

審査結果の要旨

氏名 本間 健

本論文では、視覚や聴覚に障害をもつ人たちに対して、それらの情報を皮膚感覚を通じて伝達する感覚代行技術に着目し、触覚刺激の質的情報を利用することで、より伝達しうる情報量を増加させる方法を提案している。とくに、従来ほとんど行われてこなかった音声の韻律情報の伝達に焦点をあて、声質情報を触感情報に、音声ピッチ周波数情報を触覚刺激位置に変換する方法を提案し、心理物理実験を通じ、どの程度の韻律情報を触覚によって伝達しうるかを論じている。

触覚の質的な情報を効率的に伝達するためには、その触覚ディスプレイの設計において、広い周波数帯域の振動刺激を提示できることが重要である。しかし、これまでの研究では、このような触覚ディスプレイを効率的に設計する手法が存在しない。そのため、本論文では、まず、指先皮膚の機械特性をさまざまな接触条件下で精密に測定した上で、触覚刺激用アクチュエータで指先皮膚に振動を与える状況を自在に模擬できるシミュレーションモデルを提案している。そして、このモデルを利用したシミュレーションの結果を踏まえて、指先皮膚の機械特性に整合し、広帯域の振動刺激を提示できる小型圧電アクチュエータを製作している。さらに、このアクチュエータを用いた触覚ディスプレイを利用して、音声の韻律情報と触覚情報の対応を探る心理物理実験を行い、皮膚感覚を介した韻律情報の新しい伝達方法について考察している。

本論文は、7章から構成される。第1章では、研究の目的を述べている。第2章では、関連研究を紹介し、本論文の位置付けを述べている。とくに、従来の感覚代行技術では伝達情報量に限界があり、広帯域の振動刺激を用いて触覚の質的情報を加味することにより、伝達情報量を増加させる可能性があることを述べている。また、広帯域振動による多様な触覚刺激を実現するには、皮膚機械特性を測定した上で、触覚刺激用アクチュエータの動特性を推定する必要性を述べている。

第3章では、指先皮膚の機械特性を、機械インピーダンスという指標により定量的に計測している。その結果、指先皮膚の機械モデルは、非線形なバネ-ダンパ系で表されることを明らかにしている。さらに、指先皮膚にかかる圧縮力や、指先振動部位などの条件において、その機械特性がどのように変化するかを定量的に把握し、触覚ディスプレイの設計において必要となる指先機械特性の収集を行っている。

第4章では、第3章で行った指先皮膚の機械特性の計測結果を利用し、触覚ディスプレイ用アクチュエータの設計を行っている。使用するアクチュエータとして圧電バイモルフを想定し、圧電バイモルフによって指先皮膚に振動刺激を与えるときの力学モデルを構築している。そして、このモデルを利用してシミュレーションを行い、広周波数帯域の振動刺激を十分な振幅で提示できるような圧電バイモルフの寸法を決定している。さらに、その寸法の決

定にしたがって圧電バイモルフを実際に製作し、指先皮膚に振動刺激を与える評価実験を行い、広帯域振動刺激を提示できることを確認している。

第5章では、音声の韻律情報を触覚で伝達することを想定し、触覚知覚特性に関する知覚実験を行っている。まず、音声ピッチ周波数を指先の振動部位に変換する方法を提案し、音声ピッチ周波数の変化による指先振動部位の移動速度の弁別閾を測定し、どの程度のピッチ変化情報が伝達しうるかを測定している。つぎに、声質情報を触感情報に変換する方法を提案し、振動周波数と振動波形の変化による触感の変化を測定している。以上の実験の結果から、本論文で提案する音声韻律情報の伝達方式が有用であることを示している。

第6章では、本論文の結論と今後の課題、そして、他分野への応用に関する展望について述べている。まず、本論文で行った研究の結果、広帯域型の触覚ディスプレイによって音声の韻律情報を伝達する方式の有用性を実証したことを述べている。また、本論文の成果を波及させうる分野として、聴覚にとどまらない感覚代行などの情報バリアフリーの分野、バーチャルリアリティやレイグジスタンスの分野、また、一般的に使用されるヒューマンインターフェースの分野を挙げている。

以上のように、本論文では、ヒトの皮膚における機械特性や知覚特性における基礎的実験を通じ、触覚の質的情報を利用することで、感覚代行技術での情報伝達の効率を向上させることを実証している。本論文の成果は、感覚代行機器の発展のみならず、誰でも利用できるような触覚インターフェースや五感情報通信といった分野に対しても応用が期待され、社会的な貢献も高い。

よって本論文は博士（工学）の学位請求論文として合格と認められる。