

振動提示デバイスにおけるフォーリーを用いた魔法属性攻撃の触覚デザイン手法の提案

松浦 優^{†1} 栗原 渉^{†1} 兼松 祥央^{†1} 三上 浩司^{†1}

概要：ビデオゲームにおいて、ユーザ体験の向上を目的として振動子を用いて触覚のフィードバックを行うコントローラは一般的となっており、ゲームにおいて振動は重要な要素であるといえる。ゲーム制作支援ツールの充実によってゲーム制作初学者でもゲーム制作が可能となったが、重要な要素である振動のデザインを支援する制作ツールは、未だ一般的ではない。そのため、振動をデザインして触感を表現することは難しい。そこで本研究は、映像を再生しながら、それに合わせて発生させた現実世界の音を録音して効果音を制作する手法のフォーリーに着目し、特殊な制作支援ツールの学習を必要としないビデオゲーム向けの触覚デザイン手法を提案する。また、ビデオゲームに頻出する魔法属性攻撃を対象に、フォーリーにより炎属性、氷属性、雷属性の魔法属性攻撃に対応するフォーリーサウンドを制作した。加えて、属性攻撃を受けた際の触感を手掌に提示する振動提示デバイスおよび体験型コンテンツを制作した。

1. はじめに

古くより家庭用ビデオゲーム機のコントローラにおいて、振動フィードバックが利用されてきた。それらにおいては、振動子の特性から表現可能な触感の種類は少数であった。現在では触覚技術の発展により、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様々な触覚のフィードバックを行うコントローラが登場した[1][2]。それに伴い、ゲームコントローラ自体の振動を楽しむゲームも開発されており、ゲームにおいて振動は重要な要素であるといえる。

また、ゲームエンジンなどのゲーム制作支援ツールの充実によって、ゲーム制作初学者でもビデオゲームの制作が可能となった。しかし、重要な要素である振動のデザインを支援するようなツールは一般的ではない。そのため、振動や触覚についての知識が不足しているゲーム制作初学者において、振動をデザインして触感を表現することは困難である。また、振動制作ツールを用いる場合、そのツールの導入や学習についてのコストなどが発生する。

そこで本研究では、映像を再生しながらそれに合わせて発生させた現実世界の音を録音して効果音を制作する手法のフォーリー[3]に着目し、特殊な制作支援ツールの学習を必要としないビデオゲーム向けの触覚デザイン手法を提案する。本稿では、ビデオゲームに頻出する魔法属性攻撃を対象に、フォーリーによる炎属性（以下、「炎」とする）、氷属性（以下、「氷」とする）、雷属性（以下、「雷」とする）の魔法属性攻撃（以下、「属性攻撃」とする）に対応するフォーリーサウンドを制作した。加えて、ゲームへの応用を目的に本手法を用いて制作した属性攻撃を受けた際の触感を手掌に提示する振動提示デバイス（以下、「属性触感デバイス」とする）および体験コンテンツを制作した。

2. 関連研究

振動や専用コントローラによるゲーム体験向上や振動子を用いたビデオゲームにおける触感表現についての関連研究について以下に述べる。

2.1 振動や専用コントローラによるゲーム体験向上

伊原ら[4]は、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た。また、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ていることを明らかにした。その他にも、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。

平井ら[5]は、体験型 VR ゲームを遊ぶ際にプレイヤーが専用コントローラを使用することで、ゲーム体験が向上すると仮定し、研究事例が少ないディフェンシブな防具である盾が機能するゲームの提案とゲーム体験に与える要素を検証する実験について議論した。

このように、振動や専用のコントローラを使用することにより、ゲーム体験が向上することが明らかにされてきた。

2.2 振動子を用いたビデオゲームにおける触感表現

朱ら[6]は、銃で撃たれる感覚において被弾箇所への出血に着目し、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を開発した。開発したデバイスにおいて、アルミ箔フィルムヒータを使用したことにより既存手法よりもダメージを感じさせることができると明らかにした。

