



# ハンドソード

## Hand Sword

柳萬 真伸<sup>1)</sup>, 尾崎 真由子<sup>1)</sup>, 中川 広大<sup>1)</sup>, 佐藤 翔哉<sup>1)</sup>

Masanobu RYUMAN, Mayuko OZAKI, Koudai NAKAGAWA, Shoya SATO

1) 多摩大学 経営情報学部 (〒206-0022 東京都多摩市聖ヶ丘4-1-1,  
{22011376mr, 22011077mo, 22111247kn, 22011149ss}@tama.ac.jp)

概要：手刀で物を切った際には複数の感覚を感じるだろう。本企画では、その中でも主要になると考える感覚に集中して再現することにより、誰でも手刀で物を切った体験をできるシステムを構築する。

キーワード：手刀, 切断, ハプティックデバイス

### 1. 企画目的

本企画では、VR空間で、手刀で物を切る体験ができるようになることを目的としている。

素手で物を切った感覚は快感であると考えられる。しかし、実際に行うことは不可能である。本企画では誰でも手刀で物を切る感覚を味わえるシステムを開発する。

### 2. 企画概要

手刀で物を切った際には複数の感覚を感じるだろう。本企画では、その中でも以下の点に着目した。

- ・切り始めた時の手にかかる衝撃
- ・切っている間の摩擦
- ・切った後の重さが抜ける感覚

本企画ではこれらの点を再現することにより、手刀で物を切る感覚を実現する。また、VR空間内での動作と連携することで、体験の解像度を高め、手刀で物が切れる体験を提供する。

### 3. ユーザー体験

ユーザーの基本動作は目の前のオブジェクトを切ることだけである。切断している感覚を最大限に楽しむために、あえてユーザーのその他の動作はシンプルにする。

ユーザーは、腕に専用デバイスを装着し、VRゴーグルを被る。画面内のキャラクターから投げられるオブジェ

クトに対し、手刀を振り下ろす（図1）。このとき、手刀とオブジェクトが重なるよう振ると、オブジェクトが切断され（図2）、手に物を切った感覚が加わる。

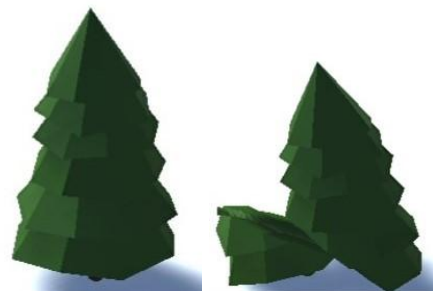


図1：切る前のオブジェクト（左） 図2：切った後のオブジェクト（右）

### 4. システム概要

本企画で提案するシステムを、図3に示す。

Oculusを使用し、VR空間を提示する。コアシステムでオブジェクトの状態を監視し、それぞれの状態に対応したシステムが作動する。デバイスの制御にはマイクロコンピュータ[1]を使用し、コアシステムとの通信は有線シリアル通信で行う。

物を切っている際の摩擦が起こっている感覚を再現するシステムを、摩擦システムと呼ぶ。また、物を切ることで感じる、重さの変化を再現するシステムをモーメントシステムと呼ぶ。

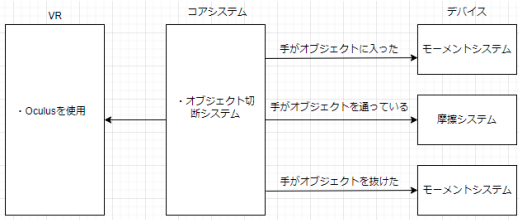


図3：Unityとデバイスの連携図

5. チャレンジ

本企画では物を切った際に発生すると想定する感覚の再現に挑戦する。

切っている最中は、手に摩擦が起こっているような感覚を感じるだろう。そこで、モーターで手の両面にブラシをスライドさせることにより、これを再現した。

また、切り始めや切っている際は手に重い感覚が感じられ、逆に、切り終えた後は重さから解放されたような感覚を感じるだろう。そこで、肘を中心とした肘から先のモーメントを変えることにより、手の重さの感覚を変えることに挑戦した。

6. システム詳細

本企画で使用するシステムの詳細を述べる。

6.1 摩擦システム

このシステムでは、切っている際の、手に摩擦が起こっている感覚を再現する。手の両面に布をつけ、オブジェクトを切っている間、モーターで布をスライドさせることで、これを再現する。現在、プロトタイプが完成しており、摩擦感を与えることができることを確認済みである（図4）。

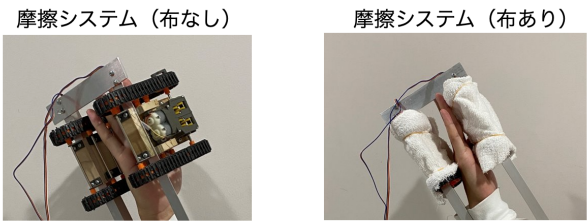


図4：摩擦システム

6.2 モーメントシステム

モーメントを変える機構について、2つのアイデアを検討した（表1）。

一つ目は、重りのスライドシステムである。重りを手の動作に合わせて肘に対してスライドさせることによりモーメントを減少させる（図5案1）。この案について、実際に実験装置を作成して実験を行った。

