最終回

茶わんの湯から考える最新科学(12)

考えの大仕掛けと小仕掛け

トム・ガリー(Tom Gally)

アナロジーとは

私は寺田寅彦のエッセイを英訳しています．英訳が岩波書店の『科学』に載った際，次のようなコメントを書きました．

茶わんから上がる湯気の動きと，アジア大陸と太平洋の間に吹くモンスーンが，基本的には同じ現象であれば，興奮，けんか，憂鬱，恋愛といった個人的な行動や感情は，地球上の国々の経済，文化，紛争，交流などと共通点があるのであろうか．

寺田寅彦は，茶わんの湯の中の対流などを見て，同じような物理的な現象がほかのところにもあると考えました．そして，それが一つの発見にもつながりました．しかし，たとえば茶わんの湯の湯気とモンスーンには，継続時間など違う点もたくさんあります．現象が似ていることを根拠にして，一方の現象がある性質をもつ場合に，他方も同じ性質をもつだろうと推理することを「アナロジー」(類推)といいます．たとえば，われわれが日常的によく使う比喩もアナロジーで，その定義を『明鏡国語辞典』で調べると，「ある物事を説明するのに他の類似した物事を借りて表現すること」とあります．今回は，二つの似ている現象を比較するときに，そのような考え方がどこまで役に立つか，またどのくらい危険かということを考えたいと思います．

科学の諸現象を説明するのにアナロジーの使用はどこまで適切でしょうか．抽象的な概念を，問題なく類似の現象に応用できる分野もあれば，応用しようとすると少し問題のある分野もあります．それを，今回の連載で使われてきたアナロジーを例にあげて考えてみます．

想像と本質の間

石丸喜朗先生の「味を感じる仕組み」(2017年2月号)では，味覚が取上げられました．味覚，臭覚，聴覚，触覚，視覚の「覚」という漢字は，ある意味で比喩的な言葉だと思います．人間の感覚について使用していましたが，同じ言葉を，たとえば虫に使うとどうなるでしょうか．人間の味覚や視覚では，物質が舌に触れたり，目に光が入ったりして，それが脳を刺激して，認識に影響を与えると考えられています．しかし，虫の味覚，視覚となると，同じ現象なのか検証するのは難しくなります．小さな虫に認識能力があるかどうかわかりません．しかし，虫の目に光を当てると，飛んでいってしまうなどの反応があります．ですから，視覚のような現象があるはずですが，人間の視覚とは違うと思われます．

増田 建先生の「茶わんの湯から考える光合成色素」(2017年3月号)では，「植物は老化した組織から有機窒素を回収します」という表現が出てきます．「回収する」という動詞が日常生活で使われるのは，人間が目的をもって意識的に「回収」という行為を行うときです．しかし，有機窒素が老化した組織から移動する現象は，植物が意識して行っているわけではありません．長年の進化の結果，植物の内部でそのような移動が起こるように変化してきただけです．このように，人間の行為を植物，物質，粒子などに当てはめることは「擬人化」とよばれます．われわれは人間中心に考える傾向がありますので，自然現象の擬人化で理解が深まることがありますが，誤解が起こる可能性もあります．

平岡秀一先生の「水の不思議と自己組織化」(2017年6月号)では水素結合が取上げられました．「結合」は，私のイメージでは，すごく堅く結び付いているものです．しかし，分子の間には水素結合やファンデルワールス力などの弱い力が働いており，これらの結合が自己組織化に大きな影響を及ぼしているようです．

松下 貢先生の「寺田寅彦と複雑系の科学」(2017年9月号)では，キリンの斑模様と粘土のひび割れ模様の話がありました．同じように見えるから，日本で大論争になったわけです．科学者だけでなく一般の人たちも，同じようなものを見ると，これはもしかすると自分が知っていることと同じではな

いかと思ってしまうことがあります．そして，間違った結論に結び付く可能性があります．逆に，実際に同じ原因があって，大発見につながる可能性もあります．

言葉以外のアナロジーもあります．この連載のもととなった授業では，ある先生が手のジェスチャーを使って化学反応を説明していました．私は大学院で数学の修士号を取りましたが，私も数学について話すときに，よく手を使って説明します．非常に抽象的な数学の概念を手で表せるわけではないのですが，口頭で数学を説明するときに手振りを使うと理解に役に立つかもしれません．

