

物体表面微細構造に基づく皮膚刺激信号パラメータの抽出

Extracting Parameter for Tactile Sensation Based on Surface Mesostructure

野村 和義¹⁾, 尹 新¹⁾, 田中 弘美¹⁾

Kazuyoshi Nomura, Xin Yin and Hiromi T. Tanaka

1) 立命館大学 情報理工学部 知能情報学科

(〒525-0055 滋賀県草津市野路町 1-1-1, {nomura, yin, hiromi}@cv.ci.ritsumeai.ac.jp)

1. はじめに

歴史的な文化財を劣化のない状態で保存しようという目的でデジタルアーカイブ化する研究が盛んにおこなわれている[1]. デジタルアーカイブは CG, CV 技術の発展により仮想空間に見た目には本物と非常に近く再現することが可能となっている. また, 近年, デジタルミュージアムという概念が生まれており, 自宅から資料をネット上で閲覧できるようなシステムや仮想世界の博物館をユーザーのアバターを操作して作品を閲覧するなど, デジタルという利点を生かした, より便利で, 多くの人にオープンなミュージアムへの試みがなされている[2]. 本物の歴史的な文化財を実際に手で触れることは不可能であるが, 仮想空間に再現されているデジタルアーカイブならばいくら触っても劣化することはない. そこで我々は物体の画像から生成した振動を指先に提示することで高臨場感の鑑賞システムの構築した[3]. 今回さらに強い振動を生成することができるアクチュエータを用いて出力させた. また, 生成した波形をスペクトル解析して特定の周波数を抽出し sin 波による振動信号の合成を試みた.

2. 対象物体の撮影

撮影したサンプルを図 1 に示す(左から, 磁器, 和紙, 顔料, 布). また, 撮影に使用した全方位型光学異方向性反射測定装置(OGM:Optical Gyro Measuring Machine)を図 2 に示す. OGM は, 光源 2 軸, カメラ 1 軸, ステージ 1 軸, 合計 4 軸の回転自由度をもつ.

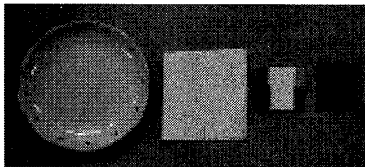


図 1 撮影したサンプル



図 2 OGM

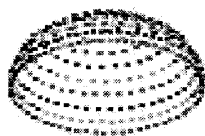


図 3 光源位置

この自由度を組み合わせることによってあらゆる光源入射角, 視点角からの計測を可能とする. カメラは浮世絵に対し垂直方向に固定し, 光源の位置を様々な位置に移動させて撮影する. 光源の位置は uniform concentric map の手法[3]を用いて図 3 のように半球状の格子に対応する点を分布させて撮影を行う. 高密度でサンプルの反射特性をとるため, 和紙を撮影するときは約 2.0 度間隔, 他のサンプルを撮影するときは, 約 0.5 度間隔で撮影した. 約 1220 万画素で約 5cm×6cm の範囲を撮影する. このときの 1 ピクセルの画像は約 18 μ m の範囲を表している.

3. 法線マップの生成

撮影された, 各光源位置のときの画像からピクセルの反射特性を求めさらにそこから法線ベクトルを求める.

ピクセルごとに反射特性を表わすイメージを作る[5]. 半球上に分布している光源の位置を格子状に並べて生成したイメージを図 4 に示す. 各サンプルの画像の各ピクセル一つ一つにこの図のような反射特性を得られる. このイメージの各ピクセルが, 各光源の位置に対応した反射光の輝度に対応しており最も白く見えるところが最も強い反射が観察されたときの光源の位置に対応している. カメラの位置がイメージの中心周辺のピクセルに対応する.

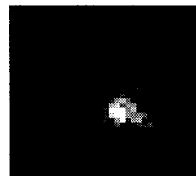


図 4 ピクセルの反射特性

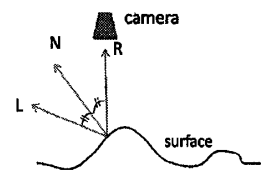


図 5 正反射ベクトル

図 5 の反射特性の画像から最も強い反射光を発生させている光源の位置を特定することができる. 最も強い反射光は正反射による現象だとみなすことができる(図 5) 正反射が行われているとき, 光源の位置ベクトル L と反射光のベクトル R より, 法線ベクトル N は,

$$N = (R + L) / |R + L| \quad (1)$$

によって求めることができる.

