

S-NAP PCB Suiteの プレーン共振特性の検証

(S-NAP PCB Suite紹介資料)

2014年6月

2017年7月 追記

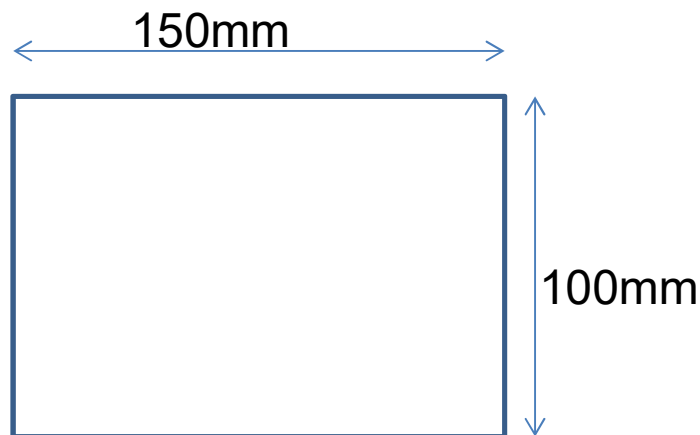
株式会社 エム・イー・エル

単純形状時の特性

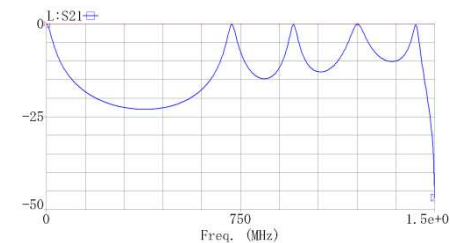
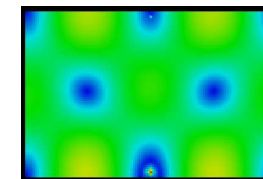
- 矩形形状の平行平板の共振周波数は、以下の(1)式で表わすことができます

$$f_{mn} = \frac{c}{2\pi\sqrt{\epsilon_r}} \sqrt{\left(\frac{m\pi}{a}\right)^2 + \left(\frac{n\pi}{b}\right)^2} \quad (1)$$

- 150x100mmの矩形パターンの理論値とS-NAPのシミュレーション値は以下の通りです。



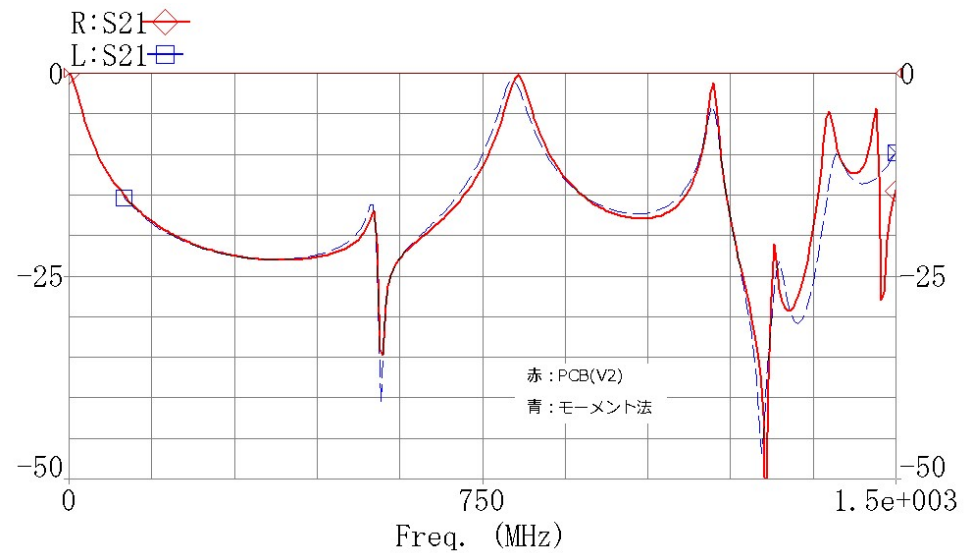
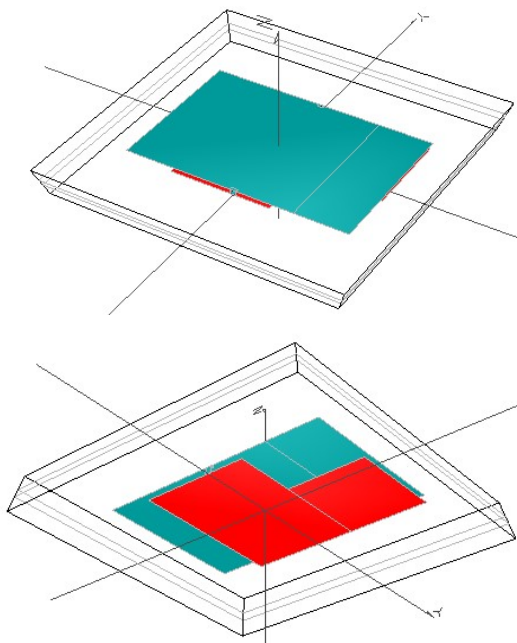
モード		共振周波数[GHz]	
M	N	解析値	理論値
0	1	0.72	0.73
2	0	0.95	0.98
2	1	1.20	1.22
0	2	1.43	1.46



