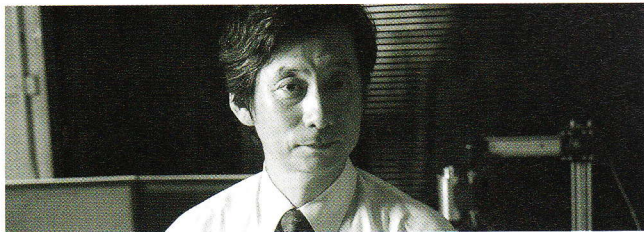


血管という特殊なパイプ

—もう一つ難しいのは、血液を流すポンプである心臓と、血液が流れる血管というパイプが、工学的な機械としてだけでは考えられない特殊な存在であるということです。水道システムのポンプと配管というような単純なものではないのです。心臓から出る最初の血管（大動脈）は直径が3cm程度で、血液はその中を平均秒速60cmというスピードで駆け抜けていきます。この大動脈部分で掛かっている圧力がいわゆる「血圧」なのですが、皆さんが良くご存知のように、最高で120mm水銀柱（16kPa）、最低でも90mm水銀柱（12kPa）もの圧力が常に大動脈に掛かっているわけです。

—その大動脈が何度も枝分かれを繰り返して人体末端の毛細血管に至ると、直径は5ミクロンと極細になり、血流の平均速度は秒速1mmにまで落ちてしまいます。血液が心臓に戻る血管である静脈では、血圧は10mm水銀柱程度しかありませんし、流速も秒速15cmに落ちてしまいます。また、人体の血管は、水道管のように硬くて柔軟性のないパイプではなく、伸縮可能な柔らかさを備えていますし、至るところに微小な穴が空いて物質が通過できるようになっています。血管の太さ、血流の速度、血液に掛かっている圧力など、流体工学で着目するあらゆる要素が、血液が流れる場所によって大きく変化しているのが血流なのです。

—流体現象の多くは広く複雑系と呼ばれる科学分野と深いつながりがありますが、血流は複雑系のなかの複雑系の代表と言っても過言ではありません。



研究を飛躍的に発展させたスーパーコンピュータ

—血液を流体として取り扱うという流体科学研究所のアプローチに、決定的に重要な役割を果たしたのがスーパーコンピュータの導入でした。元々流体科学は、流体の運動を計測し、計算するという二つの作業によって発展してきたのですが、スーパーコンピュータは、流体の運動という複雑極まりない現象の計算を可能にしたのです。

—流体科学研究所に初代のスーパーコンピュータが導入されたのは平成2年でしたが、その後3回更新されて現在は第4代のスパコンを使っています。更新の度に計算能力が数十倍のペースで上がっているわけです。初代のスパコンでは、複雑な流れを2次元で取り扱う計算が可能になり、第2代では3次元の計算が可能になりました。第3代スパコンでは、複雑な実形状の血管内の血流の計算が可能になり、現在の第4代スパコンでは、リアルタイムの血流計算が相当の精度でできるようになりました。我々が今取り組んでいる大動脈内の血流に関していえば、計測で得られたデータをスーパーコンピュータにフィードバックすることで、1%程度の誤差で血流のリアルタイム再現を可能にしたいのです。

動脈瘤の血流シミュレーションとステント治療に威力を発揮

—現在私たちの研究がはっきりと実を結んでいる分野が、動脈瘤の診断と治療です。血流や血管の異常によって動脈がこぶになっているのを動脈瘤と呼びますが、脳動脈や大動脈で動脈瘤が破裂するとたちまち死に至るほど致命的な疾患です。流体科学研究所は、超音波を用いた血流計測装置とスーパーコンピュータを一体化させたシミュレーション装置のプロトタイプを完成させて、動脈瘤内の血流構造、血管に掛かっている圧力、壁せん断応力（この圧力や壁せん断応力の危険水準を解明することがきわめて重要で）などを、リアルタイムで視覚的に再現することに成功しています。いずれその画像を見れば、患者への外科的な治療が今すぐ必要なのか、しばらくは投薬などの内科的治療を続けるべきなのか判断できるようになるでしょう。

—いま、動脈瘤の治療に、ステントと呼ばれる金属を筒状に編み上げた管が目玉されています。カテーテルと呼ばれる細い導管を足や手首の動脈から挿入して治療する動脈瘤の部分に送り込み、治療部位に届いたらステントを膨らませて、血管の補強を図るわけです。このステントが導入されることで、欧米では脳動脈瘤の治療率が大きく向上しました。

—我々の血流シミュレーションは、このステントの設計にも活躍します。患者さんの動脈瘤のどの部分に、どのような形のステントを入れれば最適なのか、シミュレーションで細かく解析できるのです。網の目の構造を変えると血流がどう変化するかまで、高い確率で解明できるようになります。従って、ステントの周囲に血栓が出来て血管閉塞を引き起こすといった最悪の事態を避けることができますし、個々の患者さんにとってのベストのステント治療が設計できるわけです。ステントという工学的治療法と血流シミュレーションという工学的解析手法が、いま動脈瘤治療に威力を発揮しつつあり、流体科学研究所はその進歩に重要な役割を果たしていると自負しています。

工学者はなぜかを問い詰める

—工学系から出て医療関連の研究をしていますから、我々は医学系の人たちと付き合うことになるのですが、そのなかで、医学と工学の考え方の違いを感じることがあります。医師が問題にするのはどうやったら病気を治せるかということです。理屈はどうあれ、とにかく直って患者さんが健康になれば意味がないのです。それに対して、我々工学者は、なぜ病気になるのか、この治療法で治るのはなぜなのかを突き詰めて考えたいのです。大動脈瘤という病気であれば、血管の分岐点近辺やカーブしている部分で起きやすいことは経験的に分かっているのですが、なぜこの部分に起きやすいのかを我々は知りたいのです。その理由が分かれば対処法が分かると考えるからです。そして、なぜを知るための武器として流体科学を使うわけです。

—どちらが良いとか悪いとかではなく、これからの医療には両方の考え方が必要だと思います。どう直すかという医学者のアプローチと、なぜかを問い詰める我々工学者のアプローチが相まって、医療技術が進歩すると考えているからです。