

# ゼロからはじめる電磁界シミュレータの活用

有限会社ソネット技研 石飛 徳昌 tovy@SonnetSoftware.co.jp

2012年2月6日

## 概要

これから電磁界シミュレータを使ってみようと思っている人向けに、見逃されがちな重要な概念や前提と、関連する無料のツールや参考文献を紹介します。

### 0.1 コンピュータって [1]

■0とか $\infty$ は扱いづらい プログラムの何処かでうっかり0で割るとアウトです。だから交流を扱うプログラムと直流を扱うプログラムは別にしてあります。

■細かく計算しても精度は上がらない 図1は $\int_{-\pi}^{+\pi} \cos^2(x)dx$ を計算した誤差です。積分区間を細かく分割すれば誤差が増えています。有限な精度の計算機では、誤差が最小になる最適な刻み幅 $h_{opt}$ があり、それより荒くても細かくても、誤差が増えます。

■解析規模の限界は小さい  $N$ 元連立方程式を解くには $N^2$ に比例したメモリと $N^3$ に比例した計算時間が必要です。3次元空間の一辺あたりの未知数を2倍にすると空間の未知数は8倍、メモリは64倍、計算時間は512倍必要になります。

### 0.2 波長! 波長! 波長! 高周波の基礎概念 [2]

■波長より遥かに小さい部品は “集中定数部品” です。ちょっとした電磁気学の知識と低周波用の電磁界シミュレータで部品の構造からそのL,C,Rの値を知る

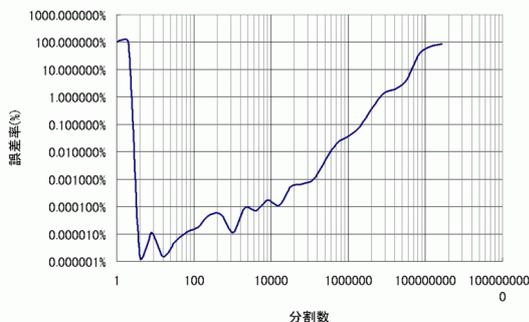


図1  $\int_{-\pi}^{+\pi} \cos^2(x)dx$ の分割数と誤差率の関係  
細かく分割すると誤差が増える

ことができます [3]。無料の Sonnet Lite でも計算できます。

■波長より遥かに小さい回路は “集中定数回路” です。SPICE[4]で解析できます。

■波長に対して細長い物は “伝送線路” です。伝送線路の “特性インピーダンス” と “電気長” は、ちょっとした電磁気学の知識か、巷に溢れる無料の計算ソフトで計算できます。無料の Sonnet Lite で計算できる構造もあります。それらを組み合わせた回路は SPICE で解析できます。

■波長に対して薄い物は “平面回路” とか “平面多層回路” です。たぶん無料の Sonnet Lite で計算できます。計算結果は  $Z, Y, S$  等の行列です。L, C, R,  $Z_0$ , “電気長” 等の概念は使えない場合があります。

■波長に対して厚い物は “導波管” とか “キャピティ” です。Full-3D 電磁界シミュレータが必要です。計算結果は  $Z, Y, S$  等の行列あるいは、場の分布です。回路の概念は使えない場合があります。

■波長より遥かに大きいものは 電磁界解析できません。\*1

### 0.3 電波とアンテナと測定

■大きい回路は放射する、小さいアンテナは放射しない 図2のように,\*2 放射の強さは大きさと波長の比に強く依存します。

■小型アンテナの指向性と整合は 余り重要ではありません。なぜなら、小型アンテナの指向性は緩やかで、どれも大差ありませんし、適切な中心周波数と整合は理論的には必ず実現できるからです。しかし小型化すればするほど帯域幅は狭く、放射効率は悪く、周囲の影響を受けにくくなります。

\*1 金と時間に糸目がなければ解析できますが、状況を改善したり、最適化するのは無理です。

\*2 文献 [5] “6-6 far-field patterns of circular loop antennas with uniform current.” より  $E_{\phi} = \frac{60 \cdot \pi \cdot C_{\lambda} \cdot I}{r} \cdot J_1(C_{\lambda} \cdot \sin \theta)$

■殆どの人の測定とシミュレーションは一致しない  
暗室、ポジション、測定器等、いくらお金をかけても小型アンテナを正しく測定できる人は殆ど居ません [6].  
シミュレーション [7] は測定より遥かに安く、短い訓練期間で信頼できる結果を得られます。

