

ながれ 4 (1985) 3—8.

〔解 説〕

わが国の流体力学の先覚を語る*

**谷 一 郎

1. プロローグ

桑原 先生の喜寿のパーティの時に、先生はスピーチで色々を書いてみたいということをおっしゃっておられました。そこで、流体力学史的観点からお話を伺って「ながれ」にのせるのは如何でしょうかとおたずねした所よろしかろうということで、その後色々計画を立てまして今日のはこびになったわけです。

昔から「古きをたずねて新しきを知る」とか、「世の中に新しい物はない」とか申しますが、今日は先生のご希望もありまして、おもに先生の先輩のお話をそういう意味でお伺いしたいと思います。最近、色々情報はふえておりますけれども、内容的に学問の根本的なことが進んでいるかということは疑問もあります。昔の人が流体力学をどのように建設して来たかをそういう観点から見ながら、我々の学問を反省することも重要なことと思います。また、これが「ながれ」に出て、若い人が流体力学史というものが、意味のあるものであり、やろうという人が出てきますと、よろこばしいことと思います。

谷 喜寿の会の時には、あまり大勢の方々とお話をしたので、桑原さんとそういう約束をしたのかどうかはっきりしないのですが、前から歴史的なことに興味をもっておりましたし、古い話を書き残しておくのも意味があろうかと思っておりました。とは言っても、まとまった案があるわけではありませんが、まあ一つの試みとして、日本の流体力学の系譜を考えてみるのはどうかと思います。たとえば今井功さんは寺沢先生や友近先生の系統といったような、学問の伝えられていった系統図ですね。こういうよく知られているものだけでなく、それほど知られていないのもあり、場合によっては、先生と全く違う後継者ができてしまったり、あるいは、先生は手を取り足をとって教えたわけではないけれども、その講座を後から継承した人が新しい道を開いたとか、そういう場合もあるのではないかと思います。そういう人間関係ということが、どうせ人間のやる学問ですから、多少の意味をもっているのではないか、そうだとすれば、記録のなくならない中に、書きとめてみてみてもいいのではないかと思っただ次第です。

それで例を航空、私は航空関係のことしか詳しく知りませんので、航空関係で申しますと、航空研究の発足は大正の中ごろに、空気力学と構造とエンジンの三つを柱として、色々な領域の人が集って実現されたように思います。空気力学を担当したのは物理や数学、それに造船の関係者でした。それから構造も造船関係が多く、エンジンは機械工学関係が中心になり

* 1984年10月8日、航空宇宙技術研究所で行われた対談による。出席者は著者のほかに、大路通雄（電通大）、桑原真二（名大工）、高木正平（航技研）。

** Itiro TANI 〒227 横浜市緑区美しが丘3-51-9

ました。このように寄合所帯で始まったことが、航空研究の良いところであり、悪いところでもあると言われますが、良いところは出身学科を問わないことでしょうか。

2. 物理系統の人脈

このような区分けをしてみても、物理ではどんな先生がおられたかといいますと、田中館愛橋先生は言うまでもありませんが、その次の年代に東京大学では田丸卓郎先生、寺田寅彦先生、寺沢寛一先生、京都大学では玉城嘉十郎先生、東北大学では愛知敬一先生などがおられます。田丸先生は航研報告の1巻1号に論文を書いておられますが、航空計測器とか、標準大気というような関係の業績が多く、今日の立場でいう流体力学の研究者は、寺田先生と寺沢先生ではないかと思えますね。

寺田先生の学風はご存知の通りですけれども、先生は特に渦という現象に興味をもっておられたようです。それから、テイラーの回転円筒の間の流れの安定などを、非常に高く評価しておられますが、そういう意味で、寺田先生の流体力学の後を継ぐのは、气象台の藤原咲平先生だろうと思えますね。寺田先生は航空研究所にも兼任所員になっておられ、その関係で先生にもっとも近かったのが玉野光男さんと田中信さんではないかと思えます。

