

## 可視情報を考慮した3次元点集合のドロネー三角形生成

The Delaunay triangular generation of the three-dimensional point-set considering the visual information.

梶河 武志                      徐 剛  
Takeshi KAJIKAWA            Gang Xu

立命館大学 理工学部情報学科 コンピュータビジョン研究室  
Computer Vision Laboratory, Computer Science Dept., Ritsumeikan University

## 1 はじめに

私たちの研究室では、写真で撮った金閣寺を3次元CGで復元するという研究を行っており、ここでは、画像から計算された3次元の点集合と、点の可視情報を利用して三角パッチを生成し、実験により評価を行った。このプログラムの特徴としては、物体の特徴点の座標さえわかれば形状が復元できるので、埋蔵物の形状復元、仏像などの形状復元などに利用できる。われわれは、物体の様々な角度からの写真を元に、特徴点の抽出、3次元座標の復元、三角パッチの生成、テクスチャマッピング等の一連の作業を自動化する目的で研究をしている。本論文では、三角パッチの生成と、それに関連した問題について述べる。三角パッチの生成手段としては、ドロネー三角形を用いた。

形状モデルを復元した際に生じる問題は、単純に3次元ドロネー三角形を生成した場合、本来可視のはずの点が、本来ないはずの面によって隠されてしまうことが考えられる。そのため点の可視情報を用いて、本来ないはずの面を削除する。また、ドロネー三角形生成の性質上、生成の過程において生じる物体内部の無駄な面の削除を実現し、実験を行った。

## 2 ポロノイ図とドロネー網

ドロネー図とポロノイ網について、簡単に説明する。2次元空間内において、 $n$ 個の点の集合 $\Pi = P_1, P_2, \dots, P_n$ の勢力圏 $V(\Pi; P_i)$ は、

$$V(\Pi; P_i) = \{P \in \mathbf{R}^2 \mid d(P, P_i) < d(P, P_j), j \neq i\}$$

で与えられる。距離 $d$ は、ユークリッド距離である。つまり、近さに基づいて平面をそれぞれの母点の勢力圏に分割したものである。言い換えると、ポロノイ図において領域間の境界線は隣り合う点

間の垂直2等分線となる。ポロノイ図の隣接領域の母点間を結んだものがドロネー網である。ドロネー網は、以下の条件も満たしている。

[ 外接円原理]

ドロネー三角形網を構成する各三角形の外接円の中に他の母点が入らない。

これが3次元空間の場合、[外接円原理]の各要素の三角形が4面体(3角錐)単位になり、外接円が外接球になる。

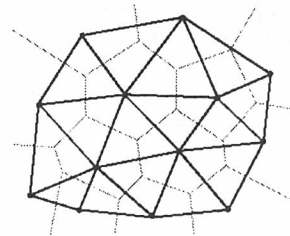


図1: ポロノイ図とドロネー図

太線: ドロネー図      細線: ポロノイ図

## 3 三角パッチの生成

三角パッチは、ドロネー4面体網を使って三角パッチを生成し、視点からの邪魔な面を削除し、内部の無駄な面を削除するという過程で生成される。

まず、複数の写真から復元された3次元点群の座標が与えられる。その座標からドロネー4面体網を生成する。このとき、4面体単位で扱うこととする。まず全ての点群を内包する、大きな4面体を初期設定として作成する。点群の中から点 $A_i$ を1つ加え、ドロネー4面体網の4面体の外接球

内に  $A_i$  が入ると、 $A_i$  を頂点とし、元の 4 面体の 4 面をそれぞれ底面とする 4 面体を 4 つ作る。また、複数の 4 面体が該当する場合は、該当する 4 面体群がそれぞれ接触する面を削除し、1 つの多面体のようにし、 $A_i$  を頂点としてそれぞれの面を底面とする 4 面体を作成する。再び新しい  $A_i$  を読み分割する動作を繰り返すことによってドロネー 4 面体網を生成する。これが終わると、初期設定に使った 4 頂点を含む 4 面体を削除する。

次の処理は、視点から邪魔な面を削除することである。ドロネー 4 面体網で生成された三角パッチは、すべての隣接する点に対して無条件に面をはってしまう。そのため、本来、面の必要のないところまで面を張ってしまうので、削除する必要がある。面を削除するための情報として、一連のプロセスの元となる写真を利用する。1 枚の写真に見える点群は、その視点から見える点群である。視点と、各点を結んだ視線と交わる面があればその面を含む 4 面体を削除する。このとき、視線と交わる面のみを削除すると、消えない面が存在する可能性がある(図 5)。そこで、視線と交わる面を含む四面体単位で削除することで、それを回避することができる。

つぎに、内部の無駄な面を削除する。無駄な面というのは、本来、幾何学形状モデルの表面のみでよいが、ドロネー 4 面体網では物体の内部にまで面を張ってしまうので、それを削除する。ドロネー 4 面体網は 4 面体単位で作成されている。つまり、物体の内部に当たる 4 面体は、他の 4 面体の面と、接している。そこで、4 面体を 4 面の 3 角形に分割し、複数(2つ)ある三角形を削除することによって、表面のみを残すことができる。

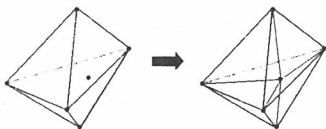


図 2: 分割方法

## 4 実験結果

データ(図 3)が与えられているとする。見えている点は、 $\{1, 2, 3, 4, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16\}$  である。また、視点は EYE の位置にあるとする。図 4 は、見えている点を指定していない場合の結果である。図 6 は、見える点を指定し、上記の座標群から生成された三角パッチの実験結果である。

総三角パッチ数は、無駄な面を削除する前が 120 面で、削除したあとは 28 面である。これより、三

角パッチ数が減少しているのが分かる。以上の結果より、本手法の有効性が示された。

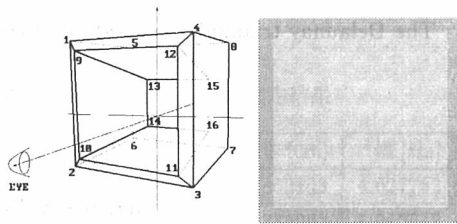


図 3: 元になるデータ 図 4: 全ての面がはられた場合

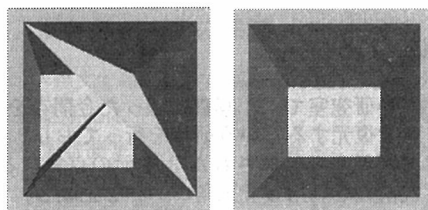


図 5: 面による削除 図 6: 実験結果

## 5 むすび

3次元空間上の点の座標からドロネー分割を使うことによって3次元形状を表現し、可視情報を考慮することによって、ドロネー分割の本来あるはずのない三角パッチの削除、内部の無駄な面の削除によって物体の表面のみを表現することができた。特に、本来あるはずのない面の削除には、従来の面による削除では消えなかった面が、4面体単位の削除としたことで、うまく削除できている

## 参考文献

- [1] 杉原厚吉, “グラフィックスの数理,” 共立出版株式会社, 1995.
- [2] OLIVIER FAUGERAS, “THREE-DIMENSIONAL COMPUTER VISION A GEOMETRIC VIEWPOINT,” THE MIT PRESS, 1993.