



●SPECIAL EDITION●

「理学と工学」

第2回 理学のための工学 工学のための理学

前号では、理学、工学、それぞれの特質を歴史的なことも踏まえて取り上げてみた。しかし最近の科学技術の急激な進歩は、理学と工学の果たす役割に大きな変化を求めている。そうした意味で、将来あるべき理学と工学の在り方を模索することは、我々科学技術に携わる者にとって非常に大切なことであろう。理学と工学の理想的な関係は何か、逆に、現在の理学と工学の在り方にはどのような問題点が含まれているか、——それが今回の私達のテーマである。

我々の研究にはもはや「理学」は不必要な存在である

工学の中に存在する理学不信

工学の発展のために理学の進歩が欠かせないとは言ってもない。量子力学の発展がトランジスタ技術を生み現在のエレクトロニクス社会の礎となったのはその典型的な例だ。それにも関わらず、現在の理学は工学の発展に寄与していないと感じている工学の研究者は数多い。ある研究者は次のように述べている。

「現在の理学は停滞していると言ってよい。何か新しい自然法則を生み出すのが理学であってその場合は工学にも大きな影響を与えるが、今、理学、特に物理は誰かがやったことの拡張でしかない。今の物理が直面している問題は、いわゆる多体問題、非平衡問題であるが、これらも既に確立された物理からの単なる拡張という域から踏み出していない。単なるモデル計算や近似計算も多く、新鮮な発想からのアプローチは少ない。それでは本当に新しいものは何も導けない。我々の研究にはもはや『理学』は必要ではないと言ってよく、むしろエンジニアリングの発想が重要だ」

工学部の中にも理学部出身の人がいるが、

「自分はもはや理学を研究しているとは思わない。出来上がった力学体系を基に計算しているだけの今の仕事は真の理学ではない」と言う。

本当に今の理学はこうした指摘通りであろうか。前回も見てきたように、多体問題、非平衡問題は、物理や化学のありとあらゆる分野に顔を出している。そのどれもが数学的に厳密に解くことができないため、二体問題や平衡の統計力学など、既に確立された理論をベースにモデルをつくり、近似計算や数値計算、実験データとの照合を繰り返しながらより良いモデルを作り上げていくという研究方法を取っていることは確かである。それが現在の研究者からみて、「量子力学や相対論を生み出したような」画期的、根本的進展が、現在の理学にはない、工学にとってプラスになるような話題に乏しいという不満につながる。その点で工学の側の理学批判もあながち的外れなものとはいえないかもしれない。

新しい発想は「古い」考え方を煮詰めていくなかで生まれるもの

理学の研究者の反論

このような批判に対して理学の研究者は様々な点から反論する。一番多いのは「理学的な価値観と工学的な価値観との相違」に基づくものである。大沼教授（物理）は語る。

「役に立たないことをやって無駄飯を食っている人間が少しは居てもいいのではないですか。役に立つことをやっている研究者ばかり集めた大学なんて、鶏を籠の中にたくさん押し込んでせつせと卵を産ませている光景を連想する。大学という所は多様で豊かな価値観をお互いに認め合う場でありたい。」

「大体、量子力学や相対論が生まれた時当時の工学者にとってそれらは『工学にとってプラスになるような話題』だったのだろうか。そのことを考えると、例えば最近の量子色力学やハドロンのダイナミックスの発展が、工学研究者にとって全く縁のない出来事であるのも不思議はない。我々のやっている事は、新幹線をもっと速くしたり、高性能の計算機を作ったりする事とすぐ結びつくとは思わない。しかし数十年後、数百年後にはひょっとすると結びつくかもしれない。それでも『役に立つ』のは、今やられていることの千分の一もないだろう。残りの99.99...%はその千分の一を生み出すために必要なことに過ぎない。それではその99.99...%の研究は無駄なものかと言われると、確かに無駄であり、また無駄ではない。第一にそれを切り捨てればもっと効率良く研究が進むかというところではない。第二に、それはそれ自身の価値を持つ。どんな小さな一步でも自然を理解できたと感じる時には喜びと感動がある。この喜びや感動は人間が人間として生きていく上で必要なものである。そういう点で理学は絵画や音楽と似ている。もし音楽をストレス解消に役立つという実際面だけからしか評価しないとしたらなんと空しいことだろう。第三に、そうはいっても、何に価値を見出すかは個々の人間の生き方、人生観に深く関わっている。それはまた、五年、十年のスケールで考えるか、数十年、数百年を考えるのか、数千年か、数百万年か、数百億年かで違ってくる。その中で自分の人生をどう考え、どう生きていくかは各自の問題であって、統一見解や多数意見を押しつけるべきものではない。」

