

HaT Vest : 温度刺激を活用した被弾感覚提示デバイスの開発

朱文イク^{†1} 兼松祥央^{†1} 茂木龍太^{†2} 羽田久一^{†1} 三上浩司^{†1}

概要 : エンターテインメント業界では、インタラクティブコンテンツの体験の拡張として、身体で感じる新感覚のインターフェースに関する研究がある、そのひとつに、ゲームの被弾における振動刺激による力覚フィードバックをプレイヤーの全身に与え、ゲームへの没入感を高めるデバイスがある。しかし振動刺激による単一のフィードバックでは、よりリアルな被弾感覚を再現することが困難である。銃弾に撃たれる感覚について調査し、撃たれた箇所への出血に着目した。調査の結果をもとに、銃弾に撃たれると熱を感じる事が分かった。そこで、本研究では、熱刺激による被弾感覚を提示し、ゲームと連動する HaT Vest(Haptic and Thermal Vest)を開発した。

1. はじめに

エンターテインメント業界では、インタラクティブコンテンツの体験の拡張として、身体で感じる新感覚のインターフェースに関する研究が行われている。例として2020年に韓国のVRデバイスメーカーであるbHapticsから、VRゲームなどと組み合わせて使える触覚フィードバック機能付きベスト「TactSuit X40」「TactSuit X16」が発売された[1]。TactSuitは、振動を生じさせる複数のERM(偏心)モーターが内蔵されたベスト型デバイスである。上半身に装着してVRゲームをプレイすると、振動や衝撃などが再現され、没入感を高められる[2]。

前述のデバイスでは、振動刺激による力覚フィードバックによって、銃弾によりダメージを受ける、いわゆる被弾した瞬間の振動や衝撃を提示することができる。しかし、よりリアルな被弾感覚を再現するには、プレイヤーが被弾した瞬間の提示だけではなく、被弾後にもフィードバックを行う必要がある。

本研究では、銃で撃たれる感覚について調査し、被弾箇所への出血に着目した。振動刺激による被弾した瞬間の感覚に加え、新しい刺激を用いて出血のフィードバックを提示し、ゲームと連動するデバイスの開発を目的とする。

2. 先行研究・分析

本章では、本研究と関連する先行研究について取り上げる。また、本研究との差異や参考にしていく部分についても述べていく。

2.1 触覚を伝える装着式デバイス

VR体験における没入感を向上させるためのベスト型装着式デバイスとして、第1章で述べたTactSuitの他、ソニーの「Haptic Vest」がある。

これらのデバイスは、複数のモーターを搭載し、振動で体の特定の部位に刺激を与えることで、ゲーム内で攻撃を受けた場合に、被弾した場所がおおまかに分かるようになっている[3]。

これらのデバイスにおける被弾感覚の提示は、主に振動刺激による力覚フィードバックである。銃弾によりダメージを受ける、いわゆる被弾した瞬間の振動や衝撃を提示できるが、被弾後の出血のフィードバックを再現するのは難しい。

2.2 被弾感覚に関する研究

被弾感覚に関する研究として、山田ら[4]は飛翔する弾丸の表面圧力と温度分布を計測した。その試験で得られた飛翔する弾丸の温度分布画像によると、378m/sで飛翔する弾丸のよどみ点温度は約60℃である。この研究から、人体が銃弾によって負傷すると、熱を感じる事が分かる。また、熱伝導により銃弾の熱が人体の血液に伝わることも考えられる。

2.3 温度感覚提示に関する研究

Ragozinら[5]はペルチェ素子を用いて温度フィードバック装置を開発し、VRホラーゲームにおける恐怖心の増幅に関する検証を行った。検証の結果、VR体験における温度変化のフィードバックは、プレイヤーに視覚的情報以外の情報を提供でき、VRコンテンツの体験価値を上げる効果があることがわかった。

また牛尾ら[6]もペルチェ素子を利用し、情動制御手法のひとつとして温度提示を行った。実験により、温度提示は被験者に温感なら興奮を、逆に冷感では不安感に似た感情を覚えさせるといった心理的な効果があることがわかった。

