

C-2-51 方形導波管誘導性窓の多線条伝送線路・点整合法による解析 —高次モード反射振幅の計算—

Analysis of rectangular waveguide inductive window based on multi-transmission line model and point matching method

本間 裕崇 平岡 隆晴 許 瑞邦
Hiroataka Honma Takaharu Hiraoka 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に示す方形導波管誘導性窓はすでに種々手法で解析されている。今回は、豊富な計算資源及び平面回路の考えを利用して、導波管部の等価回路を固有モード解析に基づく多線条伝送線路で表現し、境界条件は点整合法を適用し入射基本モードに対する反射モード振幅を高次モードまでの計算し、その収束性を検討したので報告する。今回の計算では、誘導性窓の金属厚は無視している。

2. 解析法 図1に示す不連続構造の解析は通常、偶・奇励振に基づいて解析され、奇励振の解は容易に求まる。偶励振の解は図2 aに示す電気壁/磁気壁で構成された反射壁に片側より基本モードが入射した場合の反射振幅で求まる。導波管の固有モード解析により図2 bに示す多線条伝送線路が得られ、各線路の電圧電流分布 $V_n(y)$ 、 $I_n(y)$ がわかると導波管内での電圧電流分布は式(1)で与えられる。

$$V(x,y) = \sum_{n=1}^{\infty} V_n(y) S_n(x) \quad J_y(x,y) = \sum_{n=1}^{\infty} \frac{I_n(y)}{W} S_n(x) \quad J_x(x,y) = \sum_{n=1}^{\infty} \frac{-1}{j\omega\mu d} \left(\frac{n\pi}{W} \right) V_n(y) C_n(x) \quad (1)$$

但し、 $S_n(x) = \sqrt{2} \sin \frac{n\pi}{W} x$ $C_n(x) = \sqrt{2} \cos \frac{n\pi}{W} x$ (導波路の幅固有関数)

反射壁(電気壁/磁気壁)での境界条件を満たすよう点整合法を用いて関係式を導出する。整合点を等間隔で取り考慮伝送モード数 N に対して N 個の整合点での整合方程式より N 個の代数方程式が得られる。短絡及び開放整合点より式(4)の入射モード電圧縦行列に対して式(2)の行列方程式が得られ、これをまとめることにより式(3)の入射モード振幅に関する正方形行列方程式が得られる。

$$\begin{cases} \mathbf{F}_s \mathbf{B} = -\mathbf{F}_s \mathbf{A} \\ \mathbf{F}_o \mathbf{Y} \mathbf{B} = \mathbf{F}_o \mathbf{Y} \mathbf{A} \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} \mathbf{F}_s \\ \mathbf{F}_o \mathbf{Y} \end{cases} \mathbf{B} = \begin{cases} -\mathbf{F}_s \\ \mathbf{F}_o \mathbf{Y} \end{cases} \mathbf{A} \quad (2) \quad \begin{cases} \mathbf{A} = (A_1, \dots, A_N)^T \\ \mathbf{B} = (B_1, \dots, B_N)^T \end{cases} \quad (3)$$

式(3)の左右の正方形行列を $\mathbf{F}_b, \mathbf{F}_a$ とするとモード電圧反射行列は次式となる。

$$\mathbf{B} = \mathbf{F}_b^{-1} \mathbf{F}_a \mathbf{A} \quad (5) \quad \therefore \text{モード電圧散乱行列は } \mathbf{S}_v = \mathbf{F}_b^{-1} \mathbf{F}_a \quad (6)$$

但し、 $\mathbf{F} = (\mathbf{F}_p) \quad \mathbf{F}_p = S_p(x_i) \quad x_i = \text{電圧電流整合点} (i = 1 \sim N)$

3. 解析結果 図2 aの構造で金属壁を半分とし($c = 0.5W$)、又動作正規化周波数 $F = 2W/\lambda_0 = 1.5$ で、考慮伝送モード数(N)をパラメータとした場合の反射モード振幅対モード次数特性及び低次のモードの位相差の結果を図3及び表1に示す。

