

角切断正方形平面回路の固有モード解析 —伝送線路表示による—

Normal Mode Analysis of Corner-cut Square-sharped Planar Circuit by Transmission-line Representation

平岡 隆晴
Takaharu Hiraoka

小島 和也
Kazuya Kojima

許 瑞邦
Hsu, Jui-Pang

神奈川県工学部 電気工学科

Department of Electrical Engineering, Kanagawa University

1.はじめに 角切断正方形平面回路は、直角コーナの最適設計、縮退モードを利用した帯域通過フィルタに応用されるので、その特性を正確に解析することはたいへん有益である。この種の回路は、これまでレイリー・リッツの手法^[1]や差分法^[2]で解析を行ってきたが、今回は伝送線路的な取り扱いによる等価回路に基づいて、回路の固有値、固有モードを求めたので報告する。

2.伝送線路表示 角切断正方形回路は図1に示すように、正方形平面回路の一角をカット率 $C=c/a$ で切断したものであるが、伝送線路的に表示すると幅広の線路(#A)、幅狭の線路(#B)にわけて取り扱える。おのおのの線路は等価回路で表すと図2のようになり、伝搬定数やインピーダンスさらに固有関数は表1のとおりになる。#Aと#Bの不連続部は、伝送線路の固有関数から表される理想トランスの変圧比 n_{nm}^{AB} でもって結合される。回路端点での開放条件や変圧比から不連続部での電圧・電流は(1)~(4)式で表せる。この式より電圧、電流についての固有値問題を解くことで、固有値及び固有モードが求まる。

$$V_2^A = (Z_c^A \coth \gamma^A \ell^A) \bar{i}_2^A \quad (1) \quad V_1^B = (n^{AB})^t V_2^A \quad (3)$$

$$V_1^B = (Z_c^B \coth \gamma^B \ell^B) \bar{i}_1^B \quad (2) \quad \bar{i}_2^A = n^{AB} \bar{i}_1^B \quad (4)$$

3.固有値、固有モード カット率 C を0から1近傍まで変化させた場合の固有値を図3に示す。 $C=0$ のときは一辺 a の正方形回路を表し、 $C=1$ の場合は長さ $2a$ の伝送線路の固有値と一致する。また、考慮モード数は、今回は#A($n=10$ コ)、#B($m=5$ コ)と一定とした。このうち、(2,0)と(0,2)の和のモードについて、カット率を変化させた時のモードの推移の様子を図4に示す。

4.むすび 角切断正方形平面回路を線路幅の異なる伝送線路として取り扱い、その等価伝送線路に基づいて解析を行った。カット率を変化させていった時の固有値および固有モードの推移の様子を示した。今回示した解析法は、この種の回路の合理的な取り扱いとなるため、他の手法の計算精度の評価に利用できる。

5.参考文献 [1] 許, 穴田 「マイクロ波平面回路の計算機解析」 マイクロ波研究会 MW73-7 (1973年4月) [2] 高木, 許 「平面回路方程式の差分方程式化による数値解析—角切断正方形平面回路への適用—」 1996年信学総合全大C-156

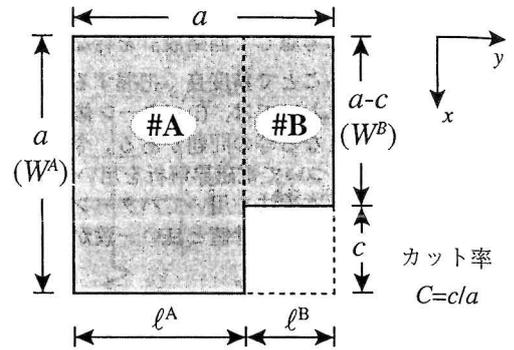


図1 角切断正方形平面回路 ($a \times a$)

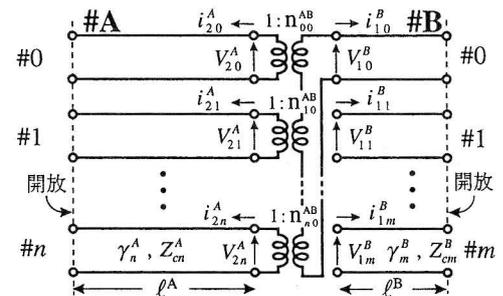


図2 等価回路表示

$$\gamma_n^A = \sqrt{\left(\frac{n\pi}{W^A}\right)^2 - k^2}, \quad \gamma_m^B = \sqrt{\left(\frac{m\pi}{W^B}\right)^2 - k^2} \quad k = \omega\sqrt{\epsilon\mu}$$

$$Z_{cn}^A = \frac{j\omega\mu d}{\gamma_n^A W^A}, \quad Z_{cm}^B = \frac{j\omega\mu d}{\gamma_m^B W^B}$$

$$f_n^A(x) = \sqrt{\epsilon_n} \cos \frac{n\pi}{W^A} x, \quad f_m^B(x) = \sqrt{\epsilon_m} \cos \frac{m\pi}{W^B} x$$

$$n_{nm}^{AB} = \frac{1}{W^B} \int_0^{W^B} f_n^A(x) f_m^B(x) dx$$

表1 等価回路定数

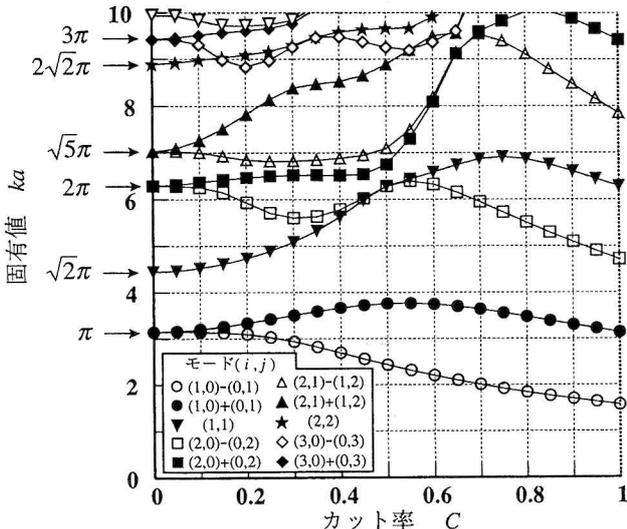


図3 固有値の計算結果

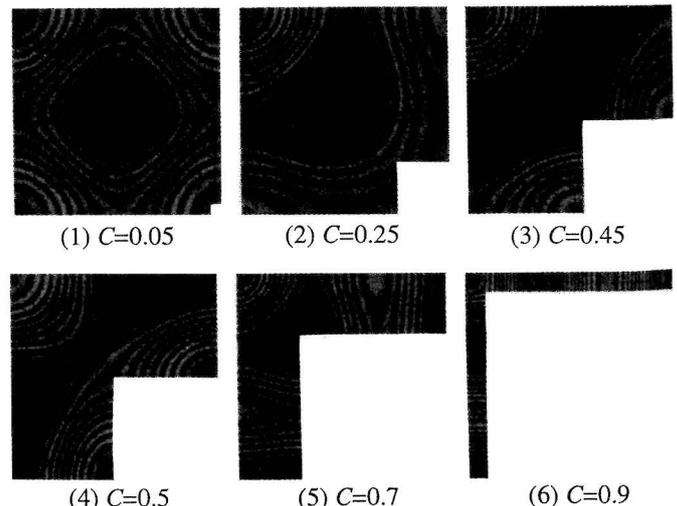


図4 固有モードの推移 (但し、カット率 $C=c/a$)