

科学の
峰々

71

と き：2012年10月17日
と ころ：東京科学機器協会会議室

東京農工大学 工学府機械システム工学専攻 教授

亀田 正治 先生 に聞く

“流体力学”と火山爆発・高速流れ
・衝撃波・気泡の研究 上聞き手：南 明則 日本科学機器協会 広報委員
藏満 邦弘 同 専務理事
森尾 武男 同 事務局参事
(取材・編集協力：クリエイティブ・レイ(株) 安井久雄)

亀田 正治先生のプロフィール

1989年 東京大学工学部機械工学科卒業
 1991年 東京大学大学院工学系研究科機械工学専攻修士課程修了
 1994年 東京大学大学院工学系研究科機械工学専攻博士課程修了
 1993年～1994年 日本学術振興会特別研究員
 1994年～1997年 東京農工大学工学部機械システム工学科講師
 1997年～2009年 東京農工大学工学府機械システム工学専攻助教授
 2009年～現在 東京農工大学工学府機械システム工学専攻教授
 1997年 文部省在外研究員として独・アーヘン工科大学・
 米・ジョーンズホプキンス大学・カリフォルニア工科大学に滞在
 2001年 文部省在外研究員として独・ダルムシュタット工科大学に滞在

〈研究分野〉

高速流体力学、混相流体力学、流体計測

〈学会〉

日本機械学会
 日本航空宇宙学会
 可視化情報学会
 日本流体力学会
 日本混相流学会

〈賞〉

日本機械学会奨励賞(研究)(1997年)
 英国機械学会Thomas Hawksley Gold Medal(最優秀論文賞)(2009年)など

〈著書〉

泡のエンジニアリング(テクノシステム、2005)
 非侵襲・可視化技術ハンドブック(エヌ・ティー・エス、2007)
 火山爆発のダイナミクス(東京大学出版会、2009)
 (いずれも分担執筆)など

恩師の人柄に惹かれ 機械工学科へ進む

— 亀田先生のご専門は流体力学で、研究テーマは火山爆発の解明から感圧塗料の開発まで多岐にわたっているとお聞きしています。まず初めに、流体力学という学問に従事されるきっかけや、それまでのご経歴についてお聞かせいただけますでしょうか。

亀田 子どものころから本を読むことが大好きで、特に日本の歴史に興味を持っていました。一方、算数、数学はあまり得意ではなく、中学生のころまでは、官僚になって国を動かす仕事をしたいと思っていました。

高校1年生の終わりに文理の選択を行うときに、周りの人のアドバイスを受けて理系に進みました。高校の理科の先生に「亀田は物理の才能がある」などとおだてられたことも、きっかけになったかもしれません。

大学に入ってから、学業よりはむしろ洋弓部の活動中心の生活を送っていて、専攻を深く考えることはありませんでした。2年生のときに行われた進学振り分けの際に、とっさに考えて志望した機械工学科に進むことになりました。

機械工学科に進んでからも真面目な学生ではなかったと思うのですが、連続体力学に興味を

持ち、温顔の恩師2人に魅かれて、流体工学研究室に進むことを選択しました。2人の恩師とは、現在の大橋秀雄東大名誉教授と松本洋一郎東大副学長です。

その研究室で過ごした6年間で、それ以降、流体力学研究を続けられるすべての基盤を作りました。先生方は言うまでもなく、先輩方や後輩たちもみな優秀かつ素晴らしい人柄をお持ちで、これらの方々に負けないよう良い研究成果を挙げなければならぬ、ということは現在でも強く思い続けています。

また、博士課程1年生のときに、気泡流研究の世界的権威である米国ジョンスホプキンス大学のProsperetti教授が研究室に半年間滞在されました。そうした研究者と間近に触れる機会を得て、世界トップレベルの知識人のすごさを体感したことも、現在につながる研究姿勢を持つ良いきっかけになりました。

— 今のお話で、子どものころは日本の歴史や官僚に興味を持っておられたとのことですが、どのようなところに惹かれたのでしょうか。

亀田 日本の歴史に興味を持ったのは、今でも鮮明に覚えているのですが、小学3年生のときに誕生日のプレゼントとして日本の歴史という学研の図鑑をもらったことがきっかけでした。そうした日本の歴史への興味を