私の書いた先述のコメントについても考えてみます．興奮，けんか，憂鬱といった個人的なことを例にして，経済，文化，紛争，交流など国家間のかかわりまでを理解することは可能でしょうか．たとえば，英語では憂鬱という精神状態を描写するときにdepressionやdepressedを使います．そして，経済の不況もdepressionといいます．1930年代の大不況は，the Great Depressionといいます．その意味では，国の経済を個人の精神状態の概念を使って説明しているといえます．憂鬱というイメージは直感的にわかりやすいですが，実際に1930年代の不況の背景にあった株式市場暴落や保護貿易政策は，人間に憂鬱な気持ちをもたらす諸要素とは本質的に違います．経済学を初めて勉強する人にとっては，「経済不況は“憂鬱”のような現象だ」という説明は理解に役立つかもしれませんが，実際に金融業の動向や雇用政策などを真面目に研究する人は，そのアナロジーを忘れた方がよいでしょう．

そして，アナロジーを使って表現すると，人によって捉え方がさまざまになります．下の囲み記事で，実際にこの連載のもととなった授業のなかで学生たちと行ったディスカッションの一部を紹介します．

原野幸治先生は講義[*1]で「ダイヤモンドの分子構造はジャングルジムのようなものだ（図1）」と言いました．皆さんはジャングルジムがどのようなものかわかるはずです．また，皆さんのなかには化学に詳しい人もいれば，そうでもない人もいると思います．では，このアナロジーは，どのような点で適切で，どのような誤解を生む可能性があると考えられますか．

A：ダイヤモンドは，グラファイトなどと違って立体的につながっており，ジャングルジムも立体的につながっているという点で構造が似ています．また，ダイヤモンドは，簡略化したモデルでは炭素が点で表され，これらが棒でつながっていますが，ジャングルジムも結合部があり鉄のパイプでつながっているので似ています．ただし，スケール，色，材質は違いますから，そういう点では限界があります．

B：ジャングルジムは立方体の連続ですが，ダイヤモンドは正四面体の連続です．知識を突き詰めていくと，「ジャングルジムのようなものだ」と言っても，「ようなものだ」という類似の程度には，伝える側と伝えられる側で認識が違っていて，差異が生まれるのではないでしょうか．

C：ジャングルジムには，地球儀の形をしていて回るタイプのものもあります．そういう意味では，ジャングルジム自体に対する認識の違いもあります．

D：ジャングルジムの認識が共有されているか，また，類似の程度についても認識が共有されていることが必要ですね．あるいは説明のための道具としてジャングルジムを使っているのだということを聞かされる側が理解していないと，どういう目的なのかわからず，認識のゆがみが生じると思います．

E：もし「ダイヤモンドがジャングルジムのようなものだ」だったら，ジャングルジムはめちゃくちゃ堅いんですかという話になってしまうのですが，「分子構造は」まで限定していれば，どういう話かわかります．ですから，できるだけ的確になるように条件付けてしまえば，誤解が生じない部分もあるのではないでしょうか．

ありがとうございました．私がこのテーマを選んだ理由の一つは，言葉の曖昧さにあります．私は長年，翻訳の仕事もしていますが，言葉の意

＊1　もとになった講義中での発言です．連載ではダイヤモンドの分子構造のみ示してあります（2017年7月号「お茶のなかの分子世界」）．

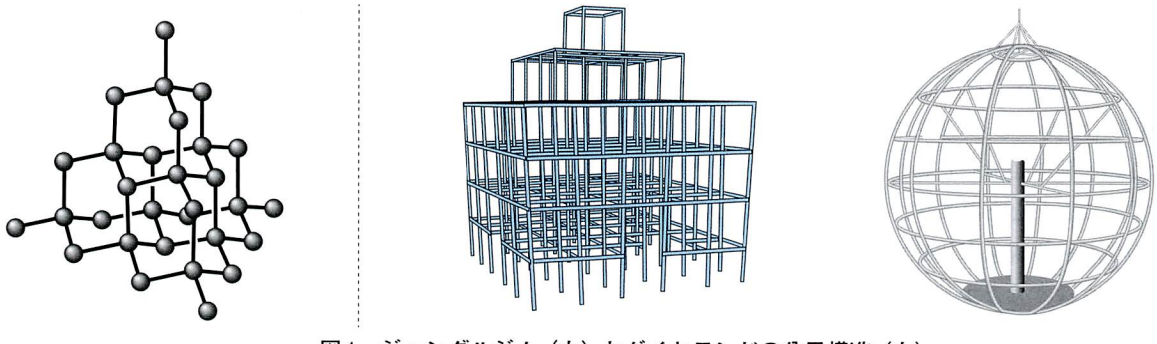

図1　ジャングルジム（右）とダイヤモンドの分子構造（左）

味を定義しようとすると非常に難しいです．もう一つの理由は，人によってその言葉で連想するアイディアが違うことがあるということです．また，単語の意味をその文脈から推測しようとすると，文脈によってその意味が違ってくることもあります．ですから，アナロジーを使って自然現象を説明しようとすると，聞く側の経験，印象によって，その理解が違ってきます．

