

審査の結果の要旨

氏名 半田拓也

本論文は、触覚情報を用いて映像メディアを拡張する手法として、物体の形状や硬さという能動的な触察を伴う情報と、物体同士の接触時の衝撃という受動的な情報を、それぞれヒトの手に伝える把持型触覚デバイスを提案し、その基本特性と設計指針を明らかにしたものである。触覚情報の提示は、従来の映像メディアでは伝えられない感覚を伝える技術として期待されているが、対象との相互作用により生じる感覚であるという触覚の特異性から、ある程度汎用的な提示デバイスの開発が課題となっている。汎用的な提示デバイスを実現する手法の一つとして、手袋の指先などを振動させる方式が提案されているが、対象に接触したことを知覚させられる程度までであり、物体表面の凹凸形状や硬さ、衝撃の方向までを視覚情報を遮断した状態で知覚させられるものではなかった。本論文は、映像メディアを拡張する提示デバイスの要件として、手指に提示する触覚刺激を制御する具体的な方法を示すとともに、実試作によって形状と硬さおよび衝撃の大きさと方向を提示する触覚デバイスが製作可能であることを実証している。試作デバイスの出力特性とヒトの受容特性を明確にし、健常者と一緒に視覚障害者も利用可能なシステムの設計指針が与えられている。本論文は以下の6章からなっている。

本論文の第1章は序論であり、映像メディアの現状と触覚情報の伝達における課題を整理している。ヒトの触覚の基本的な特性と、1対1の通信環境および1対多の映像メディアとの比較から、映像メディアを拡張する上で、物体の形状、部分的な硬さ、そして衝撃の大きさと方向をヒトの手指に提示するという本論文の基本構想が述べられ、関連研究の中での本論文の位置づけを明確にしている。

第2章では、物体の形状を触知するために必要な指腹への触覚刺激方法について、刺激点の数と自由度の観点から要求事項を整理し、理論を再現するための実験システムを構築して実現可能性を検証している。立体の稜線の触察動作を対象とし、指腹に複数の刺激点を提示した際の動作の軌跡長と主観評価値から、指腹に4点の触覚刺激を提示する条件において安定した稜線の触察が可能であることを確認している。

第3章では、物体表面の凹凸を提示するための指腹への多点の触覚刺激の提示と、全体形状の把握に有効な片手の複数の指への提示を両立する手法を提案し、実試作により実現可能性を検証している。片多の対向する示指と母指の間で生じる内力に着目し、仮想物体の表面の凹凸を把持型のデバイスで再現する方式の妥当性を論じている。少なくとも指腹に4点の触覚刺激を提示し、刺激点の制御周波数を60Hz以上にすることで、課題とした曲面形状と3種のエッジ形状の識別が可能であることを確認している。次に、把持した仮想物体の部分的な硬さを提示する手法として、ボクセル毎に設定したパラメータに基づいてアクチュエータの出力を制御することにより、ヒトが実物体のバネで識別可能な硬さの違いを相対的に提示することが可能であることを示している。

第4章では、物体接触時の衝撃の大きさと方向の感覚の触覚への伝達手段として、把持型の

触覚デバイスの表面を物理的に凹ませる表現手法が論じられている。単一の振動刺激と同時にデバイスの表面を凹にへこませる手法が、従来手法である振動だけの条件や、振動と同時にデバイスの表面を凸に出す手法と比較して、衝撃の方向の提示に有効であることを実験で検証している。また、片手の無毛部の触覚受容野を対象とする把持型のデバイスでは、8方向の衝撃が提示可能であることを確認するとともに、手のひらの複数個所で振動刺激と凹み刺激を同時に知覚させるための振動周波数の特性についてマスキング効果の観点から検証している。

第5章では、提案デバイスを利用して映像メディアを拡張するアプリケーションシステムとフィールドテストにより得られた知見が論じられている。映像コンテンツ内の物体の表面の凹凸形状と部分的な硬さの違いを確認できるシステムとスポーツの状況を伝達するシステムを構築し、体験の様子を観察、視覚障害者を含むユーザの感想、評価実験から、得られた知見と課題を考察してまとめている。

第6章では、本論文の結論が述べられている。

以上要するに本論文は、映像メディアを拡張する把持型の触覚提示デバイスとして、物体の形状、硬さ、接触時の衝撃を提示する手法を提案・実証し、関連するヒトの認知特性を明らかにするとともに、視覚によらず触覚だけでも有用なレベルの提示手法の設計指針を確立したものである。本論文の成果は、バーチャルリアリティ、ヒューマンインターフェース、ロボティクス、福祉情報工学等の幅広い分野に貢献する。

したがって、博士（科学）の学位請求論文として合格と認められる。

以上 1969 字