



新入生に力学を教えながら考えること

—中学・高校の理科教育および大学入試について—

萩原 芳彦 (機械工学科教授)

1. はじめに

武蔵工業大学に勤務して15年が経ってしまった。この間、材料力学、工業力学などの力学を中心とした教育に携わってきた。

片寄った点もあるかもしれないが、特に新入生を教育して来てこれまでに感じたこと、考えたことなどをまとめてみた。

2. 大学での講義で

別表に示す問題は力学に関する基礎的問題である。これらは

- (i) 私立中学の入試問題
- (ii) 教科書に準拠した中学1年の参考書中の問題
- (iii) 大学入試の問題
- (iv) 大学での講義中に出题した問題

をそれぞれ要約して示したものである。

問題(1)~(5)が上記(i)~(iv)のいずれに該当するかおわかりになるだろうか。いずれも同程度であり、おそらく判別困難ではないかと思う。

順次説明してゆくと、問題(1)は筆者が機械工学科においてここ10数年間材料力学(1) (現在は1年生後期、7~8年前までは1年生前後期)及び工業力学(1) (1年生前期)の第1回目の講義の時に学生に解かせているものである。結果はいつも惨めなものであり、前期第1回目の講義時、すなわち入学した直後、の結果では1クラス120名程度のところ約半数の学生が100kg、残りの大部分の学生が200kg、そして10名程度の学生が0kgと答えるのである。

特に、なぜ引張った状態にあるロープの張力が零というような答えが感覚的に出て来るのか理解し難い。以前どこかの大学で学生ににわとりを描かせたところ、足を4本付けた学生がかなりいたということを聞いたが、同類の現象だろうか。4本足のにわとりはあるいは異才ということにつながるかもしれないが、技術者を目ざそうとしている学生がこの様な状態では、大学4年間にどれだけの努力をしたら工学的センスを豊かにできるのか、あるいはその下地を身に付けることができるのか、気の

遠くなる様な思いもするのである。

次に、1年生後期のはじめに同じ問題を前期に出题したクラスと異なるクラスで出题すると100kgと答える学生は8割強に増え、前期での物理学、工業力学等の教育効果があった様に見える、ひと安心といった感じもするのだが、零と答える学生の数はあまり減らないし、また表中の問題(2)のように力がいくつも作用している問題になると正解は再び半数近くまでに激減するのである。

この様な結果、すなわち本学の入学者の半数しか上記問題の正解が得られないことは、本学入学者にはA~Eの5段階評価のB、C段階に入るものが圧倒的に多いということと高校の授業についてゆけない生徒が7割もいるという報告とを考えると、当然のことなのかもしれない。

問題(1)、(2)などが正確に解けないことは要するに力学の極く初歩的な基本を完全には身に付けていないことによるのだろう。大学で教える側からすれば、無意識のうちにあるいは考えたうえで、「この様なやさしいことを大学で教える必要はない」、としてしまったり、逆に講義をした場合に学生の方としては自分が完全には理解していないにもかかわらず、「またあの話か」という感じを受けてしまったりして、依然として基本を完全には理解出来ずに終わってしまうのではないだろうか。そのため以前に教わった問題とほぼ同じならば解けるが、わずかな応用もきかないことになるのだろう。

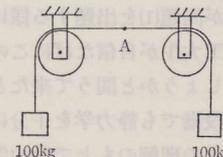
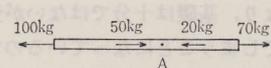
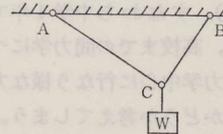
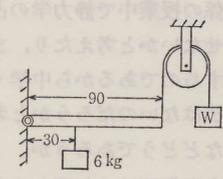
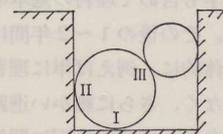
入学してきた学生の実力がこの程度であるから力学の実際問題への応用学の一つである材料力学の講義も本題に入る以前のことにかなりの時間を当てねばならないし、工業力学にしても同じことである。

では問題(1)、(2)程度のものを解くための基本はどのあたりで教わっているのだろうか。

3. 中学、高校での力学教育について

表中の問題(3)は中学での力学教育の程度を示す一例であり、中学1年の教科書に準拠した参考書中の問題である。また、この様な静力学に關した、てこや滑車の働きなどについての定性的な内容の教育は小学校6年程度で