「今は工学的な応用には結びつかなくても、長い目で見れば基礎的な研究が応用に結びつくことは多々ある。どこで基礎が応用に結びつくか、わからない。」

小尾教授（化学）の意見である。

端的な例をあげたのは中條教授（高分子）である。

「アインシュタインは相対論ではなく光電効果でノーベル賞をとった。その理由の一つは後者の方がより実用的な価値があると思われたからだ。しかし相対論は今やおいに応用分野に用いられている。」

こうした意見の根底には理学と工学のタイムスケールの違いがある。理学は数十年というオーダーで学問の進歩を考えるが、工学は長くても十年程度のスケールで物を考える。

「オーバーに言うとも、理学は数十年は似たようなテーマでメシが食えるが、工学は同じテーマでは十年ともたない。」——大塚助教授（化工）の表現である。では今の理学は確立された理論の拡張でしかないという工学の研究者の批判を理学の研究者はどのように受けとめているのか、核物理の場合を例にとり、大沼教授に聞いた。

「原子核や核子のスピンをある程度コントロールできるようになったことで、一方で、原子核を『核子の多体系』から『ハドロンの多体系』ひいては『クォークの多体系』として理解しようとする一つの新しい流れが生まれ、他方では、それを固体物理や核融合などに利用する方向も生まれた。このような方法は、『核子の多体系』と



しての原子核の性質をつきつめていこうとする努力の中で発展してきた。ところで、この原子核物理の新しい流れにしても、従来の考えと全く違うところにポンと出て来た訳ではなく、従来の考えの一つの拡張として生まれたものである。それは量子論や相対論にしても同じこと



工学——現在の理学には、工学に寄与するような進展はない。過去の理論の拡張にしか過ぎない。

理学——どこで基礎が応用に結びつくか、わからない。新しい発想、考えは生まれている。しかしそれもこれまでの積み重ねから掛け離れたところにあつたら単なる思い付きでしかない。これまでの積み重ねを拡張したところにあつて初めて有意義な存在となる。

こうした意見はそれぞれの立場に立ってみれば当を得たものともな考え方だ。しかしお互いに歯車が噛み合っていない。科学技術の進歩にとって必要不可欠な要素であるはずの理学と工学が、互いの価値観のズレから、そのパートナーとしての関係が損なわれているならば科学にとって大きな損失である。

理学的な研究と、それを発展させる実験装置の開発を担う工学——このような意味での理学と工学の関係は比

である。

この様に、従来からの積み重ねの延長線上に新たな考えをつくりだしていく、今の理学の方向は「新しい」自然法則を生み出すために必要不可欠なステップの一つであるというのが多くの理学の研究者の考えである。

較的スムーズではある。「いい実験装置を探すための敏感なアンテナを張っている」(大沼教授)「実験をする際にこういう装置が不可欠であると判断してメーカーに働きかけ、メーカーもそれに応えてくれる」(永井助教授(応物))という研究者は数多い。また測定装置の貸し借りは、理学、工学、無関係に盛んであり他大学などの研究施設の共同利用は当たり前のように行なわれ、「現代の巨大科学では測定装置はとても億では済まされない」(田附教授(電子化学専攻))という現代の科学研究の巨大化という側面も影響している。

しかし、これは真の意味での理学と工学の交流ではない。前述した理学と工学の学問としての価値観の相違、認識の相違を克服して、理学の研究者が、「理学」の視点を保ちながらも「工学の特質」を利用する、工学の研究者が工学の発展のために「理学の発想」に学ぶといった理学と工学のより基本的でポジティブな関係は必要ないのであろうか。



理学と工学はより一層つながるべき存在である

研究者の中に存在する問題意識

理学と工学のより基礎的で緊密な協力を期待する雰囲気も分野によっては徐々に芽生えつつある。

「(自分の研究分野である)触媒化学が将来技術的に確立し先端技術となれば物理関係の人とタッグする必要性が必ず出てくる」(大塚助教授(化工))

「理学の厳密な解析方法と工学のある種の経験則的方法がお互いに支えあって発展する。新しい文化というのは異種の従来の文化同志が接した時に発展するということは歴史をみれば明らかだ。学問も全く同じだと言ってよい」(入戸野教授(金属))

こうした見方とは別に目的意識、応用意識だけの上に成り立つ今の工学の在り方そのものに疑問を投げかけ理学的な基礎づけを工学にも導入する必要性を強調した研究者もいる。森泉教授(理工学国際交流センター、半導体工学)の意見を聞いてみよう。

