

光波の電磁界を征する

橋 本 正 弘

(大阪電気通信大学)

なぜ光は直進するのか、そして、なぜ、光は回折するのか。この素朴な疑問は、波動光学で解決済みであるにもかかわらず、今なお、われわれの脳裏を横切る。実は、この疑問に答えることこそが、本特集を語る鍵になるように思える。

さて、光の波動はあまりにも多種多様である。一律にマクスウェルの方程式の解として取り扱えば、膨大な計算量となり、計算自体が絶望的となる。それゆえ光波の解析には、必然的に、光の振舞いを取り入れた近似法が導入される。この近似が解の精度をほとんど規定することになる。それでは、光波の電磁界は、計算機の発達にともない、どれほど正確に解けるようになったのであろうか。また、そのために、どのような解析法が提案されているのであろうか。

本号に紹介されている電磁界解析法は、話題性のある代表的なものに限られている。しかし、いずれも、光波の挙動を熟知したうえで、その特性を巧みに取り込み、数値解析で発生する演算誤差を極力減らし、かつ高速化を図っている点で共通している。冒頭で投げかけた疑問は、このように、各解析手法の中で暗に答えられているわけである。

これらの数値解析法の特徴や応用例は、小柴氏の解説に整理・整頓されている。しかし、あえていえば、光の微視的あるいは局所的振舞いを探るには、時間領域差分法(FDTD法)が適し、またこれとは逆に、巨視的あるいは大域的振舞いを知るには、光線理論が向いている。後者は、電磁界理論の立場でも、相当に深く議論されているが、本学会の主たる課題でもあるので、ここでは述べないでおく。

光導波路のように数百波長以上にわたって解析する必要があるとき、光の直進性を取り入れた、ビーム伝搬法が有力である。また、数波長にわたり局在する物体からの散乱・回折には、積分方程式法が向いている。

なお、回折格子のように、波長程度の大きさの溝が広範囲に分散している散乱体は、電磁界的に最も厄介な構造といえる。しかしこの場合、周期性に着目してフロケの定理を適用すれば、1周期分だけの解析となり、計算量を大幅に低減できる。ただし、そこには異常回折が現れるなど、格子回折特有の特異性が発生するので、よほど信頼性のある解析手法でないと、このような現象を見落す恐れがある。松田・奥野氏の解説では、安浦の数値解析理論を用いることで、信頼性を保証している。

以上、詳細については、本号の5つの解説を参照されたい。