

材質の違いを考慮した切り抜いた感覚を与える 力覚フィードバックデバイス

古堅耕太郎^{†1} 兼松祥央^{†1} 三上浩司^{†1}

概要: VR ゲームにおいて、ユーザーが腕を振ることにより映像内の剣を振り、敵を切り倒すといったアクションを行うものは多数ある。しかし、物体を切る際の抵抗はなく、多くの場合振動によるフィードバックを行っている。そこで、本研究では、対象物体の材質に応じた切断途中の抵抗の提示と、切断後の抵抗の消失をコンテンツ映像に合わせて行うことで、ユーザーに対して切り抜く感覚を与えるデバイスを開発した。材質の差異による切り抜く感覚の違いを表現するために、4つの物体を切り抜くコンテンツの実装を行った。

1. はじめに

インタラクティブコンテンツの体験の拡張として、デバイスを用いてユーザーに力覚を提示する研究がある。実際の製品でも、ユーザーの操作性の向上や、体験を広げるために、専用のデバイスを開発して利用する場合がある。例えば、ドライブゲームではステアリングコントローラー、シューティングゲームではガンコントローラーを使用するなど、特定ジャンルにおける実感を高めている例がある。

ゲームやアニメ等の主な表現の1つとして、剣や刀などにより物体を切り抜くという動作がある。ゲームにおいて物体を切る際には、一般的な触覚フィードバックとしてコントローラーを振動させるということがある。そして、VRゲームにおいてユーザーが腕を振ることにより映像内の剣を振り、敵を切り倒すといったアクションを行うものもある。しかし、VRゲームの場合でも一般的に物体を切る際のユーザーへのフィードバックはコントローラーが振動するものが多い。そのため、剣と物体は映像内では貫通し、腕に抵抗を感じることはなく、腕は空を切るといった動作になる。このような場面は剣や刀を扱うVRゲームで多くみられ、表現に合わせて体感を伴わせることは、ゲームプレイに実感を高める上で重要である。

そこで本研究では、剣や刀を振り回すようなゲームにおける切り抜き感の提示を研究の目的とした。そのため、デバイスの可動領域は、ユーザーの腕の振りに対応できる領域とする。コンテンツ映像の切断物体に合わせ、切断途中の抵抗の提示と切断後の抵抗の消失させることにより、ユーザーに切り抜く感覚を与えるデバイスを開発する。

2. 関連研究

2.1 剣を用いるアクションの力覚提示に関する研究

剣を用いるアクションの力覚を提示するものとして、Koga ら[1]は回転する錘を急停止する際の慣性力で、剛体同士がぶつかった際の衝撃力を提示するシステム Virtual

Chanbara を開発した。これにより CG キャラクターとのリアリティのあるチャンバラを実現した。しかし、Virtual Chanbara の提示する力覚は剛体同士の衝突による一瞬の衝撃力である。

そこで、本研究では切り始めから切り抜くまでの動作一連の力覚の提示を目指していく。

2.2 風力を用いた触覚提示に関する研究

Sasaki ら[2]は、全身を用いたインタラクションにおける新しい方法による空中での触覚提示を行うことを目的とし、両端にマルチローターを取り付けたロッド上のデバイス、LevioPole を開発した。このデバイスでは、各プロペラを個別に制御することで並進方向や回転方向の力を生成し、触覚を提示することが可能であるとしている。

また、Heo ら[3]は、六つのプロペラを設置された立方体と持ち手となるハンドルから構成されたデバイス Tor's Hammer を開発した。このデバイスは工学追跡システムによりデバイスの向きを認識し、6方向の風をコントロールすることで、任意の方向に力をフィードバックすることを可能としている。しかし、これらの風力を利用した力覚のフィードバックではユーザーの腕を途中で制止するといった制御ができない。

そこで、本研究では風力とは別の手法による力覚フィードバックを提案する。

2.3 物体を切る触覚提示に関する研究

物体を切る感覚提示として、岡林ら[4]は、ナイフとフォークを用いた肉を切る動作の練習システムを開発した。このシステムは肉の赤身と脂身を画像から自動的に認識し、肉の局所的な硬さを映像及び力覚提示装置から表現している。

