

まえがき

人間の可聴範囲よりも高い周波数（通常2万ヘルツ以上）をもつ音波を超音波という。超音波は気体・液体・固体内部を伝播することができるため、距離センサーや構造物の非破壊検査、人体臓器の診断、材料物性研究などにおいて古くから利用されてきた。また、スマートフォンなどの通信機器に必須となる共振デバイスや、バイオセンサー、ガスセンサーなどにも利用されている。超音波は、同じく身近な波動現象である光（電磁波）と対比されることが多い。不透明な媒質が少なく、人体に対しても比較的安全であるという利点を有するものの、通常、その波長（ $> \sim 0.1$ mm）は光の波長（ ~ 500 nm）よりもかなり長く、様々な用途において感度や分解能が光計測に及ばないことが定説となっていた。

ところが、近年、超音波の高周波化技術が進化し、光の波長と同程度あるいはそれよりも十分に短い波長を有する超音波を操作することが可能となってきた。そして、超音波計測が光計測を凌駕する感度と分解能を示す用途が増えてきた。また、接触測定が標準であった超音波計測ではあるが、非接触測定可能な電磁超音波法やレーザー超音波法における計測技術や信号処理技術の発展により、より多くの用途において非接触性が担保されるようになり、非接触面においても光計測法を追随している。計測法や信号処理法の発展により、従来の超音波計測がより精密・高分解能・高感度となるだけでなく、もともと透過性・安全性に優れていることから、これまで超音波が用いられてこなかった分野においても超音波が利用されるようになってきた。

このような超音波技術の普及は、これまでに超音波について学んだ経験がない利用者を増加させることになる。多くのアプリケーションが固体内を伝播する超音波を用いており、その伝播特性は固体の対称性の低さに起因して複雑である。関連する専門書は多く存在するが、異方性の取り扱いに関して難解なテンソル表記が利用される場合が多く、高度な数学および弾性論の予備知識が要求され、こういった入門者にとっては理解に時間を要する。

本書は固体内を伝播する超音波についての専門書である。工学系・理学系大学の学部・大学院生、および、企業技術者を対象とする超音波

の入門書である。基礎編と応用編により構成しており、基礎編においては、弾性論の基礎から解説し、弾性論を習得していなくても、異方性固体内の超音波伝播挙動を理解することができるように工夫した。応力もひずみも2階のテンソル量であるが、結局は、6つの成分を扱えばよいことから、それらを抽出したマトリクス表記による議論を行っている。そのため、テンソル表記はできる限り使用せず、6つの応力と6つの工学ひずみを起点として議論を進めることにより、固体の異方性に対する正確な記述を省略することなく、弾性論の本質を理解することができるようにした。応用編においては、他の専門書では見られない最近の計測法について紹介している。特に、国際的に重要な弾性定数計測法として定着している共鳴超音波スペクトロスコピー法（RUS法）や非接触超音波法の代表的手法である電磁超音波法について、その原理から応用に至るまで詳しく解説している和書の専門書は見受けられず、本書の重要な特徴と言えよう。

執筆に際し、超音波計測の権威である大阪大学 林 高弘 教授には原稿を通読していただき、多くの有益な助言をいただいた。また、大阪大学 中村 暢伴 准教授からも物性的観点から貴重な助言をいただいた。本書は共立出版編集部の菅沼正裕氏のおすすめにより出版するに至った。これらの方々に厚く御礼申し上げる。

2021年5月
荻 博次