

区間型ボリュームの抽出と表示・計測

1C-2

前田 裕治[†] 藤代 一成[‡] 池辺 八洲彦^{††}[†]筑波大学大学院 工学研究科 [‡]お茶の水女子大学 理学部 ^{††}筑波大学 電子・情報工学系

1 はじめに

ボリューム・ビジュアライゼーションの代表的手法の一つとして、等値面化 (isosurfacing) を挙げることができる。この手法は与えられたボリュームデータから、ある特定のフィールド値をもつサーフェスを抽出するものであり、最終的には、サーフェス・レンダリングによって抽出された面の表示を行なう。しかしながら対象とするボリュームそれ自身が、シミュレーション時のモデル誤差や計測誤差などを含んでいるだけでなく、対象のデジタル化に伴う誤差をも含んでいることから、等値面を厳密なサーフェスで表現することは、現実的には困難である。そこで、抽出される幾何学的構造は、これらの誤差を受け入れられるよう、許容範囲をもつべきであると考えられる。

我々はこのような考えから、ある有限閉区間に属するフィールド値をもつサブボリュームである、区間型ボリューム (Interval Volume) という新しい幾何学的構造を先に提案した [1]。区間型ボリュームは、等値面の一般形を与える。

本稿では、文献 [1] で基本設計された、Marching cubes (MC) [2] の拡張による、区間型ボリューム抽出アルゴリズムを実現する。また、区間型ボリュームのもつ特性を活かした効果的な表示方法を提案する。さらに、区間型ボリュームに特有の計測量について触れ、区間型ボリュームの抽出と併せて計測を行なう方法を提案する。

なお実装は、米国 Advanced Visual Systems 社の AVS ver.5 (Application Visualization System) ^{††} 上に、対応するモジュールを開発するという形で行なった。

2 区間型ボリュームの抽出

本稿で扱うボリュームデータは、6 面体格子構造をもち、各ボクセルが同一の定義域 $[d_{min}, d_{max}]$ に属す

るスカラー値をもつものとする。また、対象となるボリュームデータ V において、フィールド値が有限閉区間 $[\alpha, \beta]$ 内に含まれるような区間型ボリュームのことを、 $IV(\alpha, \beta)$ と表記することにする。さらにここでは、格子のセルのことをキューブと呼ぶことにする。区間型ボリュームの詳細に関しては、文献 [1] を参照されたい。

2.1 MC アルゴリズムの拡張

我々は、区間型ボリューム抽出アルゴリズムの実現のために、MC アルゴリズムの拡張を以下のような方針の基で行なった。ただし、MC アルゴリズムは各キューブごとに処理を行なうものであるため、これ以降はキューブ単位の処理だけを議論する。

$IV(\alpha, \beta)$ を求めるのに、まず $IV(\alpha, d_{max})$ と $IV(d_{min}, \beta)$ を個々に求めてから、その積集合をとり、区間型ボリュームの多面体ブロックを求める

以降では、前者を α ボリューム、後者を β ボリュームと呼ぶことにする。この方針を用いて区間型ボリュームを構成するのであれば、 $\alpha(\beta)$ ボリュームを抽出できるように、MC アルゴリズムを拡張すれば十分である。

すなわち、MC アルゴリズムの各キューブごとの操作に、次の 2 つの拡張を加えればよい。

(1) α, β に応じて、等値面を境界とする正・負の 2 つの領域の選択を可能にする。

(2) その領域をキューブごとに閉じるために、キューブの側面の一部も仮の境界パッチとして含める。

(2) のキューブ側面における仮の境界パッチは、面隣接するキューブが存在する限り省略可能である。なぜなら、区間型ボリュームはソリッドであるので、共有境界面を省略しても位相的な正しさは失われないからである。

2.2 アルゴリズムの実現

本稿では、ボリュームデータから抽出した幾何学的データ構造を、境界モデルの 1 つである、Vertex-Based Boundary Model [3] により表現した。

Extraction, Display and Measurement of Interval Volume
Yuji Maeda[†], Issei Fujishiro[‡] and Yasuhiko Ikebe^{††}