ベースに、やがて社会全般に興味を持つようになり、そこから官僚になりたいと考えていたのだと思います。ただ、なぜ官僚になりたいと考えたのか、今となっては明確な理由は全く覚えていないのです。

— 算数や数学はあまり得意ではなかったと言われましたが、物理というと数学的な思考が求められるように思いますが。

亀田 その通りですね。大学時代は機械工学科に進学した洋弓部の同期生によく数学を教してもらっていたのですが、彼らからすると、私が今、流体力学の研究をしているのが驚きのようです。

機械工学科を選んだときも、理学部に比べると、数学の力を求められることも少ないのではと思っていたのは確かです。学問としての機械工学科は幅広く、ロボットやメカなどの研究がありますが、それらにはあまり興味はなく、私の関心の中心はサイエンスにありました。機械工学科なら、自分のやれる範囲で物理学やサイエンスの研究ができるだろうと選んだわけです。

消極的な理由で機械工学科に進学したのですが、そのころ大学に導入されたばかりのCADのソフトを用いた製図を好きになり、メカにも興味を持つようになりました。

産学官との連携



東京大学工学部機械工学科流体工学研究室のOB会集合写真。
前列右から3番目が大橋秀雄先生、その左隣が松本洋一郎先生。

— 流体工学研究室に進んだのは2人の恩師に惹かれたためとのことですが、どのような方だったのでしょうか。

亀田 大橋先生はもとは石川島（現IHI）の技術者でした。研究室では包括的な研究をしていましたが、機械に対する強い愛情を持っており、また、とても慈愛に満ちた方という印象を受けました。私は大橋先生が定年になるまでの4年間、ご一緒しただけですが、先生は年齢が離れた学生たちとも非常に打ち解けておられました。

松本先生は私が直接指導を受けた方です。とても面倒見がよく、ご本人になさりたいことがいっぱいあったこともあり、研究室では学生たちと夜遅くまで過ごしてディスカッションをしてくださいました。

世界トップレベルの 圧倒的な数学力

— アメリカから来られた

Prosperetti教授はどのような方だったのでしょうか。

亀田 Prosperetti教授は松本先生の親友で、なんとと言っても圧倒的な数学力を持っている方でした。それと、先生は仕事が非常に速く、本当の世界のトップがどういうことを考え、どういうペース、どういうテンションで仕事をするのか、それを知るととても良い機会になりました。

— 圧倒的な数学力とは、どのようなところに感じられたのでしょうか。

亀田 先生のすごいところは、数式展開能力が高いことはもちろんですが、説明する能力にも優れている点でした。先生は皆が使いやすいところまで数式を見通しよく展開して下さるので、先生が書いた論文は私の研究にもとても役立ちました。

また、こうした人たちに数学力を見せつけられたことは、私が自分の生きる道を実験に求めるきっかけにもなりました。

森羅万象に通じる 幅広い学問

— 亀田先生の専門分野である流体力学について、応用分野も含めて、分かりやすく概要をご教示いただけますでしょうか。

亀田 流体力学は「流れ」と「波」という2つの運動を解析する学問です。ギリシャ時代の哲学者ヘラクレイトスが「Everything flows nothing stand still」とい

気泡流研究の世界的権威である米国ジョンスホプキンス大学のProsperetti教授（左）。北海道を訪れたときのコマ。



産学官との連携

う意味のことを述べているとされていますが、この言葉のとおり、適当な時間スケールや空間スケールを取ることで、多くの物体の動きを「流体力学」の視点で解析することが可能となります。

すべてを網羅するとは言えませんが、流体力学は森羅万象に通じる学問です。いくつか例を挙げると、飛行機や鳥の飛翔のメカニズム、音の伝わり方、天候の変化、魚や船・自動車の形、血液の流れなどすべて流体力学の解析対象に入ります。

