

論文審査の結果の要旨

氏名：吉野 涼 二

博士の専攻分野の名称：博士（工学）

論文題名：スリット状接続部で構成された電磁シールド室の遮へい性能設計技術に関する研究

審査委員：（主査） 教授 三枝 健 二

（副査） 教授 山崎 恆 樹 特任教授 井上 勝 夫

静電界、静磁界及び電波は、前者は空間に分布し、後者は伝搬し空間に広がっていく。これらの電磁現象に起因する問題を電磁環境問題という。建築物には静電界、静磁界及び電波を発生する機器及び設備が多く存在し、また一方電磁現象によって影響を受ける機器及び設備も多く存在する。そのため、建築物の設計には音・温熱・空気環境などに加えて、電磁環境も考慮される場合がある。電磁環境問題の対策の一つに電磁シールド室の構築がある。これにより室内で発生した電波が室外に漏洩せず、室外から到来した電波を室内に侵入させないことができる。電磁シールド室は、一般的にある厚みをもった金属を用いて閉じた空間を構成することにより構築される。しかし、その際に使用される金属は有限の大きさであり、電磁シールド室はそれを貼り合わせて構築される。金属そのものは電波をほとんど透過させないため、金属の接続処理が電磁シールド室の性能、さらには施工コストを決定する。低～中程度の性能の電磁シールド室の場合、施工の容易性や簡便性から、隣接する金属同士を一定の幅で重ね代をとり、ビス、ボルト等の導電材により留め付ける方法（本論文では「スリット状接続」と呼称）で接続するのが一般である。そこで申請者は、スリット状接続を対象とした性能把握と性能設計方法の提案、及びこれらの施工方法を用いた電磁シールド室の性能予測技術、そして性能向上を目指した施工技術の提案を目的として研究を行った。なお、本研究は、数10MHz～数10GHzの周波数帯域において平面波の遮へい性能を対象としている。まず、周波数や寸法などをパラメータとするスリット状接続の遮へい性能を、実験結果を適用することにより定式化を行った。定式化にあたっては、最初に構造を単純化したモデルで検討を行い、各パラメータの依存性を明らかにしている。次に、スリット状接続構造で構築される電磁シールド室の空間的な遮へい性能の予測技術を開発している。これにはある波源から放射される電波を求めるレイトレース法を適用しているが、スリット状接続部を透過する電波の変化に先に求めた式が適用されている。加えて、遮へい性能の向上を目指して、接続部の構造仕様について検討を行っている。論文はその成果をまとめたものであり、序論から結論までの5章からなる。以下、論文の章立てに沿って、研究の意義や審査判断の内容を報告し、論文審査の結果の要旨とする。

第1章は、序論として研究の背景、目的、論文の構成について述べている。背景では、建築物やその周辺での電波利用環境の実態と、それに起因する問題の対策手段の一つである電磁シールド室の必要性が示され、研究の社会的意義が明確にされている。また、現状における電磁シールド室の性能設計技術について述べることで、本論文の研究課題を明らかにしている。

第2章は、スリット状接続の遮へい性能の定式化について述べている。まず、構造を単純化したスリット状開口構造で検討を行い、寸法など構造を決定する各パラメータの依存性を明らかにしている。スリット状開口構造は、金属板上にスリット状（長方形）開口を設け、その片側の長辺ともう一方の長辺を幅が約1mmの短冊状の導電材で短辺に平行に、任意の間隔で接続し、開口の中に複数の小さな長方形開口を設けた構造である。性能は実験により得ており、実験の有効性はFDTD法を用いた数値解析との比較により確認されている。この遮へい性能は主に、波長 λ で正規化した個々の長方形開口の長辺方向の長さ依存していることが示されている。スロットアンテナと同様に、その長さが半波長となるときの境にして、遮へい性能は大きく異なることを明らかにしている。

次に、スリット状開口構造で得られた知見を基に、スリット状接続構造の遮へい性能について寸法パラメータ等の依存性を明らかにしている。ここでは、スリット状接続構造を構成する材料間の導電状態等もパラメータに加えている。遮へい性能の概略は、スリット状開口構造と同様に得られている。

そして、この結果を用いてスリット状接続の遮へい性能の定式化が行われている。この式は、スリット状接続の性能設計を可能とし、高い実用性を有していると認められる。

本章の最後に、スリット状接続を透過する電波の位相変化量について、寸法パラメータ等の依存性を明らかにしている。これは電磁シールド室の性能設計を行う際に必要な基礎データとなるが、本論文の他に検討例はない。

第3章は、スリット状接続構造で構築された電磁シールド室の空間的な遮へい性能の予測技術について述べている。ここでは、予測のため、数値シミュレーションシステムの開発を行っている。本システムはレイトレース法を基本原理とし、遮へい材料に加えて、任意の位置に構成されたスリット状接続部を透過する電波を扱えるという特長を有している。スリット状接続部を透過する際の電波の変化には、第2章で求めた式等が適用されている。また、本システムは対象周波数領域をUHF帯以上とすることで、パーソナルコンピュータでも使用が可能である。まず、スリット状接続部モデルを対象として、本システムの予測結果、実験結果、及び従来システムの予測結果の比較を行っている。従来システムでは、スリット状接続部を面状材料とみなして予測計算に組み込んでいる。その結果、従来システムに比して、本システムの予測結果と実験結果には良好な整合性が得られ、本システムの有効性が確認されている。さらに、スリット状接続構造で構築された電磁シールド室モデルの遮へい性能を対象に、従来システムとの比較により本システムの有効性を確認している。本システムは、電磁シールド室の遮へい性能の定量的な予測が可能なことから、設計の効率化に寄与し得ると判断される。

第4章は、スリット状接続部の構造仕様による遮へい性能の向上化について述べている。実験的に検討を行った結果、複数の構造仕様の中、鉄板の折り返し構造が最も性能を向上する仕様であると確認されている。さらに本章では、折り返し構造を実際の施工現場に展開するための手段として、長方形の板状材料の適切な事前加工、施工方法、手順及び施工管理上の注意点が示されている。この知見は、比較的簡単な構造で性能向上が図られており、電磁シールド室の低コスト化に資すると認められる。

第5章は申請者の研究成果をまとめ、結論として整理している。

申請者は、低～中程度の性能の電磁シールド室において、一般的に採用されている材料間のスリット状接続に対する遮へい性能設計のための定式化を行い、また本構造にて構築される電磁シールド室の空間的な遮へい性能の予測技術を開発した。さらに、遮へい性能の向上を図った構造仕様を示した。これら申請者の研究成果は、電磁シールド室の効率的な設計を可能とし、電磁シールド室の普及・発展に寄与すると認められる。

このことは、本論文の提出者が自立して研究活動を行い、またはその他の高度な専門的業務に従事するために必要な能力及びその基礎となる豊かな学識を有していることを示すものである。

よって本論文は、博士（工学）の学位を授与されるに値するものと認められる。

以 上

平成28年5月19日