また、斎藤ら[5]は児童に対し包丁調理を安全に教育するシステム Kitchen Knife Safety educator を開発した。このシステムはユーザーの動作に対して包丁型デバイスと食材型デバイスから触覚・視覚・聴覚のフィードバックを行うこ

^{†1} 東京工科大学

とでバーチャルに包丁調理を体験させるものとなっている。そして触覚の与える手法として包丁の刃に当たる部分を張りつめたワイヤーで設計し、圧力センサにより十分な圧力が検知された際に、ワイヤーを緩めることで食材が切れたという触覚を与えている。

しかし、これらの方法では腕を振るような大きな動作には対応できない。そこで本研究では、フィードバックがある状態からなくすことで食材を切る触覚を与えたという点を参考にし、VR アクションゲームにみられるような腕を振るような動きにも対応できるデバイスの開発を目指す。

3. 提案手法

本研究で、提案するシステムを FULCutter (Feedback of Unreal Lump Cutter) となつた。図 1 に FULCutter の構造を示す。本デバイスの構造としては、外フレーム上部と下部にプーリーを設置している。このうち、上部のプーリーにはモーターを取り付けている。そして、上部と下部に取り付けたプーリーをクローズ型のプーリーベルトで繋いでいる。また、コントローラー部分に関しては、持ち手をプーリーベルトに固定し、その持ち手に Oculus Touch コントローラーを取り付けた。

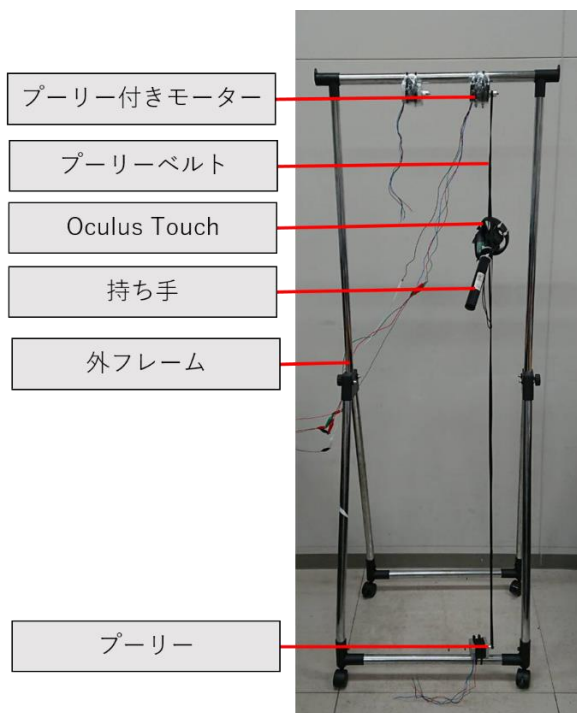


図 1 FULCutter の構造

図 2 に FULCutter の制御フローを示す。FULCutter は、Unity 上でのコライダーによる当たり判定を条件に、シリアル通信により PC から Arduino に文字列を送信し、モーターを起動させる。また、Unity 上での切り抜く対象の違いによりモーターの回転も異なるものに設定しておき、材質の違いによる異なる切り抜く感覚を与える。

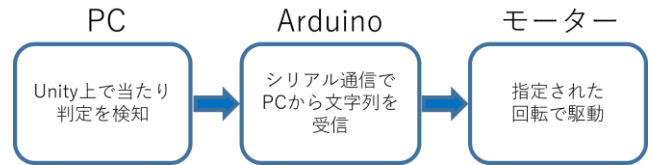


図 2 制御フロー

FULCutter を体験するためのコンテンツとして VR 内のオブジェクトを切り抜くといった動作を行うものを制作した。切る対象により異なる切る感覚を提示するために、刀で切る対象として、大根、オレンジ、骨付き肉の 3 つの食材ならびに高熱の剣で切る対象として鉄骨を実装した。図 3 に実際のプレイの様子とコンテンツ映像のイメージを重ねたものを示す。

