

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

Interaction system with mid-air holographic image consisting of non-contact tactile display

高橋将文¹⁾, 星貴之²⁾, 中妻啓¹⁾, 篠田裕之¹⁾

Masafumi TAKAHASHI, Takayuki HOSHI, Kei NAKATSUMA and Hiroyuki SHINODA

1) 東京大学 東京大学 大学院 情報理工学系研究科 システム情報学専攻
(〒113-8656 東京都文京区本郷 7-3-1, {masafumi, tsuma, shino}@alab.t.u-tokyo.ac.jp)

2) 熊本大学 工学部機械システム工学科
(〒860-8555 熊本市黒髪 2-39-1, star@kumamoto-u.ac.jp)

Abstract: Recently, many types of holographic display has been proposed and developed. Even though we can see those images with our naked eye, we cannot touch them. Our desire is adding tactile feedback to the holographic image without wearing any special device. This paper describe new interaction system with mid-air holographic image consisting of an aerial imaging system, the Airborne Ultrasound Tactile Display, and a simple hand-tracking system based on IR cameras.

Key Words: Tactile display, Airborne ultrasound, Acoustic radiation pressure.

1. はじめに

近年空中立体映像に対する関心が高まってきており, 従来の特殊なメガネ等を装着する方法のみならず裸眼で実現する技術[1][2][3]が発表, 商品化されつつある. また, 空中に投影されたバーチャル物体とのインタラクションを行うシステム[4]も発表されている. これらのディスプレイに触覚フィードバックを付加することによってその操作性や臨場感のさらなる向上が見込まれるが, 手にデバイスを装着する方法[5]などにより触覚フィードバックを実現する場合, 特別な装置による身体的な拘束が無いという裸眼空中映像ディスプレイの利点を損なう恐れがある. 一方, 我々は空中に非接触かつ自由度の高い触覚を提示することが可能な, 超音波の音響放射圧を利用した触覚ディスプレイの提案と開発を行ってきている. これまでに中心軸上に焦点を生成する同心円アレイ[6]と, その発展形として三次元空間中に任意の焦点を生成可能な二次元アレイ[7]を発表している.

本稿では空中超音波を用いた触覚ディスプレイと空中映像ディスプレイを組み合わせることによって実現した, 無拘束型の空中映像とのインタラクションシステムについて報告する.

2. システム構成

図 1 にインタラクションシステムの概略図を示す. 本システムは空中映像ディスプレイによって映し出されたバーチャル物体にユーザが手で触れたとき, その手の位置を

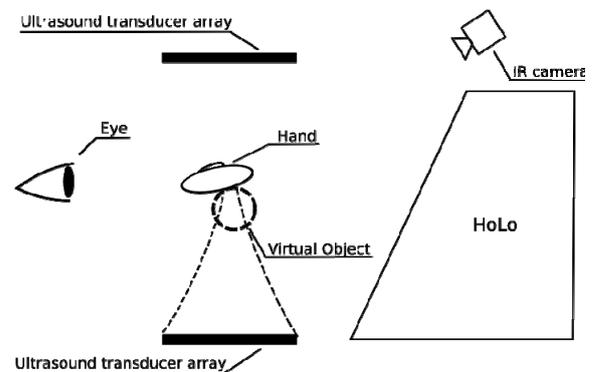


図 1: システム概略図

計測し, それに応じてバーチャル物体を変化させつつ触覚フィードバックも同時に提示する. 以下では要素技術それぞれについて説明する.

2.1 触覚ディスプレイ

触覚提示のために我々が利用している超音波の音響放射圧 P [Pa] は次式のように表すことができる[8].

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

ここで $m^3 p$ [Pa] は音圧, ρ [kg/m³] は媒質の密度, c [m/s] は媒質中の音速, α [-] は反射条件によって 1~2 の値をとる定数である. 式(1)は, 超音波の空間分布を制御することで任

意の圧力分布が提示できることを示している。当システムにて用いた超音波触覚ディスプレイ[7]は、格子状に並べた共振周波数 40kHz の超音波振動子の位相を制御して一つの焦点を結ぶようにすることで、実測値で 1.6 gf の力を提示する。焦点位置は自由に動かすことができる。手の位置にこの焦点を生成することで、ユーザは何も触れていない状態で触覚を感じる。

2.2 空中映像ディスプレイ

空中映像ディスプレイには Holo [2]を使用した。これは液晶ディスプレイと凹面鏡を利用することで画面から約 30cm 離れた位置に映像が浮いているように見せる装置である。投影されるのは立体ではなく平面映像であるが、今回は空中に映像が提示できる点を重視している。