寺沢先生の流体力学は数理的の方ですね。先生のお弟子の中で割合に古い一人に佐々木達治郎さんがおります。佐々木さんは陸軍の現役将校で、当時の航空研究所には陸海軍の現役士官のためのポストがありました。佐々木さんは理学部の物理を卒業、このポストにつき、風洞境界の影響の問題を解かれました。友近晋さんもある時期に同じような問題をやっておられます。それからもう少し若い所で、阿阪三郎さん、新羅一郎さんなど物理の学生のころ寺沢先生の影響を受け、流体力学に志向されました。今井さんはその次の年だと思えます。

桑原 前にもどりますが、寺田先生はゲルトラー渦をやっておられるのではないですか。

谷 そうです。下から熱が加った時に、対流でベナル渦ができる。それを先生が物理の2年の学生実験に出されました。そればかりでなく、先生と玉野さんの共著論文にもなったように思います。これはゲルトラーが凹面境界層の不安定を計算する十何年も前ですね。ゲルトラー自身も寺田先生の論文を引用しています。寺田先生は流体層の熱の伝達が、温度差が大きくなると伝導から対流に変わるという意味に関心を持っておられたようです。

それから同心円筒の間の流れは、京都の玉城嘉十郎先生の論文にあります。玉城先生の講座が湯川さんに引きつがれ、湯川さんが京都大学に帰った頃、流体力学は自分が担当しなければならぬ講義だと言っておられました。海軍の風洞のほとんど全部の建設に携わった西井潔さんは、広島高師から京都の物理を経て海軍にはいった方ですが、後日京大講師を兼任し、その関係で小さい風洞が物理教室に設置されました。しかし湯川さんは風洞を動かす興味がなく、助手の白銀善作さんが実験をやっておられました。それから湯川さんと同期の多田政忠さんは、海軍の高速気流研究の中心になった人です。それに対し低速でレイノルズ数の高い方面、つまり海軍の高圧風洞による研究の中心であったのが前川力さんですが、前川さんは西井さんの広島高師（文理大）の後輩にもあたるわけです。

それから東北大学の愛知敬一先生も、渦の問題に興味をもっておられ、ヘルムホルツの渦動論の翻訳だか紹介だかをなさったように覚えています。このような先生方は私たちの先輩あるいは同時代の人たちの先生にあたるわけですね。まだ他にもあるかも知れませんが、

大路 電通大におられた石田田人さんは、今井先生と同年輩で寺沢先生の系統ですね。わりに早くなくなったのですが。

谷 石田さんは阿阪さんと同期で、一高時代からグライダーなどに関心があったようです。それから、横浜高工の教授になった松川昌蔵さん、プラントル・ティエンスの教科書を訳した一人です。阿阪、石田、北野（多喜雄）、新羅、松川、この人々はたしか全部同期ではなかったかと思います。このことには思いがけなく、私にも関係があるのですが、私が工学部の航空学教室に残っていたころ、応用物理の真島正市先生から、乱流の解説を「応用物理」に連載で書けという命令で、乱流のことをあまり知らなかったものですから、少しばかり勉強したわけです。自分が初めて勉強したことを一所懸命に書いただけのことなのですが、それを阿阪さんたちの物理の学生が輪講に使って、何か流体に興味をもったということの後になって知りました。松川さんは卒業後私の研究室（航研）に加わり、霧箱の中で α 線を放射させ、境界層速度分布を可視化するなど奇抜な実験をしましたが、惜しいことに終戦まもなく亡くなりました。

3. 造船関係の先輩達

それから2番目の造船関係の先輩では、まず横田成年先生、造船関係の流体力学ばかりでなく、固体力学の方もやっておられた大先輩で、東大航空研究所の初代の所長、工学部の航空学教室の初代の主任、さらに航空学会の初代の会長も務められました。この横田先生を中心として、物理から田丸、寺田、寺沢先生、機械から井口（いのくち）在屋先生、栖原豊太郎先生、それから機械を卒業したばかりの富塚清先生、造船を卒業したばかりの和田小六先生などが集まって初期航空研究が進められ、航空研究所と航空学教室の設立になるわけですが、特に栖原先生はエンジンの立場からの、今の言葉で言えば内部流体力学、和田先生は翼理論や粘性流体力学などの外部流体力学を開拓されました。とかくするうちに航空学科の卒業生が巣立ち、第1回の河田三治さんと守屋富次郎さん、第2回の深津了蔵さん、それから第0回にあたる造船卒業の小野正三さんなど、さらに数年後輩の私まで含めて、横田先生の影響なしには語り得ないように思います。

