

# 視体積交差のためのシルエット分割

## Dividing Silhouettes for Volume Intersection

坂本 さやか†

東海林 健二‡

外山 史‡

Sayaka Sakamoto

Kenji Shoji

Fubito Toyama

### 1. はじめに

本研究では多視点シルエット画像から視体積交差法を用いて高速に3次元形状を復元することを目指す。視体積作成法には平面間透視投影を用いる[1]。この平面間透視投影とは、まずシルエット画像を座標軸に垂直な基準面に逆投影し、その逆投影した画像を拡大縮小平行移動しながら視体積を作成していく手法である。この手法を用いると、2次元の拡大縮小と平行移動のみで視体積を作成することができ、計算が単純化し高速化できるという利点がある。

視体積交差法で復元可能な3次元空間はすべてのカメラの視野錐体の共通部分であるため、各カメラはその視野内に復元対象とする3次元空間が完全に含まれるように設置しなければならない。室内の隅や天井にカメラを設置する場合、画角の広いカメラを用いると、狭い室内でも大きな復元対象3次元空間を得ることができるという利点がある。

しかし、画角の広いカメラと平面間透視投影を組み合わせると、カメラの位置、姿勢によっては基準面に逆投影したシルエットが遠くまで伸び、視体積の計算コストが増えるという問題点がある。本研究では、この平面間透視投影の問題点について撮影物体のシルエットを分割し、分割した部分ごとに平面間透視投影を用いて視体積を作成するという方法を提案する。

### 2. 3次元形状の復元

#### 2.1 視体積交差法

3次元形状復元方法として視体積交差法を用いる。視体積交差法とは、図1に示すように、同時刻に撮影した複数枚のシルエットを用いて、視点を頂点としてシルエットを3次元空間に逆投影し、シルエットが断面となるような錐体を作り、その共通部分を求めることによって3次元形状を復元する方法である。

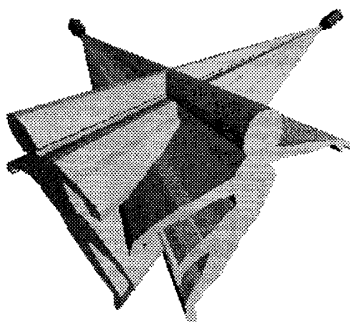


図1 視体積交差法の概念図

† 宇都宮大学大学院工学院研究科情報工学専攻

‡ 宇都宮大学工学部情報工学科

#### 2.2 平面間透視投影による視体積作成

平面間透視投影について説明する。図2のようにシルエット画像を3次元空間中の1つの基準面(座標軸に垂直な面)に逆投影し、この基準面上のシルエット画像の拡大縮小と平行移動を行い、錐体を作成していく手法である。

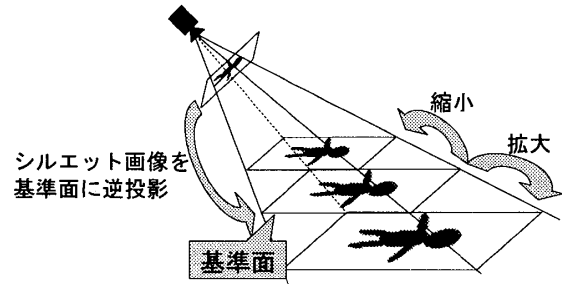
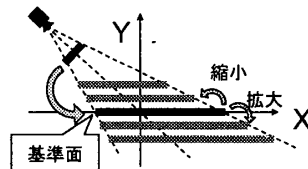


図2 平面間透視投影

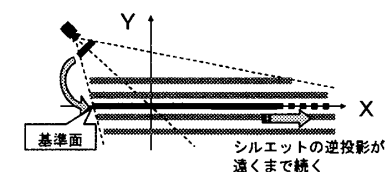
### 3. 平面間透視投影の問題点

#### 3.1 問題点と解決策

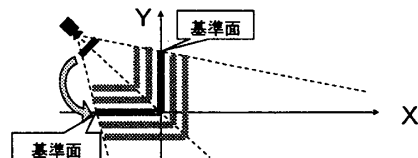
画角が標準的なレンズで撮影して平面間透視投影を行う場合は、図3(a)のように特に問題点はない。しかし、画角が広い広角レンズを用いると図3(b)のように基準面に逆投影されたシルエットのサイズが巨大になる場合があり、多くのメモリと計算時間を要することになる。この問題の解決策として、図3(c)のようにシルエットを分割して複数の基準面に逆投影する手法を提案する。



(a) 標準レンズの場合



(b) 広角レンズの場合



(c) シルエット画像を分割して複数の基準面に逆投影する場合(提案方式)

図3 平面間透視投影の問題点と提案方式

### 3.2 分割方法

x 軸、y 軸、z 軸に垂直な3つの面を基準面とし、それぞれ、Base-x, Base-y, Base-z とする。シルエット画像中の画素毎に、レンズ中心からその画素に向かうベクトルを  $(b.x, b.y, b.z)$  とすると、その画素を逆投影する基準面を次のようにして選択する。

