

3次元触覚装置の普及支援システムの開発

本開発事業は、平成22年度自転車等機械工業補振興助事業により実施した事業です。

1. 事業概要及び目的

平成22年は、家電業界から3Dテレビが続々と発表された。最近では、眼鏡なし3Dテレビも出現した。3D化の波は、パソコンやモバイル機器に波及し、ゲーム機も出現した。

3Dがこれほど騒がれる理由の一つは、それが従来にない新しいメディアを提供するからで、映像のカラー化、ハイビジョン化の次の試みが3D化の流れである。技術革新が進む映像、音像メディアに対して、触覚(力覚)メディアは、手術シミュレーション、理科教育といった特殊な分野で限定的に利用されているだけで、研究段階のレベルであり、家電のような民生機器による一般へのサービスは提供されていない。しかし、メディアの種別で見ると、ビジュアル、オーディオ(A/V)に続くものとして触覚(ハプティック(H))が人間の感覚器官としても重要であり、触覚メディアに対するニーズは高い。

本開発の目的は、触覚メディアをA/V機器と連携させることで、ハプティックの重要性、面白さを広く世界に伝達することである。その際、3D映像はタイミング的に連携の相手として相応しいと判断した。つまり、3Dによる高臨場感が、触覚メディアを併用することで一層リアルな効果を演出できることが期待できるからである。A/V+Hの相乗効果を示すことで、触覚装置が民生機器として普及し、経済的な効果も期待できる。

2. 事業の実施内容

3次元触覚装置の基本モデルとして、1990年代から東京工業大学で研究が進められているSPIDAR(Space Interface Device for Artificial Reality)をベースとして、民生機器への展開を指向した3次元触覚装置の普及支援システムを検討し、試作を行った。

2. 1 画像可触化システム

3次元触覚装置のための普及支援システムの試作において、システムの構成は、図1のSPIDAR-Gを3次元触覚装置とし、それを制御する普及支援システムを図2に示すようにPC内にインストールする。SPIDAR-Gは、8本の糸が中央のリングに結ばれており、モータが糸の張力を制御している。PCには液晶シャッターの3Dディスプレイがつながっている。PC開発環境は、Windows7、Visual C++を使用した。触覚の対象となる映像コンテンツは、暫定的にOpenGLで作成した。

本普及支援システムは、任意の画像に対して、人間にとって違和感のない可触化を画像の色彩感覚から実現するところに特徴がある。これによって、触覚情報の自動生成システムを開発し、触覚コンテンツを大量に提供することが可能になり、民生応用への第一歩とした。

触覚コンテンツは以下のステップで作成した。

(1) 画像から触覚を生成するために、先ず画像処理で輪郭を抽出する。

- (i) エッジの検出
- (ii) クロージング ; 画像の小さな穴の除去
- (iii) 輪郭抽出 ; 領域の抽出
- (iv) ラベリング ; 一定以上の面積の領域のみ選択

この処理で、物体と背景が分離される。

(2) 次に物体の画像の色情報からインピーダンス処理を行う。

材質の剛性(バネ定数)を色の硬軟感に基づき定式化し、材質の粘性(ダンパ定数)を色の動静感に基づいて定式化する。

(3) 最後に輪郭情報から、物体の形状情報を生成する。

領域を横切るときに元の領域に戻すような力覚を提示することで境界を認識することが可能になる。更に、輪郭の凹凸及びステレオ視における深さ情報を加えることもできる。

2. 2 画像可触化システムの機能拡張

以上の処理で、画像に基づく触覚提示は可能になるが、物体に力を作用させ



図1. SPIDAR-G

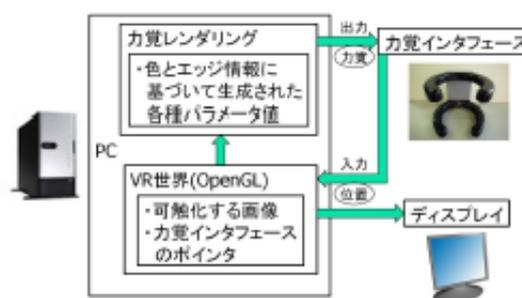


図2. 普及支援システム(試作版)