「今までの工学は実際に使えるものを作り出すことに重点が置かれていた。この研究は何の役に立つかということを経営者同志でもよく議論する。しかしこうした目的志向だけの上に成り立つ工学は限界がある。なぜならば

目的志向の工学では理屈はよく解らないけど経験則的に物ができてしまうという側面があり、こうした方法論はどこか一部が崩れただけですべてが崩れ去ってしまうのだ。工学の中にも理学的な基礎づけが必要なのだ。更に目的志向だけでは真に独創的な研究はできない。なぜなら独創的な研究のネタは純粋に基礎的なものから生まれるからだ。理学的なものの中に工学的な研究のネタはあるし、その逆もまたある。意外なところに研究のネタはあるものなのだ。だからこそ基礎研究を強化して理学と工学の相互乗り入れを恒常的なものにする必要がある」

工学の研究に理学の視点を持ち込むことの重要性、研究のネタを探すための理学と工学の相互乗り入れの必要性を森泉教授は主張された。

中條教授も次のように述べている。

「工学であってもすぐに役に立とう、金を儲けようと考えない方がよい。お金にならない研究が工学にあつてもよいのではないか。工学と工業は明らかに違うものなのだ」

逆に理学研究者の中にも工学の研究に参加して自分の研究の糧にしようとする人もいる。

北原助教授（応物）の話は示唆的だ。

「『応用的なものを基礎的なところからやる』のが理想的な自然科学研究のあり方だ。しかし、研究の目的が『現象の記述』だけにおわるのでは、研究者の単なる自己満足でしかない。現実根ざした上で対象を制御・コントロールする域まで踏み込むべきで、そうした意味で理学と工学はもっとつながるべきものだ。その中で、研究者の倫理観も問われることになる。」

北原助教授は工学の研究に参加するメリットとして二つの点をあげた。

第一に、同じ分野でも理学と工学とは全く別の方法

論、理論が独自に存在している場合があり、工学で展開されている方法論を勉強することで視点が広がるものことだ。ある学会で東北大の機械工学の人が理学で使われるオンサガーの変分原理とは全く違う別の変分原理を用いて理論を作っていたことを知り、強い驚きと関心を覚えたそうだ。

第二に工学の研究方法は理学的な視点からみれば、原理的というよりは経験的側面が強く、理学的、すなわち基礎的、綿密なセンスで研究に参加すればその分野に進展をもたらす契機になるかもしれないと感じているそうである。

相互の交流は必要なステップであることはわかっているのだが…

未だ遠い理学と工学の協力関係

このように理学と工学の研究者にある種の問題意識が芽生えているにもかかわらず、東工大での理学と工学のポジティブで幅の広い交流は全く不足しているのが現状である。相互の交流の必要性和共に、現実の壁の厚さを語った関本助教授（原子炉研）の話は興味深い。

「我々の研究分野では、中性子の断面積をいかに精度よく求めるかが目標の一つになっている。これらをインプットしてコンピュータで原子炉解析のための数値計算をするのだが、本当はそれだけでは原子炉を理解したことにはならない。いくら断面積が精度よく求まったところで問題は解決しない。原子炉をもっと徹底的に理解して、根本的、原理的に新しい炉を開発しなくては行けない。そのためには、理論的な考察をしたり、もっと多くの種々の物理量を知る必要もでてくる。そこでは理学のアイディアも必要となる。そうした意味では原子核物理も、原子炉物理、中性子工学といった応用分野に本来は役に立つはずなのだ。ところが理学の人とのボールのやりとりは極めてお粗末だ。理由の一つは核物理でも断面積を求める理論はあるが、実験の方がずっと精度がよいことである。更に、理学の人々は我々の興味あることに関心を示さない。これはある意味では当然で、研究の価値観が理学と工学では違うのだ。そのあげく理学と工学で別々の興味のもとに（従ってお互いにあまり役立たない）断面積の精度を上げるという競争に精を出すことになる。」理学の人と交流する必要性は自覚しながらも現在の自分の研究には役立たないだろうという思い込みと興味のすれ違いから思うに任せないでいるのだ。

