

# 狭域多重反射空間内における携帯電話による 心臓ペースメーカーEMI評価の研究

## 学位論文内容の要旨

本論文は、エレベータ内に代表される金属壁などで囲まれた閉空間内における移動通信システムに関わる電磁環境両立性の確保に必要な評価技術について研究成果をまとめたものである。電波の多重反射や重ね合わせが存在する空間内(狭域多重反射空間)において、植え込み型医療機器へ与える電磁干渉(EMI)影響が懸念されているが、これまでそれらリスクを定量的に評価する手法は確立されていない。本研究は、高精度な数値計算技術を用いることによって、実験測定では取得困難な乗客等が存在する複雑な状況下での空間内電磁界強度分布を推定し、さらにヒストグラムを用いることで定量的なEMI評価が可能であることを示している。第1章では、EMCについて概説し、移動体通信発展にともなう電磁環境の変化が新たなEMC問題を引き起こした経緯について説明している。さらに新たな問題としてクローズアップされた閉空間内植え込み型医療器EMIリスク問題を、高精度に推定評価する重要性について説明している。植え込み型医療器とは植え込み型心臓ペースメーカーおよび除細動器等のことであり、生命に関わる重要な電気電子機器である。このような評価を実行するために、新たな評価法の開発が必要となること示している。第2章以降の本論の構成と得られた成果の概要を以下に示す。

第2章では、ペースメーカーEMI評価法において、電磁界強度分布の計算に用いるFDTD法について解説し、セル寸法、時間ステップ、吸収境界条件等のシミュレーション条件について説明している。あらたに開発した閉空間内EMIリスク評価法について説明し、ペースメーカーEMI評価に適用させる手順を示している。

第3章では、本評価法の適用例として、実際に運用されているエレベータとして9人乗り及び24人乗りの寸法の異なる2種類のエレベータを用い、内部で携帯電話を使用した場合のペースメーカーEMIリスクについて評価を行っている。FDTD解析は乗客が存在するエレベータ内部の電磁界分布を高精度に推定可能であることを、実測結果との比較によって明らかにしている。さらに、周波数800MHz帯、1.5GHz帯および2GHz帯の携帯電話を仮定し、ペースメーカーEMIを評価した結果、心臓ペースメーカーに誤動作を生じうる電界強度値は得られないことを明らかにしている。

第4章では、エレベータ内部の乗客人体あるいは送信アンテナの位置による変化がEMI評価に及ぼすばらつきの影響を調査するため、乗客の数、位置、寸法およびエレベータ寸法の各条件を様々に設定した場合について評価を行っている。エレベータ内部に存在する乗客を無視した場合、現実とかけ離れた高い電界強度値となり、正しいEMI評価は行えない。したがって、エレベータ内のペースメーカーEMI評価を行う場合に、人体の存在は非常に重要であるが、現実的な寸法のエレベータであれば、乗客や

送信アンテナの位置、寸法の違いにより、EMI評価結果が大きく変わるようなことはないと考えられる。したがって、本章の検討結果から、第4章で示した一般的なエレベータにおけるEMI評価結果は一般的に成り立つと考えられる。

第5章では、エレベータの内空間におけるエネルギー損失(Q値)を評価することにより、多重反射空間の特性の一般化を目的として検討している。空間におけるQ値と内部のEMI評価結果の関係について調査し、多重反射空間内ペースメーカーEMIリスクのより簡易な推定法などへの適用可能性について考察している。

本研究で開発した推定法は、様々な閉空間内EMI問題に対しても応用可能であり、実環境における携帯電話利用の安全指針などを開発する際の理論的根拠を得ることを可能にする。さらに本電磁界解析法は、通信品質を高めるための無線サービスエリア設計といった他の分野への応用も期待できるものであり、電波利用の拡大に貢献している。

# 学位論文審査の要旨

主査	教授	野島俊雄
副査	教授	宮永喜一
副査	教授	小柴正則
副査	教授	小川恭孝
副査	准教授	山本学

学位論文題名

## 狭域多重反射空間内における携帯電話による 心臓ペースメーカ EMI 評価の研究

本論文は、エレベータ内に代表される金属壁などで囲まれた閉空間内における移動通信システムに関わる電磁環境両立性の確保に必要な評価技術について研究成果をまとめたものである。電波の多重反射や重ね合わせが存在する空間内(狭域多重反射空間)において、植え込み型医療機器へ与える電磁干渉(EMI)影響が懸念されているが、これまでそれらリスクを定量的に評価する手法は確立されていない。本研究は、高精度な数値計算技術を用いることによって、実験測定では取得困難な乗客等が存在する複雑な状況下での空間内電磁界強度分布を推定し、さらにヒストグラムを用いることで定量的な EMI 評価が可能であることを示している。

第1章では、EMC について概説し、移動体通信発展にともなう電磁環境の変化が新たな EMC 問題を引き起こした経緯について説明している。さらに新たな問題としてクローズアップされた閉空間内植え込み型医療器 EMI リスク問題を、高精度に推定評価する重要性について説明している。植え込み型医療器とは植え込み型心臓ペースメーカおよび除細動器等のことであり、生命に関わる重要な電気電子機器である。このような評価を実行するために、新たな評価法の開発が必要となること示している。

第2章では、ペースメーカ EMI 評価法において、電磁界強度分布の計算に用いる FDTD 法について解説し、セル寸法、時間ステップ、吸収境界条件等のシミュレーション条件について説明している。あらたに開発した閉空間内 EMI リスク評価法について説明し、ペースメーカ EMI 評価に適用させる手順を示している。

第3章では、本評価法の適用例として、実際に運用されているエレベータとして9人乗り及び24人乗りの寸法の異なる2種類のエレベータを用い、内部で携帯電話を使用した場合のペースメーカ EMI リスクについて評価を行っている。FDTD 解析は乗客が存在するエレベータ内部の電磁界分布を高精度に推定可能であることを、実測結果との比較によって明らかにしている。さらに、周波数 800MHz 帯、1.5GHz 帯および 2GHz 帯の携帯電話を仮定し、ペースメーカ EMI を評価した結果、心臓ペースメーカ

に誤動作を生じうる電界強度値は得られないことを明らかにしている。

第4章では、エレベータ内部の乗客人体あるいは送信アンテナの位置による変化がEMI評価に及ぼすばらつきの影響を調査するため、乗客の数、位置、寸法およびエレベータ寸法の各条件を様々な設定した場合について評価を行っている。エレベータ内のペースメーカEMI評価において、現実的な寸法のエレベータであれば、乗客や送信アンテナの位置および寸法の違いによりEMI評価結果が大きく変わるようなことはないことを示し、第3章で示した一般的なエレベータにおけるEMI評価結果が一般的に成り立つことを明らかにしている。

第5章では、エレベータの内空間におけるエネルギー損失(Q値)を評価することにより、多重反射空間の特性の一般化を目的として検討している。空間におけるQ値と内部のEMI評価結果の関係について調査し、多重反射空間内ペースメーカEMIリスクのより簡易な推定法などへの適用可能性について考察している。

第6章は結論であり、本論文の成果を要約している。

これを要するに、著者は、実環境における携帯電話利用の安全指針などに対する理論的根拠、および無線サービスエリア設計といった他の分野への応用も期待できる評価技術開発に関する有益な新知見を得たものであり、情報通信技術の発展に貢献するところ大なるものがある。よって著者は、北海道大学博士(情報科学)の学位を授与される資格あるものと認める。