

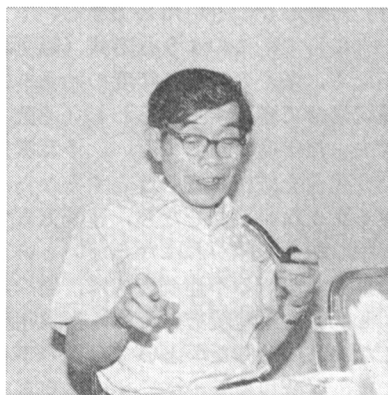
〔解説〕

研究生活をふり返って*

工学院大学 今井 功

1. 学生時代

神部 本日は、先生に昔の事などをお話ししていただきたいと思います。例えば、流体力学を研究されることになったきっかけに関する事、阪大時代に友近先生と一緒に研究された頃のこと、戦中・戦後の頃のこと、外国に行かれたときのこと、あるいは印象に残っている流体力学者についてなど、おうかがいしたいと思います。まず初めに、寺沢寛一先生との関係についてお聞きしたいわけですが、大学に入学する前から寺沢先生のお名前は御存知だったということですが。



今井 ええ、寺沢先生の名前はテラカンとして有名だったですよ。力学の教科書があって、相当にガッチリした本でした。感じがプランクの力学に似ていましたね。

神部 大学進学するとき、物理にするか数学にするか迷われなかったでしょうか。

今井 旧制一高の1年のときはまだ数学を考えていましたが、大学進学するときにはもう物理に決めていました。その頃関心があったのは、電気・航空・物理・数学だったのですが、製図が苦手だったんですよ。また高校に入るときは、作文がきらいで理科に入ったわけです。だから消去法ですよ。自然に物理になったわけです。

桑原 先生が流体力学を研究することになったきっかけは、どういうことだったのでしょうか。

今井 阪大に行ったということでしょうね。卒業の時までは、流体力学を専門に勉強するという事は全然考えていなかったです。

神部 それでは学生の頃はどういうことを将来の仕事として考えていらっしゃいましたか。

今井 やっぱりね、むずかしそうなものが面白いということで、当時は量子力学がむずかしかったでしょう。だからそれを勉強したいと、その程度だったですね。

桑原 大阪はどういうことで行かれたのですか。

今井 当時は就職難で、だいたい企業数が少なかったでしょう。就職の時には、先生の方からこういうのがあるが行かないかと言われるわけですよ。あれは3年(当時は最後の学年)の2学期頃でしょうか、就職の希望を書くようにと言われて、提出すると、それを主任の先

* 1985年7月25日、学士会館(本郷)で行われた対談による。対談の出席者は神部勉(東大理)、桑原真二(名大工)、高見穎郎(東大工)、橋本英典(東大理)、松信八十男(慶応大)。

生が見られるわけです。会社で一番いいと言われていたのは東芝で、それから日立ですか。その他いろいろな会社があったんですが。それから研究所とか大学で研究したいという希望を出すこともあったわけです。12月頃かな、その頃から呼び出しが始まるわけなんですよ。理論の方は後回しのようにした。

神部 大学院のコースもあったわけですね。

今井 大学院を希望することもできるんですが、希望しても収入はもちろainlessいわけですからね。柿内賢信君、小島昌治君が大学院でした。

松信 阪大に行かれたら、先生はどういうことをやるつもりだったのでしょうか。

今井 私は希望を2つ書いていました。まず、出来れば大学か研究所で研究をしたいということ、2番目に場所としては、東京かあるいは大阪、というふうに書いたわけです。大阪大学は理学部が出来てから新しかったということ、それから伏見康治さんが行っておられたことです。伏見先生は、ぼくが物理に入ったときにちょうど東大を卒業して助手になられて、力学と物理数学の演習を担当され、非常に出来る先生だという強烈な印象がありました。助手を1年やって、すぐに阪大に行かれたのですが、そこで勉強できれば大変いいだろうと思ったこと。それから、阪大には菊池正士先生がおられましたが、先生はぼくが東大に入った頃、量子力学の本を書いておられて、むずかしい本ですがね、Diracの本みたいで、それで、寺沢先生に呼ばれて、行くと、阪大から君に出来ないかという話があるけど、どうだね、と言われてまして。東京、大阪どちらでもよかったけど、とうとう大阪になったのかな、と思いながら、ハアと答えたわけです。そのとき、友近先生がどういう先生かということは何も知らなかったのです。

阪大には、菊池先生、伏見先生、岡小天先生もおられました。後で聞いたところでは、友近先生は東大では航空物理学講座（航研の所管ですが物理学教室に所属）の助教授だったのですが、阪大の理学部ができるときに教授要員として行かれることになり、そのために留学をされるということで、Cambridge 大学に行かれたわけです。ちょうど、ぼくの卒業の頃に帰朝されることになっていました。ぼくが阪大に行くということを聞いて、同級生の河田和美君が、流体力学を勉強しなくちゃいけないぞとあって、自分が持っていたLambの本をやるというのですよ。それとVillatの「渦の理論」という本と2冊くれました。Lambの本は読むといっても、読めたものではないですがね。とにかくこわい先生だということは河田君からも聞いていました。これらが流体力学をやることになった始まりといえるのでしょうか。

