

# 物体表面の立体形状特徴と触覚感度に関する研究

情報科学科 山田 早姫

指導教員：村上 和人

## 1 はじめに

人への情報呈示方法は多種多様な方法によって行われている。視覚と聴覚を併用した際にみられるように、2つの情報に不一致や不整合があると違和感を覚える。視覚と触覚の間でも同様と考えられる。

そこで本研究では、物体表面の立体形状特徴を変化させ、視覚と触覚の整合性について基礎的な検討を行った。以下、本稿では 2. で触覚刺激を与える要素について述べ、3. で 3D プリンタにより生成する触覚刺激について説明する。そして 4. で実験方法と実験結果について示し、立体形状特徴と触覚感度について考察する。

## 2 ざらつき感と立体形状特徴

### 2.1 ざらつき感

物体表面に立体形状が存在すると、その物体に触れた際、ざらつき感を覚える。立体形状の基本要素は視覚におけるテクスチャのようにパターンの 2 次元的な形状に加えて高さ方向の情報、すなわち凹凸に依存すると考えられる。

### 2.2 立体形状特徴

物体の表面に作成する立体形状の特徴を図 1 に示す。指で触れた際の方向による影響を除くために円錐を基本とするパターンを用いる。高さ方向について円錐は刺激が強くなりすぎる可能性があり、円柱では凹凸を感じにくい可能性があるため、円錐の先端部分を切り取った円錐台を並べる方式でざらつき感を与えることとした。

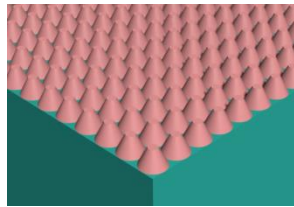


図 1. 立体形状特徴

## 3 触覚刺激

刺激としての有効な範囲を求めるため、以下の実験を行った。円錐の底面の直径は全て 10.0mm で、円錐の高さを 3 つのセグメントに分割し、その上部を約 2/3 切り取ったもの(高さ 3.59mm)、約 1/3 切り取ったもの(高さ 7.19mm)、切り取り無し(高さ 10.0mm)の 3 つのパターンを用意し、この大きさを基準の 100%とした。基準の 100%に対し、「100%、75.0%、50.0%、30.0%、20.0%、15.0%、10.0%、6.00%、3.00%、0.00%(凸無し)」の 10 種類に縮小した大きさの異なる凸部分を、大きさ順に隣接させた生成物を刺激として利用した。

パターン別に 1 種類ずつ提示し、触覚のみでざらつき感を判断できる範囲を答えてもらった。得られたデータより、平均、分散、標準偏差を計算した結果、上部を約 1/3 切り取ったパターンを用いることとした。このパターンは被験者が区別可能な限界値の平均値が 3.00%であり、平均値の±2σ の間に全データの 99.9%が分布していることから、「6.80%、4.22%、2.62%、1.63%、0.00%」の 5 種類を刺激の大きさとして用いることとした。6.80%から順に刺激 A、刺激 B、刺激 C、刺激 D、刺激 E とし、これに従い作成した凸部分を縦 30.0mm、横 30.0mm、高さ 5.00mm の直方体の上に底面部分が触れ合わない様に隙間なく設置し、刺激として用いた。刺激の 3D モデルと 3D プリンタで生成した刺激を各々図 2、図 3 に示す。

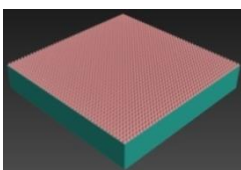


図 2. 刺激の 3D モデル

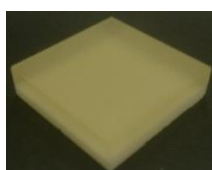


図 3. 生成した刺激

## 4 触覚感度確認実験

### 4.1 実験方法

刺激の大きさを小さくしていった際、触覚のみで刺激をどこまで区別して感じられるかを測定するために、用意した 5 つの刺激を使い、20 代の男女 16 名を被験者として実験を行った。触れる順序が印象に影響すると予測されることと、比較対象が無い場合には判断が困難であると考えられたため、実験にはシェッフエの一対比較法を用いた。

#### ・実験条件

目を閉じ触覚のみで判断を行う。左手の掌の上に 2 種類の刺激を置き、自身から見て左側に置かれた刺激から、右手の人差し指のみで触れる。刺激は 5 種類のうちから 2 種類を重複なくランダムな順序で提示する。時間制限は設けず回答してもらう。似たような触感の刺激を触り続けると、前の刺激の印象が残ってしまい悪影響を与えると考えられる。この悪影響を避けるため、刺激を変更する際には刺激とは異なる質感を触ってもらい、リフレッシュする。

#### ・実験手順

5 種類の刺激から 2 種類を選んで提示し、「左の刺激がかなりざらついている」(2)、「左の刺激がややざらついている」(1)、「同じである」(0)、「右の刺激がややざらついている」(-1)、「右の刺激がかなりざらついている」(-2) の 5 つの印象のどれに当てはまると感じたかを答えてもらう。提示する刺激を変更し、これを繰り返す。結果の集計には括弧内の値を用いた。

### 4.2 実験結果

与えた尺度値を用いて分散分析を行った結果、刺激間に有意差が認められたため、5 つの刺激を 1 つの数直線上に配置し、各刺激間の関係性を分析するためにヤードスティックを用いた分析を行った。結果を図 4 に示す。

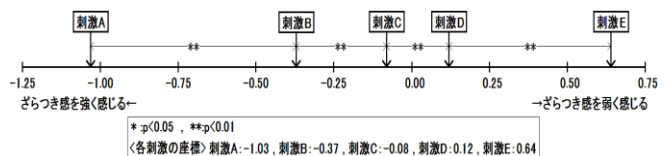


図 4. 回答から得られた刺激の分布

図 4 では、負の値に近づくほどざらつき感を強く感じ、正の値に近づくほどざらつき感は弱く感じる。刺激が ABCDE と順に並んでいることから、凸部分の大きさに変化を与えることでざらつき感を表現でき、凸部分の大きさが大きいほどざらつき感を強く、小さいほど弱く感じる事が確認できた。また、各刺激間の距離の違いから、提示する刺激の端となる種類の刺激についてはより強く、あるいはより弱く感じるといえる。

各刺激の距離には有意差が認められたため、5 種類の刺激を触覚のみで区別することは可能であると考えられる。このことから、今回の被験者は少なくとも高さ 0.17mm の円錐台を区別することができると考えられる。

## 5 おわりに

本研究では、円錐台の大きさによりざらつき感を表現することが可能であり、触覚のみで少なくとも高さ 0.17mm の円錐台の大きさを区別できることが明らかとなった。

今後、より精度を高めた限界値の検討や、ざらつき感の要素となり得ると考えられる他要素の検討、視覚を併用するなどの他条件での印象の違いについて検討することが課題である。