

# 振動形触覚ディスプレイの開発

5P-9

## （第3報 なぞり運動に同期した表示法の検討）

池井 寧      池野 晃久      福田 収一

都立科学技術大学

### 1 はじめに

仮想現実感生成技術において触覚を呈示するデバイスとしては、物体をつかんだり、触れたりしたときの力覚の表現を目的とするものが多く、物体表面の微細な性状に基づく面の質感を表現するようなデバイスに関しては、開発が未だ十分に行われていない。著者らは二次元的に広がる物体表面の質感を表現することを目的として、振動刺激を面状に発生する振動形触覚ディスプレイを開発した。

本装置では触覚刺激を与える手段として、図1のように二次元的に配置された振動ピン（直径0.5mm）を用いている。各ピンは、感覚の受容感が最大値付近となる250Hzで振動し、この振動を指の運動や表示すべき仮想物体の表面性状等と関連させて様々なパターンでオン・オフすることによって、この18×8mmの振動面（触覚情報の表示面）に触れあわせた指先の皮膚に触覚を表示する。振動ピンの振幅変位は約80μm程度となっている。

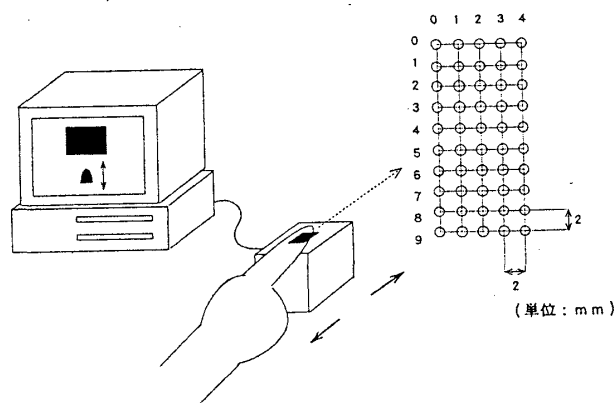


図1 触覚ディスプレイ概要

触覚ディスプレイは載せられた指の動きに伴って移動し、この動きと同期してCRTに表示された指のCG画像も移動する。指のCG画像が仮想物体を表す像と重なると、触覚表示面に振動刺激が発生し、被験者はあたかも指先で物体表面をなぞったような感覚を得る。

### 2 なぞり運動と刺激呈示

本装置によってなぞり運動による刺激を呈示する場合、実際のなぞり運動で起こる刺激への順応過程を考慮する必要がある。つまり、指先を動かして物体表面をなぞっている場合だけ刺激を与え（ピンを振動させ）、指先が停止している場合には刺激を与えない（ピンを停止させる）という制御方法が、被験者にとって自然な刺激を呈示する上で必要になる。

さらに、振動刺激は指先の運動が停止した瞬間に同時に停止するのではなく、実際のなぞり運動において指先の感覚が刺激に順応するのと同じ時間だけは継続し、その後停止しなければならない。この一定時間の刺激の継続によって、指先の皮膚が実際のなぞり刺激に対して順応する過程が再現される。

本装置において最適な振動刺激の継続時間を実験により求めた。表示の対象としては、細い針金を平面上に置いた場合に相当する表面形状を選んだ。振動継続時間の初期値をランダムに与えた表示状態に対して、被験者が自然な感覚と感じられるまで継続時間を変更する調整法で計測を行った。その結果、最適な振動刺激の継続時間として表1に示す値が得られた。なお、被験者は20代の男性3名である。

Development of Vibratory Tactile Display(3rd Report: Study of display method synchronized with finger trace movement.)

Yasushi Ikei, Akihisa Ikeno, Shuichi Fukuda  
Tokyo Metropolitan Institute of Technology  
6-6 Asahigaoka, Hino-shi, Tokyo 191

表1 最適振動継続時間

系列	継続時間 (ms)
上昇系列	25.17 ± 0.832
下降系列	25.67 ± 0.832

分散分析を行った結果、系列間の有意差は認められなかった。この結果から見て、振動継続時間は25ms程度に設定するのが適当であると考えられる。

### 3 表示分解能に関する実験

本装置の基本的な性能指標の一つとして、表示分解能、つまりどの程度の細かさのテクスチャまで表示可能かという点がある。前述の刺激継続時間を有する制御方法で駆動した場合における本装置の表示分解能を調査する実験を行った。

