「光電磁場数値解析の新展開」解説小特集号によせて

的場 修

神戸大学大学院 工学研究科情報知能学専攻 (〒657-8501 兵庫県神戸市灘区六甲台町1-1)

Preface to Topical Papers on State-of-the-Art in Calculation of Spatial and Temporal Dynamics of Electro-Magnetic Field

Osamu MATOBA

Department of Computer and Systems Engineering, Kobe University, 1-1 Rokkodai, Nada, Kobe, Hyogo 657-8501

(Received July 19, 2008)

近年、パーソナルコンピュータの高性能化、ネットワークの高速化に伴い、並列計算や分散計算が進展し、研究者にとっても容易にこれらの技術を生かして大規模な計算に適用できる環境が整いつつある。また、我が国においては、2011、12年度に稼働予定の次世代スーパーコンピュータは、稼働時において世界最高レベルの実効演算性能を目標にしており、計算科学技術によるライフサイエンス・ナノテクノロジー分野でのブレークスルーを産み出すことを目指している。

オプティクス、フォトンクスデバイスにおける研究ではナノ領域での光学応答、制御、現象の解析が必須である。その代表的な数値シミュレーションとして、今回の小特集号のメインであるFDTD法(Finite Difference Time Domain:有限差分時間領域法)はMaxwell方程式を差分化し、高精度に計算することのできる手法として最先端解析研究においてよく用いられている。光の振る舞いを時間・空間的に可視化することで新しい現象の描写が可能になる。これにより小学生から高校生に対しても波動現象がイメージしやすく、理科離れの解消に役立つことも考えられる。

今回の小特集では、光波の振る舞いをより正確に数値解析する手法としてFDTD法を中心に構成した。はじめに、愛媛大学の市川先生にFDTD法の基本原理を説明して頂いた。この解説を読んで頂くことで、これを元に自作でシミュレータを開発することが可能である。FDTD法では、計算精度のために最小領域サイズを波長の10分の1から20分の1にする必要がある。そのため1辺50 λ (1000 pixel)としても電磁波のベクトル解析に必要なメモリは単純計算で50 GB超となる。このため単一の計算機では高々、波長の10倍程度の3次元領域または、100倍程度の2次元解析に適用が限られている。これを解決する一つの手法に空間スペクトル領域で微分を解くPSTD法がある。サンプリング定理により波長の半分の最小計算領域で計算が可能になる。PSTD法については大阪大学の岡村先生に解説をお願いした。FDTD法を用いた最先端研究での有用例とし

て、東京大学の岩本先生、荒川先生にフォトリソニック結晶の欠陥エンジニアリング、量子ドットを用いた低しきい値レーザーなどにおける実験と数値計算の比較を解説して頂いた。FDTD法では適用が非現実的な大きさの光波の伝搬解析手法としてビーム伝搬法について大阪府立大の藪先生に解説をお願いした。ビーム伝搬法は導波路解析、ファイバ中の非線形伝搬解析などによく用いられている。最後に日本女子大学の小館先生に、周期構造をもつ光学素子の解析に用いられる平面波展開手法について解説して頂いた。

計算機能力が向上するとより厳密な計算、大領域の計算、複雑な相互作用の計算が可能になり、また新たな研究課題が生まれてくる。科学・工学の研究分野での研究手法として、基本素子、基本現象の詳細な積み重ねから所望のデバイス・システム機能を発現させるボトムアップ的なやり方と所望の動作を決めて、その機能を実現するために必要な機能を整理して構築するトップダウン的なやり方がある。計算機の高速度・大容量化はどちらかといえば、Resourceに任せてある種力づくで計算し、しらみつぶしに検討する方向にいくことがある。ある程度の量の結果からデータマイニング的に所望の機能を得るための道筋を発見することが可能である。しかしながら個々の現象だけでは、トータルのシステムとしての能力がかならず良くなるわけではないので、システムとしての全体的な視野に立って、個別の素子設計をする必要がある。科学・工学ともに物理現象をモデル化することで実験のみでは時間的、コスト的に非効率的な調査も、計算科学・工学の手法が確立できればこれまでにないデバイス・システムの開発が実現可能になることが期待できる。光通信技術や光源開発だけではなく、光波の伝搬解析は人間内部のモニタリングにも大いに役立つことは間違いない。本特集を機に、Computational Optics, Photonics, Engineering, Scienceの分野が広がり、従来にない新しいデバイス・システム開発へと繋がることを期待する。