[†] Doctoral Program in Engineering, University of Tsukuba

[‡] Faculty of Science, Ochanomizu University

^{††} Institute of Information Sciences and Electronics, University of Tsukuba

^{††} AVS は、米国 Advanced Visual Systems 社の商標である。

また、 $\alpha(\beta)$ ボリュームの多面体ブロックパターンの決定方法に関しては、MC アルゴリズムでのボクセルのフィールド値による、キューブの15通りのパターンと同様な、IVの多面体ブロックのパターンをあらかじめ求めておき、それを参照することにより、各キューブごとにIVを構成する方法を用いた。

最後に、 α ボリュームと β ボリュームの積集合演算の方法であるが、次のように行なった。

[$\alpha < \beta$ の時] 条件より、目的値が α, β である等値面が互いに接触しないことは明らかである。よって、キューブの6つの側面において、それぞれに境界パッチの共通部分を導出し、 α, β での等値面パッチと合わせれば、積集合をとった場合に等しい結果が得られる。

[$\alpha = \beta$ の時] 条件より、 α, β ボリュームの共通部分が、目的値 $\alpha(\beta)$ の等値面になることは明らかである。

3 区間型ボリュームの表示・計測

本節では、区間型ボリュームの特性を活かした表示・計測法を示す。

[表示] IVはそれ自身がフィールド値という属性を持っており、フィールド値からカラーへのマッピング関数を利用し、IVの境界にフィールド値に対応する着色を行なえば、より効果的な対象理解が可能である。さらに、IVはソリッドであるので、それに対するカット操作が可能であり、その断面に現れる色変化により、IVの内部構造を調べることが可能となる。また、IVの外側に見える境界面を半透明表示し、内に隠れた境界面を同時表示することは、IVのトポロジカルな性質の確認のために有効である。図1に、AVSのデモ用のデータを用いた、区間型ボリュームによる可視化例を示す。この図は、境界面にフィールド値と対応する着色を行ない、あわせて、外側の境界面を半透明表示したものである。

[計測] 区間型ボリュームに特有の計測量として、IVを領域としたフィールド値の積分値が、サブボクセルレベルを線形近似とする精度で計算可能であることが挙げられ、IV内でのフィールド値の平均なども導出可能である。また上述のように、IVを抽出するアルゴリズムは各キューブごとに、あらかじめ決められたIVの多面体ブロッ

クパターンを参照することによって、IVのブロックパターンを決定していく。そこで、そのパターンに対応するIVの体積などの計算式をあらかじめ導出しておけば、その式に多面体ブロックの各頂点の座標値およびフィールド値を代入するだけで、解が計算できることから、高速な計測が可能となる。

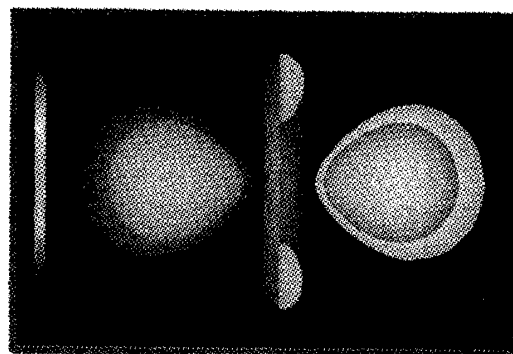


図1: 区間型ボリュームによる表示例

4 おわりに

本稿では、区間型ボリューム抽出アルゴリズムの実現方法と、区間型ボリュームの特性を活かした表示・計測法の提案を行なった。当日は、区間型ボリュームに基づく表示・計測の効果を、実データを用いて評価する予定である。

なお、別稿[4]において、2節に示した区間型ボリューム抽出アルゴリズムの、高速化に関する提案を行なっているので参照されたい。

参考文献

- [1] 藤代一成, 前田裕治: Marching cubes の一般化: 高解像度区間型ボリューム抽出アルゴリズムの提案, 情報処理学会研究報告 94-CG-71, pp. 25-31 (1994)
- [2] W. E. Lorensen and H. E. Cline: "Marching Cubes: A High-Resolution 3D Surface Construction Algorithm," *Computer Graphics (Proc. SIGGRAPH '87)*, Vol. 21, No. 4, pp. 163-169 (1987).
- [3] Martti Mäntylä: *An introduction to solid modeling*, Computer Science Press, Ch. 6 (1988).
- [4] 竹島由里子, 前田裕治, 藤代一成: 区間型ボリューム抽出アルゴリズムの高速化, 第50回情報処理学会全国大会講演論文集, 1C-10 (1995)