

## 触知覚感の定量化に関する研究

東京大学工学部計数工学科 住友 謙一 ○ 阪口 豊 中野 馨

### A System Simulating Human Haptic Perception

Ken-ichi Sumitomo, ○Yutaka Sakaguchi and Kaoru Nakano

Department of Mathematical Engineering and Information Physics, University of Tokyo

**Abstract:** This article describes a system which simulates human haptic perception process. The system touches an object with sensor devices, moves them along its surface with various pressures and speeds and observes vibration and friction. Based on the observed information, the system represents the object as a set of six characteristics. It is shown that the system gives specific representations to materials causing distinctive sensations.

#### 1 はじめに

人間の感覚を定量的に取り扱うため、これまで、人間の感覚を客観的に表現する種々の方法が構成されてきた。たとえば、色度図は色を系統的に表現する方法として優れたものである。また、近年、味や匂いについても、その定量化をめざした研究が進められている<sup>1, 2</sup>。本研究は、触知覚感に関して、これを定量的に計測し、表現する方法を構成しようとするものである。

人間の触知覚は、機械受容器や筋線維、温冷線維など種々の感覚受容器からの情報が統合されて得られる点、および、擦る、押すなどのさまざまな触運動を通じて得られる点で、特徴的な感覚である。このような触知覚の特徴に着目し、筆者らはこれまでに、温度センサ、圧力センサ、振動センサからの情報を統合することにより対象の材質を識別するシステムを構成した<sup>3</sup>。このシステムでは主に温冷覚、圧覚を扱ったが、すべり・まさつ覚もまた、触知覚感を構成する重要な因子である。今回、筆者らはすべり・まさつ覚を扱うシステムを試作したので<sup>4</sup>、ここに報告する。

#### 2 システムの構成

Fig. 1 に試作したシステムの構成を示す。

本システムは、左右に運動して対象の表面状態を計測するセンサヘッド部と、対象を載せて上下に移動するステージ部から構成される。計測する際には、対象をステージに載せ、対象がセンサヘッドに接触するまでステージを引き上げたのち、センサヘッドを左右に運動させてセンサ先端を対象表面と擦り合わせる。

センサヘッド部の構造を Fig. 2 に示す。ヘッドの先端には、受音部がシリコンゴムで被われた小型マイクロフォンが取り付けられ、これにより、シリコンゴムが対象と擦れ合うときの細かい振動を検出する。また、ヘッドは直動台に対

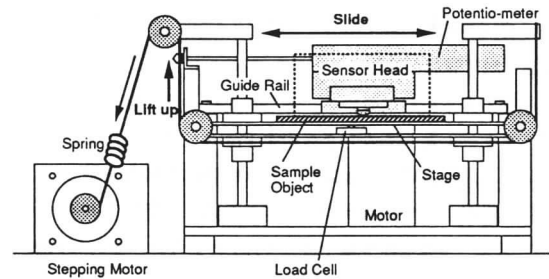


Fig. 1 Schematic Structure of Constructed System

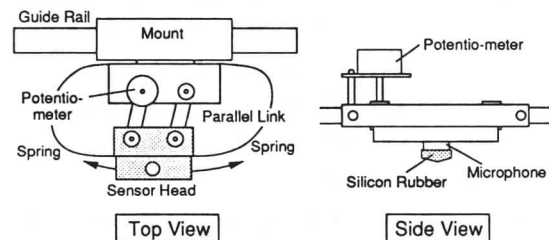


Fig. 2 Sensor Head

して平行リンクで結合され、左右に首を振るようになっており、その位置は板バネによって中心に復元するように作られている。このメカニズムにより、センサ先端と対象表面との間のマクロな摩擦力の大きさをヘッドの「首振り角」として捉えることができる。

一方、ステージ部には荷重センサが取り付けられ、その出力が設定値と等しくなるように引上げ力を制御することによって、対象との接触圧を調節する。接触圧とヘッドの運動速度を制御することにより、本システムは、種々の圧力、速度で対象表面を「さわる」ことができるようになっている。

#### 3 実験方法

実験では、接触圧を3種類、ヘッドの移動速度を3種類設定し、それぞれについてヘッド部の「首振り角」とマイク

Table 1 Basic Samples

(1) Rubber 1	(5) Ceramic Tile
(2) Rubber 2	(6) Wood 1
(3) Suede	(7) Cork
(4) Chrome Leather	(8) Sand Paper 1