河田君がこの2冊の本をくれたのが、卒業の年の1月の末か2月にかけてでした。ただし、やると言ったのか、貸してやるかといったのか、その点ははっきりしないのですが、善意に解釈しました。友近先生がどういう仕事をやっておられるかと思って、図書室で先生の論文を探したわけですが、その中にカルマン渦の計算なんてのがあって、そこでVillatの本を見たりしたわけです。これが流体力学の専門の本を読んだ最初で、2月頃だったでしょうか。

2. 最初の論文

橋本 フランス語はいつ頃から勉強されたのですか。

今井 一高に入ったとき、小学校の同級生の兄さんが一年先輩で、数学をやるならフランス語を是非知らなければと言われてたことから、課外のフランス語に出てみました。しかしあまり受講生が多いので、「フランス語四週間」という本を買ってきて、これを読んだ方がいいと思って、ちょっとかじった程度ですが。その後、古本屋でフランス語の数学の本を買って

きて…。数学の本はわりと読みやすいですよ。

4月初めになって阪大に移ってから、図書室に行ってみたら Comptes Rendus があって、この雑誌は東京にいた頃から見えていたのですが、その中にちょうどカルマン渦の論文があって、友近先生の仕事と関係があるような内容だったのです。それは、チャンネルの中のカルマン渦の実験で、強さが列によって異なる渦列ができるという報告なのです。これをさっそく理論的に調べてみたわけです。結果が出たので、その論文の紹介者でもあった Villat に、仏作文をして、論文を送ったわけです。そしたら、ちゃんと載せてくれたのですよ。

神部 それが最初の論文¹⁾ですね。

今井 だから、フランス語の論文が最初で、また最後なんです。

桑原 友近先生と相談されたのでしょうか。

今井 まだ先生が見える前で、後で、こういう仕事をやっていますと言ったら、それは面白いなと言われました。そのうちに論文が雑誌に出ちゃったのです。それから、もっと詳しい内容は数学物理学会に英語で書きました。タイミングがちょうどよかったのだと思いますね。

友近先生とは、これが非常に重要だと思うのは、昼食はいつも一緒に先生の部屋で食べるのですよ。岡先生も昼食にやっこられました。その時に流体力学の話が出るわけですが、聞いていても話がよくわからない。それで勉強しなければいけないと思って、どんな本を読んだらいいのかとお聞きしたら、すすめられたのが Glauert の Aerofoil and Airscrew Theory なのです。これは非常にいい本だと思いましたね。よくわかるし、数学だけじゃなくて、境界層や翼理論のことも、なるほどと思えるような書き方がしてありました。Glauert の本が、読んだ流体力学の本としては初めてではないかと思いますね。Villat の本も拾い読みはしていましたが、あとは本よりもペーパーをよく読みました。流体力学の関係では主に Proc. Roy. Soc. ですね。

3. 初期の研究

神部 最初の頃は翼の壁効果の関係の仕事をされましたね。

今井 友近先生からおおせつかった仕事は、翼に対する境界の効果なのです。先生は海面効果と言っておられましたが、自由境界がある場合をやるようにというわけだったのです。先生もある程度やっておられたので、まるで試験をされているようなものでした。

神部 それらの仕事の中に、一つぼつんと非圧縮の2次元流の論文²⁾も書いておられますが。

今井 それはね、自分で興味があったからです。流体力学の論文は、Roy. Soc. か Z. A. M. M. にいい論文が出ていたのですが、それらを読みながら、流体力学の厳密解に興味をもつようになったのです。Navier-Stokes 方程式の厳密解というと、Hamel の解しか当時は知られていなかったことは友近先生からも聞いていたし、何とかして厳密解を出したいと思ったのです。Hamel の解は流線の形が自己相似という性質があるのに気がついて、自己相似という条件をつけて、解を求めたら新しい解が見つかるのではないかと思ったわけです。粘性のない場合とある場合において調べたのですが、粘性のある場合では、Hamel の解以外はあまり面白いのはないですね。しかし特別の場合に、Painlevé 関数に類似の関数で表される場合があるのです²⁾。

4. 縮む流れの研究へ

橋本 compressible flow についても読まれたわけですか。

今井 それはね、Volta 会議(1935年)の報告を友近先生が持っておられて、その中に Poggi の方法というので、 M^2 展開による計算がありました(M はマッハ数)。教室で毎週コロキウムがあって、その Poggi の論文³⁾を当番で紹介したのです。それを読んでみたところが、 M^4 の項までの展開式なんですけど、 M^4 の項が完全に取り入れられていません。そこで M^2 展開の各項をきちんと formulate して、はっきりさせようとしたわけです。そういうことを考え出したのが、compressible flow とのつきあいの始めということになります。それ以外にも計算のミスがあったのです。そういう間違いのある論文というのは非常にためになりますね。

