

ミリ波パッシブイメージング用誘電体レンズの2次元FDTD解析

2D FDTD Analysis of Dielectric Lens Used for Passive Millimeter-Wave Imaging

井上 大聡[†] 佐藤 弘康[†] 澤谷 邦男[†] 水野 皓司[‡]
 Hirotohi Inoue Hiroyasu Sato Kunio Sawaya Koji Mizuno
[†]東北大学大学院工学研究科 [‡]東北大学電気通信研究所

[†]Graduate School of Engineering, Tohoku University [‡]Research Institute of Electrical Communication, Tohoku University

1. はじめに ミリ波パッシブイメージング装置は対象物から放射されるミリ波帯の熱雑音を画像化する装置である。受信される熱雑音電力は帯域幅に比例し、帯域幅は受信アンテナやLNAを含む受信回路の帯域幅で決まる。したがって、受信熱雑音電力の変化を評価する必要がある。本報告では、2次元FDTD法を用いて、帯域幅に対する熱雑音電力の解析を行った結果を述べる。

2. 解析モデル 文献[1]で設計されたレンズの解析モデルを図1に示す。設計周波数は35GHzである。レンズは比誘電率 $\epsilon_r = 9.73$ 、幅 $D = 104.4\text{mm}$ 、焦点距離 $f = 104.4\text{mm}$ 、厚さ $t = 10\text{mm}$ である。なお、FDTD解析において $\Delta x = 0.1\text{mm}$ 、 $\Delta y = 0.1\text{mm}$ 、解析領域 2009×5009 、PML4層を用いた。 $a = 200\text{mm}$ 、 $d = 15\text{mm}$ の位置に配置した線波源から放射され、 $b = 200\text{mm}$ の位置に生じる電界強度から電力を求めた。

3. 解析結果 y 軸について対称な位置に $\Delta X = 2d$ の距離を隔てて置かれた2つの波源を想定し、FDTD法で求めた像面の電界強度から電力スペクトル

$$P^{\text{FDTD}}(f, x) = |E^{\text{FDTD}}(f, x)|^2 + |E^{\text{FDTD}}(f, -x)|^2 \quad (1)$$

を求め、周波数領域で積分し受信電力

$$P^{\text{FDTD}}(x) = \int_{f_c - B/2}^{f_c + B/2} P^{\text{FDTD}}(f, x) df \quad (2)$$

を求めた結果を図2に示す。ただし、帯域幅は $B = 5\text{GHz}$ である。比較のために、レンズ幅 D の開口からのフランホーファ回折

$$E^{\text{Theory}}(f, x) = \frac{D \sin(DX)}{DX}, \quad X = \frac{\pi x}{\lambda b}, \quad \lambda = \frac{c}{f} \quad (3)$$

を用い、(1)、(2)式と同様に電力を計算した結果も併せて示す。

両者は概ね一致しており、 $x = 0$ における振幅の落ち込み量は像の分解能に関係しており、FDTD解析が -14.2dB 、(3)式が -16.7dB であった。帯域幅に対する像面での最大電力と落ち込み量の変化を図3に示す。帯域幅の増加に対し、落ち込み量は増加する一方、最大電力はほぼ線形に増加し(3)式と概ね一致した。

4. まとめ ミリ波パッシブイメージングを想定した受信熱雑音電力のFDTD解析を行った。その結果、開口の回折パターンから求めた電力と概ね一致し、帯域幅の変化に対する像面での電力と落ち込み量の関係が定量的に得られた。

参考文献 [1] 的野春樹, 我妻壽彦, 水野皓司, “ミリ波帯小型パッシブイメージング装置,” 2004電子情報通信学会ソサイエティ大会, C-2-107, 2004.

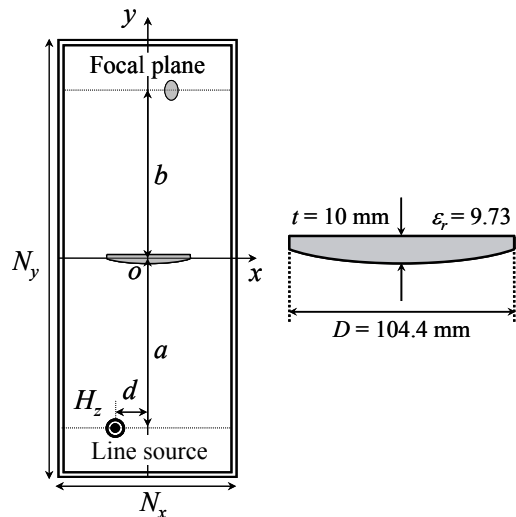


図1 レンズの構造と解析モデル。

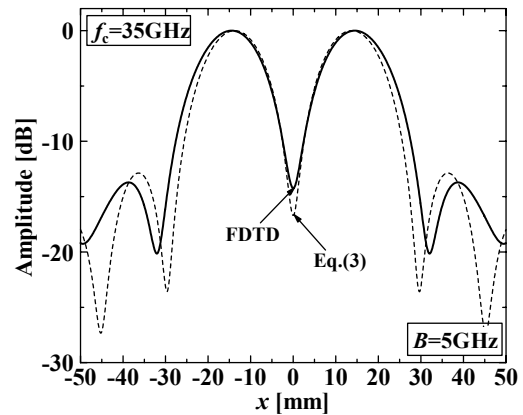


図2 像面 ($b = 200\text{mm}$) における電力分布。

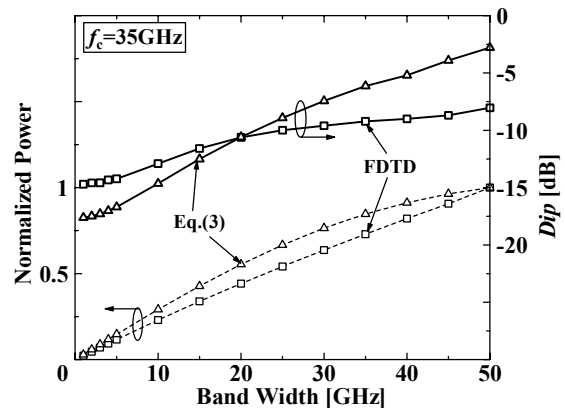


図3 帯域幅に対する像面での最大電力と落ち込み量。