Sパラメータ特性

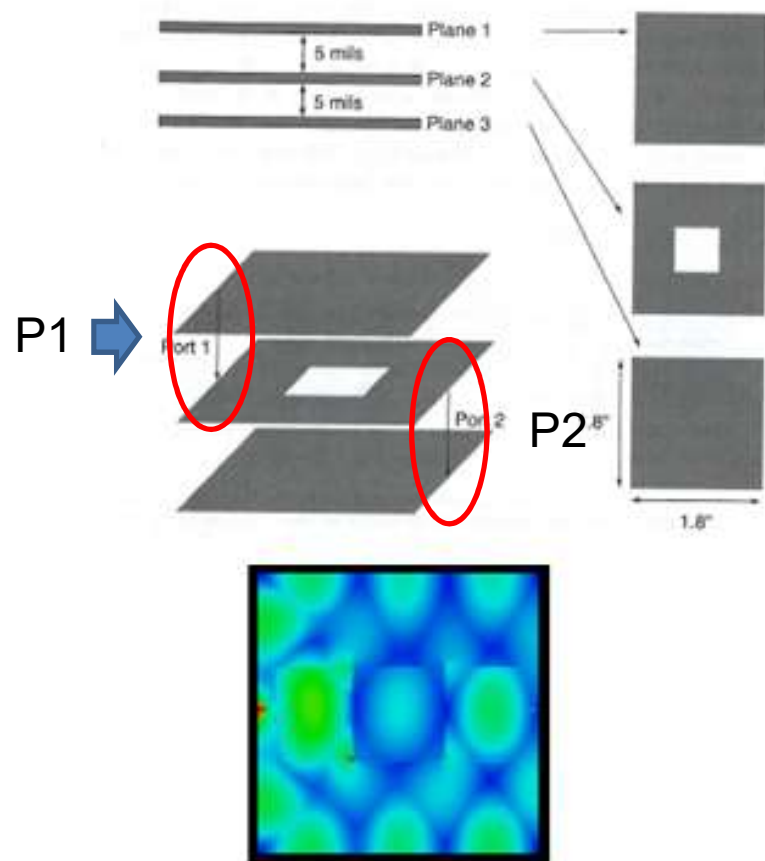
対向するプレーンサイズが異なる場合

- 図のような形状における共振特性をモーメント法解と比較する
- 1.4GHz程度までほぼ一致します



アパーチャを介しての結合

- ・3層基板の伝送特性
- ・文献データとほぼ一致します



The three-plane structure shown in Figure 2-57 was fabricated using FR-4 dielectric layers with $\epsilon_r = 4$ and $\tan\delta = 0.02$ [32]. Figure 2-64 shows that there is good agreement regarding the transmission coefficient S_{12} obtained from the measurement and the M-FDM. S_{12} results solely from the coupling through the aperture and could be very accurately captured. This is a large amount of coupling.

