

## 役に立つ研究



若者

大森健史\*

Research that helps

Key Words : Fluids engineering, Mechanical engineering

### はじめに

たいていの良心ある研究者は、「人の役に立つ」研究がしたいと考えているであろう。私もそうだ。自分の研究が「人の役に立つ」と思えば、安心した気持ちにもなる。しかし、この安心感は多くの場合、自分が勝ち取ったものではないことに注意が必要だ。「人の役に立つ」と言って周囲の人間が容易に納得するとき、その研究の対象物や概念は既に誰かが確立してくれているわけである。

私の所属する工学研究科機械工学専攻は歴史的にも実学志向の強い専攻であり、「人の役に立つ」もしくは「わかりやすい」研究が期待されていると思う。歴史ある専攻なので「人の役に立つ」素晴らしい研究体系がいくつもある。私の専門は流体工学なのだが、研究室に配属される学生も大部分が航空機や列車に関わる研究がしたいと言って入ってくる。しかし、私は「若者」であるので新しい研究体系の開拓に身を投じたいのだ。「わかりにくい」研究をやって人の役に立ちたいのだ。

私が卒業研究を行うのに流体工学の研究室の扉を叩いたのは、研究のわかりにくさに魅力を感じたからである（恩師からはお叱りを受けるかもしれない）。対象が決まったモノづくりよりもコトづくりに新しい可能性を感じていたともいえる。当時は乱流という現象に興味を持っていた。無知だったこともあり、

研究の仕方に決まりがない、つまり役に立つ研究にするにはどうしたらよいかという点がまだ未開拓な分野であるように思えたのである。しかし、自作の装置を開発しながら実験するというのを半年ほど続けた頃、ふと思った。この研究って実は「わかりやすい」のでは、と。乱流のような難しい現象に対して常人が取り組める研究の切り口は限定的で、淘汰を経て使い続けられる切り口は定石化していた。異論のない切り口にそって研究を行えば、少なくとも研究仲間にとって役に立つ研究はできたのだ。問題を別の側面から見てみようと思ひ、ドイツで3年間研究を行ったが、結局この認識が変わることはなかった。身の振り方について真剣に考え始めた頃、現在の上司である梶島岳夫教授に声をかけて頂いたのは私にとってはまさに幸運で、新しい研究分野を開拓する契機にしようと思った。

### 動的濡れの数理モデル

いつ頃からこの研究課題に真剣に取り組み始めたのか、なぜか記憶が曖昧なのであるが、2009年の秋に行われた日本機械学会関西支部の技術交流フォーラムでのセッション「濡れのダイナミクス」に大きなインスピレーションを得たという気がする。ドイツ留学中に研究室の別の研究チームがBOSCHとスプレー（噴霧）に関する大型の共同研究を行っており、この頃から界面のモデリングに興味を持ち始めていたが、このフォーラムに参加するまでは流体の界面などという化学系の人を取り扱う問題で自分には到底手が出せないように思っていたので、同じ機械工学出身の研究者が取り組んでいるということを知り大いに勇気付けられた。現在、研究を進める上でよく参照するQian（香港大学）の論文（P-hysical Review）を教えて頂いたのもこの時だ。動的濡れ現象は既に工学的応用例がいくつか提案され



\* Takeshi OMORI

1979年7月生  
Technische Universität Darmstadt, FB  
Maschinenbau (2007年)  
現在、大阪大学 工学研究科機械工学専攻 助教 Dr.-Ing.  
流体工学、数値流体力学  
TEL : 06-6879-7250  
FAX : 06-6879-7250  
E-mail : t.omori@mech.eng.osaka-u.ac.jp

ている一方で物理的には未解明な状態であったので、新たな研究題材に適していると直感した。物理的に未解明であるということは、まだ発見・発明されていない応用例を見つけれられる可能性があるからだ。乱流現象も物理的に未解明であるといえなくもないが、動的濡れ現象についてはそもそも支配方程式がまだ存在しないとわかって衝撃を受けた。こんなに身近な現象なのに？！

流体運動を記述する方程式をコンピューターを使って解析する方法を研究する学問を数値流体力学とよぶ。数値流体力学において混相流（流体界面が付随する流れ）を解析する手法には大枠として確立しているものがいくつかあるが、現状ではどの手法を使っても動的濡れをうまく解析することができない。濡れというのは流体界面が固体表面に接触することであるので、数値流体力学においては混相流の支配方程式と固体表面における適切な境界条件が揃えばよいのであるが、この境界条件がよくわからないのである。

