

VR コントローラに取り付け可能な 手首力覚提示デバイスに関する考察

本多健二^{†1} 野本光^{†2} 野澤彼方^{†2} 佐藤誠^{†3} 原田哲也^{†2}

概要：近年、IT 技術の発展により、極めて没入感の高い VR 世界を体験することができる環境が整いつつある。リアリティの高い映像を目前に映し出すことが可能な HMD が開発とともに、操作性のよい優れた様々な VR コントローラも実用化されている。たとえば Oculus 社の VR コントローラでは、両手 6 自由度の操作ばかりでなく、多指操作や触覚提示によるハプティック操作も実現されてきている。よりリアリティの高い VR 環境を実現する上で必要となる感覚モダリティのひとつに力覚が残されている。我々はすでに手首への力覚提示のためのストリング型ハプティックデバイスとして SPIDAR-W を提案している。本研究報告では、この SPIDAR-W を基礎として、VR コントローラに取り付け可能な手首力覚提示デバイスを新たに考案したのでその内容を報告する。

1. はじめに

近年、リアリティの高い映像を目前に映し出すことが可能な HMD が開発されるとともに、操作性のよい優れた VR コントローラも実用化されている。たとえば Oculus 社の VR コントローラでは、両手 6 自由度の操作ばかりでなく、多指操作や触覚提示によるハプティック操作も可能となっている。よりリアリティの高い VR 環境を実現する上で必要となる感覚モダリティのひとつに力覚が残されている。我々はすでに手首への力覚提示のためのストリング型ハプティックデバイスとして SPIDAR-W と SPIDAR-W2 を提案してきた[1]。SPIDAR-W の様子を図 1 に示す。本装置はユーザがデバイスを背中に背負い操作する力覚提示デバイスである。背負ったデバイスの両肩と腰の位置から伸ばしたフレームを土台とし、手首を囲むようにモータが配置されている。モータから伸ばしたワイヤにエンドエフェクタを取り付け、エンドエフェクタを握った両手に対し、取り付けした 8 本のワイヤの張力を制御することで、6 自由度の力覚を提示するが、本装置は、フレームとワイヤで囲まれた空間に、下方から潜り込むようにして装着するため、HMD の装着も含めてユーザ単独での装着は極めて困難であった。この問題点を克服するために SPIDAR-W2 を開発した。SPIDAR-W2 の様子を図 1 に示す。本装置は、背負うことなく、湾曲したアームを肩にかけて身体の前面に装着することにより装着の困難さが解消される。しかしながら、依然として 16 個のモータが体の前方に配置されているために、VR 世界を体験するユーザにとっては重く、ワイヤの本数が多いことが取り回しの困難さを生じさせていた。

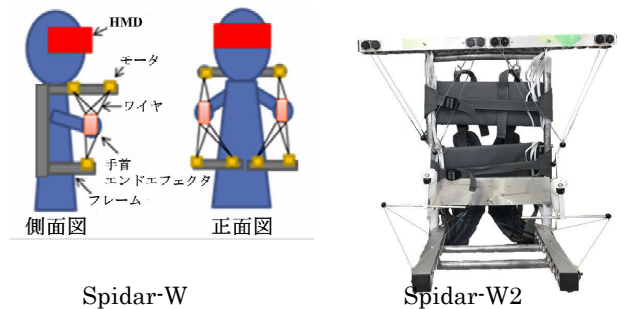
そこで、本研究の目的として、SPIDAR-W2 の問題点を解消することと、最新の VR 機器に対応させ、より良好なハプティック環境を実現することを目的として、以下の改良を行った。

i. 自由度の削減

フレームを軽量化するため、モータの個数を減らし、両手 6 自由度から両手 3 自由度とした。

ii. VR コントローラの利用

一般に VR コントローラと呼ばれる HMD 付属のコントローラをエンドエフェクタとして取り付けられるようにした。本研究では Oculus Rift S 対応のコントローラの取り付けを試みた[2]。



Spidar-W

Spidar-W2

図 1 Spidar-W と Spidar-W2

2. 提案システム

2.1 システム概要

提案システムの概要を図 2 に示す。両肩方向に延びたフレームとそれに直交するように腰位置から伸びたフレームを肩にかける。各フレームの両端にモータを設置し、モータからワイヤを伸ばしてコントローラに取り付ける。左右のコントローラに取り付けられた 4 本のワイヤの張力をモータで制御することで 3 自由度の力覚を提示する。

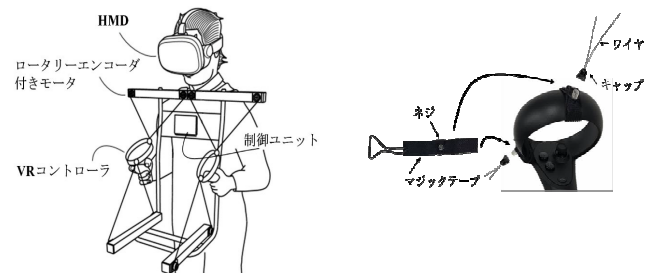


図 2 Spidar-W3 の概要とコントローラ取り付け機構

^{†1} 東京海洋大学

^{†2} 東京理科大学

^{†3} 東京工業大学

2.2 VR コントローラの取り付け

図2のように、マジックテープを用い、左コントローラは上と右斜め下、右コントローラは上と左斜め下に向くように雄ネジを取り付ける。次に、ワイヤの先端につけたキャップを、雄ネジに取り付ける。VR コントローラを取り付けた SPIDAR-W3 を図3に示す。