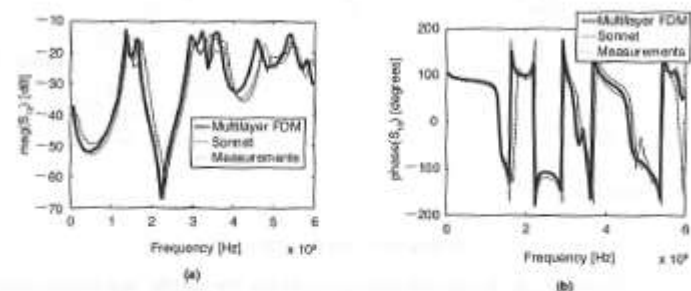
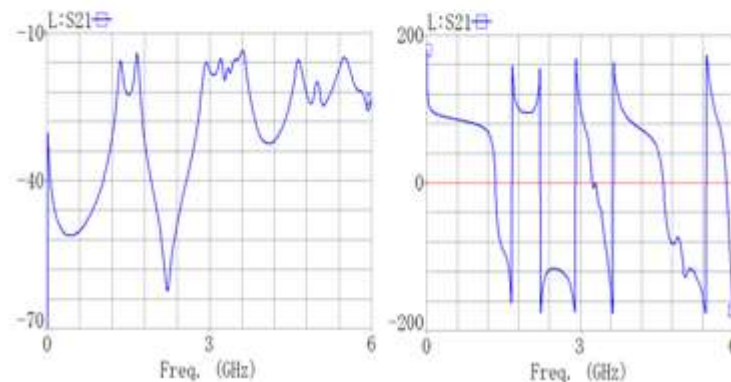
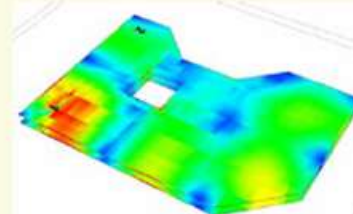
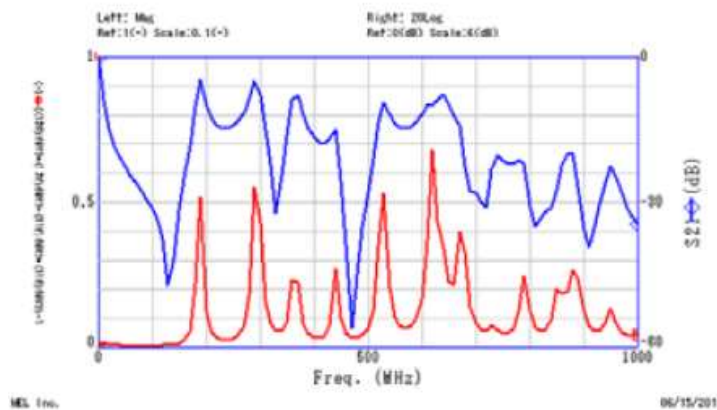
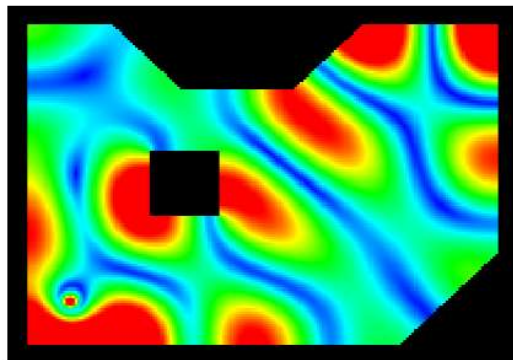


Figure 2-64 (a) Magnitude and (b) phase of the transmission coefficient S_{12} for the three-layered test vehicle in Figure 2-57. By permission from A. E. Engin, K. Bharath, and M. Swaminathan, "Multilayered finite-difference method (M-FDM) for modeling of package and printed circuit board planes," *IEEE Transactions on Electromagnetic Compatibility*, vol. 49, no. 2, pp. 441–447, May 2007, © 2007 IEEE.

