

微生物流体力学

生き物の動き・形・流れを探る

石本健太著, A5判, 208頁, 本体2700円, サイエンス社



本書は、微生物スケールにおける遊泳理論の教科書である。近年、日本では理論生物学の教科書が相次いで発刊されているが、微生物の遊泳挙動を理論流体力学の立場から最近の発展まで網羅した教科書が望まれていた。本書はその第一候補になり得るものである。

「まえがき」には理工系学部生以上が対象、前提知識は理工系低学年の数学と古典力学のみで、流体力学の知識は前提としないとあるが、少なくとも物理学科で学ぶ程度の偏微分方程式や特殊関数の取扱いと、学部レベルの連続体力学や流体力学の知識は必要と思われる。理論物理の標準的な教育を受けた大学院生以上が対象と考えるのが妥当であろう。

本書の構成は大きく3つに分かれる。第1章で対象となる微生物運動の基礎的な知識の導入が行われ、第2章で流体方程式やその取扱いを議論している（「準備編」とする）。第3章で微生物遊泳の理論を、第4章では周囲の流れ場の構造を議論している（「基礎編」とする）。第5章以降では背景流れ場や境界の影響、集団運動など、関連する話題と展望が扱われる（「応用編」とする）。ページ数に対する内容は質・量ともに充分で、生物流体力学や非平衡物理の研究者が微生物スケールでの流体モデルの種類や流体力学的理論背景が知りたいときに「使える」内容といえる。

本書の大きな特徴は、数学の教科書のように内容が命題とその証明といった形式に分割・再構成されている点である。多くの教科書のように文章と式の組合せだけでなく、ある文章が、命題の証明なのか、解説なのか、例示なのか明快でない場合がしばしばあるが、本書ではその切り分けが意識されている。この形式の利点は、主張の性格が明快で再利用（後の章での参照）がしやすく、ページ数あたりの情報量を多くできる点にある。なお、本書では注、例、説明による補足も充分であるため、見かけのとっつきにくさとは裏腹に、すすると読み進めることができる。

「準備編」については他の資料や教科書と併用して読み進めたほうがよさそうである。例えば「1.2 微生物の多様な世界」の微生物イラストは大幅に簡略化され

ており、微生物そのものの魅力である形状の多様性や美しさを知るには図鑑やネット検索が必須である。なお第2章は、流体力学の基礎知識や用語を後の章の説明のために整理したものと位置づけるべきである。多くの読者は、大学の講義や他の定番の教科書で学んだ上で本章に取り組むのが無難であろう。老婆心ながら、その際は用語の定義も確認することをお勧めしたい。

「基礎編」では微生物遊泳や周囲の流れについての一般理論が展開されている。内容は squirmer のような遊泳モデル、帆立貝定理、ストークス極、微生物遊泳の理論および数値計算法等である。帆立貝定理の証明は著者が日本流体力学会の論文賞を受賞した研究成果でもあり他の教科書では見られないものである。この章の内容はすべて重要であるため、時間を掛けて勉強することをお勧めしたい。

「応用編」ではより広いトピックについての知見がまとめられている。内容は拡散、レオロジー、生物対流などの集団運動、非ニュートン流体など幅広く、最近の研究成果を含む重要な内容が網羅されている。ここでは命題の証明は示されないが、代えて出典が示されている。知識として通読した上で、興味ある内容は出典をたどって学習を深められるようになっていく。

微生物流体力学の基礎方程式である定常ストークス流体は線形であるが、典型的な境界形状や運動が複雑であるため実際的な問題の解析は簡単ではない。そのため、理論流体力学的観点に基づいて現象の本質や状況に応じた近似を理解することは、生物流体力学の研究のみならず、流体力学部分を簡略化した数理モデルの構築にも役立つであろう。最近までの研究を理論的観点からまとめた本書は生物流体力学、生物物理、非平衡物理の研究者にとって大いに役立つと思われる。手元におくことをお勧めしたい一冊である。

飯間 信 (広島大学大学院統合生命科学研究所)

出典:「数理科学」Vol.61-7 (2023年7月号), p.70, サイエンス社, 2023
© 株式会社 サイエンス社