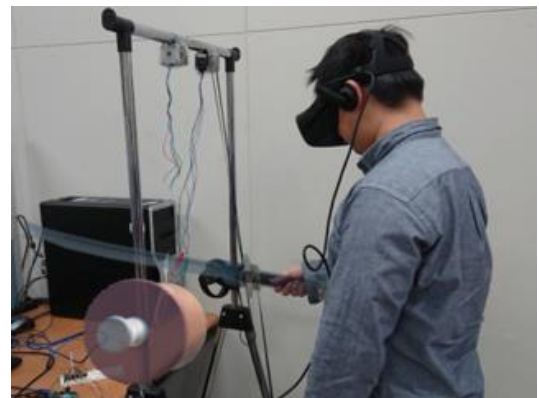


図 3 実際のプレイの様子とコンテンツイメージ

大根は、切り始めから切り終わりまで抵抗が変わることなく一定の切っている抵抗を体験させるために実装した。そのため、切り始めから切り終わりまで変化のない重さ A_1 を提示する。図 4 に刀で大根を切るプレイの様子を、図 5 にオブジェクト断面と提示する重さのイメージを示す。

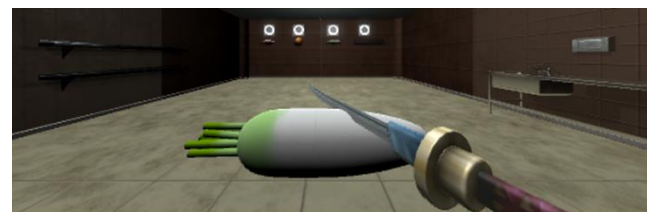


図 4 刀で大根を切るプレイ画面

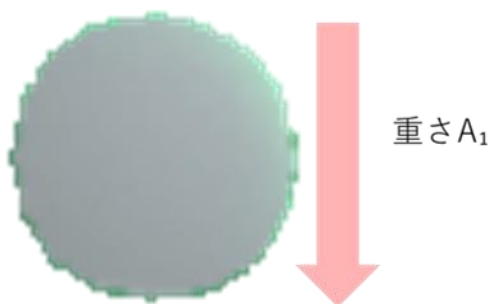


図5 大根断面と提示する重さ

オレンジは、部位により切っている抵抗の違いの体験を提示させるために実装した。そのため切り始めの皮の部位で重さ A_2 を提示し、果肉の部位で皮よりも少し軽い重さ B_2 を提示する、そして、切り終わりの皮の部位で再度切り始めの皮の部位と同様の重さ A_2 を提示する。図6に刀でオレンジを切るプレイの様子を、図7にオブジェクト断面と提示する重さのイメージを示す。

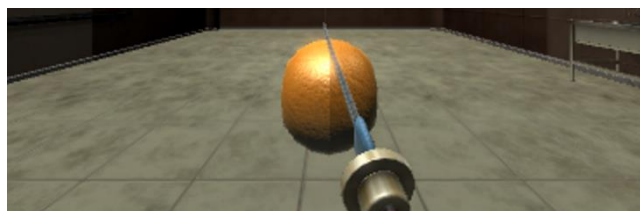


図6 刀でオレンジを切るプレイ画面

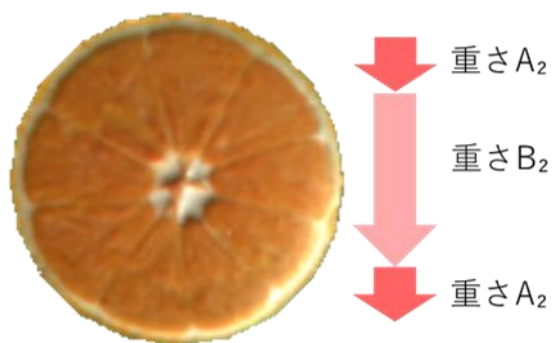


図7 オレンジ断面と提示する重さ

骨付き肉は、途中で腕を制止させ、その後、一気に切り抜ける体験を提示するために実装した。そのため、最初に A_3 と B_3 の2種類の重さの変化により肉に刀が食い込んでいく感覚を提示し、骨に達する部位で停止させる。そして2秒後に力を与えられたと判断し、骨を切断、さらに骨を切断する勢いの余力により肉の部位まで一気に切り抜く感覚の提示として骨以降の重さはなくすものとする。図8に刀で骨付き肉を切るプレイの様子を、図9にオブジェクト断面と提示する重さのイメージを示す。