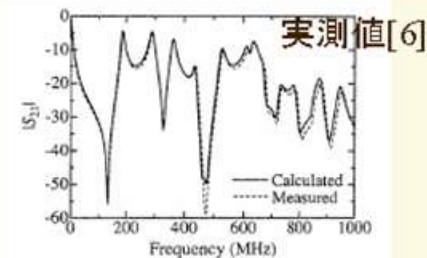


研究報告との比較

- ・2層基板の伝送特性について論文発表されているデータと比較する
- ・結果は実験値ともほぼ一致します



最大外形:338x248[mm]
H=1.6mm、Er=4.25

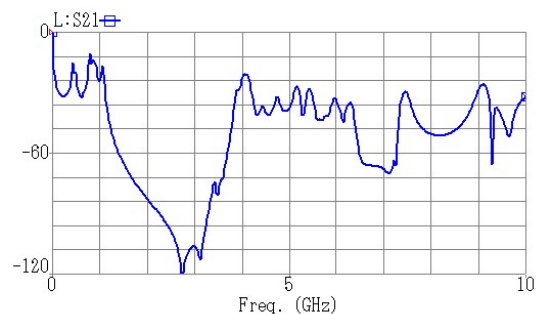


豊田啓孝、和田修己、古賀隆治、王志良、"多層プリント回路基板における電源-グランド層共振特性の高速計算"、電子情報通信学会技術研究報告、MST2004/01-07

