

Title	ハードウェア支援による各種ボロノイ図の高速算法とその応用
Author(s)	寺本, 幸生
Citation	
Issue Date	2003-03
Type	Thesis or Dissertation
Text version	author
URL	http://hdl.handle.net/10119/1691
Rights	
Description	Supervisor:浅野 哲夫, 情報科学研究科, 修士

ハードウェア支援による 各種ボロノイ図の高速描画とその応用

寺本幸生 (110085)

北陸先端科学技術大学院大学 情報科学研究科

2003 年 2 月 14 日

キーワード: 計算幾何学, 一般化ボロノイ図, ハードウェア支援技法, 等高線地図の補間.

本研究は, ハードウェア支援技法によるボロノイ図の高速算法に着目し, この技法の高速性を利用した応用について調査することを目的とする. また, この技法に基づき様々な一般化ボロノイ図への定式化を行い, それらの応用性について考察する.

近年, 離散的なボロノイ図をハードウェア的な戦略で扱う新たなパラダイムが提案された. 離散的なボロノイ図 (*discrete Voronoi diagram*) は, 与えられたサイト集合を含む離散空間で定義されるボロノイ図である. 即ち, 離散空間内の各点がどのサイトに最も近いかによって空間を分割する図形である. ハードウェア支援技法は, アルゴリズムの一部に特定の機能を持つハードウェアを導入し, 高速化を図る技法である. 計算機の高速化, 大容量化に伴い, 離散的なボロノイ図を使用しても十分実用的なボロノイ図を表現できる. この技法はハードウェア支援技法 (*hardware assisted technique*) と呼ばれ, 最近特に注目されている.

離散的なボロノイ図の計算に対してはグラフィックスハードウェア (*graphics hardware*) の導入により計算の高速化が可能である. この技法は, 幾何問題がもつ縮退や計算誤差に対して非常に頑健であり, 実装が容易であるという特徴をもつ. また, 得られるボロノイ図はデジタル画像の形式であるため, 計算幾何学的手法で得られる情報に加えてデジタル画像特有の情報をも取得することができる. これらの利点を活かして, 地図の簡略化, スポーツチームワーク解析など様々な応用分野で用いられ始めている.

グラフィックスハードウェアによるボロノイ図算法は, ある定義に基づく 3 次元の距離関数を隠面除去を用いてシーンに描画し, 得られた画像をボロノイ図とする. この距離関数を操作することによって, 様々な一般化ボロノイ図 (*generalized Voronoi diagram*) を構成することができる. 本論文では一般化ボロノイ図として, ミンコフスキー距離 (*Minkowski metric*) のボロノイ図, 楕円距離のボロノイ図 (*elliptic distance Voronoi diagram*), 重み付き距離のボロノイ図 (*weighted distance Voronoi diagram*), そしてハウスドルフ距離のボロノイ図 (*Hausdorff distance Voronoi diagram*) を定式化する. また, これらの一般化ボロノイ図の応用例について考察する.

この技法で求められるボロノイ図は、計算幾何学的手法で得られるボロノイ図の情報とは異なり、デジタル画像の形式で得られる。そのため、ボロノイ頂点やボロノイ辺の集合を抽出したり、ボロノイ領域の隣接関係などの情報は後処理をしなければ知ることができない。この後処理は、大きさが $n \times m$ のシーンに対し $O(nm)$ の計算時間を必要とするため、ハードウェア支援技法を用いる利点を損なう。

しかし、デジタル画像形式のボロノイ図表現がそのまま利用できる応用面も多数ある。グラフィックスハードウェアの機能にも依存するが、例えば、空間のメトリック変換や、あるボロノイ領域の面積計算などの処理は、 $O(1)$ 時間で得ることができる。さらに、ハードウェア支援技法によるデジタル画像の加工を行うような問題にも適しているといえる。このように、デジタル画像形式のボロノイ図表現を用いて効率よく解ける問題と、ボロノイ図のもつ幾何学的情報を用いないと解けない問題に区別することができる。

ハードウェア支援技法が柔軟に介在できる応用例として、等高線地図の補間に関する問題を対象とする。等高線地図の補間は、データの無い地域の標高を推定し補助等高線を付加することである。一般に、精密的方法と近似的方法に区別されるが、情報科学的な観点から後者のデータを平滑する方法に基づきハードウェア支援技法を適用する。入力として与えられる等高線集合、つまり自己交差の無い多角形チェーン (*polygonal chain*) の集合に関して、各等高線をサイトとするボロノイ図の境界はその補助等高線となる。また、重みの付けられた距離関数による一般化ボロノイ図を構成することにより、複数の補助等高線を高速に得るためのアルゴリズムを提案する。