C-2-76 方形導波管無厚誘導性金属窓のリアクタンスの計算 －モード対応等価多線条伝送線路・点整合法に基づいて－

Calculation of reactance for infinitly-thin inductive metal window in rectangular waveguide based on eigenmode corresponding equivalent multi-transmission line and point matching method

中谷　守秀　　平岡　隆晴　　許　瑞邦
Morihide Nakaya　　Takaharu Hiraoka　　Hsu,Jui-Pang
神奈川大学　工学部　電気電子情報工学科
Department of Electrical, Electronics and Information Engineering, Kanagawa University

１．はじめに　方形導波管内にある無限に薄い誘導性窓の基本モードに対するリアクタンスを固有モード対応多線条伝送線路と誘導性窓での境界条件を離散点での境界条件に置換することにより求めた。具体的には、窓寸法及び周波数をパラメータとして基本モード入射振幅に対する高次モードも含めた反射振幅より計算した。さらに、従来導出されているラプラスの解及び変分法の解[1]と比較した。

２．点整合法・対称性を利用した解析[2]　図1の回路構造は、両側に無限個のモード対応伝送線路が等価回路として存在し、不連続部でこれらの回路がお互いに結合している。無限個をN個の伝送線路で近似し、N個の離散点での点整合法により、電圧散乱行列に関する$2N\times 2N$結合正方行列が得られる。今回は図１の２開口不連続問題に構造対称性があるのを利用して図２に示すように１開口不連続問題に変換し、取り扱うべき行列のサイズを半分とした。

３．基本モードに対する実効リアクタンスの計算　図２の偶励振１開口不連続問題で基本モードに対する反射係数R^e_{11}を点整合法により求め、この結果を式(1)に代入し、図3(b)に示す基本モードに対する実効リアクタンスX_{eff}を$N=299$として求めた。$\bar{c}=c/W$をパラメータとして実効リアクタンスの周波数特性（正規化周波数$F=0\sim 2$）を図4に示す。また、ラプラスの解(2)と変分法の解[1](3)も同時に計算し図４に示した。なお、本計算では、媒質は空気、$d/W=0.5$とした。

４．結び　固有モード展開・点整合法に基づいて基本モードに対する実効リアクタンスを計算し、従来の計算式と比較した。本計算結果は、変分法による解とよく一致している。今後、他の数値計算手法に基づく計算結果と比較すると共に、複素インピーダンスとなる$F>2$の周波数範囲、及び金属窓が有厚の場合も検討していく予定である。

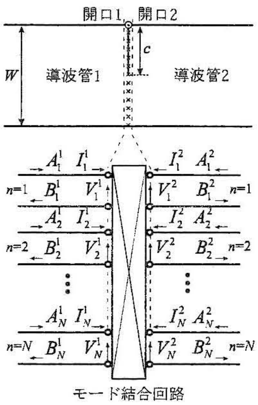

図１不連続部の等価回路

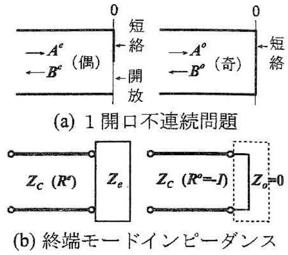

図２偶奇励振による回路解析

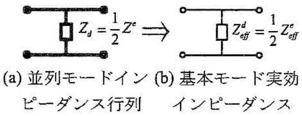

図３並列インピーダンス表示

$$Z^d_{eff}=\frac{1}{2}\left(\frac{1+R^e_{11}}{1-R^e_{11}}\right)Z_{c1} \quad (1)$$

$$X^e_{eff}=\omega L^e=\left[\sqrt{\frac{\mu}{\varepsilon}}\frac{d}{W}\frac{\tan^2\frac{\pi}{2}(1-\bar{c})}{1-\csc^2\frac{\pi}{2}(1-\bar{c})}\right]F \quad (2)$$

