

失敗から成功が生まれた例は数多くある。本来の目的には失敗しても、その開発過程で多くを学べるケースもあるからだ。「転んでもただでは起きない」精神は非常に重要だ。

古今東西、永久機関を作る試みはことごとく失敗したものの、その開発を目指した先人の努力は、確実に報われた。私は小学5年生のときに父から永久機関について教わったが、パーベチュアル・モーション・マシンの語感が心地よく響いたのを覚えている。

永久機関の定義はサイエンスでは、外部に対して仕事をしますが、それ自身には何ら変化を残さない装置だ。テクノロジーでは力を出し続け動き続ける機械で、まさにあつてほしいと願つたものだ。意外にも西洋では、天の運動以外に永遠なものはないと考えられていたのだ。そのような機械の製作は不可能とみなされていたらしい。

一方、すべてが輪廻（りんね）するとうい思想を生んだインドでは12世紀、天文学者で数学者のバースカラ2世が「第一真理論」の中で、永久機関について書いている。それ以来、膨大なアイデアが出版されてきたがその詳細を書く余裕はない。

永久機関 開発努力 機械の発展に寄与

いずれにせよ永久機関を作る試みは失敗したが、明敏な先人たちはその過程で、いろいろなことを見つけた。また、永久機関実現への努力は自動機械の開発に向けられ、多くの工学資産を生んだのはご承知の通りだ。

欧州では、ルネサンス期に活躍したレオナルド・ダ・ヴィンチらが永久機関は不可能だと指摘していた。17世紀以降もホイヘンス、ライブニッツ、ニュートンらが同様の主張をした。しかし産業革命の高揚した開発ムードの中で永久機関への模索が続いた。あまりのことに、フランスの科学アカデミーは1775年、この種の考案の受理を拒否したほどだった。

19世紀には熱機関の物理学的理解が進み、カルノーが永久機関が不可能だとの原理を打ち立てて、熱力学の基礎を確立した。この原理は後に、エネルギー恒存の「熱力学第一法則」とエントロピー増大の「第二法則」に定式化された。

第一法則の理由で不可能になるのは、「第一種の永久機関」、第二法則で不可能になるのは「第二種の永久機関」と呼ばれるようになった。

(東京大学名誉教授 和田昭允)

平成 29年 9月 26日

私はこれまで経験する物事の全体像、たとえば米国の大統領選挙が世界に及ぼした影響を、以下に述べる意味での「回路」のなせる技として、理解してきた。

回路は物事の全体と諸要素、その要素間の相互作用をシステム化する。つまり三位一体だ。回路図は諸要素がどのようにつながり、どんな役目を果たしているかを正確に一目瞭然にしてくれる。その応用範囲は万能で、要素を人間に置き換えれば、教育、政治・経済、交通・通信が俯瞰（ふかん）して理解できる回路図を描くことができる。

科学技術の世界で理解しやすいのは電子回路だ。信号の通路に抵抗・コンデンサー・コイルといった受動素子と、真空管・トランジスタ・発光体などの能動素子を置いて相互作用させて、電子機器を動かしている。相互作用には導線や光ファイバーに流れる電流や光、必要に応じて音波のような力学作用も使われる。

生命の世界にも回路がある。物質代謝、エネルギー代謝、情報伝達の諸回路が協調して生物を動かしている。回路の優れた特徴は要素が階層的で、いわゆる「入れ子」になっていることだ。生物個体のミクロサイドは細胞で、細胞内のさらにミク

奥深い「回路図」 ものがとが一日瞭然に

口な回路は、たんばく質や核酸といった生体高分子や脂質やATP（アデノシン三リン酸）が要素となる。階層のマクロサイドでは、広くは生態系で生物群が栄養を摂取し、個体の階層構造を通して消化などの物質変換回路で成長し、筋肉などのエネルギー発生回路で運動し生活する。

この回路という概念に私は奥深さを感じ、ひき付けられてきた。冒頭にも触れたが、回路を要素間相互作用の全体パターンという広い概念で捉え、一見異なった場合を総合しながら比較検討すると、いろいろと気付かされる。たとえば空間展開の回路の1つに、世界中に張り巡らされた情報網がある。電流、電波、音波などを通じて信号を伝える。物流の回路としては全地球を覆う交通網がある。自動車、電車、船舶などよって人や物が流れる。そして、世代間教育を時間軸のタテとすれば、ヨコの回路は同世代の間での情報伝達といえる。

ここで「回路の良さ」は要素それぞれのレベルと、それらの編成の妙にかかっている。という基本を、人間社会のシステム活動全般に類推・発展させると、気付くことも多く、改善点が見えてくる。

(東京大学名誉教授 和田昭允)

平成 29年 10月 3日

サイエンス研究者が競い合っている「発見」にはいろいろなきっかけがあるが、その中でも重要なものは直感と直観という頭のひらめきだ。

発見には「事実の発見」から「論理の発見」へのステップがあり、後者は「概念の発見」「法則の発見」「理論の発見」の奥行きを持つ。太陽系という事実をもとに、チコ・ブラーエからケプラーにつながる惑星運動概念、ニュートンの万有引力法則、そしてアインシュタインの一般相対性理論へという発展だ。

発見への道は鋭い観察と、じっくり考えて考え抜くことに終始するが、そこにパッと現れてくるアイデア、つまり直感とそれに続く直観が決定的な役割を果たす。普通、物事を考えるとき、用語や概念が頭の中を行き交ってわれわれと対象とを結びつけるが、直感はそのような仲介物無しで文字通り直接で瞬間の認識だ。また直観は直感から進んだ直知で、頭脳感覚が相手を直接に把握する。だから合理的・分析的に概念化された知識とは違う。また本能は必ずしも経験を必要としないから、それとも別物だ。

「発見」に必要なもの 知識と智恵、ひらめき生む

これらは直という字がついているだけに、いきなり頭の中に飛び出してくるのは先刻ご承知の通りだ。しかし無から生ずるはずはない。頭の中に飛び交っている知識が結びついて、組織化されて出てくるのだ。

その結び付けをする能力が智恵だ。良い頭を形容して「一を聞いて十を知る」というのが、一を聞いて残りの九が何もないところから生まれるのではない。智恵が新しく入ってきた一を使って、それまでバラバラだった九の知識を関連づけてまとめるのだ。

知識がなければ智恵は動物のそれと変わらない。知識だけの人は知識の倉庫であり、歩く百科事典にすぎない。発見に必要なのはある程度の量の知識と、それらを結びつける智恵だ。

人間の頭脳では知識と智恵が共同作業をしていて、智恵が直観を拾い上げ、知識群を総合して理解となる。それが、他人が思いもつかなかった形なら発見となる。つまり、発見には知識と智恵のバランスが大切ということだ。

(東京大学名誉教授 和田昭允)

平成 29年 10月 17日