造船本来の流体力学では、平賀譲先生の平板の摩擦抵抗の水槽実験が有名です。これは先生が海軍武官時代に、艦船の設計に必要なデータを得るためになされた系統的な実験ですが、実験結果の整理や表現から見て、先生の本領は流体力学者というよりは、むしろすぐれた設計者であったように思われます。造船の流体力学は、私の学生の頃は山本武蔵先生が担当され、そのあと船舶試験所から移った山県昌夫先生に継承されて行くのですが、当時固体力学や振動学を担当しておられた末広恭二先生の短い論文（1925）に、粘性底層の厚さがレイノルズ数が一定になるように定まるのではないかという提案があります。その僅か前にテイラーがほとんど同じことを考えたのを気付かずに発表されたようですが、まことに先見的な発想であったと思います。それから、九大造船の渡辺恵弘先生は、学問の幅の広い方で、造船協会の講演会ばかりでなく、国際応用力学会議の講演でも活躍されました。

4. 機械・土木の周辺

東大航研の源流となった臨時軍用気球研究会に、東大から田中館先生と横田先生と井口在屋先生が参加されましたが、この井口先生のような水力機械の教授が機械関係の流体力学の中心になります。そのあと東大では内丸最一郎先生、鈴木茂哉先生、早稲田では沖巖先生、東北大学では宮城音五郎先生、沼知福三郎さん、九州大学では生源寺順先生、京都大学では田伏敬三先生、藤本武助さんなど。それから土木関係では、内務省の試験所から東大に移っ

た物部長穂先生、その後を継いだ本間仁さん、同じ年代の京大の石原藤次郎さんなど、まだまだ他にも名前をあげねばならぬ方々が多いように思います。これらの方々が活躍された期間に、流体力学の近代化と言いますか、数理的な流体力学と実用的な水力学の融合と言いますか、何かそういう変化が完了したように見えますが、こういうことを各分野ごとに調べてみるのも面白いのではないかと思います。私は機械の学生と一緒に内丸先生の古典的な水力学をききましたが、講義が“Fluid は…”から始まったので、“古井戸は…”と筆記した学生があったのを今でも忘れられません。鬼頭史城さんは、当時内丸先生の助手をしておられました。それから沖巖先生の“水力学”（岩波）は、上に述べた変化を感じさせる名著であろうと思います。

航空機の出現によって、近代の流体力学の発展が促されたと言われますね。私は航空の畑で育ちましたから、この言葉を信じ、わが国の航空研究の発達線の線に沿って、先輩の名前をあげてきましたが、もちろんこれだけでは不十分で、もっといろいろの立場から、これを補い、これを正して頂かねばならないように思います。

5. 研究の今昔

桑原 航空研究所が大正10年ですか、航空学科もその頃できたのですか。

谷 ええ大正10年に官制ができて、その頃は深川の越中島にありました。航空学科と航空研究所は同時に発足しています。いまお話したような初代の先生方で始めて、それが和田先生、富塚先生、守屋先生、河田先生あたりの所に受けつがれたのが昭和の始めの頃でしょう。

桑原 その頃の研究の様子は私共には殆どわからないのですけれども、こういう先生方あるいはそのお弟子さんはどういう形で研究をやっておられたのですか、師弟の関係はどのようなだったのですか。

