

# EMC 問題のケース・スタディ

## —— テラビット・ルータのトラブル・シューティング事例

小暮裕明

前回まで2回にわたり、電磁界解析ソフトウェアで解けるさまざまな例題を分野別に概観することで、電磁界解析ソフトウェアを速習するコツを探りました。今回はテラビット・ルータのトラブル・シューティングという具体的なミッションにおいて、電磁界解析ソフトウェアのどの機能を使ってどのように問題を解決したか、紹介します。(筆者)

### はじめに

電磁界解析ソフトウェアが商用化され始めた1980年代と比較すると、現在の豊富な機能は、ちょうどシンプルなテキスト・エディタと最新の多機能ワープロほどの違いがあるかもしれません。繰り返されるバージョンアップは、とどまることを知らないパソコンの低価格化、高性能化によるところが大きいのですが、一方で、文字さえ打てればよいのに多機能ワープロを使ってしまったといった現状にも似ています。

筆者が初めて電磁界解析ソフトウェアを手にした10年ほど前は、簡単なマイクロストリップ線路や導波管の解析結果にさえ新鮮な驚きを覚えました。よりリアルな問題を解きたくても、メモリや計算速度の制約があったので、テキスト・エディタ級の機能で十分だったのかもしれません。最近ハードウェア、ソフトウェアともに進化したことで、10年前にはあきらめていた問題が解けるようになってきましたが、そうなれば解決したい問題は一気にリアルになるのが心情というものです。

環境は整ったかには見えますが、いざ具体的に自分の仕

事で使おうとすると、マニュアルをじっくり読んだとしてもどこから手をつけてよいのか迷ってしまうことが少なくありません。多機能ワープロのマニュアルを1ページ目から順に読んでも、すぐに社内報を作れないように、われわれには「社内報の作りかた」といったケース・スタディが必要なのです。

## 1 EMC 問題と電磁界解析ソフト

### ●電磁波の放射メカニズムと変位電流

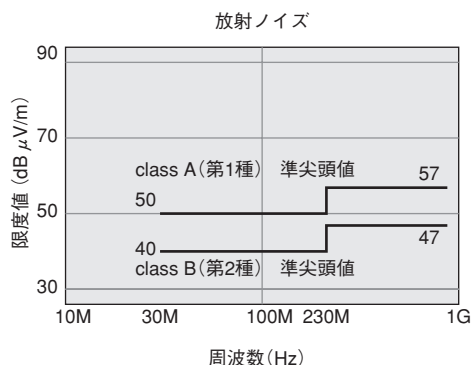
最近になって電磁界解析で扱うようになった問題に EMC があります<sup>注1</sup>。昨年シンガポールで電磁界解析のセミナーの講師を務めましたが、そのとき強く要請のあったタイトルが「高周波設計とEMI/EMC」でした。受講者は学生と民間企業の技術者が半々でしたが、席上、電磁界解析ソフトウェアで EMC 問題を解決した具体的な事例はあるのかという質問があり、準備していった啓蒙的な内容だけでは満足させられなかったのではないかと思います。印象が残りました。

われわれの身の回りにある電気製品は、互いになんらかの電磁的な影響を与え合って稼働していますから、まさに「EMC とは、電磁波に対する環境問題である」と言えます<sup>1)</sup>。心臓ペース・メーカーの電磁波障害など、電磁環境の問題が社会に及ぼす影響も大きくなっていますが、開発者が直面するのは、VCCI、FCC などに規定されている不要輻射の規制値でしょう<sup>注2</sup>。

図1はVCCIの定める放射ノイズ規制の例です<sup>2)</sup>。放射物から3m離れた地点における放射ノイズの限度値を規定したグラフですが、230MHzを超えると7dB規制値が緩やかになっています。なぜ230MHzなのか、それより高い周波数でなぜ規制値が緩やかになるのか、門外漢の筆者は即答できないのですが、プリント配線板からの不要輻射については、以前から「魔の200MHz帯」といわれているようです<sup>3)</sup>。

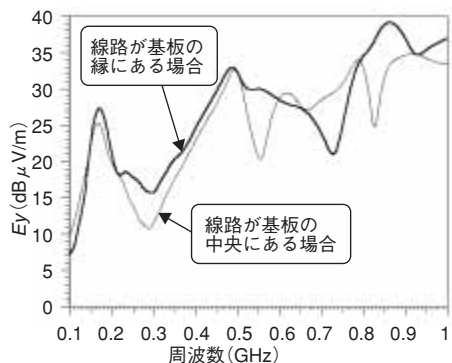
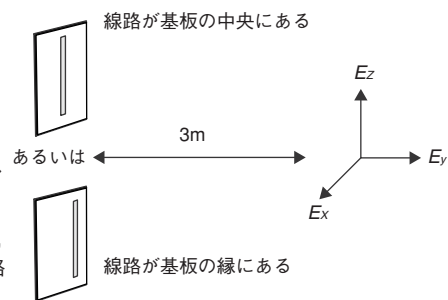
注1 EMC (electromagnetic compatibility, 電磁環境両立性)。IEEE (米国電気電子学会)の電気・電子の辞典では、「人工システムが、電磁環境を汚染し、ほかに妨害を与えるような不要電磁エネルギーを放出することも、また同時に電磁環境の影響を受けることもなく、その性能を十分に発揮できる能力」と説明されている。

