

# 現実身体と視覚的対応をもつ仮想身体による ガラス破壊コンテンツの制作

工藤 達郎  
久留米工業大学 情報ネットワーク工学科  
kudo@kurume-it.ac.jp

キーワード: メディアアート, 仮想現実(VR), 複合現実感(MR)

## 1 制作の背景

“ガラスをぶち破る”シーンは映画やゲーム、ミュージックPVなどでしばしばみられる(図1 \*1\*2\*3)。これは、衝突物(身体)からガラスへの力の作用によって生まれる複雑な破片の生成や飛び散り、ガラスの光学的特性による背景の透過・屈折などの視覚効果とともに、観る者に破壊のインパクトを与える魅力的なシーンである。



図1.ガラスをぶち破るシーン

しかしながら、ガラスを破壊する行為は安全性や経済的に敷居が高く、基本的に俳優やゲームキャラクターといった画面の向こう側の存在が行うものである。従って一般ユーザが自らの身体によってガラスを破壊するコンテンツはこれまで存在しなかった。

一方、Kinect に代表される形状入力装置の出現により、装置の前方に存在する物体の色や形状を容易に取得することが可能となった。取得される形状情報は、一定の解像度を持つ距離画像をベースとしており、画像内部の人物領域のみを抽出することで、その場での現実の人の姿を仮想空間上で再現することができる。

## 2 制作の目的



図2.制作コンテンツの概念図

本研究では、仮想空間上にガラスの壁と人の身体を再現し、さらに仮想身体からガラスへの力の作用と破壊をシミュレートする“ガラスぶち破り VR コンテンツ”の制作を行った。これは実空間の身体と視覚的対応をもち、かつ仮想物体への力学的影響が可能な仮想身体を構築するものであり、ユーザ主体の新たな体験を提供することが目的である(図2)。

## 3 作品の要件

より現実的な視覚効果を提供するため、仮想空間内の表現に以下5つの要件項目を設定した。

- 1) 現実身体と視覚的対応をもつ仮想身体の再現
- 2) 衝突点を基準としたガラスの割れ形状生成
- 3) ガラス片の物理的動作の再現
- 4) ガラスの透過・屈折の再現
- 5) 上記が全てリアルタイム処理であること

## 4 制作の手法及び実装

### 4-1. 制作環境

制作に用いたハード・ソフトウェア環境を表1に示す。

表1.制作環境

名称	用途
PC (OS:windows 10)	
Kinect v2	ユーザ身体形状・色情報の取得
Visual Studio C++ 2015	プログラミングのベース環境
OpenGL	仮想空間のリアルタイム描画
GLSL	陰影、影、透過、屈折計算と描画
Bullet Physics	物体の物理動作シミュレーション

以下、3章 作品の要件 1)~4) に対応した制作の手法及び実装に関して記述する。

### 4-2. 現実身体と視覚的対応をもつ仮想身体の再現

#### ・仮想身体の視覚的再現

Kinect から受け取られる距離画像内の人物領域を抽出し、その各ピクセルを3次元のポイントクラウド(点群)として描画することで再現を行った(図3)。以下、ユーザの身体形状及び色を表すこの複数の3次元点データのことを、仮想身体点群と記述する。

#### ・仮想身体のオブジェクト化

視覚的な情報しか持たない仮想身体点群を、物理的に扱えるようにするため、仮想身体のオブジェクト化を行った。

Kinect からの距離画像を 20 ピクセルごとに抽出し、そのピクセルが示す 3 次元位置に半径 15cm の球体を配置した。結果的に仮想身体を覆うように球形の物理オブジェクトが配置され、この球体がガラス片へと衝突する。

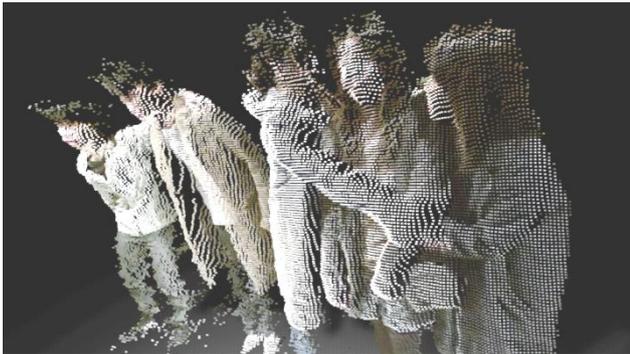


図 3.仮想身体点群の描画

#### 4-3. 衝突点を基準としたガラスの割れ形状生成

##### ・衝突位置の検出

仮想身体点群の各点で、前フレーム位置  $P_1$  と現フレーム位置  $P_2$  を結ぶ直線  $P_1P_2$  を定義し、ガラス面との交差判定を行う。ガラス面上の交差点を衝突点  $P_c$  として割れ形状生成プロセスへと受け渡す。