谷 先生からは大きい方向だけが与えられて、その中から自分の面白いと思うことを、独立的にやったのが多いのではないですか。

桑原 谷先生はどのようにして始められたのですか、先生の関係とか、研究会を開いてやるとか。

谷 自分で考えてやって、出来たら先生に見せに行くという、工学部系統で普通の事ですけども、そういう意味では今の若い人の方がめぐまれているのではないのでしょうか。

桑原 外国の雑誌はどうだったのですか。

谷 雑誌は割合読みましたね。ただし輪講ではなく、めいめい独立に読みました。アメリカの航空学会 IAS (Institute of Aeronautical Society) が出来たばかりの頃で、日本の航空学会も昭和9年に出来ました。

さっきも言いましたように、手を取り足をとって、こうやれああやれと言われるようなことはなく、少なくとも私の場合は全く放っておかれた。よくいえば紳士的に扱われたわけですね。だから始めの間は何を研究していいのかわからなくて、ずい分暗中模索をしました。

ただ学部はやはり教育が主であって、研究は重きをおかなかったという語弊がありますけれども、教育の方により重点がおかれていた。私は若い頃から、航空研究所に兼任になったので、研究所に行くとき非常に雰囲気の違いを感じましたね。研究所では研究することしかないので。学部の先生達も、自分達は講義で大きな荷重を負っているのだから、それ程研究できなくても仕方がないといっておられた。それに比べると近頃は皆さんがスー

パーマンになったのか、教育もやり、研究も身を入れてやり、寧日などないように見えます。ただ航空研究所というような限られた目的の研究所ですと、非常に近い所に目標があるわけです。今度つくる飛行機にどういふ翼をつけるかとか、現用の飛行機に不具合が起って、どういふ対策をすべきかといったように実際と近い問題で、これには深い研究はできないかも知れませんね。そんなことにも可成りの時間をとられたわけです。

桑原 寺田先生のような方はどちらかというといふ今から見てもアカデミックなことをやっておられたようで、そのような方は皆さん自由に適当にやっておられたのですか。

谷 自由でしたね。つまり、東大の航空研究所は基礎をやる所で、もっと実際に近い問題を扱う組織は、陸軍にも海軍にも前後して出来ましたから、そちらにまかせておいてよかったです。有名な航研機（長距離試作機）に成功したときでも、称賛ばかりではなく、東大はもっと基礎をやるべきで、ああいう飛行機は会社でも作れるという批判がありました。日本の航空技術の水準がだんだんに上って来て、特に昭和10年ごろから急速に進みました。それで航研機も、計画したときには東大にふさわしかったのが、終わったときには会社で作れる状態になっていたということは確かですね。明治以来の外国の追従と模倣からようやく抜け出して、独自の道が開かれようとした時に、戦争が始まったという感じですね。

6. 外国との接触

桑原 それから外国からの刺戟はどうですか。カルマン先生が来たことなど。

谷 カルマン先生が来たことは、日本の流体力学の歴史に、大きい意義をもっているように私は思います。カルマン先生を招聘したのは川西航空機（現在の新明和工業）ですが、いきさつはこういふことのようにです。川西龍三さんは新しく会社を興し、堅実な経営をして行くためには、流体力学の研究が必要である。それで外国から指導者を招いて、将来の幹部になる人を教育してもらい、大きくいえば川西ばかりでなしに、日本全体の航空の発達に役立てたいと考えた。そして京大の機械を卒業して会社の幹部になっていた高尾繁造さんが和田小六先生に、そういう人は誰がよいか尋ねたところ、和田先生はプラントル先生と答えた。そこで高尾さんはゲッチンゲンに行き、プラントル先生に頼んだのだそうです。そうしたら、先生は話は有難いが、自分には行けないから、若い同僚のカルマンに話してみてもどうか、カルマンはその頃アーヘン大学の航空研究所長で、この紹介が実を結んで、カルマンが来ることになったわけです。カルマンが来て、先生の教育を受けるにふさわしい人がいなければいけないので、高尾さんは三高の後輩にあたる小野正三さんを東大から無理にもらい受け、川西の研究主任として迎えたわけです。

