

非接触触覚ディスプレイによる手掌部への情報提示

Providing Information on Palm with Non-contact Tactile Display

星 貴之¹⁾

Takayuki HOSHI

1) 名古屋工業大学 若手研究イノベータ養成センター

(〒466-8555 愛知県名古屋市昭和区御器所町, star@nitech.ac.jp)

Abstract: A non-contact tactile display is utilized to provide information on a user's palm. That can act as an alternative information channel. The tactile stimulation is a spot of pressure generated by focused airborne ultrasound. The diameter of the spot is 13 mm and the maximum output force is 18 mN. It is combined with a graphic tablet and handwritten letters and graphics are displayed by moving the spot.

Key Words: Non-contact tactile display, Airborne ultrasound, Radiation pressure, Handwriting.

1. はじめに

筆者らのグループは、空中を伝搬する超音波を利用した非接触触覚ディスプレイ [1] の開発を進めている。これまでに空中映像 [2], 空中インタフェース [3] への触覚フィードバックの付与などをおこなってきた。

本稿では、手のひら上で触覚刺激点を走査することによる情報提示を提案する (図 1)。これは、パスワード文字列を画面に表示することなくユーザに伝える、視覚障害者に文字や絵柄を伝える、執筆時の動作まで伝える手紙、などの応用が見込まれる。

手掌部への触覚提示の先行研究としては、吸引圧による圧覚提示 [4], 垂直・せん断方向の力提示 [5], スピーカによる Hi-Fi 触感提示 [6], 少数の触覚刺激点による仮現運動を利用した文字や図形の提示 [7] などがおこなわれている。文献 [4] は触覚刺激法の提案にとどまっておらず、分布の提示までは実現されていない。文献 [5] [6] は分布ではなく一様に刺激する手法である。文献 [7] では文字・図形の提示が試みられている。これは原理上、直線で構成された文字・図形に適した提示法である。本稿で提案する手法では、刺激点の走査により曲線の提示も可能である。

2. 空中超音波触覚ディスプレイ

2.1 原理

空中超音波触覚ディスプレイは、空中を伝播する超音波による音響放射圧を利用して空中に触覚を提示する [1]。超音波が物体表面に垂直に入射したとき、発生する音響放射圧 P [Pa] は次式で表される。

$$P = \alpha E \quad (1)$$

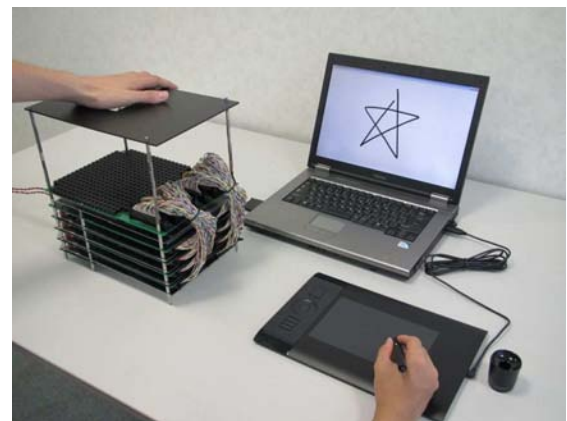


図 1: 手掌部に手書き文字を提示するシステム。

ここで α は物体表面の反射特性に依存する係数 (全反射のとき $\alpha = 2$), E [J/m²] は超音波のエネルギー密度である。上式によると、超音波の時空間パターンを制御することにより任意の放射圧パターンを提示することができる。

2.2 デバイス

今回用いるデバイス (図 2) について述べる。20×20 cm² の範囲内に超音波振動子 384 個を並べた振動子アレイを用いる。それぞれの振動子を適切な位相で駆動することにより任意の位置に超音波焦点を生成する。振動子は共振周波数 40 kHz であり、それを定格電圧 (10 Vrms) で駆動する。焦点径は周波数, アレイサイズ, 距離によって決まる (詳細は文献 [1] 参照)。今回のアレイから 15 cm 離れた位置における焦点径は 13 mm (理論値) である。また焦点に手をかざしたとき発生する力は最大 18 mN (実測値) である。放射圧強度は可変 (8 段階) であり、また 0 ~ 1000 Hz の矩形波で変調した振動刺激を出力することができる。

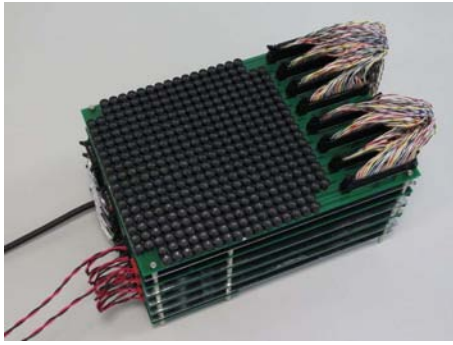


図 2: 384ch 超音波振動子アレイ (上面) および駆動回路.