4. むすび モード振幅対モード次数特性は考慮モード数と共に収束することを確認した。また各モードの位相差もモード次数に対して規則的に変化しているとの結果が得られた。今後金属面端での電流分布の発散特性、基本モードの実効リアクタンスとを求め他の結果と比較する予定である。また高次モードが伝搬する場合と高次モードで励振した場合にも本手法を適用する予定である。

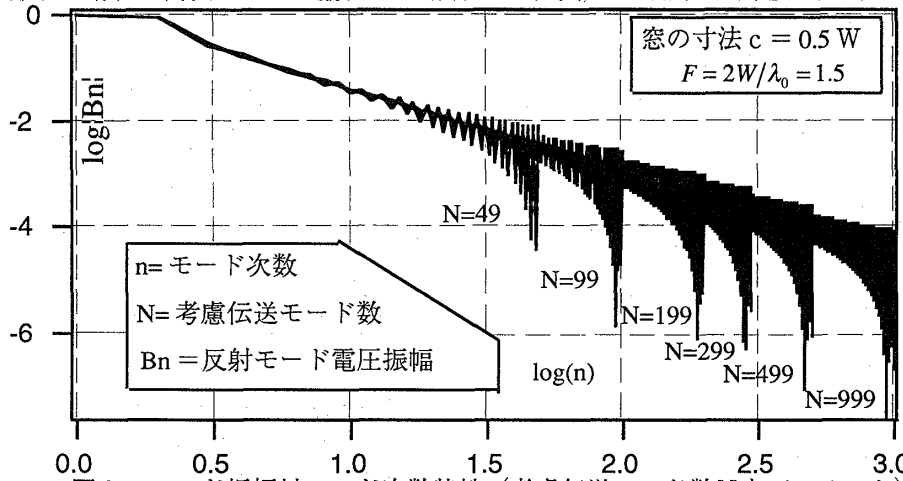


図3 モード振幅対モード次数特性 (考慮伝送モード数 N をパラメータ)

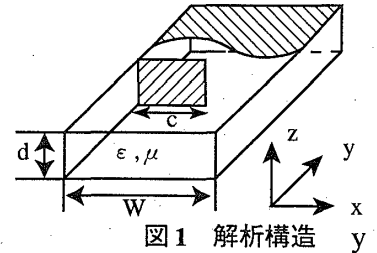
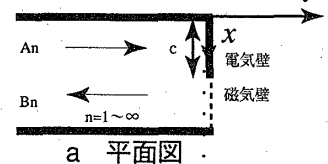
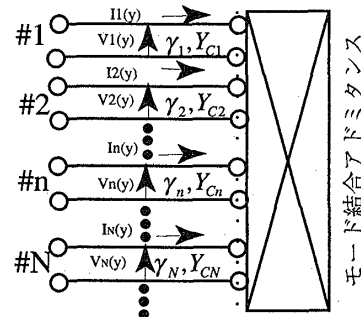


図1 解析構造



a 平面図



γ_n : n次モードの伝搬定数

Y_{cn} : n次モード特性アドミタンス

b 等価多線条線路

図2 平面回路とその等価回路

n	N=49	N=99	N=499	N=999
1	129.64	128.41	127.41	127.29
2	64.82	64.20	63.71	63.64
3	64.82	64.20	63.71	63.64
4	-115.18	-115.80	-116.29	-116.36
5	-115.18	-115.80	-116.29	-116.36
6	64.82	64.20	63.71	63.64
7	64.82	64.20	63.71	63.64
8	-115.18	-115.80	-116.29	-116.36
9	-115.18	-115.80	-116.29	-116.36
10	64.82	64.20	63.71	63.64
11	64.82	64.20	63.71	63.64
12	-115.18	-115.80	-116.29	-116.36
13	-115.18	-115.80	-116.29	-116.36
14	64.82	64.20	63.71	63.64
15	64.82	64.20	63.71	63.64
16	-115.18	-115.80	-116.29	-116.36
17	-115.18	-115.80	-116.29	-116.36
18	64.82	64.20	63.71	63.64
19	64.82	64.20	63.71	63.64
20	-115.18	-115.80	-116.29	-116.36

表1 低次(n次)のモードの位相差(°)