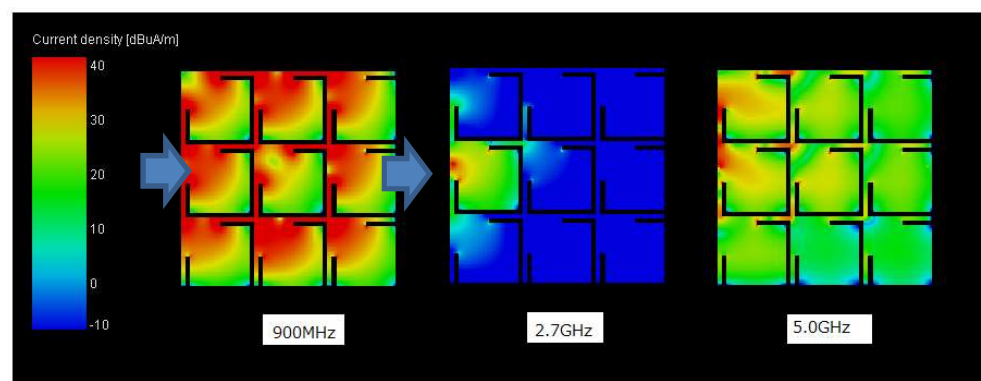
EBG解析例

- EBG (Electromagnetic Band Gap) 特性パターンを設計する
- このような検討も容易に行えます

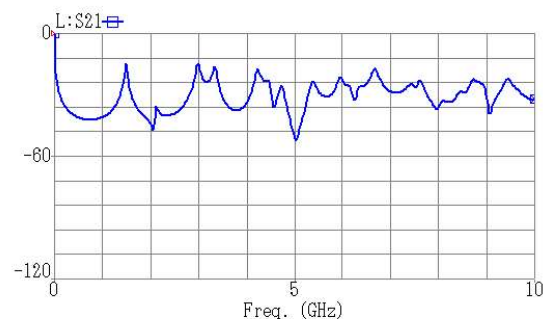
解析時間: 1.2分



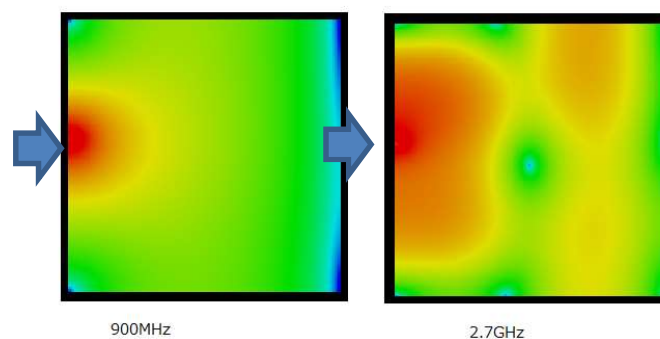
EBG構造特性



電流分布



ベタ構造特性

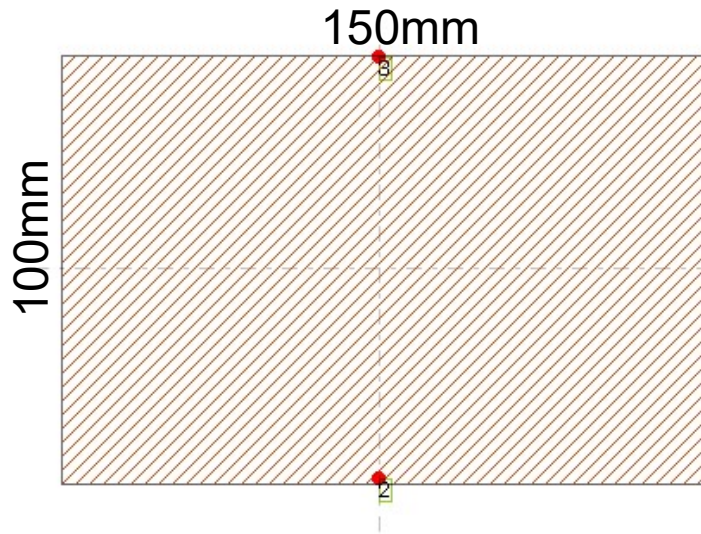


プレーンのスイッチング

プレーン共振特性は、一般的にはインピーダンスや伝達関数で議論されますが、実際のスイッチング動作状態ではどのような振る舞いになっているのでしょうか、

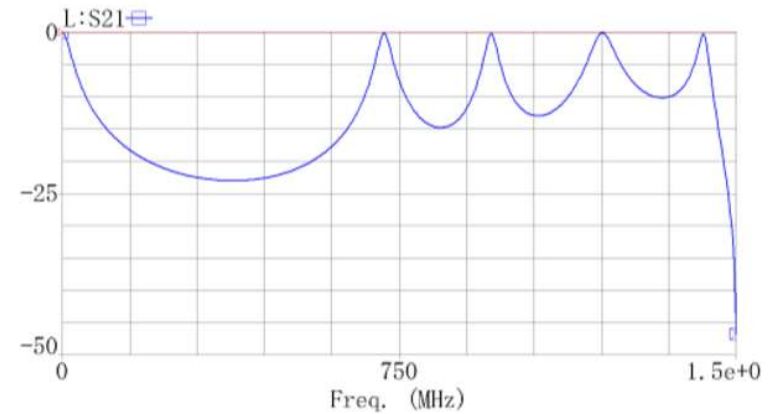
平行平板モデル

P2で用いた平行平板を用いて検討を行います。
サイズなどは以下の通りで、S-NAP/PCBのS
パラメータ解析で求めた周波数は、理論値に
ほぼ一致することがわかっています。



H=1.6mm
Er=4.5

モード		共振周波数[GHz]	
M	N	解析値	理論値
0	1	0.72	0.73
2	0	0.95	0.98
2	1	1.20	1.22
0	2	1.43	1.46

