

地学教育はどうあるべきか

木村 龍 治

〈東大海洋研究所 〒164-8639 東京都中野区南台 1-15-1〉
e-mail: kimura@ori.u-tokyo.ac.jp

1. 理科を嫌いにする学習

日本女子大の1年生に、現行のカリキュラムにない科目で、将来、開講を希望する科目のアンケート調査を行ったところ、「天文学」と書いた学生が意外に多かった。夜空の星々は、女子大生でなくともロマンを感じさせる。だから、そのロマンをもっと深く知りたいと思うのではないだろうか。現在、非常勤で、1年生に「地球の科学」という講義を行っている。12回の話のうち、3回は地球上の物質の起源を求めて宇宙の歴史について述べるのであるが、学生の興味は、地球以上に宇宙にあるような印象を受ける。

初等・中等教育では、天文学は地学の一部に組み込まれている。地学には、地質や気象など地球上の自然も含まれているが、いずれも、身近な自然であると同時にロマンを感じさせる要素がある。1994年に芥川賞を受賞した奥泉 光氏の「石の来歴」という小説は、「路傍の石ころ一つにも宇宙の歴史が凝縮されている」という発想が主人公の運命を変えていく話である。「岩石学」がもつロマンが小説の動機になっている。また、「空の名前」という雲の写真集は、50万部売れたという話を聞いた。科学雑誌「ニュートン」は、竹内 均先生が編集長になった当時は、「3年続くかどうか」という陰口を聞いたものだが、発刊当時のスタイルにこだわりながら、18年間、出版を続けている。それを支える読者がいるということである。

「野に咲く花の美しさに魅せられて、花のことをもっと知りたくなる心と、花の詩を作りたくなる心

がある」というような文章を以前に読んだことがあるが、興味をもったものを深く知りたくなるのは、誰もがもっている心ではないだろうか。雑誌「ニュートン」は、その心が健在であることを示している。

一方で「理科離れ」という言葉をよく聞く。地学を履修する生徒も少なくなっているのであろうか。それを見るために、図1に、地学の教科書の発行部数を示した(各社で発行された部数の合計)。94年以降は、「地学」が「地学1A」と「地学1B」に分かれたので、このグラフでは、1Bを濃い色の棒、1Aを薄い色の棒で示してある。このように地学の科目が増え、それに対応して教科書の種類も変化したので、単純に比較するわけにはいかないのであるが、このグラフからは、「理科離れ」の傾向は、それほどはっきり見えない。1995年の発行部数に比べれば、96年以降は増加しているから、それほど「理科離れ」を心配することはないのかもしれない。しかし、アンケート調査によると、「理科が好き」と答えた生徒数は、理科の学習の後で減少するそうである。理科の学習は、統計的には理科を嫌いにする作用をもっているようだ。これは悲しいことである。そこで、学校における地学教育の問題点について考察してみたい。

2. データファイルとアプリケーション

学習とは、新しい知識を覚えることではない。その知識が、脳の思考のネットワークに組み込まれて、さまざまな思考に利用されることである。コンピューターのアナロジーでいえば、「記憶」はデータファイルに、「思考のネットワーク」はある