Poggi の方法をジューコフスキー翼とか楕円柱に應用すると、フーリエ級数で表すことになるので、無限項いることになるのですが、それをまとめて closed form で表す新しい M^2 展開法を考えたわけです。この方法では単にポアソン方程式を解くことになり、ポアソン方程式なら、等角写像によって任意の2次元物体について解を求めることができるだろうと考え、東大に戻ってから、それを後期特別演習の学生だった相原隆君と一緒にやることにしたのです⁴⁾。しかしオリジンは Poggi の方法だったわけです。

橋本 留数を使う方法はもっと後での改良でしょうか。

今井 留数を使うようにしたのは玉田暁君がはじめてではないでしょうか。Poggi の方法を改良したわけで、その方法を後に友近研究室で大々的にやるようになったわけです。その頃アメリカの Kaplan が楕円柱とジューコフスキー翼のまわりの流れを無限級数を使う方法で、膨大な計算をしていました。それに対抗して、玉田君の留数を使う計算があったり、ぼくは無限級数展開をやめて、closed form で解けるはずだということで、それには複素関数を使う必要がありました。たいしたことはないんですけど、ラプラシアンの変数を z, \bar{z} ($z=x+iy, \bar{z}=x-iy$) で表すと、すぐ積分できるということです。

橋本 z, \bar{z} を使うということはどこからヒントを得たのですか。

今井 それはラプラシアン $\Delta = \partial^2/\partial x^2 + \partial^2/\partial y^2$ が z, \bar{z} を使うと、 $\Delta = 4\partial^2/\partial z\partial\bar{z}$ となることは、何かで知っていたので、これならすぐ特解が出せるのではないかと考えたのでした。ラプラスの方程式の一般解は $f(z) + \bar{f}(\bar{z})$ だから、ポアソンの方程式を解くときに、 z, \bar{z} を使えば特解が出るはずだと。特解が出た後で、境界条件を満たすために補足的な解を求めるという時に、はじめて関数論らしきものが使われます。ずい分後になって、寺沢先生の還暦記念論文⁵⁾にまとめました。

橋本 1942年に複素速度ポテンシャルを使ったみたいのがありますね⁶⁾。

今井 複素速度ポテンシャルを使ったのは、この時が始めてですね。 M^2 展開法を組織的にやる方法ですが、この時出来たわけです⁶⁾。

つまり、一遍に出来たのではなく、少しずつ修正をしたという感じですね。最初は Poggi の計算が間違っていると思ったことです。つまり、 M^2 のオーダーのとり方が適切でないから、これを組織的に解くにはどうすればよいか、それからポアソンの方程式を解くときにラプラシアンを z, \bar{z} で表わすと特解がすぐに求まるということ。これを一般ジューコフスキー翼に適用することまでがドクター論文です。ジューコフスキー翼のように解析的に簡単に表わされる形だと、目の子で境界条件を満足する解が見つかりますが、一般の場合には、ポアソンの積分公式を使えばよいということに気がついたのが、1942年頃ではないでしょうか。

その頃、友近研におられた川村徹さんが流れの関数 Ψ を使って縮む流れの計算をやっておられて、例えば臨界マッハ数が速度ポテンシャル Φ をもちいた場合より少し低めに出る

と言い出した。それでは、 Φ から出すのと、 Ψ から出すのと組み合わせたらどうなるかということを考えました。これはもっと後になりますが。

5. 航研時代

神部 航研にもどることになったのはどういういきさつですか。阪大には何年おられたのですか。

今井 2年半位です。航研にもどることになったのは酒井佐明先生が文部省に行かれることになったためですかね…。その辺のことはよくわかりませんが。

東大に帰って、最初の仕事は、力学演習の手伝いをしたことと、後になって、寺沢先生が忙しくなられたので講義を半分引受けたということですね。その当時は、本郷と駒場の両方に籍があったのですが、割に暇でした。週に2回位、航研（今の宇宙研）に行き、あとは本郷に行っていました。

神部 その頃の航研の建物は今より少なかったのでしょうか。

今井 古いこげ茶色の建物がそうです。それ以外はなかったですね。本館の後ろの14号館に物理関係の研究室があり、私の部屋もそこにありました。その2階のすみに会議室があり、また寺沢先生の部屋と実験室もありました。

神部 実験室があったんですか。どんな実験をやっておられたのですか。

今井 多分、玉野光男先生（友近先生と同期）が、高速カメラを使った実験をしておられたと思います。14号館には村川梨，木村鍊一，能本乙彦など諸先輩やぼくとだいたい同年輩の若い連中とがたむろしていました。これらの人達とだべったり、図書室に行って本を見たりなどしていました。

