



次元切断刀

Dimensional Cutting Sword

小野田響¹⁾, 小湊咲¹⁾, 中村一翔¹⁾, 柏木嵐¹⁾, 坂本泰清¹⁾, 藤亘輝¹⁾

Hibiki ONODA, Saki KOMINATO, Ichito NAKAMURA, Arashi KASHIWAGI, Taisei SAKAMOTO, Kouki FUJI

1) 電気通信大学 情報学専攻 (〒182-8585 東京都調布市調布ヶ丘 1-5-1, onoda@kaji-lab.jp, kominato@media.lab.ucc.ac.jp, nakamura@media.lab.ucc.ac.jp, kashiwagi@media.lab.ucc.ac.jp, sakamoto@kaji-lab.jp, fuji@kaji-lab.jp)

概要: 刀は昔から現在に至るまで人気のコンテンツであり, 最近では通常のゲームだけではなく VR ゲームにも発展し, VR 空間上で実際に刀を振ることができる. しかし, これらは刀に見立てた簡単なフィードバックを持った棒を振っているにすぎない. 近年の研究で VR ゲームの刀のリアリティを上げるには刀の重さや環境との相互作用も重要なことが分かっている. そこで我々は切られた相手を衝撃や風で表現しつつ刀の質感や重さを磁力を用いて表現した体験を考案した. これによって今までの研究とは異なる角度から刀を用いた VR 体験のリアリティを向上させることを目的とする.

キーワード: 刀, 納刀, ゲーム, VR

1. はじめに

ゲーム体験において刀は数多くの場面で登場する人気な武器種である. その人気は昔から根強く, 代表的なものとしては 1983 年に発売を開始したシミュレーションゲームである「信長の野望」が挙げられる. このゲームは全国の統一をめざすことが目的となっており, 人気ゲームである[1]. 今では刀そのものがテーマになったゲームすら存在する. 代表的なものとしては「刀剣乱舞」である. このゲームでは刀剣男子と呼ばれる刀を擬人化したものが登場し, いかにも刀そのものが人気なコンテンツか分かるゲームでもある[2]. 刀がメインテーマでないゲームであっても刀そのものが人気であることがうかがえる例もある. 例えば「モンスターハンターシリーズ」の最新作では使用武器率として刀である太刀が一位に輝いている[3].

このように純粋な刀そのものも人気だがそこに特殊な要素を加えたものも存在する. 例えば時間停止系 FPS のゲームである「SUPERHOT」は自身が動いている間しか周りの時間が進まず, その能力と刀などの武器を用いて敵を倒していくゲームである[4].

最近では VR ゲームにも刀を用いたものが徐々に増えている. 例えばリズムゲームと刀を振る動作を合わせた「ビートセイバー」は PlayStation Store 2022 年度年間ダウンロードランキングの PSVR 部門で 1 位に輝くほどの人気ゲームである[5].

このように刀のゲームや刀を用いた VR 体験は, 数多く存在するが通常のゲームはもちろん VR ゲームでさえ刀を

収める鞘に対応するもなく, PS Move のような棒状のコントローラーを刀に見立てて振っているだけで, コントローラーからのフィードバックも簡単な振動提示のみである[6]. 研究段階のものとしては棒状のものに可変式の扇子を取り付け扇子の開閉度合いを制御することでこのデバイスを動かしているときの空気抵抗を変化させ, 刀を表現するもの[7]. 手首に対して二つの小型のファンを取り付け, 刀を振った時の空気の流れを再現したもの[8]. 腰に蛇のような見た目をしたフィードバックロボットを装着し刀の斬撃の衝撃を再現したものがある[9]. また, IVRC の過去作にも「ハンドソード」や「聖剣を継ぐ者」などの刀を再現したものがある[10][11]. しかし先行研究によると剣の一種であるフェンシングを VR 空間上でリアルに体験するには武器の重さ, パリー, エッジ検出, エッジの整列度合い, 剣先の検出, 武器の柔らかさ, 剣身のトラッキング, 物理的な運動に対する反応, 予想される動きの質, 武器と環境との相互作用の計 11 要素がリアルなフェンシング体験に必要な機能として挙げられている[12]. エッジ検出, エッジの整列度合い, 剣先の検出, 物理的な運動に対する反応は純粋なトラッキングの精度に依存し, パリーや武器の柔らかさはフェンシング特有のものである. 残りの要素のうち先程まで上げていた事例では予想される動きの質, つまりどれだけリアルな刀の質感を提示するかという点に注力していた. しかし残りの要素である武器の重さと武器と環境との相互作用についてはあまり重要視されていない. そこで我々はこの二要素についても提示要素に取り入れ, よりリアルな

