

『教えるということ』

東京工芸大学 工学部

渋谷 真人

What is teaching?

Masato Shibuya

Tokyo Polytechnic University

このコラム欄には、趣味に関わった、心を安らげてくれるような素晴らしい文章が多くある。私も、高校時代からやっている水泳を今でも月に3回ほどは続けており、多少は趣味といえるかもしれないが、皆さんを楽しませられる様な題材はなく、かたい話を書かせていただく。

速く泳ぐためには、手で水を掻くときに、ハイエルボーといって、手のひらに対して肘が高くなる（肘から引くのではなく、手のひらが先に後ろに動いていく）ことが重要であると、40年以上前から言われている。私が無知なのかもしれないが、なぜハイエルボーにするのかということは、殆ど話されていなかったと思う。数年前、五輪スイマーの泳法解析を行っている方から、流体の解析をすると分かるが、手のひらの速さがある閾値を越えないと推進力にはならないと聞いた。そこで、改めて見直してみると、手のひらの速度が早く閾値に達するには、ハイエルボーにすることが有効だったと考えられる。ハイエルボーは目的ではもちろんないが、閾値を越えることが手段であれば、実は結果であると考えられるべきかもしれない。全国大会

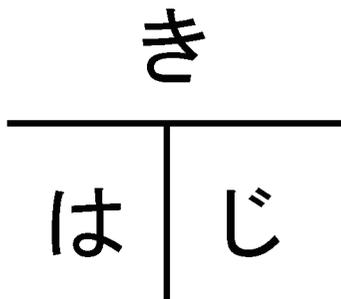
に出場し、さらには入賞した仲間もいたが、自分でいろいろ考えてハイエルボーの有効性を体感し、あるいは変則的な泳ぎであっても閾値を越えるような泳法を見つけていたのかもしれない。

数年前から大学生の学力低下が叫ばれるようになっており、企業の採用面接をしている技術者からも、嘆きの声が聞こえてくる。何が一番問題なのであろうか。実は、ハイエルボーと同じように、意味を考えずに結果だけを教える、あるいは覚えさせるというようなことが、理数教育の現場でも起きているからではないだろうか。「勉強は理解することではなく覚えることである」と考えている、あるいはそのように教えられてきた学生が非常に多くなっているのではないだろうか。

周期 P の回折格子に波長 λ の光が垂直に入射したときの、1次回折光の方向は $P \cdot \sin \theta = \lambda$ である。なぜその方向に強く光が出て行くかという、遠方から観察したときに、隣合う開口からの光が丁度 λ だけずれて、互いに強め合うからである。この式は覚える必要は全くなく、意味を理解すれば直ぐに出てくる。しかし、まずはこの式を覚えて安心してしまいう学生が多く見受けられる。

このような態度になる一つの大きな要素として、小学校での算数教育が影響しているように

思う。すでにご存知の方もいるであろうが、距離と速さと時間の関係を「はじき」という図式を用いて覚えさせるように指導する先生が、最近は特に多くいるようである（私は教わった記憶は全くない）。図に示すように、分子に「き（距離）」を書き、分母には「は（速さ）」と「じ（時間）」を書く。分子の距離は、分母の速さと時間を乗じる。分母の速さは、分子の距離を分母の時間で割る。分母の時間は、分子の距離を分母の速さで割る、というように使うのである。私が見た小学校の教科書には「はじき」は載っていないが、速さと時間と距離の関係式が、3つ載っていた。そもそも、これらの式自体が覚えるものではなく、理解するべきものである。子供は繰り返し考える中で掛算、割り算、分数の意味も理解できるというものである。覚えさせるような教育は間違いである。ある40歳代の方に聞いたことであるが、小学校の時の先生が『「はじき」という覚え方がありますが、そのような覚え方は良くないので、覚えるようなことはしないで下さい』というように指導してくれたそうである。いい先生だと思う。数直線を用いた説明のみを示して、問題を子供に解かせ、公式を子供に自ら導き出させるというのが正しいと思う（そのためには時間が足らず、土曜日も復活させる必要があるかもしれない）。



多少語弊があるかもしれないが、「はじき」を教えるのは、先生が算数の楽しさを理解していないからではないだろうか。科学技術の様々な局面で、現象を定式化し、定式化した数式を

解いて予測をするというアプローチがなされるかと思う。現象を定式化することが最も重要であると思うが、 $P \cdot \sin\theta = \lambda$ や $L = v \cdot t$ を覚えるというのは、このプロセスを飛ばしてしまうことである。重要なだけでなく、本当は一番面白いプロセスを味わえないことになっている。