それから、1号館に和田小六先生，深津了蔵先生，深津了蔵先生の助手をしていた古賀豊城さんや玉木章夫さんなど，それから3号館には糸川英夫さん，松川昌蔵さんや同期の宮崎洋君がいました。そういう人達とだべっていたんですね。

橋本 佐藤孝次先生は戦後からですか。

今井 佐藤先生はきっすいの航研の方ですよ。物理部の中で、音響の佐藤，小幡重一の2人の先生が張り合っておられたんです。それから金属の小林辰男先生，測器の方には佐々木達治郎先生など多士済々でしたね。

谷一郎先生は飛行機部で，木村秀政先生，小川太一郎先生，糸川さんと一緒におられたんですね。当時，航空学会に抄録委員会というのがあって，谷先生がその委員長をやっておられ，毎月，新橋の飛行会館で会合がありましたが，その委員になりました。その頃外国論文の抄録というのがはやりまして，例えば ZAMM, Ingenieur Archiv, Luftfahrtforschung などの目ぼしい論文を割り当てられたんだと思います。論文1篇につき5円位貰ったんですから，相当いいんですよ。その時，食事が出てそれから色々のことをだべるわけです。ここで航空関係の人と大分知り合いになりました。

6. 戦争中の研究

橋本 先生が召集されたのは。

今井 召集されたのは1943年ですね。入隊までの5日間で，論文を1つ書きました。日本語で，航研報告の「高速度における翼型のまはりの速度分布について，I」⁷⁾です。それまで論文は英文で書いていたんですが時間がなくて，例のポアソン方程式の特解だけでなく，補

足の解も、Poisson-Schwarz の公式で出せるという。ひょっとすると帰ってこれないのではないか。これだけでも出しておこうと。それで、帰って来てから、応用はそのⅡで、円柱と円弧翼をやりました。

召集されたのは、5月頃で、ハルビンに行きました。1カ月半で、7月頃召集解除になりました。その時、連隊長が、お別れの会をやってくれて、「お前、飛行機の専門家だから、航空に関する話をして行け」と言われました。将校の集りで、二等兵がですよ、翼理論を、Kutta-Joukowski の定理のようなことを、出来るだけわかるように話をしたように思います。

神部 戦時中の研究条件は、変わっておりましたか。

今井 実験のことは知りませんが、理論に関する限り不自由は感じなかったですね。文献がはいらなくなったということはありましたね。しかし、文献を読まなくてもよいのはかえって気楽でした。その頃は、研究の環境について、制限を受けるとか、圧迫を受けるということとはなかったですね。航空学会の抄録委員会とか、そういう会合はちゃんと開かれていました。ただし、戦争末期になると、雑誌がちゃんと出なくなった。

あの頃、航空技術協会というのができて、わりに航空に関する研究にはお金が出たんだと思うんです。それで、それに関係した研究会は相当ひんぱんに開かれたわけです。例えば、河田三治先生が班長の高速流体力学の研究会とか、日本学術振興会の非線形問題特別委員会の会合などがありました。ですから、理論屋にとってはむしろよい時代であったのではないかと思います。研究会ではあまり秘密ということとはなかったし、人と接触ができて、情報がいってよかったですね。ただし、実際、飛行機そのものに関係のある部門の人はそういうことではなかっただろうと思います。

高速気流の問題というのは、みな非常に関心をもってやっていました。任意翼型の理論など…。

桑原 薄翼展開法はもうやっておられたんですか。

今井 薄翼展開は勿論戦争中からですね。それも M^2 展開を組織的にやる定式化をしてから、薄翼展開も同じようにやれるはずだと思い、やってみるとむしろ簡単なんです。ホドグラフ法などと一緒に戦争末期に航研報告に書きました⁸⁾。

7. 戦後の研究生活

橋本 戦後は大変だったのではないですか。私は「応用数学」の1945年の論文で今井先生の名前を知ったのです。その後2年間は、1946年の学振の研究報告、1947年の「応用数学力学」の報告以外出されていませんね。

松信 論文を書くような環境ではなかったんですか。

今井 そうでもないいで、論文を出すような facility がなかったんですね。腹がへっているとかそういう意味ではなくて、何かの問題を思いついて、それについて計算をして、その結果を学会に投稿してペーパーにするという状況ではなかったということは確かですね。しかし、人と会って何か話をして、こういう面白い話があるという風なことはできたですね。外国から文献がはいってこないし、大体航空関係の学問ができるかどうかあやしい状態ですから、航空関係の仕事はとても無理だったですね。しかし、その代わりに、他の分野の勉強ができたわけです。例えば、Seitz の固体論の本とか Nádai の塑性論の本とかを読んで勉強しているという。それからだべり合うということはあっても、流体に関する計算をしてという風な気持にはならなかったことは事実ですね。