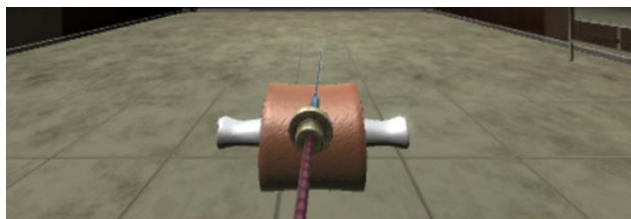


図8 刀で骨付き肉を切るプレイ画面

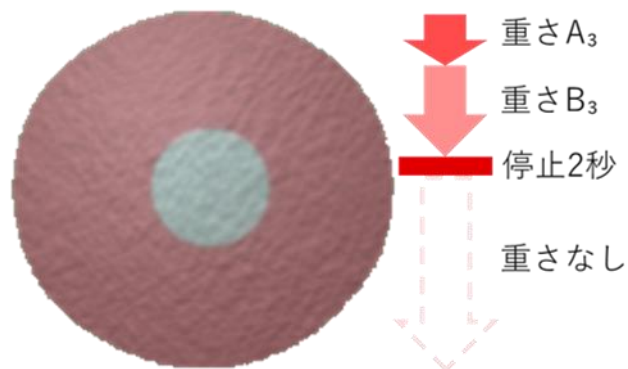


図9 骨付き肉断面と提示する重さ

高熱の剣で鉄骨を切るコンテンツは、徐々に切っている抵抗が少なくなっていく体験を提示するために実装した。そのため、切り始めから6段階で徐々に軽くなっていく重さ A_4 から F_4 を提示する。

図10にプレイ画面の様子を、図11にオブジェクト断面と提示する重さのイメージを示す。



図10 高熱の剣で鉄骨を切るプレイ画面

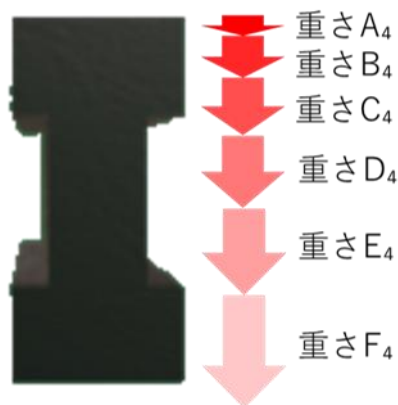


図11 鉄骨断面と提示する重さ

4. おわりに

本研究では、コンテンツ映像に合わせた対象物体の材質に応じた切断途中の抵抗の提示と、切断後の抵抗の消失により、ユーザーに対して切り抜く感覚を与えるデバイスの開発を行った。また、材質の差異による切り抜く感覚の違いを表現するために、4つの物体を切り抜くコンテンツの実装を行った。

今後の展望としては現状では縦方向の動きにしか対応できていない本デバイスを2軸制御の機構を組み合わせることで横方向にも対応可能にすることがあげられる。さらには、PCとデバイス間の通信速度の改善による、ユーザーの速い動きに対応可能にすることが考えられる。

また、ユーザーに対して評価実験を行い、提示した重さの変化が適切であったか検証したい。これらをもとにより現実に近い力覚を与えるための提示方法などを検討したい。

参考文献

- [1] Daijiro Koga, Takahiro Itagaki. Virtual Chanbara. In ACM SIGGRAPH 2002 conference abstracts and applications, Pages 83-83.
- [2] Tomoya Sasaki, Richard Sahala Hartanto, Kao-Hua Liu, Keitarou Tsuchiya, Atsushi Hiyama, Masahiko Inami. LevioPole: Mid-air Haptic Interactions using Multirotor. SIGGRAPH '18 ACM SIGGRAPH 2018 Emerging Technologies, Article No. 12.
- [3] Seongkook Heo, Christina Chung, Geehyuk Lee, Daniel Wigdor. Thor's Hammer: An Ungrounded Force Feedback Device Utilizing Propeller-Induced Propulsive Force. Proceedings of the 2018 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems Paper No.525.
- [4] 岡林 信澄, 張 英夏, 向井 信彦. 食材の特性を活かした洋食器の基本操作練習システム. 映像情報メディア学会技術報告 40.11 巻, 281-282, 2016.
- [5] 齊藤志保, 野嶋 琢也. Kitchen Knife Safety Education Supporter: 包丁調理における児童の安全教育システム, インタラクシオン 2016 論文集, 3B20, pp.845-849, 2016.