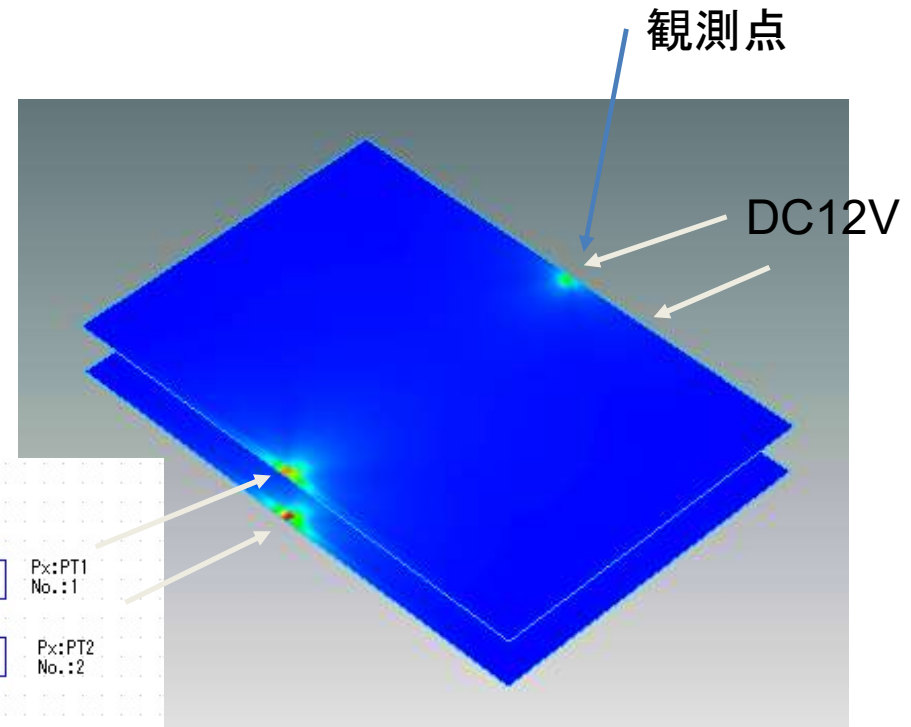
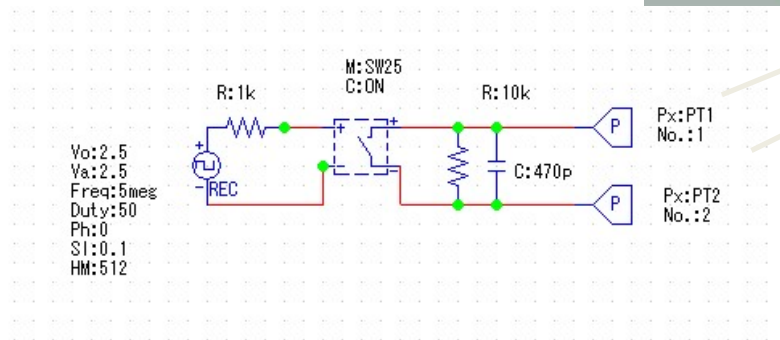


Sパラメータ特性(S21)

