

## まえがき

工業製品における世の中の重大事故の多くは材料の疲労に起因することが知られている。壊れることのない「安全・安心」な構造物を実現するためには、疲労による破壊とは何かを理解することが重要である。構造物を直ちに損壊させない負荷であっても、それが繰り返されることによって材料中にマイクロな変化を生じさせ、やがて目に見える損傷となり、構造物を破壊へと導く。材料強度学の歴史上、この一連の過程は疲労き裂の「発生」と「進展」に大別され、各々の現象解明と定量的扱い(寿命予測)を目指す研究潮流が生まれた。金属の場合、前者については、結晶学・冶金学的な立場から原子レベルの線欠陥(転位)の振る舞いに注目することで現象の本質的な理解が進められてきた。後者については、連続体近似に基づく力学の立場からの特徴付け(一例として破壊力学則)がある程度成功を収め、今日では寿命設計の鍵を握るに至った。先人達のたゆまぬ努力により、各々に関する学問は極めて高度な体系として独自に発展・成熟してきた。換言すると、各々の分野は(少なくとも過去数十年に渡って)相互に十分な交わりを持って進んできたとはいえない。

今日、疲労き裂の「発生」と「進展」双方の知識と総合的な理解は、かつてないほど重要になっている。例えば、電動自動車の電力制御やデジタル情報技術分野において必須である電子デバイスは、ナノ～マイクロスケールの寸法を持つ微小な材料で構成されており、疲労き裂の発生が即機能損失につながることから、ここではマクロ構造に対する従来の設計理論は用を成さない。また持続可能社会をけん引する水素エネルギーの利用は進む一方、水素環境下における疲労現象の特殊性・複雑性は全容解明にほど遠く、設計理論の合理的修正を阻んでいる。さらに疲労破壊のシミュレーションに日進月歩の計算機技術を取り入れるためには、各スケール階層の現象を如何にうまくモデリング(近似)するかが勘所となる。新しい時代の要請に応えるためには、疲労き裂の「発生」と「進展」に関する学問体系を今一度総括し、何が未解明であるのかを深く認識することが出発点となろう。

本書は材料強度学・疲労学を学ぶ大学学部学生向けの教科書・参考書として

の位置付けはもちろん、大学院や企業において、金属疲労に関する研究や業務に携わる研究者や技術者にも役立つことを念頭に書かれている。金属疲労に初めて触れる若い学生諸君は、第 I 部、第 II 部を一読するだけでも、この分野の全体像を十分に把握できると思われる。業務として金属疲労に携わり始めた若い技術者諸氏におかれても、第 I 部、第 II 部を通じてすでにお持ちの知識に磨きをかけていただければ、課題解決への具体的な糸口を得ることにつながるであろう。学術の立場から疲労現象を見直し、新しい可能性を模索したい研究者諸氏におかれては、第 III 部が例示する方向性を 1 つの参考にさせていただければと期待している。また、異分野の研究者諸氏におかれても、この分野が実学(工学)の立場から如何にしてマルチスケール問題に取り組んできたのかをうかがい知ることができるはずである。このように、本書は幅広い読者層を想定しており、金属疲労において特に重要な項目を優先して選別し、解説している。敬愛する読者諸氏にとって、金属疲労をより身近な問題と感じていただける一冊となれば幸いである。

本書の内容の一部は、文部科学省科学研究費補助金および JST CREST「ナノ力学」の援助のもとで得られた成果であり、ここに謝意を表します。本書の執筆は、第 I 部は兼子、第 II 部は田中、第 III 部は高橋、澄川、平方、梅野が担当し、全体の調整と編集は澄川と高橋が行いました。また本書の企画にあたっては、元(株)日立製作所機械研究所/茨城県/総合科学研究機構(CROSS)の林眞琴氏より多大なご尽力をいただきました。特に、中堅とベテランが one team となって本書を記すことができたのは、氏のお力添えの賜物であり、深く感謝申し上げます。内田老鶴圃の内田学氏には、出版の全般にわたって多大なるご配慮をいただきました。御礼を申し上げます。

2024 年 3 月

著者一同