

# ビデオゲームにおいて炎の燃焼を表現する 触覚デザインについての基礎検討

松浦優<sup>†1</sup> 栗原渉<sup>†1</sup> 兼松祥央<sup>†1</sup> 三上浩司<sup>†1</sup>

ビデオゲームにおいて、ユーザ体験の向上を目的としてコントローラへ触覚フィードバックを与える手法が広く用いられてきた。それらは振動子の特性により表現可能な触覚に制限があったが、触覚技術の発展によって様々な触覚の表現が可能となり、それらを用いたゲーム体験が実現された。しかし、ビデオゲームでは多種多様な物質や現象などが視覚的に表現されている一方、表現されている触覚は多くない。ユーザ体験をさらに向上させるためには、ビデオゲームにおける様々な状況に対応した触覚のデザインが必要であるといえる。本研究では様々なゲームに登場する炎の燃焼表現に着目し、炎に触れた際の触覚表現手法について検討した。

## 1. はじめに

近年のビデオゲームにおいては、ユーザ体験の向上を目的としてコントローラに振動子を用いて触覚のフィードバックするものが一般的となっている。例として Nintendo Switch[1]の Joy-Con[2]や PlayStation5[3]の DualSense コントローラ[4]などが挙げられる。しかしこれまで、振動子の特性から表現可能だった触覚の数は少なく制限があった。現在では、触覚技術の発展により様々な触覚の表現が可能になり、ゲームコントローラの振動を楽しむゲームなども開発がされている[5]。

しかしビデオゲームにおいて、魔法や超常現象などの多種多様な現象や物質などは視覚的な表現が行われているのに対し、それらに対応した触覚を表現出来ているものは多くない。さらなるユーザ体験向上を目指すには、ビデオゲームにおいて視覚的に表現が行われている様々な状況に対応した触覚のデザインをすることが必要だと考えられる。

そこで本研究では、ゲームに登場する炎の燃焼表現に着目し、炎に触れた際の触覚表現手法について検討した。

## 2. 先行研究

伊原ら[6]は、これまでに開発がされてきた振動機能について、その振動機能がゲームにおけるエンタテインメント性の向上に寄与する仕組みについて分析し考察した。また、伊原らは表象の部分にも着目した。プレイヤーは振動から広い範囲の事象に関して表象可能であり、視聴覚的な表現やゲーム状況から意味づけして解釈した。また、手応え、達成感、爽快感といった感覚を強化していることも明らかにした。

森坂ら[7]は、詳細なフィードバックをプレイヤーに与えることによって、ゲーム内における体験をより現実に近づけるのではないかと予想した。振動子を複数個搭載し、それぞれの振動時間を変化させることで衝突位置を表現する棒型デバイスを作成した。また、衝突位置の違いが発生する例としてスイカ割りのゲームを制作した。3 個の振動子の

振動時間を制御することによって、スイカに当たった位置の違いを表現した。

朱ら[8]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。また、ゲームと連動する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の開発を行った。デバイスでは、ペルチェ素子以外の熱刺激に着目し、アルミ箔フィルムヒーターを使用した。これにより、既存手法よりも提案手法の方がよりダメージを感じることができることを明らかにした。

加藤ら[9]は、ゲームやアニメーションの中で表現される硬い物体が衝突した際に弾き返される力、反発力の表現に着目し、金属や岩石のような硬質物体を叩打した際の反発力を提示するデバイスの提案を行った。

これらの研究では、どれも振動子を使用してゲームにおけるユーザ体験の向上を目的とした研究である。しかし、触覚のデザインには触れておらず、触覚の部分では魔法や超常現象などの多種多様な現象や物質に対応した表現については考慮されていない。

## 3. 提案手法

本研究では、炎に触れた際の触覚を表現するために3つの振動と実験装置を制作した。本章では、制作した振動と実験装置について述べる。

### 3.1 振動の制作

本研究では、ゲームに登場する炎の燃焼表現に着目した。3つの振動を制作してユーザが炎に触れたと感じられるのか実験し、評価する。この3つの振動は、ゲーム『大乱闘スマッシュブラザーズ SPECIAL』[10]におけるキャラクターであるクッパの炎ブレス音(以下「ゲーム効果音」)の振動、現実に存在する炎の燃焼であるガスバーナー (SOTO 社パワーガス ST-760) [11]の噴射音をマイク (fifine 社[12]) で録音した音の振動、炎の燃焼のオノマトペである「ゴー」という著者の声の発声音をマイクで録音した音の振動の3つである。ゲーム効果音は、実際にゲームをプレイして、効果音のみに限定して収録したものである。また、ガスバ