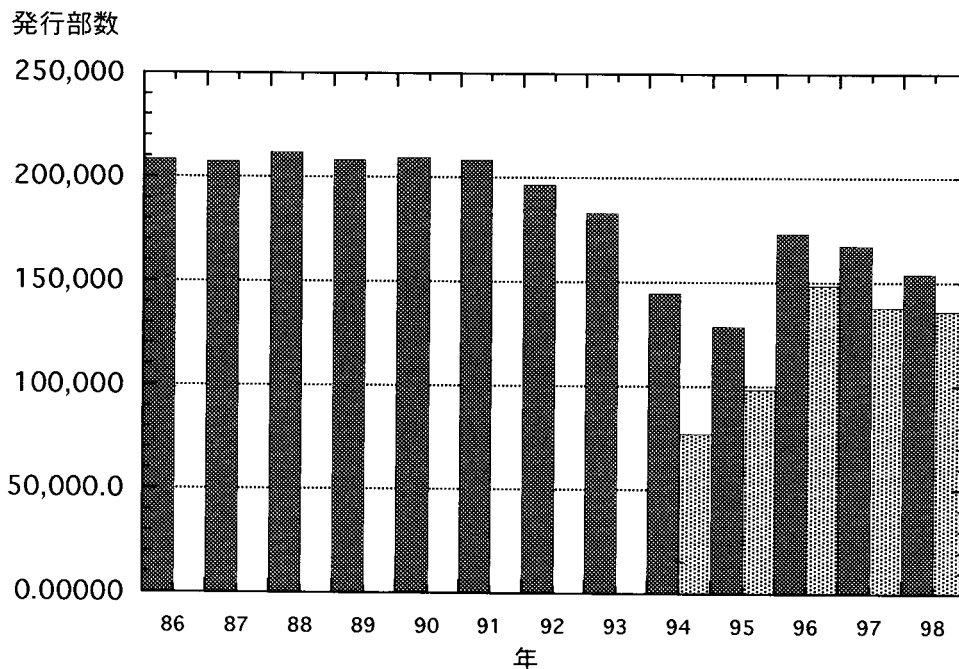


図1 地学の教科書の発行部数の年による変化。各社の教科書の合計。1994年以降は、地学1Aと地学1Bに分かれたので、この表では、地学1Aを濃い色の棒で、地学1Bを薄い色の棒で示してある。

種のアプリケーションに対応する。新しい知識がアプリケーションとして大脳に組み込まれると、さまざまな局面で活用することが可能になる。外国語の学習を考えれば、その違いがよくわかる。文法と言葉を覚えているだけでは会話はできないが、言語のネットワークに組み込まれると、意識しなくても正しい言葉を話せるようになる。自然科学の場合は、アプリケーションとして組み込まれることを「理解した」と感じるのである。大脳のデータファイル（記憶）は自然に消去されるが、アプリケーションになると簡単には消去されない。

教育とは、生徒の大脳の中に新しいアプリケーションを組み込む作業である。それがうまくインストールできると、生徒は「わかった」というのである。インストールできないのに無理にインストールを試みると、教えられた知識のデータファイルができてしまう。そのファイルは、試験の点数を取るの

にいくらか役にたつかも知れないが、じきに消去されて、大脳には「苦痛を伴う学習をした」という記憶だけが残る。

3. 物語か科学的思考か

それでは、地学という科目で、どのようなアプリケーションを生徒にインストールすべきなのか。一言で言えば、「外界の認識アプリケーション」である。自分の存在の位置確認といってもよい。

外界の認識は、動物の生存にきわめて重要である。食物を探したり、危険をさけるために、進化の過程で「知覚」が発達した。知覚は、動物の個体もっている外界認識装置である。しかし、生理的に備わっている知覚は、自分の身の回りの認識に限られる。多くの動物は、それで満足しているわけであるが、人間は、古来、知覚で捕らえられる範囲を超えた自然を知りたいという気持ちがある。

あった。よくわからない世界にいと、何か不安な気持ちになるからであろう。自分が生きている世界の構造や、世界の始まりに関する説明は、人類の文明の発祥と共に行われてきた（現世だけでなく、死後の世界まで興味の対象になっている）。その意味で「地学」の扱う対象は「神話」と共通している。

しかし、神話を語るように、現在の宇宙観・地球観を生徒に教えることが「地学」であると考え人はいないだろう。教える側は、「理科という科目は、物語を教える科目ではなく、自然科学的な思考を教える科目である」という理念をもっているからである。

「神話」と「自然科学」の違いは、思考の手続きの違いにある。神話は信じることで成立するが、自然科学は疑うことが基本にある。村上陽一郎氏は「新しい科学史」というNHKの番組の中で、ロバート・マートンが提案した「研究者のエトス」を取り上げていた。自然科学の研究者は、暗黙のうちに共通の倫理的な価値意識をもっている、というのである。それをエトスというのであるが、マートンは、4つの柱に着目して、その頭文字を続けてクードスと呼んだ。クードスとは、Communitarity（公有性）、Universality（普遍性）、Disinterestedness（無私性）、Organized Skepticism（組織化された懐疑主義）の4つの柱を意味する。いずれも、客観的な記述ということと関係している。自然科学の研究者は、自分を捨てて、普遍的な学問体系の構築に営々として取り組んでいるわけで、その結果として得られた学問体系は没個性的な性格をもっている。

