通り過ぎていくように見えるはずですよ。ところが、この実験を実際にやってみますと、あなたには光が三億メートル毎秒の速さで通り過ぎるように見え、そしてその光は、私が見ても三億メートル毎秒



第 24 図

相対性原理から導かれる一つの結論は前にもお話いたしました。それは、等速直線運動をしているときには自分の速さがわからないということです。前の講義で、二台の車A、Bがあつてうんぬんというお話をしましたが、覚えていらしゃいますか。第24図を見ていただきましたように。車Bの両端でそれぞれ何か事件が起こったものとします。一人の男が車の中央に立っていた。事件 α と β とが彼の乗っている車の両端で起こった。彼はその二つが同時だったと主張するのです。彼は車の中央に立っていて、そして、二つの事件のときそれぞれ発せられた光が同時に彼の目に入ったからであります。一方、Bに対してある一定の速さで動いている車Aに乗った男は、同じ二つの事件を見たのですが、それは同時にではありませんでした。彼はまず β を見て、その後 α を見たので

* Jules Henri Poincaré, 一八五四—一九一二、フランスの数学者、数理物理学者。

で進んでいるように見える！
 自然が私たちに突きつける事実は、そうしたやすく理解できるものではありません。いまこの実験事実は常識に反すること明々白々なので、今日でもその結果を信じない人がいるほどです。しかし、なんともなんとも実験をしても、見る人の速さにかかわらず光はつねに三億メートル毎秒の速さに見えるという結果になるのであります。どうしてそんなことがありうるのでしょうか。実験事実が動かなければ私たちのほうで考えを変えねばなりません。アインシュタインと、それからポアンカレ*もですが、動いている人が測っても静止している人が測っても速度が同じに出るとしたら、二人の時間感覚、空間感覚がちがうと考えるよりほかに——こういう結論に達しました。宇宙船に積んである時計と地上の時計とは時の刻みかたがちがうというのであります。「宇宙船の時計のチクタクが遅いのなら、船内にいるばくが気づくはずですよ。」あなたはこうおっしゃりたいでしょう。でもそれはちがいます。あなたの頭の回転も同じくらい遅くなっているのですから！ そんなこんなで、宇宙船内では万事が普通に進行していながら、一方、一宇宙船秒当りに光が三億メートル進み、かつ私から見ても、光は私の時計の一秒間に私の物差しで三億メートル進むという、うまい話をこね上げることが可能になりました。こんなことをやり遂げてしまうと驚いた天才ですが、ともかく、それは可能であったのです。

九〇度回って横向きになりますと、さきほど左右に見えた壁がこんどは前後にきます。新しい座標では α がちがうことになるわけです。これと同様に、ある見方をすれば同時刻(同じ t)に見えたものが、別の見方によると異なる時刻(異なる t')に見える。どうですかよく似ているでしょう。そこで、以前にお話した二次元の回転を空間と時間に拡張することが行なわれたわけがあります。空間に時間を仲間入りさせましたから、四次元です。通俗書の解説ですと「空間に時間を加えるのは、 β と α とを同時に β と α とをいふ必要があるためである」なんて書いてありまして、時間を空間といっしょにするのがあらずもなのことに感じられます。たしかに β と α をいふ必要はありますけれども、それだけでは四次元空間などというほどのことではないのです。時間を空間とならべたのにすぎない。真の空間は、ある意味でどんな眺め方をしようとも空間は空間だという特性を備えたものであります。見方を変えれば、「前後」と「左右」とが入りまじるかもしれないが、見方にはかかわりなく空間がそこに存在するのです。同じような具合に時間についても「未来—過去」が空間に入りまじるのでありまして、時間と空間はがちり組み合わさって一つの四次元空間として存在しているわけなのです。このことが発見されたとき、ミンコフスキーは言いました。「空間自身、時間自身は影法師だ。時空の結合体だけを生かしてやろう。」

す。それもそのはず、Aは α のほうに向かって走っているのに、 α から出た光は β から出た光よりも先に彼のところに届くわけでありまして。このように考えてまいりますと、等速直線運動に関する対称性——対称性という言葉はAの観察とBの観察とどちらが正しいという区別ができないことを意味するのですが——を原理とする立場からは、「いま」世界で起こっていることという言い表わしは実は無内容である。何も言わないのと同じだということがわかります。あなたが等速直線運動をしているなら、あなたが同時と見る事件は私が同時と見る事件と同じではありません。私が見て事件が起こったと考えるその瞬間にあなたと私がすれちがったのだとしても、であります。離れ離れに起こった二つの事件が同時であったか否か、二人の意見はくいちがわざるをえない。ということは、等速直線運動なら動いていないも同じことという原理を護持しようと思えば、空間や時間について私たちの考えを根底から変えねばならないということです。要するに、ある人に同時と見える二つの事件も、もし同じ場所で起こったのでなければ、つまり離れ離れに起こったのだら、別の人には同時と見えない——このことを承認しなければならぬのであります。もうお気づきかと思いますが、これは空間座標 α 、 β について前にお話したことと非常によく似ております。私が、あなたがたのほうに向いて立ちますと、このステージの両端は私の左右に見える。 α 座標が同じなのです。 β 座標はもちろんちがいます。さて、私が