

電気系複合シミュレータの開発

Development of Combined Simulator for Electrical Engineering Education

○今岡 聖也、外谷 昭洋(呉高専)

○Seiya Imaoka, Akihiro Toya (National Institute of Technology, Kure College)

E-mail: toya@kure-nct.ac.jp

1. 緒言

近年の技術の進歩に伴い、電気系分野においては電気・電子回路、電磁気学、制御工学を複合的に理解できる人材の育成が求められているが、現在この課題に対する有効な教材が少ない。そこで、他分野を複合したシミュレータを開発し、教育に応用することを本研究の目的とし、本稿では回路解析エンジンと、電磁界解析エンジンとの統合について報告する。

2. 解析方法

試作したプログラムは、時間領域の解析を行うため回路解析には修正接点解析法¹⁾を、電磁界解析には FDTD 法²⁾を用いて解析を行う。ここで両解析の統合には電流源法²⁾をベースに、端効果を考慮した解析へ拡張するための検討を行い、容量の抽出はガウス積分で行っている。

3. 動作検証

面積 $3[\mu\text{m}] \times 3[\mu\text{m}]$ 、厚さ $0.3[\mu\text{m}]$ の並行平板コンデンサ(間隔 $1.0[\mu\text{m}]$)に、抵抗 $R=20[\Omega]$ 、電圧源 $V=10[\text{mV}]$ を直列につないだ場合の回路をモデルとし、動作確認を行った(図1)。解析領域を $100 \text{セル} \times 100 \text{セル} \times 100 \text{セル}$ で、単位セルの一边の長さを $0.1[\mu\text{m}]$ と定義した。電磁界解析の時間ステップ Δt は Courant の安定条件を考慮し、十分小さい値とするため、 $\Delta t=9.62 \times 10^{-17}[\text{sec}]$ となっている。

吸収境界条件に Berenger の PML を適用し、パラメータとして層数 $L=5$ 、反射係数 $R_0=-40[\text{dB}]$ 、次数 $M=4$ を与え、解放空間を近似した解析を可能とした。

4. 結果

図2、図3に電磁界解析と回路解析の解析結果を示す。図2より、平板間では電界が一様になっていることや、端効果が発生していることが確認できる。また、図3より、回路シミュレーションで得られたグラフが端効果を考慮せず計算した静電容量の値($C_0=0.079[\text{fF}]$)一定の場合のシミュレーション値とほぼ同じになっている。これから、提案するプログラムによって電界の様子や過渡現象の動作をシミュレーションできることを確認した。

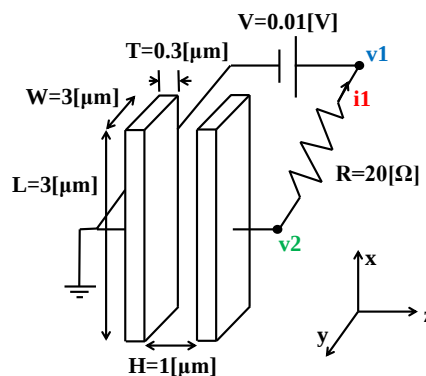


図1 解析モデル

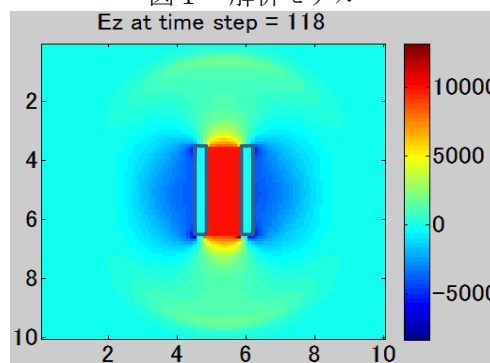


図2 電磁界解析結果の一例
(y=50 平面における E_z 成分 n=118)

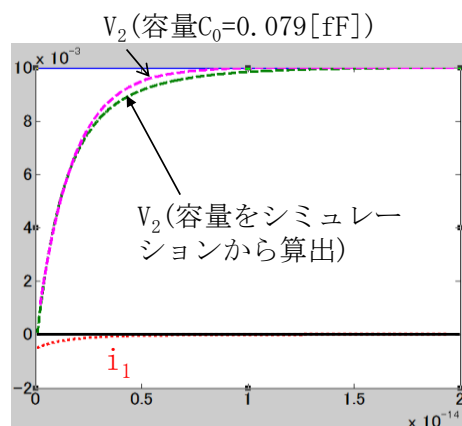


図3 回路解析結果
(縦軸：電圧 V[V] 電流 I[A], 横軸：時間[sec])

参考文献

- 1) 丹治 裕一, "回路シミュレータ SPICE の数学的背景と高速化について", 2014, pp.1-36, VLSI 夏の学校
- 2) 宇野 享, "FDTD 法による電磁界およびアンテナ解析", 1998, pp.176-183, コロナ社