

## はじめに

筆者が結晶塑性の研究を始めたのは、金属材料技術研究所（現物質材料研究機構）に在職中の1960年代初頭であった。その後、1960年代の終わりに東京大学物性研究所の塑性部門で塑性の研究を継続した。「塑性」は確かにさまざまな物性の中のひとつには違いないが、他の物性と違って、物性としての塑性は精密科学とはいえない学問分野であり、物性研究所の中ではやや肩身の狭い思いで研究していた。その後、大部門制になって塑性部門はなくなり、筆者の研究室でも少し研究対象を広げたが、筆者自身は東大定年後に東京理科大に移ってからも結晶塑性に関心を持ち続けてきた。このような経験を基に、内田老鶴圃のご好意により本書を執筆する機会を得た。

結晶塑性論という学問が、未だに精密科学とは程遠いことに変わりはない。その理由は、結晶の塑性がほとんどの場合に「転位」というやや特異な実体を媒介として生じるからである。

「転位」の特異な点は、

- (1) ミクロとマクロの中間的な実体であって、統計力学の対象としては取り扱い難しく、そうかといって個々の転位の挙動から塑性現象を導出するには一般に多体効果が複雑すぎて困難であること、
- (2) 転位には弾性論で記述できる部分と、転位芯と呼ばれる原子レベルの取り扱いが必要なブラックボックスに近い部分があり、転位芯がその結晶の塑性の個性にかかわっていること、
- (3) 塑性を支配する転位過程のスケールはミクロとマクロの間であって、その過程を実験的に解明する適切なツールが乏しいこと、
- (4) セミマクロ的な転位過程は計算科学の研究対象になり得るが、原子レベルの相互作用からマクロなスケールの相互作用にわたるため、マルチスケール・シミュレーションが必要であり、まだマクロな現象の解明までは道が遠いこと、

## ii はじめに

などである。

転位という概念は、1934年に誕生し、初期には主として弾性論に立脚した転位論が確立し、世界的に優れた専門書も出版され、転位論に基づいて結晶塑性を論じる基盤が確立したのが1960年頃である。この段階は結晶塑性論研究の第Ⅰ期（黎明期）と呼ぶことができる。1960年代には透過電子顕微鏡の発達によって、転位の実体および転位の素過程を直接観察で明らかにすることが可能になった。転位構造、転位反応、転位組織形成、転位の動的挙動の観察を基に、マクロな塑性現象を理解できる時代が到来し、結晶塑性研究の第Ⅱ期（隆盛期）を迎え、1960年代から1980年代まで続いた。しかし、転位論が当初期待されたほど材料開発という応用面に積極的な貢献を果たすことがなく、結晶塑性研究の方法論もしだいに行き詰まりの状態になって、20世紀末には結晶塑性の基礎研究は世界的に停滞した。

21世紀に入って、コンピュータの性能の進歩に伴って、第一原理計算によって転位芯の構造・状態の理解が可能になると共に、高分解能電子顕微鏡、特に収差補正電子顕微鏡の出現によって原子レベルで転位芯の構造や状態を実験的に解明することが可能になった。また、結晶中で生じる転位の複雑な多体現象も、結晶モデルを用いてコンピュータ中で再現する塑性現象に関する計算科学も発展している。転位論、結晶塑性論の停滞も、このような新しい研究手法の進歩により、塑性論第Ⅲ期の到来を予感させるが、現時点ではまだ大きな成果を得る段階には至っていない。

このような現状において、本書は、主として塑性論第Ⅱ期までの成果をまとめる形で執筆された。したがって、多くの問題は未解決のままである。定量的な解明がなされていないだけでなく、定性的にも未解決な問題も少なくない。本書が、結晶塑性論に対する若い研究者の関心を喚起し、未解決問題の解決に挑戦するきっかけになれば幸いである。

本書には、筆者の限られた知見の中で、結晶塑性に関する基本的な現象をなるべく網羅するつもりで執筆した。限られたスペースの中になかなか広範な内容を盛り込んだので、各章は概論の域を脱していない。筆者の主観で重要と思われる事項や解釈は取り上げたつもりであるが、すべての事項について完全なレビューが行われているわけではない。章末には、それぞれの章の内容に関わる

重要な文献を選んで引用すると共に、代表的なレビュー論文も挙げてあるので、本書の記述が不十分なところは文献を参照していただきたい。なお、結晶の破壊の問題は常に塑性に付随する実用的に重要な課題であるが、本書では議論の対象外としたことはお断りしなければならない。

本書の中では基本的な実験データを文献から数多く引用させていただいた。これらの論文の著者にはこの場を借りて感謝の意を表したい。

平成 25 年 5 月

著 者