<sup>†1</sup> 東京工科大学  
Tokyo University of Technology

ーナーの噴射音とオノマトペの発声音の2つは、マイクによって収録した音である。これら3つの音の波形を図1、図2、図3に示す。

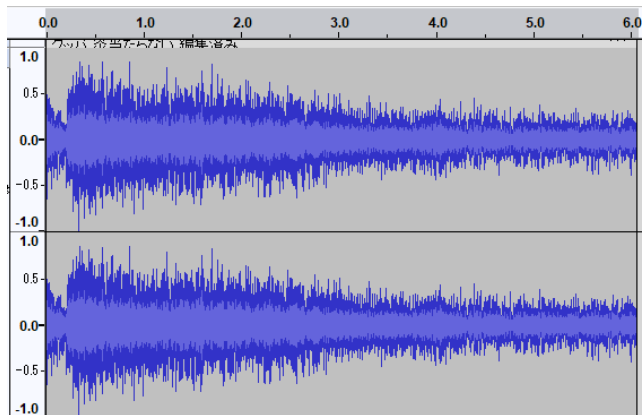


図1 ゲーム効果音の波形

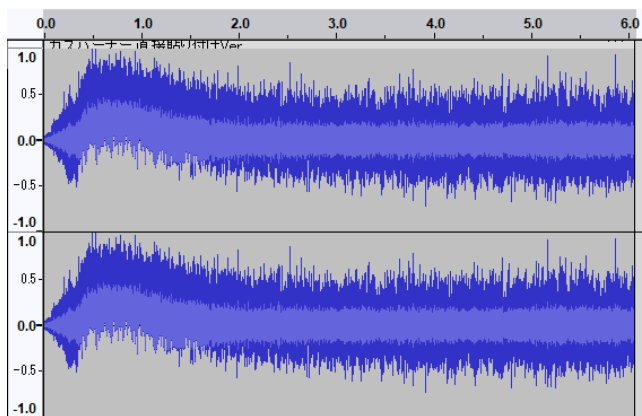


図2 ガスバーナーの噴射音の波形

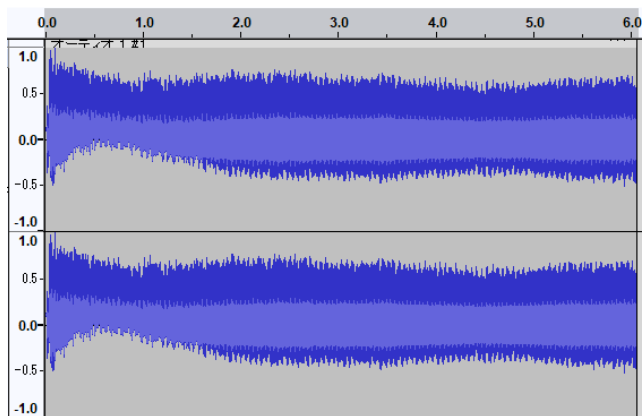


図3 炎の燃焼のオノマトペである「ゴー」という発声音の波形

### 3.2 実験装置の制作

本研究では、制作した3つの振動を使用してユーザが炎に触れたと感じられるのか評価するため、図4のような実験装置を制作した。

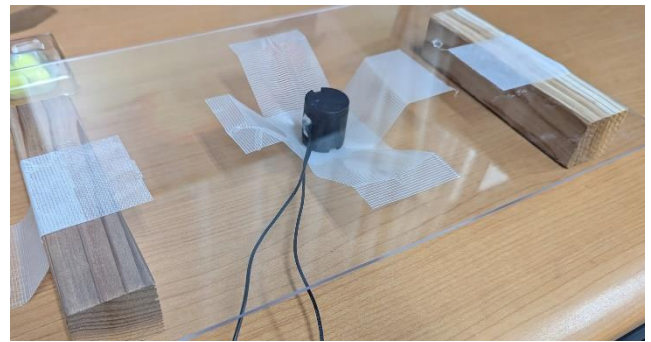


図4 実験装置の外観

実験装置は、触感デバイス開発/体感モジュール hapStak と縦 30cm 横 20cm 高さ 0.2cm であるアクリル板、hapStak とアクリル板を支える縦 13.7cm 横 3.3cm 高さ 3.3cm の木材 2 つによって構成されている。hapStak とは振動アクチュエータと駆動回路がセットになった、振動による触感再現を手軽に扱うためのモジュールである[13]。

