

氏名（本籍）	沢田 浩和（愛知県）
学位の種類	博士（工学）
学位記号番号	甲 第 173 号
学位授与年月日	平成14年 3月25日
専攻	電子情報システム工学専攻
学位論文題目	境界単線路の伝搬特性に関する研究 (Studies on Propagation Characteristics of a Single Wire Line on a Boundary)
学位論文審査委員	(主査) 教授 中村 隆 (副査) 教授 長谷川 泰道 教授 阪上 幸男 助教授 木村 宏

論文内容の要旨

本論文では、単一境界上に置かれた無限長単線路のゾンマーフェルド型境界値問題を解いている。線路に沿う進行波モードに対する分布定数を求め、境界単線路のモード方程式を漸化式の形で導出している。次に導線半径や媒質定数による漸化式の収束性を検討し、各種パラメータによる等価比誘電率と等価特性インピーダンスの変化を明らかにしている。この結果より、境界単線路に対する等価誘電率は、静電界の解である2媒質の誘電率の相加平均とは異なった値となり、また2媒質が無損失媒質であっても虚部が存在することを示している。このことは、導線による不要電磁波の伝搬と放射の重要な要因になるものと考えられる。以下に本研究の意義と構成を述べる。

線路の伝送特性を知る上で、分布定数を求めることは重要な事柄である。一般に境界単線路のような一導体系の分布定数を求めることは困難であるが、本論の手法により分布定数が求められ、境界単線路を一般の伝送線路と同様に扱うことができる。また本論文の解析対象は、従来取り扱われていない、主に無損失媒質の境界に置かれた単一導線に注目して、層状媒質のもっとも簡単な半空間が均一誘電性媒質の場合としている。これは環境電磁工学(EMC)における不要波伝搬問題として最近注目されている壁や床に置かれた導線の基本モデルとして重要である。

第1章では、境界単線路に関するこれまでの研究について概観し、本研究の背景を明らかにすると共に、本研究を行うことの意義を述べる。

第2章では、理論解析を行い境界に置かれた導線に沿う進行波モードに対する分布定数を求めることにより、漸化式で表わされる境界単線路のモード方程式を導出している。更に、モード方程式より得られた伝搬定数から、各媒質領域の電磁界分布を求めている。

第3章では、数値計算を行い求められたモード方程式の、導線半径や媒質定数による収

束性を検討している。また、各種パラメータによる等価比誘電率と等価特性インピーダンスの変化を明らかにしている。更に、各媒質領域の電磁界分布を計算し、その磁界分布は誘電率の低い領域内では線路から遠ざかるほど指数関数的に減衰し、線路の伝搬モードが表面波であることを示している。一方、誘電率の高い領域内では導線近傍では線路からの距離による反比例的な減衰となるが、遠方では指数関数的に増大し漏洩波の特徴を示している。結果として、境界単線路は表面波と漏洩波の特徴を併せ持つ特殊な線路であることを示している。更に境界単線路を進行方向の単位区間で見ると、比誘電率の大きな媒質の方向へ放射しながら電流が流れる損失性線路と見なせることを明らかにしている。

第4章では、2媒質の一方の媒質を空気とし、他方を誘電体として行った境界単線路の実験について述べている。実験に使用する誘電体は無損失媒質として取り扱っている。誘電体材料自身もつ損失の影響については、使用する誘電体を誘電体層としたマイクロストリップ線路を作製し、その線路の電圧分布の測定から十分に損失が小さいことを確認している。

測定に使用する導線は、円形断面の場合、媒質の境界に厳密に置くことが困難なため、円筒と等価な幅のストリップ構造としている。導線は同軸線路の中心導体に直接接続して給電し、終端は開放としている。これにより終端での反射が考えられるが、導線上の電圧分布の実部のみの波形を測定することにより、反射波の有無に関わりなく位相定数が求められるようにしている。誘電体の大きさについては波長に対して十分な大きさを必要とするが、本論文では板状の誘電体を積み重ねて、媒質の厚さを半波長以上として測定している。導線上の電圧分布は、スリーブ付きモノポールプローブを導線に沿って動かし、導線近傍の電界分布測定から求めている。

