

氏名	柴 凌 云
授与した学位	博 士
専攻分野の名称	工 学
学位授与番号	博甲第2682号
学位授与の日付	平成16年 3月25日
学位授与の要件	自然科学研究科数理電子科学専攻 (学位規則第4条第1項該当)
学位論文の題目	Transmission-line Matrix (TLM) Modeling of Wave Propagations and its Applications to Electromagnetic and Acoustic Device Problems (伝達線路行列 (TLM) 法による波動伝搬モデリングと電磁波および音響デバイスへの応用)
論文審査委員	教授 野木 茂次    教授 高橋 則雄    教授 加川 幸雄

### 学 位 論 文 内 容 の 要 旨

Transmission-line modeling (TLM) is not only a simple numerical technique for solving field problems but also provides a physical model using circuit equivalence analogy. It is based on the equivalence between Maxwell's equations and the equations on transmission lines. It is a network consisting of arrays of line segments or lumped elements. The feature of the TLM method is that the scattering algorithm on each TLM node corresponds to the principle of Huygens. According to Huygens, a wave front consists of a number of secondary radiators, which give rise to successive wave fronts. This consequence explains the mechanism of wave propagation. With this feature, The TLM method can directly simulate the wave propagation and made the wave propagation more comprehensive rather than boring numerical calculation of Maxwell's equations. Another feature of TLM method is the simplicity of formulation and programming, requiring less computational amount than other methods. Program implementation is very easy and suitable for the computer simulation and visualization.

In this paper, TLM models that are equivalent to Maxwell's equations are introduced at first. Some wave propagation simulations through metallic, dielectric lattices and gradings and optical waveguides are presented with reasonable accuracy. The TLM algorithm is then extended to the field of cylindrical symmetry system. The simulation is examined for Fresnel's zone plate lens (FZPL), dielectric lenses and acoustic lenses. The TLM approach to the waves in an elastic medium is also developed. The reduction of the computational resources requires the smaller area to be analyzed by the introduction of non-reflection boundary surrounding the area of interest. Effective non-reflection boundary condition has then been attempted.

In the age of the digital communication, the systems and devices are used under increasingly high rate of impulsive operation. TLM approach timely provides the time-domain responses and the sequence of the field distribution. The approach demonstrated here must pave the way to the design and simulation of the wave field devices.

The merits of the TLM include the time-domain analysis, simple algorithm with efficient computational cost and absolute stability. The physical model helps the interpretation and visualization. The claimable feature of the present work includes the development of axis-symmetric nodes and the analysis of electromagnetic, acoustic, elastic wave problems to extend the range of the applications, and the development of the absorbing boundary termination for efficient simulation.

## 論文審査結果の要旨

近年の無線通信の急速な発展を支える各種の電磁波および音響デバイスの開発において、計算機シミュレーションを用いた動作解析や最適化設計の果たす役割は大きい。本論文は、ホイヘンスの原理に基づいた波動伝搬メカニズムに対応し、等価伝送線路を用いた物理モデルを与え、結果の視覚化が容易で、計算量も少ないなどの優れた特徴をもつ伝達線路行列 (TLM) 法を用いて、重要ないくつかの電磁波および音響デバイスに対して波動伝搬モデルを与え、シミュレーションを行ったものであり、次のような成果を得ている。

- (1) 一様でない誘電体媒質中の電磁波伝搬に対するTLMモデルを応用して、金属と誘電体の格子からの散乱、および平面光導波路における伝搬と散乱のシミュレーションを行うと共に、平行な光導波路でのモード結合を具体的に明らかにした。
- (2) 3次元軸対称系に対応する2次元TLMモデルを与えて、フレネルゾーンプレート・レンズおよび音響レンズなどにおける波動伝搬への応用を行い、シミュレーション結果から決定した焦点距離を、従来の理論によるものと比較し、結果が妥当であることを確認した。
- (3) 一様な弾性媒質内の波動伝搬に対する拡張を行い、1次波と2次波をスカラー波に対するTLM要素の対を用いてモデル化して扱うことが可能であり、従来のベクトル波としての扱いよりも計算資源の大幅な節約ができることを示した。

以上のように、本論文は学術上および工学上での大きな貢献をするものであり、博士(工学)の学位を授与するに値するものであると認められる。