

超音波触角フィードバックを用いた AR 空間における バーチャル物体の操作性と AR 体験の向上

江頭 斗羽[†] 尾崎 友哉[†]

長崎大学 工学部[†]

1. はじめに

AR や MR 用の HMD は VR 用の HMD と異なり, その性質上, 操作時にコントローラーを持たない. そのため, ユーザーが得られるのは視覚フィードバックのみとなり, 触覚フィードバックは得られない. 代表的な MR グラスとして Microsoft 社の HoloLens がある. HoloLens では, 指先とバーチャル物体との距離に応じた視覚フィードバックを得られる機能や, バーチャル物体の把持位置に応じて, 回転や拡大縮小, 移動の操作を可能にする機能がある. しかし, バーチャル物体と手の間の距離は, デバイス側で算出されるものと人間が目で見たとときに感じる視覚的なものとで正確に一致しないことがあり, これはユーザーの AR 空間上での操作を難しくし, 現実空間での体験との乖離を広げる一因となっている.

そこで本研究では, 超音波を用いて空間上に触覚を発生させるデバイスを用いることにより, バーチャル物体に触れたとき, その把持位置に合わせて異なる触覚フィードバックを発生させるバーチャル物体の操作方法を提案する.

2. 関連研究

触覚提示手法は, 接触型と非接触型の 2 種類に分けられる. 接触型の代表的なものとして, グローブ型の提示デバイス[1]がある. これは手掌全体に力の提示ができ, 非接触型に比べて強い力まで提示できるという利点がある. しかし, 機械的拘束があるため動きを制限されるうえ, 操作中は常にデバイスを装着している感覚が伝わっているため, ユーザーの AR 体験を阻害する一因となる. 一方, 非接触型は超音波のほかにも水流や空気噴流による提示手法がある. 水流は, シャワーを用いた振動触覚刺激の研究[2]があるが, 提示できる力が弱く, 動作環境が制限され, なにより操作時に濡れるという欠点がある. また, 空気噴流は, 超音波に比べて強い力まで提示できるという利点はあるが[3], デバイスの作成が容易ではなく, 市販で販売されているものもないため, 実装のハ

ードルがほかの 2 つに比べて高く, 再現が難しい.

そこで本研究では, さまざまな種類の触角が提示でき, デバイスが市販にあり, 実装が比較的容易な超音波を用いた.

3. 提案内容

本研究は, HMD として Microsoft 社の HoloLens2(以下 HoloLens と表記)を使用する. HoloLens は, 任意のバーチャル物体を立体の枠内に表示し, 立体を操作することで中にあるバーチャル物体も連動して動くようになっており, また動き方も立体のどの位置をつまむかにより異なる. 立体の角をつまむと拡大縮小, 辺中央にある矩形をつまむと回転, それ以外をつまむと移動ができるようになっている(図 1).

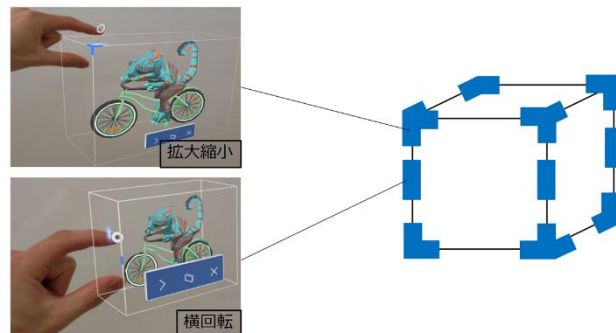


図 1 把持予測位置に応じた操作

超音波を用いて触覚を発生させるデバイスとして Ultrahaptics 社の STRATOS Explore を使用する. STRATOS が超音波により触覚を生み出すことのできる領域はインタラクションゾーンと呼ばれ, 超音波を発する面を底面とした高さ 60cm 以内の立体の領域内のみとなる. そのため, バーチャル物体の操作はこの領域内のみとした.