高見 学会活動はしばらく止まっていたんですか。

今井 ええ止まっていましたね。数物学会が数学と物理の2つの学会に分れたのが1946年ごろですね。それまで学会活動はなかったんです。

橋本 46年の後期の演習で、今井先生についていたんですが、Seitz, Mott-Gurney, ゴム弾性などを読んでいて、宍道一郎、山根銀六郎、大山精一、川口光年、楠川絢一さん等がおられた。

今井 これまでのように流体一本だけではなく、興味のあるものを読んでみようということだったと思います。

松信 それは流体の将来性が暗いというイメージだったからですか。

今井 航空力学への応用はだめかも知れないけど、塑性などは流体の延長としてまだやる余裕がある、流体力学が立消えになるとは思いませんでした。

橋本 Titchmarsh の Asymptotic expansion など読んでいましたね。

今井 あれは小平邦彦さんの影響があったと思います。とにかく、僕自身の感じでいうと、楽観的で、これで将来どうなるのかという風な感じではなくて、一休みといえますか、この機会に何でもやっておけばよいという風に思った。あの頃は東大の物理教室の3階の部屋に大学院の学生がたむろして、とまりこんでいたんです。そんな連中と話をしたりしていました。

橋本 物理教室の談話会みたいなもので非線形偏微分方程式の話がされましたね。

今井 非線形方程式、非線形数学というのに、皆が、流体以外の人でも、興味をもっていた。ところが、非線形というのは、我々流体の方で一番得意というので、将来性というか、流体がとぎれてしまうということは考えませんでしたね。

8. WKB 法, 粘性流体の研究

今井 粘性流体に興味をもつようになったのは戦後です。最初は Navier-Stokes 方程式の厳密解を何とか求めたいということをもっと思い出したような形です。

神部 戦後、WKB 法による解についてペーパーをいくつか出されておられますね。

今井 WKB 法は橋本君と一緒にやったのがありますが、あれは非線形問題として興味があったと思うんです。終戦後、何でも読んでやろうという時に、量子力学の本にあったんですが、境界層方程式に使えるんじゃないかという気がしたのと、WKB 法がよくわからなかったんですね。Kemble の本にも、相当長く書いてあるんですが、その「接続」というのがよくわからなかった。量子力学の場合でいうと、bound state と free state の間をつなぐという。その時、思いついたのは、subsonic と supersonic をつなぐのと同じではないか、bound state が subsonic に相当し、free state の方は supersonic に相当し、それを連続的につなごうとすると、直線をつなぐのが一番簡単だ。そういう風につなぐと、WKB 法の Airy 関数が出てくる。そうすると高速気流の subsonic と supersonic をいかにつなぐかという問題に応用できるのではないか。普通の量子力学で使う WKB 法は大抵は常微分方程式でやるわけですが、それを偏微分方程式の場合にやるにはどうしたらよいか。そうすると結局、独立変数を変えておけば常微分方程式でも、偏微分方程式でもいいんじゃないか。それでやってみると割合にうまく行くんですね。それなら従属変数も、適当に変えてやって、出来るだけ精密につなげるような関数形式は何であろうかというんで、やったのが On a refinement of the W. K. B. method (1948)⁹⁾ ですね。その後、物性論の人がこれを使ったということでした。

Maryland に行ったときに、境界層の熱伝導の問題に WKB 法を使ったことがあるのですが、ベキ法則にしたがう速度分布と温度分布をもつとして、うまい結果が得られました。

橋本 電磁波の回折にも使われましたね。creeping wave といわれましたか。

今井 円柱に平面電磁波がやってくると、円柱の表面にそって波が伝播するという現象があります。これは WKB 法の解になる。まあいわばスキム効果といいますが、境界層の効果がある。それでわりにうまい結果が出たので *Z. für Physik* に送ったら、英語で書いたのをドイツ語になおして出してくれた¹⁰⁾。これが縁になって、1955年6月、国際電波連合の Ann Arbor の会議のとき招待講演をすることになり、それから Maryland に行ったんですね。

その頃、浜良助さんが Maryland におられて、その年の9月から Maryland にこないかという話があり、その間 Cornell で夏を過せないかということで、結局 Cornell に2カ月いて Maryland に行ったわけです。

Maryland には Pai, Shen, Resler, Ludford さん達がいましたね。Burgers 先生がオランダからこられたのがちょうど同じ頃でした。数学者では Weinstein がいました。ここは「流体力学・応用数学研究所」というので有能な人が多勢いたんですね。所長は Martin という数学者でした。

Maryland には1年と8カ月位滞在して bluff body の理論、境界層の第2近似などをやったわけです。

神部 その前に Roy. Soc. に2つの論文を書かれていますね。Filon のパラドックス¹¹⁾と Oseen 方程式の解¹²⁾。

今井 Filon のパラドックスはぼくとしてはずいぶん力を入れた論文なんですよ。相当計算もやって非常に気持がよかった。それらを communicate してくれたのはそれぞれ Goldstein と Lighthill です。

