

触覚テクスチャディスプレイにおける周波数合成手法に関する研究

○背景

より現実感の高いバーチャルリアリティ環境を提示するためには、多感覚に亙る情報表現が必要となる。中でも触覚は対象物との物理的インタラクションに関する情報を取得するチャンネルとして重要であるが、現在のバーチャルリアリティ技術において、触覚に対する研究は視覚や聴覚に比較して遅れており、特に対象物表面のテクスチャのような、非常に複雑な要素を含んだ感覚を提示する明確な方法は未だ確立されていない。そこで本研究では、現実の触覚に対応した提示を行なうためのテクスチャディスプレイシステムにおいて、高精度化を実現した上で、多様なテクスチャ感覚を生成する方法論を開発することを目的としている。

○皮膚構造と皮膚機械的受容器

皮膚が受け持つ感覚は、触圧覚、温度感覚、痛覚とそれらの派生感覚であり、これらは総称して体性感覚と呼ばれる。本研究では振動による触圧覚の表現を目指している。

触覚は表面对象の形状的特性に起因するため、表現には密度の高い機械的振動刺激が有効となる。振動に対してはマイスナー小体、パチニ小体が高い感度を持ち、特に 50Hz, 250Hz, で最も反応が良くなる。そこでこれらの周波数帯域による振動を出力することで、テクスチャ表現を可能とするテクスチャディスプレイの開発を行っている。

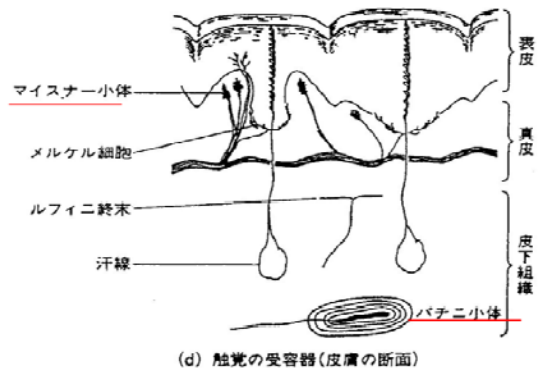


図 1. 触覚の受容器(皮膚の断面)

○触覚テクスチャディスプレイ

本研究では、振動ピン配列型触覚ディスプレイ (TD2R) を使用する (図 1)。TD2Rは、振動ピンが 2 mm 間隔で 10 行 5 列の格子状に配置された触覚提示面を有している。このピン間隔は、指先の静的な 2 点弁別閾以下の値で、かつ機構設計上の最小間隔として決定されている。

示指を触覚提示面上に置いて、ディスプレイ全体を机上面内で 2 次元並進運動させることにより、なぞり運動を入力する。ディスプレイの相対位置は、マウスの移動量信号から求める。振動ピンは積層型のピエゾアクチュエータで駆動され、その周波数と振幅を制御することによりテクスチャの凹凸感を表現している。



図 2. 振動ピン配列型触覚ディスプレイ (TD2R)

振動周波数は、50本のピンのそれぞれに独立に設定可能である。周波数の範囲は、40～260 Hz, 310～410 Hzとなっている。各ピンを駆動する piezoアクチュエータへの電圧出力は、2 値のPWM形式であり、そのduty比で振幅値を制御している。この形式においては、複数周波数を同時に含む波形の出力形式には制限がある。

○TD2R の高精度化

従来の駆動系は出力可能な波形が限定されていたため、より多様な振動波形を出力するため、信号増幅回路を高電圧アナログ増幅器に変更した。構成の概略を図3に示す。PCに内蔵した50chのDAボードから、0～10Vのアナログ信号をアンプにより増幅して0～150Vの駆動信号として各ピンに複数の周波数を同時に含む波形の出力を行う。これで piezoアクチュエータを駆動することで、多様な周波数を含む振動刺激を生成することが可能となった。

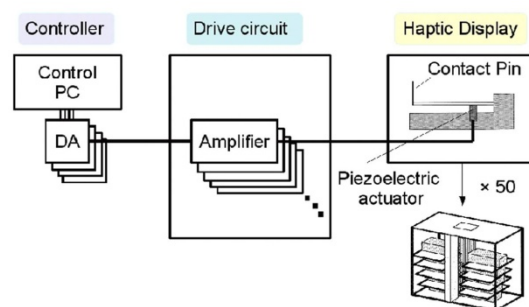


図3. アナログ増幅駆動回路による構成

○今後の課題

アナログ信号を出力する駆動系を新たに構成したことにより、加算合成や振幅変調といった複数の周波数を同時に出力可能となった。今後は新たな出力方式による感覚傾向の調査を行い、実世界のテクスチャとの感覚による比較データを増やすことで、テクスチャ表現の方法論を更に進展していく予定である。