$$\frac{X^e_{eff}}{Z_{c1}}=\sqrt{F^2-1}\,\frac{\tan\frac{\pi}{2}(1-\bar{c})}{1+\csc^2\frac{\pi}{2}}\left\{1+\frac{8\alpha^4\beta^2Q}{1+\alpha^2+\beta^6(\beta^4+6\alpha^2)Q}+\frac{1}{2}F^2\left[1-2\frac{\alpha^2+2\beta^2\ln\beta}{\alpha^4(1+\alpha^2)}-\frac{2\alpha^4\beta^2}{1+\alpha^2}\right]\right\}$$

$$\alpha=\sin\frac{\pi}{2}(1-\bar{c})\,,\ \beta=\cos\frac{\pi}{2}(1-\bar{c})\,,\ Q=\frac{2}{\sqrt{4-F^2}}-1 \quad (3)$$

$$但し、Z_{C1}=\sqrt{\frac{\mu_0}{\varepsilon_0}}\frac{d}{W}\frac{k_0}{\beta_1}=\sqrt{\frac{\mu_0}{\varepsilon_0}}\frac{d}{W}\frac{F}{\sqrt{F^2-1}}=60\pi\frac{F}{\sqrt{F^2-1}}$$

参考文献 [1]N.Marcuvitz"Waveguide Handbook", NewYork McGraw-Hill Book Company,Inc,(1951) [2]許、本間、平岡　「方形導波管無厚誘導性窓の電磁界/回路解析－等価多線条伝送線路・点整合法による－」MW2000-102

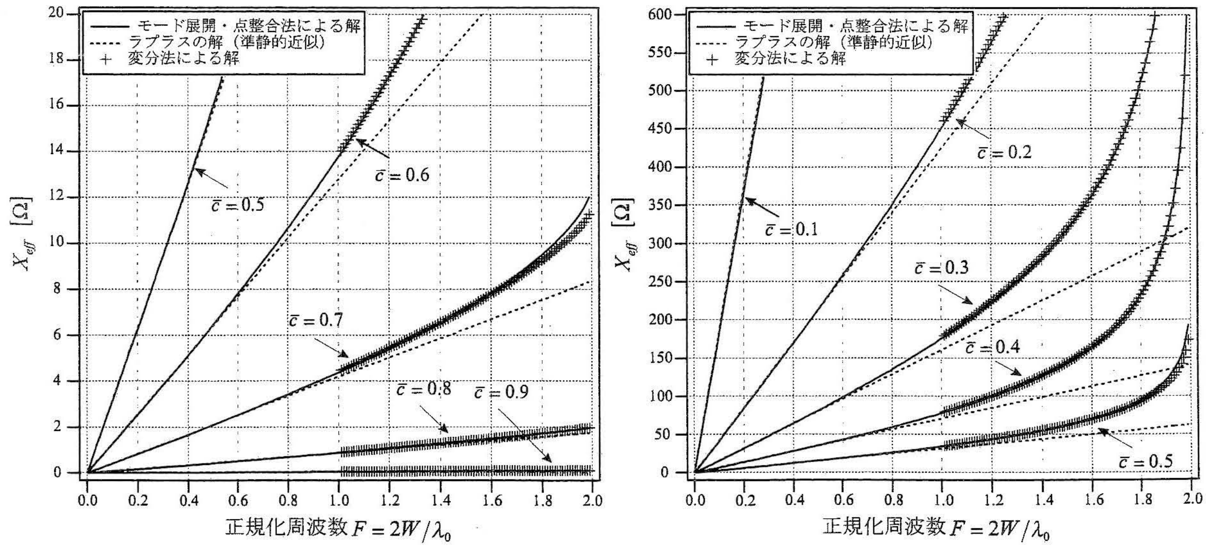

図４　基本モードにおける誘導性窓の等価リアクタンスX_{eff}の周波数特性　$(d/W=0.5\ ,\ \bar{c}=c/W)$