

# 3D ディスプレイの非接触タッチ操作における 波紋イフェクトの提案

李 逸馬<sup>1</sup> 湯田 遥季<sup>1</sup> 小室 孝<sup>1</sup>

**概要:** 本研究では、3D ディスプレイの非接触タッチ操作において、操作性が高まるような視覚フィードバックとして波紋イフェクトを提案する。波紋は入力後も一定時間残り続け、時間とともに入力位置を中心に広がっていくため、入力ができていることの確認が効果的に行えると考えられる。3D ディスプレイと LeapMotion を用いて、提案イフェクトの効果を評価できる環境を実装し、動作を確認した。

## 1. はじめに

新型コロナウイルスの感染拡大に伴い、人々はものに触れる抵抗感をより感じるようになってきている。そのため、ディスプレイ機器などにおける非接触操作の需要も高まっていると言える。しかし非接触操作では入力時の触覚フィードバックがなくなることから、操作性が悪くなるという問題がある [1]。

非接触操作が多用される環境として、空間に配置された立体物や UI コンポーネントとインタラクトする VR 環境がまず挙げられる。VR 環境において、操作性を高めるために、どのような感覚フィードバックを与えればよいのかという研究は既にある [2]。

VR 環境と同様に、立体物とインタラクトする環境として 3D ディスプレイがある。3D ディスプレイについても、感覚フィードバックについての研究は行われている。指先に装置を装着してその装置から触覚フィードバックを与えるもの [3] や、モニターから超音波を出して触覚フィードバックを与えるもの [4] がある。しかしこれらの触覚フィードバックについての研究では、デバイスを身体に装着する必要があることや、装置が大型になることが問題として挙げられる。一方、手の動きに合わせて映像を変化させることによって、実際に物体に触れているように見せかける疑似触覚の研究が行われている [5]。しかしこの研究は体験提供のための映像表現が目的としており、操作性を高めるための映像表現を提案する研究はほとんどなされていない。

そこで本研究では、3D ディスプレイの非接触タッチ操作において、操作性を高めるような映像イフェクトを提案する。

## 2. 提案手法

公共施設の案内板操作や ATM における数字入力など、3D ディスプレイの非接触タッチ操作において、素早く正確に入力できる、操作性を高めるための映像イフェクトとして、既存の映像イフェクト 2 種類

- 押し込んだ時にボタンの色を変化させる
- 押し込み具合に対応してボタンを凹ませると、本研究で新たに提案する映像イフェクト 1 種類の計 3 種類を提案する。

### 2.1 既存の映像イフェクト

押し込んだ時にボタンの色を変化させる映像イフェクトでは、指先の位置情報を用いて、指先がボタンを最下点（検出面）まで押し込んでいる間、ボタンの表面の色を変化させる。

押し込み具合に対応してボタンを凹ませる映像イフェクトでは、ボタンの最上点から最下点まで、ボタンを指と連動させて移動させることで、ボタンの凹みを表現する。

### 2.2 波紋イフェクト

波紋イフェクトを提案する理由は 2 つある。一つ目は、タッチした後も画面に一定時間残り続けることから、確実にタッチできていることが視覚的にわかることである。二つ目は、波紋はタッチした位置を中心に、時間に伴って広がっていくため、波紋の大きさから逆算して視覚的にタッチした位置とタイミングがわかることである。ボタンを最下点（検出面）まで押し込んだ瞬間に、ボタンの中心から波紋を発生させる。

<sup>1</sup> 埼玉大学

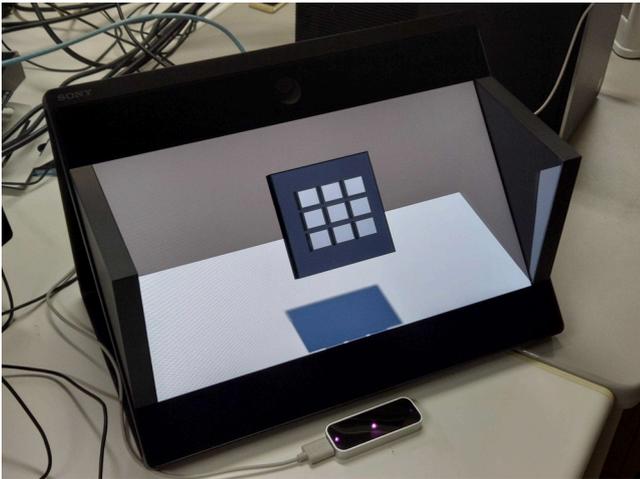


図 1: 装置の外観

### 3. 実装

提案する映像イフェクトを Unity を用いて実装した. 3D ディスプレイとして Sony の裸眼 3D ディスプレイである空間再現ディスプレイ ELF-SR1<sup>\*1</sup>, 入力デバイスとして光学ハンドトラッキングモジュールである LeapMotion を利用した. 装置の外観を図 1 に示す.