式(1)から求めた, 各ピクセルの法線ベクトルの方向 xyz

をRGB成分として表した画像を図6に示す。ここでは見やすくするためにコントラストを50%から80%に増強した。

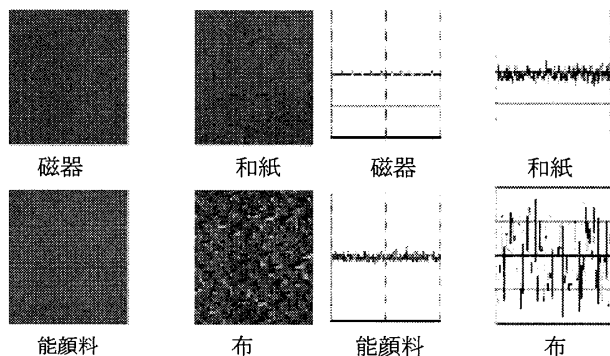


図6 法線マップ

図7 生成した波形

4. 振動生成

物体表面には微細な凹凸がある。その凹凸に指の表面が接触し、指表面に付加がかかる。この力の変化のリズムが指先に振動として伝わりそれにより物体の触感の違いを認識していると考えられる。

サンプルの画像のX方向へ水平になぞると仮定し、その直線の法線ベクトルを見る。X方向に指をなぞるとき、指のX方向にかかる力は、法線ベクトルのX成分の大きさによって変化する。そこでX方向に一列に並んでいるピクセルの法線ベクトルのX成分の値を振幅として波形を作成した(図7)。今回作成した波形では1つのピクセルからの法線のX成分を2個ずつ波形データに格納していった。

この波形データを出力デバイスとしてボイスコイルモータ(VBW32C25, Audiological Engineering Corp)を用いた。このボイスコイルは入力波形と同じ波形を出力する。このボイスコイルを指先で触れることで、振動を感じることができた。表面の凹凸の少ない磁器ではほとんど振動を感じることができず、凹凸が大きい布では、振幅が大きく、強振動が感じられた。しかし、和紙や能面顔料などの微妙な振動の違いを区別することはできなかった。

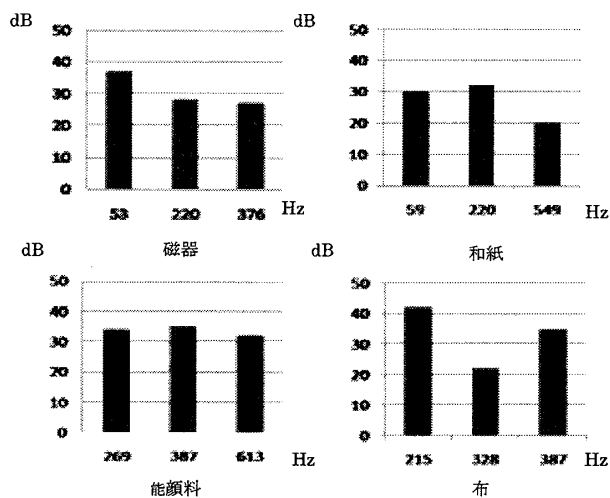


図8 抽出した周波数

次に波形をスペクトル解析し、人が感じられるといわれ

ている1000Hz以下のフーリエ解析をし、ピークから3つの周波数を抽出した(図8)。これらの周波数の正弦波で波形を合成し指先へ提示すると振動として感じられた。

5. 考察

今回生成した振動では対象物に対応している触感を再現することはできなかった。これは物体を触るときに指に起こる物体固有の振動の周波数を抽出できていないからだと考えられる。また、今回は想定している対象物が文化財のため非接触で画像から取得した法線マップを触覚提示のための振動に用いた。しかし取得できた法線がどれだけ表面の微細構造との相関があるかを調べる必要がある。布の風合いを評価する方法として、KES(Kawabata's, Evaluation System for fabric)[6]が広く用いられている。KES法では布の力学物理特性を、引張特性、曲げ特性、せん断特性、圧縮特性、摩擦特性、表面特性などの組み合わせによって定量化する。このKES法で用いられる表面特性測定器を用いて物体表面の粗さを物理的に測定できる。

6. まとめ

光学的手法で取得した法線を用いて表面をなぞるときに指先に発生する振動を生成した。振動から抽出したスペクトル成分がどのような影響を人の触感に与えるかをさらに研究する必要がある。また物体表面の法線がどれだけ実際の凹凸を反映しているかを検討するために、実際の表面の粗さをKES法などの物理的な計測方法と比較し、画像から取得した法線との相関関係を確かめ、パラメータの抽出方法をさらに検討する必要がある。

参考文献

- [1] 尹 新, 許 威威, 田中 弘美: 浮世絵のデジタルコンテンツ化のための3次元モデリングと可視化, 情報処理学会 CVIM 研究会, No. 157, pp. 39-44, 2007.
- [2] 坂村健: デジタルミュージアム 21世紀型分散博物館構想, http://www.um.u-tokyo.ac.jp/publish_db/2000dm2k/japanese/01/01-01.html
- [3] 野村和義, 尹 新, 田中弘美: 音と振動による文化財鑑賞システムの研究: 第13回日本バーチャルリアリティ学会大会, 3B2-6, 2008.
- [4] Shirley, P., Chiu, K.: A low distortion map between disk and square, Journal of Graphics Tools 2(3), pp. 45-5, 1997.
- [5] J. A. Paterson, D. Claus, and A. W. Fitzgibbon: BRDF and geometry capture from extended inhomogeneous samples using flash photography, Computer Graphics Forum, Vol. 24, No. 3, pp. 383-391, 2005.
- [6] 川端季雄: “風合い評価の標準化と解析(第2版)”, 日本繊維機械学会, 1980.