橋本 外国には、初めは Lighthill の所に行かれるつもりだったのではありませんか。

今井 それかね、血圧が高かったか、レントゲンなのか、理由ははっきりしませんが、ブリティッシュ・カウンシルの試験に落ちてしまったんです。しかし、考えてみると落ちてよかったという気がするんですよ。アメリカでは非常にのびのびとして、大体サラリーがよかったから、天国みたいでした。

桑原 粘性流の研究を始められたのは？

今井 圧縮性の場合の無限遠における状況と同じような状況が粘性流体の場合にも現れるのではないかと考えました。出来るだけ厳密なものを出したいということが頭の中にあったわけですね。Navier-Stokes 方程式にしても、Hamel の解はたしかに厳密である。しかしそれ以外には見つからないとすれば、とにかく無限遠でもよいから、ある範囲で出来るだけ厳密なものを出そうというのと、asymptotic には出せませんからね。例えば、圧縮性の場合には物体のまわりの連続流だけではなく、死水の場合にも出せる。そこで、粘性流を無限遠で考えたらどうなるだろうか。結局 Prandtl-Glauert 式のものが出てくるだろう。それが Oseen 近似だというわけです。この論文は割に得意なんです。Filon のパラドックスというのがあって、これを何とか解決したいと、かねがね思っていたから。Filon のパラドックスは友近先生から聞いたように思うんですが、とにかくパラドックスというのがぼくには面白いんです。

それから、Garstang のパラドックス、これも友近先生から聞いたと思うんですが、そんなことがあるはずがないと。パラドックスについて思い出したんですが、完全流体で、円柱

の後に vortex pair が出来る時に抵抗が出るという計算があるんですよ。勿論 vortex pair が静止している場合には抵抗はないんですね。その計算を2人の人が独自にやった所、結果が違っている。それを何とか (Bickley?) のパラドックスとか友近先生はいつておられた。

桑原 低レイノルズ数の研究は Filon のパラドックスがきっかけですか。

橋本 低レイノルズ数は友近先生の所でもやっていましたね。

今井 とにかく友近先生がやられるときは、非常に徹底的にやられるわけですね。低レイノルズ数についてもしらみつぶしにやられているという感じですね。それで人によってはついて行けなくなるということがあるわけです。しかし、それをやっている中に、それに関連して面白いことが出てくるはずなんです。

橋本 Meksyn が楕円柱を過ぎる流れを Oseen 近似でやって揚力が出ないというので、私も Mathieu 関数を使って…。

今井 橋本君もちょうど低レイノルズ数をやっていた。友近先生の所では、迎え角0の場合をやっておられた。友近先生と張り合うつもりはないのですが、ぼくも徹底的にやりたいという気持があるわけですからね。低レイノルズ数の扱いにしても、特定の円柱とか楕円柱の場合だけに計算できるというだけではなくて、形が変わった場合——任意翼形の場合と同じですね——にも扱える方法をやりたい、それが Roy. Soc. の第2の論文ですね。

9. 外国の流体力学者の横顔

神部 海外渡航も何度かされていると思うんですが、外国の学者と日本の学者の違いについて考えられたことがありますか。

橋本 Kármán, Taylor にはお会いになりましたか。

今井 Taylor には1960年頃、Cambridge で会いました。最初にヨーロッパに行った時、マルセーユに3カ月いてアーヘンに行った時です。この間に、アーヘンから出てアーヘンにもどる大旅行をし、その途中で Cambridge によって、Taylor 先生にお会いしたわけです。3月頃だったと思います。そうですね——非常にいい先生だという感じがしましたね。とにかく友近先生の先生だというわけで、何かなつかしいような、親しみを覚えました。70才近いお年頃であまり大きくない方でした。定年過ぎでしょうけれども研究室に出て来られていたのだと思います。いったい何の話をしたのか。友近先生はどうしているかと聞かれたように思います。実験室を見なさいということで、誰か助手の人がつれていってくれました。その次は Stanford の IUTAM の総会(1968)で電気流体力学か何かの講演をされた時で、遠くから見ただけか、あいさつをした位だと思います。

Kármán には Cornell 大学で会ったんですけども、彼と話しているその時の写真があるんです。Kármán とはあんまり学問的な話をしなかったんですけども、非常にゆっくりした話し方で、全く外国人の英語で、なまりがあります。Kovácszay をもっとわかりやすくしたような、声は大きくはっきりしていました。ハンガリー人はああいう発音をするんですかねえ。非常に暖かで、そんなにこわいという感じはしなかったですね。

Burgers 先生は本当にいい先生ですよ。非常に真面目で、講義をされる前に講義の原稿をちゃんと自分でタイプされているんですよ。タイプを打ったやつをすぐプリントにして講義録としてくばられるんですね。

