



## Coherent X-Ray Optics

David M. Paganin 著

Oxford University Press, 2006 (ISBN 0-19-856728-6)

本書は Oxford Series on Synchrotron Radiation の第 5 冊目である。シンクロトロン放射光によるコヒーレントな X 線が利用できるようになって、X 線の新しい分野への応用が開けている。本書はこのような背景をもとにして著された。従来の X 線に関する著書は、結晶系の説明や結晶による回折を主としたものが多い。それに対して、この本はコヒーレントな X 線について、一般的な理論をもとに主としてイメージングについて書かれている。X 線といっても電磁波であるので、理論的な扱いは可視光と同じであり、マクスウェル方程式を基礎としている。日本光学会の会員は可視光の理論になじみがあるので、親しみが湧くと思われる。

著者はオーストラリアの Monash University の associate professor で、メルボルン大学時代から X 線の位相イメージングなどの研究に携わっていた新進の理論物理学者である。

本書は 5 章に分かれている。第 1 章は「自由空間での X 線波動場」であり、マクスウェル方程式、スカラー方程式、平面波展開、回折、部分コヒーレンスなどが簡潔に述べられている。これらは Born-Wolf の *Principles of Optics* などの光学の教科書の関係する部分の簡略版といつてよいであろう。

第 2 章は「X 線と物質の相互作用」であり、投影近似、グリーン関数、ボルン近似、アイコナル近似、散乱、屈折率、電子密度、非弾性散乱と吸収、散乱場に含まれる情報などについて書かれている。一般論から始めて、結晶の周期性は特別な場合として扱われている。たとえば、ブラッグ条件については、ボルン近似から導かれている。結晶系についての記述はない。Dynamical theory は二次以上のボルン近似であると述べられているが、詳細は示されていない。

第 3 章は「X 線光源、光学素子、検出器」である。X 線のための光源、回折光学素子、屈折光学素子、反射光学素子、検出器について書かれている。特に、検出された情報

をもとに像をデジタル計算によって再生する方法については、仮想光学素子として取り扱われているのが特色である。あくまで物理的一般論と素子の一般論を示しており、具体的素子について詳しく書かれているのではない。

第 4 章は「コヒーレント X 線イメージング」である。この章がこの本の章の中で最も長い。まず、光学における shift-invariant な線形結像理論とホログラフィー、格子のセルフイメージングなどが説明される。次いで、位相コントラスト法として、ツェルニケの位相差法、シュリーレン法、干渉法などに対応する X 線における技術が説明される。さらに、X 線の位相回復問題や像のデジタル再生について述べられている。この章では、いくつかの実験結果の写真が示されている。

第 5 章は「特異 (singular) X 線光学」という題目で、複素スカラー場における渦の問題が扱われている。

本書全体については、tomography に関する記述が少ないように感じる。特に、X 線の位相イメージングの分野では、最近、格子を用いたシアリング干渉計による三次元の屈折率分布再生の tomography が注目を浴びている。しかし、これは本書には含まれていない。これは、出版が 2006 年ということにも関係しているのであろう。

本書の各章の後には、further reading と reference がある。参考文献の数も多いので、これらを参考にして調査の範囲を広げることができると思われる。

以上にみるように、本書はほぼ光学の理論を踏襲しているが、実際的な問題では可視光と X 線では異なる。たとえば、屈折型のレンズの代わりにフレネルゾーンプレートを用いることになる。また、適当な結像素子がないので、「仮想光学素子」が必要になる。このような違いに注意しながら読んでいくと、X 線領域の理解が早まるとともに、光学領域についても理解が深まると考えられる。光学の研究者が X 線の領域に興味をもったときの入門書として適当なのではないか。

(評者 岩田耕一)