



非接触触覚提示による実体化映像

東京大学 大学院新領域創成科学研究科
篠田裕之

1. はじめに

現実の空間に3次元映像を重畳して提示する技術が進展しており、頭部装着型のデバイスの普及が始まっている。それらの空中映像を直接手で触って操作したい、という潜在的ニーズは大きいですが、そのためには触覚のフィードバックが課題である。現実の物体を把持する際と同様な触覚が再現できれば、映像物体を移動させるだけでなく、変形させたり組み立てたりなど、より細かく複雑な操作まで可能になると考えられる。また、空中映像に皮膚が触れたときの多様な触感を再現できれば、空中映像を通して商品の手触りを確認したり、空中映像に触れる事自体を楽しんだりすることもできるであろう。近年、このようなことを可能にする非接触での触覚提示技術¹⁻³⁾が進展している。リアリティのある触感を伴いながら手指とインタラクションできる空中映像⁴⁾は、いわばある種物理的実体を備えているかのように振る舞うことになる。本稿では、このような空中映像を「実体化映像(Materialized Graphics)⁵⁾」と呼び、その現状を紹介する。

超音波による非接触触覚提示と空中映像を同期させたデモは2009年にはじめて行われた⁶⁾。さらに2015年ごろまでに空中ボタンやアイコンを、触覚フィードバックを感じながら操作する「空中触覚タッチパネル⁷⁾」、プロジェクタ映像と非接触触覚を重畳する「触覚プロジェクタ⁸⁻⁹⁾」さらに3次元映像と空中触覚提示を同期させた「視触覚クローン¹⁰⁾」などが展示された。それらのデモは体験者に驚きを与えるものではあったが、再現された触感の一部の特殊な感覚に限られていた。しかし近年の研究でその状況は変わりつつあり、提示可能な触感の幅は大きく広がっている。本稿では、前半部分で上記デモの概要を説明し、後半部分で非接触触覚提示についての最近の進展をまとめる。本稿でも紹介するのは光学的な映像技術についてではなく、それと同期して生成される触覚提示法についてであることをお断りしておく。ただしここで紹介する触覚提示技術は超音波音場の3次元生成に基づくものであり、波動伝搬の設計というところまで掘り下げれば物理的にも光学と共通性のある話題である。

2. 再現される触覚のリアリティ

触覚のバーチャルリアリティでは、デバイスが提供するリアリティを定義し、利用者もそれを了解している必要がある。ハプティックデバイスが再現するリアリティには、少なくとも以下の3つのクラスがある。

クラス A: 想定する現象で生ずる実際の力と物理的に同じ力を発生する。

クラス B: 物理的な刺激としては実現象と異なるが、知覚的には同じである。

クラス C: 知覚的に等価ではないが、有益な知覚体験を生み出す。

例えば遠隔ロボットハンドを操作するための力覚ディスプレイでは、ロボットハンドに印加されている力に忠実な力を操作者に与えることが開発目標になるかもしれない。その場合はクラス A の再現を目標にしていることになる。ただし一般の知覚提示システムでは必ずしもクラス A が必要な訳では