

奈良教育大学

なっぎょん

サイエンス

3



保存則と宇宙の不変性

物理の研究者というと子供の頃から物理が好きだったのではないかと思われるかもしれませんが。確かに私は子供の時から物理に対して漠然とした憧れのようなものを抱いていました。だって宇宙の見えない法則を探すなんてなんだか凄（すご）そうだし、物理学で出てくる様々な単語―フラックホールや力オス、超伝導など、意味は分からないけれどカッコ良く聞こえたからです。

でも、だからと言って高校の物理の授業が好きだったかというと、はっきり「はい」と答えることはできません。物理の問題を解くのが得意だったことは確かですが、物理という理論体系の持つ面白さには気づけておらず、そこまで強い魅力を感じていたわけではありませんでした。

大抵の高校生は物理はあまり好きではありません。そう言う意味では私も普通の高校生と同じだったのです。でも今は物理のことがもう少し好きになっていると思います。それは大学に入って物理を勉強し直して、それまで学んでいた物理法則の間に論

根源的なルール「対称性」示唆

理的な関係があることを学び感動したからだと思います。

高校の物理学で学ぶ法則の一つとしてエネルギーの保存則というものがあります。例えば質量 m の物体を落下させるような状況を考えて、物体が持っている運動エネルギー $\frac{1}{2}mv^2$ と重力による位置エネルギー mgh の和は常に一定であるという法則です。この法則を覚えるだけならすぐにできると思います。読者の中には高校生の時に無理やり覚えた方もいるかもしれませんが、けれど、よく考えるとこの法則は不思議なことを言っています。運動エネルギーと位置エネルギーは一見なんの関係もなさそ

人類に与えた ヒントのよう

うに見えるのに、どうしてその和は一定なのでしょう？

エネルギーの保存則以外にも物理学にはたくさんの保存則が現れます。運動量の保存則や少し毛色が違いますが電荷の保存則というものもあります。これらは全て運動の間になんらかの量が変化しないということを保証します。なぜこんなにもたくさんの保存則があるのでしょうか？

実はこれらの間には共通の仕組みがあります。一見、別々の物理法則に見えるこれらの法則は、全て「ネーターの定理」という数学的な定理でつながっているのです。この定理を一言でいうと「考えている系に

連続対称性があると、それに対応して保存量が存在する」というものです。

なんだか難しそうですが、言っていることはとても簡単です。ここに書かれている連続対称性とは、例えばどの場所・どの時間でも物理法則は変わらないという性質のことです。エネルギーが保存されるのは実はこの「物理法則がいつでも同じ」という時間的な均質性によるものなのです。どんな場所でも物理は変わらないという性質に付随する保存量が運動量です。

さらに、空間を回転させた時の不変性に対応するものとして角運動量と呼ばれるものもあります。これは回転する物体が持つ

保存量で、例えば回転するコマが倒れないジャイロ効果などに表れています。電荷は少し分かりにくいのですが、電荷を持った粒子が持つ位相の回転に対応する保存量です。こう思うと味気なく見えた保存則が魅力的なものに見えてこないでしょうか？

エネルギーが保存されるのは物理法則が常に同じである―少なくとも私たちが扱う範囲では変化していない―という性質によるものなのです。保存則は宇宙の根源的なルールが大きな対称性を持っていることを示唆しています。それはまるで、宇宙が自らの仕組みを隠さず、私たちに説明のためのヒントを与えてくれているように思えます。

（奈良教育大学理科教講座特任准教授 上村尚平）

＝ 毎月第1日曜掲載 ＝