導線上の電圧分布より、線路の伝搬定数、及び等価比誘電率を求めた結果、境界単線路に対する等価比誘電率は2媒質の比誘電率の相加平均と異なること、2媒質が無損失媒質の場合でも境界単線路の伝搬定数は複素数となって損失を有することを明らかにしている。これらの結果は、理論結果と良く一致しており、本論の妥当性を明示している。

第5章では、以上の結果を総括すると共に、本研究で得られた成果や今後の課題について述べている。

なお本論の解析手法はゾンマーフェルト型の困難な積分が解析的に求められているので、取り扱いが簡単であり、EMCにおける床や壁に置かれた線路の不要波伝搬の解析にも有効と考えられる。また境界単線路に関する実験は、従来ほとんど行われておらず、本実験方法がこの種の実験に有効なモデルになると考えられる。

論文審査結果の要旨

本論文では、単一境界上に置かれた無限長単線路のゾンマーフェルト型境界値問題を解いている。線路に沿う進行波モードに対する分布定数を求め、境界単線路のモード方程式を漸化式の形で導出している。次に導線半径や媒質定数による漸化式の収束性を検討し、各種パラメータによる等価比誘電率と等価特性インピーダンスの変化を明らかにしてい

る。この結果より、境界単線路に対する等価誘電率は、静電界の解である2媒質の誘電率の相加平均とは異なった値となり、また2媒質が無損失媒質であっても虚部が存在することを示している。このことは、導線による不要電磁波の伝搬と放射の重要な要因になるものと考えられる。したがって、審査の結果、この論文を学位論文に値するものと判定した。

(1) 線路の伝送特性を知る上で、分布定数を求めることは重要な事柄である。一般に境界単線路のような一導体系の分布定数を求めることは困難であるが、本論の手法により分布定数が求められ、境界単線路を一般の伝送線路と同様に取り扱うことができる。また本論文の解析対象は、従来取り扱われていない、主に無損失媒質の境界に置かれた単一導線に注目して、層状媒質のもっとも簡単な半空間が均一誘電性媒質の場合としている。これは環境電磁工学(EMC)における不要波伝搬問題として最近注目されている壁や床に置かれた導線の基本モデルとして重要である。

(2) 理論解析を行い境界に置かれた導線に沿う進行波モードに対する分布定数を求めることにより、漸化式で表わされる境界単線路のモード方程式を導出している。更に、モード方程式より得られた伝搬定数から、各媒質領域の電磁界分布を求めている。

(3) 数値計算を行い求められたモード方程式の、導線半径や媒質定数による収束性を検討している。また、各種パラメータによる等価比誘電率と等価特性インピーダンスの変化を明らかにしている。更に、各媒質領域の電磁界分布を計算し、その磁界分布は誘電率の低い領域内では線路から遠ざかるほど指数関数的に減衰し、線路の伝搬モードが表面波であることを示している。一方、誘電率の高い領域内では導線近傍では線路からの距離による反比例的な減衰となるが、遠方では指数関数的に増大し漏洩波の特徴を示している。結果として、境界単線路は表面波と漏洩波の特徴を併せ持つ特殊な線路であることを示している。更に境界単線路を進行方向の単位区間で見ると、比誘電率の大きな媒質の方向へ放射しながら電流が流れる損失性線路と見なせることを明らかにしている。

(4) 2媒質の一方の媒質を空気とし、他方を誘電体として行った境界単線路の実験について述べている。導線上の電圧分布より、線路の伝搬定数、及び等価比誘電率を求めた結果、境界単線路に対する等価比誘電率は2媒質の比誘電率の相加平均と異なること、2媒質が無損失媒質の場合でも境界単線路の伝搬定数は複素数となって損失を有することを明らかにしている。これらの結果は、理論結果と良く一致しており、本論の妥当性を明示している。

(5) 本論の解析手法はゾンマーフェルド型の困難な積分が解析的に求められているので、取り扱いが簡単であり、EMCにおける床や壁に置かれた線路の不要波伝搬の解析にも有効と考えられる。また境界単線路に関する実験は、従来ほとんど行われておらず、本実験方法がこの種の実験に有効なモデルになると考えられる。

最終試験結果の要旨

公聴会後に学位論文に対する口頭質問を行い、これを最終試験に代え、学位審査委員会で審議の結果、合格と判定した。