加藤ら[7]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を提案した。

城野ら[8]は、盾によって攻撃を防御、跳ね返すアクション

^{†1} 東京工科大学

ンを VR 内で疑似的に行えるデバイスを開発した。デバイスには衝撃提示装置と温冷風提示装置があり、それらにより敵の攻撃に対する防御感を提供している。衝撃提示装置によって攻撃された位置や威力を提示し、温冷風提示装置により属性攻撃による温度変化を提示している。また、盾の材質が変化する演出も実装し、リアルな防御感や属性攻撃を防御する体験を可能とした。

このようにゲームの体験向上を目的に、振動子を用いた触感の表現がされており、ゲーム体験が向上する事例が存在する。

2.3 本研究のアプローチ

関連研究より、振動や専用のコントローラを使用することによりゲーム体験が向上することが明らかにされている。また、振動子を用いた専用デバイスによる触感の表現により、ゲーム体験が向上することも示されている。このように、ゲーム体験の向上のために振動は重要な要素であるといえる。しかし、振動や触覚についての知識が不足しているゲーム制作初学者において、振動をデザインして触感を表現することは困難である。

そこで本研究では、映像を再生しながらそれに合わせて発生させた現実世界の音を録音して効果音を制作する手法のフォーリーに着目し、特殊な制作支援ツールの学習を必要としないビデオゲーム向けの触覚デザイン手法を提案する。

本稿では、ゲームへの応用を目的に本手法を用いて制作した炎、氷、雷の3つの属性攻撃に対応するフォーリーサウンドを制作し、さらに攻撃を受けた際の触感を手掌に提示する属性触感デバイスおよび体験型コンテンツを制作した。

3. 提案手法

フォーリーサウンドは、映像を再生しながら、それに合わせて発生させた現実世界の音を録音して効果音を制作する手法のフォーリーによって制作された効果音である。フォーリーは、効果音制作ツールなどを使用して音を制作することに十分な知識を必要とせず、身の回りの物を使用してゲームコンテンツや映像コンテンツに合わせた音の収録が可能である。また、制作者の意図に合わせて、制作し表現する音をアレンジすることが比較的容易である。

そこで本研究では、特殊な制作支援ツールの学習を必要としないフォーリーを使用したビデオゲーム向けの触覚デザイン手法を提案する。

4. 実装

以下に炎、氷、雷の3種類の属性攻撃の映像、フォーリーサウンドの制作、属性触感デバイスの実装、フォーリーサウンドを用いた属性触感デバイスにおける触覚デザインについて述べる。

4.1 炎、氷、雷の3種類の属性攻撃の映像

本研究では、炎、氷、雷の属性攻撃を対象にした。フォーリーでは、コンテンツを視聴しながら音を制作する必要がある。それに伴い、ゲームを想定した炎攻撃、氷攻撃、雷攻撃の映像コンテンツ（以下、「映像」とする）を制作した。映像はプレイヤーの1人称視点であり、敵キャラクターとその攻撃、プレイヤーの腕と手、手から展開される魔法の盾が表示される。これらの映像は、Unity を使用して制作した。



図 1 炎攻撃の映像

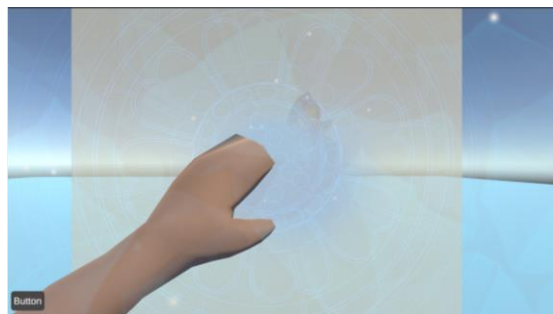


図 2 氷攻撃の映像

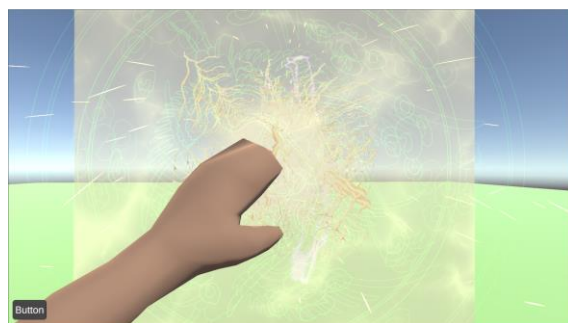


図 3 雷攻撃の映像

各属性攻撃の映像において、プレイヤーは6秒間敵キャラクターから放射状の形状をした各属性攻撃を受ける。それに対し、手から魔法の盾を展開することで攻撃を防ぐ。制作した映像の静止面を図1、図2、図3に示す。