VR 空間上の体験を行うことができる刀の体験装置を考案した。さらにこの体験には抜刀している間時間が止まるという非現実的な要素を加えることで、先行研究よりリアルな刀の体験ができることに加えてゲームのような非現実要素を併せ持った体験を実現した。これによって今までの研究とは異なる角度から刀を用いた VR 体験のリアリティを向上させることを目的とする。

2. システム構成

2.1 概略

本企画のシステム概略、システム構成、システムの提示の流れを図 1、図 2、図 3 に示す。体験者には鞘に入った刀を腰に装着してもらい、その刀を用いて抜刀から納刀までの流れを体験してもらう。また、今回の体験では抜刀してから納刀するまでは周囲（敵の周り）の時間は止まっているという状況を作り出すことで通常とは異なる時間の進み方を体験することができる[4]。

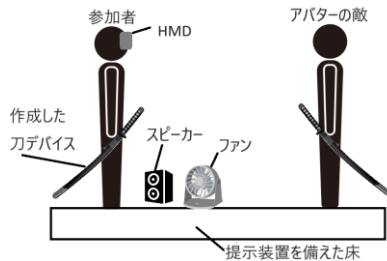


図 1: システム全体図

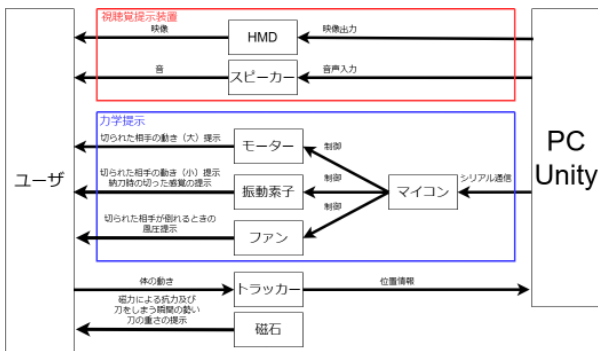


図 2: システム構成図

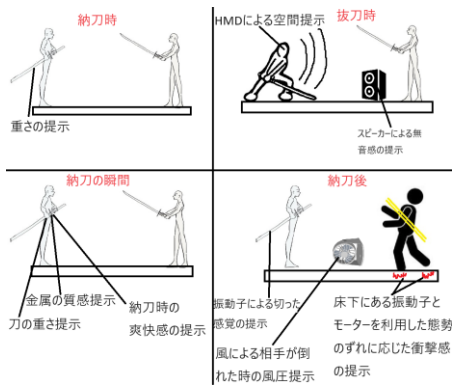


図 3: システムの提示の流れ

2.2 視聴覚提示装置

この体験では参加者に HMD を装着してもらうことで 3D 空間を構築する。敵のアバター、参加者、刀、鞘は 3D モデルツールを利用して作成し、Unity 上で実装する。トラッカーを用いて参加者に自身や刀のトラッキング映像を表示する。納刀したタイミングで敵アバターが切られたときのアニメーションを再生する。これに加えて参加者が抜刀してから納刀するまではゲームやアニメでよくあるような画面の周囲の色を少し変えるような演出をする。これによって抜刀中は、時間の進みが通常と異なっていることを示す。これを表すために聴覚の提示もあるがそれについては後述する。

