



随筆

大学一年生と物理学

平田光児*

1. プロローグ

この原稿を書いている時期、つまり9月の初旬はツクツクボウシの鳴き声がことのほかさわがしい。私はこの鳴き声があまり好きではない。この鳴き声を「つくづく惜しい」と聴こえる人もあるらしいけれど、私には「宿題まだかー」という風に聴こえ、あまり愉快ではない。

子供の頃は夏になると南河内にある父の実家に帰ることになっていたが、この父の実家は神社でこんもりと茂った森の中、当然父の父、つまり私の祖父はその神社の神主だった。森のすぐ外には田園が広がっており、小川ではシジミがいくらかでも取れたし、少しはなれたところを流れている石川という川では泳いだり魚を釣ったり、まさに子供の天国であった。このように楽しく遊んでいる期間は永続きしないのが世の常で宿題を片付けなければならなくなり、青息吐息で過ごすのが8月末の一週間。こんなことを何回繰り返してきたことか。読者の皆さんの殆どが似たような経験をお持ちであろうことは私は断言できるのである。だんだん子供にも解ってくるのであるが、このようにして苦勞してやった宿題も、先生はせいぜい大きな印をボンと押して返してくれる程度、あまり熱心に読んだり見たりしてくれた形跡はない。読んでくれたのなら感想か注意事項が必ずあるはずである。子供だからとあなどってはならない。幼い子供ほど純粋で動物的な感が鋭いものである。

8月末にあるデパートの中を歩いていたら夏

休み宿題相談コーナーというのがあった。何月何日は晴か雨かというようなことから、小学生の宿題一般もろもろの相談にのってくれるという。こんなものが商売になるのかと、呆れ返ると言うより吹き出しそうになった。見ている間におかあさんに連れられた子供という組み合わせのお客さんが何組か現れた。デスクのむこうに座ってちびっ子のお相手をしている大学生のアルバイトとおぼしきお兄さんとお姉さん、結構はやっているようだった。

いわゆる学生という身分を離れてもう27年、大学の教官としてすごした私にはときどき受験生をもった親とおぼしき方達から「先生みたいに小さいときから勉強が好きだった方はいいですね」と言われる。とんでもない！さっきの蟬の鳴き声が語るごとく、いわゆる勉強というやつは大の嫌いで、ましてや母親にわいわい言われてやる宿題は御免である。

だがしかし現に私が専門にしている物理学に関連した数学、物理、化学といった教科内容が嫌いになったことは無かったように思う。いま思い出してはっきりしているのは、小学校5年のときにおられた（受持ちではなかったけれど）ある先生の影響である。この先生は戦災の焼け跡から柱時計やラジオを拾ってきてはまだ使える部品を選び出して組み合せて組み立てるといったことを趣味にしておられた。大工仕事は玄人はだして、洋服筆筒などは見事なのを見せていただいたが、同僚の先生「あいつに無いのは嫁さんだけだ」と言っておられたのを憶えている。

ただこの先生、顔つきがいかつく口のききかたがぶっきらぼうでちょっと近寄り難い雰囲気。面白そうなラジオの製作を少し及び腰で眺めていた私に「そんなに面白そうに見えるか？ お前もやってみるか？」と仰った。それから何ヶ

*Mitsuji HIRATA

1937年2月1日生

大阪大学理学部物理学科卒業

現在、大阪大学教養部物理学教室、教授、理学博士、

半導体における格子欠陥、

TEL 06-844-1151

月かかったかは記憶にないけれど、どこかで見つけた配線図を頼りに、慣れない手つきでハンダごてを使いながらやっと、アルミニウムの板を曲げただけのシャーシーの上に真空管3本からなるラジオを組み上げた。NHKの第一放送の音声を自分の作ったラジオで初めて聞いたときの感激は今でも決して忘れていない。こう書けば簡単に済んでしまうが、なにしろ先生とて素人もいいところだから二人して手探りや試行錯誤の連続であった。どうしても判らないところは専門家、ありていに言えば街のラジオ屋のおじさんに聞きに行くしか他に方法はない。