理科の教科書には、このような研究者の考え方が色濃く反映されている。私も高校の地学の教科書作りに10年ほど関わったが、私だけでなく、執筆者の多くは研究者である。そのことが、ひとつの理由であろう。また、実際に教室で講義をする先生も、理科担当であるなら、クードスを暗黙のうちに自然科学的思考の基本と考えていると思う。

4. 自然の実感を伴わない教科書

以前、新聞の本の広告の中で読んだ別役 実氏の短い文章が記憶に残っている。別役氏のお嬢さんが成長して物心がついたとき、彼は、空をみせて、空がどのようなものか教えようとした。しかし、お嬢さんは下を向いて、空より蟻に興味を示した。さらに成長したので、海につれていき、海がどのようなものであるか教えようとした。しかし、お嬢さんは下を向いて小石を集めだした。そこで、別役氏は、「人類は、ひとまず自分より小さいものに興味をもち始める」という一般原理を悟った、という話である。

別役氏は、子供の興味が、世界の全体像を抽象的に捕らえるよりは、小さくて具体的な現象にこだわることを指摘している。これはもっともなことである。地学の専門家であれば、沢山の知見が頭の中に雑然とつまっており、それをいかに理路整然と説明するかという問題意識が生まれる。しかし、子供には整理すべき雑然とした知識がない。星がどのようなものか知らない子供たちは、HR図の必要性は実感できないだろう。それより、夜空の星の不思議な美しさに心が引かれるのである。その魅力をさらに語ってくれると思って天文学の授業を受けると、星までの距離を測る方法であるとか、日常生活では決して使わない専門用語（合、衝、年周視差、パーセクなど）が沢山出てきて面食らってしまう。さらにわかりにくいのは、教科書に出てくる天文関係の図の多くが、地球からはるか遠い宇宙に視点を置いて描かれていることである。私たちは、いつでも地球の上から星をみているから、教科書に書いてある図と夜空に光る星との関係を理解することは、なかなかむずかしい。

実は、感覚で捕らえられない世界を理性の力でいかにして認識するか、という点が自然科学の魅力なのであるが、地学の教科書には、子供の感覚と自然科学的思考（論理の積み重ねで外界を認識する方法）との橋渡しをする部分が欠落している。

このような問題は日本の教育に限ったものではない。トーマス・マンの「魔の山」という小説は、素朴な主人公が、相反する2人の教育者（ゼテムブリーニとナフタ）の間の、はてしない議論に接して自分を高めていく教養小説であるが、その中でナフタが「民衆教育は学者教育を水で薄めれば事足りるという妄想で管理されている官立国民学校など、国民は笑いものになっている。中世の僧院学校から発達した現在の学校のタイプそのものが滑稽な遺物で、時代錯誤であり、今日では誰も教養を学校に負ってはおらず、公開の講演、展覧会、映画等々による自由な教育のほうがどんな学校教育よりもはるかに優れている」というような過激な意見を述べている（佐藤晃一訳。但し、一部省略）。

5. ルールとゲーム

ここで、「学者教育を水で薄めたような民衆教育」という発想が面白い。これは、研究者の頭にある「専門家用外界認識アプリケーション」の「簡単バージョン」を子供の教育に使うことを意味している。学問は、どの分野でも「体系」と呼ぶ枠組みがあって、その中にさまざまな知見を組み込んでいくスタイルを取る。多くの事物や事象を漫然と羅列するだけでは、「もの知り」になるだけで、学問にはならない。自然科学では、自然法則を中心に、さまざまな事象を統一的に説明するスタイルが好まれる。自然科学の教科書が体系的に書かれるのは、そのような学問のあり方と関係している。そのスタイルが極端な科目は、物理学である。

物理学の学習では、自然法則を学ぶことに重点が置かれる。一度、自然法則を理解してしまえば、さまざまな物理現象は法則の具体例として扱えることができるわけであるから、ある意味では、すべての物理現象を知ったことになる。自然法則は、いわば、扇のかなめのようなものである。

この考え方は、天文学の学習にも当てはまるであろう。しかし、物理学と天文学では、根本的に

違う点がある。それは、物理学の場合は、物理法則が主体になるので、その法則が、この世の中でどのように実現されているかいないか、という問題は扱わない。しかし、天文学は、この世に実現されている世界の認識を問題にする。これは、天文分野だけではなく、他の地球科学の分野にも当てはまることである。