その他にも、小野ら[7]はHMD内の映像に連動する、熱刺激による方向提示を行い、VR体験における臨場感を向上させる首輪型デバイスを開発している。

これらのデバイスは、主にペルチェ素子を利用し、温度フィードバックを実装している。しかし、実験を行う際

^{†1} 東京工科大学

^{†2} 東京都立大学

に扱った温度は最大でも 40℃であり、被験者の露出した肌に密着した状態でなければ温感を得ることは難しい。また、木村ら[8]は電圧 6V の環境でペルチェ素子の性能評価を行った結果、温度の上昇が遅いことが判明した。

2.4 本研究との差異

2.1 で述べたデバイスでは、VR シューティングゲームにおける被弾による出血のフィードバックを再現するのは難しい。また、2.2 で述べた研究から、実際銃弾に撃たれると銃弾の熱が伝わるのが分かる。しかし 2.3 で述べた温度感覚提示のシステムでは、人体の露出した肌以外の箇所に熱刺激を与えることが難しい。

そこで本研究は、ペルチェ素子以外の方法を用いた熱刺激による被弾感覚を提示し、ゲームと連動するデバイスの開発を目的とする。

3. HaT Vest の開発

本章では、開発した振動及び熱刺激を活用した装着式被弾感覚提示デバイス、HaT Vest(Haptic and Thermal Vest)について述べる。

3.1 HaT Vest の概要

2.1 で述べた触覚を伝えるデバイスと同様、HaT Vest は、ベスト型をベースとし、装着者に振動刺激及び熱刺激を与える被弾箇所を複数搭載する。被弾箇所には、2.2 で述べた被弾感覚を再現するため、振動モーターの他、装着者に熱刺激を与えるヒーターを搭載する。しかし、ベストから熱刺激が伝えるには、2.3 で述べたペルチェ素子を用いて実現するのは難しい。そこで本研究では図 1 のアルミ箔フィルムヒーターを使用する。ヒーターの熱応答性は同じ電圧環境下においてペルチェ素子と比較して最大温度が高く、温度上昇速度も速い[9]。



図 1 アルミ箔フィルムヒーター

2.3 で述べた小野ら[7]は VR を体験するユーザに熱刺激

で方向の提示を行い、首輪から出る熱とオブジェクトとの違和感の有無を検証した。実験の結果、方向提示に必要な熱源は最低 4 個であることが分かった。よって、HaT Vest は被弾箇所を 4 つ搭載する。

HaT Vest は Arduino を用いて、Unity で開発した体験コンテンツとシリアル通信を行う。Unity から Arduino に接続する際に、Serial Port Utility Pro [10]を使用し、Unity と Arduino を容易に通信可能にしている。体験コンテンツを起動した PC デバイスを USB 接続した状態で、体験コンテンツからの命令を受信した際に振動モーターやアルミ箔フィルムヒーターが動作する。同時に、HaT Vest から装着者の身体の向きなどの情報を体験コンテンツに送信し、体験コンテンツに反映する。連動するイメージを図 2 に示す。

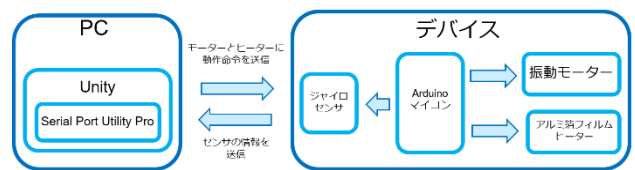


図 2 PC と HaT Vest が連動するイメージ図

HaT Vest は VR 体験コンテンツと連動し、プレイヤーが被弾した瞬間、振動刺激による被弾した瞬間を表現した上で、ゲーム状況に応じて、加熱することで被弾部の温度を徐々に上げ、被弾箇所の出血を再現する。

3.2 HaT Vest の構造

HaT Vest は作業用メッシュベスト[11]をベースに、前後左右合計 4 箇所に被弾箇所を搭載し、1 つの被弾箇所に小型振動モーター及び 3.1 で述べたアルミ箔フィルムヒーターを搭載する。また、背面箇所にジャイロセンサを搭載する。HaT Vest 及び VR HMD を装着しているイメージを図 3 に示す。

