



公式はどこまで正しいか

教科書に数ある公式は、どの程度事実を反映しているか考えたことがありますか？ とすると、公式は常に正しいもので自然現象の量的関係を寸分違わず表現していると思っ込んでしまうことがあります。たとえば、実験結果が公式から測定誤差の許容する範囲を超えてはずれると、何か得体の知れぬじやまが入ったのではないかとか、実験が失敗したとか…。確かに、常に正確に量的関係を示す公式はないわけではないのですが、意外にもその多くがある条件の範囲内で成立するものであったり、そもそもが近似を前提としていたりするものであることは、知っておいて損はないと思います

常に「正確」な公式

ある物理量の定義を意味する公式などは、常に「正確」であるといえます。たとえば、

$$W = F \cdot x$$

は、力を F 、力の方向への移動距離を x としたときの仕事という量を定義するものであるといえますが、この関係はまったく「ずれ」を許さない性質のものであるといつてよいと思います。ただ、この式も実際の適用にあたっては F の大きさや方向が変化しない範囲でしか実用的ではありません。変化した場合はそのつど新しい F と x をとつて、その積を加えなければならないからです。この事情を反映した式は、

$$dW = F dx \quad \text{または、} \quad W = \int_{x_1}^{x_2} F dx$$

と表記されます。 d は微小な変化を意味するいわゆる「微分」の記号です。(なお、方向もあわせて考慮するとベクトルを用いたさらに正確な式になります。)

このように、教科書では変化を考慮していない公式がかなりありますので注意が必要です。他の例をあげておきましょう。(定積分の範囲省略)

$$\begin{array}{lll} v = \frac{x}{t} & v = \frac{dx}{dt} & \text{速さ} \\ I = \frac{Q}{t} & I = \frac{dQ}{dt} & \text{電流} \\ Q = It & Q = \int I dt & \text{電流が運ぶ電荷} \end{array}$$

近似を含む実験式

$V = RI$ はオームの法則ですが、実際には近似に過ぎない実験式であるともいえます。なぜなら電気抵抗は厳密にはすべて温度（ジュール熱によって必然的に変化する）によって変わる「非オーム抵抗」であるからです。しかし、これを $R = V/I$ として電気抵抗の定義式であるとするなら常に「正しい」いえるでしょう。いわゆる実験式と呼ばれるもののすべては近似式であるといつてよいように思われます。

また、乗・除によって記述された公式の多くが正確には積分・微分を含む式であるようです。実際、量の変化がなければ積分は単純な掛け算に帰着し、微分は単純な割り算に帰着するわけですから。

法則も将来的には近似である可能性

実は、現在近似を含まないと思われる法則も将来はより正確なものに改良され、今までの式が近似に過ぎなくなる可能性が常にあります。たとえば、ニュートンの運動方程式 $ma = F$ は、相対性理論の発見によって

$$\frac{d}{dt} \frac{m_0 v}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} = F \quad (c \text{ は光速})$$

という具合に修正を受けました。もちろん v が c より十分小さい範囲では「近似式」 $ma = F$ に帰着し、高校物理で扱う範囲の速さではその差はまったく問題にならないことは、たとえばすべての宇宙飛行が相対性理論を考慮しないニュートンの式の十分な正確さで実現していることをみればわかります。

もちろん物理学は上のアインシュタインの式をさえ修正する可能性を否定しません。絶対的に正しい法則という考えは信仰に等しく、科学にはなじまないのです。

- 私は浜辺で貝殻を拾って楽しんでいるに過ぎない。目の前には、まだ未知という名の大海原が広がっているというのに。
- 私が他の人よりも遠くが見えたとすれば、それは私が巨人の肩の上に乗っていたからだ。

アイザック・ニュートン（イギリス 1642～1727）