

# 高周波回路の解析・設計理論の整備と対応ソフト開発

## —方形断面光導波路電磁界・実効屈折率の高精度計算—

平岡 隆晴\* 許 瑞邦\*\*

### Highly Precise Calculation of Field and Effective refractive index for Rectangular Cross-section Optical Waveguide

Takaharu HIRAOKA\* Jui-Pang HSU\*\*

#### 1. 方形断面光導波路の高精度計算

光波帯で使用する図1(a)に示す方形断面導波路で主要伝搬姿態(基本姿態)の電磁界分布及び伝搬速度(実効屈折率)を正確に求めることは光回路の設計で重要である。すでに、昨年の報告でスラブ姿態展開・平面回路方程式・横方向等価回路の手法を活用して高次を含めた伝送姿態の電磁界分布・実効屈折率を厳密に求める手法を提案した。本手法での厳密解は無限個のスラブ姿態を考慮しなくてはならないが実際には非現実的である。今回はスラブ姿態の考慮姿態数に対する電磁界分布と実効屈折率の収束性を計算し、ある程度のスラブ姿態を考慮すれば高精度の解が得られることを示す。

#### 2. 具体的解析手法

図1(a)に示す遮蔽壁付方形断面光導波路は、左右対称なので中心面で隔てられた図(b)に示す半構造で取扱いできる。この構造での断面内等価回路は、導波路の高さ方向に存在するTE,TM スラブ姿態の面電圧・面磁圧及び面電流密度・面磁流密度で記述されるので中心導波領域#1及び導波路外部領域#2での横方向等価伝送線路回路が得られる。すでに不連続面bb'での左右姿態アドミタンスの整合条件より固有値方程式が得られ固有値問題を解くことにより、固有姿態の実効屈折率、固有姿態の開口電圧磁圧・開口電流磁流がえられる。導波路の伝送電力が単位電力になるよう開口電圧磁圧・開口電流磁流は正規化を施す。ここでは、考慮スラブ姿態数をパラメタとしてTETM各1姿態より300姿態まで考慮して電磁界分布、不連続面bb'前後での電磁界成分の連続性について計算し、検討・考察した。

#### 3. 解析結果

実効屈折率及び基本伝送姿態の主要電磁界  $E_x$  の最大値(中心軸上 aa' で下面より  $1.32\mu\text{m}$  の位置)のスラブ姿態数に対する計算結果を図2に示す。この図より、50 姿態までは考慮姿態数に対して急速に変化するが、100 姿態以上では値が一定値に落ち着いてくることがわかる。この傾向は他の電磁界成分にもみられる。次に、基本伝送姿態の電磁界分布を TE/TM 各 30 姿態と 300 姿態考慮して計算した結果を図4に示す。300 姿態考慮して計

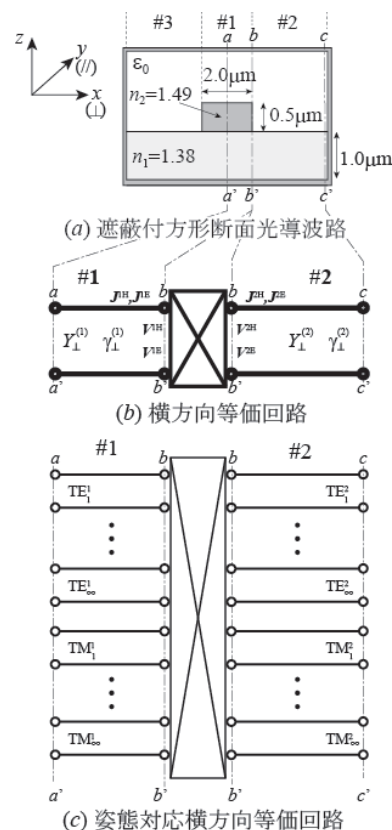


図1 方形導波路断面と横方向等価回路

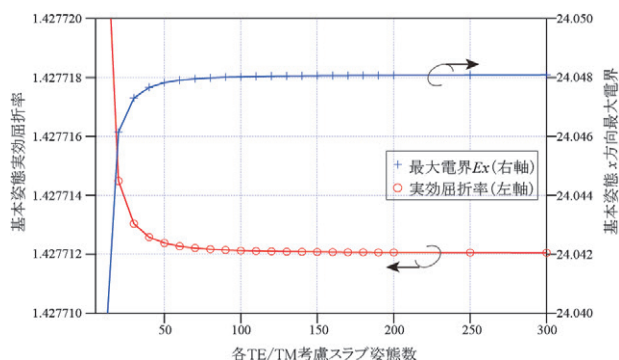


図2 考慮スラブモード数に対する実効屈折率、電磁界主要成分の収束性

\*准教授 電気電子情報工学科 Associate Professor,  
Dept. of Electrical, Electronics and Information Engineering