Table 2 Comparison between Human and System

System Judgement	Before Inst.	After Inst.
Most Similar	26%	48%
2nd Most	22%	33%
3rd Most	19%	4%
Others	33%	15%

ロフォンからの信号を測定した。そして、これらの信号に前処理を加えて、10数種の特徴量を抽出した。

今回は、基本材料としててざわり感が明らかに異なる典型的な材料を計8種類用意し (Table 1)、これらの間の差が大きく現れるような特徴量を6種類選択した。

## 4 実験結果

### 4.1 触知覚感の表現

4種の基本材料について、6つの特徴量を各軸にとりレーダーチャートとして表したものを Fig. 3 に示す。図からわかるように、各材料の表現はそれぞれ特徴的な様相を示す。

このほか、Fig. 3 からわかることを二、三挙げておく。

- スエード革 (3) や紙ヤスリ 1 (8) のように、ざらざら感、凹凸感のあるものは、軸  $a$  の値が大きくなる。
- 軸  $a$  の値が同様に大きくても、まさつ感の異なるコルク (7) と紙ヤスリ 1 (8) は、軸  $d, e$  に違いが現れる。
- プレーンゴム (1) は、表面を軽くなるとさらさらした感じがするが、接触圧を大きくすると「ねばる」感じが生じる。この性質が軸  $a, d, e$  に現れている。

### 4.2 人間の感覚との比較

得られた表現と人間の触知覚感との関係を調べるため、基本材料のほかに9種類の未知材料を用意し、それぞれについて、システムと3人の被験者に対し「どの基本材料と最もよく似ているか」を答えさせる実験を行なった。なお、システムの回答は、6次元特徴空間での正規化距離を用いて定めた。

Table 2 に実験結果を示す。表の各行の数値は、被験者が「最もよく似ている」と回答した材料が、システムが1, 2, 3番目に似ていると判断した材料とそれぞれ一致していた割合を表している。表の左列は、被験者に特に何も指示しないとき、右列はシステムの回答を教えてから再度実験したときの結果である。

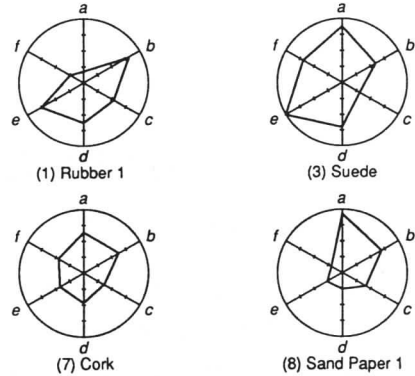


Fig. 3 Experimental Results

この実験の典型的な結果は、つぎの例によく現れている。未知材料としてフェルトを提示したとき、システムが木 1 (6) が最も近いと判断したのに対し、被験者はクロム革 (4) が最もよく似ていると回答した。このとき、被験者は「すべり・まさつ感だけで比べれば (6) が最も近いが、温度感が違うので似ているとは思えなかった」と答えている。

この結果は、本システムが対象表面の純粋なすべり・まさつ感については人間の感覚をよく捉えていることを示すとともに、てざわり感の知覚においては、温冷覚がそれらと同等以上に大きな意味を担っていることを示している。

## 5 おわりに

種々の接触圧、速度で対象表面を擦ることにより、対象表面のすべり・まさつ感を計測する触知覚センシングシステムを試作した。

本システムは、すべり・まさつ情報しか取り扱っていないため、触知覚感を定量的に表現するシステムとしては、まだ不十分である。今後、温冷覚センサ、圧覚センサを組み込むなどの改良を加えることによって、より人間の感覚に近い触知覚表現を得るシステムへと発展させていく予定である。

## [参考文献]

- 都甲：“味覚 — 人工脂質膜”，数理科学，356，25-30 (1993)
- 岡畑：“嗅覚 — 水晶発振子をデバイスとする匂いセンサ”，数理科学，356，38-42 (1993)
- 黒川，阪口，中野：“意図的触覚センシングシステム”，第31回計測自動制御学会学術講演会予稿集，671-672 (1992)
- 住友：“能動的触覚センシングシステムの研究”，東京大学工学部卒業論文 (1993)