この粗末なラジオはそれからかなりの間私の机の上で、クラシックの音楽から笠置シズ子の東京ブギウギに至るまでいろいろと楽しませてくれた。こうしたことを何度も繰り返してやっていると交流、変調、検波、増幅といった定性的な用語の意味はなんとか子供の頭でも理解できるが、問題は定量的なことで「どのような直径のエナメル線をどのような直径のボビンにどれだけのピッチで巻けばどれだけのLのコイルになり、どれだけのコンデンサーCと組み合わせれば、いかなる周波数と同調するか？」といったことになる、全くお手上げである。要するに

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

という式なのであるが、一番気になったのは、この中に円周率 π が入っていることであった。

「なぜこんなところに円周率が入るのか？」理由がさっぱり判らない。これは遙か後に弧度法を高校の数学で習い、物理で交流回路を習って始めて納得した次第。ここまで疑問と興味を持続できたこと自体、われながら驚きであると同時にこれが判ったときは本当に嬉しかった。このLC同調回路の式を使って同調周波数を求めるには平方根の計算が必要である。当時の小学校5年生の頭では平方根の意味を理解するのがやっとで、どうして計算するかについてはまったく判らなかった。これも中学で筆算でやりかたを習い、確かに平方根の求まることを確かめ、さらに高校で代数をやるようになって、誰に教わるともなくその筆算の意味が次第に判るよう

になってきた。ラジオ製作の腕前は理屈の裏付けは後回しであるにせよ、中学卒業の頃は短波受信機や今でいうオーディオ・アンプは自由にこなせるようになっていた。地球の裏から飛んでくる電波を雑音まじりの中にせよ聞くことが出来るのは驚異であったし、オーディオ・アンプは私に音楽を楽しむことを教えてくれ、音楽会に行くきっかけを作り、挙げ句の果ては自分で楽器を持って演奏する楽しみまで与えてくれた。

先述の小学校の先生に「自転車はどうして車輪が回っているうちは倒れにくいのか？」という質問をした憶えがある。この先生はもちろん理科の専門教育を受けた方ではなく、兵隊時代に器用で大工仕事や機械いじりを憶えられたに過ぎないであろうが、私の質問に「俺にも良く判らんが、ちょっと来い」といって御自分の自転車を校庭に出して、スパナを使って前輪をはずして私に両手で軸を水平に持つように命じた。「前輪を傾けてごらん」とおっしゃるので傾けてみた。そんなに力は要らない。つぎに「車輪を回した状態で同じようにやってみろ」とのことなので試みたが、重いなのなんの。「回っている独楽がどのくらい安定か」も含めて、子供ごころに極めて直感的に納得したのは言うまでもない。

いわゆる子供の質問で答えにくいものは少なくない。永年教壇に立っていると大概の教科書はこの種の子供の質問をされないように、極めて巧妙に構成されていることに気が付くものである。この先生のように、おたおたすることなく子供ならば子供なりに物理現象を肌で感じ取らせれば充分なのであろう。知らないことは知らない、判らないことは判らないと言えないようではサイエンスというものはやれない。ましてや子供や学生に対する質問封じは犯罪である。自分の経験からして、いかに子供の頃の教育が大事か……もはやこれ以上書くのは蛇足というものであろう。

2. 主題と変奏

大学一年の前期に理科系の学生ならばどうしても初等力学という関門をくぐらねばならない。

われわれの大学では「初等力学 I」とか、単に「力学 I」とかの名前がつけられているこの部分は、たった一個の質点の運動を扱うので一番単純なはずではあるが、ベクトル解析や簡単な微分法定式を解くといった極めて基本的なことがらを含んでおり、あまりいい加減には過ごされないとこである。「質点にどのような力が働けばどのような運動になるか?」、おおげさな言い方になるが、この部分は数学がどのようにして物理学に溶け込んでいるかを体験する格好の舞台であると同時にあらゆるサイエンスの基本がこの部分にあるといっても過言ではないと確信する。