——一般の私たちから見ると、車の車体が流線形になったり、新幹線の先頭車両の先端が長く伸びたりといったことを思い浮かべるのですが、これらも流体力学の研究の成果ということでしょうか。

亀田 最近の車が丸まった形をしているのは、デザインだけでなく、空気抵抗を減らすという流体力学的な要請があるためです。また車というと、最近は多くの人がドアの横に付いているミラーの風切り音を不快と感じるようになり、その低減法を考えることも流体力学の解析の対象になっています。

新幹線の形については、特定の理由があります。それは、もし新幹線の1両目が先端に向かって細くなるような形をしていないと、トンネルの中に入った

とき、トンネル内の空気を急に前方へ押すことになり、出口のところで大きな音が出ます。それを回避するため、現在のようになっているのです。

なお、宇宙流体力学という分野もあり、天体も星雲レベルになると流体力学的に解析ができるのです。星雲とは星のかたまりですが、億年単位で見ると、互いに干渉し合いながら動いている流体であると考えられるからです。

——ちなみに、流体力学は学問としてはいつごろ確立されたものなのでしょうか。

亀田 流体力学の現在の仕組みができあがったのは、だいたい150年ぐらい前だと思います。1850年代にイギリス人が組み立てた理論をベースにし、1920年代までには、大学の講義などで対象とする研究成果は出てきて

います。

火山、衝撃波、塗料、泡などに
研究対象が広がる

——流体力学の中で、現在、亀田先生が特に関心を持たれている分野は何でしょうか。

亀田 私は「高速流体力学」「混相流体力学」「流体計測」を専門にしています。現在、興味を持って行っている研究課題は、火山爆発のダイナミクスを明らかにすること、航空機のような高速移動体の周りに発生する衝撃波の挙動を明らかにすること、感圧塗料と呼ばれる発光塗料の開発と応用、および気泡を用いた液体への物質輸送です。

最近の流体力学研究では、コンピュータを用いた数値シミュレーション（計算流体力学＝CFD）が主流になっていますが、私の研究は、実際に見ること、



東京農工大学工学府のキャンパス。
近代的かつ緑豊かな景観が広がっている。

産学官との連携

すなわち実験にこだわっていることが特徴の1つだと思っています。そのためのツールとして「高速度撮影による可視化」技術をととても大切にしています。

また、さきほどもお話したとおり、機械工学科で学んだ結果として、生来特に興味を持っているわけではなかったモノづくり、具体的には、実験装置、方法作りの面白さに目覚めた、ということも、実験的な研究を続ける動機になっています。

ポンプ内で出た泡によって
ロケット事故が発生

— 高速で水を流すと泡が出ますが、そういった研究も専門とされているのですね。

亀田 液体の高速流れは泡を作り出しますが、それが私が学生のころ扱っていた研究テーマで、私の出発点でもあります。

液体の高速流れによって泡が出ると、いろいろと悪いことが起きます。例えば、日本のH-IIロケットが一度だけ打ち上げに失敗したことがあるのを覚えているでしょうか。あの原因は、ポンプの中で泡が発生し、燃料が出なくなってしまったことにあります。

液体を扱う分野では、液体を速く流す方向へ改良が進んでいるため、最近は泡の問題に数多く出会うようになりました。

— 液体を速く流すと、なぜ泡が出てくるのでしょうか。

亀田 液体の内部では、圧力の形でエネルギーが蓄えられています。液体が流れるとき、そのエネルギーが運動エネルギーに変換されます。流れるスピードが速くなると、そのぶん圧力が下がり、泡が出る状況が作られるのです。

水の流れでは真空に近い圧力になるのは比較的簡単です。たとえば大気圧から流れを速くしていくと、真空状態になるのは、秒速15m、時速にすると51kmです。その程度のスピードで真空になるのです。