中国からの留学生と話していたら、「はじき」をなぜ教えるのかと、私と同じように疑問を呈していた。田舎の小学校で一学年一クラスしかないが、算数と理科は専門の先生が教えてくれたそうである。自分の小学校の記憶では、算数はきちんと教えてもらったように思うが、日本もそのようにしないといけない時代になっているのかもしれない。（中学校の定期試験を一斉テストとして、域内の中学校間の競争をさせようとする動きがあるようだが、つぎつぎに新たな「はじき」を生むだけであろう。目先の点数にとらわれず、先生の個性あふれた授業を確保する方が、有能な人材を育ててくれるように思う。10人に1人くらいは良くない先生がいても、仕方がないのである。薬で害虫を退治すると、益虫も死んでしまう。自然の摂理に逆らってはいけない。）

同じように積で表現される関係式はたくさんある。波の波長と振動数の積が伝わる速さ ($v = \lambda \cdot \nu$) であるが、これも理解するべきもので、覚えるものではないが、覚えようとする学生がいる。

しかし、生徒や学生が容易に理解できるものばかりではない。オームの法則 ($V = I \cdot R$) の場合には、現象論であって、覚えるものと考えて良いかと思う。 $I = V \cdot R$ と最初に定義することも可能であろう。物質中での電子の振る舞いを考察しなければ、 $V = I \cdot R$ の演繹的な証明はできない。中学校では現象論という言葉は出てこないと思うが、現象論という概念を明確に教えるべきではないだろうか。自然科学は突き詰めれば、全て現象論であって、数学とは異なり演繹的に全てを導けるとは限らない。その点への言及が教育課程であまりにも少ないように思

う。

$L=v \cdot t$ と $V=I \cdot R$ は全く異質であることを教員が分かっていないから、覚えさせようとするのかもしれない。

仕事も力と距離の積で表される ($\Delta W=F \cdot \Delta s$)。ポテンシャルを位置座標で微分すれば力になるという、物理学の基本的な原理につながる重要な概念であるにもかかわらず、高校の物理の教科書にはあっさりとして説明されているだけである。私はすっきりと呑み込むことができず、自分なりにいろいろと考えたことを覚えている(人の体感としての仕事が力 \times 時間であることの対比として疑問があったような気がする)。ファイマン物理学 I 巻4-2節の重力の位置のエネルギーの節をはじめ読んでみたら、A4で6ページにわたり、丹念に書いてある。(力 \cdot 高さの位置エネルギー $\Delta W=g \cdot \Delta h$ について詳細に述べているだけで、より一般的な法則としての力 \cdot 距離については、丹念な説明はないので、これでも納得できなかったかもしれないが、) 高校の物理の教科書こそ、このくらい書くべきではないだろうか。さらに脚注には次のように書かれてある(ここで(4.3)式は $\Delta W=F \cdot \Delta h$ である)。「ここで重要なのは最後の結果(4.3)を求めることではない。この結果は諸君もすでに知っているだろう。重要なのは、むしろ、理論的の考察によってその結果にとうたつできるという点である。」。また、

(4.3) 式の直後には、「…上のいろいろの仮定の中には正しくないものもあったかも知れないし、また話の進め方にあやまりをおかしていたかも知れない。だから、いつもそれをためてみる必要があるのである。我々の結論が正しいということは、実験的にたしかめられるのである。」とある。このように、考察することの重要性と、自然科学が実験科学であることに的確に言及することが、高校の教科書には必須であろう。そうすれば、私のような物分りの悪い人間が、少しは楽になれるのである。

なほ、特殊相対論によると、運動エネルギーの時間微分(固有時間による微分)が、4元力の時間軸方向の力になる。エネルギーの変化は、力 \times 距離より力 \times 時間の方が、生きる人間の体感としては自然ではないかと思っていた私には、単なる形式的なものなのかもしれないが、非常な驚きであった。

「勉強は覚えることではなく理解することである」という当たり前のことを、そしてその楽しさを、初等教育から徹底して教えることが、今の教育界で一番必要とされていることではないだろうか。さらに加えて、中学・高校の教育では、自然科学は実験科学であることを、文章として明確に伝えていくことが大切だと思う。

私の無知をさらけ出すようなところもあったかもしれないが、私の意図を汲み取っていただければ幸いである。