表 力学に関する簡単な問題

<p>問題 (1) 同じ大きさの2つの滑車を介して同じ重さのおもりがロープで左右に図のように吊されている時のロープ上のA点での張力を求めよ。</p>	
<p>問題 (2) 1本のロープの両端及び途中に図の様に4つの荷重が作用している時のA点の張力を求めよ。</p>	
<p>問題 (3) 天井から2本のロープで図の様におもりを吊した時、2本のロープAC、BCに生ずる張力を求めよ。</p>	
<p>問題 (4) 図の様にテコと滑車を組み合わせた時、テコが水平位置で釣り合うためにはWを何kgにすればよいか。</p>	
<p>問題 (5) 図の様に円柱孔の中に大小2つの球を入れた時のI、II、IIIの位置での抗力を求めよ。</p>	

注、いずれもここでは簡略化のため、問題を解くために必要な詳細説明は省略した。

も扱っており、私立の中学では問題(4)の様なもの、あるいはさらに複雑な問題を入学試験に出題している。

小学校、中学校では式で問題を解くよりも実験等を多くして科学的なことに対するセンスを向上させる教育がもっと必要ではないかと思うし、また教える内容の量、質、時期などもさらに検討する必要があると思う。しかしながら、取り敢えず現在の中学、高校の教科内容に基づいて考えると、大学、特に本学で力学を教える者としては中学1年の教科内容を完全に理解して来てもらえば十分なのだが、と考えるわけである。現在の中学生の半数は授業についていけないということであるから、この様な希望とは裏腹にかなりの生徒が静力学の基礎につ

いても十分な理解をしないで中学1年後期に物体の運動、すなわち動力学の基礎について学び、高校へ進んでいるのだろう。高校においては再び力学を教えているが、物体の運動に関するところで大部分の時間を当てている様だ。もちろん基礎事項としての力の釣り合い等の静力学についても説明している様ではあるが、具体的な演習などのための時間はかなり少ないように思える。高校の参考書などをみると力学関係の内静力学の占める割合は10%程度の様だ。

教える側から考えると、あるいは理解してしまった者からみると、静力学の基礎及び応用は単純で易しい様に考えがちだが、初めての者にとっては、力が目に見えな

いものであることなどから、かなり馴染み難いもの、直感的に理解し難いものとなっているのではないだろうか。因に、筆者が問題(1)を出題する様になった動機は10数年前にある東工大生が自信なげにこの正解は100kgで本当に良いのでしょうかと問うて来たところにある。

従って高校の段階でも静力学を十分には理解できず、あいまいな静力学の理解のもとで動力学の問題までも考えなければならないことになっている様に思える。それでも問題例をいくつか解けばそれに似たものは解けてしまうことになり、基礎は十分ではないが受験技術的に問題を解決してしまうことになっているのではないだろうか。

力学についての理解度の現状がこの程度であることを知ると、中学・高校での力学教育（他の科目も同じではないかとも思う）、すなわち中学1年で静力学・動力学を扱い、その後、高校までの間力学については何も行わずに高校で動力学中心に行なう様な方式の教育、が適切なものであるかどうか考えてしまう。

大学の工学部で力学を教える側からすればせめて高校における力学関係の授業中で静力学の占める割合を3割程度にまで増やせないかと考えたり、また大部分の中学生が高校へ進学するのであるから中学・高校を一貫した効果的な教育方法はないのだろうかと考えてたりする。例えば以下の案などどうであろうか。

中学・高校で在学期間は6年間あるが、この内の前半4～5年間は力学も含めて理科の基本事項について徹底した教育を行う。その後の1～2年間は各生徒の将来の進路について具体的に、例えば単に理科系・文科系という様な分け方でなく、さらに細かい進路（機械工学、電気工学などの）を考えてその方面に関係ある教科内容を重点に教えるような制度はどうであろうか。

現在この後半部分は大学の教養課程等の教育内容にも一部含まれていると思うのでこの部分を大学内に取り込むことも可能かもしれない。

高校の理科教育はその目的とするところが一般教養的であり専門家を育てることを目的としていないことのため、あまりに広い範囲のことを教えようとして消化不良になっていることも一因だろう。しかし現在では教養としての知識吸収の手段は種々あるのであるからあまりに手を広げた教育は必要ないのではなからうか。いうまでもないことだが、以上の教え方は工科系へ進学する生徒が高校において現在の工業高校におけるような教育カリキュラムのもとで教育されるべきと考えているわけでは勿論ない。