たときに物体に変形を加えることで、よりリアルに見せることが期待できるので、ピンチ変形操作による機能拡張を行った。

2. 3 評価

画像可触化システムに対して、猫のサンプル画像に対して計算した硬軟感、バネ定数、輪郭の結果の画像を図 3、図 4、図 5 に示す。

予備実験は、図 6 に示す色の配置を自由にしたタイル張りの人工的なパターン画像を対象として、提案する色彩感情の触覚を与えた場合とその逆の触覚を与えた場合、前者が最も違和感がなく、後者が最も違和感がある結果になった。本実験として、実画像を対象とした。まず、図 7 に示す昼と夕焼けの富士山画像では、左右の画像に対して触覚をその色から生じる触覚と、左右を入れ替えた触覚にしたところ、前者の方が、違和感がないことが 5 人 : 1 人と 4 人 : 2 人で優位であった。

拡張機能のピンチ変形を、人形、風景、菓子の 3 つのカテゴリに対して実



図 3. 猫の硬軟感



図 4. 猫のバネ定数



図 5. 猫の輪郭



図 6. パターン画像

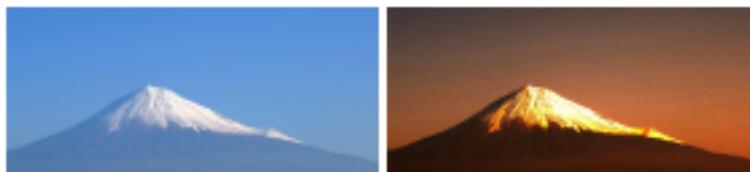


図 7. 昼と夕焼けの富士山



図 8. 人形に対するピンチ変形

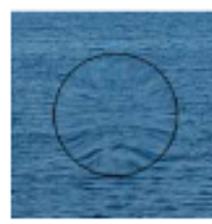


図 9. 海面に対するピンチ変形

験した。図 8、図 9 はピンチ変形画像である。3 つのカテゴリに対して、7 名の被験者がどの程度関心を示すかを測定するために、(i)画像のみ、(ii)触覚付き、(iii)ピンチ変形付きの 3 グループに分け、その操作持続時間を計測したところ、どのカテゴリに対しても、グループ毎の平均時間は、(i)<(ii)<(iii)であり、特に人形の場合は、(i)=12 秒、(ii)=113 秒、(iii)=157 秒と 10 倍以上の差が出ており、触覚とピンチ変形付きの関心の高さが覗かれた。

3. 本事業実施による成果

本事業の目標は、3 次元触覚装置と一体となった 3 次元触覚コンテンツの制作環境支援システムを構築することであり、技術課題は、次の 2 点であった。

(i) 民生機器として最もニーズが高いと予想される立体テレビに繋がる触覚装置のためのコンテンツオーサリング技術

(ii) 将来の奥行き映像に対する触覚ディスプレイを実現するコンテンツオーサリング技術

普及支援システムでは、画像情報から触覚を自動的に抽出するという新しい画像可触化システムの開発であり、(i)のコンテンツオーサリング技術の一つのソリューションを提供するものである。(ii)の奥行き映像に関しては、今回採用した触覚レンダリングが、拘束違反した侵入量に応じた力を加えるペナルティ法で実装したため、奥行きに対して強い反力が生じる恐れがある。そのため仮想壁の概念を導入することで、その回避策を講じた。

4. 本事業の成果の活用状況等

普及支援システムの試作では、画像データから自動的に触覚情報を生成する基本実験を行ったが、今後、より忠実で且つ効果的に生成できるような改良実験を行う必要がある。また、動画に対して本触覚自動生成システムの改良を行うことで、まずは DVD 動画が、3 次元触覚装置の民生機器への切り口となるものと考えている。展開方針を次に示す。

- (1) 放送業界と共同で触覚情報付き 3D 放送の研究を進める。特にニコニコ動画に触覚 CGM を提示することで一般人の関心を高める。
- (2) 電機業界、教育界、製造業等と協力して 3D 映像装置に対して 3 次元触覚装置を装備する実用化研究を進める。
- (3) 更に将来的には、3 次元触覚装置のコストダウンおよび普及支援システムの軽量化によりゲーム業界への市場を目指す。