

C-2-47

方形導波管直角曲がりの固有電流モードによる解析 —モードアドミタンス行列に基づく—

Analysis of Rectangular Waveguide Right-angle Bend by Current Eigenmode based on Mode Admittance

平岡 隆晴 許 瑞邦

Takaharu Hiraoka Jui-Pang Hsu

神奈川大学 工学部 電子情報フロンティア学科

Department of Electronics and Informatics Frontiers, KANAGAWA University

1.はじめに これまで、直角曲がりのような接合回路型不連続の解析は、開放境界の接合回路に導波路が接続されたモデルを考え、接合回路の固有値（共振周波数）と接合回路-外部導波路間の結合度の両者より与えられるモードインピーダンスに基づいて行っていた。ところが、方形導波管直角曲がりでは、接合回路の開放境界と方形導波管の短絡境界とで境界条件が一致しない特異な点が生じてしまう。ここでは、短絡境界をもつ接合回路の電流固有モードを求め、対応するモードアドミタンス行列に基づく導出方法について報告する。

2.接合回路の固有電流モード 図1のような方形導波管直角曲がりにおいて、正方形接合回路のモード数 m, n 、固有電圧モード $\phi_{m,n}(x, y)$ 、固有電流モード $\psi_{m,n}(x, y)$ とすると、固有電流モードはベクトル場であるために、rotation-freeな場（勾配場 (E) : $\psi_{m,n}^E = -\text{grad}\phi_{m,n}^E$)と divergence-freeな場（回転場 (B) : $\psi_{m,n}^B = -\mathbf{k} \times \text{grad}\phi_{m,n}^B$)の和に分けて考えることができる。

3.モードアドミタンスの導出 接合回路の固有電流モードの電流密度分布から外部導波路との結合度 n が求められるので、直列共振器と理想変圧器からなる図2のような電圧励振型のフォスタ型等価回路が得られる。このときのモードアドミタンスは式(1)で与えられ、モード $m=1, n=1$ のときの周波数特性（赤線）を図3に示す。また、固有電圧モードより得られるモードインピーダンスは式(2)で表され、その周波数特性を図3（青線）に示す。

$$Y_{p,q}^{i,j} = \frac{1}{jL_0} \sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^N \frac{\omega}{\omega^2 - \omega_{m,n}^2} n_{p,(m,n)}^{Ei} \cdot n_{(m,n),q}^{Ej} \quad (\text{勾配場})$$

$$+ \frac{1}{jaL_0} \sum_{m=0}^M \sum_{n=0}^N n_{p,(m,n)}^{Bi} \cdot n_{(m,n),q}^{Bj} \quad (\text{回転場}) \quad L_0 = \mu_0 \frac{Sd}{(W^i)^2} \quad (1)$$

$$Z_{p,q}^{i,j} = \frac{1}{jC_0} \sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^N \frac{\omega}{\omega^2 - \omega_{m,n}^2} n_{p,(m,n)}^i \cdot n_{(m,n),q}^j \quad C_0 = \frac{\epsilon_0 S}{d} \quad (2)$$

モードアドミタンス行列より計算した電力散乱行列（赤線）とモードインピーダンスより求めた電力散乱行列（青線）を図4に示す。低次のモード数5（破線）では両者は一致しないが、モード数50（実線）まで考慮すると図のように一致してくる。また、固有電圧モードより計算した直角曲がりの電圧分布を図5(a)に、固有電流モードより計算した電流密度分布を図5(b), (c)に示す。

4.結び・今後 方形導波管直角曲がりについて、インピーダンスによるフォスタ型等価回路解析から問題を提起し、境界条件を短絡境界としたモードアドミタンスによる導出を述べた。今後はアドミタンス解析の妥当性について検討する予定である。

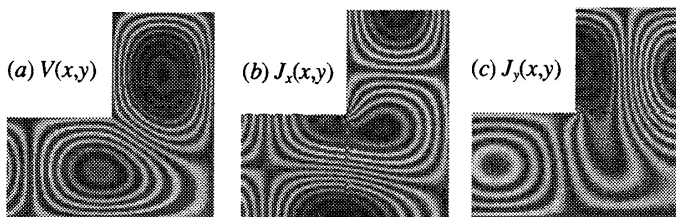


図5 電圧・電流密度分布（考慮モード数 100, $f=12\text{GHz}$ ）

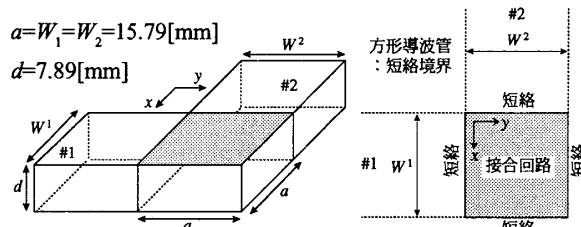


図1 方形導波管直角曲がりおよび短絡境界接合回路

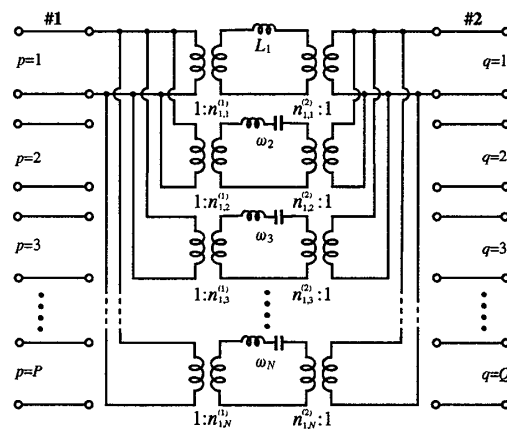


図2 フォスタ型等価回路(アドミタンス解析)

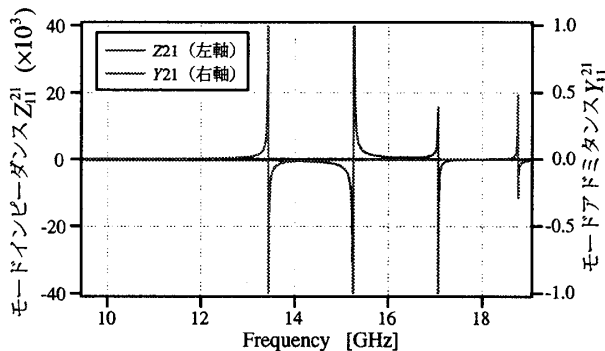


図3 モードインピーダンスとモードアドミタンス

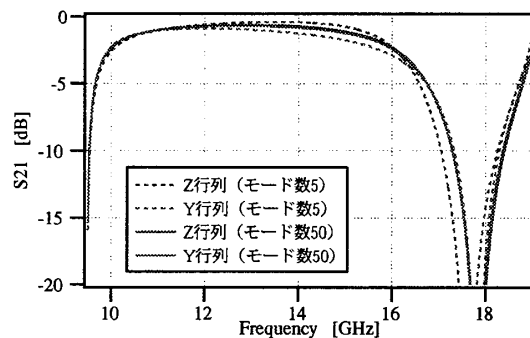


図4 方形導波管直角曲がりの周波数特性 (S21)