

# 振動刺激呈示ジャケットと連動する VR 環境

2018SC096 渡邊 天翔

指導教員：野田聡人

## 1 はじめに

現在,VR (ヴァーチャルリアリティ) 技術が私たちの生活の身近になってきている.VR が身近になってきているとはいえ,VR 空間で対象物に触れた感覚の再現や見えていない物にぶつかってしまうことが VR 上での不足感の原因であり,視覚や聴覚の技術だけを向上させるだけではなく触覚や聴覚の技術の向上も必要である.それを解決するために全身にわたって触覚刺激を再生するような技術が必要である.触覚は,体全体に感覚器が分布しており刺激を受ける範囲が広いという特徴がある触覚に注目する.ゲームコントローラーの中に内蔵されている振動機能などの手先だけで触覚呈示のような狭い範囲での触覚呈示だけではなく,身体の広範囲に触覚呈示を行うことにより臨場感を表現することが本研究の目的である.

## 2 関連研究との比較

Lemmens ら [1] は,映画鑑賞の際に触覚を通して刺激を与えるために,衣服に触覚呈示素子が分布したジャケットを開発し,臨場感を高めた.[1]では,触覚呈示素子とドライバー回路は有線接続されており完全無線になっていない.有線で接続する際の課題として,配線が多くなってしまうとジャケットの重量が増え,硬くて人の動作を妨げてしまうことがある.これにより,VR コンテンツに集中することが出来ず,臨場感が妨げられてしまう.

本研究では,完全な無線で衣服についての触覚振動素子に電源と信号の伝送を行う方法として先行研究である [2] の手法を利用する.[2]は,導電性の布を利用して伝送を行っており,布を通して,電力と信号を送っている.それにより,各触覚呈示素子に布全面が電力供給も信号の伝送もでき1対1で配線の必要がない.

## 3 システムの構成

図1に本研究のシステム構成を示す.導電布のジャケットには,制御用マイコンボード Teensy3.2 と触覚呈示素子が分布されている.ATOM が PC から Bluetooth でコマンドを受け取って ATOM で翻訳して ID を書き出し,Teensy3.2 が ATOM から ID を受信して触覚呈示素子を振動させる.

## 4 触覚呈示の応用

ユーザーが臨場感を感じるためには,触覚呈示素子をただ単純に振動させるだけではなくゲームの演出などに合わせて複数の触覚呈示のパターンがあることが望ましい.そこで今回は,2 パターンの触覚呈示を行った.

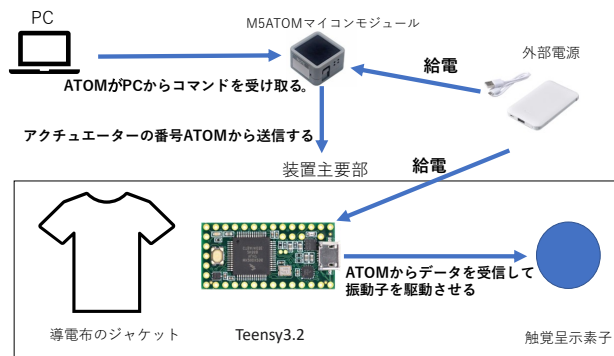


図1 振動刺激呈示ジャケットと VR コンテンツの連動

### 4.1 呈示パターン 1:切裂き感

まず初めに,ゾンビが左上から右下に攻撃をするモーションにと合わせるようにジャケットに分布している触覚呈示素子も左上から右下に流れるように動かすことで,実際に左上から右下に攻撃を受けているとユーザーが感じるようにした(図2).



(a)触覚呈示  
(b)画面上  
ゾンビの攻撃に合わせてジャケットに分布している触覚呈示素子を振動させる

図2 切り裂き感を与える触覚呈示

### 4.2 呈示パターン:貫通感

次に,ゾンビが腹部のあたりに打撃攻撃をするモーションと合わせるように表と裏に触覚呈示素子を分布させ,表と裏の触覚呈示素子の振動の瞬間をずらすことによって,ユーザーの腹部を貫通しているかのようにユーザーが感じるようにした(図3).

## 5 評価

このシステムは,人が利用するものであり映像コンテンツと触覚呈示が遅延なく同期する必要がある.また,本研究では,ジャケットの腹と背に分布している触覚呈示素子を時間差で振動させることで仮現運動を生じさせて貫通感覚の提示などを行っている.この時間差を任意に設定できる