次に聴覚提示に関しては、刀が納刀したときに刀と鞘に取り付けている金属同士が触れることで質感を音でも提示するため、それ以外の音はスピーカーを用いて提示する。例えば、刀を振った時の音、切られた相手の挙動（声や動き）、納刀と抜刀途中の刀と鞘がすれる音、抜刀時の無音感の提示はスピーカーを用いる。この無音感の提示というのは抜刀中、周囲が特別な空間になっていることを表すためのものである。具体的にはスピーカーのノイズキャンセリング機能を利用する。抜刀中はノイズキャンセリングを ON にすることによって周囲の音を低減し、納刀するとノイズキャンセリングを切り、元に戻るようなするというものである。ノイズキャンセリングを切るタイミングはより詳細には納刀途中に鞘と刀の磁石の抗力がかかるタイミングである。このタイミングは磁石の抗力によって参加者の刀を鞘に納める挙動が少し止まるので、それを基準にノイズキャンセリングを切ることで納刀の完了時の金属音を低減しないようにする。この金属音の低減を考慮し、今回はヘッドフォンではなくスピーカーを採用している。したがって、この音の低減がなければヘッドフォンでもよいと考えている。

この体験は設定上、納刀を行うまで周囲からのインタラクションはとても少ないため、抜刀から相手を切りつけるところの流れはシンプルな視聴覚提示によって行う。具体的には、参加者が刀を振ったタイミングに合わせて刀を振る音の提示、抜刀中の無音感の提示とその動作に対応したトラッキング映像の提示である。

2.3 納刀時の刀が鞘に納まる感覚の提示

今回のコンセプトにおいて刀の質感、納刀したときの気持ちよさを提示することは、動作が終わったことを参加者に明示するため、そして刀という特別なものを使用していることを示すためにとても重要である。今回作成した刀は図 4 のような構成になっている。納刀時の提示方法を順に説明する。

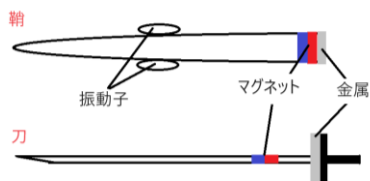


図 4: 刀の概略

まず、刀を鞘に納刀するタイミングである。鞘に入れ始めたタイミングでは何も起こらないが、鞘に完全にしまいきる少し前の段階で図 5 の鞘についている磁石と刀についている磁石の反発力で抗力が発生する、これにより誤って一気に納刀してしまうことを防ぐ。

次に参加者にはこの少し抗力がある状態から刀を押し込んでもらう。すると、一定の距離さらに刀がさやの中に入り、図 5 の下のように刀についている磁石が鞘についている磁石よりも奥に入ると、鞘に入れるのを防ぐ抗力だった磁力が、力強く納刀するための促進力へと変化する。これに加えて、図 5 の上の状態から下の状態にするためには参加者は磁力に抗いながら刀を鞘に納めていくため納刀しはじめよりも力を込める。この力と磁力による促進力が合わさることによって納刀の瞬間を素早く行うことができ、参加者の爽快感が増加する。また、この促進力に当たる力は抜刀時には位置的に抗力に変化する。この抜刀時の刀の抜きにくさによって刀を重くしなくても重さの提示が可能となる。これに加えて刀と鞘は図 5 のようにそれぞれの触れる面だけが金属になっている。したがって、納刀しきった瞬間にこの金属同士が触れ合うことで、金属特有の質感や音を、刀をすべて金属にすることなく表現することができる。これによって参加者の納刀時の爽快感が増加する。この一連の動作をマイコンなどの制御を行わず刀自らがアフォードすることで実現している。

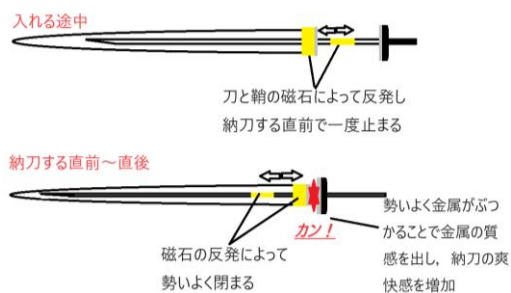


図 5: 納刀時の刀の様子

2.4 納刀後の切られた側の提示

今回のコンセプトでは、参加者が相手を切った感覚を切った動作の後に提示する。これは通常の刀で切って鞘に納める動作とは大きく異なる点であるため、これを提示することはとても重要である。今回は以下のような方法でこの感覚を提示する。概略を図 6 に、実際の挙動を図 7 に示す。今回はこれに加えて切った相手が倒れる感覚を参加者に提示することで間接的に自身が確かに相手を切ったとい

