

# 一般化されたキューブにおけるマーチング・キューブ法の研究

6H-9

酒向 透      品川 嘉久  
 東京大学

## 1 はじめに

ボリューム・データから等値面を生成するアルゴリズムとして有名なものに、マーチング・キューブ法[1]がある(以下、MC法と略す)。このアルゴリズムには、生成される等値面に穴のできることがあるという欠陥があるが、その欠陥は、漸近線判定法[2]の組み合わせにより解決をされている。さて、この従来のMC法においては、スライス上のあるボリューム・データが、その1段下のスライス上のどのボリューム・データにつながっているかという対応は、全く考慮に入れられていなかった。この対応を付けられたボリューム・データ4対を頂点にもつ立体を、従来のMC法のキューブにあたるものにする事で、より精度の高い等値面の生成が可能になる。ここで、この立体を「一般化されたキューブ」と呼ぶことにする。さて、その際に2つの問題、つまり、ボリューム・データのスライス間の対応をどのように決めていくのかという問題と、一般化されたキューブにおいて等値面を生成する際に、従来のMC法についての議論をどのように修正をする必要があるのかという問題を考えねばならない。本論文においては、前者の問題については触れず、一般化されたキューブが与えられたとして、後者の問題をいかに解決するかについて述べていく。

## 2 キューブの一般化の必要性

ボリューム・データのスライス間の対応を考慮に入れ、キューブの一般化をする必要性について述べる。ここでは簡単のために、2次元で考える。例えば、図1(a)のように、スライス間で対応するボリューム・データが、大きく離れている場合を考える。この場合に従来のMC法を用いると、図1(b)のような、実際とはかなり異なる等値面が生成されてしまうが、図1(c)のようにボリューム・データのスライス間の対応を考慮に入れ、キューブの一般化をしたMC法を用いれば、より精度の高い等値面の生成が可能になる。

## 3 一般化されたキューブの例

具体的にキューブをどのように一般化するかについて

A Study of the Marching Cubes Method for Generalized Cubes  
 Tooru Sakou and Yoshihisa Sinagawa  
 The University of Tokyo

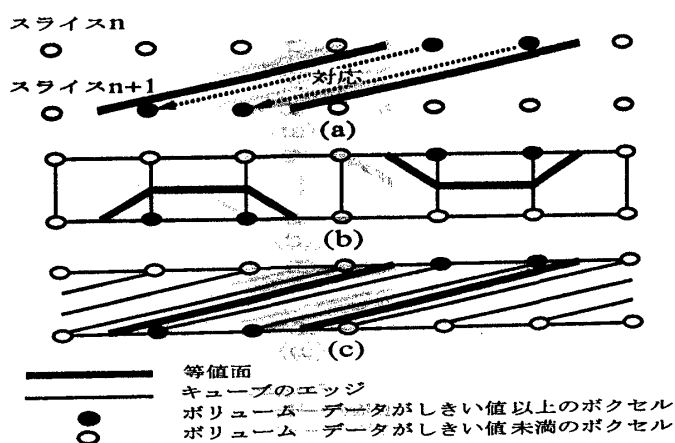


図1: キューブの一般化の必要性

述べる。キューブをつくる場合に、従来のMC法においては、スライス上のピクセル格子の4頂点と、1段下のスライス上の真下のピクセル格子の4頂点からキューブをつくった。これを図2のように、スライス上のピクセル格子の4頂点と、1段下のスライス上のそれらの4点に対応する4点からキューブをつくるようにする。もちろん対応する4点の中には、重複点があってもよい。

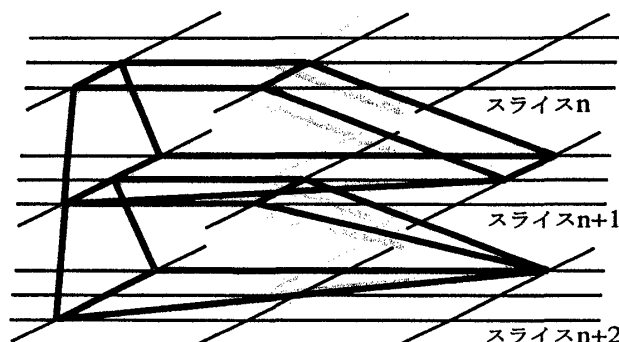


図2: キューブの一般化

## 4 一般化されたキューブにおける等値面の生成

一般化されたキューブが与えられたとし、そこにどのように等値面のパッチ3角形を生成するかについて述べる。

### 4.1 仮定

ここでは、次のような仮定をする。例えば、図3(a)のような一般化されたキューブの下面に対して、従来のMC法により引いた等値線は、図3(b)のようになる。また、この下面の中の各ボクセルに対して、従来のMC法により引いた等値線の連なりは、この下面に含まれるボクセルのボリューム・データによって、図3(c)のように図3(a)と位相的に同じになる場合と、図3(d)のようにそのようにならない場合とがあるが、ここで、かならず前者のような場合になり、後者のような場合にはならないと仮定をする。この仮定は、生成する等値面の形状がボ