4.2 フォーリーサウンドの制作

本研究では、フォーリーによって炎、氷、雷の属性攻撃に対応するフォーリーサウンドを制作した。これらの各属性攻撃のフォーリーサウンドは、ピンマイク（FIFINE 社

C2A)と音声編集ソフト Audacity を使用して、任意の音を録音して制作した。録音する際にマイクと音の発生源の位置が近いことによって、音割れが生じてしまう可能性がある。それを防ぐため、マイクと音の発生源との距離は 5cm 離して録音した。

炎攻撃のフォーリーサウンドは、次の 5 つの音で構成された音である。

- 著者が勢いよく息を吐いた強い息の風の音
- 著者が優しく「フー」と吐いた弱い息の風の音
- ペットボトルのキャップと木材 (135×30×30(mm)) をぶつけた音
- 片手で 500ml ペットボトルを握りつぶすときの音
- ガスバーナー (SOTO 社パワーガス ST-760) の音

炎攻撃は、炎が激しく燃えているような音を表現し、振動も激しく振動するように制作した。制作過程において、著者が勢いよく息を吐いた強い息の風の音が、フォーリーサウンドから振動に変換した際に録音した各音の中で最も強く振動することがわかった。そこで、その音を基に炎攻撃に近づくよう修飾しながら制作した。制作した炎攻撃のフォーリーサウンドの波形を図 4 に示す。

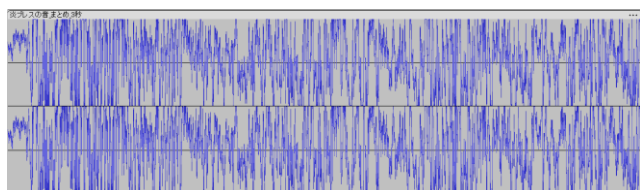


図 4 炎攻撃のフォーリーサウンドの波形

氷攻撃のフォーリーサウンドは、次の計 3 つの音で構成された音である。

- 著者が「ウ」の口をした状態で優しく息を吐いたときの風の音
- 木材と木材の机をこすり合わせた時の音
- 片手で 500ml ペットボトルを握りつぶすときの音

氷攻撃は、吹雪の風の音や氷の破片がプレイヤに当たっている音を表現し、振動も吹雪や氷の破片が感じ取れるように制作した。また、著者が「ウ」の口をした状態で優しく息を吐いたときの風の音は吹雪の風の音を表現することができるため、その音を基に氷攻撃に近づくよう修飾しながら制作した。制作した氷攻撃のフォーリーサウンドの波形を図 5 に示す。

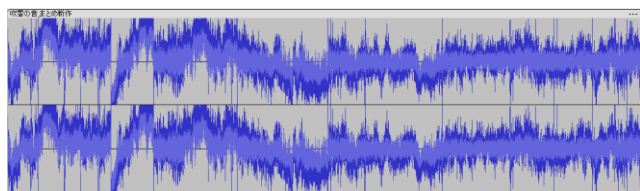


図 5 氷攻撃のフォーリーサウンドの波形

雷攻撃のフォーリーサウンドは、次の計 3 つの音で構成された音である。

- 著者が歯を噛んだ状態で「ジー」と息を吐いた時の音
- 著者が口の中に少量の水を含み、歯を噛んだ状態で「スー」と息を吐いた時の音
- 著者が優しく「フー」と吐いた弱い息の風の音

雷攻撃は、勢いがあり痺れるような雷の音を表現し、振動も激しい振動と細かな振動の 2 種類を同時に体験できるように制作した。また、著者が歯を噛んだ状態で「ジー」と息を吐いた時の音は、雷による痺れるような感覚を与えられる細かな振動を提示できるため、フォーリーサウンドの基になる音として制作した。制作した雷攻撃のフォーリーサウンドの波形を図 6 に示す。

