C-2-75

角斜め切断正方形平面回路の固有モードの計算 ー差分方程式化・階段状近似によるー

Calculation of eigenmode for square-shaped planar circuit with slanting cut based on step like division and difference equations

平岡 隆晴　　手塚 忠志　　許 瑞邦
Takaharu Hiraoka　Tadashi Tezuka　Hsu, Jui-Pang
神奈川大学 工学部 電気工学科
Department of Electrical Engineering, Kanagawa University

1. はじめに　平面回路を微小の要素に等分割し、その分割要素毎で1階の平面回路方程式を差分方程式化し直接解く方法は、任意形状の平面回路を解析を行うのに有効な手法と考えられる。今回は斜め部分を階段状に近似した角斜め切断正方形平面回路に適用し、その固有モードを計算した。

2. 平面回路方程式の差分方程式化　平面回路の電磁界分布は、式(1)で示す平面回路方程式で計算することができる。但し、Bは平面回路のサセプタンス，Xはリアクタンス。この式(1)を図2に示す方法でM個の微小な要素に等分割し隣接する要素との電圧，電流分布の関係式で差分方程式化すると、式(2)のようになる。

$$\begin{cases} div\boldsymbol{J} = -jBV & \left(B = \dfrac{\omega\varepsilon}{d}\right) \\ gradV = -jXJ & (X = \omega\mu d) \end{cases} \quad (1) \quad \Rightarrow \quad \begin{cases} \boldsymbol{AJ} = -j\left(\dfrac{a}{m}\right)BV \\ \boldsymbol{BV} = -j\left(\dfrac{a}{m}\right)XJ \end{cases} \quad (2)$$

ここで、$\boldsymbol{A}$は電流密度に関する差分化要素，$\boldsymbol{B}$は電圧の差分化要素であり、行列で表される。式(2)の$\boldsymbol{J}$もしくは$\boldsymbol{V}$を消去することにより式(3), (4)の電圧，電流に関する固有値方程式となり、行列のdet=0より固有値が、固有ベクトル$\boldsymbol{V}$から固有モードの電圧分布が得られる。

$$\left[\boldsymbol{AB} + \frac{1}{m^2}(ka)^2\boldsymbol{I}\right]\boldsymbol{V} = 0 \quad (3) \qquad \left[\boldsymbol{BA} + \frac{1}{m^2}(ka)^2\boldsymbol{I}\right]\boldsymbol{J} = 0 \quad (4) \qquad (k^2 = XB = \omega^2\varepsilon\mu)$$

3. 角斜め切断正方形回路の固有モード　図1に一辺aをm分割した正方形平面回路($m\times m$)の一角をカット率C=c/aで階段状に切断した角斜め切断正方形平面回路を示す。図3はm=100分割，カット率Cを0から1.0までとしたときの(3)式に基づく固有値kaの計算結果である。図4は分割数mに対する固有値の収束性を示し、図5は各固有値に対応した低次の固有モードの電圧分布を示す。

4. むすび　平面回路方程式を差分方程式化し直接解く手法を示し、その適用例として分割数m=100としたときの角斜め切断正方形平面回路の固有モードを計算した。

参考文献　[1] 平岡，小島，田部井，許 「角斜め切断正方形平面回路の固有モード計算ー階段状分割・多線条伝送線路によるー」 1997年信学ソサイエティ大会SC-2-2　[2] 許，高木，平岡 「平面回路方程式の差分方程式化による数値計算ー正方形平面回路の固有値問題への適用ー」 1995年信学ソサイエティ大会C-102　[3] 高木，許 「平面回路方程式の差分方程式化による数値解析ー角切断正方形平面回路の固有モード計算への適用ー」1996年信学総合大会C-156

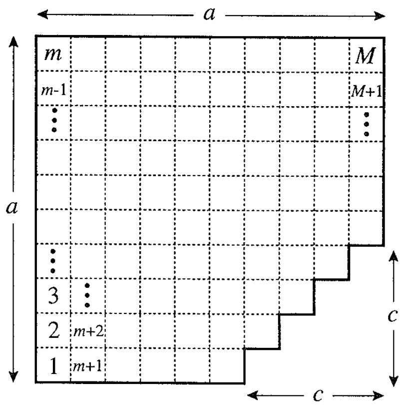
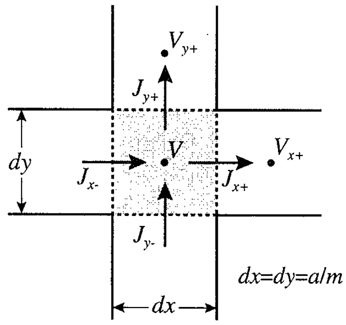


図1　角斜め切断正方形回路



(a) div$\boldsymbol{J}$ = -jBV の差分化

$$\frac{(J_{x+} - J_{x-})dy + (J_{y+} - J_{y-})dx}{dxdy} = -jBV$$

(b) grad V = -jX$\boldsymbol{J}$ の差分化

$$\frac{V_{x+} - V}{dx} = -jXJ_{x+}, \quad \frac{V_{y+} - V}{dy} = -jXJ_{y+}$$

図2　分割要素内の電圧，電流密度

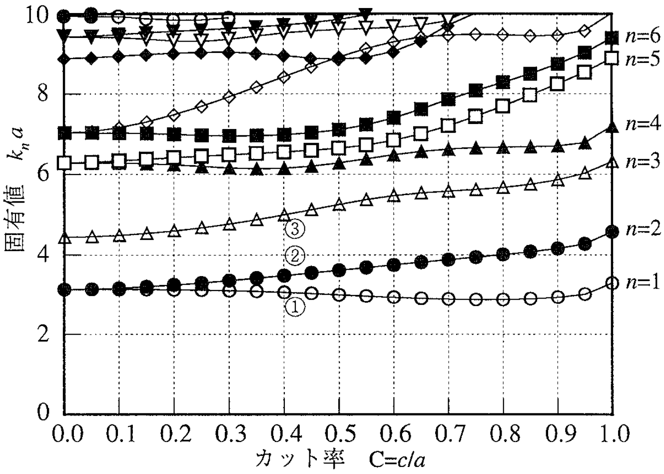


図3　カット率を変化させたときの固有値の推移

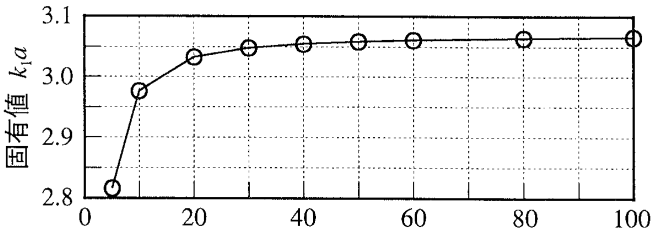


図4　分割数mによる固有値の収束性 (n=1, C=0.4)

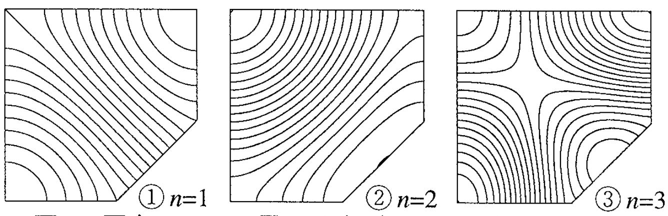


図5　固有モードの電圧分布（m=100分割，C=0.4）