$|b.x| \geq |b.y|$  かつ  $|b.x| \geq |b.z|$  の場合、Base-x

$|b.y| > |b.x|$  かつ  $|b.y| \geq |b.z|$  の場合、Base-y

$|b.z| \geq |b.x|$  かつ  $|b.z| \geq |b.y|$  の場合、Base-z

図4に逆投影すべき基準面で分割したシルエット画像の例を示す。



図4 シルエット分割の例

## 4. 実験

視体積交差は、シルエット画像、錐体およびそれらの交差結果である3次元形状をラン形式で表して行う方法を用いた。

### 4.1 VRML モデルを用いたシミュレーション

x 軸上、y 軸上、z 軸上に、半径 0.1、高さ 2.4 の3本の円柱を中心が原点になるように置き、これを、原点から距離 1.73 だけ離れ、原点を向いたカメラで撮影する。カメラの位置姿勢を半径 1.73 の球面上の緯度と経度で表す。すなわち、地軸を y 軸とし、z 軸上で経度および緯度を 0 度とする。撮影画像は 600 画素×600 画素の正方形とする。

実験では、撮影画像の1辺に対応する画角が 45 度、70 度、80 度、90 度の4種類について、カメラの緯度は 35.3 度に固定し、経度  $\theta$  を 0~90 度で変化させ、その位置で撮影したシルエット1枚から錐体を作成する時間を計測した。

シルエットを分割する提案手法と分割しない場合について、画角が 70 度と 90 度での結果を図5に示す。

画角 90 度のグラフで、不連続になっている部分は、1分以内に計算が終了しなかったことを示している。画角が 70~90 度の範囲で、シルエットを分割しない場合、経度 45 度付近で、錐体作成に長時間を要している。一方、提案手法では、経度 45 度付近でも、錐体作成時間の変動は少ない。画角 45 度では、両手法とも大きな違いはなかった。

以上より、シルエットを分割し逆投影する基準面を複数設ける提案手法は、経度 45 度付近のカメラに対して有効であることがわかる。

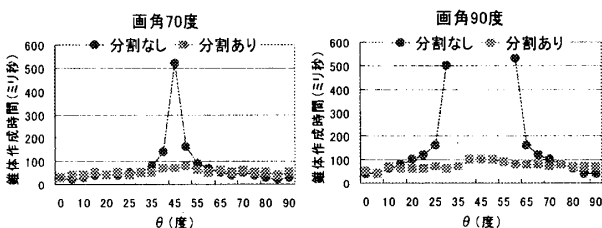


図5 錐体作成時間

### 4.2 実際の物体を用いた視体積交差

画像の短辺に対応する画角が 67 度の広角レンズを使用して、ターンテーブル上に置いた物体を、ターンテーブルを 90 度ずつ回して4方向から撮影し、視体積交差を行った。視体積交差において、カメラの初期経度  $\theta$  を 0~90 度の範囲で変化させ、シルエットを分割する提案手法と分割しない場合について、視体積交差に要する計算時間を計測した。その結果を図6に示す。また、カメラの初期経度  $\theta = 50$  度の場合の提案手法による視体積交差結果を図7に示す。

いずれの手法でも視体積交差を計算することができた。しかし、分割しない手法は  $\theta$  が 50 度のときに 1,580ms となり、他に比べて大幅に長い計算時間を要した。一方、シルエットを分割する提案手法では、どんなカメラ位置でも 110ms 前後で視体積交差を行うことができています。

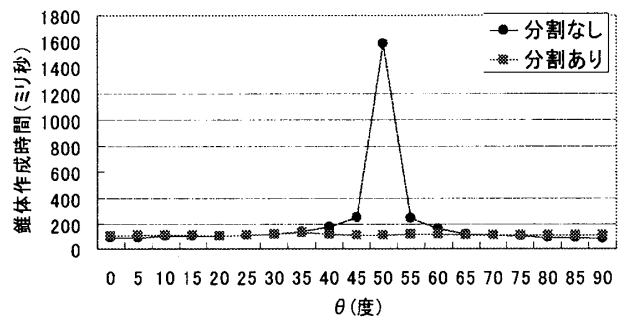


図6 モデル(ゴジラ)の錐体作成時間

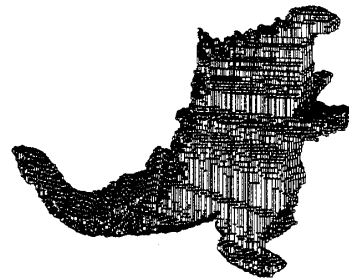


図7  $\theta = 50^\circ$  の場合の提案手法による視体積交差結果

## 5. おわりに

本研究では画角とカメラの視点による平面間透視投影の問題点を解決する手法を提案した。画角が広い程この手法は単体作成計算において有効であり、かつ必要不可欠であることが実験の中で示された。提案手法を用いると、どんな画角どんな視点においても錐体作成計算の遅延を防ぐことができ、実時間処理する際に安定して3次元形状を求めることができる。

### 参考文献

- [1] ウ小軍, 和田俊和, 東海彰吾, 松山隆司: 「平面間透視投影を用いた並列視体積交差法」, 情報処理学会論文誌, Vol.42, No.SIG6(CVIM2), 2003.