Unity 上で, ボタンは 3D オブジェクトとして作成した. 1 から 9 までの 9 個の数字入力を想定し, テンキー配列の 9 個のボタンをマトリックス上に配置した. 一つ一つのキーの大きさを 1.75 cm × 1.75 cm とした. 手の骨格を LeapMotion で検出し, Unity 上にバーチャルな手として反映させる. ユーザが見る 3D ディスプレイ上のテンキーと現実の手, Unity 内でのテンキーとバーチャルな手の位置感が一致するように調整している. ただし, バーチャルな手はユーザからは見えないようにしている. 3D オブジェクトのボタンとバーチャルな手のコリジョン判定によって, ボタンが押し込まれているかの判定を行っている.

凹みイフェクトについては, ボタンとバーチャルな手のコリジョン判定によって, 最上点から最下点までの移動を実装した.

また, 波紋イフェクトは [6] を参考に実装した. ボタンの最下点に水面となる平面を用意し, その平面に波動方程式をシミュレーションするシェーダを適用させることによって, 水面を実装している. 波紋イフェクトの様子を図 2, 図 3 に示す.

### 4. おわりに

本研究では, 3D ディスプレイの非接触タッチ操作において, 操作性を高めるための映像イフェクトである波紋イフェクトを提案した.

今後の課題としては, 今回実装した映像イフェクトを

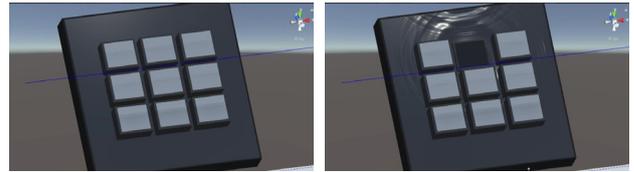


図 2: Unity 内の波紋イフェクトの様子

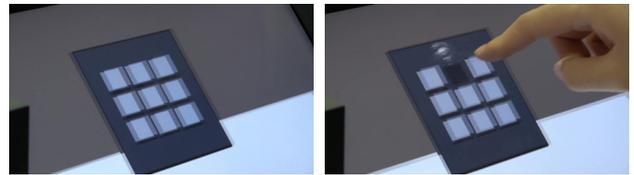


図 3: 3D ディスプレイ越しの波紋イフェクトの様子

用いて, 実際にユーザ評価実験を行うことが挙げられる. ユーザ評価実験では, テンキーを用いた数列入力タスクを通して, 入力率やエラー率などを記録して, 提案した映像イフェクトの効果を測定する予定である.

将来, 3D ディスプレイは, 公共施設での案内板や個人での所有など, 今よりもより幅広い分野で利用され, 世の中に普及していくことが予想される. そのため, 3D ディスプレイにおける操作性を高めるためのインタラクションについての理解, 研究がより期待される.

### 参考文献

- [1] Adam Faeth and Chris Harding. Emergent effects in multimodal feedback from virtual buttons. *ACM Transactions on Computer-Human Interaction (TOCHI)*, 21(1):1-23, 2014.
- [2] Carlos Bermejo, Lik Hang Lee, Paul Chojecki, David Przewozny, and Pan Hui. Exploring button designs for mid-air interaction in virtual reality: A hexa-metric evaluation of key representations and multi-modal cues. *In Proceedings of the ACM on Human-Computer Interaction*, 5(EICS):1-26, 2021.
- [3] Takumi Yoshida, Keitaro Shimizu, Tadatoshi Kurogi, Sho Kamuro, Kouta Minamizawa, Hideaki Nii, and Susumu Tachi. Repro3d: full-parallax 3d display with haptic feedback using retro-reflective projection technology. *In Proceedings of 2011 IEEE International Symposium on VR Innovation*, pages 49-54, 2011.
- [4] Yasuaki Monnai, Keisuke Hasegawa, Masahiro Fujiwara, Kazuma Yoshino, Seki Inoue, and Hiroyuki Shinoda. Haptomime: mid-air haptic interaction with a floating virtual screen. *In Proceedings of the 27th annual ACM symposium on User interface software and technology*, pages 663-667, 2014.
- [5] 富澤功 石川大, 采原克美. 「フローティングインターフェース」の開発. *PIONEER R&D*, 16(2):50-61, 2006.
- [6] Unity 2017.1 の機能の customrender-texture を使ってみた - 凹み tips. <https://tips.hecomi.com/entry/2017/05/17/020037>. (Accessed on 12/20/2021).

\*1 <https://www.sony.jp/spatial-reality-display/>