

## シルエットを保持するポリゴンリダクション

3K-2

宇都木契<sup>†</sup>, 紅山史子<sup>†</sup>, 皆川剛<sup>†</sup>, 守屋俊夫<sup>†‡</sup>, 武田晴夫<sup>†‡</sup><sup>†</sup>(株) 日立製作所 システム開発研究所<sup>‡</sup>通信・放送機構 奈良リサーチセンター

## 1 はじめに

シルエットの外形を維持したポリゴンリダクションについては多くの研究が行なわれている [1][2][3]. この技法は動画とリアルタイム CG の合成や, 精度の違う CG の合成 また, ノンフォトリアリスティックレンダリングなどにおいて広い応用範囲がある. 多くの手法では, 木構造で保持されたポリゴンモデルから, 動的にシルエット対象領域の検索を行なう [1][3]. しかし, 木構造はパイプラインに乗せにくいと, 昨今のジオメトリエンジンはこの表現構造には最適化されていない. そのため表示要素の情報を検索した結果をリスト状に再構築してから, あらためてハードウェアでレンダリングを行なう.

本手法では, 視点の移動可能な領域を分割してその領域毎にポリゴン削減されたオブジェクトを静的に作成する. この時, 各領域内部ではシルエット形状が維持されることが保証される. これにより, 検索を動的に行なう必要がなくなるため, ジオメトリエンジンでのレンダリングに適応した実装が可能となる.

## 2 凸包視点領域内におけるシルエット保持

## 2.1 エッジ抽出の技法

視点の位置がある 3 次元凸包内部の空間領域  $E$  に存在するものとする. オブジェクトは三角形メッシュ  $M$  として与えられている.  $M$  の要素である各三角形ポリゴン  $m \in M$  は表面 (front) と裏面 (back) を持ち, オブジェクトの外側に表面 (front) が向いている. このとき, ある視点位置  $e \in E$  に対して, ポリゴン  $m$  の表面と視点位置の関係に基づき, ポリゴンを分類する.

- $FF(e) \triangleq \{m \mid e \text{ に対して front-facing}\}$
- $BF(e) \triangleq \{m \mid e \text{ に対して back-facing}\}$
- $SF(e) \triangleq \{m \mid e \text{ が } m \text{ と同一平面上に存在する}\}$

## A Polygon Reduction maintaining Silhouettes

Kei UTSUGI<sup>†</sup>, Fumiko BENIYAMA<sup>†</sup>, Tsuyoshi MINAKAWA<sup>†</sup>, Toshio MORIYA<sup>†‡</sup>, Haruo TAKEDA<sup>†‡</sup><sup>†</sup>Hitachi, Ltd. Systems Development Laboratory

1099 Ohzenji, Asao, Kawasaki, 215-0013 Japan

<sup>‡</sup>Telecommunications Advancement Organization of Japan

Nara Research Center 8916-19 Takayama, Ikoma, 630-0101 Japan

{utsugi,beni,mint,moriya,takeda}@sdl.hitachi.co.jp

ある視点に対して front-facing のポリゴンと back-facing のポリゴンが隣接しているとき, このポリゴン間にはさまれる辺は, その視点に対するシルエットの境界線 (silhouette edge) となる. このような境界線の抽出方法は, リアルタイムでのノンフォトリアリスティックレンダリングの輪郭抽出によく用いられる [4].

## 2.2 視点領域によるメッシュの分解

オブジェクトを表現するメッシュ  $M$  を構成する要素である三角形ポリゴンを, 視点  $e$  の存在する領域  $E$  に対して図 1 のように 3 種類に分類する.

- 視点領域の凸包  $E$  において, 常に front-facing であるポリゴンの集合を Front Mesh (FM) と呼ぶ.

$$m \in FM(E) \Leftrightarrow \forall e \in E, m \in FF(e) \quad (1)$$

- 視点領域の凸包  $E$  において, 常に back-facing であるポリゴンの集合を Back Mesh (BM) と呼ぶ.

$$m \in BM(E) \Leftrightarrow \forall e \in E, m \in BF(e) \quad (2)$$

- 上記に含まれないポリゴンの集合を Silhouette Mesh (SM) と呼ぶ. この場合 front-facing である視点位置と back-facing である視点位置が共に存在するか,  $m \in SF(e)$  となる視点位置  $e \in E$  が存在する.

$$m \in SM(E) \Leftrightarrow m \in (M \setminus (FM(E) \cup BM(E))) \quad (3)$$

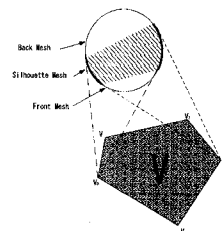


図 1: Silhouette Mesh

このように定義すると次に示す性質が成立する.