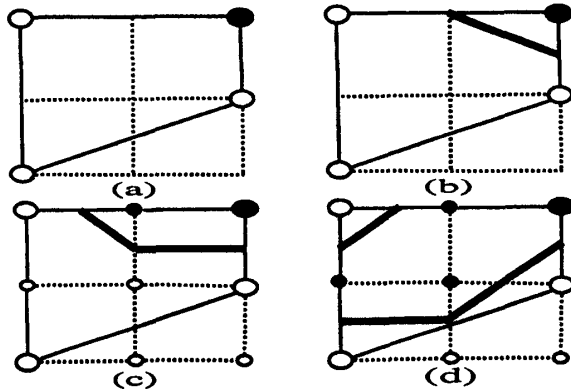


図3: 仮定

クセルの数に比べて非常に複雑な場合や、ボリューム・データにノイズが多い場合には、成立のしないことが多くなるが、そのような場合には、ボクセルの細分をすれば、キューブの下面に現れる等値線は、より単純なものになるので、この仮定が十分に成立をするようにできる。

### 4.2 アルゴリズム

4.1の仮定のもとでは、一般化されたキューブに対しても、重複点も別々の点と考え、基本的には従来のMC法と同様にパッチ3角形を生成する。但し、従来のMC法でパッチ3角形を生成した場合に、そのパッチ3角形が、図4(a)の2つのパッチ3角形のように、キューブの下面に接続をする頂点((イ)の場合)や辺((ロ)の場合)をもつ場合は、そのように単純に、従来のMC法でパッチ3角形を生成せずに、図4(b)のように、その接続部分が、1段下のキューブの上面の等値線の連なりと整合をするように、パッチ3角形を生成する必要がある。そのために、まずその等値線の連なりを、1段下のキューブのすべての上面について、あらかじめ求めておく。そして、図4(a)のパッチ3角形(ロ)のような場合に対しては、図4(c)のように、まず、キューブの下面のエッジと等値線の連なりの間の2つの交点を求め、次に、その一方の交点からもう一方の交点まで、等値線の連なりに沿って進みながら、パッチ3角形を生成していく。図4(a)のパッチ3角形(イ)のような場合に対しては、こ

の操作のうち、キューブの下面のエッジと等値線の連なりの交点を求める部分だけを行えばよい。また、キューブ

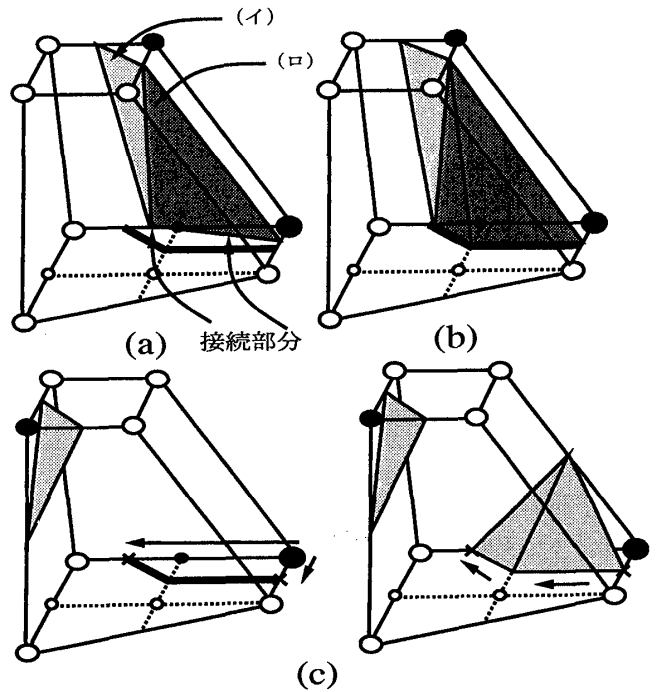


図4: アルゴリズム

の下面が凹4角形である場合に対しては、新たな3角形パッチ・パターンの生成が必要になる。キューブの面への等値線の引き方が一意に定まらない問題が生じた場合に、従来のMC法では、漸近線判定法により、そのキューブ内だけで局所的に、そのどちらかを定めることができたが、一般化されたキューブの下面について同様の問題が生じた場合には、1段下のキューブの上面の等値線の連なりがどのようになっているかとの整合性を考えて、そのどちらかを定めなければならないことになる。

### 5 今後の課題

今後の課題として、まず、従来のMC法と、一般化されたキューブにおけるMC法の実装による結果にもとづき、後者によって生成される等値面の優位性を確かめていく。また、4.1の仮定の成立のしないキューブに対する、より良い対処法の考案と、アルゴリズムの全般的な高速化も求められる。

### 参考文献

[1] W.E.Lorensen and H.E.Cline: "Marching Cubes: A High Resolution 3D Surface Construction Algorithm", *Computer Graphics*, Vol.21, No.4, pp.163-169, 1987  
 [2] G.M.Nielson and B.Hamann: "The Asymptotic Decider: Resolving the Ambiguity in Marching Cubes", in *Proc. Visualization '91*, pp.83-91, 1991