\*\*客員研究員 工学研究所

Invited Researcher., Research Institute for Engineering

算した結果は 30 姿態の結果と同じように見える。これは、解析の性質上導波路中心部の電磁界は高次スラブ姿態の影響が少ないためである。高次スラブ姿態の影響を検討するため方形断面光導波路不連続部  $bb'$  前後での電磁界成分を図 3 実線と破線で示した。図 3 で 30 姿態の場合電磁界成分により実線と破線に少々乖離がみら

れるが 300 姿態まで考慮すると実線と破線はかなり一致しており、電磁界の連続性が実現される。つまり、考慮姿態数を増加すると計算精度が向上することがわかる。尚  $E_x$  成分は不連続前後で不連続であるが電束密度成分に直すと連続になっていることは確認されている。

謝辞 穴田名誉教授及び陳春平准教授にお世話になりました。

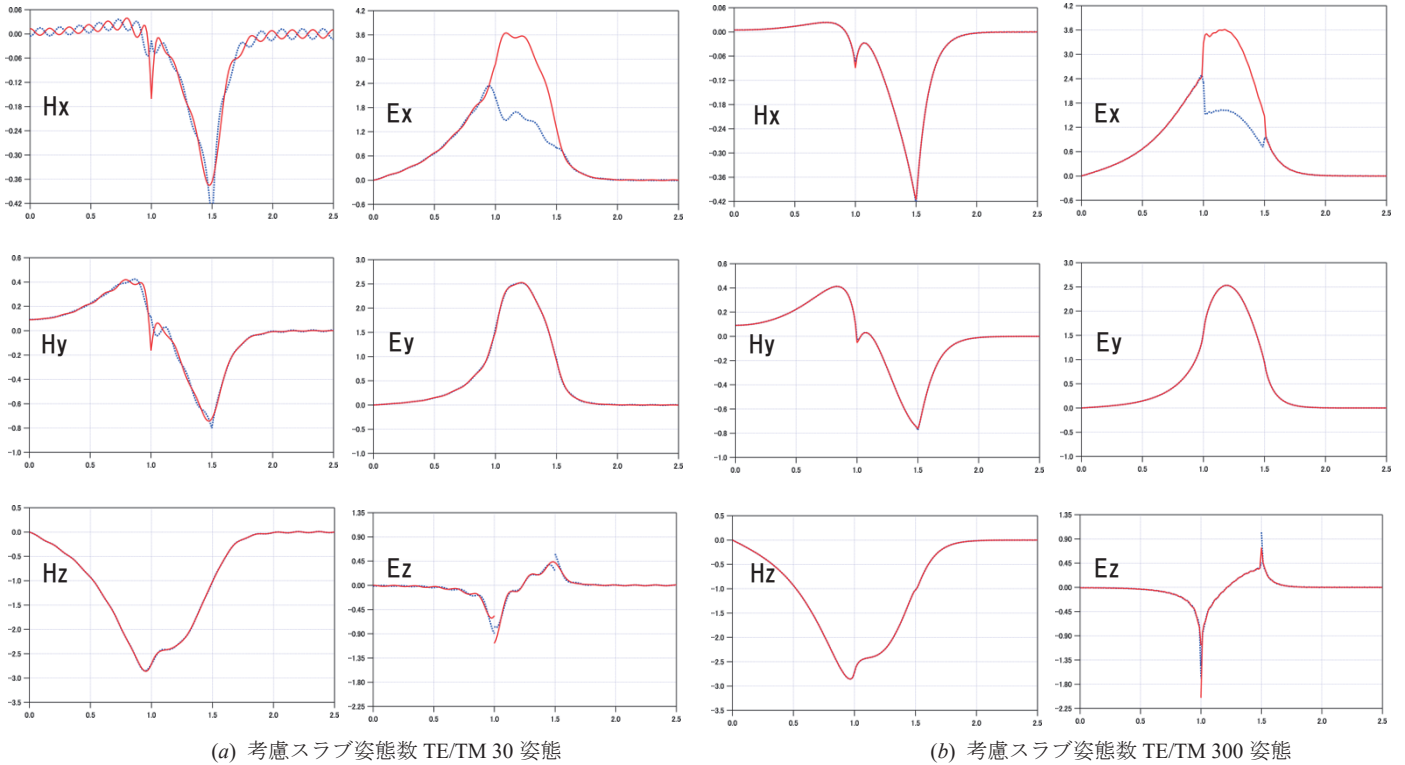


図 3 方形断面光導波路不連続部  $bb'$  での基本伝送姿態の電磁界 6 成分の連続性 (TE-TM 考慮スラブ姿態をパラメタとして) 実線内側, 破線外側

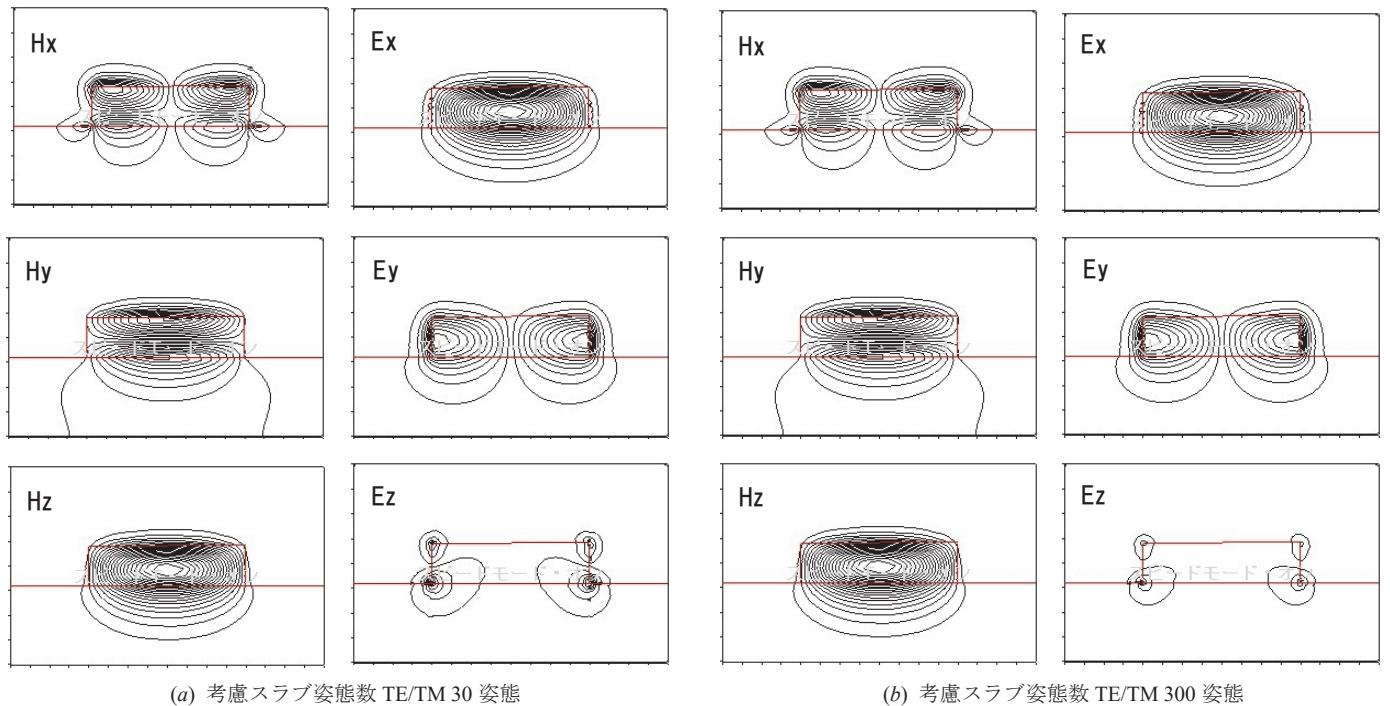


図 4 方形断面光導波路の基本伝送姿態の電磁界分布—電磁界 6 成分の等高線表示 (TE-TM 考慮スラブ姿態をパラメタとして)