

FDTD 法とレベルセット法に基づく光学材料のトポロジー最適化

Topology optimization of optical material based on FDTD and level-set method

富士フイルム株式会社 先端コア技術研究所¹, 京都大学大学院 工学研究科²

○安田 英紀^{1,2}、納谷 昌之¹、山田 崇恭²、西脇 真二²

Fujifilm Corp. Frontier Core-Technology Laboratories¹, Graduate school of engineering, Kyoto

University² ○Hideki Yasuda¹, Masayuki Naya¹, Takayuki Yamada², Shinji Nishiwaki²

E-mail: hideki.yasuda@fujifilm.com

近年、光の波長より小さい構造を利用したメタマテリアルと呼ばれる光学材料が実現されている [1-2]。メタマテリアルは、構造と光との相互作用を利用して従来にない光機能を発現することが出来る反面、相互作用が複雑なために僅かな形状変化により特性が大きく変化するため形状設計が難しいとされてきた。

一方、構造力学等の分野においては構造最適化手法の方法論の構築が行われている。近年、計算機性能の向上に伴い、これらの構造最適化手法の熱・流体・電磁気学、さらにそれらが連成するマルチフィジックス問題への展開が行われている。特にレベルセット法に基づくトポロジー最適化手法[3]は、設計領域内の穴の数が増えるような形態の変化を許容し、また従来のトポロジー最適化手法で課題となっていたグレースケール問題等を本質的に解決可能とするため、高性能の光学材料の形状案を得るために極めて有効な手法であると考えられる。

そこで新たな光学材料の設計手法として、FDTD 法とレベルセット法に基づくトポロジー最適化手法を提案する。本研究では、Maxwell 方程式を支配方程式とし、光学応答を目的関数とする構造最適化問題を定式化した。更に随伴変数法に基づく感度解析により設計感度を導出し、レベルセット法に基づく形状更新手法[3]によりトポロジー最適化を行った。

本手法を 2 次元 TM-FDTD 法に実装し、電磁場増強構造の設計に適用した例を下図に示す。固定設計領域 D の中心付近の電磁場強度を最大化する最適化問題のトポロジー最適化を実施した。本手法を用いることで、明瞭な境界を持つ構造が導出される事を確認した。導出された構造は非常に複雑であり、設計者の経験に基づく従来の設計手法では導出が難しいと考えられる。

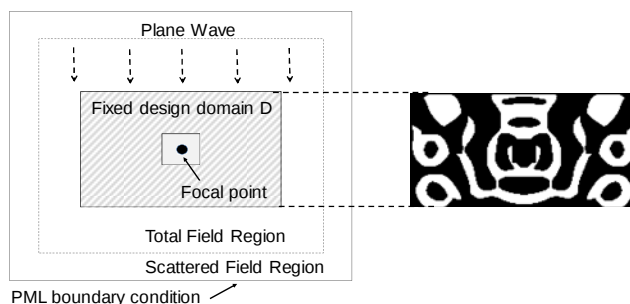


Fig.1: Fixed design domain and boundary condition (Left). Optimized structure (Right).

[1]T. Tani, *et. al.*, Optics Express, **22**, 9262, (2014).

[2]安田他 第62回応用物理学会春季学術講演会 12a-A12-6

[3] T. Yamada, *et. al.*, Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering, **199**,2876, (2010)