

ナノフォトニクスから見える新しい機能の探求 - エネルギー移動と相互作用 -

(独)情報通信研究機構 成瀬 誠

ナノ領域での光と物質の相互作用を利活用するナノフォトニクスは、近接場光相互作用によって回折限界を打破する微細化ばかりでなく、これまでの技術では不可能だった新しい機能を提供している。

とりわけ、近接場光相互作用に基づくエネルギー移動や、近接相互作用自体に備わっている多様な性質は、昨今急激に需要の高まっている省エネ技術はもちろん、様々な応用への展開が期待されている。そこで本シンポジウムは、このような機能的新規性を目指すナノフォトニクスの根底にある原理に様々な立場から接近し、新しい展開の足がかりとすることを目指した。

まず、大津元一氏(東京大)は、イントロダクトリートークとして、ナノ領域において、光と物質を一体とした描像で捉えることの重要性を指摘し、これを仮想励起子ポラリトンによって説明した。その上で、エネルギー移動、物質の励起、空間的分布の3つの観点から、各種デバイス、加工技術などへの最近の動向を概説し、本シンポジウム全体の位置づけを示した。以下、シンポジウム前半3件でエネルギー移動に関する講演、後半3件ではシステムからの視点など、相互作用に関する分野横断的アプローチが示された。

【エネルギー移動】

八井崇氏(JST)は、酸化亜鉛(ZnO)量子構造によるナノフォトニックデバイスの最近の進展を述べた。近接場光相互作用を用いるナノデバイスでは、物質の位置や寸法の制御が極めて重要になるが、これらの要求を満足するMOVPE法の最近の進歩や、エネルギー移動を用いたナノ寸法光伝送の実証など最近の進展が報告された。

井上哲也氏(山梨産技短大)は、ナノ領域におけるエネルギー移動の素過程を電磁気学的立場から理論的に明らかにした。具体的には、励起と電磁放射の繰り返しによる電磁相互作用と終状態の重要性を、電磁場のアンギュラー・スペクトル展開やディテクターモードを用いて概説した。

今堀博氏(京都大)は「光合成をまねた人工エネルギー移動系の構築と応用」と題し、ポルフィリンなどを用いた光捕集系の工学的実現の最先端が示された。従来知られていたフェルスター機構では説明のできないエネルギー移動機構を示唆する実験結果など、非常に興味深い知見が示された。

【システム】

後半はまず、田邊國士氏(早稲田大)が、数理科学的立場からナノ領域における数値的シミュレーションの課題を論じた。例えば、数値解の正しさを保証すること、

すなわち精度保証は数値シミュレーションで基本的に重要であり、そのためには誤差の指標となる逆作用素のノルム評価が必要である。ところが、電磁界問題でよく使用されている有限差分時間領域法(FDTD法)では、ノルムの評価が確立されておらず、従って、数値解の近傍に真の解が存在することを保証していない。これらの問題への解決が議論された。

成瀬(NICT)は「ナノ領域での光学的相関を用いた機能システム」と題し、近接場領域における光学的な相関の階層性とこれを用いた認証システムなどを示した。

最後に田畑仁氏(東京大)は「ナノ領域スピン・双極子ゆらぎによる機能システム」と題し、フェライト化合物などの材料合成の先端を示すとともに、ゆらぎの工学的利用について確率共鳴などを援用した展望を議論した。

シンポジウムは100名を超える多数の聴衆を集め、引き続きこの分野への関心の高さが伺えた。こうした領域の根底にある、ナノ領域での電子フォトン系の解明など、基礎的知見を一層深める必要性とともに、これまでの応用物理などの物理系研究者ばかりでなく、化学系、バイオ系、さらには数理、システムといった様々な分野の融合を感じさせるシンポジウムであった。