## 4. 評価実験

本章では、これらの3つの振動と実験装置を使用して、ユーザが炎に触れたと感じられるのか実験し、評価する。

### 4.1 実験方法



図5 Unity を使用して制作した映像コンテンツ

実験参加者は、Unity[14]を使用して制作した図5に示す映像コンテンツを先に見ずに体験するパターンと先に見ながら体験するパターンの2グループに分類し、実験をする。実験手順は次のとおりである。実験のフローを図6に示す。

1. 1つ目の振動の体験
2. 1つ目の振動に関するアンケート
3. 2つ目の振動の体験
4. 2つ目の振動に関するアンケート
5. 3つ目の振動の体験
6. 3つ目の振動に関するアンケートと体験した3つの振動の感想
7. すべての振動を体験しての感想

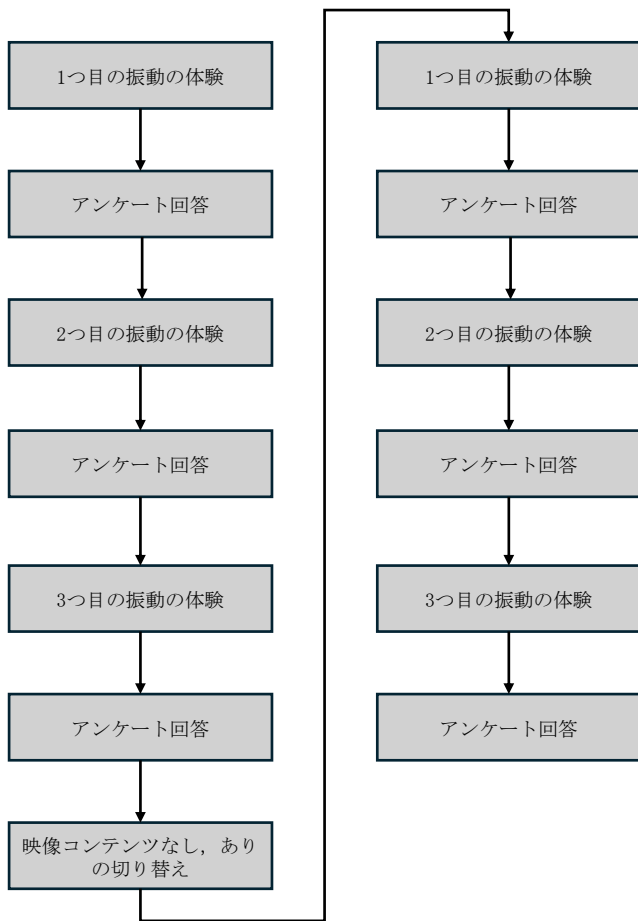


図 6 実験フロー

次にアンケートの内容について述べる．アンケートは Google Form を使用し，それぞれの振動を体験した後に行う．振動についてのアンケートのすべての設問は次のとおりである．また，炎に触れたと感ずるかという設問では，リッカート尺度を使用してアンケートを実施した．

- 炎に触れたと感ずるか（5段階）
- どのような音，振動だと感じたか（記述）
- どのようなものの音を収録したと思いますか（記述）
- どの振動が最も炎に触れたと感じたか（選択肢3つ）
- なぜそのように感じたのか（自由記述）
- 映像コンテンツなしとありで振動の感ず方に変化があったか（記述）

#### 4.2 実験結果

実験は，東京工科大学の20代男子学生8名，20代女子学生2名の計10名に対して行った．Unityの映像コンテンツの有無に関するアンケートの結果を図7と図8に示す．

