

論文の内容の要旨

申請者 氏名 福島 崇嗣

論文題目

右手/左手系複合同軸線路を用いたスリーブアンテナに関する研究

水平面無指向性で実用的なアンテナとしてスリーブアンテナがあり、測定用をはじめとして広く利用されている。スリーブアンテナは同軸線路とその内部導体を $1/4$ 波長伸ばして放射素子としたシンプルなアンテナである。このアンテナでは同軸線路の外部導体に漏れ電流が流れる。漏れ電流は不要波を放射するので放射パターンを乱してしまう。漏れ電流を抑制するために $1/4$ 波長の金属円筒を同軸線路の外部導体にチョークとして取り付ける。チョークによって漏れ電流は抑制されるので、 $1/4$ 波長チョーク付きスリーブアンテナの放射パターンはダイポールアンテナの様に水平面無指向性で垂直面 8 の字型となる。しかし、スリーブアンテナはその動作原理のため、以下に挙げる 2 つの課題がある。1 つはアンテナの放射素子とチョークを合わせた長さが半波長必要なことである。低い周波数で利用する場合、アンテナは波長に依存して大きくなってしまう。もう 1 つは動作周波数が狭帯域であることである。放射素子とチョークは共に共振する 1 つの周波数だけで動作するためである。

一方、右手/左手系複合伝送線路 (CRLH TL) が提案されている。CRLH TL は直列と並列にインダクタンスとキャパシタンスをそれぞれ持った回路が周期的に配列された伝送線路である。CRLH TL は周波数帯域により性質が異なり、低い周波数では位相速度と群速度が異符号である左手系モード、高い周波数では位相速度と群速度が同符号である右手系モード、左手系モードと右手系モードの間には伝搬定数が実数となる電磁バンドギャップ (EBG) が存在する。回路定数を適切に与えることによりそれぞれの帯域を設計することができるので、アンテナやマイクロ波の分野で近年注目されている。左手系帯域はアンテナ等の共振器の小型化に、EBG は基板の表面波抑制やアンテナ間の相互結合低減に利用されている。

本論文では CRLH TL の各帯域を用いたスリーブアンテナの小型化手法と広帯域化手法をそれぞれ提案する。

第 1 章では、スリーブアンテナの課題と、CRLH TL が小型化と広帯域化に有効であることを説明する。また、本論文の目的と構成を示す。

第 2 章では、CRLH TL の左手系帯域の共振を利用したチョークの小型化を提案する。チョークを構成する CRLH TL は給電用同軸線路に取付けられるように同軸構造を採用した。提案した小型チョークの性能は従来の $1/4$ 波長チョーク付きスリーブアンテナと比較することで評価した。

第 3 章では、固有モード解析を利用した設計方法を提案し、小型スリーブアンテナを設計した。小型スリーブアンテナは第 2 章で提案した小型チョークと既に提案されている CRLH TL を利用した小型放射素子を組みわせて構成される。アンテナとして動作させるために、小型チョークと小型放射素子は共振周波数を一致させる必要があるが、従来の設計

方法では困難である．そこで，固有モード解析を利用した設計方法を提案する．提案する設計方法により所望の共振モードの周波数と電磁界分布が明らかになり，小型スリーブアンテナを設計することが可能になる．小型スリーブアンテナの特性は従来の $1/4$ 波長チョーク付きスリーブアンテナと比較することで評価した．

第4章では，CRLH CL の EBG を利用して漏れ電流を抑制するチョークを提案する．共振を利用した従来の $1/4$ 波長チョークとは異なり，EBG の帯域を利用した非共振型のチョークであるため，広帯域に設計することができる．EBG を利用したチョークを取り付けたスリーブアンテナは放射素子の長さを変えることで整合する周波数を変えることができる．同軸線路に流れる電流と放射パターンにより，広帯域に漏れ電流を抑制できることを評価した．

第5章では，第4章で提案した広帯域なチョークの放射素子として応用するために，広帯域に整合し，放射パターンの水平方向の利得が広帯域に安定する放射素子について検討した．提案するアンテナは平板を付加したモノポールと円筒状の寄生素子，チョークで構成され，構造パラメータを適切に選ぶことで広帯域に設計できることを示す．

第6章は結論であり，本論文についてまとめる．