1. Silhouette Mesh に含まれる三角形ポリゴンを持つ辺は, 凸包  $E$  の内部のある視点において, Silhouette edge となる. このことは,  $E$  内部のある視点位置  $e$  が,

上記の三角形ポリゴンと同一平面状に乗ることから明らかである。

2. 逆に、凸包  $E$  内部のある視点位置において Silhouette edge になる辺は、Silhouette Mesh に分類された三角形ポリゴンの一辺であるか、FM( $E$ ) と BM( $E$ ) の共有辺である。後者の場合、凸包  $E$  の全ての範囲において、Silhouette edge となっている。

### 2.3 メッシュ分類の判定手法

ある2つの視点位置  $e_a \in E, e_b \in E$  のいずれに対しても、あるポリゴン  $m$  が front-facing である場合には、 $e_a, e_b$  の任意の内分点に対してポリゴン  $m$  は front-facing である。

一方、2つの視点位置  $e_a \in E, e_b \in E$  に対して、あるポリゴン  $m$  が front-facing と back-facing である場合には、 $e_a, e_b$  の内分点の中に視点  $e$  が三角形ポリゴン  $m$  の存在する平面上に乗る点  $e$  が存在する。

視点領域は凸包であるため、 $E$  内のすべての空間は、凸包の頂点の内分としてあらわすことができる。すなわち、あるポリゴンが FM( $E$ ), BM( $E$ ), SM( $E$ ) のいずれに属するかは  $E$  の頂点  $e_1 \dots e_n$  のみで判定することができる。

### 2.4 静的リダクション

オブジェクトモデルに対して、各視点領域  $E_{00} \dots E_i$  毎に以下の操作を行ない、対応する簡易ポリゴンモデル  $Object_{00} \dots$  を作成する (図2)。

1.  $E_i$  に対するオブジェクトの SilhouetteMesh 部分にはポリゴンリダクションを行なわない。
2. 一方、FrontMesh に対してはポリゴンリダクションを行なう。ただし FrontMesh の境界部分に変更しない。また、BackMesh を破棄する。
3. このメッシュを再び合成すると、領域  $E_i$  でのシルエット情報を失わないでポリゴンを削減したモデルができる。

これらのモデルを視点領域ごとに切り替えて表示する。この時に、OpenGL の glArrayElementEXT 関数や Direct3D の DrawIndexedPrimitive 関数を用いることで、各モデルにおけるポリゴン情報は共有することができる。

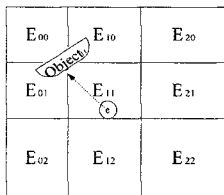


図2: 視点位置の領域分割

## 3 実施例: 動画とCGの合成

我々はPCベースで作成されたバーチャルリアリティシステムのアプリケーションとして、実写とCGを融合したコンテンツを作成している [5][6][7]。この一環として、リアルタイムに動作するCGオブジェクトと、カメラから得られる映像を合成して表示するシステムを現在開発中である。このシステムでは、撮影された人物のみを高解像度で表示した映像と、CG世界の映像をスクリーン上でリアルタイムに合成する (図3)。このとき、高解像度での映像表示処理は重いタスクとなる。そのため人物の前に置かれるオブジェクト形状の切抜きには、シルエット形状をできるだけ軽い処理で作成するシステムが必要となり、本ポリゴンリダクションを応用した実装を開発中である。このような実写とCGのリアルタイム合成には、Augmented Reality などの応用範囲が挙げられる。

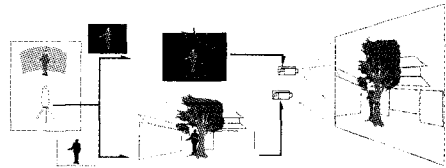


図3: シルエット領域の切抜きによる合成

## 4 まとめ

ある視点領域内でのシルエット形状を完全に維持したまま、ポリゴンリダクションする手法を示した。この手法は現在のジオメトリエンジンの性能を生かして画面を作成するように考慮されたものである。この手法の応用例の開発を行なうことが今後の課題である。

## 参考文献

- [1] P. V. Sander, X. Gu, S. J. Gortler, H. Hoppe, and J. Snyder, Silhouette Clipping, Proc. SIGGRAPH2000, pp.327-334
- [2] H. Hoppe, View-Dependent Refinement of Progressive Meshes, Proc. SIGGRAPH97, pp. 189-198
- [3] D. Luebke, C. Erikson, View-Dependent Simplification of Arbitrary Polygonal Environment, Proc. SIGGRAPH97, pp.199-208
- [4] L. Markosian et.al., Real-Time Nonphotorealistic Rendering, Proc. SIGGRAPH97, pp.415-419
- [5] 守屋俊夫 他, 射影モデルの適応的解釈による高臨場感ディスプレイへの映像表示, 第63回情報処理学会全国大会, 2001
- [6] 皆川剛 他, 魚眼画像におけるモーフィング変換方式の検討, 第63回情報処理学会全国大会, 2001
- [7] 紅山史子 他, マルチスクリーン映像における実写/CG遷移, 第63回情報処理学会全国大会, 2001