



Simeone, A. : Substitutional Reality :

Using the Physical Environment to Design Virtual Reality Experiences

Proc. ACM Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI 2015), 3307–3316.

DOI:<https://doi.org/10.1145/2702123.2702389>

VRと触覚

バーチャルリアリティ (VR) は、ゲームだけではなく、遠隔地間コミュニケーション、オフィス、医療応用等さまざまな分野へ応用が進んでいる。VRのデバイスやソフトウェアの低価格化も進み、より簡単にさまざまなVRコンテンツを作れるようになってきている。今最も主流なVRセットアップは、頭部搭載型ディスプレイ (Head-Mounted Display: HMD) を用いてVR世界に没入するものである。このセットアップにおいては、VR世界のモノに触れる際にどのように触覚を提供するかは古くから難問とされている。

世界中で多種多様な触覚デバイスや方法論が開発されているが、その中にパッシブハプティクス¹⁾と呼ばれる方法がある。これは、VR内のオブジェクトと同じ形状の物理オブジェクトを同じ場所に配置することで、VRユーザはそのVRオブジェクトを実際に触っているかのような感覚を得ることができる。ワイヤを用いた力覚提示やロボットを用いた遭遇型触覚提示など、数ある触力覚提示方法の中でも恐らく最も原始的な方法だと思われる。しかし、このパッシブハプティクスはVR内のコンテンツが変われば物理オブジェクトも置き換える必要があり、壁や家具等の滅多に動かないもの限定されることが多い。

しかしながら、このパッシブハプティクスはVR体験を豊かにするために絶大な効果を持つため、どうかして、もう少し柔軟に利用できないか、とい

う問いが生まれてきた。形状可変デバイスのような技術を使えば、コンテンツに合わせて動的に物理オブジェクトを変形し十分な触覚を提示できるが、本研究では、現実世界の構造や物理オブジェクトをそのまま有効活用することで、より簡単に、そしてより柔軟にパッシブハプティクスを実現するコンセプト Substitutional Reality を提供している。

Substitutional Reality

筆者がこの論文を選んだ理由はいくつかあり、参照が増えている (インパクトがある) といった点もあるが、1番は、Substitutional Reality (日本語に訳すとすると、代替現実: SR) という新たなコンセプトを定義し、パッシブハプティクスにとっても綺麗に結びつけたことである。実は、Substitutional reality system (代替現実システム) という言葉とコンセプトは、本論文の数年前に日本人研究者らによって数年先に発表されている²⁾ Substitutional の単語が意味するところの「代替」という考え方自体は似ているが、文献2では過去の情報をユーザに見せることで時間を置き換えているのに対して、本論文は現実世界のモノをVRコンテンツに置き換えている。両者とも似てはいるが、やはり異なる感覚や文脈での研究と捉えられる。VR関連の略語としてよく用いられるVR, XR, ARなどと並び、SR (Substitutional Reality) も登場しつつあるので、その言葉が将来定着するならば、本論文は、その流れを理解するにも役立つと考えられる。

論文のまとめ

この論文では、Substitutional Reality のコンセプトを立ち上げ、現実世界の物理的構造を有効活用し VR 世界の作る意義を主張するとともに、その際に発生する現実世界の物理オブジェクトと VR オブジェクトの不一致をどのように管理するのかを実験結果に基づいて論じている。先にも述べたが、パッシブハプティクスでは、VR 体験全体が、物理オブジェクトの形状や素材等に限られてしまうというデメリットがある。本研究では、それを解決する1つの方法として、あえて不一致を作り、VR ユーザを騙すという方法を考えている。なぜ騙せるかという、実際に VR ユーザは物理オブジェクトを隅々まで触り尽くしてその形状を把握しているわけではないこと、HMD で自身の手も含め周囲は見えず、HMD 内の VR コンテンツがかなり支配的になるからである。本論文では、物理オブジェクトと VR オブジェクトの不一致の程度を操作し、それらがどのように VR 体験に影響するかを体系的に調べている。

1つ目の実験は、VR 内でマグカップにワインボトルから飲み物を注ぐというシーンを題材にしたものである。被験者は HMD を装着して VR マグカップを持ち上げようとする。実験では、VR マグカップに対応する物理オブジェクトを複数個用意し、被験者は、VR マグカップ持ち上げる際に物理オブジェクトを持ち上げることになる。物理オブジェクトの条件は数種類あり、完全なレプリカ (VR のコンテンツと完全に 1:1 に対応したマグカップ)、審美性変化 (異なる素材, 異なる温度など)、追加・代替変化 (異なるサイズ, 持ち手が存在しないなど)、機能変化 (別の小箱など)、カテゴリ変化 (ほとんど関係がない球など) などを取り上げ、さまざまな観点での不一致を設定している。実験では、それらの不一致の程度が、どのようにユーザの体験の信憑性に影響するかを調べた。

