

特集／流れの物理と数理の拡がり

巻頭言

現代流体力学の拡がり

山田 道夫

水や空気など流体の運動は古くから自然哲学者の考察の対象でした。ニュートンの『プリンキピア』(1687)の中でも質点力学とほぼ同じくらいのページ数を流体の力学的性質に割いています。しかし一般的な流体運動を初めて方程式の形で記述したのは、それより70年ほど後のオイラーでした。彼は著書『流体運動の一般原理』(1755)の中で、今日オイラー方程式と呼ばれている方程式をほぼ完璧な形で与えています。その後オイラー方程式の範疇では流体中を等速度運動する物体は抵抗を受けないこと(ダランベールのパラドックス)など現実との不一致が明らかとなり、19世紀の前半にナヴィエ(1822)やストークス(1845)によって流体の粘性効果を含むナヴィエ-ストークス方程式が確立します。

以後、流体力学の歴史は、実験的研究の傍ら、オイラー方程式やナヴィエ-ストークス方程式を所与のものとしてそこから有用な情報をどのようにして取り出すのか、という数理的研究が主流となりました。しかし、これらの方程式は非線形項を含むため、解析も容易でなく、20世紀前半、まだ計算機が発達していなかった時代は、摂動論などの近似解法や特殊関数論に多くの材料を提供する分野でもありました。世紀の後半になって漸く計算機の性能が上がり数値計算が日常的なものになるにつれて、流体力学は多様な非線形現象を提供す

る分野となります。1960年代から70年代にかけてのソリトンやカオスの理論的発見には、それぞれ流体中の非線形波動や熱対流の研究が深く絡んでいました。

その後の計算機の飛躍的發展は、従来は複雑過ぎて手に余った流体現象にも研究の可能性を拓きました。発達した計算機が可能にする高精度の観測や実験が、高精度の数値解析と共に、現象の新しい発見をもたらし、それが新しい数理的研究を導くという流れが生まれて、流体力学にも多様な研究分野が成立しています。

ここでは、それらの研究分野における第一線の研究者の方々に、様々な立場から数理との関わり現状を描いていただきました。

流体力学における重要な問題といえば、やはりまず乱流が挙げられるでしょう。乱流は普遍的に見られる流れの形態であるにもかかわらず、未だに理論的・数理的な理解が得られていない複雑な流れです。後藤晋氏の複雑な流れの力学では、乱流はなぜそれほど難しい問題なのか、研究者は乱流にどのような描像を考えているのかを解説し、また更に複雑な流れへのアプローチを述べています。

流体力学の数理的側面といえばまず解析学との関係が重要です。ナヴィエ-ストークス方程式が流体の運動を記述するならば、妥当な条件下では時間無限大まで続く妥当な解が一つだけ存在する、