

危険物検知を目的とした FDTD 法による金属周辺の電磁界応答解析

Analysis of Electromagnetic Field Response for Metal using FDTD Method for Dangerous Substance Detection

○鈴木碧人¹, 岸本誠也², 大貫進一郎²*Aoto Suzuki¹, Seiya Kishimoto², Shinichiro Ohnuki²

Abstract: With the rising number of robberies, it's crucial to proactively deter them by installing sensors that detect and prevent the carrying of dangerous objects. Electromagnetic waves with higher frequencies exhibit less diffraction and tend to travel in straighter lines. Furthermore, because the resolution for determining an object's shape is proportional to the electromagnetic wave's wavelength, a higher frequency allows for a more detailed assessment of the object's shape and thus its potential danger. Our goal is to apply these characteristics of high-frequency electromagnetic waves to the detection of dangerous objects. In this report, we assume that the electromagnetic waves emitted from the sensor will be used to evaluate the shape and composition of the dangerous objects being detected. We will construct a simplified model of the target object and use the Finite-Difference Time-Domain (FDTD) method to analyze its electromagnetic response characteristics in the high-frequency band.

現在, 立件数が増加傾向^[1]にある強盗は, 危険物持ち込みを検知し防止するセンサの設置を行い事前に抑止していくことが重要である. このような用途として用いることができるセンサの例としては, 人や車の検知のため自動車等に設置されているミリ波帯域の電磁波を使用したセンサ等がある. 電磁波は, 周波数が高いほど回折が起こりづらくなり, 直進性に優れたものとなる. さらに, 物体の形状把握における分解能は電磁波の波長に比例するため, 周波数が高くなると詳細に物体の形状を判断しその危険性を評価することができる. 以上の特徴を持つ高周波の電磁波を危険物所持検知に適応することを目標とする. 本報告では, センサから発せられた電磁波から検知対象となる危険物の形状や組成を評価することを想定し, 検知対象を簡易なモデルにて構築し高周波帯域における電磁波応答特性を FDTD 法(Finite Difference Time Domein)を用いて解析を行う. また, センサの検討においては, 検知対象からの応答波形を詳細に評価する必要があるため, 解析の正確性についても検証する.

Fig.1 は解析モデルである. 本報告では, この解析空間において検知対象である危険物周辺の電磁界を FDTD 法を用いて解析し, 電磁界応答波形を評価するとともに, その数値的正確性についての検証を行う. ここで, センサから発せられた電磁波による応答波形を詳細に解析するため, 簡単に真空中で検知対象を囲むこととする. また, 自由空間を想定するために, 解析領域の外側においては媒質内にて入射された電磁波を急激に減衰させる架空の媒質である PML(Perfectly Matched Layer)媒質を配置する^{[2][3]}. 波源は, 前述の直進性を維持する電磁波を想定するために平面波とする. 検知対象については, FDTD 法における演算の正確性を詳細に検討することができるように, 解析空間の中心に配置するものとする. 検知対象の物性については, 今回は強盗が所有する危険物を想定するため, 金属製の武器を対象として解析を行う. これらから, 危険物周辺の高周波帯電磁波応答を見ることで, 正確な検知結果を得るだけでなく, 危険物の物性の違いによる応答特性への影響や検知難易度等についての検証を行い危険物探知に繋げることを目指す.

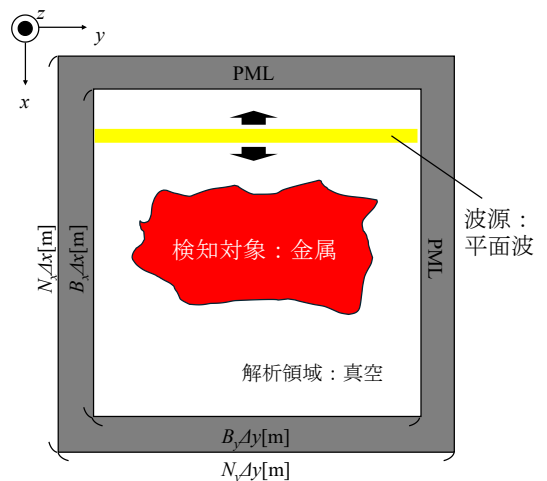


Figure 1. 解析モデル

参考文献

- [1]法務省法務総合研究所：令和6年度版犯罪白書—女性犯罪者の実態と処遇—, 2025年.
 [2]宇野亨：FDTD法による電磁界及びアンテナ解析, コロナ社, 東京, 2004年.
 [3]橋本修：実践FDTD時間領域差分法, 森北出版, 東京, 2009年.

1：日大理工・学部・電気 2：日大理工・電気