

## メタ材料の基本構造変化に伴う電磁応答の基礎検討

## Fundamental Investigation of Electromagnetic Response Induced by Structural Variations in Metamaterials

○小林聖<sup>1</sup>, 岸本誠也<sup>2</sup>, 大貫進一郎<sup>2</sup>\*Satoru Kobayashi<sup>1</sup>, Seiya Kishimoto<sup>2</sup>, Shinichiro Ohnuki<sup>2</sup>

Abstract : This study investigates the electromagnetic behavior of a basic metamaterial structure using the Finite Difference Time Domain (FDTD) method. To emulate dispersive metallic media, perfect conductors are used, with periodic boundary conditions applied laterally and Perfectly Matched Layer absorbing boundaries vertically. The simulation evaluates how the anisotropic periodic structure influences wave propagation, aiming to support compact, high-gain communication device design.

近年 IoT や、第 6 世代移動通信技術などの通信技術の発展により、通信技術の向上は現代社会においてますます欠かせないものとなっている。特に、障害物環境下での通信やデバイスの携帯性に対する需要の増加から小型で高利得な通信デバイス技術への関心が高まっている。メタ材料は電波の波長よりも小さい範囲に設計される基本構造が周期的に配列し、その構造の形状や配置によって、媒質全体として電気的あるいは磁氣的性質が方向によって異なる性質を持つ。この特性から電磁波の伝搬方向や集束性を制御することを可能にし、アンテナなどの高利得化が可能である。また、波長よりも小さいサイズで共振を起こすことができデバイスの小型化が可能である。しかし、周期長や基本構造の形状などの設計自由度から考慮すべきパラメータの組み合わせが多数あるため電磁界特性の把握が困難であることが問題となっている。

本報告では、電磁界を計算する数値解析手法として FDTD(Finite-Difference Time-Domain)法を使用し、Maxwell 方程式の空間と時間の微分演算子を差分近似に置き換え計算を行う。図 1 に示す解析モデルはメタ材料の基本構造を模擬している。本来、この構造は周波数分散性をもつ金属で構成されているが、本報告では、簡易的に実装でき、それらの媒質に類似した振る舞いを示す完全導体を基本構造として解析空間に配置する。周期的な配列を表現するために、周期境界条件(Periodic Boundary Condition)を解析モデルの左右の端面に設ける。また、メタ材料による反射特性や透過特性を評価するため、解析空間内の反射を抑制する PML(Perfectly Matched Layer)吸収境界面を上下の端面に設ける。シミュレーションにより、得られた電界の時間波形を用いて、メタ材料の基本構造変化が電磁界に対してどのように影響を与えているのかについての検討を行う。

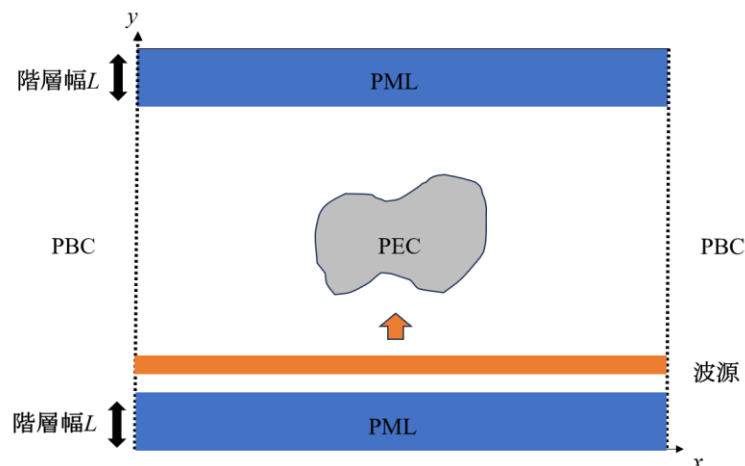


Figure 1. 解析モデル

## 参考文献

[1] 宇野亨 メタ材料アンテナの基礎, コロナ社, 東京, 2021年

[2] 宇野亨, 何一偉, 有馬卓司 数値電磁界解析のための FDTD 法—基礎と実践—, コロナ社, 東京, 2016年

1: 日大理工・学部・電気, 2: 日大理工・教員・電気