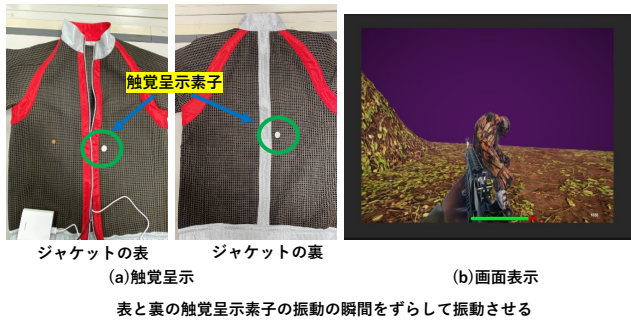


図 3 貫通の感覚を与える触覚呈示

ならば、任意のスピードの仮現運動を人に知覚させることができる。人が利用する上でこの 2 点は臨場感を表現するにあたってシステム上で最も重要とさせる。よって、システムの評価として映像コンテンツと触覚呈示素子の遅延と任意の触覚ができていないかとして仮現運動の時間差の評価を行った。

### 5.1 映像コンテンツと触覚呈示素子の遅延の評価

映像コンテンツ (Unity でゾンビが攻撃をする映像) と触覚呈示素子の遅延の測定を今回は 100 回行った。

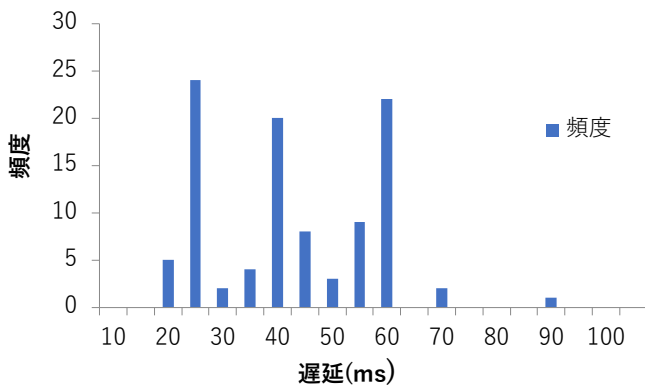


図 4 映像コンテンツと触覚呈示素子の遅延のヒストグラム

図 3 に示すように、遅延の測定結果として 100 回ともすべて遅延が 100ms 以下に収まっていることが確認できた。

### 5.2 仮現運動の時間差の評価

触覚呈示素子間の振動開始時間の時間差を  $T_d$  とし (図 4),  $T_d$  が 150ms, 125ms, 100ms, 50ms の場合の 4 パターン測定を行った。 $T_d$  の値によっての 2 個の触覚呈示素子の駆動成功率を表 1 に示す。

結果として、2 個の触覚呈示素子が両方とも振動したのは 150ms と 125ms の際であり、100ms の際は素子 1 が振動した場合素子 2 は振動しなかった。50ms の場合は素子 1 の駆動成功率は 100% であったが、素子 2 の駆動成功率は 0% であった。

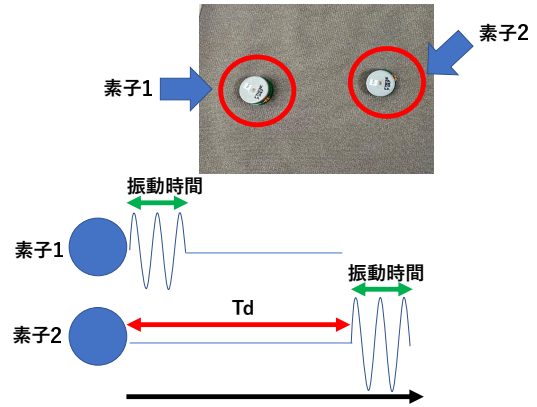


図 5 触覚呈示素子間の振動開始時間の時間差

表 1 2 個の触覚呈示素子の駆動成功率

$T_d$ の値	素子 1	素子 2
150ms	100%	100%
125ms	100%	100%
100ms	96%	4%
50ms	100%	0%

### 5.3 考察

映像コンテンツと触覚呈示素子の遅延については、100 回の計測のうちですべて 100ms 以下の誤差にとどまっていることが確認でき、さらに遅延のほとんどが 60ms 以下であり 60ms は約 0.06 秒であり人間が肌で感じるほどの誤差ではないといえると考えられる。また、触覚呈示素子間の振動開始時間の時間差 125ms 以上になると触覚呈示素子が 3 個とも正常に駆動していることが確認された。よって、少なくとも本研究のシステム上では触覚呈示素子間の振動開始時間の時間差 125ms 以上であるとシステムが正常に動き任意の触覚呈示を行うための仮現運動が正しく行えるだろう。

## 6 展望

振動刺激ジャケットと Unity が連動して触覚呈示を行うことが本研究はできたので、どのくらい切り裂き感や貫通感が表現できているかの調査、 $T_d$  を短くしても仮現運動がおこなえるようにする、HMD での開発が次の段階となる。

### 参考文献

- [1] Paul Lemmens, Floris Cromptvoets, Dirk Brokken, Jack van den Eerenbeemd, and Gert-Jan de Vries. "A body-conforming tactile jacket to enrich movie viewing." World Haptics 2009, 2009
- [2] Akihito Noda, Hiroyuki Shinoda, "Simplex Inter-IC for Wearables and Its Applications," IEEE Access (Volume: 9), 2021.