しかしながら、上述の改編等を行なうには大学が先頭

に立たねば不可能のように思え、後述のこととも関係するので、ここではひとまず中断し、最後の問題(5)について説明する。

4. 大学入試について

表中の問題(5)は昭和58年度武蔵工業大学（機械工学・土木工学両科）の入学試験における物理の問題の一つを要約したものである。

この問題をその年度の入学者に授業中再度解かせた時の出来はあまり良くなかったことから考えて、おそらく入学試験の時も完全な解答を示した学生は少なかったのではないかと思う。

教える側からすればこの問題などもたわいない簡単なものの様に思えるが、前にも述べた様に、力は目に見えないということや基本を十分には理解していないことのために初学者は手こずるのではないだろうか。従って、この問題一つを取りあげれば選抜試験問題として良い問題ということになるだろうし、力学を教える側からすれば、これを完全に解いた者が入学して来れば良いと思うのである。しかしながら、さきに述べた結果からもわかるように、そののぞみは叶っていないのである。

本学が社会より受けている評価、受験生本人の実力その他諸々の事柄を総合して高校生が本学を受験するわけである。我々ののぞみが十分には満されない理由の一つとしては我々の要求の方が現在の武蔵工大の社会的評価あるいは我々の実力に見合ったものでなく、高望みであることなども挙げられるだろうが、我々が入学者を選ぶ立場にあるのであるから、より良い選抜の方法をたえず追求する努力をしてゆくことが必要であろう。

選抜の方法については本学も含めて各大学でこれまでも種々検討され模索、実施がなされているようであるが、筆記試験の内容についてはどの程度検討がなされているのであろうか。この点に関しての意見を以下に述べる。

試験はある限られた時間内になされるが、その場合に受験生を次の様に分類してみる。

- (イ) 基本を知らず、方法もわからず問題が解けない者
- (ロ) 基本を知っているが、応用力がなく解けない者
- (ハ) 基本も知り、応用力もあるが時間がなく解けない者
- (ニ) 基本も応用力も不十分だが、たまたま以前に似た問題を解いていたので解けた者
- (ホ) 基本、応用力ともに十分あり解けた者

以上の他にも分類は可能かもしれないが、仮にこの様に分類した時に合格するのは(ホ)、(ニ)、(ハ)、(ロ)、(イ)の順であ

る。しかしながら、我々が本当に入学してもらいたい学生は必ずしもこの順ではないのではなかろうか。

現在の入試方法、出題傾向などをこの様な点からさらに検討すれば、前述の問題(1)に対して張力が零と答える様な学生はふるいにかけることができるのではないだろうか。基本事項は速やかに解答させ、応用事項は時間をかける2段階の方式や、さらに理工系学生としてのセンスの良否を判定できる方式があればと思うが難しいことだろうか。これは余談だが、筆者の研究室で卒論を行っていた学生の話では、本人は文科系に進みたかったが、進路指導の際に君は成績が良いから理工系へ進みなさいと言われたとのことであり、大学に進学してからもこれで良いのかと迷っていた様である。指導された教員の真意のほどは判らないが、考えさせられる話である。

また、中学・高校の一貫教育ということで制度の改革についてすでに提案してみたが、この様な変化には種々問題があり簡単にはゆかないと思う。しかしながら、入試問題の内容を意識的に操作することによって実質的にはかなり実現可能となるのではないだろうか。

その例として次の様な案はどうだろうか。

(イ) 武蔵工業大学の機械工学科に入学するには物理の基礎学力は全般に十分なければならぬ、とともに特に力学については応用力も付けていないと入れない試験形式。

(ロ) 現在の本学入学者の中かなりの割合で高校の授業についてゆけない者がいるのであれば、力学等機械工学に一番関係深い部分を中心にした出題傾向にする様な試験形式。

(ハ) の案は出来るだけ採りたくない案だが、高校で物理を履習してきたことが確認できればこれも一つの方法であろうし、本学で国語や社会の入試科目が無いことと同じ様に考えられるのではないだろうか。

