形状パラメータ付き境界要素法を用いた光散乱の二体間距離依存性解析

Light Scattering Analysis of Distance Dependence between Two Objects by Boundary Element Method with Shape Parameter

宇大光工学 [1]，宇大 CORE[2]，産総研 [3]　○ 茨田 大輔 [1,2,3]，福田 隆史 [3]

Opt. Eng., Utsunomiya Univ.[1], CORE, Utsunomiya Univ.[2], AIST[3],

○Daisuke Barada[1,2,3], Takashi Fukuda[3]

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

フォトニック結晶による光閉じ込め，サブ波長構造による構造性複屈折，メタマテリアルによる光学迷彩などのように，微細構造によって特殊な光学機能を有することが知られている．また，微細構造の応用として，表面プラズモン共鳴における吸収スペクトルシフトを用いた微粒子のセンシングなどの研究も行われている．これらの構造設計や現象の説明のために，光電磁場解析が用いられる．光電磁場解析方法として FDTD 法，RCWA 法，有限要素法などが知られているが，数値計算法に基づくため，形状変化に対する傾向が掴みにくい．そこで，本研究グループでは，孤立物体や周期構造からの光散乱の形状変化依存性を計算する手法を提案してきた [1,2]．提案手法では，単一周波数の電磁場を形状パラメータの関数として表現し，形状パラメータのテイラー級数で表現する．このときテイラー係数は，位置の関数となる．高次のテイラー係数を逐次的に求めることが可能である．よって，テイラー展開の中心値付近でのパラメータ依存性が関数として表現でき，形状変化に対する傾向がつかみやすくなる．

本研究では，形状の変化ではなく，波長オーダーの近距離にある二つの物体に光を照射したときの光散乱の距離依存性を取り扱う．ただし，二つの物体が無限に薄い層で接続されているとみなせば，距離も形状パラメータの一種と言うことができる．物体は二つであり，周期性はないため，一様媒質からなる孤立物体が容易に取り扱える境界要素法をベースとした方法を用いる．一例として，Fig.1 のような，二つの円柱による光散乱の距離依存性を計算した．

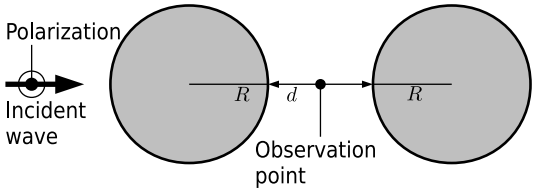

Fig. 1: Calculation model

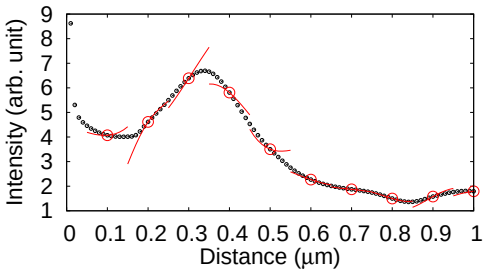

Fig. 2: Numerical result

この例では，円柱の半径を 500nm，屈折率を 1.5，距離をパラメータとし，波長 532nm の s 偏光を入射したときの，二つの円柱の中心点での光強度を計算した．その結果を Fig.2 に示す．黒い丸は形状パラメータを用いずに計算した結果であり，赤い丸は形状パラメータを用いて計算した場合のテイラー展開の中心位置である．赤い丸を中心としたテイラー級数が，赤い線である．ここでは，2 次まで展開している．この結果を見ると，テイラー級数は，例えば距離 0.3 から 0.4μm の間にピークがあることを予測させる．このように，テイラー級数は距離依存性の特徴を表現していることがわかる．

本研究の一部は JSPS 科研費 17H03136 の助成により行われた．

[1] 永山他，第 79 回応用物理学会秋季学術講演会 講演予稿集，03-048 (2018)

[2] 茨田他，第 66 回応用物理学会春季学術講演会 講演予稿集，03-083 (2019)

© 2019年 応用物理学会