高見 Burgers 先生は毎日 office に出てこられていたんですか。

今井 ええ、ほとんど毎日顔を合わせていたんですよ。講義は、例えば乱流の Burgers ぞ

デルの話なんかもセミナー的なものでやっておられた。先生は自動車を運転されないようで、雪の降っている日に、アパートからずっと雪の中を歩いておられて、元気だなあと思ったですね。10年位前ですか、おしのびで日本に来られて、偶然、銀座で会ったんですよ。全く驚きました。最初会った時、河田三治先生に似ていると思いましたね。中肉中背で、色は浅黒かったですね。

先生のお名前はビュルヘルスとかブルガースとかバーガースとか問題になっているんですがとお聞きしたんですが、チーズ・バーガーのバーガーでいいんだとっておられました。気のおけない先生だと思います。割にこわい人がアメリカ人の中にはいますが。

Goldstein は、僕が会った時には割に太っていて、あまりこわい人と思わなかった。German と初めて会ったのは、1960年 Williamsburg で IUTAM の MHD シンポジウムのときです。

Oswatitsch はドイツのプロフェッサーという感じで貫録がありますね。僕らから見るとこわいという気はしないんですが、向うの若い人にはこわいかも知れません。日本では教授だろうが何であろうが、階級意識はありませんが、ドイツではプロフェッサーに対しては相当あるのではないですか。Aachen には Schultz-Grunow がいましたね。研究所も違うんですが、英語は彼の方がうまいのではないですか。Schneider はオーストリア人で Oswatitsch の弟子だと思うんですが実に紳士的な人です。非常に若々しい感じのよい人です。

Tollmien, Schlichting 2人ともに会いましたが、Schlichting は堂々とした、全く権威そのもののような感じでしたね。だから恐らく皆に命令するようなタイプで、弟子も多いでしょうし、エネルギーであることはあの境界層の本を見ればわかりますね。Tollmien はむしろやせ形の人で、Schlichting とは全く違うタイプですね。Görtler は Schlichting 的ではなくむしろ Lighthill に近いのではないですか。Busemann は顔からいうと Tollmien 型の人でやせ形ですね。Busemann の論文はむずかしかったけど。

はじめに日本人との比較ということがありましたが、偉そうにも見える人と見えない人であり、それは日本人と同じではないでしょうか。

10. 流体力学とその周辺

神部 ちょっと話はとぶんですけれども、ロゲルギストのメンバーの1人として、エッセイも書いておられますが、ああいう記事はどういう風にして書けるのか、学術論文を書くのと違って御苦労があると思うんですが。

今井 僕の場合には、他の人程、専門からはなれていないように思いますがねー。やっぱり流体関係の考え方でしか書いていない。

しかし、日本語の文法は好きでしたから。田中館愛橋先生が物理教室のニュートン祭でローマ字の話をされたことがあるので、それが直接のきっかけですね。それから、大阪に行った時、田丸卓郎先生のローマ字の力学の本が岩波から出ることになり、その校正を友近先生にやらされたんです。あれを読んで、重力が *dyūryoku*、縮むが *tidimu* ですね。あの時、日本語の表現法を考えさせられたわけです。ロゲルギストであれを書いた頃、機械翻訳の日米セミナーがあり、日本側の世話役の人がロゲルギストの記事を読んで、あの話をしろというので話したわけです。よく日本語が難しいといわれますが、漢字が難しいので、言葉そのものは難しくない。できるだけ簡単に日本語の文法をまとめたらどうなるか、そんなことを考えるのが好きなんです。

神部 最後に物理学としての流体力学をどういう風に考えておられるかをお伺いしたいんですが。

今井 流体力学というのは自然現象のあらゆる要素をふくんでいると思うんです。ですから、流体现象のある面をピックアップしてみるとある特徴をとらえた1つのモデルができる。それは物理のある特定の分野の、例えば物性論とか素粒子論のモデルとして役に立つであろう。そういう風に流体现象は色々の要素を含んでいる。その複雑な現象の中から、何かある視野というかある立脚点でつかんでまとめると、どんな現象にも適用するようなモデルができるんじゃないか、物理をやる場合の訓練場として、誰でもやっておかねばならないんじゃないかと。最終的に流体力学を専門にするのではなくても、流体现象と流体力学的なとらえ方を一応修得しておいて、それから後は、物性論であろうが、素粒子論であろうが、原子核であろうが、その方面をやる時に、流体现象でいえば、どういうモデルに相当するかを考えれば、非常に役に立つのではないかという感じがするんです。

そういう意味で、流体力学とはこういうものだ最初からイメージを固定してしまって、せまく極限してしまうと応用がきかなくなる。応用といっても工業的応用とか技術的応用というのではなく、何か理論を考える時に役に立つ、そういう意味です。