二つ目は、折りたたみシステムである。手に固定した棒を折り畳むことによりモーメントを減少させる。折りたたみ初めは腕と同じ方向に棒が移動し、腕に切っ

る方向とは逆方向に力が働くため、切り始めの重い感覚を実現できると考えた。反対に、折りたたみの後半は腕を降っている方向と逆方向に棒が移動し、腕が動いている方向に力が働き、切り終わりの重みが抜けた感覚を実現できると考える。（図5案2）

今回は、実現可能性を重視して、折りたたみシステムを採用した。

表1：実装案の比較

	ぶつかった衝撃	重さが抜ける感覚
案1	×	○
案2	○	○

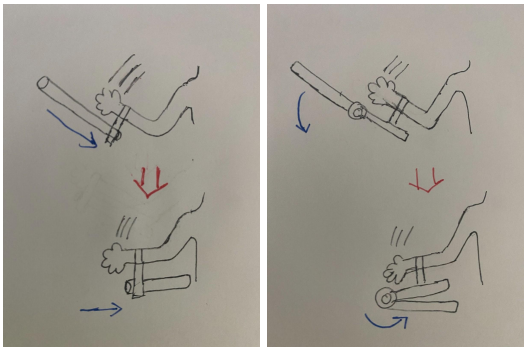


図5：モーメントシステム案1（左） 案2（右）

6.3 オブジェクト切断システム

まず、与えられたオブジェクトメッシュに対して、切断面の下半分だけを残すメソッドを作成した（図6）。手法を以下に示す。

- ・切断面を横切る三角メッシュ：変形と頂点の再構成を行う。
- ・切断面の上にある三角メッシュ：削除する
- ・切断面の下にある三角メッシュ：そのまま残す

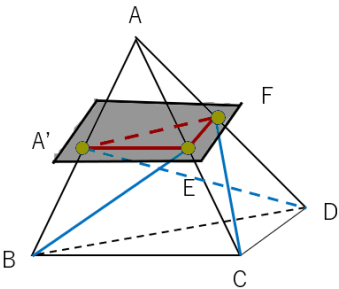


図6：切断例

切断面を横切る三角メッシュのうち、切断面の下の頂点の数が1のものと2のものとで、異なる処理を行った。

## 1) 切断面の下の頂点数が1 (図7)

切断面の upper の2頂点と下の頂点とを結ぶ2本の辺と、平面との交点を求め、三角メッシュを再構成する。

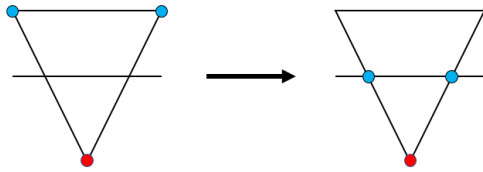


図7：平面の下に1個頂点がある場合の処理

## 2) 切断面の下の頂点数が2 (図8)

切断面の upper の1頂点と下の2頂点を結ぶ2本の辺と、平面との交点を求めた上で、下側2頂点と生成された2頂点とで2つの三角メッシュを構成する。

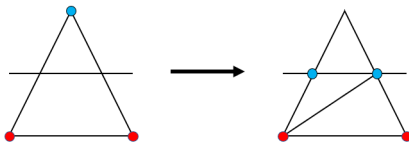


図8：平面の下に2個頂点がある場合の処理

これらの処理を行うとき、生成される頂点が重複しないように配慮した。切断する辺の両端の頂点インデックスを記録し、再び同じ辺を切断する場合には、すでに生成された点を使用する。

次に、このメソッドを、「切断対象のオブジェクトと切断面」「コピーしたオブジェクトと裏返した切断面」のそれぞれについて実行した。面の両側のオブジェクトが別々に残ることで、切断を実現した。

その後、辺を切断して生成された点から、切り口のメッシュを構成した。

このアルゴリズムを適用した結果を図9に示す。

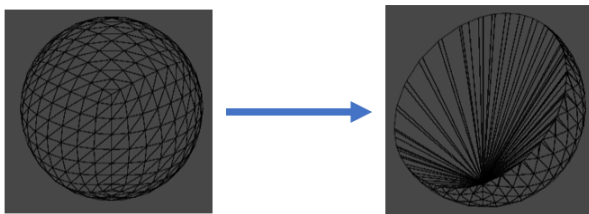


図9：アルゴリズムの使用結果

## 7. オリジナリティ

画面上のオブジェクトを自分の手で切断するというコンセプトの既存作品を調査した。

Halfbrick社が2011年に発表した”Fruit Ninja Kinect”[2]は、Microsoft社が発売したKinect用のゲームである。体験者は、画面外から飛んでくる果物を切断する。Kinectを用いることで画面上に自分のシルエットを投影し、腕を振ることで果物が切断できるというものである。