「データを整理していると、これは奥に何か深い意味がありそうだと予感することがある。このとき物理の人と協力すれば、学問の進展は早まるかもしれない。そん

な例はたくさん経験した。だが理学の人との共同研究にはなかなか発展しない。相互の交流は必要なステップであることはわかっているのだが…」

最初の原子炉がフェルミなどの物理学者によって建設されたことも暗示的だと関本助教授は語った。

理学と工学の交流を妨げている原因はまだある。再び森泉教授の話聞いた。

「工学が、手段の開発、製品の開発といった産業界的なスタンスに偏り過ぎていることも工学が、理学的、学問的なものから遊離してしまう一つの原因だ。しかし基礎的な研究をやろうとしてもお金がでないのだ。文部省に科学研究費を申請しても研究テーマに具体性がないとダメだ。お金を出す人に具体的なイメージを持たさなくてはならないからだ。でも独創的、基礎的な研究は具体的イメージにしにくく、結果としてお金が出ないことになるのだ。」

基礎的な興味からの研究が落ち着いて出来る環境にならないければ、と森泉教授は説く。

少し違う表現をされたのは広瀬助教授（資源研）だ。

「最近研究者は年に何本、どんな論文を書いたかで評価される業績主義の中にいる。社会的責任を果たしているかどうかを数量的に知る上でこれは悪いことではないが、論文は研究の一つの側面に過ぎない。基本的な興味から研究したいことはあってもそれが論文として書けるまでになるか、学問として成立するか、自信のないものはたくさんある。うまく行けば画期的な成果が生まれるが、へたをすれば何も出来なかったということもある。

そんなテーマにはなかなか手を出しにくい」

広瀬助教授も基礎的なものをやりたいという志向と目に見えるものをやりたいという志向の中で揺れ動いているようだ。

工学ばかりではなく理学の研究者の中にも自省の声が聞かれた。

「計算機の発達のためか、与えられたモデルの計算に終始して応用や現実をあまり意識しない人が理論物理の中に多くなってきた」（北原助教授）

分野の壁を乗り越えることが一番大切なことなのだ

理学のための工学、工学のための理学

これまで理学と工学の現状、お互いの協力の必要性を自覚しながらも思い通りにいかない現実をみてきた。理論の遅れ、興味のすれ違い、目的志向の強さ、研究資金の配分——簡単には解決できない問題ばかりだ。

しかし、だからといってこのままでよいはずはない。理学も工学もお互いにとって必要不可欠であることは、今、見てきた通りであり、それぞれが全く独自に存在するようなことになれば、それは科学技術の進展に大きなマイナスとなることは明らかだ。そうした状況の中で、「理学とは」「工学とは」を自問自答し、自分の研究の立場を、理学から工学、基礎から応用という一連の流れのどこに置くか、悩んでいる研究者もいると聞いた。

森泉教授は語る。

「日本の半導体技術はずいぶん発展してきたが、そこからかなり難しい学問的、理学的問題を我々は提起してきた。その理屈を明らかにしてほしいと理学の人に言うとなしすぎてわからないという。でも直接彼らと話をしてみると何かしらヒントは必ずでてくる。まず対話をしてみるのが重要なのだ。」

理学の研究者の中にも同じ声は聞かれる。永井助教授は次のように述べている。

「原子核という私の専門は、非常に基礎的な分野であり今すぐに工学の人と何かをする必要はないかもしれない。しかしだからといって『この分野は関係ない』と自分勝手に切りすてるとは非常に危険だ。自分と異なる

分野の人とディスカッションをすることは非常に大切なことなのだ。例えば『相転移』という概念をとっても、原子核、物性、工学、それぞれの観点がある。そうした様々な分野における観点を自分の専門に捉え直してみると、得ることは非常に多い。そういう目で見ると、いろいろな先生の話聞いても、専門は別でも質問はできるし勉強になる。研究対象は違っていても概念は一緒なのだ。」

このような考え方は、とくにアメリカ等では当たり前であり、大学内でもあちらこちらで、異なる分野の人達が気軽にディスカッションしているようだ。永井助教授は続ける。

「日本の大学でもそうした雰囲気をもっとあればと思う（注）。理学だ、工学だと構える前に、研究分野の違いという壁を乗り越えることが一番大事なことなのだ。」

何を研究したいかという主体性がはっきりすれば、研究者も、そして学生も分野の違いを越えた対話が自然にできるし、又なさなければならないと森泉教授も永井助教授も力説する。

それは非現実的なことではない。特に「単科大学の東工大ではそれは可能である」（北原助教授）そうした分野の壁を乗り越えたクリエイティブな対話の中には「理学も工学もなく、それらを越えた真理（哲学）を追及する」（関本助教授）態度も生まれるであろう。

解決すべき課題は多い。そしてその課題はそのまま、将来研究に携わる私達学生の課題でもある。

（注） 応用物理学科では教官が協力しあって様々な分野の専門家を招いて講演してもらう「応用物理談話会」を月1回開いている。学生の聴講を大いに歓迎している。