

■ 「法則」であることの意味

「運動の3法則」の「法則」とは、どういう意味だろうか。これは、

何からも導かれないこと（＝原理）

である、ということだ。Newton 力学の枠組みの中で、これらは何からも導かれない原理で、

「前提（仮定）」という意味合い

をもつ。そこに「なぜ」は存在しない¹⁾。

ただ、「なぜ」が存在しないからといって、何でも「原理・前提（仮定）」となり得る訳ではない。

これまでの経験から「どうやら正しそうだ」と思われること

だけに、「原理・前提（仮定）」となる資格が与えられるのだ。数ある“候補”の中から、最もシンプルで、幅広い応用ができるものが、最終的に「原理・前提（仮定）」として採用されるのだ。そして、この「原理・前提（仮定）」を元に理論が構築されてゆく。

「原理・前提（仮定）」の“正しさ”は、それを元に構成される理論が、

現実と合っているかを調べる実験によって確かめてゆく

しかない。これはつまり、

昨日まで正しいと思われていたことが、明日も正しいとされているかは分からない

という可能性を含んでいる。今日の「実験」で、これまでの理論では説明できないことが見つかるかもしれない。

こんなときに、実験のデータを誤魔化しては、それは「不正」である。しかし、「これまでの理論は間違いだ」と決めつけるのも時期尚早。理論の「解釈」を改めたり、これまでの理論を含む「新しい理論」を考えたり、いろいろと頑張るのだ。²⁾

■ “PHILOSOPHIÆ NATURALIS PRINCIPIA MATHEMATICA”

Newton は、1687 年に Halley の勧めで、彼の力学体系をまとめた『プリンキピア—自然哲学の数学的諸原理』を出版した。元々は、ラテン語で書かれていたが、現在では、英語や日本語など、様々な言語に翻訳されている³⁾。

ここでは、英訳版の“Principia”から、運動の3法則について述べられた部分をみてみよう。（ただし、授業プリントにまとめてある運動の3法則とは、違った表現が使われており、これを訳しても同じにはならない。）

LAW I

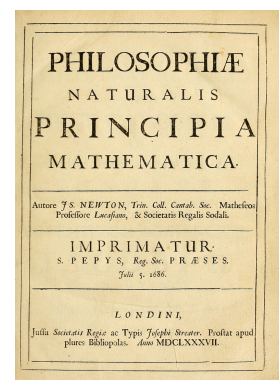
Every body continues in its state of rest, or of uniform motion in a right line, unless it is compelled to change that state by forces impressed upon it.

LAW II

The change of motion is proportional to the motive force impressed; and is made in the direction of the right line in which that force is impressed.

LAW III

To every action there is always opposed an equal reaction: or, the mutual action of two bodies upon each other are always equal, and directed to contrary parts.



¹⁾ この「なぜ」に答えるのは、Newton 力学を含むような別の理論だ。

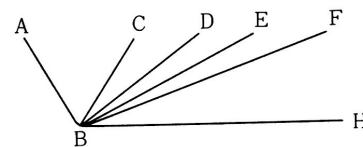
²⁾ この一連の流れは、近現代の自然科学の方法であり、「仮説演繹法 (abduction)」などといわれる。

³⁾ 全国の大学の物理学科では、学部1年で「Newton 力学」を学ぶこととなっているが、物理学の専門家でも、日本語であれ英語であれラテン語であれ、この（バイブルともいうべき！）Newton の『プリンキピア』を読破した者はほとんどいないだろう。その理由のひとつは、表現・表記法が、現代のそれとは大きく異なり、読みづらいう上にあまり有用ではないからである。

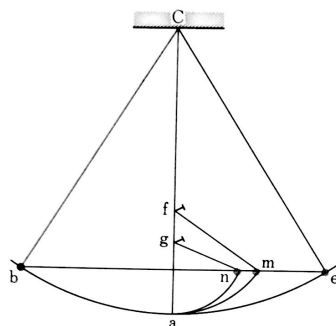
■ 「慣性」の発見

慣性の法則は、Newton 以前の Galilei らにも既に知られていた。Galilei が、物体が慣性という性質をもつことに気が付いたのは、次のような考えに基づく。

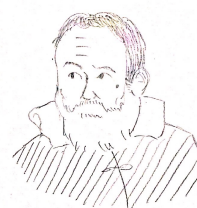
1. A から物体を転がしたとき、十分に滑らかだったら B を通って C に達する。
2. 物体の昇る斜面の傾きを D, E, F と緩やかにしても、A から転がした物体はそれぞれ B を通って D, E, F に達する。
3. 物体の上る斜面の傾きをさらに小さくしてゼロにしたとき (H) も、元の高さに達するまで運動を続けるだろう。ただし、斜面の傾きが小さくなるにつれて物体の速度の減り方も小さくなるはずで、傾きをゼロにしたときには物体は一定の速度で運動するだろう。



このような思考過程を経て Galilei は、物体が慣性という性質をもつことを考え付いたと言われている。更に Galilei は、この考えの正しさを、次の実験で示した：



糸でおもりをつるし、おもりを b の位置から静かに離すと、b と等しい高さの e まで達する（これより高くも低くもならない）。f や g の位置に針を打ち付けてみてから同様にしても、b と等しい高さの m, n まで達する。



©モブメガネ

■ 慣性質量と重力質量

運動方程式を考える際に、物体固有の量として、物体のもつ「慣性の破れにくさ」を表す**慣性質量**を考えた。これを m_I と表すことにする。また、「重さ」というのは、物体に加わる重力の大きさのことだが、“質量”と重力加速度の大きさとの積で表されるのであった。この“質量”も物体固有の量であり、「重力を感じる能力」を表しているといえる。これを m_G と表し、**重力質量**とよぶことにする。

本来、「慣性の破れにくさ」を表す慣性質量 m_I と「重力を感じる能力」を表す重力質量 m_G とは、独立なものであろう。ただ、これまでの測定の結果、両者は同じ値をもつということが分かっている：

$$m_I = m_G .$$

この「測定」の一例として、ピサの斜塔での実験が挙げられる。「重さ」の異なる 2 物体 m と M とを塔の上から同時に自由落下させると、両者は同時に地上に着いた。このときの 2 物体の加速度は等しく、運動方程式から、

$$a = \frac{m_G}{m_I} g = \frac{M_G}{M_I} g$$

と書かれる。加速度が物体に依らないということは、重力質量が慣性質量に比例しているということで、その比例係数が 1 となるような単位を採用することで、 $m_I = m_G$ が得られる。