このシステムでは、視覚的に素手でオブジェクトを切る体験はできるが、物を切った際の手に加わる感覚は体験することができない。

また、IVRCでは2015年に、北海道大学の「チョップの達人」[3]が出展されている。こちらはデバイスを装着した腕を振り下ろした際に、ソレノイドコイルを利用してブレーキをかけることで、現実の物体にチョップしたような感覚を体験できる装置である。実際にこれを体験したMoguLiveのライターであるサヤメタクミ氏によれば、チョップした際の強さによって破壊されるオブジェクトの様子も変わるとのことである。[4]

この作品ではオブジェクトに当たった時の感覚は体験できるが、オブジェクトを切っている時の摩擦の感覚や感じる重さの変化は体験することができない。

我々の作品は、物体を切断する際に感じる摩擦の感覚や、物体を切断することにより感じる重さの変化を再現している点に独自性があると考ええる。

## 8. 実現可能性

実際に実験装置を作成することにより、切った後の手刀が抜けた感じが再現できることを確認した。作成した実験装置を図10に示す。支えとなっているレバーを回転させ外すことにより、バネで引っ張られている棒が下に落ち、モーメントが小さくなる(図11)。

チームメンバーの間では、この装置を用いた実験の結果、切り終わりの抜けた感覚を再現できていると感じた。

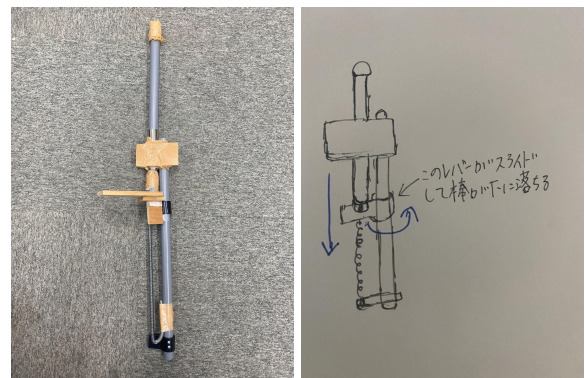


図10：実験装置 図11：実験装置の仕組み

現在、摩擦システムとモーメントシステムを導入したデバイスを作成済みである。(図12)

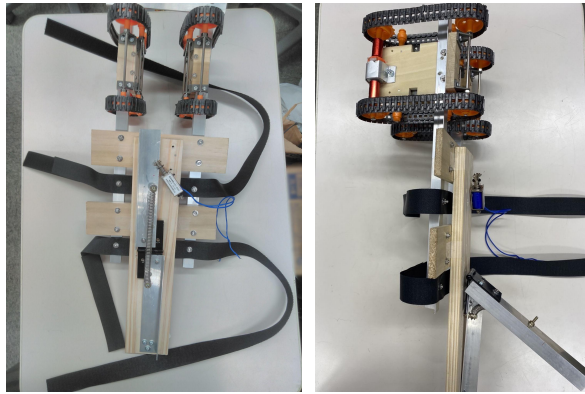


図 1 2 : デバイス

モーメントシステムは、折りたたみ方式を採用した。2枚の金属の板を丁番で接続し、引きバネでそれぞれの板を折りたたむ。180度に開いた状態でソレノイドを用いて固定し、適切なタイミングで解放を行う。(図 1 3)



図 1 3 : 引きバネとソレノイド

摩擦システムは、2つのユニットで手を挟みこむ構造である。両軸モーター1基で1対の無限軌道に動力を伝える。(図 1 4)

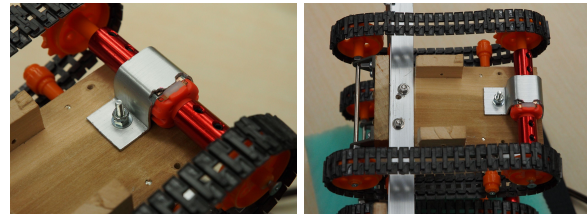


図 1 4 : 摩擦システム

#### 参考文献

1. ESPr Developer  
<https://www.switch-science.com/catalog/2346/>(スイッチサイエンス)
2. Halfbrick社「Fruit Ninja Kinect」Xbox Games ストア (2011)  
<https://marketplace.xbox.com/ja-JP/Product/Fruit-Ninja-Kinect/66acd000-77fe-1000-9115-d80258410b79>
3. 北海道大学 アイエエエエ！ナンデチョップ！？「チョップの達人」IVRC2015 (2015)  
<http://ivrc.net/archive/チョップの達人2015/>
4. サヤマタクミ「凧飛び、羽ばたき、味覚。学生VRコンテスト「IVRC」で体験した驚きのアイデア(前編)」MoguLive (2015)  
<https://www.moguravr.com/ivrc2015-zenpen/>