

(様式)

## 論文内容の要旨

氏名 近井 学

近年、インターネットや携帯情報端末の普及により、人々の日常生活や仕事のスタイルが大きく変わりつつある。リアルタイムの映像や音声を通じた Face-to-Face の遠隔コミュニケーションは誰もが自宅等で体験でき、コンピュータが作り出した映像世界を現実空間に重ね合わせる拡張現実感による新たなサイバースペースも実現しつつある。しかし、それらの技術の多くは、視覚と聴覚によるシステム構成であり、モノに触れたときに生じるリアルな触感の遠隔呈示やその自由自在な合成技法は未完である。加えて、触覚は道具等を扱う物体操作に欠かせない感覚情報であり、心の成長に大事なスキンシップに対して密接に関係するが、その興味深い探求は学術的課題として残されている。

例えば、触覚の工学的研究は、ロボティクス、バーチャルリアリティ、そして感覚代行などでの取り組みはあるが、その多くは圧覚や振動覚という単一の感覚モダリティによるものであり、ヒトが日常生活で知覚している物体の表面テクスチャや痒みや痺れなどの複合的な触感を再現する呈示デバイスの存在しない。また、医療や教育の現場での今日的な社会課題として知られるようになった子供たちの広汎性発達障害(自閉性障害やアスペルガー障害など)には、触覚防衛反応といわれる特有の感覚過敏・鈍麻が存在し、それに対する適切な診断および介入が重要と言われているが、その客観的評価に必要な検査装置はなく、その開発が期待されている。

そこで、本研究では、ヒトが知覚している多様な触覚情報を自由自在に合成できる呈示装置の工学的実現を目指し、心理物理学的アプローチに基づく呈示手法の探求のための基礎実験、感性工学的アプローチに基づく機器設計およびシステムの試作と評価を一貫して行い、その装置の産業・医療応用として、ドライバーの安全運転支援のためのヒューマンインタフェースや発達障害児・者の触覚過敏・鈍麻の客観的診断を目指した新しい診断装置を提案した。

本論文は、以下の5章から構成されている。

第1章では、本研究の背景と目的について述べ、触覚に関する先行研究(生理学・心理学・工学)の概要を示した。また、本研究の基礎研究として、心理学分野の先行研究である Touch Blend モデルに着目し、圧力センサ、ペルチェ素子、一定振動の小型モータの電子素子から成る実験システムを試作した。次に、試作したシステムによる被験者実験を行い、振動刺激や温冷刺激などの独立した要素感覚の合成により、痒み、痺れ、くすぐったいなどの複合的な触覚を惹起可能であることを示し、Touch Blend モデルの有効性を示唆した。

第2章では、私たちが日常の生活で知覚している物体の表面テクスチャや痛み感などの触覚を自在に呈示する手法を提案することを目指し、触圧覚、振動覚、温覚、冷覚、痛覚などの要素感覚を合成することが可能な触覚呈示システムを開発し、その評価を行った。まず、基礎実験の結果と先行研究の知見から、圧覚軸 ( $\text{N/m}^2$ )、温度軸 ( $^{\circ}\text{C}$ )、振動軸 ( $\text{Hz}$ ) の3

軸により構成される新たな触覚合成モデルとして、Haptic Map を提案した。次に、提案した呈示手法(Haptic Map)に基づく触覚呈示装置を新規に開発した。触覚呈示装置の構成は、圧覚軸の呈示物理量の制御に圧力センサ、温度軸の呈示にペルチェ素子、そして振動軸の呈示に周波数可変の音響用スピーカーを採用した。複合的な触覚を構成する各々の要素感覚の工学的呈示方法は、心理物理実験に基づき定義した。評価実験の結果から、従来研究の装置では呈示することが困難であった痒みや痺れのような複雑な触覚を開発した触覚呈示装置によって惹起可能であることが示され、本呈示手法の有効性を確認した。

第3章では、第2章により得られた成果を踏まえ、メンタルサポートなどの医療・教育分野での応用を想定し、発達障害児・者の客観的なスクリーニングのための触覚機能検査ツールを提案した。まず、触覚機能診断の実現可能性を評価する予備実験として、健常者を被験者とする知覚実験を行った。その実験結果から、検査ツールとして有効な刺激値（標準値）を定義するためには、健常者の痛覚刺激感度マップ（分布パターン）の構築が触覚機能診断にとって重要であることが示された。さらに、触覚過敏および鈍麻の傾向が顕著な被験者への追評価実験の結果からは、触覚呈示装置による学習効果が明らかになり、本装置の継続的な利用による触覚治療応用への可能性が示唆された。

第4章では、第2章から第3章で得られた成果をもとに触覚呈示装置の産業応用や医学応用について幅広く考察した。加えて、触覚のオノマトペ表現に関する感性工学実験を行い、呈示する基準試料の条件や触察時の視覚情報の重要性を定量的に明らかにした。

第5章では、本研究の成果を総括し、今後の触覚研究とその応用等の展望を述べた。