

論文の内容の要旨

論文題目 大地と導体間の静電結合の測定法およびその静電結合を利用した信号計測に関する研究

氏名 荒井 稔登

本論文は、大地と導体間に生じる静電結合の測定法および静電結合を利用した信号計測に関して述べたものであり、全5章で構成される。本論文で計測対象とする信号は、通信障害の原因となる伝導電磁ノイズである。

第1章では、伝導電磁ノイズの発生原因、現状の測定方法の抱える課題など研究の背景について先行研究を引用し説明した。オンサイトでの電磁ノイズの測定、特に基準電位となる大地や床面と測定対象のケーブル間に生じる電圧である対地電圧の測定のためには、測定器を接地することが必要である。しかし測定地点付近に接地極がない場合、保守作業者が長いケーブルを用意し離れた場所の接地極に測定器を接続するなど負担の大きい作業を実施する必要がある。また、長いケーブルは抵抗やインダクタンス成分を持つため、測定結果に共振などの影響が生じる可能性がある。このような課題を解決するため、本論文では測定器と大地間の静電結合を評価することで、非接地で電磁ノイズの対地電圧を測定する手法について提案を行った。

第2章では、大地と測定器の間に生じる静電容量を床面に対して平行となる電極を具備したデバイスを用いて見積もる手法の提案を行い、電磁ノイズを模した正弦波や矩形波の測定によって、手法の妥当性を検証した。検証によって、デバイスの電圧測定回路で測定される電圧から、非接地の測定器のグラウンドと大地間の静電容量を導出可能であることが示された。また、非接地の測定器で測定された電磁ノイズの対地電圧を正しい電磁ノイズの対地電圧に補正可能であること、測定器を接地しないことによりサグが生じた矩形波を、サグのない矩形波に補正可能であることも示された。

第3章では、第2章で提案したデバイスで測定される電圧と、大地と測定器の間に生じる静電容量を既知の環境において事前に関連付けるキャリブレーション作業によって、より精度の高い測定を行う手法を提案した。手法の検証をシールドルームのような理想的な検証環境だけでなく、金属製のパネルによって床を二重構造とした一般的なオフィス環境でも実施した。この検証により、デバイスで測定される電圧と、非接地の測定器のグラウンドと大地間に生じる静電容量を関係づける近似式を事前作業で求めておくことで、測定現場における測定器と大地間の静電容量の導出が可能であること、非接地の測定器で測定された電磁ノイズの対地電圧を正しく補正可能であることが示された。

また、シールドルームのような理想環境だけではなく、一般的なオフィスで採用される二重床の環境でも提案手法が有効であることが明らかになった。

第4章では、作業者が簡易に電磁ノイズの対地電圧を測定できるよう、ウェアラブルデバイスを装着した作業者が、電磁ノイズが伝搬しているケーブルを握ることで、電磁ノイズの対地電圧を測定する手法を提案した。ウェアラブルデバイスは左右で役割が異なり、片方はウェアラブルデバイスと大地の間に生じる静電容量を評価するためのデバイス、もう片方は電磁ノイズの対地電圧を測定するためのデバイスである。対地電圧を測定するためのデバイスで測定される電圧は、デバイスと大地間に生じる静電容量だけではなく、作業者の手とケーブル間に生じる静電容量や、人体のインピーダンスなどによっても分圧される。そのため、第2章、第3章で行ったように、対地電圧を測定するためのデバイスと大地間の静電容量を見積もるだけでは、測定された電圧を補正することはできない。そこで、事前作業によって、これらの要素が測定結果に与える影響を変換係数として求め、この変換係数と静電容量を評価するためのデバイスで測定される電圧を関連付けることで、測定現場における変換係数を求める手法を提案した。静電容量を評価するためのデバイスで測定される電圧と、変換係数の関係を線形近似ではなく、対数近似として扱うことでより正確な測定ができること、作業者の姿勢が測定結果に与える影響は小さいため事前作業と実際の測定時の姿勢が異なっても測定を行うことが可能であること、鉄筋コンクリート製の床の上に木製やビニール製の床材が敷かれている環境においても提案手法が適用できることが明らかになった。

第5章では、以上の研究内容を総括し、今後の展望を述べている。検証によって、シールドルームのような理想的な環境だけでなく、鉄筋コンクリート製の床の上に床材が敷かれている環境でも提案手法を利用可能であることが示された。これは対象としている周波数帯域において、非接地の測定器を利用した場合に生じる測定誤差の主な要因がコンクリートのインピーダンスではなく、測定器と床面間の静電容量であることを示している。今後、労働力人口が減少すると予想される日本において、保守作業の効率化はより一層重要なキーワードとなると考えられ、本研究で得られた知見を活かした測定の簡易化がその一助になると考えられる。