地学に興味をもつ子供たちは、自然界に実現した事象に興味を感じるのであって、それを、物理学の法則の中に位置づけることに興味があるわけではない。この事情はゲームと似ている。ゲームに対する興味は、局面の面白さにあるわけだから、ルールだけ教えられても、そのゲームの面白さはわからないだろう。また、ゲームのルールを知ったからといって、そのゲームをマスターしたことにはならない。ところが、物理学の学習では、ルールがゲーム展開まで決めてしまうような簡単な事象しか扱わないから、ルールとゲーム展開の違いが区別しにくいのである。

地学的自然は、物理学の教科書が扱う現象よりはるかに複雑である。そのような場合には、物理法則によって、どのような現象が実現するか説明できないことが多い。実現した事象は物理法則に従う沢山の可能性から選択されたものである。地学的自然の「物語」は、その選択の過程を語ることでありともいえる。「科学的思考」を偏重すると、実現の過程を説明できない「物理学の無力さ」が分からなくなる。

6. まとめ：地学で何を教えるべきか

私たちの体に備わった知覚は、自分の身のまわりの外界を認識する装置である。しかし、もっと広い世界の認識に対して知覚は無力である。自分の目では、月と太陽のどちらが遠いかもわからない。自然科学の面白さとは、知覚が直接感じられない世界の構造を知性の力で認識できる点であろう。自分の外界を認識する方法という点で、自然科学は知覚の補助装置である。顕微鏡や望遠鏡は文字

どおりの補助装置であるが、天文学の理論も知覚の拡張と考えることができる。

地学とは、まさに、自分の住んでいる世界の認識を主題にするわけであるから、もしも、自分の目で宇宙のはてまで観察できるのであれば、それに負うところが多いはずである。それができないために、まわりくどい方法で、外界の姿を学習するわけである。その場合、地学の学習は、2つの側面をもつ。1つは、拡張された「知覚」が見た「景色」を学ぶこと、もう1つは、拡張の方法を学ぶことである。後者は、研究者になるための基礎として必要であるが、教養として地学を学ぶ生徒は、一種の「観光客」のようなものだから、方法論を知ることより、景色を見て「自然の驚異」に感動してもらうことが大切であると思う。驚くべき自然界の構造を見る以前に、見るための方法論ばかり教えられては、感動も薄れる。

しかし、感動する景色を見せること自身も易しくない。私たちの脳は、もっぱら身近な外界の認識を行うように設計されているので、宇宙はおろか、地球に関わるほとんどの事象を感覚的に捕らえることができないからである。距離感がないだけでなく時間感覚もない。人間的なスケールをこえた時間空間把握に対して感覚は無力である。教科書では、感覚がきかない事象を「数字」の力を借りていとも簡単に説明する。しかし、アプリケーションを構築する上で数字はたいして役に立たない。脳がある種のアナログ的思考を行っている

ためではないだろうか。

そこで、「自然の驚異」に感動してもらうためには、自然の事象を人間的な感覚で捕らえられるように変換する必要がある。その変換は、一種の擬人化である。自然科学の説明で擬人化はいけなく、といわれるのは、擬人化によって自然の実像をゆがめるからである。ところが、地学的自然の多くは、あまりに非人間的であるために、擬人化しないと感覚的に捕らえられないことが多い。

擬人化の一つの方法は、バーチャル・リアリティ（仮想現実）の活用であろう。特に、天文学では、コンピューターが作り出した宇宙の姿を通して、実際の宇宙に対するイメージをもつことができる。また、最近では、ハッブル宇宙望遠鏡をはじめさまざまな視覚情報が得られるようになった。太陽表面から太陽風が噴出する激しい変化も映像として捕らえられるようになった。それらの最新技術は、自然の驚異を感じさせてくれる。そこで、天文学の最先端を映像で示すことから始める天文学の学習が考えられるのではないだろうか。「宇宙観光」から出発して天文学に至るようなカリキュラムである。このような授業は、先生の工夫が要求されるが、工夫によって教育効果に格段の差が生じるように思える。天文学の視覚的情報が非常に豊かになったことは、最先端の天文学の進歩であると同時に、天文学の初等・中等教育を進歩させる力をもっているのではないだろうか。