

論文審査の結果の要旨

氏名 蜂須賀 啓介

本論文は、「人体を伝送路とする通信方式に関する研究」と題し、人体を信号伝送路として利用し、通信機器を人体に接触させることによってはじめて通信が可能となる新しい通信方式（体内通信）に関する基礎研究をまとめたものであり、全6章から成る。

第1章「序論」においては、個人が携帯する複数の情報機器間で構成する Personal Area Network (PAN) の必要性、体内通信の特徴、および本研究の目的と研究の流れについて述べている。近年の情報技術とエレクトロニクスの急速な進歩により、情報機器がポータブルからウェアラブルへと進化しつつある流れの中で、個人が携帯する複数の情報機器間の通信および外部機器との通信方式において、人体を伝送路の一部として通信する方式は、秘匿性と省電力性において従来の電波無線通信より有利となる可能性を議論している。その上で、体内通信の原理および電子回路設計に必要な知見が不十分であることを指摘し、体内の信号伝送モデルの提案および体内通信デバイスの開発を行うことを研究の目的としている。

第2章「体内通信」においては、体内通信に関する先行研究を調査し、体内通信における送受信電極配置・搬送周波数・サイズ・変調方式・通信速度の比較を行うとともに先行研究で提案されている信号伝送モデルについて議論している。先行研究の伝送モデルは、静電結合により閉回路を構成するモデルと、人体上に電界を生じさせるモデルの2つに大別される。それらのモデルが仮定している空間的な静電結合の大きさは数 pF 程度の浮遊容量を介した結合であり、伝送特性は容量変化に極めて敏感でなければならない。しかし、実際にはそのような不安定性が確認されないこと、およびゲインに関する計算値と実測値の整合性を定量的に議論し、従来提案されている伝送モデルが推測の域を出ていないことを指摘している。

第3章「回路網モデル」においては、体内通信において人体外部の空間が全く寄与せず、体内のみが関与していると仮定した回路網モデルについて理論解析と精密な実験を行い、モデルの妥当性の検証を行っている。その結果、人体外部の空間が全く寄与しないという仮定には矛盾があり、回路網モデルは体内通信の支配的なモデルではないという結論を出している。特に、伝送の位相特性に関するモデルに基づく予測値と実験値の不整合がその根拠となっている。

第4章「良導性誘電体伝送モデル」においては、人体を良導性の誘電体とみなし、送信機を給電点とする線状アンテナへの給電にならった伝送モデル（良導性誘電体伝送モデル）を提案している。このモデルでは、体内だけでなく人体近傍の空間も含めて人体に垂直な電界が人体表面を伝搬する。このモデルを適用することで、回路網モデルでは説明できなかった開放端を含む電極接触状態における信号伝送について、ゲイン変動を定性的に説明できるようになった。また、電極間距離・電極面積・電極方向・信号

伝送距離・姿勢・送信機に対して受信機の反対側に存在する物体の大きさ・衣服の有無などの影響を予想し、実験によって予想が正しいことを確認している。特に人体に対する電極の接触条件に関して、送信機側は2つの電極を人体に接触させ、受信機側は片方の電極のみを人体に接触させる方式の伝送ゲインが最大となり、電極面積には依存しないことを明らかにしている。

第5章「人体内通信デバイスの開発」においては、前章までに得られた知見をもとに、実用レベルに近い人体内通信デバイスの開発を行っている。電極配置は、送信機2電極・受信機1電極で、送信電極は信号伝送方向に沿った方向に配置している。基板サイズは送信機、受信機ともに30mm×30mmであり、搬送周波数10.7MHzのFM変調を採用している。これらのデバイスを用いて、音声帯域のアナログ信号伝送、および指輪型パルスオキシメータから得られた9600bpsのデジタル信号を右手から左手まで伝送し、本研究で明らかにした人体内通信の原理の検証するとともに、実用性を示している。

第6章「結論」においては本研究を総括し、人体内通信に関して得られた知見をまとめている。

本研究の第3章における回路網モデルの実験および第5章のデバイス試作に関しては武田輝人、板生清、佐々木健、保坂寛、寺内祐介、柴建次、中田杏里との共同研究であるが、論文提出者が主体となって実験計画の立案と遂行、およびデバイスの回路設計等を行ったものであり、論文提出者の寄与が十分であると判断する。

以上のように本論文は、人体を伝送路の一部とする人体内通信という新しい通信方式に関して、新しい伝送モデルの提案と検証、および実用デバイスの試作まで行っており、情報通信技術の進歩に寄与するとともに、新たなウェアラブル機器の市場を生み出す要素技術を確立している。

よって本論文は博士（環境学）の学位請求論文として合格と認められる。