

## プロジェクタ映像との触覚インタラクションシステムの開発

熊本大学 ○西山雄太 星貴之 鳥越一平

Development of Tactile Interaction System with Projected Image

Yuta Nishiyama, Takayuki Hoshi, and Ippei Torigoe  
Kumamoto University

**Abstract:** This paper describes a system for interaction with images projected by a projector. Users can interact with them by moving their fingers in midair and feel touch feedback on their fingers. It consists of a PC, a projector, a hand tracker for input, and a tactile display for feedback. The tactile display utilizes ultrasound to produce tactile feedback from a distance.

### 1. はじめに

近年，ユーザの手の位置や動きにもとづいた入力インタフェースへの注目が高まっている．さらにそこへ触覚情報を付与する試みも報告されている[1][2]．文献[1]では携帯型デバイスの持ち手に振動刺激を提示している．

我々はこれまでにノートPC，三次元ハンドトラッキング，超音波の音響放射圧を利用した触覚ディスプレイを組み合わせ，空中入力システムを構築している[2]．ユーザが入力をおこなっている指に直接触覚をフィードバックする．そのシステムでは中央にPC，その両側に超音波を放射する振動子アレイが配置される．この配置には，アレイの口径が十分に取れず超音波の集束が悪くなる，ユーザの手に超音波が斜めに入射することで提示力が本来より小さくなる，などの問題があった．振動子アレイを中央に配置することができれば，これらの問題は解決される．

本研究ではPC画面の代わりにプロジェクタ映像を使用することを提案する．これにより装置のユーザの手と向かい合う面全体を振動子アレイ (Fig.1) として使うことが可能となる．

### 2. 空中超音波触覚ディスプレイ

#### 2.1 原理

本研究で用いる空中超音波触覚ディスプレイは音響放射圧を利用して触覚を空中に提示する．音響放射圧とは超音波の進行が物体によって遮られる際に物体の



Fig.1 384ch transducer array.

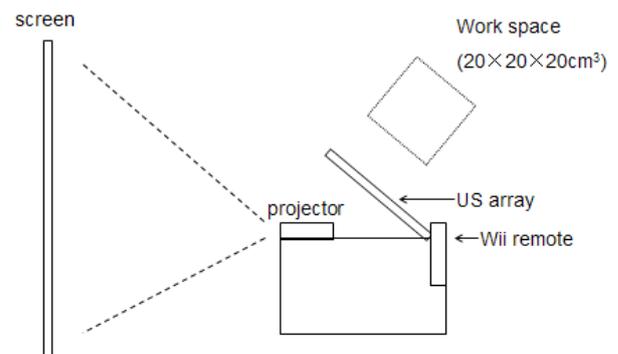


Fig.2 Proposed interaction system (side view).

表面にかかる圧力のことで，その圧力  $P$  [Pa] は次のように表される．

$$P = \alpha \frac{p^2}{\rho c^2} \quad (1)$$

ここで  $\alpha$  は物体表面における超音波の反射特性によって決まる定数である (全反射のとき  $\alpha = 2$ )．また  $p$  [Pa] は音圧の実

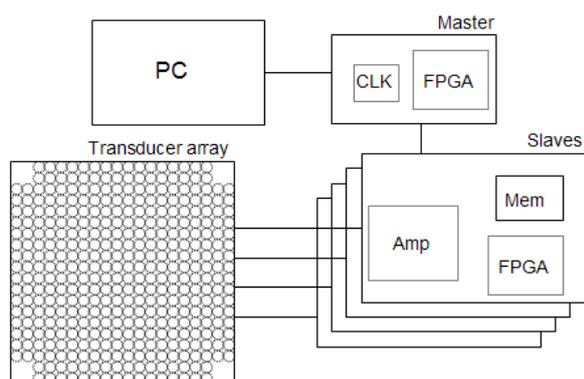


Fig.3 Block diagram of tactile display.

効値,  $\rho$  [kg/m<sup>3</sup>]は媒質の密度,  $c$  [m/s]は媒質中での音速である. 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, 任意の圧力パターンが提示できる. 数百個の振動子からの超音波を集束させることで, 空中において数gf程度の力を発生させることができる.

## 2.2 仕様

アレイは空中超音波送信用振動子(日本セラミック株式会社製, 共振周波数40kHz, 直径1cm) 384個を20×20cm<sup>2</sup>の領域内に配列した(Fig.1). Fig.3にシステム構成を示す. マスタ基板1枚とスレーブ基板4枚からなる. スレーブ基板は1枚で振動子96個を駆動し, マスタ基板がそれら4枚を統括する. スレーブ基板上のフラッシュメモリには各振動子に関する位相と強度のデータが格納されている. 位相は0~2π radを16段階に離散化したもの, 強度は40kHz矩形波のデューティ比0~50%を8段階に離散化したものである. 超音波出力時, PCからの指令をマスタが各スレーブに同時に伝える. 各スレーブはそのデータにもとづいて駆動波形を生成し, アンプを介して振動子を駆動する. アンプから出力される波形は振幅24Vp-p, 周波数40kHzの矩形波である. 空中の一点で焦点を結ぶため, 各振動子から焦点までの距離により位相を変える. また搬送波40kHzに対して矩形波による変調をかけることができ, その周波数はDCと, 1~1000Hzを対数軸上で31等分したものから選択可能である.

## 3. インタラクションシステム

前述の触覚ディスプレイと赤外線カメラによる三次元トラッキングを組み合わせるインタラクションシステムを構築する(Fig.2). 振動子の駆動回路や電源装置を箱に収め, その上に振動子アレイを配置する. またその背後にプロジェクタを設置する. この配置により, ユーザがアレイに手をかざしたとき, 投影された画面を自然に見ることができる. なお今回は汎用のノートPCを回路箱の外に置く予定であるが, 将来的には演算回路のみを回路箱内に設置することも可能である.

触覚の提示領域は触覚ディスプレイに垂直な方向に15cmから35cm, 平行方向に20×20cm<sup>2</sup>の空間とする. 垂直方向は1.25cm刻み, 平行方向は0.5cm刻みに離散化した座標値で表現する. 強度は最大に固定し, 200Hz変調の触覚刺激を提示する.

指のトラッキングは, ユーザの中指に装着した赤外線LEDの三次元位置を2台の赤外線カメラ(Wii Remote, Nintendo)を用いて計測する. 画面上のカーソルを指の三次元位置に応じて動かし, クリック, ドラッグ, 描画などに応じた触覚フィードバックを行う.

## 4. おわりに

本稿では, 触覚フィードバックのある空中入力システムのPC画面をプロジェクタで投影することを提案した. これにより, 装置前面を全て触覚提示用の超音波振動子アレイとすることができる. 今後実装を進めていく予定である.

## 謝辞

本研究は日本学術振興会・科学研究費補助金・研究活動スタート支援(研究課題番号:21800039)の助成を受けたものである.

## 参考文献

- [1] 廣部祐樹, 船橋一訓, 新倉雄大, 渡辺義浩, 小室孝, 石川正俊: 単眼カメラを用いた携帯機器向け空中タイプインテラフェース, 社団法人映像情報メディア学会技術報告, vol. 33, no. 23, pp. 65-68, 2009.
- [2] 星貴之: 触覚フィードバックのある空中入力システムの開発, Proc. SICE SI 部門講演会, 発表予定, 2010.