2.3 ハンドトラッキングシステム

空中のバーチャル物体とのインタラクションを実現するためにはユーザの動作を計測することが不可欠である。本稿では簡単のために赤外線カメラを用いて計測を行った。ユーザの指に再帰性反射材のマークを取り付け赤外線 LED で照らし、その反射光を 2 台の赤外線カメラで測定することにより三次元位置を計測している。ここでマークは中指に取り付ける指輪状のものであり、手の動きを妨げることはない。よってユーザは装置による拘束を感じることなく空中映像とのインタラクションを行うことができる。

3. アプリケーション

アプリケーションとして以下の 3 つを作成した。

- ・落下してくるボール
- ・雨粒 (図 3)
- ・歩き回る象

超音波振動子アレイは下向きに設置され、ユーザは手のひらを上向きにしてバーチャル物体に触れる。手と上記のバーチャル物体の接触が検出されると、ボールは跳ね、雨粒は飛沫となる。象は常に手のひら上を歩き回るように設定されている。接触しているときには、同時に超音波が手のひらに向けて照射される。現状では駆動回路の都合上 100 Hz の矩形波で変調された振動刺激のみであるが、これによってユーザは手のひら上での接触のタイミングや位置を知ることができる。

4. おわりに

本稿では、空中超音波を用いた触覚ディスプレイと空中映像ディスプレイを組み合わせた非拘束での空中映像とのインタラクションの実現について報告した。今後、空中超音波触覚ディスプレイの高機能化、空中立体映像や多自由度ハンドトラッキングとの融合などに取り組み、より現実感の高いインタラクションシステムの構築を目指す。

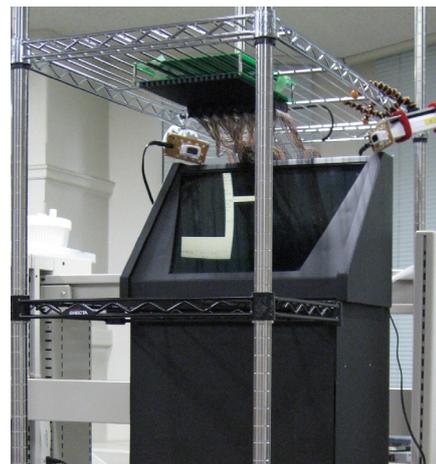


図 2: 構築したシステム

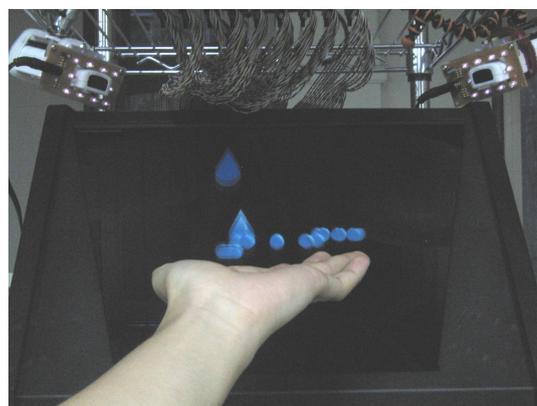


図 3: アプリケーションの例 (雨粒)

参考文献

- [1] H. Liao, M. Iwahara, N. Hata, T. Dohi: "High-quality integral videography using a multi projector," *Opt. Express*, Vol. 12, pp. 1067-1076, 2004.
- [2] Holo, <http://www.provision3dmedia.com/>.
- [3] Real-time holography, <http://www.seereal.com/>.
- [4] "NICT, 空中映像を操作できるフローティングタッチディスプレイを開発," <http://www2.nict.go.jp/pub/whatsnew/press/h21/090415/090415-3.html> (2009/7/24 現在).
- [5] K. Minamizawa, S. Kamuro, S. Fukamachi, N. Kawakami, and S. Tachi: "GhostGlove: Haptic existence of the virtual world," *Proc. ACM SIGGRAPH 2008, New Tech Demos*, article no. 18, 2008.
- [6] 立園真理, 岩本貴之, 篠田裕之: "空中超音波振動子アレイによる触覚提示," *ロボティクス・メカトロニクス講演会 2008 講演論文集*, 1P1-106(1-4), 2008.
- [7] 星貴之, 岩本貴之, 篠田裕之: "空中超音波フェーズドアレイによる触覚ディスプレイ," *日本バーチャルリアリティ学会第 13 回大会論文集*, 3A2-2, 2008.
- [8] 超音波技術便覧 改訂新版, 日刊工業新聞社, 1966.