

表計算ソフトウェアによる伝送線路シミュレーション

Simulation of transmission lines using a spreadsheet

北海太郎 北海花子
Taro Hokkai Hanako Hokkai

北海大学
Hokkai University

1. まえがき

Excel に代表される表計算ソフトウェアは、波動シミュレーションやデジタル信号処理等、物理・工学分野の様々な問題を解くために利用されている[1]。その特徴としてあげられるのは、プログラムやコンピュータ言語に関する知識をほとんど必要としないアプローチが可能であること、解析のために必要なグラフ機能や関数が標準で揃っていること等である。ここでは伝送線路理論において表計算ソフトウェアを利用することを検討し、周波数領域、時間領域のシミュレーション環境を構築することができることを述べる。提案手法は小・中規模のシミュレーションや教育目的の利用に有効である。

2. 周波数特性および時間域特性の解析

図1に示す伝送線路の周波数特性は、入力端における反射係数 R_r を用いて次のように与えられる。

$$S = 1 - |R_r|^2, \quad R_r = (Z_{in} - R_g)/(Z_{in} + R_g) \quad (1)$$

ただし、 Z_{in} は入力インピーダンスで、線路の縦続行列の成分 A, B, C, D を用いて次のように求められる。

$$Z_{in} = (A \cdot R_l + B)/(C \cdot R_l + D) \quad (2)$$

A, B, C, D は各区間の縦続行列の積によって求められ、複素数である。複素数を成分として持つ行列の乗算を Excel で行うためここでは行列演算用のアドインを導入した[2]。図2に求められた周波数特性を示す。回路パラメータの変更を Excel に入力すれば、その結果は直ちにグラフに反映される。

次に、時間域特性について考える。伝送線路上を伝搬する電圧、電流の時間域特性は連立偏微分方程式で記述される。この方程式を差分化すると次式が得られる[3]。

$$i_{p-1}^{q+1} = \left(1 - \frac{R_{p-1} + R_p}{L_{p-1} + L_p} \Delta t\right) \cdot i_{p-1}^q + \frac{2\Delta t}{(L_{p-1} + L_p)\Delta x} \cdot (v_{p-1}^q - v_p^q)$$

$$v_p^{q+1} = \frac{1}{a_p} \cdot v_p^q + \frac{\Delta t}{a_p C_p \Delta x} \cdot (i_{p-1}^{q+1} - i_p^{q+1}), \quad a_p = 1 + \frac{G_p \Delta t}{C_p} \quad (3)$$

式(3)を、境界条件を含めてセル間の関係として表現することにより電圧、電流の時間域シミュレーションができる[3]。Excel の機能を利用して、線路上の任意の位置の電圧、電流値を直ちにグラフ表示することが可能である。また、線路上を伝搬する波形をアニメーションとして観察することもでき、回路パラメータの変更を Excel に入力すれば、直ちにグラフやアニメーション結果に反映される。

3. まとめ

標準ソフトウェアといえる Excel を利用した伝送線路シミュレーション環境の構築が可能であることを示した。ここでは、数学的に導出した結果を Excel で計算するという従来多かったアプローチではなく、行列演算や差分解析などの演算自体を Excel の機能で行っている。本手法は、小・中規模のシミュレーションや教育目的の利用に有効であると考えている。今後は、より複雑な回路シミュレーションにおける表計算ソフトウェアの利用について、有効性を含め検討したい。

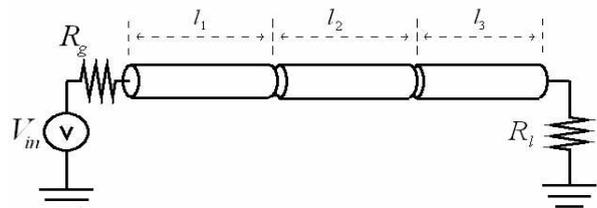


図1 多段接続された伝送線路
(入出力端 50 Ω, 特性抵抗は左から 75, 100, 75 Ω, 線路長はすべて 33mm)

図2 伝送線路の周波数特性

参考文献

- [1] 例えば、木村，エクセルで解く線形・非線形方程式の数値計算，丸善，1999.；並木等，Excel ではじめるデジタル信号処理，技術評論社，2000.
- [2] Matrix and LINEAR ALGEBRA Package for EXCEL, <http://digilander.libero.it/foxes/index.htm>