

審査の結果の要旨

氏名 増田 祐一

本論文は、シート状導波路を用いた長距離かつ高効率なワイヤレス電力伝送（以後、WPT）システムの実現可能性と設計要件を明らかにしたものである。電気自動車やパーソナルモビリティ、自立移動ロボットなど、電動の移動物体の普及が加速し続けている昨今、これら移動体には欠かせない電池のコストや充電時間の削減が課題となっている。シート状導波路を用いた WPT システムは、シート状の媒体に局在した電磁波によって電力伝送を行う方式であり、広範囲での安全な移動中給電を低コストで実現できる可能性がある。しかし従来のシート状導波路給電の研究では、マイクロ波領域の使用を前提とし、卓上程度の範囲内にある電子機器に小電力を供給することが想定されていた。伝送効率や伝送距離を最適化する試みも行われていなかった。本論文では、シート状伝送方式の根本原理に立ち返り、給電範囲と給電効率の限界を理論的・数値的に考察した。実用的な給電距離と最適周波数の決定方法を明らかにし、幅広い応用が可能な伝送距離と給電効率を実現する具体的方法を示した。また論文の後半では、シート状媒体を無線給電以外に活用する研究に取り組み、高速・省電力通信やウェアラブルデバイスへ応用する研究を展開した。本論文は以下の 7 章からなっている。

本論文の第 1 章では序論であり、WPT の現状を整理している。シート状媒体を用いた長距離かつ高効率な WPT システムを実現するために、電力伝送に使用する周波数を従来の 2.4-2.5 GHz から 13.56 MHz まで低下させる本論文の基本構想が述べられ、関連研究の中での本論文の位置付けを明確にしている。

第 2 章では、シート状媒体の導波モードの電磁場解析を示した。特性インピーダンスや減衰係数などのシート状媒体の特性を、周波数やシート厚みなどのシートパラメータから求める方法を示した。これらの特性値は、第 3 章で提案される等価回路モデルに必要なパラメータとなる。

第 3 章では、シート状媒体と受電コイル、すなわちシート内に局在する電磁エネルギーをシート外へ取り出す受信構造との関係を等価回路でモデル化し、給電効率を定式化した。特にシートにおける伝搬損失と、シート内から電力を取り出す際の効率にトレードオフ関係があることを明らかにした。またその関係から、高い誘導性表面を持つシート状媒体の開発が長距離かつ高効率な WPT システムの実現に有効であることを示した。

第 4 章では、シート状媒体の表面で形成される磁場分布に着目し、従来構造よりも高い誘導性表面を持ったシート状媒体を提案している。また、給電効率を最大化するシート状媒体の設計方法と、本システムで実現可能な最大給電効率を数値計算により求めた。その結果、理想的な受電コイルを前提とした場合には、電源から 100 m 離れた対象に対

して 80%以上の効率で給電が可能であることを確認した。同時に、長距離かつ高効率な WPT システムの実現には、低損失な受電カプラーの開発が求められることを論じた。

第 5 章では、シート状媒体を省電力かつ高速な無線通信に応用した研究について論じられている。本通信システムは、シート状媒体と電子回路を含むタイル状の通信ユニットを連結させて構築される室内規模の二次元通信環境での通信を前提としている。この通信環境では、空間に電波を放射する場合と比較し低ノイズでの通信が可能となる。この特性を十分に活かす通信プロトコルにより、Wi-Fi などの従来の通信プロトコルと比較し、100 倍以上のエネルギー効率での無線通信が可能となることを実験的に確認した。

第 6 章では、布の両面に導電糸を刺繍したシート状媒体を用いた、充電不要の **Body Sensor Networks** を提案している。ポケット内のスマートフォンが発する電波を、シート状媒体に接続された各種センサー端末の電源とすることで、各種センサーへの通信と給電を同時に行うシステムを試作した。

第 7 章では、本論文の結論が述べられている。

以上要するに本論文は、移動体の経路全体を給電インターフェースとして活用するワイヤレス給電システムを提案し、関連する物理現象を解明してその基本特性を明らかにすると共に、長距離かつ高効率な給電を実現するための新たなシート状媒体の提案とその設計手法を確立したものである。本論文の成果は、モビリティやロボティクスなどの幅広い分野に貢献する。

したがって、博士（科学）の学位請求論文として合格と認められる。

以上 1836 字