

柔軟シートを用いた視覚・触覚ディスプレイ

- 視覚提示部の開発 -

90112053 新井研究室 笹間 亮平

1. 緒言

バーチャル・リアリティでは、視覚と同時に仮想物体を触ったときの感触を提示することで、高い現実感を得ることができる。筆者の所属する研究室では、柔軟なシートを用いた視覚・触覚ディスプレイを提案している。このディスプレイは人体や臓器といった柔らかく変形しやすい物体を対象とし、自分の指を直接見ながら仮想物体に触ることが可能である。本研究では視覚提示部の開発を行った。

2. 柔軟シートを用いた視覚・触覚ディスプレイ

このデバイスの触覚提示では、シートに加えるバイアス張力を変えることで、シートの法線方向のコンプライアンスを可変にする。よって、指でシートを押すと、様々な仮想物体の異なる柔らかさを感じることができる。このように直接シートに触れるため、仮想物体を指で直接触る感覚が提示できる。

視覚と触覚を融合したディスプレイのシステム構成を Fig.1 に示す。操作者は、プロジェクタで半透明の柔軟シートに背面投影される画像を見ながら、シートに直接触る。

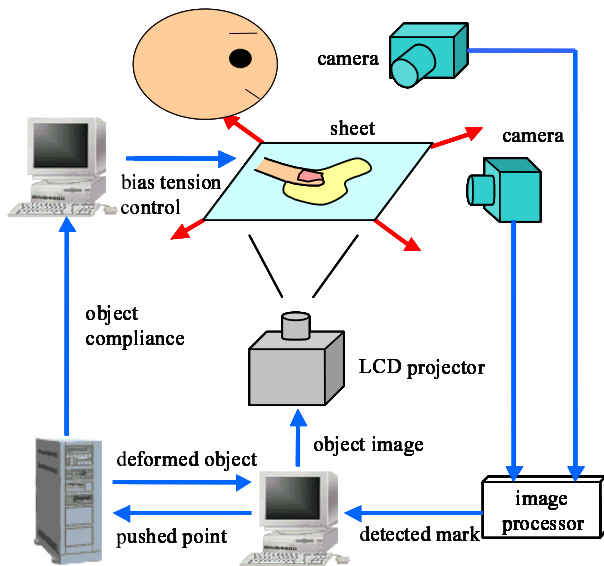


Fig.1 System configuration

3. 視覚提示部の開発

視覚提示は以下の手順で実現される。

1. 操作者が指でシートを押している点の位置と変形量をステレオ計測する。
2. 計測した変形量から仮想物体の変形を有限要素法により計算する。物体表面の拘束のない自由ノードの変位 u と力 f の関係を与えるコンプライアンス行列 L を予め求めておく。

$$u = Lf \quad (1)$$

押し付け点のノードの変位を u_p 、力を f_p とし、押し付け点以外の表面自由ノードの変位を u_n 、力を f_n とすると、式 (1) は次式に書き換えられる。

$$\begin{pmatrix} u_p \\ u_n \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} L_{11} & L_{12} \\ L_{21} & L_{22} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} f_p \\ f_n \end{pmatrix} \quad (2)$$

ここで、 $f_n = 0$ であることから、式 (3) を得る。

$$u_n = L_{21}L_{11}^{-1}u_p \quad (3)$$

以上により、全表面自由ノードの変位 $(u_p^T, u_n^T)^T$ が求まったので、変形前のノードの座標にこの変位を加えれば、変形後の全表面自由ノードの座標が計算できる。

3. 変形した物体の表面ノードの座標を用いて、仮想物体の画像を OpenGL により生成する。生成された仮想物体の画像を液晶プロジェクタで投影する。

以上の結果、シート上の仮想物体画像と、その画像を押している自身の指を重ねて見る。このようにして、操作者は自分の指で仮想物体を直接押しているように感じることができる。

4. 視覚・触覚ディスプレイの製作と性能評価

Fig.1 のシステム構成に従い、視覚・触覚ディスプレイを製作した。ディスプレイに使用した柔軟シートは、人体の柔らかさを提示できることを有限要素解析で確認した。仮想物体を押している様子を Fig.2 に示す。物体モデルの自由表面ノード数は 193 個である。図のように、指で仮想物体を深く押し込むほど、より変形した画像が提示されている。この実験ではシートの変形によって起こる仮想物体画像のゆがみの影響は感じられなかった。物体の変形計算、画像生成および表示は、実時間で可能であった (CPU: Intel Pentium 4 2.80Ghz, Memory: 512MB)。

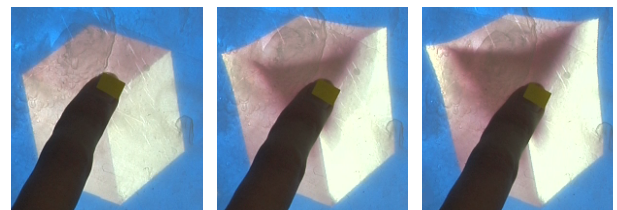


Fig.2 Experiment of pushing virtual soft object with finger

5. 結言

本稿では、柔軟シートを用いた視覚・触覚ディスプレイを提案し、製作した。このディスプレイを用いて、柔軟仮想物体を直接触る感覚を提示できることを確認した。