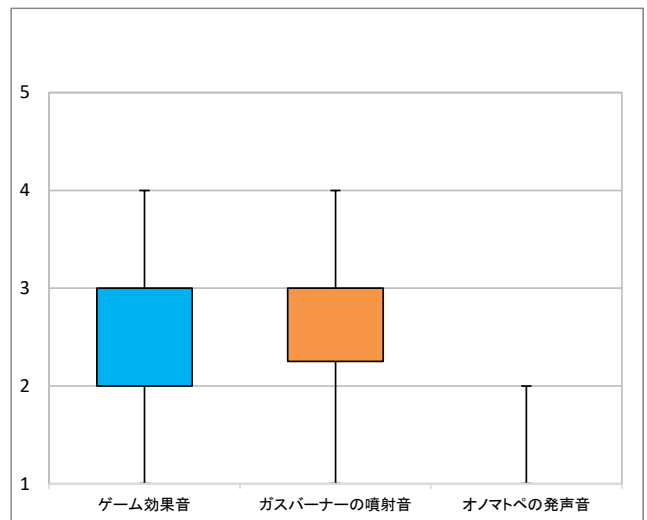


図 7 映像コンテンツなしパターンでの炎に触れたと感ずるかどうか

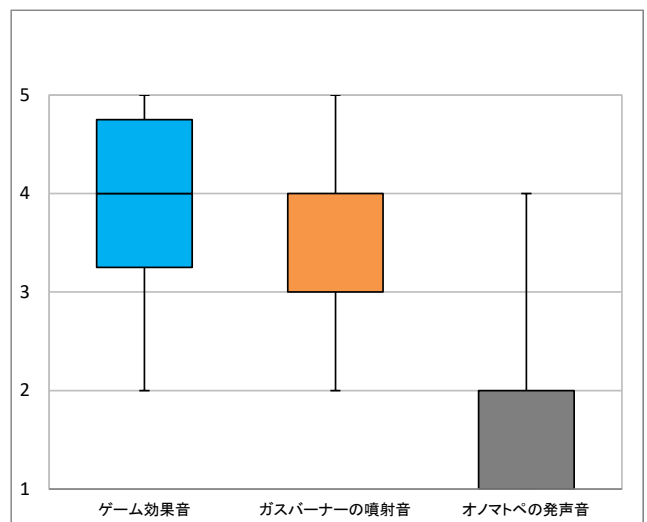


図 8 映像コンテンツありパターンでの炎に触れたと感ずるかどうか

図7は，Unityで制作した映像コンテンツを見せずに振動を体験したパターンの結果である．ゲーム効果音とガスバーナーの噴射音の2つはともに同じように炎に触れたと感ずると回答した実験参加者が10人中8人いた．また，オノマトペの「ゴー」という発声音は，実験参加者10人全員が炎に触れたと感ずないと回答を行った．図8では，Unityの映像コンテンツを見ながら振動を体験したパターンの結果である．こちらもゲーム効果音とガスバーナーの噴射音の2つはともに同じように炎に触れたと感ずると実験参加者10人中9人が回答した．また，映像コンテンツなしよりもありのパターンでは，全体的に炎に触れたと感ずると高い評価を回答する実験参加者がいた．さらに，オノマトペの「ゴー」という発声音でも炎に触れたと感ずると回答する実験参加者がいた．

どのような音，振動だと感じたか，どのようなものの音を収録したと思いますか，という設問に関しては，表1と表2に示す。

表1 映像コンテンツなしでどのような音，振動だと感じたか，どのようなものの音を収録したと思うかの回答

1人目	ゲーム効果音	ガスバーナーの噴射音	オノマトペの発声音
2人目	振動的でない風の音	水流が急なところの音	電動マッサージに繋がっている音
3人目	大きなものが動く音	バーナーの音	人の声
4人目	かなり勢いのあるような水流の音	ガスコンロの音	人の声
5人目	何かが落ちる音	ガスバーナーの音	人の声
6人目	ガスバーナーの音	石を擦り合わせたような音	ギロの音
7人目	音が近くに落ちた時の音	土砂降りのような音	人の声
8人目	激流のような音	工場にあるような機械の音	地震のような音
9人目	ドラム缶が転がる音	火炎放射の音	人の声
10人目	音が響く何かをたいた音	ミキサーのような音	電動モーターのような音
10人目	電車の音	ゲームのガスバーナーみたいな音	人の声