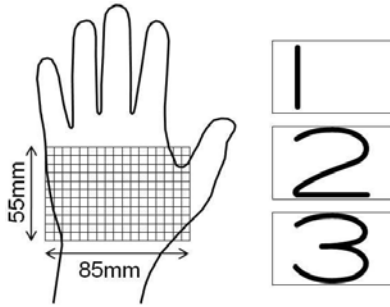


図 3: 触覚提示領域 (55×85 mm²) と提示された数字.

3. システム

前述の触覚ディスプレイを用いて構築した、手掌部への情報提示をおこなうシステム (図 1) について述べる. 本システムは制御用 PC, 手書き文字入力装置, 触覚ディスプレイから構成される.

入力装置には市販のペンタブレット (intuos4 PTK-640, 電磁誘導方式, Wacom 社製) を使用している. タブレット上のペン先の位置を毎秒 200 ポイント, 精度 0.5 mm で計測し, 筆圧を 1024 段階で取得する.

触覚ディスプレイの上方 15 cm の, 55×85 mm² の領域を触覚提示領域とする. これを 5 mm 角の小領域に細分化しそれぞれの小領域の中心座標を超音波焦点の提示座標とする. そこへ図 3 に示すように手掌部を配置し, 触覚情報を得る. 提示領域への手の配置を補助するため, 穴のあいた板が提示領域の高さに取り付けられている. 放射圧強度は筆圧の強弱に応じて変化する. 焦点位置の更新レートは 65 Hz である. 今回は超音波に変調をかけずに出力する.

4. 実験

本システムを用いて文字情報を伝達する実験をおこなった. 被験者は男性 7 名 (右利き, 22~24 才). 被験者は触覚ディスプレイの正面に立ち左手を触覚提示領域に配置した. アラビア数字の「1」「2」「3」(図 3) をランダムな順番で提示し, どれであるかを回答させた. 刺激強度は最大値 (18 mN) に固定した. これを 1 試行として各被験者に対して 30 試行を実施した. 被験者にはそれら三文字のうちいずれかを提示することをあらかじめ伝え, 数回の訓練の後に実験をおこなった. 視覚と聴覚の影響を抑制するため, 被験者には閉眼させ, またヘッドフォンで十分な

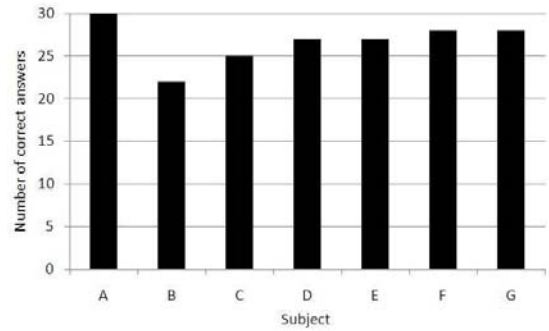


図 4: 文字情報伝達実験の結果. 平均正答率 89 %.

音量のホワイトノイズを聞かせた.

結果を図 4 に示す. 各被験者の正答数が棒グラフで表されている. 正答率の平均は 89 %であった. 最高正答率は 100 %, 最低正答率は 73 %であった. 被験者からは「直線か曲線か判然としない場合もあるが, 焦点が動く方向 (上下左右) は判別できる」との感想が得られた.

5. おわりに

本稿では非接触触覚ディスプレイを用いた手掌部への情報提示を提案し, システムを試作した. 手書き文字入力装置から取得した筆跡と筆圧を, 刺激点の軌跡と強度として提示する. アラビア数字の「1」「2」「3」を判別する実験をおこなったところ, 平均正答率は 89 %であった.

今回は簡単のため手を置く位置を固定した. 今後, 手の位置計測と組み合わせることにより, 三次元空間中の任意の位置で手のひらに触覚情報を提示することを目指す.

参考文献

- [1] T. Hoshi, M. Takahashi, T. Iwamoto, and H. Shinoda: Noncontact Tactile Display Based on Radiation Pressure of Airborne Ultrasound, IEEE Transactions on Haptics, vol. 3, no. 3, pp. 155-165, 2010.
- [2] 高橋将文, 星貴之, 中妻啓, 篠田裕之: 無拘束型触覚提示装置による空中映像とのインタラクション, 第 14 回日本 VR 学会大会論文集, 1D2-4, 2009.
- [3] 星貴之: 触覚フィードバックのある空中インタフェース, ROBOMEC2011 講演論文集, 2P1-011, 2011.
- [4] 牧野泰才, 篠田裕之: マルチプリミティブ吸引刺激による手掌部触覚ディスプレイ, ROBOMEC04 講演論文集, 1P1-H-2(1-4), 2004.
- [5] 家室証, 南澤孝太, 川上直樹, 館暲: 装着型でのひらハプティックディスプレイ, ROBOMEC2008, 1P1-H13, 2008.
- [6] 橋本悠希, 中田五月, 梶本裕之: Hi-Fi 触覚提示に関する研究: ハードウェアの基礎的検討, 日本 VR 学会論文集, vol. 14, no. 4, pp. 491-499, 2009.
- [7] 水上陽介, 澤田秀之: 薄型触覚呈示デバイスによる高次知覚を利用した触覚情報呈示, 情報処理学会インタラクション論文集, pp. 121-128, 2007.