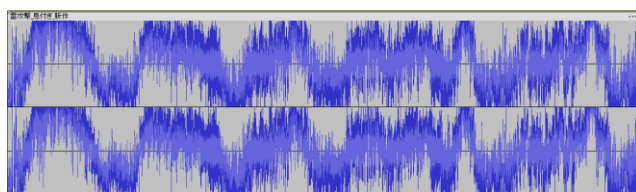


図 6 雷攻撃のフォーリーサウンドの波形

4.3 属性触感デバイスの実装

本研究において、手掌に各属性攻撃の触感を振動によって提示するために、盾を模した属性触感デバイスを制作した。属性触感デバイスの外観を図 7 に示す。属性触感デバイスは、hapStak デジタル版 (Bit Trade One 社) (以下、「hapStak」とする) 5 つ、ATOM Lite5 つ、アクリル板 (300×200×2(mm))、マジックテープ、D 吊金具 2 つ、三角吊金具、養生テープで構成される。



図 7 属性触感デバイスの外観

振動子には幅広い周波数の表現が可能なバイブレータやアンプが実装されたモジュールである hapStak を用いた。hapStak を用いることにより、フォーリーで制作した各属性攻撃のフォーリーサウンドを振動として表現可能である。アクリル板に hapStak を 5 つ配置し、フォーリーサウンド

を再生することで提示できる。Wi-Fi および OSC (Open Sound Control) を使用して Unity とデータの送受信が可能である ATOM Lite により制御する。また左手に装着するため、デバイスに取り付けた 2 本のマジックテープを左手首と左手甲にそれぞれ巻き付けて固定するように設計した。図 8 に属性触感デバイス駆動システムのシステム図を示す。

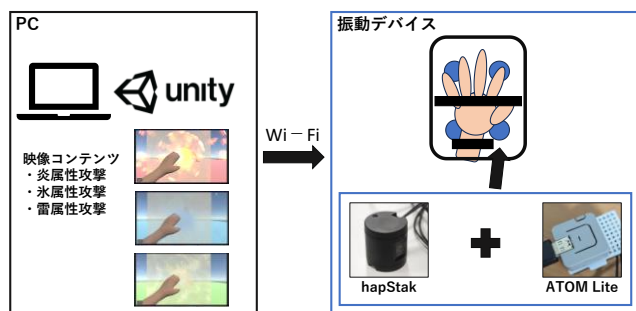


図 8 属性触感デバイス駆動システムのシステム図

4.4 フォーリーサウンドを用いた属性触感デバイスにおける触覚デザイン

属性触感デバイスでは、フォーリーによって各属性攻撃の映像に合わせて制作したフォーリーサウンドを hapStak に流すことで振動を表現する。制作した 1 つのフォーリーサウンドをすべての振動子において表現するだけでなく、5 つの hapStak のうち、任意の hapStak の振動を異なる音に変更することで各属性攻撃の表現向上を目指した。図 9 に各属性攻撃において振動に用いるフォーリーサウンドの配置を示す。

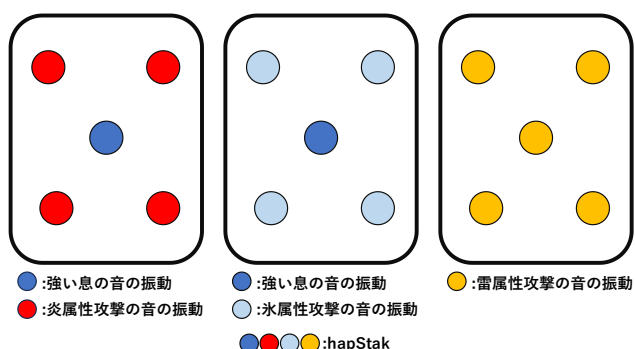


図 9 各属性攻撃において振動に用いるフォーリーサウンドの配置（左から炎攻撃、氷攻撃、雷攻撃）

炎攻撃では、属性触感デバイス中央の hapStak に著者が勢いよく息を吐いた強い息の風の音を配置した。これは、フォーリーサウンドの中で最も強く振動するように制作した音であるため配置した。また、中央以外の 4 つの hapStak には炎攻撃のフォーリーサウンドを配置した。これにより中央は強い振動を提示し、それを囲むように炎攻撃の激しい炎の振動を感じられるようにデザインした。