3.1 直観に反しない触覚フィードバック

HoloLens は, 把持位置によりバーチャル物体の動かし方が異なるため, 本研究ではその違いを触覚情報として提示する. AR 体験の向上を図るためには, この触覚情報が現実で得られるものとしてできるだけ近いもの, あるいは直観的に動かし方を連想しやすいものでなければならない. そこで, 図 2

Ultrasonic Haptic Feedback to Improve User Experience for Manipulating Virtual Objects in AR

Towa Egashira[†], Tomochika Ozaki[†]

[†]School of Engineering, Nagasaki University

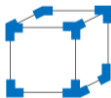
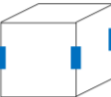
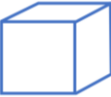
触覚	操作	部位
点	拡大縮小	頂点 
点移動	回転	辺中央 
線	移動	辺 
スキャン	移動	側面と立体内 
力場	移動	上下面 

図2 提示する触覚と対応する操作

にしめす触覚の提示を考えた。

点感覚とは、空間上の一点に点刺激を提示するもので、点移動とは、刺激点が任意の線分区間を反復移動する感覚、線感覚とは、任意の2点間を結ぶ線分に一樣な強さの線刺激が提示される。スキャン感覚とは、手のひら上を線が下から上に移動する感覚で、力場感覚とは、ある面を手が通過すると、接触部分に下から上へ風が吹いているような感覚のことを指す。

3.2 フィードバックを返すタイミング

HoloLens には、人差し指とバーチャル物体の距離や把持位置に応じた視覚フィードバックが存在する。頂点に指先のカーソルが向くと、透明のハンドルが、辺中央の矩形を向くと、その矩形部分のハンドルが青く光る。このハンドル以外の部分に触れると立体の外枠が光る。そこで本研究では、この視覚フィードバックが返されるタイミングで STRATOS から超音波を発し、触覚を生み出す。

4. プロトタイプの開発

図3にプロトタイプの概要を示す。バーチャル物体の表示に用いる HMD には HoloLens を使用する。HMD を装着した状態でバーチャル物体を操作すると、把持予測位置に応じた視覚フィードバックが得られるようにするため、本研究では、HoloLens と PC 側でそれぞれ Unity アプリを開発し、アプリ間で通信を行うようにした。HoloLens アプリは把持予測位置に応じたメッセージを送信する。PC 側アプリでは、HoloLens アプリから

メッセージを受信すると、LeapMotion によるハンドトラッキングが開始され、受信したメッセージの種類に応じて STRATOS で任意の手の位置に超音波を当て触覚を発生させる。

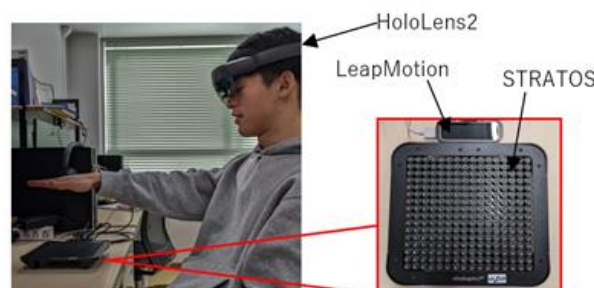


図3 プロトタイプ

5. まとめ

本研究では、MR グラスである HoloLens を用いて AR 空間にバーチャル物体を投影し、バーチャル物体を操作するときに超音波を用いて触覚を生み出す方法を提案した。これにより、バーチャル物体と手の間の接触状態が触覚的にも判別できるようになり、AR 空間におけるオブジェクトの操作性や AR 体験の向上につながることを確認した。

今後は、把持位置に対応した触覚を提示する際、より直感的でわかりやすく、触れただけで動かし方を容易に想像できる触覚をさらに考えていく必要があると考えられる。また、手とバーチャル物体間のオクルージョン処理をすることでより視覚的に自然なものになると考えられるため、今後の課題として、以上2点があげられる。

参考文献

- [1] N. Shuhei, K. Hiroyuki, K. Naoki, T. Susumu and K. Ichiro: "An Encounter-Type Multi-Fingered Master Hand Using Circuitous Joints," in Proceedings of the 2005 IEEE International Conference on Robotics and Automation, pp. 2667-2672 (2005)
- [2] 星野圭祐, 高下昌祐, 梶本裕之: シャワーを用いた浴室での触覚刺激装置の提案, エンタテインメントコンピューティング (EC2014), pp. 151-154 (2014)
- [3] 酒匂大輝, 山崎陽一, 井村誠孝: 空気噴流を用いた力覚と触覚の同時提示手法の提案, 情報処理学会インタラクティブ 2018, pp. 736-737 (2018)