この初等力学という部分、正直のところ若い教官はあまり教えたがらない。かく申す私もかつてはその一人で、電磁気学や統計熱力学、それに相対論（相対性理論と書く物理の素人とみなされる? そうな）などの方が高級で難しく、かっこよく見えるからかもしれない。しかしながら、この初年度の力学、つまり古典力学の講義がいかに大切でかつ教えるのが難しいかを悟るのは、教壇に立ち始めて数年を経過してからであろう。

教えはじめて間もない頃は血気盛んな若者であったせいもあるが、この部分の講義は他の電磁気学や統計熱力学相対論などに較べて簡単と心得ていて、ノート無しで教室に現れ、黒板にいろいろと計算して見せたものである。ベクトル解析、放物体の運動、振子の微小振動、調和振動子、それに振幅の大きい場合の振子は楕円関係になること、などトントンと行なったのであるが、最初のつまずきは惑星運動のところである。

太陽は地球に較べ、まずは充分大きいとして取り扱うので質点の一体問題で簡単だと思うのは落とし穴。先の放物体や振子では質点の位置を時間の関数として求める。これで運動が完全に判ったことになる。最初に運動方程式という微分方程式をたて、時刻ゼロでの速度と位置の値つまり初期条件を使って任意の時刻 t での運動を求める。しかし大抵の教科書は（少なくとも私の学生時代に使ったような）この惑星運動のところの様相を一変する。軌道が楕円軌道で

その焦点の一つが太陽の位置になっていることを証明したらそれで終わりである。決して時間の関数で地球の座標を求めることはやらない。軌道が楕円であることをめんどくさい計算をして証明しそれで聴講の学生に物事が判ったような錯覚を持たせて次に進むのである。学生の方もここは複雑な計算、式の変形でノートを取るのが精一杯、「先生、運動方程式はまだ解いていませんか?」なんて野暮な質問はしないことになっている。しかしさきほど様相は一変すると書いたが、この一変したことを聴講の学生諸君に悟られてはお仕舞いである。ただ教えている教官が未熟でこの辺の事情を意識してなかったなら、むしろ天下泰平で教壇の上で立往生の心配はない。通常の教科書にある通り平板にただ淡々と当り前のような顔をしてやるからむしろ怪しまれないだけである。

距離の 2 乗に反比例する力を運動方程式に入れてこの微分方程式を解くのではなく、うまく変形して軌道の型を出すのだから通常の演習問題とはちょっと勝手が違う。大学生諸君をだまぐらかすのも容易ではない。第一回のときはノートを持たずええ格好でやったもんだから、楕円の極座標表示での離心率 e の入っている位置を間違えて酷い目にあって立往生。次の時間にやりなおす前に、流石の私も考えた。楕円軌道は次の時間にももの本にある通り導いたから別に問題はないが、気になるのは運動方程式の解である。

自分で計算したり、他のもっと高度な本を見ているうちに、解けるには解けるし初等関数で表せることは確かであることは解ったけれど、座標を時間の関数で書こうとするとあまり見通しの良い形にはってほくれない。言ってみればあたのまえ「非線型の微分方程式はそんなに簡単に解けるもんか」ということである。この辺は私がいわゆる教官つまり教える立場になって気が付いたことである。このあたりの事情を数年前にある定年間際のベテラン教授と話したことがある。「平田君、そんな好い話は本にかくものではないよ」と仰って一笑に伏された。学生にはこの段階で、本当の事情を複雑で時間もとり面倒ではあるが、全部話してやるべきか、