管の中でも、秒速10mくらいで液体を輸送しているものはたくさんありますから、ちょっとしたきっかけで泡が出てくる状況にあると言えるのです。

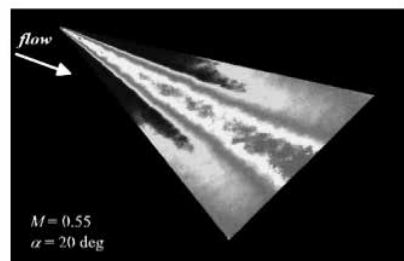
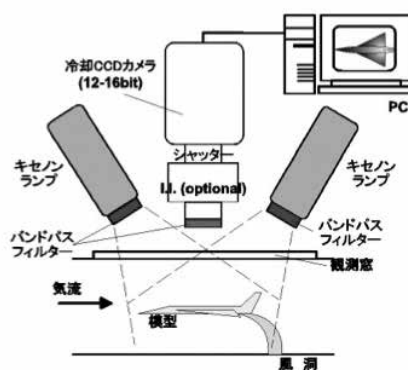
— 分析機器では泡がノイズになり、分析結果がよくないということがありますね。

亀田 そうですね、泡は邪魔になります。泡がでることを前提に設計するなら別ですが、泡が出ないことを前提にしていると、予期しない問題が起こり得ると思います。液体を流すだけのことですが、そこで発生する問題の解決はなかなか難しいようです。

風洞実験に用いるための
塗料の開発に携わる

— 感圧塗料については、どのようなものを開発しておられるのでしょうか、また、どんな用途に利用されるのでしょうか。

亀田 感圧塗料は試験体に塗り、表面の圧力分布を光学的に把握



感圧塗料による風洞実験の図。1 μ sの変動をとらえる発光塗料や微小な圧力変動をとらえる計測技術の開発にも力を注いでいる。

産学官との連携

するものですが、風洞実験に関する技術開発の一環として研究に取り組んでいます。

用途としては航空機産業などに用いられます。例えば、プロペラに圧力センサーを付けて、そこに加わる圧力を測ることはできませんが、感圧塗料を使えば、そこにかかる圧力を計測することができます。

現在、私たちが開発しているのは、高速応答型感圧塗料、別の言い方をすると、圧力の素早い時間変化をとらえる感圧塗料です。この塗料は航空機産業からの関心も高く、宇宙航空研究開発機構との共同開発も行っています。私たちのグループは世界的に見て、かなり性能のいい感圧塗料を開発していると思います。

今のところの課題は、私たちが出かけていき、自分たちで感圧塗料を塗り、データを取って解析をすれば、いい結果は出るので、何も知らない人が同じように使って、私たちと同等の結果を出せるかという点、そういうレベルではないという点です。

—「高速度撮影による可視化」技術も大切にされているとのことですが。

亀田 流体力学の多くの研究グループが流体现象の撮影を行っており、流体现象を撮影した有名な写真集があったり、代表的



南広報委員、藏満専務理事とお話される亀田先生。

な流体力学の研究雑誌にも写真や映像だけを載せた特集があるほどです。

特に、泡を含む流れの可視化は難題で、泡を含んだものの中を見たいというのが、私の研究の大きな目的の1つです。そこで来年から播磨にあるSPring-8（スプリングエイト）で実験を試みたいと思い、現在、研究提案を考えているところです。

火山の噴火を 物理的な視点で捉える

—先生は火山噴火の解明にも取り組まれています。この分野の研究の現状、今後の見通しや可能性などについてお話しいただけますでしょうか。

亀田 日本には、活火山と呼ばれる過去1万年以内に噴火したことがある山が100以上あり、これは世界全体の10%に相当するそうです。日本の国土は、世

界の陸地の0.25%を占めるに過ぎないので、相当な集中度です。当然のことながら、日本には東大、京大をはじめとして、全国の大学に多くの火山学者がおり、活発に研究を行っています。

私が火山研究にかかわるようになったのは1990年代なかばのことで、当時、東大地震研の大学院生だった市原美恵さん（現助教）の実験に協力したことがきっかけです。物理的な視点で見ると、火山噴火は発泡したマグマが噴出する過程と捉えられます。この過程は、私の専門分野である、混相流、高速流が密接にかかわる現象なのです。

次号「科学の峰々」12月号では

亀田 正治 先生

“流体力学”と火山爆発・高速流れ・
衝撃波・気泡の研究（下）

において続きをお話いただきます。