図3 VR コントローラを取り付けた Spidar-W3

2.3 位置計測と力覚計測

力覚を提示するエンドエフェクタの位置計測の様子を図4に示す。エンドエフェクタ(各図の球体部分)は、ホームポジションでの姿勢ベクトル $\mathbf{d}$ を保持した状態で並進するものと仮定する。姿勢ベクトル $\mathbf{d}$ は(1)によって求められる。

$$\mathbf{d} = (b + \frac{D_x}{2}, D_y, -(a + \frac{D_z}{2})) \quad (1)$$

ホームポジションに位置している際のエンドエフェクタの中心の位置ベクトルを $\mathbf{q}$ とするとグリップの位置ベクトル $\mathbf{q}$ は(2)のように計算される。

$$\mathbf{q} = (\frac{b}{2} + \frac{D_x}{4}, \frac{1}{2}D_y, \frac{a}{2} + \frac{D_z}{2}) \quad (2)$$

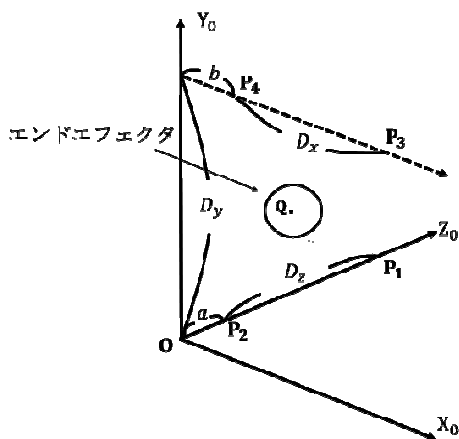


図4 SPIDAR-W3 のワイヤ接続

3. コンテンツ開発と評価実験

3.1 コンテンツ開発

本装置を利用するため太鼓を叩くコンテンツを作成した。太鼓を叩くコンテンツのスクリーンショットを図5に示す。このコンテンツはHMDに対応したコンテンツである。コントローラをバチとして目の前にある大太鼓を叩くことで音を鳴らし、SPIDAR-W3を通してユーザに力覚を提示するコンテンツである。但し、本装置では従来のSPIDAR-Wと異なり、自由度が3となっているため、コントローラの回転が読み取れない。そのため、自然にバチが太鼓に当たるように太鼓を打つ瞬間にバチを太鼓に向かって僅かに回転させる処理を行っている。

3.2 評価実験

上記太鼓コンテンツにて力覚提示ありの場合と無しの場合でユーザに与える感覚にどのような違いがあるのかを実験協力者6名に体験してもらい、アンケートに回答してもらった。その結果、力覚有りの方が力覚無しに比べ臨場感があり、太鼓を叩くことが容易であったと回答した人が比較的多かった。よって、力覚有りの方が、より実際に太鼓を叩いている感覚に近く、臨場感を提供することが可能であることが分かった。

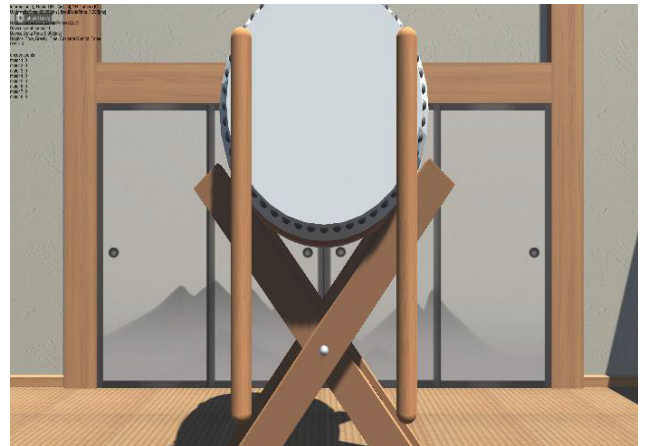


図5 太鼓コンテンツ

4. おわりに

本稿では、SPIDAR-Wを基礎として、VRコントローラに取り付け可能な手首力覚提示デバイスSPIDAR-W3を考案しその内容を報告した。

今後はこのデバイスを用いた斬新かつ有効なハプティック体験が可能なコンテンツの開発と、既存のゲームコンテンツ等に力覚を付加することを試みる予定である。

参考文献

- [1] 田上 想馬, 馬 妹涵, 佐藤 誠, 赤羽 克仁.ウェアラブルな手首力覚提示デバイスの開発信学技報, vol. 114, pp. 93-98, 2015
- [2] Oculus 「Oculus Rift S」, <<https://www.oculus.com/rift-s/>>