表2 映像コンテンツありでどのような音，振動だと感じたか，どのようなものの音を収録したと思うかの回答

1人目	ゲーム効果音	ガスバーナーの噴射音	オノマトペの発声音
2人目	風の音	ガスバーナーの音	人の声
3人目	重いものが動く音	バーナーの音	人の声
4人目	モンスターが火を噴いている音	ガスが燃えている音	人の声
5人目	落雷と雨の音	風の音	人の声
6人目	重い石が動く音	軽い石をコンクリにする音	携帯のバイブレーションの音
7人目	雷の音	ガスバーナーの音	人の声
8人目	バーナーの音	機械の音	人の声
9人目	電車の音	水面にジェットを当てたような音	人の声
10人目	モーターを裸い所に当てている音	軽い電動モーターの音	電動モーターの音
10人目	台車の音	ジェット機のエンジン音	人の声

どちらの表でも音と答える実験参加者が多く，振動によって判断したのかどうかをはっきりさせることはできなかった。また，ガスバーナーの噴射音以外の振動では炎が燃焼して発生する音を回答する実験参加者は少なく，雷の音や水の音と回答する実験参加者がいた。本実験では振動のみの提示ではなく，制作したデバイスの影響から収録した際の音が聞こえる形での実験になってしまったためと思われる。

## 5. まとめと今後の展望

本研究では，ゲームに登場する炎の燃焼表現に着目し，炎に触れた際の触感表現手法について検討した。その際，実際に3つのそれぞれ違う振動を制作し，hapStakとアクリル板，木材2つで制作を行った実験装置を使用し，ユーザが炎に触れたと感じられるのか実験によって評価した。実験の結果，ゲーム効果音の振動とガスバーナーの噴射音の振動は，炎に触れたと感じると回答した実験参加者が多くいた。しかし，水の音と感じる実験参加者や雷の音，風の音とを感じる実験参加者もいた。そのため，触感の観点からは炎の燃焼の振動を感じ取ることができず，音から判断したと思われる。

今後の展望として，振動の周波数の波形の改善や今回制作した実験装置に複数の振動子の実装を行うこと，音の出ない振動アクチュエータを使用して音から判断されないように改善を行う。また，炎の燃焼表現以外の属性攻撃の一種である雷の雷撃表現や氷の氷結表現などの触感の表現手

法について探求していく。

## 参考文献

- 1) Nintendo Switch, (2024年7月25日最終参照)  
<https://www.nintendo.com/jp/hardware/switch/index.html>
- 2) Nintendo 周辺機器, (2024年7月24日最終参照)  
<https://www.nintendo.com/jp/hardware/switch/accessories/index.html#>
- 3) PlayStation5, (2024年7月25日最終参照)  
<https://www.playstation.com/ja-jp/ps5/>
- 4) PlayStation 周辺機器, (2024年7月24日最終参照)  
<https://www.playstation.com/ja-jp/accessories/dualsense-wireless-controller/>
- 5) Nintendo 1-2-Switch, (2024年7月21日最終参照)  
<https://www.nintendo.com/jp/switch/aacca/index.html>
- 6) 伊原泰孝, 水口充: 振動によるゲーム体験の向上の仕組みの調査, エンタテインメントコンピューティングシンポジウム2023 論文集, Vol.2023, pp.1-9 (2023).
- 7) 森坂鉄太, 原寛徳: 複数の振動によって衝突距離の違いを再現するデバイス, ITE Technical Report, Vol.47, No.9, AIT2023-105 (2023).
- 8) 朱文イク, 兼松祥央, 茂木龍太, 羽田久一, 三上浩司: HaT Vest : 温度刺激を活用した被弾感覚提示デバイスの開発, インタラクション2021 論文集, pp.181-184 (2021).
- 9) 加藤修朋, 兼松祥央, 松吉俊, 三上浩司: VRコンテンツにおける硬質物体叩打時に発生する反発力の提示デバイス, インタラクション2024 論文集, pp.903-906 (2024).
- 10) Nintendo 大乱闘スマッシュブラザーズ SPECIAL  
[https://www.smashbros.com/ja\\_JP/](https://www.smashbros.com/ja_JP/)
- 11) SOTO SOTO パワーガス ST-760, (2024年7月22日最終参照)  
<https://soto.shinfuji.co.jp/products/st-760/>
- 12) fifine, (2024年7月22日最終参照)  
<https://fifinemicrophone.com/>
- 13) BitTradeOne, (2024年7月21日最終参照)  
<https://bit-trade-one.co.jp/hapstak/>
- 14) Unity, (2024年7月26日最終参照)  
<https://unity.com/ja>