C-2-71

角斜め切断正方形平面回路の固有モードの計算 ―ストリップ線3段構成と対称性による―

Calculation of eigenmode for square-shaped planar circuit with slanting cut based on 3 stage connection of stripline

平岡　隆晴　　殿川　敬子　　許　瑞邦
Takaharu Hiraoka　Keiko Tonokawa　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　図1に示すようにストリップ線直角曲がりで斜め切断を適切に入れることにより周波数特性が改善されることが知られている。この最適切断をフォスタ型等価回路を用いて計算するためには図1に示す灰色部の表1に対応した固有モードを必要な個数，正確に計算する必要がある。ここではストリップ線路を図2に示すように3段に接続し、その対称性を利用することで角斜め切断正方形平面回路の固有モードを精度良く計算する手法およびその適用結果について述べる。

2. 3段構成の回路および対称性の利用　図1の平面接合部である角斜め切断正方形平面回路の計算には、図2(b)で示すようなストリップ線を3段に接続した構造を計算した。この時計算される3段構成回路の電圧分布の内、図2(a)のX-X'対称面で磁気壁となる固有モードを抜き出すと図1(a)$c<W$の形状に相当し、Y-Y'対称面で磁気壁となる固有モードは図1(b)$c>W$の形状に相当する。このように3段構成回路の解析を行い、X-X'およびY-Y'対称面で磁気壁（開放）となっている電圧分布の対称性を利用すると、図1(a),(b)の形状両方の固有モードが一度に求めることができる。また3段構成回路の解析は、図2(c)に示すように、不連続部の結合を理想変圧器の変圧比で、線路部をモード数pまで考慮した等価多線条伝送線路で表す等価回路で取り扱った。

3. 角斜め切断正方形回路の固有モード　図3は図2(c)の等価回路で領域#1の考慮モード数pを変化させたときの固有値の収束性で、図3(a)は1番目の固有値k_1aの収束性，同図(b)には高次モード10番目の固有値$k_{10}a$の収束性を示す。この結果伝送線路#1のモード数p=30程度すれば、固有値は充分収束していることがわかる。表はそれぞれ階段近似[1]および差分法[2]と固有値を比較した結果であるが、今回示した手法は3段構成で構造も簡単でかつ最も精度よく計算できると考えられる。図4に固有モードの電圧分布の計算結果例を示す。磁気壁の対称面より②④はX-X'が磁気壁のため$c<W$の固有モード，①④はY-Y'が磁気壁のため$c>W$の固有モードの電圧分布を表していることとなる。

4. むすび　ストリップ線3段構成回路で磁気壁対称面を利用することにより、角斜め切断正方形平面回路の固有モードを簡潔にかつ厳密に計算する手法を示した。この手法は角斜め切断回路の形状のみに有効な解析法だが、精度よく計算できるため、他手法（階段近似や差分法）との精度比較に利用できると考えられる。

参考文献　[1] 平岡, 許 「角斜め切断正方形平面回路の固有モード計算－階段状分割・等価多線条伝送線路によるー」 信学技報［マイクロ波］MW99-22
[2] 平岡, 手塚, 許 「角斜め切断正方形平面回路の固有モードの計算－差分方程式化・階段状近似によるー」 1999年信学総合大会 C-2-75
[3] G.Matthaei, L.Young, E.M.T.Jones "Microwave filters, impedance-matching networks, and coupling structure"

表1　平面接合部の固有関数系

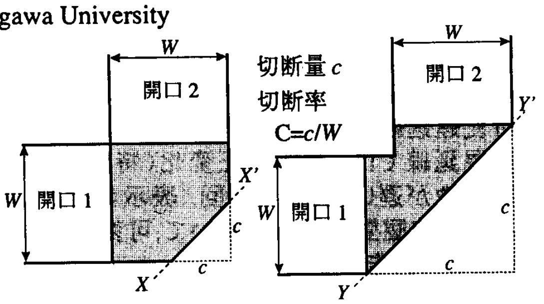
$$\frac{\partial\phi_n}{\partial x^2}+\frac{\partial\phi_n}{\partial y^2}+k_n^2\phi_n=0 \quad \text{in } S$$

$\boldsymbol{n}\cdot grad\phi_n=0$　平面接合部の周囲：開放

$k_0=0,\ k_1\le k_2\le\cdots$　固有値(n=0, 1, 2, …)

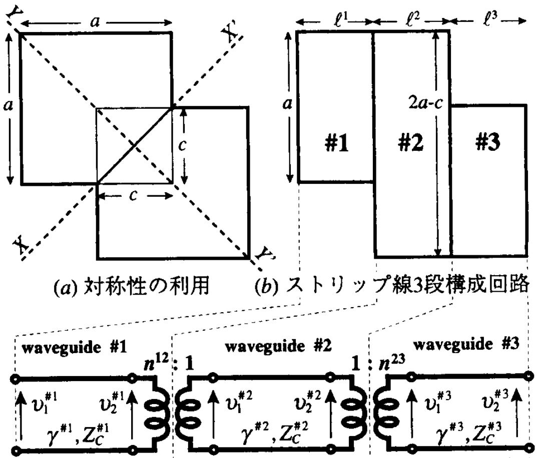
$\frac{1}{S}\iint_S \phi_n\cdot\phi_m dxdy=\delta_{nm}$　正規直交化

Sは平面接合部の面積



(a) $c<W$ (C<1.0)　(b) $c>W$ (C>1.0)

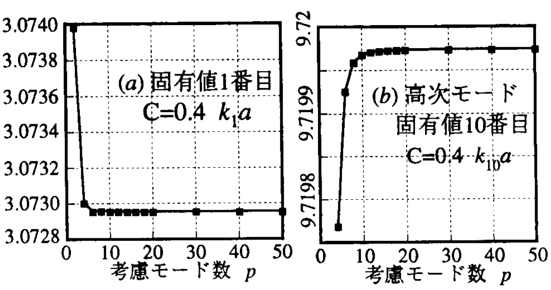
図1　角斜め切断正方形回路



(a) 対称性の利用　(b) ストリップ線3段構成回路

(c) 多線条伝送線路による等価回路（ベクトル表示）

図2　3段構成回路と磁気壁／電気壁対称面



k_1a		
	3段	3.072957
	階段[1]	3.074878
	差分[2]	3.066214

$k_{10}a$		
	3段	9.719974
	階段[1]	9.720164
	差分[2]	9.721360

図3　固有値の収束性および他手法との比較

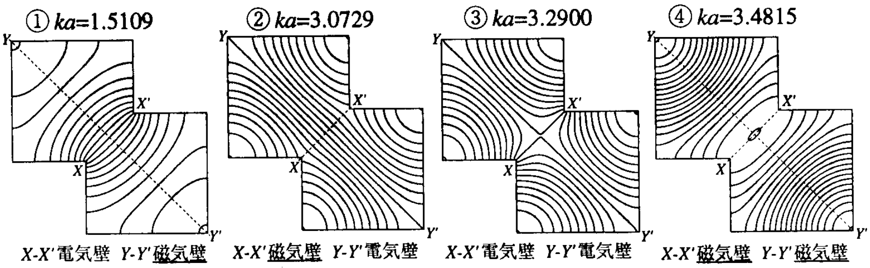


図4　固有モードの電圧分布（切断率X-X'：C=0.4, Y-Y'：C=1.6）