

2層の正方環型FSSを用いた 5G周波数帯遮へいの特性改善に関する数値解析

末松 翔*, 工藤 孝人**

(*大分大学大学院理工学研究科 **大分大学理工学部)

1 まえがき

本研究では、2層の正方環型FSS (Frequency Selective Surface)を用いた選択的電磁波遮へいについて検討している[1],[2]. 本稿では、携帯電話の5G周波数帯を対象とし、FDTD (Finite-Difference Time-Domain)法に基づく3次元解析により周波数特性を数値的に考察したので報告する[3].

2 問題設定

図1に解析領域の全体図を示す. 波源として半波長ダイポールアンテナを設定する. 同図中の $(i_{\text{sor}}, j_{\text{sor}}, k_{\text{sor}})$ はアンテナギャップの座標, $(i_{\text{max}}, j_{\text{max}}, k_{\text{max}})$ は原点Oからの最遠点を示す. 同図の j_{FSS1} と j_{FSS2} はそれぞれ、1層目と2層目の正方環型FSSの導体の配置セルを示す. また、吸収境界として16層のPML (Perfectly Matched Layer)を用いている[3]. 図2 (a)に単位正方環型FSS, 同図(b)に正方環型FSSの側面図を示す. 図2(a)中の p_1, p_2 は単位正方環型FSSの1辺の長さ, d_1, d_2 は導体の1辺の外径, w_1, w_2 は導体の幅を表す[2]. 単位正方環型FSSの導体はガラスに埋め込まれている. 2層のFSS間は真空とし、ガラスの厚さは2セル、導体の厚さは1セルとしている.

表1にFDTD法における解析の諸元設定を示す. 表中の Δu はセルサイズ, Δt はタイムステップサイズ, ϵ_r はガラスの比誘電率, σ は導体の導電率を示す. また、表2に単位正方環型FSSのパラメータ設定を示す.

電界透過率については、まずFSSを配置せずに電磁波を照射し、観測電界の平均を求める. 次にFSSを配置して、同様の観測を行う. 最後に両者の絶対値の比を導出し、これを電界透過率(R_{EFC})とする[2].

3 解析結果および考察

本稿では、2層の正方環型FSSを用いた構造体の電磁波遮へい特性について先行研究の結果と比較し、考察する. 図3に周波数特性を示す. 先行研究では、非遮へい帯域の高周波側が不安定であることが問題であった[1]. 今回、1層目のFSSだけでなく、2層目のFSSのパラメータを試行錯誤しながら調整を行ったところ、先行研究の結果と比較して非遮へい帯域の高周波側を安定させることができた. その反面、遮へい効果が弱まったが、目標遮へい帯域のみを確実に遮へいしている. 遮へい目標の5G周波数帯では、最大で35dB程の遮へい効果が確認できる.

4 まとめ

2層の正方環型FSSを用いた5G周波数帯の電磁波遮へい特性について数値的に解析した. その結果、十分な遮へい効果が得られ、それ以外の帯域での電磁波遮へいに関しても、先行研究と比較して一定程度改善することができた. 今後は、遮へい効果の向上や非遮へい帯域をさらに安定させることなどを目標にし、研究を進める予定である.

参考文献

- [1] 末松翔, 令和6年度大分大学卒業論文, 2025.
- [2] 安部慎太郎, 工藤孝人, 2024年度電子情報通信学会九州支部学生会講演会, C-01, 2024.
- [3] 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, 2016.

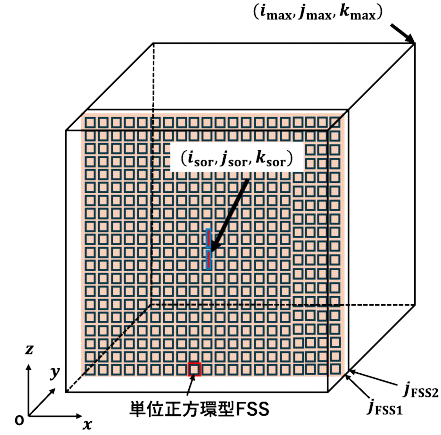
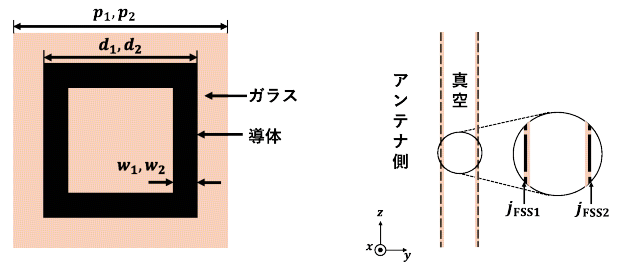


図1 解析領域



(a) 単位正方環型FSS (b) 側面図

図2 正方環型FSS

表1 諸元設定

$(i_{\text{sor}}, j_{\text{sor}}, k_{\text{sor}})$	(250,30,250)	ϵ_r	6.0
$(i_{\text{max}}, j_{\text{max}}, k_{\text{max}})$	(500,500,500)	σ	3.5×10^7 S/m
Δu	1.0 mm	ステップ回数	6400回
Δt	1.5 ps	PML層数	16層

表2 単位正方環型FSSのパラメータ設定

	$(j_{\text{FSS1}}, j_{\text{FSS2}})$	(p_1, p_2) [mm]	(d_1, d_2) [mm]	(w_1, w_2) [mm]
(i)	(70, 86)	(22, 20)	(12, 12)	(1, 1)
(ii)	(70, 86)	(22, 22)	(12, 13)	(1, 1)

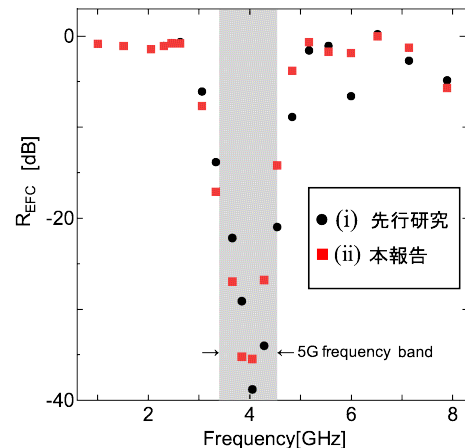


図3 周波数特性