うことを提示する。

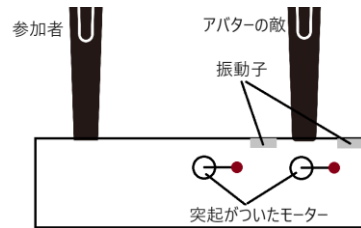


図 6: 相手が倒れることを表現する装置の概略図

まずは振動提示である。これは切られた相手が切られた後に少し動いたりするような細かな動作を参加者に伝えるために主に用いる。そして相手が倒れる様子の提示には主にモーターの機構を利用する。これは切られた相手が倒れ、地面に触れるタイミングで一瞬だけ回転させ地面の裏から地面に対して衝撃を与える。そうすることで、モーターの先についている突起物が地面の部分に触れることで切られた相手が倒れるときの衝撃感を再現する。これに加え先ほども用いた振動子も振動させることで、この衝撃感を強調する。

振動提示は納刀した後に刀の攻撃が相手に適応されるタイミングでも利用する。これは鞘に取り付けられた振動子によって行われる。参加者が納刀し終わるとコマ数秒後に相手が切られるアニメーションが再生される。このタイミングで鞘の振動子を振動させることで今自分が切ったものが適応されたということを提示する。

また、先ほど参加者が納刀した後にアバターの敵が切られるアニメーションを再生すると述べたが、これに加えこのアニメーションが始まったタイミングで図 8 のように鞘に対して振動提示を行う。これによってアニメーションと感覚提示の整合性を持たせる。



図 7: 相手の動きを表す機構の動作の様子

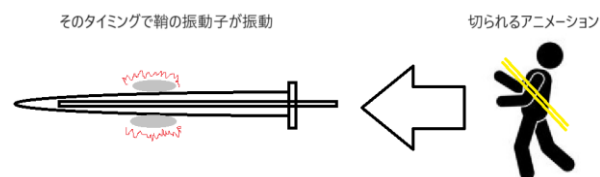


図 8: 納刀時のアニメーションと鞘の振動子の挙動

次に風圧提示である。これは切られた相手が倒れたことによって発生する風を提示するものである。用いるのは図

9のようなファンである。これは直接参加者に向けてのではなく、地面に向けて設置する。こうすることで風が自然に横方向に広がるため、相手が倒れたときに発生する風の質感をより高くして提示することができる。ファンを動かすときの音についての懸念があるがファンは地面の衝撃提示装置と同じタイミングでしか動かさないため、衝撃提示装置の音によるマスキングにより、ファンの音は気にならないと考えている。

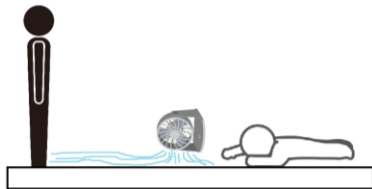


図 9: 風提示の様子

3. 体験の流れ

企画の内容をスムーズに理解するためにまず、VR空間内での体験の流れを図10に示す。

本企画では参加者は装着している刀デバイスを用いて抜刀から納刀までの一連の流れを体験してもらう。詳細な体験の流れを以下に示す。

参加者はHMDを装着しており、目の前には切るための相手が見えている。参加者にはまず刀デバイスを抜刀してもらい、HMDによって生成された敵のアバターを切ってもらい、その後納刀してもらう。この時、上記で示した様々な感覚提示が行われる。納刀後の一連の感覚提示が終わると体験が終了となる。

