

境界要素法を用いた形状パラメータによる光伝播解析方法の提案

Numerical analysis of light propagation based on Boundary Element Method including Shape Parameter

○ 永山 博士¹, 茨田 大輔^{1,2,3}, 福田 隆史³, 東口 武史^{1,2} (1. 宇大院工, 2. 宇大 CORE, 3. 産総研電子光技術)

○ Hiroshi Nagayama¹, Daisuke Barada^{1,2,3}, Takashi Fukuda³, Takeshi Higashiguchi^{1,2} (1. Grad. Sch. Eng. Utsunomiya Univ., 2. CORE, Utsunomiya Univ., 3. AIST)

E-mail: mt176227@cc.utsunomiya-u.ac.jp

近年、バイオ物質の高感度検出が可能なバイオセンサー開発がヘルスケアの分野で注目されている。特に、表面プラズモンを用いたセンサーでは従来の方法の数倍の感度で物質検出が可能であり、コストや簡便性などの点からも次世代のバイオセンサーとして期待されている。前述した表面プラズモンは、特殊なナノサイズの微細構造を表面に有するセンサーに、光を入射させることによって発生させる。結果、センサー表面には入射光の数十倍の局所的な電場増強が発生し、表面プラズモンが発生しない場合と比較して付着しているバイオ物質の影響を大きく受けた散乱光を得る事ができる。この散乱光を解析することで高感度なバイオ物質の検出が可能になる。このような電場増強が発生する表面形状はある程度予測できるが、最適な構造の条件は地道に構造を変化させてシミュレーションしているのが現状である。

本研究では、境界要素法を用いることで計算リソースの削減、形状パラメータを用いることで表面構造の変化に対する電磁波の振る舞いの変化を予測する手法を提案する。これによって電場増強が効率的に発生する条件を計算する事を目的としている。境界要素法は一樣な物質を考える場合、他のシミュレーション手法と異なり物質の境界面でのみソースを考えればよく、高速な計算が可能である。また、形状パラメータによる電磁波の展開を行う事でパラメータの範囲で電磁波の増減を計算する。

検証のために形状パラメータを導入した楕円柱誘電体でのシミュレーションを行った。境界要素法によって物質表面の散乱光を計算したも

のが Fig. 1 である。その結果から周囲の散乱場を計算したものを Fig. 2 に示す。パラメータを変化させ、真円柱とした時の計算結果は厳密解とよく一致した結果となった。一辺 $1\mu\text{m}$ 程度の物体であれば一般的な計算機により数分で計算する事ができる。形状パラメータによる電磁波の展開の際に無限階微分を計算する必要があるが、境界要素法で散乱場が計算できるためこの散乱場の計算結果を用いて展開式を境界要素法の基本式から逐次的に解くことが可能となる。

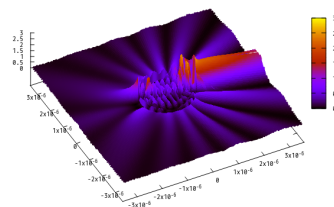


Fig. 1: Scattering field of elliptic cylinder dielectric with shape parameters introduced

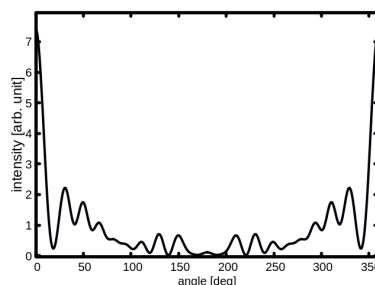


Fig. 2: Light intensity at boundary of elliptic cylinder dielectric

本研究の一部は JSPS 科研費 17H03136 の助成により行われた。