それに関連して、以前考えました「人の流れ」の理論を披露してみたいと思います。通路を人が歩く時に、狭い所ですと、ある場合には supersonic 的な流れになり、ある場合には subsonic 的な流れになるという理論です。これなんかは流体力学を勉強したおかげで思いついたと言えると思います。そもそも流体というのはいわゆる流体粒子の集団で、流体粒子どうしの間にある種の力が作用している。例えば圧力が働いているということは、まわりの流体粒子から力を受けているということですね。そうすると、例えば人が集っている時に、ある人を押してやるとその作用がまわりの人に瞬間的に伝わるわけではなくて、つぎつぎに伝って行く、その伝わる速度は押す力とそれを受ける人間の慣性によってきまるわけですから、人間の集合状態によってきまる。これは圧力と密度との関係によって音速がきまるのと同じです。密集した場合は、速く伝わる場合に相当するわけで、相対的に subsonic の現象になる。バラバラになって歩いている場合には、伝わる速度はおそいので、相対的にいうと supersonic になる。そのようなとらえ方が出来るというのは必ずしも単なる形式的なモデルというよりある意味では本質的モデルにもなるのではないかと。ということで流体力学は教育的だと思うんです。

よく物理教室などで、流体力学は古臭くて、あまりやることはないとか、工業的応用が多いから工学部でやればいいとか、とにかく流体力学は物理の範囲を出ているという印象をもつ人が多いと思うんです。役に立つものはほかでやればよい、役に立たなくても基礎的なものをやるのが理化学部の物理である。それは確かにそのとおりです。しかし流体力学はある意味で疎外されている。幸い東大では割に尊重されているんですが、大学によっては必ずしもそうではない。実際の応用があるために、はむしろ基礎的に重要である面が忘れられている。つまり考え方の修練として流体力学は物理屋にとって重要であるとぼくは思うんです。

高見 数学との関係にも同じようなことがあるのではないですか。流体力学を等角写像に応用する、あの発想のものは何だったんですか。

今井 あれは友近先生に平板翼に対する風洞壁の影響を計算させられたのがきっかけです。盛んに Schwarz-Christoffel の変換をやらされたわけですが、しかしそのやり方が非常に天下一の的でしかも形式的なんですね。2重連結の領域を円環の領域に写像し、そこで Villat の

公式を使うというやり方なんです。流れている領域を円環の領域に写像する方法としては、必ずしも Schwarz-Christoffel の変換が唯一ではないだろうと考えたのが最初なんです。そのうちに、「流体现象というのは、関数論の1つのモデルである」と考えて流体力学的に考察すれば等角写像が直観的に見易くなるだろう。こう思いついたのがもとなんです。

神部 本日はいろいろと貴重なお話をありがとうございました。まだお伺いしたいことが多々ありますが、このへんで終りとしたいと思います。

引用文献

- 1) I. Imai : Sur la stabilité de la double file de tourbillons dans un canal rectiligne, Comptes Rendus de l'Académie des Sciences **202** (1936) 1908-10.
 - 2) I. Imai : Note on the plane motion of an incompressible fluid, Proc. Phys.-Math. Soc. Japan **19** (1937) 922~36.
 - 3) L. Poggi : Campo di velocità in una corrente piana di fluido compressibile, L'Aerotecnica **12** (1932) 1579.
 - 4) I. Imai & T. Aihara : On the subsonic flow of a compressible fluid past an elliptic cylinder, Rep. Aeron. Res. Inst., Tokyo Imp. Univ. No.194 (1940) 185-212.
 - 5) 今井功 : 高速度における翼型のまはりの速度分布, 特に楕円柱について (最近物理学の諸問題——寺沢寛一博士還暦記念——落合・山内編, 岩波書店, 1948) 175-91.
 - 6) I. Imai : A new method of successive approximation for dealing with the two-dimensional subsonic flow of a compressible fluid, Proc. Phys.-Math. Soc. Japan **24** (1942) 120-9.
 - 7) 今井 功 : 航空研究所報告, 第 275 号 (1943) 177-202.
 - 8) 今井 功 : 縮む流体における二次元翼の理論, 航空研究所報告, 第 294 号 (1944) 283-331 ; 縮む流体における二次元翼の理論, I, II, 科学, 第14巻 (1944) 2, 44.
 - 9) I. Imai : Phys. Rev. **74** (1948) 113.
 - 10) I. Imai : Die Beugung elektromagnetischer Wellen an einem Kreiszyylinder, Zeits. Phys. **137** (1954) 31-48.
 - 11) I. Imai : On the asymptotic behaviour of viscous fluid flow at a great distance from a cylindrical body, with special reference to Filon's paradox, Proc. Roy. Soc. London **A 208** (1951) 487-516.
- (注) Filon's paradox というのは、一様粘性流の中におかれた柱状物体に働く力のモーメントが、Oseen 型の第 2 近似まででは、発散するという性質をさす。本論文では第 3 近似まで正確に計算して、その発散項が消えることを示すと同時に、疑われていた Oseen 近似の妥当性をも同時に示した。
- 12) I. Imai : A new method of solving Oseen's equations and its application to the flow past an inclined elliptic cylinder, Proc. Roy. Soc. London **A 224** (1954) 141-60.