或いはここでは嘘も方便式にいまのままの教科書どおり、方程式は解かずにそっとしておいて、後日学生がそれに気が付くのを待つ、といった高度な教育方針で行くかは思案のしどころである。私もこの点はだまされて気がつかずにいて、教壇に立って初めて気が付いた凡人以下の人間であるから、後者のやりかたが効果を生むかどうかは自信がない。

この初等力学、つまりここでの質点の力学の講義の難しさのもう一つの点は解ける問題つまり初等関数で答の出る問題が意外に少ないことで、きちんと扱えるのは放物体と調和振動子と、これらに速度に比例した抵抗のある場合、ぐらゐいのもので、速度の2乗に比例する抵抗が働く場合はやはり非線型であるから解析的には困難であるが、ここはそれ、相手は新人類の集団、コンピューターは好きなのがいるにきまっている。振子の問題なんかは微分方程式の数値解を求める方法さえ教えれば、ここはもう少し面白い部分に成り得るのではなからうか。

昨今私は初年度の学生に対し、時間スケールを細かくとって、微分の第一基本原理から運動方程式を解くやり方の話をしている。彼らが高校で習い、解が彼らの頭にある放物体の運動を扱って確かにこのやり方が使えることを納得させている。このやり方はいわゆる微分方程式を解析的に解く方法を知らなくてもやれるし、コンピュータに向くという特徴がある。パソコンを持っている学生ならばプログラムを作って自分でいろいろやってみることであろう。これはわれわれ旧人類にない特徴で大いに結構なことである。だがしかし、とくるから話はめでたしめでたしとはかなり難しい。言いたいことは、「物理学のみならず自然科学とは実験結果、観測結果をもって良否を判定する学問である」ということに尽きる。

18年ほど前の話であるから今はもう少し事情が異なるかもしれないが、入学試験の物理の問題のことである。「光が波であることを示す実験を一つあげ、その原理を解説せよ」という、いわゆる記述式の問題が出されたことがある。この問題を考えたのは私ではないが、採点の手伝いをさせられた一人は間違い無く私であった。

この種の問題は採点基準を決めるのが難しいが、当人がどれくらい勉強してきたか、知識の深さの程度を知るには最適で、さらに面接で口頭試問をやればもっと良く判るであろう。

まず採点基準を決めるために一通りどんな答案があるか、を調べることになったがこれには丸三日間を要した。ほとんどの受験生諸君が実験例として掲げたものはヤングの複スリットの実験で、ニュートン・リングを掲げたものはほんの僅かであった。点光源の単色光から出た光を二つの近接した細かいスリットで受け、後ろにスクリーンに投影し二つの光の干渉効果としての明暗の縞を観察するといったもので、このヤングの実験はたいてい高校の教科書に出ており、その限りでは一応の勉強のあとと認められた。しかし描いてある絵には光源が点光源でないものや単色光でないもの、ローソク、や電球の絵の描いてあるものがやたらと多い。しかもスクリーンには明暗の縞が見えると書いてある。白色光なら「虹のようなスペクトルが見える」と書くのが正しいのだが、御丁寧に（書けとは問題に書いていない）明と暗に対応する式を間違えて書いている気の毒なのがある。

こんな答案が続出するのは、実験をやっていないことが根本原因である。6,000枚以上あったと記憶するその答案の山のなかに、たった一枚ではあるがほぼ理想的な解答を見つけた。「確か、ナトリウム・ランプを光源に使ったと思います」と書かれてあり「二つのスリットの幅はカミソリの刃を二枚重ねてそれで切った」とあるのは確かに実験をやったことの証であろう。最近ではヘリウム・ネオンのレーザーなんかが入手し易いのでこの実験は簡単にできるが、以前は簡単に単色光を得るにはナトリウム・ランプが一番手っとり早かった。有名なD線は厳密には2本からなり、完全には単色ではないが近似的にはいまの場合は充分である。スリットの間隔もそうやってつくった程度でやれることは、同じことをやった人は知っている。