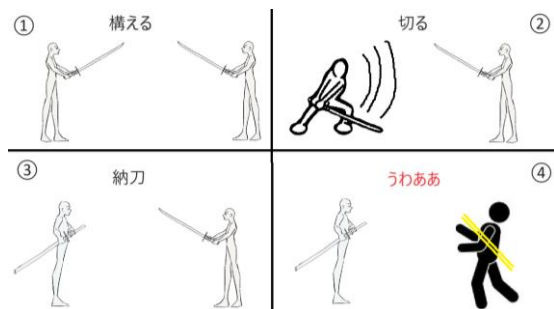


図 10: 体験の流れ

参考文献

- [1] 信長の野望シリーズ年表, <https://www.gamecity.ne.jp/nobunaga330/history.html>, (参照 2024-05-26)
- [2] 刀剣乱舞 ONLINE, https://games.dmm.com/detail/tohken?utm_content=200101&utm_source=AdWords&utm_medium=lis&utm_campaign=nml, (参照 2024-05-26)
- [3] サンプレイク】武器利用率・人気度ランキング | その他狩猟統計データまとめ【モンハンライズ】,

<https://game8.jp/mhrise/534224>, (参照 2024-05-26)

- [4] 【PS VR】自分が動くときだけ時間が進む——革新的シューター『SUPERHOT VR』本日7月21日配信開始! , <https://blog.ja.playstation.com/2017/07/21/20170721-superhot/>, (参照 2024-05-26)
- [5] 「Beat Saber」がPSVRの2022年度売上1位を獲得—今週の気になるVRゲームニュースまとめ(1月15日~1月21日), <https://www.moguravr.com/vr-game-news-pickup-23-1-3/>, (参照 2024-05-26)
- [6] 【PS VR】剣を振り回して強大な敵に立ち向かえ! 『ソード・オブ・ガルガンチュア』プレイレビュー!, <https://blog.ja.playstation.com/2020/12/21/20201221-swordsofgargantua/>, (参照 2024-05-26)
- [7] André Zenner, Antonio Krüger, Drag: on: A Virtual Reality Controller Providing Haptic Feedback Based on Drag and Weight Shift, CHI '19, 02 May 2019, https://dl.acm.org/doi/abs/10.1145/3290605.3300441?casa_token=3NFBs445JMYAAAAA:nen15m57l-eFJs00BjiKvhUVqZV3QR07eoqZC1FNvag_4FDBFOQ ErguJUFKZTX3oZClv1vcFSDCP(参照 2024-05-26)
- [8] Seungwoo Je, Hyelip Lee, Myung Jin Kim, Andrea Bianchi, Wind-blaster: a wearable propeller-based prototype that provides ungrounded force-feedback, SIGGRAPH'18, 12 August 2018, https://dl.acm.org/doi/abs/10.1145/3214907.3214915?casa_token=GIcOvcOhaysAAAAA:UfcWw8Zm6n5hLS6raw9XggC-7m5bxJ87L-AiyYk87S-EpRghtVt-HPAC4cZt9ruMXIj-XJvOELiE, (参照 2024-05-26)
- [9] Mohammed Al-Sada, Keren Jiang, Shubhankar Ranade, Mohammed Kalkattawi, Tatsuo Nakajima, HapticSnakes: multi-haptic feedback wearable robots for immersive virtual reality, SpringerLink, 30 September 2019, <https://link.springer.com/article/10.1007/s10055-019-00404-x>, (参照 2024-05-26)
- [10] ハンドソード (2022), <https://ivrc.net/archive/%E3%83%8F%E3%83%B3%E3%83%89%E3%82%BD%E3%83%BC%E3%83%89-2022/>, (参照 2024-05-26)
- [11] 聖剣を継ぐ者 (2023), <https://ivrc.net/archive/%e8%81%96%e5%89%a3%e3%82%92%e7%b6%99%e3%81%90%e8%80%852023/>, (参照 2024-05-26)
- [12] Philip Remo Stanley Pitura, SWORD FIGHTING IN VIRTUAL REALITY: WHERE ARE WE AND HOW DO WE MAKE IT REAL, March 2023, <https://instrepo-prod7.cc.uregina.ca/server/api/core/bitstreams/b5cac66d-55a6-42d4-873b-d0382a2eaebe/content>, (参照 2024-05-26)