学部の流体力学の授業では固体表面（壁面）上の流速が壁面速度と等しい（滑りなし条件）と教わる。このことについて私自身、長い間疑問を感じることもしなかったが、物理といわれるものの多くがそうであるように、これもモデルにすぎない。滑りがないと考えても実用上支障がないことがほとんどなのであるが、流体界面が固体表面に接触している部分（接触線）においては速度の不連続が必ず生じるため、滑りなし条件は破綻していることがわかる。驚くべきことに、実は単相流（流体界面の付随がない流れ）においても滑りなし条件は常に成立しているわけではないことが Bocquet（リオン大学）らの研究によって示されている。学部時代には物理法則のおまけ程度にしか考えていなかった境界条件というものが今の私の研究主題になっている。

動的濡れ現象に関わる壁面境界条件の数値モデルが議論され始めたのは比較的最近のことではないかと思う。正確なレビューを行うには私の調査は十分ではないが、2003年の Qian らによる論文以前では境界条件は数値モデルというよりは数値流体力学における方便によって与えられていたというのが私の認識だ。境界条件そのものを取り出して議論することが難しいので、とりあえず流れ場を計算してみても実験結果などと比較するということが優先されたの

だと思う。近年になって壁面境界条件の研究が盛んになったのは分子動力学法の発達とコンピューター性能および利用技術の向上によるところが大きい。今では、分子動力学法を使って壁面分子を含めた分子群の運動を追跡することで接触線近傍の応力分布を「計測」することができる。接触線近傍において壁面を通過する運動量流束がわかるので境界条件そのものの議論がしやすい。分子動力学法もモデルを含んでいる点には注意しなければいけないが、界面や境界の物理を調べるには大変強力な研究手法である。濡れ現象は各界面のもつ過剰エネルギーによって引き起こされるものなので、力学（Newton の第 2 法則）単体では記述することができない。「熱力学は力学と矛盾しないが、力学から導き出すことはできない」というようなことが Prigogine 博士の著書に書かれていたが、分子動力学法では系の自由度を上げることによって熱力学的な場をつくりだしているのだと理解している。

私の現在の興味は、「現実的な」壁面上における動的濡れのモデリングである。「現実的な」壁面は、どんなに平滑にみえても分子レベルの不均一性が必ずある。私たちの研究室で過去数年に行った研究により得られた均一系でのモデルについて、時空間スケール依存性を詳しく調べていきたいと考えている。幸い、日本には安価に利用できる大型計算機が十分な数あるので嬉しい。大阪大学には昨年 12 月から NEC の最新鋭ベクトル計算機 SX-ACE が稼働しており、計算コード（私の一番好きな C++ ではなく Fortran で書いたものだが）のチューニングについて技術者の方と議論させて頂いたりして楽しく利用している。最近までは計算対象の規模が小さかったために計算速度には格段の注意を払ってこなかったが、メモリアクセスを制御することによって計算速度を向上させる作業は、やってみるとなかなか楽しい。私はもともとプログラミングが好きで、趣味が高じて（「Modern C++ Design」が旧約聖書で、最近出版された「Effective Modern C++」が新約聖書になるかもしれない）流体の解析コードを C++ でスクラッチから設計・実装した（よりによって阪大着任直後の一番研究成果が必要な時期に！）のだが、この C++ コードについても新しい技術を吸収しながら引き続き開発を続けていくつもりだ。

そういえば、李小龍が何かのインタビューで、ど

んな武術であれ鍛錬されていれば役に立つし、空手だって（当時空手は人気だったようだ）鍛錬されていなければ役に立たないと語っていた。研究にも同じことがいえるのではないか。

### おわりに

「若者」コラムの執筆依頼を頂いた時、自分がまだ「若者」と認識されていることと文章作成力鍛錬の良い機会を頂いたことの二点で大変喜んだ。文章作成力は（時には若さも）研究者・技術者にとって大変重要なものであると日々実感しているからである。だが、引き受けたのはいいものの、エッセーを書くのは高校生の時に怪しげな私小説を書いて以来で何を書いたらよいものか定まらず悪戦苦闘するこ

とになった。実は本稿とは別の内容で書いたものがあるのであるが、締め切りの前日になっても全く紙面が埋まらずボツとしている。この原稿を書きながら、阪大に着任して1ヶ月足らずで提出しなければならなかった（私は博士課程の修了が半年ずれていたため、着任が10月であった）最初の科研費の研究計画調書のことを思い出した。あの時も何か人とは違うことをやろうとして結局うまく書けなかったなあと。やはり「若者」は「若者」らしく素直に書くのが一番だ。

末筆ながら、本稿執筆の機会を頂きました大阪大学工学研究科精密科学・応用物理学専攻の森田瑞穂教授ならびに「生産と技術」編集部の皆様に御礼申し上げます。