大路 それは年代で言うといつごろですか。

谷 私が大学にはいった年、昭和2年です。カルマンの回顧録によれば、アメリカからも招待があり、しかし母堂はあまり賛成せず、まして日本は未開国として反対され、断るつもりで報酬の倍額を要求したら、あっさり通ってしまったとあります。長老の横田先生の月給が400円くらいの時代に、カルマン先生は毎月1000円、しかも宝塚の住居に女中とコックと自動車がついていて、月給の使い道がなかったようです。神戸で骨董を買い、葵の紋服など買って帰られましたが、おそらく骨董屋を肥えさせた分もあったのではないかと思います。

桑原 彼は日本で何をやっていたのですか。

谷 会社が頼んだのは研究指導や風洞の建設などですが、それだけですませるのはもったいないことですから、航空研究所で講習会といひますか、色々のトピックスについての新しい

進歩を連続講演してもらったのであろうと思います。それは航研彙報の1冊（カルマン講演集）として残っています。

大路 ウィーゼルスベルガーという人もありますね。風洞を設計したように聞きましたが。
谷 ウィーゼルスベルガーさんはゲッチンゲンでプラントル先生の下ではたらいっていた人です。陸軍か海軍から費用が出て、いくつかの風洞を設計しました。ウィーゼルスベルガーさんはかなり長く日本にいて、その間に2～3篇の論文を書いています。航研報告にもなっており、また陸軍の浅野剛さんと共著の論文もあります。ドイツに帰って、アーヘン航空研究所長になりました。

それから飛行機の設計者として、ある期間招聘されて指導にあたった人もあります。たとえば川崎航空機でフォクトさん、石川島飛行機でラハマンさんなど。ラハマンさんは前縁隙間翼の発明者として有名です。それから1929年には万国工業会議が東京で開かれ、国会議事堂で講演が行なわれました。プラントル先生もこの会議に招かれて来朝し、“乱流の役割”という講演をしたほか、東大航研で3日連続の講義をしました。これも航研彙報の特別号となって残っています。テイラー先生もそのあとまもない頃に来られたようですが、クラカタウ島訪問の帰りの私的旅行で、講演などはされなかったように思います。

要するに外国からの訪問客は、今日のように盛んではありませんが、大先生の来朝はいくらかはありました。大先生の講演を聞いて、大部分は判らなくてもとにかく顔だけは眺めて、それから先生の論文を読むと、やはり大きな刺戟を感じますね。当時強い影響のあったのは、4年ごとに開かれる International Congress of Applied Mechanics で、超音速流れや乱流などの関心の集まっている問題に、プラントル、カルマン、テイラーというような大先生が招待講演をして、次の4年間に何を研究すべきかの目標を与えてくれる——これは日本ばかりでなく、世界中がそうであったように思います。そういう意味で大先生の来朝は大きな刺戟を与えました。特にカルマン先生については、有名な対数速度分布を導いた論文の中に、その僅か前に発表された和田先生の乱流摩擦抵抗の計算に触れているところがあります。和田先生は渦動粘性を適当に仮定するとき、摩擦抵抗係数のレイノルズ数による変化がレイノルズ数の逆べきに比例するより弱いという実験結果が再現されることを示したわけですが、この成功の底に潜む脈絡に光をあて、対数速度分布導出の一つの根拠としたのは、カルマン先生の慧眼であろうと思います。和田先生の計算が、カルマン先生の乱流理論に直接の影響を与えたことにはならないにしても、二つの論文の間には明らかに関連があり、しかも相互作用があります。このような相互作用がカルマン先生の来朝と無縁でないことは、改めて言うまでもありません。

7. エピローグ

桑原 お話より前の時代はどうなのでしょう。

谷 寺沢先生や横田先生がどこで流体力学を学ばれたかということですが、私は調べていないので判りません。今日のお話で、航空学研究の発足に原点をおいたのも、一つにはそのためです。ただ航空学の場合はそれでよいとしても、もっと古くからあった河川の流体力学となりますと、徳川時代はどうであったか、幕末から維新にかけて、西洋の学問がどのように採り入れられ、発展させられたのか、そういう経緯も知りたいように思います。科学史や技術史の立場から、このようなことの調べられるのを望んでおります。

桑原 それではこの辺で。今日はどうも有難うございました。