プレーンスイッチングモデル

スイッチング状態をシミュレーションするために、ポート1に内部抵抗 1Ω の直流電源を接続し、ポート2には、5MHzでスイッチングする素子を取り付けました。

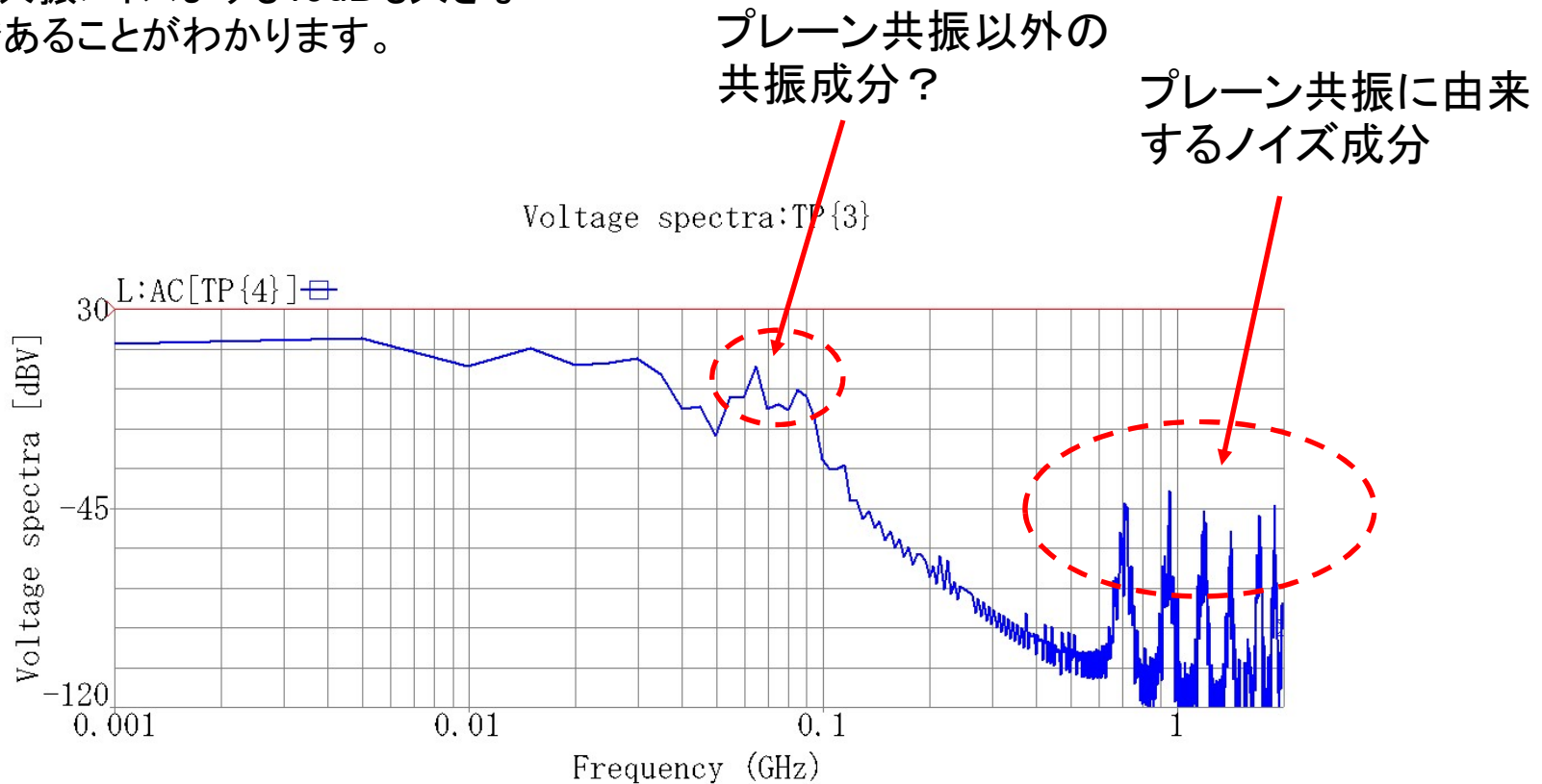
これをハーモニック・バランス法を用いた非線形定常応答解析で解析してみます。



伝導ノイズ

下図はポート1にプローブを設置した場合のスペクトル分布です。
700MHzあたりから上に存在する櫛の歯のようなスペクトルは、Sパラ解析で得られたプレーン共振と同じ周波数に存在しますので、プレーン共振に由来するノイズ成分と考えられます。