##### ・割れ形状の生成

ガラスはその特性によって様々な割れ形状を見せるが、本制作では蜘蛛の巣状の割れ形状をモチーフとし、その視覚的特徴を以下 2 つ法則で単純化した(図 4 左)。

- ①  $P_c$  を中心に、角度  $\theta$  ごとに放射状の亀裂が発生する
- ②  $P_c$  を中心とする同心円状の亀裂が複数層発生する。  
同心円は  $P_c$  に近いほど密に発生し、 $n$  個目の円の半径  $R_n$  は下記式 1 で表される。

$$R_n = R_{n-1} + K(R_{n-1} - R_{n-2}) \quad (K > 1.0) \quad \text{—式 1}$$

さらに自然現象の持つぶれを再現するため、①②の亀裂の交点計算時にランダムな値を加算した。

図 4 右は、 $\theta = 9.0$ ,  $K = 1.2$  として生成された割れ形状の出力画像である。

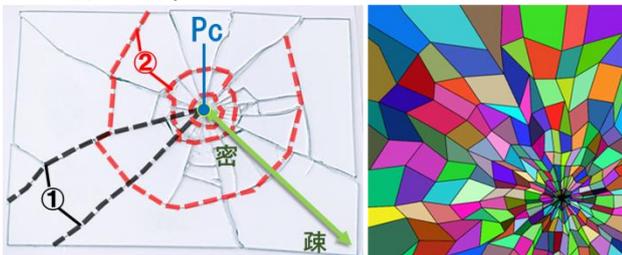


図 4.蜘蛛の巣状のガラスの割れ (左) と出力例 (右)

#### 4-4. ガラス片の物理的動作の再現

仮想身体を覆う球体から各ガラス片への衝突や、ガラス片同士の衝突による物理的な動きの計算には、Bullet Physics ライブラリを用いた。

#### 4-5. ガラスの透過・屈折の再現

半透明なガラスを含む仮想空間の描画は、視点から見て奥のレイヤーから順番に描いていく Everitt の手法\*4 をベースに、ガラスの屈折計算を加えた。具体的には、ガラス表面のピクセルを描画する際に、光がガラス内部から空気中へ到達する点  $P_{GA}$  を式 2 によって求め、これをテクスチ

ャ座標系へと変換することで背景レイヤーのサンプリング位置を求める。式中の  $pos$  はピクセル位置、 $rn$  は屈折ベクトル、 $D$  はガラスの幅、 $n$  は法線ベクトルを示す。

$$P_{GA} = pos + rn \times D / \text{dot}(-n, rn) \quad \text{—式 2}$$

## 5 結果

以上により、現実と視覚的な対応を持つ仮想身体によるガラス破壊コンテンツ『The Simple Formula』が完成した。そのリアルタイムな出力結果を以下に示す。



図 5.出力画像 1、ガラスの透過・屈折の再現



図 6.出力画像 2、ガラスへの力学的影響の再現

## 6 考察

本制作では、ガラスの表面形状に応じた複雑な屈折現象が再現でき(図 5)、仮想身体からの力の作用によるガラスの破壊とガラス片の飛び散りを再現できた(図 6)。仮想身体は見た目の粗さが問題であるが、Kinect の距離画像に依存するため改良が難しい。本作品は、仮想空間で起こる物理現象に対して、実空間の人物を巻き込みリアルタイムに影響させるものであり、今後取り扱う現象や影響の種類の変更により多様な応用と発展の可能性があると考える。

## 謝辞

本研究で制作した『The Simple Formula』は 2016 Asia Digital Art Award FUKUOKA にてインタラクティブアート部門大賞/総務大臣賞を受賞しました。大変名誉ある賞を頂き、感謝いたします。

## 参考文献

- [1] “Mission: Impossible - Ghost Protocol”, film, 2011.
- [2] Mediocre AB, “Smash Hit”, iPhone App, 2014.
- [3] 椎名林檎, “本能”, Music PV, 1999.
- [4] Cass Everitt, “Interactive Order-Independent Transparency”, NVIDIA Proprietary, 2001.

\*\*本作品動画 URL\*\* <https://youtu.be/ibDWSst33yVI>