この様なことを念頭に置き、問題(5)と同時に出题された物理の他の3問をしてみる。それらは光学、電気、原子物理に関したものであり、またいずれも決して難問とは言えない基礎的問題の様に思える。本学に入学した学生の大多数の者がこれら4問に対して8割、9割以上の得点を得ているのであれば何も言うことはないが、現在の武蔵工大の実力ではその様なことは望めない。また問題(5)を解けずに入学して来た者も半数近くいても不思議ではないと思われる。

現実がこの様な状態にある時、力学系科目を必修としている機械工学科で教えている者としては先に述べた様な出題傾向の操作が必要ではないかと思うわけであり、極言すれば、高校で理科の教育は当然受けているのだか

ら、理科の入試では問題(5)の様な力学関係のものだけで選抜を行なった方が良いのではないかと考えるのである。

勿論、機械工学科卒の者が光学、電気、原子物理あるいはその他科学、工学に関する基礎知識について全く知らずには済まされまいだろう。しかしながら、それらについての十分な実力を付けるのは機械工学科卒として必要な基本を十分身に付けた後でも良いのではないだろうか。また、必要ならば本学在学中にもその教育は十分可能だろう。この様に考える時、理科の入試に対しては変革が必要ではないかと感ずる。試験的に本学への付属高校からの受験者を対称に実施するのはどうだろうか。

本学は全国の大学の中で、その最高峰に位置する大学とは思われていない。従って、本学における入学試験は単に受験者がそれまでに学んできたことの程度を調べ、受験者の中から全般的に優秀な学生を選抜することが最良の方法ではないだろう。大学がより良くなったと評価されるもののひとつとして卒業生の受ける社会的評価の向上が挙げられるが、より良い卒業生という作品を作り上げるために努力しているのが教員を中心とした大学職員であろう。入学試験はいわばそのための素材選びであり、これから作品を製作する教員にとって、あるいは大学にとって最良の作品を作るに最も都合の良い素材を選ぶ手段と考えられるのではないだろうか。

特に私学においては、多少語弊があるかもしれないが、教える者にとって都合の良い様に入学者を選抜することは許されるのではないだろうか。勿論、悪い素材で良い作品を製作する楽しみもあるわけだが、前述の問題(5)などを解けない学生が多数入学して来るようでは少人数の教員で多人数の学生の面倒をみなければならぬ私学においてはあまりに荷が重すぎるのではないだろうか。

以上のことは少ない資料のもとで考えたことであり、細部にわたって固執するものではないが、逆に、理科に限ったことでもない様に感ずるので、すでに述べた様に検討に値することではないだろうか。その際、本学での教育のかなりの部分を分担している専門課程教員の考え方などを積極的に取り入れたり、実際に専門課程教員も入試問題の作成に参加したりすることも必要だろう。また、この様なことを通じて、専門課程教員もより一層高校以下での教育の現状、内容について絶えず正確に把握出来るだろうし、さらに専門・教養両課程教員間の意志の疎通もより一層はかれるのではないだろうか。

話は少し逸れるかもしれないが、ここ数年学生の就職に関連して企業の人事関係の方にお会いし、話を伺う機会が多くあった。その間、卒直な意見を述べられる方も

多く、耳の痛いことも多々あったが、その中のいくつかを示してみると、「大学での教育には期待していません」、「教育は会社の方でやります」、「成績は問いません、健康で性格、人物の良い学生を紹介して下さい」、「大学は偏差値で質がわかる。お宅の学生さんなら誰でも採用したい」、「お宅は芝浦工大と同程度ですが……」などである。また、入社試験でも大学入学以前の教育内容に対する程度の試験内容や、国語、数学に関する内容などが出題されることも多い様だし、また、これに対して作文などの学習を学生に課す必要があるのではないかという意見も聞く。

しかしながら、これらのことも結局は大学生が大学においてそれぞれの専門分野の知識やセンスを十分身に付けることなく卒業してゆくことに起因しているのではないだろうか。

人の能力には差があり、現在の小学校から大学までの教育内容を十分理解して卒業する者、半分も理解出来ずに卒業する者と、まちまちであるから一概に教育内容を減らせとは言えないが、能力に合った教育を行うことは必要であると思うし、また本学での教育をより良く行なうために、本学が現在社会から受けている評価程度では前述の様な入試における出題傾向、方法は検討に値するのではないだろうか。

