

フレズニオス

星 貴之^{†1}

ディスプレイに表示された環境との物理的なインタラクションを可能とする装置「フレズニオス」を提案する。フレズニオスは、環境の RGB 画像と深度画像を取得するセンサ部と、環境に対して働きかけるアクチュエータ部からなる。センサ部には市販の深度カメラを、アクチュエータ部には集束超音波を利用して非接触作用力を発生する装置を採用する。これにより、皮膚、風船、煙、液体、紙などを非接触で押すことができる。

Pushing without Touching

TAKAYUKI HOSHI^{†1}

A device is proposed which enable us to interact with environment shown in a display. The device consists of a sensor part which obtains RGB and depth images of the environment and an actuator part which acts on the environment. A commercially-available depth camera and an ultrasound-based noncontact force generator are employed as the sensor and the actuator parts, respectively. Users can push objects such as skin surface, balloons, smoke, liquid, paper, and so on, without touching them directly.

1. はじめに

スマートフォンの普及に伴い、拡張現実 (AR, Augmented Reality) が研究者のみならず一般人にとっても身近なものとなりつつある。実現されている AR には、カメラで環境の画像を取得し、画像認識などを行い、その結果や他のセンサ情報に応じたテキスト情報や CG を環境画像に重畳してディスプレイに表示するものが多い[1][2]。ここで変化するのは環境画像のみであり、実際の環境に対する操作は行われない (図 1 (a))。

本稿ではこの状況の拡張を試みる。具体的には、環境に対して働きかける機能をカメラに付与し、物理的なインタラクションを実現する (図 1 (b))。アクチュエータには、集束超音波を利用して非接触作用力を発生する装置[3]を採用する。非接触であるため、カメラの視界を遮ることがなく、環境とのインタラクションを継続することができる。本アクチュエータは超音波焦点の位置に作用力が発生するため、対象までの距離情報を計測する必要がある。そこでセンサとして、RGB 画像だけでなく深度画像を取得する深度カメラ[4]を採用する。すなわち RGB 画像の中のあるピクセルを指定すると、深度画像の中の対応するピクセルの深度情報から三次元位置が算出され、そこへ超音波焦点を生成する。これにより、狙った対象を非接触で押すことができる。本装置を「フレズニオス」と名付ける。

2. フレズニオス

ディスプレイに表示された環境との物理的なインタラクションを可能とする装置「フレズニオス」を提案する。以下フレズニオスを構成するふたつの要素 (センサ部、アクチュエータ部) についてそれぞれ詳細を記述する。

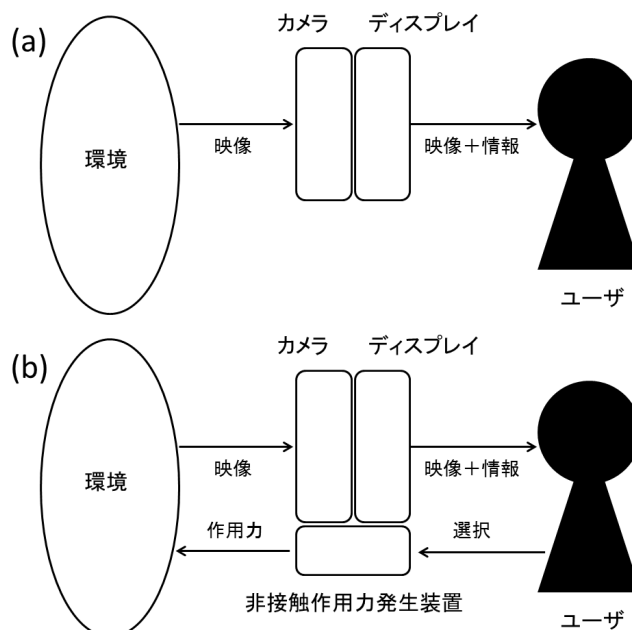


図 1 (a) 従来多く実装されている AR と (b) 提案するインタラクション

Figure 1 (a) Most of conventional AR and (b) proposed interaction

2.1 センサ部

深度カメラ DepthSense 325 [4]を採用する。これは赤外光の ToF (Time-of-Flight) 方式であり、計測可能距離は 15 cm ~ 100 cm である。深度誤差は 1.4 cm 未満。深度画像は画角 74 deg × 58 deg (H×V)、画素数 320×240、また RGB 画像は画角 63 deg × 49 deg (H×V)、解像度 HD720p である。サイズは 10.5×3.0×2.3 cm³ と小型であり、給電および PC との通信は USB 経由で行われる。