実験 (被験者 20 名) の結果、さまざまな指標に

主効果が認められた。第1に、現実オブジェクトと VR オブジェクトの間に形状や機能等の不一致があった場合は、ユーザの VR 体験に影響することが分かった。さらに、興味深いデータも得られており、要約すると、

被験者は形が違うものに大きな違和感を持った。

被験者は温度に敏感で不一致を感じやすかった。

被験者はランプ、バスケット、素材違いのマグカップに触れていても、大きな疑いは持たなかった。

などである。このように許容できる不一致とそうでないものがあることが分かった。また、ほとんどの被験者は、現実オブジェクトが何だったのかは分かっていなかった。

2つ目の実験は、コンテンツとのインタラクションをより強めたもので、手元に握る現実オブジェクトと VR 内のオブジェクトの不一致が、ユーザの体験への没頭度にどのように影響するかを調べた。題材として、SF の VR 世界において、ユーザはライトセーバを持ち、周囲に飛ぶターゲットを切っていくシーンが取り上げられている。この実験も、実際に手に持つ現実オブジェクトとして3種類 (レプリカ (おもちゃのライトセーバ)、見た目やサイズ感が同じ傘、グリップが似ている懐中電灯) を用意し、これらによる違いを検証した。

実験の結果、被験者は、懐中電灯の場合が1番体験に没頭することができ、好きだと回答した。次に、レプリカ、傘の順である。本来であればレプリカが最も適切な現実オブジェクトだと思われるのだが、重いということと、そもそもライトセーバというこれまで経験のない架空体験をする今回のケースでは、異なる結果が示唆された。この実験においても、ほとんどの被験者が何を現実握っているか分からなかった。

この2つの実験結果を通して、本論文では、将来 SR を構築するためにデザイナーが注意すべき事項やガイドラインを提案している。以下は抜粋である。ユーザが触れる部分の機能の不一致は避けるべき



である。現実とVRオブジェクト間でその機能が維持されていれば、ほかの形状やサイズの変更自由度はある程度存在する。ランプはマグカップとよく似たハンドルがついていたため、信ぴょう性が高く評価された。また、ライトセーバの場合では、軽さという機能性が高評価につながった。

運動感覚は保持すべきである。VRオブジェクトより小さな現実オブジェクトは代替になりえなかった。しかし、大きいものについて悪影響はなかった。ただし、把持操作のときに手がVRコンテンツをすり抜ける様子を見せるべきではない。

VRオブジェクトの素材は現実オブジェクトの素材知覚に大きく影響する。VRの素材が不明であれば、現実世界で触れたオブジェクトの素材や重さが信頼できるかどうか判断し辛い。たとえば、重いVRオブジェクトを表示する場合は、鉄の現実オブジェクトを用いると重さに関する不一致が軽減される。

リアルな現実オブジェクトは必ずしも信ぴょう性を高めない。単純な代替オブジェクトの方がユーザーを没頭させる場合もある。ライトセーバに適した現実オブジェクトは軽量の懐中電灯であった。目的の

インタラクションを提供できるかどうかで現実オブジェクトを選ぶべきである。

以上のように、Substitutional Realityに向けて、デザイナーがどのような物理—VR不一致に注意しなければならないか、また常に精巧な現実オブジェクトを用意する必要がないことなどが示されている。これらは、今後の部屋規模VRにおけるハプティクスを生成するために重要な知見であり、本論文ではそれらが分かりやすく議論されている。

参考文献

- 1) Hoffmann, H. : Physically Touching Virtual Objects Using Tactile Augmentation Enhances The Realism of Virtual Environments, In Proc. VR '98, 59-63.
- 2) Suzuki, K., Wakisaka, S. and Fujii, N. : Substitutional Reality System : a Novel Experimental Platform for Experiencing Alternative Reality, Sci. Rep. 2 (2012).

(2021年8月9日受付)

.....

高嶋和毅 (正会員)

takashima@riec.tohoku.ac.jp

2008年大阪大学大学院博士後期課程修了。博士(情報科学)。現在、東北大学電気通信研究所准教授。ヒューマンインタフェースやバーチャルリアリティの研究に従事。

