Emgraph と Touchstone ファイルの活用

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

2016 年 10 月 7 日

1　Touchstone ファイル [1]

Touchstone ファイルは，主に S,Y,Z パラメータの周波数特性を記述するファイルで，高周波用測定器，シミュレータ，部品ライブラリなどで広く使われている．[*1] Touchstone ファイルの内容は例えば下記の様に記述されたテキストファイルである．

```
! コメント
#GHz S MA R 50
1.0 0.03 10 0.95 210 ...
1.1 0.04 15 0.92 219 ...
  :
```

“！”で始まる行はコメントであり，数字で始まる行は周波数ごとのデータである．“#”で始まる行は，最初の文字列が周波数の単位，二番目がパラメータの種類で “S”, “Z”, “Y” のいずれか，３番目は複素数の表現形式を意味しており “MA”(Magnitude Angle), “RI”(Real Imagynary), “DB”(Magnitude in dB) のいずれかである．“R” に続く数字は正規化インピーダンスで，S パラメータの場合は 50，Z,Y パラメータでは 1 の場合が多い．

2　Emgraph グラフプロットモジュール [2]

仕様の確認や Causality Test のため Touchstone ファイルをグラフ化したり加工したりする必要がある．高周波シミュレータはこの目的に使用することができるが，動作が重く，高価である．

Sonnet Emgraph は無料の電磁界シミュレータ Sonnet Lite に含まれるプログラムモジュールの一つである．Touthcstone ファイルのグラフ化や S,Y,Z パラメータの変換や，それらを引数とする関数を定義のグラフ化ができる．Emgraph は単機能のプログラムモジュールであり動作が軽い．

2.1　グラフ

- 直交グラフとスミスチャートとアドミタンスチャートを選択できる．
- S パラメータのグラフでは正規化インピーダンスとして 50Ω だけでなく，任意の複素数に設定できる．
- 直交グラフの横軸は対数と真数を選択できる．
- 直交グラフの縦軸は S,Y,Z パラメータの実部，虚部，絶対値，角度，絶対値の dB，さらに関数に設定できる．

2.2　データ変換

S,Y,Z パラメータを相互に変換し，Touchstone ファイルまたは CSV ファイルで書き出すことができる[*2]．

2.3　関数

幾つかの関数が予め定義されている．例えば 1 ポート Touchstone ファイルを引数とする “Inductance1”= $\mathrm{Im}(Z)/2/freq$ や “Capacitance1”= $\mathrm{Im}(Y)/2/freq$ はよく用いられる．“Inductance2”, “Capacitance2” も 2 ポートで測定した 2 端子部品のプロットに有用である [3].

この他自由に関数を定義して，例えば下記のような項目をグラフ化することができる．

- 磁気トランスの自己インダクタンスと結合係数 [4]
- 一様でない伝送線路の伝搬定数 [5]
- 能動素子の安定係数 [6]

[*1] S パラメータの記録に使われることが多いことから単に “S パラファイル”，あるいはファイル名の拡張子から “s2p” ファイルと呼ばれることもある．しかし別の拡張子が使われることもあるし，Y,Z パラメータの記述に使われることもある．本稿では “Touchstone ファイル” と記載する．

[*2] S,Y,Z 以外の Lossfactor，関数などは直交グラフの縦軸に設定することはできても，書き出すことはできない．

- アンテナの効率
- ワイヤレス給電システムの効率 [7][8]

ここではこれらの詳細を述べることはできないので一例として文献 [9] で解説されている共振器の Q をプロットする関数を定義する手順を説明する．

1. “ emgraph ” に Sonnet の解析結果をプロットするなり，測定された S パラメータファイルを与えるなりして，“ menu ” を有効にする．
2. “ emgraph ” で Equation - Manage Equations... を選び “ Equation Management ” を開く．
3. New... ボタンをクリックし “ Add equation ” を開く．
4. “ Required タブ ” タブを選ぶ．
5. “ Equation Name ” に例えば “ Resonator_Q ” と入力する．
6. “Arguments” Add... ボタンをクリックし “ Add argument ” を開く．
   (a) “ Name ” にたとえば “A” と記入し
   (b) “ Parameter ” を “ Y,Z ” に
   (c) “ Ports ” を “ any ” に設定し
   (d) OK ボタンで閉じる
7. “ Edit equation ” ダイアログの “ Required タブ ” タブに戻り，“ Equation Body ” に

```
FREQ /2 /real(A[f])
*sqrt (
    ( (real(A[f+1])-real(A[f-1])))^2
  + ( (imag(A[f+1])-imag(A[f-1])))^2
) /(FREQ[f+1]-FREQ[f-1])
```

   と入力し， OK ボタンで閉じる．
8. Close ボタンで “ Equation Management ” を閉じる．

以上で関数の定義はできた．この関数をプロットするには “ emgraph ” で Equation - Add Equation Curve... でダイアログを開き定義した関数を選択し，適切な引数を設定すればよい[*3]．

[*3] この関数は内部で数値微分 (周波数に対する傾き) を行っているので桁落ちにより有効桁が失われる恐れがある [10]．その場合は共振器の Q に応じた周波数分解のデータを用意する必要がある．どんな引数に対しても期待した意味の Q がプロットされるわけではない．Q の意義に照らして意味のある引数を設定しなければならない [9]．

参考文献

[1] , “Touchstone(r) file format specification version 2.0,” Apr. 24 2009. Touchstone 形式のファイルフォーマット．https://ibis.org/touchstone_ver2.0/touchstone_ver2_0.pdf.

[2] 石飛徳昌，“Sonnet 入門，” 例題を実際に入力解析しながら操作を説明する自習書. http://www.SonnetSoftware.co.jp/free/，2010.

[3] 藤城義和，“S パラメータによる電子部品の評価，” May 2007. https://product.tdk.com/ja/technicalsupport/tvcl/pdf/an-sp06a001_ja.pdf

[4] 石飛徳昌，“Sonnet による磁気トランスの解析，” 13.56MHz RFID や共鳴型ワイヤレス給電の電磁界解析結果から等価回路定数を導く理論的解説. http://www.SonnetSoftware.co.jp/support/tips/magnetic_transformer.pdf，2010.

[5] 石飛徳昌，“Sonnet を使った crlh(composite right/left-handed) 線路の解析，” Sept. 2011. http://www.sonnetsoftware.co.jp/support/tips/crlh/crlhline.pdf

[6] 石飛徳昌，“S パラメータとユーザー定義関数による安定係数 k の表示，” ソネット技研 . http://www.sonnetsoftware.co.jp/support/tips/user_defined_equation/

[7] 石飛徳昌，“ワイヤレス給電システムの最大効率 η max のプロット，” CEATEC2014 出展社セミナ ES10,NW13,4J, Oct. 2014. http://www.sonnetsoftware.co.jp/product/seminar/ceatec2014/

[8] 大平　孝，“高周波電力伝送系における最大効率の統一理論，” 信学技報 WPT2014-5, vol.114, no.9，pp.23–25，2014-04-17.

[9] 大平　孝, “共振回路のQファクタ，” MWE2011 TL2011 05a，Dec. 2011. http://apmc-mwe.org/mwe2012/pdf/tut11/TL2011_05a.pdf

[10] 石飛徳昌，“数値計算シミュレータ常識のウソ，” 数値計算について誤解されがちな常識を短く紹介した文書．http://www.SonnetSoftware.co.jp/product/seminar/tsy2010/tsy2010.pdf，2010.