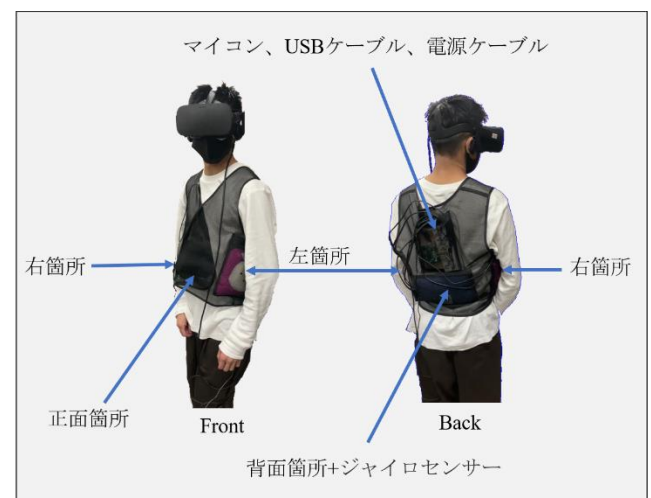


図 3 HaT Vest 及び VR HMD を装着しているイメージ図

3.3 HaT Vest を体験するためのコンテンツ

HaT Vest を使用し、被弾感覚を体験するコンテンツとして VR 体験コンテンツ作成した。体験コンテンツでは、体験者が銃弾に撃たれるように、体験者が操作するプレイヤーの周囲に、一定間隔で敵が 1 体ずつランダム順番で現れ、プレイヤーに向かって銃を撃ち始める。図 4 は体験コンテンツ内の映像である。

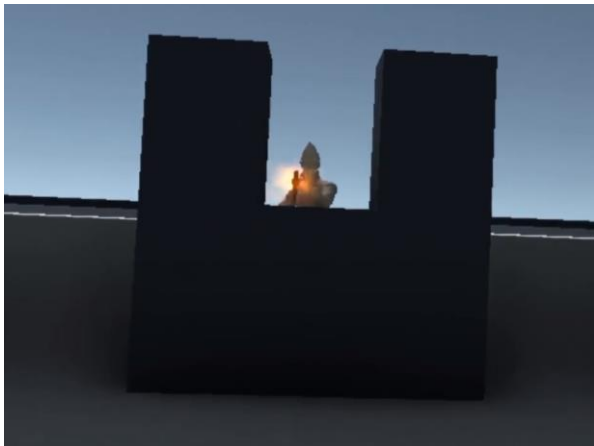


図 4 体験コンテンツ

HaT Vest は体験者が操作する 1 人称視点のプレイヤーキャラクターが被弾すると、体験者に振動刺激及び熱刺激を与える。また、HaT Vest の背面箇所にジャイロセンサが搭載されているため、体験者の身体の向きがコンテンツに反映され、向きによって動作する被弾箇所が変わることで、VR 体験の違和感を軽減している。

4. 評価実験

本章では開発した HaT Vest の効果を実証することを目的とした評価実験の手順と結果、考察を述べる。

4.1 実験手順

体験コンテンツを、実験協力者 10 名に HaT Vest を装着した状態で体験してもらった。評価実験では、振動モーターだけ動作させる既存手法のコンテンツの体験と、振動モーターとアルミ箔フィルムヒーターを動作させる、提案手法のコンテンツの体験を一回ずつ行った。

全ての体験が終わった後に、Google フォームによる評価アンケートと自由記入アンケートを実施し、評価の比較を行った。また、順序効果を考慮して既存手法を使用してのコンテンツ体験を先に行うグループ A と、提案手法を使用してのコンテンツ体験を行うグループ B に分けて行った。実験の手順を図 5 に示す。

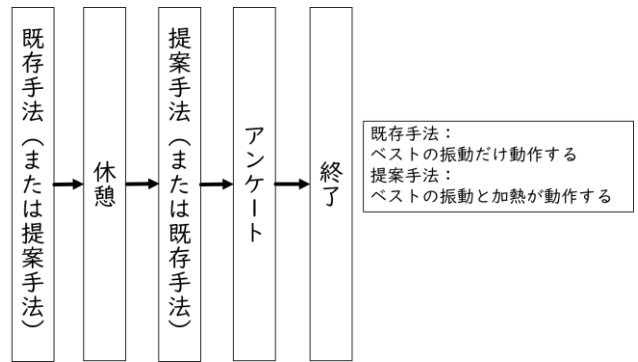


図 5 実験の手順

4.2 実験結果

評価実験を行い、出血を感じたかに対するアンケート結果は図 6 と図 7 のように、実験協力者は既存手法より、提案手法によって出血を感じる傾向があるが、感じないケースもある。しかし、図 8 のダメージの感じ方についてのアンケート結果から、実験協力者は提案手法の方がよりダメージを感じる事が分かった。