表示する物体表面のテクスチャは、図2に示す一次元の規則的な凹凸であり、凹部凸部の比率として凸部25%、50%、75%の三種類のパターンを用意した。また凹凸のピッチは、表2の値の中で変化させた。ピッチはランダムに選ばれ、被験者は表示される物体表面の形状について、まず凹凸として知覚できるか否かを解答し、次にもし凹凸が知覚できたならば、その凸の本数を解答する。

表2 表示される凹凸のピッチ

凹凸のピッチ (mm)							
0.6	1.0	1.2	1.4	2.0	2.8	3.0	4.0
6.0	8.0	10.0	12.0	16.0	20.0	24.0	

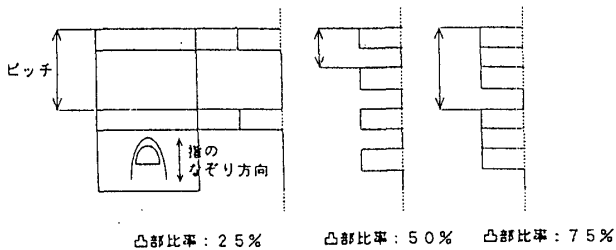


図2 表示テクスチャ

実験結果を図3、図4に示す。図3は凹凸と答えた場合の比率、図4は解答した凸の本数の正解率であり、この場合、正しい凸の本数の±20%の範囲までを正解に含めている。

図3において、凹凸のピッチが1.0mm、2.0mm、4.0mmの場合に凹凸の知覚率が著しく低くなる点がある。これは、振動ピン間隔がこれらのピッチと整数比の関係にあり、全てのピンの位相が同期して振動する為であり、他のデータとは異なる特異的な表示状態となるからである。これらの点を除けば、凸比が小さい方が知覚率は高くなっている。また、図4に示すようにピッチの増加とともに知覚本数の正答率は比較的単調に増加している。凸比25%のパターン

では8.0mm、50%のパターンで10.0mm、75%のパターンでは20.0mm付近で正答率が70%を越えている。図3、図4の両者とも凸比25%、50%の場合と75%の場合の間には比較的明瞭な差が表れており、凸部の知覚率は1ピッチ内の凸部の比率の影響を受けることが分かる。

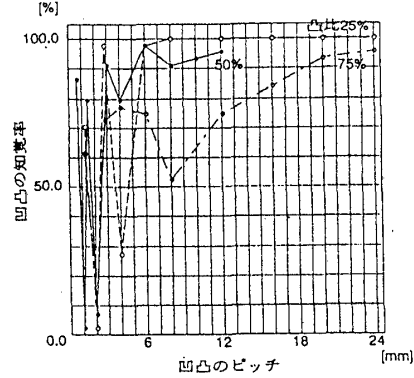


図3 凹凸の知覚率

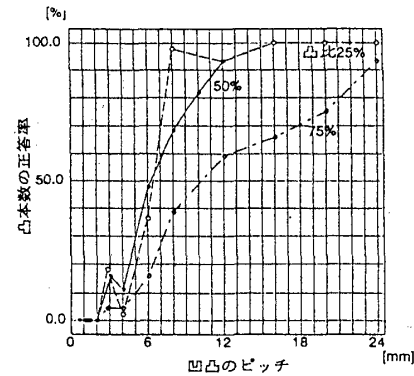


図4 凸本数の正答率

### 4 まとめ

正答率70%を弁別閾の一つの目安とすると、本装置の表示分解能は、接触面について凹凸の存在を知覚できる程度でおよそ1~2mm、接触面の凸の本数が数えられる程度では、凸部の比率50%以下の場合でおよそ10mmである。これらの値は表示するテクスチャの形状、特に1ピッチに対する凸部分の比率により変化する。

### 参考文献

- [1] 池井、池野、福田:触覚ディスプレイの開発、日本機械学会第3回設計工学・システム部門講演会講演論文集、289-291、1993
- [2] 池井、池野、福田:触覚ディスプレイの開発(第2報表示パターンの検討)、日本機械学会第71期全国大会講演論文集、348-350、1993