物理学などの分野で数学を使う理由は，数学は人間がつくった抽象的な概念だからです．数学の各概念は非常にしっかりと定義されていて，曖昧さはほとんどありません．ですから，一部の自然現象を説明するには非常に役立ちます．逆に，非常に明確な定義をもっている数学の概念を使って，社会または人間の行動を説明しようとすると問題も出てきます．

もう一つ考えてみましょう．石丸先生は，「DNAは生命の設計図」と言いました*2(図2)．この表現は，どこまで適切でしょうか．

A：設計図というのは抽象概念です．内側と外側からの作用で生命はつくられていますから，DNAだけでは，生きている状態のものをつくることはできません．よって，そのアナロジーは適切ではないと思います．「DNAはタンパク質の設計図だ」というアナロジーにすれば適切になるのではないかと思います．

B：DNAと設計図の共通点は，できあがったものを完全に決定しているわけではないという点です．人間はいろいろな環境によって影響されますし，設計図には素材など細かいところが入っていないこともあります．一方，重要な相違点として，設計図は人間が意識的につくるものだということがあげられます．DNAを同じように理解すると，誰かがそれをつくったと解釈されます．たとえば，キリスト教の人たちが，「DNAは生命の設計図」という説明を聞くと，やっぱり神様がわれわれのDNAを決めたと理解するかもしれません．ですから，科学の立場からは問題のある例えではないかと思いました．

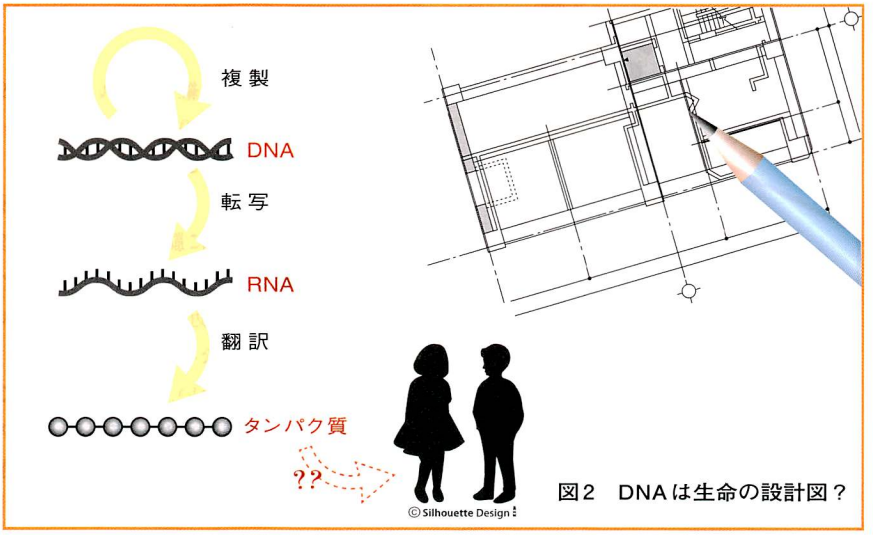

図2　DNAは生命の設計図？

おわりに

寺田寅彦は，アナロジー的な発想で，身近な現象からもっと大きな現象を推測しようとしました．そこから若手の研究者たちに研究のアイディアを与え，重要な貢献をしました．しかし，それで研究が終わったわけではありません．アナロジーを発見することは研究の第一歩であり，実際に研究が進むと，アナロジー的なことはどんどん少なくなり，本質に近くなることが望ましいのではないかと思います．

*2　もとになった講義中での発言です．記事中では味覚を決める遺伝子の話を中心にまとめました．

ブラディ ジェスパーセン **一般化学（上・下）**

N. D. Jespersen，A. Hyslop，J. E. Brady 著
小島憲道 監訳／小川桂一郎・錦織紳一・村田 滋 訳

B5変型判　カラー　上巻：444ページ　本体3200円
下巻：352ページ　本体3100円

ロングセラーを誇る“ブラディ一般化学”の大幅改訂版．物質における分子の性質，問題を解く力，記述の明快さに重点をおく．

上巻目次 化学史概説／科学的測定／元素，化合物，および周期表／モルと化学量論／水溶液における反応／酸化還元反応／エネルギーと化学変化／量子力学における原子／化学結合の基礎／結合と構造の理論／気体の性質／分子間力と液体，および固体の性質／溶液の物理的性質

下巻目次 化学反応速度論／化学平衡／酸と塩基／水溶液における酸塩基平衡／溶解度と平衡／熱力学／電気化学／核反応の化学／金属錯体／有機化合物，ポリマー，生体物質

東京化学同人