氷攻撃においても炎攻撃同様に、属性触感デバイス中央の hapStak に著者が勢いよく息を吐いた強い息の風の音を配置した。これは、中央に強い振動を提示することで氷の破片以外の吹雪の激しさを表現するために配置した。また、中央以外の 4 つの hapStak には氷攻撃のフォーリーサウンドを配置した。これにより、中央は強い振動を提示し、それを囲むように氷攻撃の吹雪の振動や氷の破片がプレイヤーに当たる感覚を提示できるようにデザインした。

雷攻撃では、雷攻撃のフォーリーサウンドのみを 5 つの hapStak に提示し、手掌全体に痺れる感覚を与えるデザインをした。これは、雷攻撃のフォーリーサウンドの激しい振動と細かな振動の 2 種類を提示できる特徴を活かすためである。

5. ユーザ体験

本研究で制作した炎、氷、雷の各属性攻撃の映像と各属性攻撃に合わせたフォーリーサウンド、属性触感デバイスの 3 つを使用して、体験型コンテンツを実装した。実装した体験型コンテンツは、13 名（20 代男性 12 名、20 代女性 1 名）に体験してもらった。体験者は、映像を見ながら各属性攻撃の振動を体験できる。実装したコンテンツの体験風景を図 10 に示す。本コンテンツでは、体験者に共通の放射音となるフォーリーサウンドをヘッドフォンから再生し、様々な属性攻撃の振動を体験してもらう。これは、振動による属性攻撃の効果を確かめるうえで、対応した音を聞くことで属性攻撃を認識に影響を及ぼすことを避けるためである。フォーリーサウンドより生成された各属性攻撃の振動を、他の音であってもその属性の振動として認識できれば、各属性攻撃の振動は再生される音によらず、共通で利用できると考えられる。

共通の放射音は、著者が勢いよく息を吐いた強い息の風の音と著者が「ウ」の口をした状態で優しく息を吐いたときの風の音、著者が歯を噛んだ状態で「ジー」と息を吐いた時の音の 3 種類の音を組み合わせたものである。

実際にコンテンツを体験したユーザからは、「炎攻撃や雷攻撃の振動は、映像に合わせて激しく振動していると感じた」という意見が多数得られた。しかし、氷攻撃に関しては、「振動が感じにくい」という意見やフォーリーサウンド制作時に意図した「氷の破片の振動が感じられない」という意見も得られた。



図 10 コンテンツの体験風景

6. おわりに

本研究では、映像を再生しながら、それに合わせて発生させた現実世界の音を録音して効果音を制作する手法のフォーリーに着目し、特殊な制作支援ツールの学習を必要としないビデオゲーム向けの触覚デザイン手法を提案した。また、ビデオゲームに頻出する魔法属性攻撃を対象に、フォーリーによる炎属性、氷属性、雷属性の魔法属性攻撃に対応するフォーリーサウンドを制作した。加えて、魔法属性攻撃を受けた際の触感を手掌に提示する振動提示デバイスおよび体験型コンテンツを制作した。

今後は、ユーザ体験によって得られた意見を基に、振動を改良し、評価実験を実施する。

参考文献

- [1] “Nintendo 周辺機器”. <https://www.nintendo.com/jp/hardware/switch/accessories/index.html#>, (参照 2024-12-16).
- [2] “PlayStation5 周辺機器”. <https://www.playstation.com/ja-jp/accessories/dualsense-wireless-controller/>, (参照 2024-12-16).
- [3] “フォーリーとは?”. http://codama.co.jp/foley/foley_info, (参照 2024-12-16).
- [4] 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. 2023, vol. 2023, p. 1-9.
- [5] 平井颯, 井上亮文. 体験型 VR エンタテインメントにおいて盾形属性触覚デバイスがゲーム体験に与える影響. 研究報告 コンピューティンググラフィックスとビジュアル情報学. 2021, 2021-CG-184, no. 4, p. 1-5.
- [6] 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属性触覚デバイスの開発. インタラクシオン 2021 論文集. 2021, p. 181-184.
- [7] 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属性触覚デバイス. インタラクシオン 2024 論文集. 2024, p. 903-906.
- [8] 城野玲於奈, 吉田晟捺, 渡邊海. Fighting of Shield. 第 29 回日本バーチャルリアリティ学会大会論文集. 2024.