さらに付け加えると、現在の小学校から大学までの教育制度、社会状態のもとでの平均的な学生について考えた時、その学生がなぜ東大に入らず本学に入学したかは、その学生が国語、数学、英語、理科、社会を満遍なくしくは理解していなかったからであり、早大、慶大に入らず本学に入学したのはおそらく数学、英語、理科が満遍なくしくは理解出来なかったからであろう。その様な学力状態にある生徒を選抜するのに一番良い方法が本学の採るべき入試方法であろうし、入学した学生を教育する時に教える側にとっても都合の良いように、また、ひとつでも確実なものを身に付けた学生を卒業させることが我々の責務であろうと考えた時、前述の方法も含めて入試についてはもう少し工夫が必要ではないだろうか。言うまでもないことだが、上記のことは本学に勤め、本学の学生に教育をすることに誇りを持つ、持たないといった様な主観的な観点からではなく、あくまで客観的に見てのことである。

以上では筆記試験の内容を中心にした入試に関する意見を述べてきたが、前述の4本足のにわとりのことなどを思い出すと適性、素質を見ることも重要であろう。

筆者自身大学へ進学した時のことを振り返ってみると、何科を選ぶかの段階で電気は目に見えないから機械

に進もうといった感じで決めてしまった様にも思う。現在考えてみると、機械工学の基本は力学であり、その基となる力も電気と同じく目に見えないものなのである。幼い頃は種々の現象を五感で感じて体得してゆくのだと思うが、同じ目に見えない力と電気であっても、それらの修得手段は異なっている様に思える。力は例えば物を手で持ち上げたり、お互いに押し合ったり、また水の流れて手を入れてその速さ、圧力を感じたりして体得しており、ほとんどが触覚的に感じているものである。ところが、電気は触れることが危険につながることもあり、豆電球をつけたりする実験やその他家庭にある電気製品から感じ取っており、主として目、すなわち視覚を中心として体得していると考えられる。化学的なこと、生物学的なことなど他の分野についてはどうだろうか。

一方、五感などの感じ方は個人によってかなり差があるだろうし、好きこそ物の上手なれと考えれば、多少飛躍しているかもしれないが、感性など含めた適性試験を1点差で可否を決めてしまう筆記試験と合わせて考えればそれほど手間のかからずすむより良い入試方法が考えられないだろうか。あまり度が過ぎるとニュートンの様な人物が入学出来ないかもしれないが、心理学、生理学などの専門の人も交えて検討する価値はあるのではないだろうか。

5. おわりに

本学が現在よりもより一層良い大学であると言われるためには本文中にも述べた様に、卒業生がどれだけ他大学卒の者よりも良く活躍しているかを認めてもらわなければならない。そのためには結局のところ入学時に素質のある学生を選抜することが必要条件だろう。

ここで言う素質とは、ひとつは工学的センスの向上が期待できることであり、いまひとつは社会に出てからの大きな活躍が期待できることである。後者についてはこれまでも高校においてクラブ活動などで勝れた成果をおさめた学生などを入学させる様にしていることで、一応の成果は挙がっていることと思う。しかしながら、前者の素質についてのチェックはこれまでの入試方法だけで十分されていると考えてよいのだろうか。ここで提案した理科の入試についての考えはこの点での改善にとっての一方法となるのではと考えているわけであり、同時に適性試験なども含めて種々検討する必要があると感ずる次第である。

力学の簡単な問題に関連して何かをまとめようとしているうちに話が大きくなってしまった。また、普段あまり考えていない自分自身に言い聞かせる意味もあって、

勝手なことも色々書いてしまったが、すべてに固執するわけではない。さらに、内容も必ずしも理科教育だけの問題ではない様に思えたので、はじめに考えていた表題と変えてしまった。

正月休みにこの様なことを考えていたが、新聞には全国高校ラグビー大会の記事が連日載っていた。それに関連して大手企業グループの広告も連載されていたが、その中に次の様な文章があった。「最初のスクラムを組む

と相手の力がわかる。(中略)相手にプレッシャーをかける。圧力が凄い。僕達8人で500キロを超える力だ。一列目は相手の力も直接受けて1トンもの圧力に耐える。(後略)」

これには精神力が入っているのだろうか。入学試験シーズンを控えて罪つくりなことであると考えたとともに力学教育の難しさも改めて感じてしまう。