^{†1} 名古屋工業大学
Nagoya Institute of Technology



図 2 フレズニオス(ハンドトラッキング+触覚提示の例)

Figure 2 Example of hand tracking and tactile feedback

2.2 アクチュエータ部

筆者が開発した小型超音波集束装置[3]を採用する。ここでは集束超音波によって作用力が発生する原理と、採用する装置の詳細について述べる。

物体が超音波の進行を遮るとき、物体表面には超音波の進行方向の応力が発生することが知られている（音響放射圧）。ただし、単独の超音波振動子が生じる音響放射圧は微弱である。数 10 mN 程度の発生力を得るため、数 100 個の超音波振動子を使用する。各振動子の位相を適切に制御し、空中に単一の焦点を結ぶ（フェーズドアレイ）。また、位相を操作することで焦点の位置を変えることもできる。すなわち、離れた場所から空間中の任意の位置に力を発生させることができる。

本稿で採用する装置は 285 個の超音波振動子を搭載している。内蔵された FPGA が焦点位置にもとづいて振動子間の適切な位相差を算出し、各振動子に応じた駆動信号を生成する。焦点距離 20 cm のとき、焦点径 2.0 cm であることがわかっている。焦点における発生力の最大値は 16 mN である。焦点位置は 0.5 mm 刻みで指定可能である。超音波を ON / OFF することによりインパルスや振動刺激を対象に与えることができる。サイズは 19×19×5 cm³ であり、深度カメラはこれより小型なので搭載することができる。外部 24V 電源から給電され、PC との通信は USB 経由で行われる。

3. 実現されるインタラクションの例

3.1 環境との物理的インタラクション

これはディスプレイ上に映し出された環境との物理的なインタラクションである。フレズニオスの発生力が最大 16 mN であることから、柔軟あるいは軽量の物体とのインタラクションが可能と考えられる。例えば水面に軌跡を描いたり、煙の流れを変えたり、紙の小片を吹き上げたり、パーティクルの粗密を操作したり、気泡を生成・消滅させた

り、風船を運んだり、などである。その他にも、非接触である利点を活かし、汚れや危険性のために触ることができない対象とのインタラクションも考えられる。非接触で対象表面を振動させることによる新しい計測法の研究がなされるなど、他分野の研究者が抱える課題をフレズニオスによって解決できる可能性もある。

3.2 ハンドトラッキングと触覚提示

前節で述べたディスプレイ上に表示された環境画像からユーザがインタラクション対象を選択する方式とは別に、フレズニオスの応用として、深度画像を処理することでユーザの手指を認識する NUI (Natural User Interface) も考えられる (図 2)。例えば指一本一本を認識して、それぞれに対して異なる振幅変調の超音波を照射することにより、空中でピアノを弾くようなアプリケーションが実装できる。

4. おわりに

本稿では、ディスプレイに表示された環境との物理的なインタラクションを可能とする装置「フレズニオス」を提案した。深度カメラと集束超音波による非接触作用力の組み合わせにより、対象物体を非接触で押すことができる。

参考文献

- 1) ARToolKit, <http://www.hitl.washington.edu/artoolkit/>.
- 2) セカイカメラ, <http://support.sekaicamera.com/>.
- 3) 星貴之: 非接触インタラクションのための小型超音波集束装置, 第 17 回日本 VR 学会大会論文集, pp. 600-601, 2012.
- 4) DepthSense, <http://www.softkinetic.com/enus/solutions/depthsensecameras.aspx>.