#### 0.4 無料の道具

■octave,scilab は数値計算ソフトウェア。複雑な数値計算を簡単に実行できる。 [8], [9]

■Maxima は数式処理ソフトウェア。微分、積分、求解、部分分数展開、通分、行列演算などの数式の変形を間違いなく実行できる。 [10]

■LT-SPICE 今もっとも一般的な SPICE. [4]

■Sonnet Lite 唯一無料の高周波用電磁界シミュレータ [11], [7][2][3]

#### 参考文献

- [1] 伊理・藤野, 数値計算の常識, 共立出版, 1985.
- [2] 石飛, “波長による高周波の分類とそれぞれの性質,” 2011-02-03. 高価なシミュレータや測定器を買ったりインピーダンスマッチングの精度に悩むより重要な高周波に取組む前に知っておくべき重要な概念のまとめ. 高周波をより細かな領域に分類し, 高周波用の測定器や理論やシミュレータや概念が特定の領域でしか通用しないことを説明する. 特に伝送線路とインピーダンスの概念, 放射や不要結合の代表的な事例が高周波のどの領域に属するか. <http://www.SonnetSoftware.co.jp/support/tips/rfbasics.pdf>
- [3] 石飛, “Sonnet による磁気トランスの解析,” 2010-09-16. 13.56MHzRFID のタグやリーダーライ

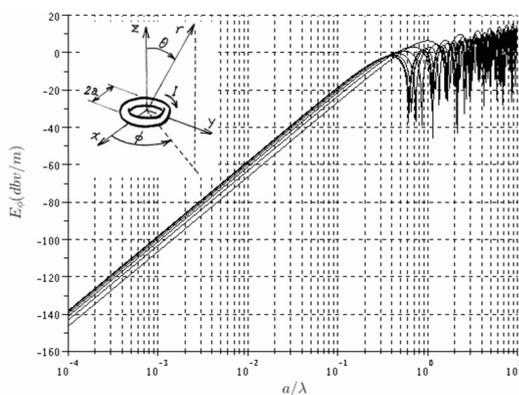


図2 電流ループの大きさ  $a/\lambda$  と放射電界の関係  
 $a/\lambda$  により概ね3つの領域に分かれる。

ター, ワイヤレス給電の設計, 特にアンテナの設計にかかわる方に知っておいていただきたい基礎知識をまとめてあります.Sonnet 以外に必要なツール, アンテナやトランスを等価回路で考えた時の基本的な性質. 測定値や電磁界解析の結果から等価回路の素子値を読み取る方法,Sonnet で解析するモデルを作るときに注意すべきこと. [http://www.SonnetSoftware.co.jp/support/tips/magnetic\\_transformer.pdf](http://www.SonnetSoftware.co.jp/support/tips/magnetic_transformer.pdf)

- [4] 渋谷道雄, LTspice で学ぶ電子回路, オーム社, 2011. 多くの SPICE の解説本の中でも最も実務的でしかも SPICE の深い機能まで解説してある.
- [5] J.D.Kraus, Antennas : second edition, McGraw-Hill, 1988. あらゆる形のアンテナについて設計手法や考え方をまとめた古典.
- [6] 石井望, アンテナ基本測定法, コロナ社, 2011. 高周波とアンテナの基礎となる理論もコンパクトにまとめながら, 近代的な測定器の機能を生かしたカルトな手法や, 泥臭い現場で見逃されがちな問題の判別法まで読み易く解説した良書.
- [7] 石飛, “Sonnet によるアンテナ解析のガイドライン,” 2012-01-18. 電磁界シミュレータ Sonnet を使ってアンテナの解析をする場合に従うべき設定や操作のまとめ. <http://www.SonnetSoftware.co.jp/support/tips/antenna.pdf>
- [8] John W.Eaton, “Gnu octave 数値計算のための高水準対話的言語,”. GNU の octave のマニュアルの日本語版. <http://www.obihiro.ac.jp/suzukim/masuda/octave/man/octave-20060720.pdf>
- [9] 大野修一, “scilab 入門,” 1995-9-4. <http://scilabinfo.files.wordpress.com/2010/02/introscilab.pdf>
- [10] 中川義行, “Maxima 入門ノート”. <http://www.eonet.ne.jp/kyo-ju/maxima.pdf>
- [11] 石飛, “ソネット入門,” 2011-08-31. 無料の電磁界シミュレータ Sonnet Lite のインストールと操作を説明した入門書, 電磁界解析に取り組むための多量の参考文献を含む. <http://www.SonnetSoftware.co.jp/free/installhow2/installhow2.pdf>