注2 日本ではVCCI (情報処理装置等電波障害自主規制協議会)、米国ではFCC (アメリカ連邦通信委員会)がそれぞれ規格を定めている。



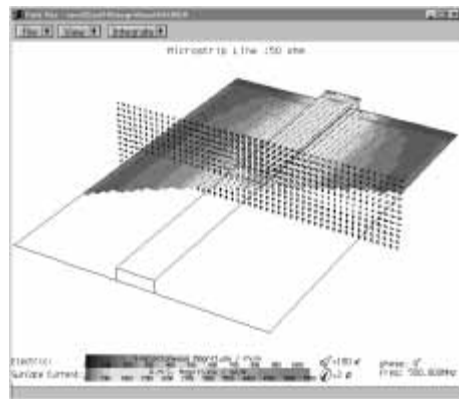
◀〔図1〕  
VCCIの放射ノイズ規制例  
(3m法)

〔図2〕▶  
解析した2種類のプリント  
基板  
誘電体層 100mm×200mm,  
1mm厚, 比誘電率 4.8, 線路  
幅 1mm.



◀〔図3〕  
3m先の観測点での電界

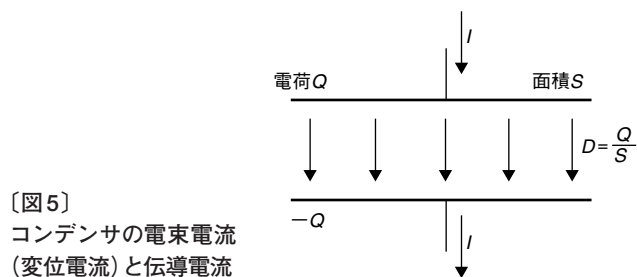
〔図4〕▶  
マイクロストリップ線路近傍  
の電界の様子



KCC社のMicro-Stripes<sup>注3</sup>を用いて、図2のような2種類のプリント基板をシミュレーションし、3m先の観測点で電界を求めた結果を図3に示します。細線は線路が基板中央部にあるマイクロストリップ線路で、太線は線路が基板の縁にある場合です。後者のほうが、全周波数にわたって観測される電界レベルが高くなっているのがわかりますが、一部逆転している周波数も見受けられます。

全体的な傾向としては周波数が高くなるにしたがって放射のレベルも高くなっていますが、これは次のように考えられます。マイクロストリップ線路は、図4に示すように、信号線路パターンとグラウンドの間に強い電界を生じます。基板とグラウンドの間はコンデンサのようにも見えますが、この部分をコンデンサ・モデルとして図5のように簡略化してみます。

いま導体板の電荷 $Q$ が増加すると、導体板から発生する電束<sup>注4</sup>は増加します。そこで微小時間に变化する電束密度 $D$ の増加の割合 $\partial D/\partial t$ を考えてみます。図5に示すように、コンデンサに接続されている線路に流れる電流 $I$ は、コンデンサの前後で連続しているかに見えますが、導体板間は空間(または誘電体)ですから不連続になっています。そこでコンデンサ内に $\partial D/\partial t$ の密度を持った仮



〔図5〕  
コンデンサの電束電流  
(変位電流)と伝導電流

想的な電流が流れるとすれば、この電流とコンデンサの配線路に流れる電流は連続であると考えられます。

これを電束電流または変位電流と呼んでいますが、この変位電流はマクスウェル<sup>注5</sup>によって名づけられました(本誌1999年1月号の連載第1回を参照)。そして、変位電流も線路に流れる電流とまったく同じ磁界をつくると

注3 Micro-Stripesの問い合わせ先: KCC日本支店(TEL 03-5352-6455), <http://www.micro-stripes.com/>

注4 電束とは誘電体中(真空も含む)の電氣的な状態を表す仮想的な線で、正の電荷から始まり負の電荷に至る。

注5 イギリスの物理学者(1831~1879)。ファラデーの場の構想をもとに、「電磁場の力学論(1864)」など多くの論文を発表。電磁場の基本方程式(マクスウェルの電磁方程式)をまとめ、この理論により電磁波の存在、光と電磁波の同等性を予言した。  
<http://www.sonnetusa.com/bio/summary.asp>