一方、70MHz付近のスペクトルは、それ以外の原因による共振と考えられますが、プレーン共振ノイズよりも40dBも大きなレベルであることがわかります。

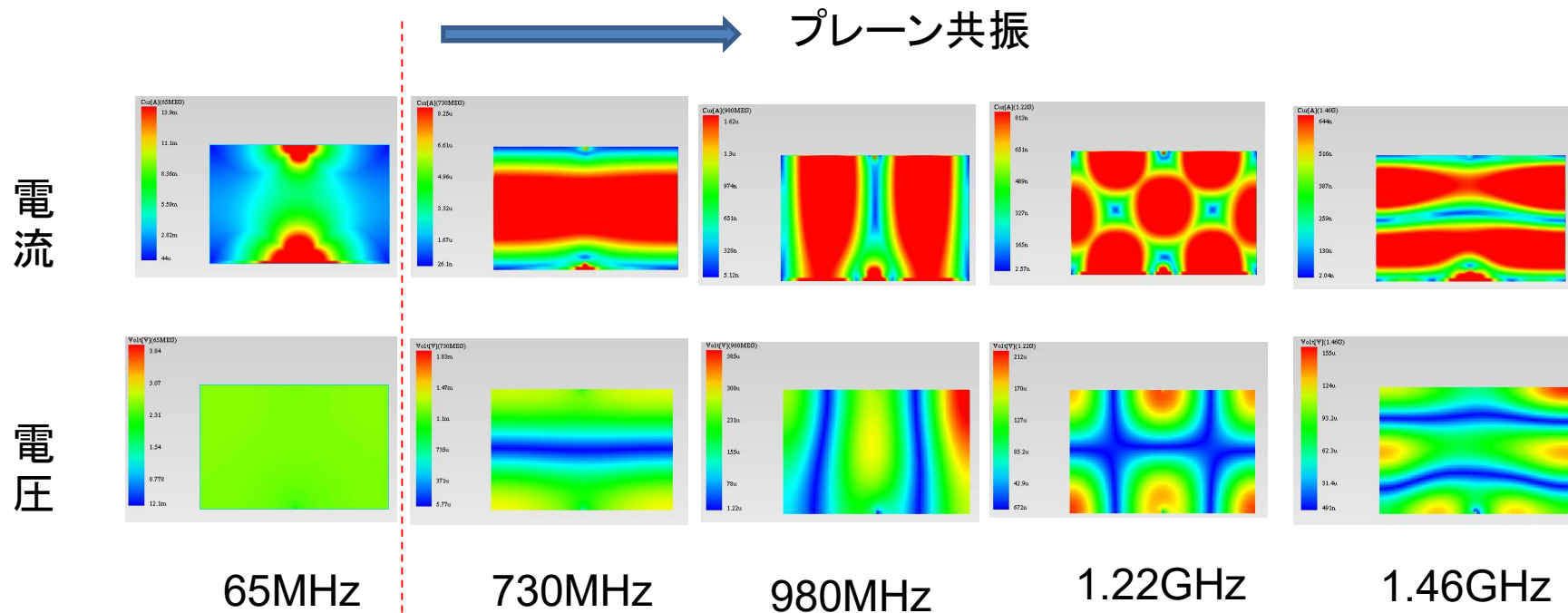


ポート1の電圧スペクトル

スイッチング時の電流分布と電圧分布

各共振周波数における電圧電流分布を示します。730MHz以上はプレーン共振周波数ですので、電圧電流分布共に各モードが分布していることがわかります。

65MHzの共振は、電圧分布では全く共振現象は確認できないことがわかります。



まとめ

- 数種類のプレーン共振問題を検証しました
- 対向するプレーンサイズが異なる場合でも好結果が得られることがわかります
- スイッチング時の伝導ノイズをシミュレーションし、プレーン共振周波数に一致するノイズスペクトルが確認できました。
- 一方で、それ以上に大きなノイズスペクトルが低域の周波数帯に存在していることも確認できました。
- この低域の共振周波数は、電圧分布では確認できないこともわかりました。