このような簡単な実験は、高校の理科室の暗室ででもやって見せられなかったであろうか？

ナトリウム・ランプなんて値段は安いもんだし、こんな単純な実験すら出来ない程、実験勉

強という机の上のことに忙しいのであろうか？

この入試問題の採点中にある夕刊新聞に大学入試問題の正解？というのが出ていた。早速いま採点中の問題のところを見たけれど、そこにある解答では3割ぐらいしか点数は与えられない。すでに書いた注意事項がだめなのである。後日ある受験雑誌の出版社から電話帳みたいな厚い解答集が出されたが、ここに出ていた解答も似たりよったりであった。

3. エピローグ

大学の教官として生計をたてている私としては教育と研究が主な仕事であるが、その内の教育の方は入学初年度、2年目の学生諸君のお相手をする事になっている。永年やっていれば高校、中学でやってきた教育の問題点は浮き彫りにされてくる。入学早々の第一次限目に「物理でよくでてくる仕事とエネルギーという大事な二つの用語がありますが、この二つの単語の意味の違いを説明しなさい」と黒板に書いて藁半紙を配り答を書いて貰った。満足な答案は一枚もなかったのには驚いた。しかし、「……の仕事を計算しなさい」とか「……のエネルギーを求めなさい」といった問題ではまずきちんと値は出てくる、つまり正解と判定さけるような答案を書く。新人類の持っている問題点は実験の経験の欠如だけではないのである。机の上での勉強に専念するならせめて用語の意味ぐらいは正確に知った上で演習問題に取り組んで欲しいのだ。エネルギーが状態量であることは大学で初めて教えることであらうか？

高校性の物理離れが新聞誌上で取りざたされている。物理を入試で選択しない化学系や生物系の学生が増えてきた。物理に興味を学生に持たせる教育方法を工夫すべきだ、という人もいる。私は生き甲斐は他人に与えて貰うのではなく、自分で見つけるのが本筋と思うが、何かの物事に対する興味も自分なりの方法で見つける

べき、との信念をもっている。物事の本当の面白さが判るためには、それなりの苦しみや努力が必要であると思っている。当然、学生に対する態度もつき放したものになってしまう。そう言ったら、ある先輩から「お前は半導体の研究をやってるそうだが、そんなこと言っていると跡継ぎが育たないよ」と脅された。私は自分は好きで、楽しみながらかつ世の中の動静とは無関係に研究室の仕事をやってきたのでこれを他人に引き続いてやっていただくつもりはない。面白いと思うことがあれば自分でやるに限る。こんなことを言っているのは大学の研究室の住人の特権で、給料が安ければ何か取柄があるという好例である。

私の頭ではいくら知恵を絞っても、学生にどうすれば興味を持たし得るか？ についてはあまり名案はない。私はあまりに子供の頃から好い先生に恵まれ過ぎたのかも知れない。考えてみれば、自分では先生と呼んでいる人は沢山おられるが、その大半の方は御自身で私を指導したとは自覚しておられないに違いない。

小学校か中学校か忘れたが、教材に漫画を使って生徒に興味を持たせる工夫をした先生の話テレビで見た憶えはあるが、子供の俗っぽい興味に迎合するやり方は、やはりなにか抵抗を感じて好きになれない。道楽、本業のなかで私もいろいろなことに興味を持ってきたけれど、意図的に興味を持たそうとした、そうしたテクニックが功を奏した例は記憶にない。この拙文の初めに引用した先生も恐らく私にそれほどの、人生を左右するほどの影響を与えたことは、御存知あるまい。自分が苦勞して身につけたことが知らず知らずに回りの人に影響を与えるのが教育と言うものならば、教師というのは大変難しく恐ろしい商売なのである。

こうして言いたい放題に書いていると私の文章は、今は亡き人生幸朗師匠のぼやき漫才に似てきた。筆を置くときのようにである。