提案手法に対して、出血したように感じたか？

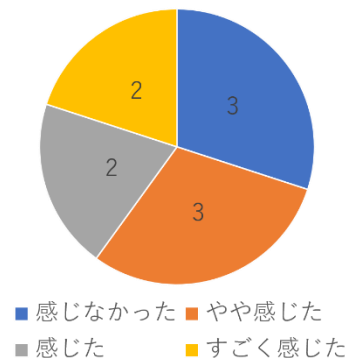


図 6 提案手法の出血の感じ方に対するアンケート結果

既存手法に対して、出血したように感じたか？

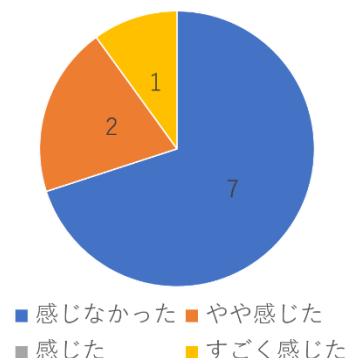


図 7 既存手法の出血の感じ方に対するアンケート結果

提案手法の体験で、ダメージの感じ方について

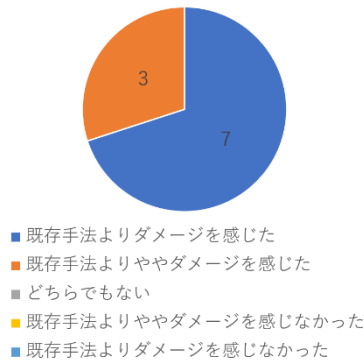


図8 ダメージの感じ方についてのアンケート結果

4.3 考察

評価実験の結果から、人によって実際銃弾に撃たれて出血するイメージが異なるため、提案手法によって出血を感じたに対する回答がそれぞれ違うのではないかと考えられる。

5. おわりに

本研究は、熱刺激を与えることでよりリアルな被弾感覚を提示することを目的とした。そしてアルミ箔フィルムヒーターを使用した、ゲームと連動する HaT Vest を作成した。今後はさらなる評価実験を行い、HaT Vest の効果を実証することが挙げられる。

参考文献

- [1] bHaptic, <https://www.bhaptics.com/tactsuit> (参照 2020-12-15).
- [2] CNET Japan, 「ゲーム用の触覚フィードバック VR ベスト「TactSuit X16」が予約開始--299 ドルから」, <https://japan.cnet.com/article/35162369/> (参照 2020-12-15).
- [3] DIME, 「触覚を伝える話題のアイテム『Haptic Vest』でバイオハザードの VR を体験！」, <https://dime.jp/genre/399369/>, 2017. 06. 09(参照 2020-12-15).
- [4] 山田有希, 宮崎武, 石井将人, 坂上博隆, 飛翔する弾丸の表面圧力・温度分布計測, 2013 日本流体力学会.
- [5] Kirill Ragozin, Danny Hynds, George Chernyshov, Jianing Zhao, Kai Kunze, Dingding Zheng, Kouta Minamizawa, Sophroneo: Fear not. A VR Horror Game with Thermal Feedback and Physiological Signal Loop, SIGGRAPH '20 Immersive Pavilion, August 17, 2020, Virtual Event, USA.
- [6] 牛尾大翔, 水口充, 温度提示による情動制御手法の提案, 2020 Information Processing Society of Japan.
- [7] 小野龍一, 伊藤亘輝, 羽田久一, 首への熱刺激による VR 体験者への方向提示の提案, エンタテインメントコンピューティングシンポジウム 2018 論文集.
- [8] 木村鷹, 伊藤淳子, 宗森純, ベルチェ素子を用いたゲーム向け温度知覚インターフェース, 2013-07-03.
- [9] heatlab, <https://heatlab.jp/products/al-heater/> (参照 2020-12-15)
- [10] Serial Port Utility Pro, <https://portutility.com/ja/> (参照 2020-12-15).
- [11] WORKMAN, <https://workman.jp/shop/default.aspx> (参照 2020-12-15).