

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[‡]

Hiroto 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の空間分解能を評価するためには、2つのインコヒーレント波を放射する物点による像面の回折パターンを分離できるかを評価する必要がある。本報告では、2次元 FDTD 法を用いてインコヒーレント波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。 $a = 200\text{mm}$ の位置に、間隔 ΔX 、幅 $s = 1\text{mm}$ の2つのスリットを設けた導体板を置き、その後方 $d = 25\text{mm}$ の位置にランダムな位相を持つ線波源列を x 軸方向に2008本配列した。この波源から放射され、2つのスリットを通過して $b = 200\text{mm}$ の位置に生じる電界強度を求めた。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。

3. 解析結果 $\Delta X = 20\text{mm}$ (2.3λ)、 30mm (3.5λ) の場合の像面 $b = 200\text{mm}$ における回折パターンを図2に示す。比較のために、同相の線波源を用いた場合の結果も示す。また、レンズ前面に置かれた幅 D の開口からの回折パターン

$$E(x) = \frac{D \sin(DX)}{DX}, \quad X = \frac{\pi x}{\lambda b} \quad (1)$$

を用い、

$$P(x) = E(x - \Delta X/2)^2 + E(x + \Delta X/2)^2 \quad (2)$$

を計算した結果も併せて示す。 $\Delta X = 20\text{mm}$ の場合、コヒーレント波解析では2つのスリットが分離できていないが、インコヒーレント波解析では分離できる結果が得られた。また、インコヒーレント波解析は(2)式の結果と概ね一致している。 $\Delta X = 30\text{mm}$ の場合には、コヒーレント波解析においても2つのスリットが分離でき、(2)式の結果と概ね一致している。 $x = 0$ における振幅の落ち込み量は、 $\Delta X = 20\text{mm}$ の場合はインコヒーレント波解析が4.9dB、(2)式の結果が3.3dB、 $\Delta X = 30\text{mm}$ の場合はそれぞれ14.7dB、17.5dBであり、概ね一致する結果が得られた。

4. まとめ 2つの波源から生じる像を分離できるかを検討するために、2次元FDTD解析のインコヒーレント波解析を行った。その結果、開口の回折パターンと概ね一致する結果が得られた。

[1] 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.

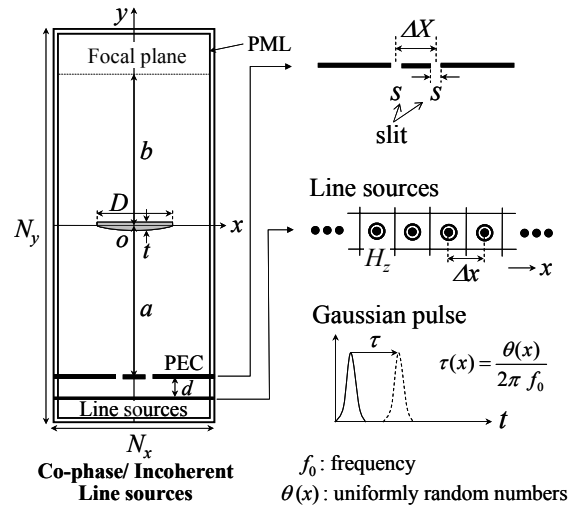
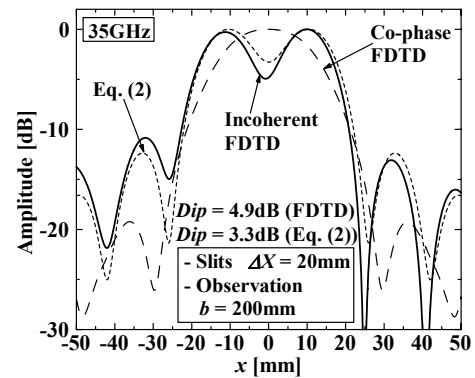
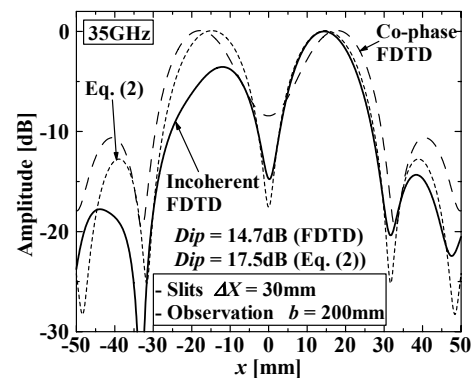


図1 レンズの解析モデル (2つのスリットとコヒーレント/インコヒーレント線波源列)



(a) スリット間隔 $\Delta X = 20\text{mm}$ の場合



(b) スリット間隔 $\Delta X = 30\text{mm}$ の場合

図2 像面 ($b = 200\text{mm}$) における回折パターン