

区間型ボリュームの詳細度制御

1K-7

中村 浩子 竹島 由里子[†] 藤代 一成 奥田 洋司[†]

お茶の水女子大学 理学部 情報科学科

[†] お茶の水女子大学 大学院 人間文化研究科[‡] 横浜国立大学 工学部 生産工学科

1 背景と目的

ボリュームデータの内部構造を可視化するボリュームビジュアライゼーション (volume visualization) の代表的な手法の一つに、等値面化 (isosurfacing) がある。この手法は大規模なボリュームデータを可視化する際、等値面を構成する多角形パッチの枚数が膨大になるため、描画やデータ転送に大きな負荷がかかる。そこで、等値面を構成する三角形パッチセットに対して局所変形操作を行い、形状の特徴を保ちながらパッチの枚数を減少させる decimation アルゴリズム [1] が開発された。

著者の一部はこの等値面化の考え方を一般化し、区間型ボリューム (interval volume) によるソリッドフィッティング (solid fitting) の手法を提案した [2]。特定のフィールド値だけを抽出する等値面に対して、区間型ボリュームでは、フィールド値がある有限閉区間に属するようなソリッドの境界サーフェスを、有向多角形パッチを用いて表現する。ここでのパッチ生成は、等値面化を行うアルゴリズムとして広く知られているマーチングキューブ法を拡張することによって実現されている。そのため、等値面と同様に、大規模ボリュームデータからの抽出に際して、パッチの枚数が膨大になるという問題が生じている。

本研究では、この区間型ボリュームに decimation アルゴリズムを適用し、その詳細度制御を試みる。これによって、区間型ボリュームの時空間計算量を改善することが期待できる。

2 詳細度制御

2.1 Decimation アルゴリズム

詳細度制御の手法として Schroeder らによって提案された decimation アルゴリズム [1] を拡張し、区間型ボ

Simplification of Interval Volume

Hiroko Nakamura, Yuriko Takeshima[†], Issei Fujishiro, and Hiroshi Okuda[‡]Department of Information Sciences, Faculty of Science, [†]Graduate School of Humanities and Sciences, Ochanomizu University

2-1-1 Otsuka, Bunkyo-Ku, Tokyo 112-8610, Japan.

[‡]Department of Mechanical Engineering and Materials Science, Yokohama National University

79-5 Tokiwadai, Hodogaya-Ku, Yokohama 240-8501, Japan.

リュームに適用する。このアルゴリズムは三角形パッチで構成されたデータセットに対して、以下のステップに従って形状的に重要な特徴を維持しながら詳細度を制御する：

1. 頂点をその局所の特徴から分類
2. 分類された各々の頂点に対して、形状の特徴の大きさを評価
3. 形状の特徴が小さい頂点の削除と再三角化

減少割合などによって定めた限界に達するまで、削除の基準を変化させながら上記の3ステップを繰り返す。

2.2 区間型ボリュームへの適用

区間型ボリュームは、フィールド値がある有限閉区間に属するような3次元サブボリュームを、多面体ソリッドとして表現したものである [2]。例えば、ボリューム $V = (S, f)$ が与えられたとする。ここで、 S は3次元ユークリッド空間内の矩形領域、 f は有限閉区間 $[f_{min}, f_{max}] (C R) \rightarrow S$ を写像するフィールド関数である。このとき、区間型ボリューム $IV(\alpha, \beta)$ は、次式で表される：

$$IV(\alpha, \beta) = \{(p, f(p)) \mid p \in S, \alpha \leq f(p) \leq \beta\}$$

ただし、 $f_{min} \leq \alpha \leq \beta \leq f_{max}$ 。 IV は V のフィールド値を内部にもつ、多角形パッチセットで表された多面体ソリッドとして抽出される。 $IV(\alpha, \beta)$ を表現するとき、フィールド値 α の面とフィールド値 β の面、さらにオブジェクトの境界面上に存在するキューブの側面に外向境界面が生成される。以下、これらをそれぞれ α 面、 β 面、外向境界面とよぶことにする。

区間型ボリュームに decimation アルゴリズムを適用するためには、まず、多角形パッチで構成されている外向境界面を三角化しなければならない。ここでは多角形パッチを構成する頂点の入力順に三角化を行い、三角形パッチに変換する。

次に α 面、 β 面、外向境界面の各面に対して decimation アルゴリズムを適用する。このとき、個々に decimation アルゴリズムを施すと、形状の特徴に差が生じていても、それぞれの面において独立に定められた限界に至るまで詳細度制御を行うことになる。しかし、例えばデータが規則格子の場合、外向境界面は平面に

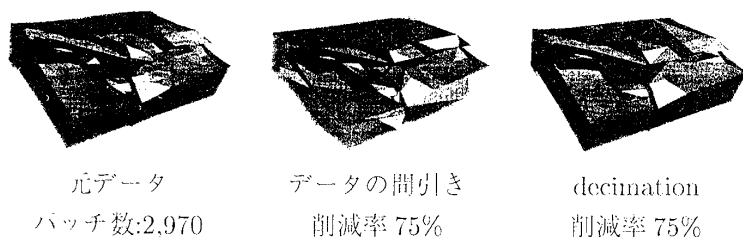


図 1: 断層データの詳細度制御結果

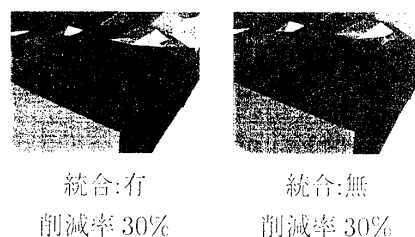


図 2: 各面データの統合による効果

なり, ここでのパッチ数を削減しても得られる画像の精度は変わらない. 従って, 属する面とは無関係に, 全体の中で形状の特徴の小さい頂点から順に削除すべきである. 以上の考察により, α 面, β 面, 外向境界面に分類されているデータを前もって一つのデータセットに統合することにする.

単一のデータセットに decimation アルゴリズムを実行すると, 頂点削除によって面が交差する場合が生じる. 区間型ポリウムは有向多角形パッチで構成されているため, その領域の内外を判定することができる. 交差した領域は区間型ポリウムの外部と見なす.

3 実験

実験環境には, SGI 社製 O2 システム (CPU: R5000, Clock: 180MHz, RAM: 192MB) を用いた. プログラミング言語は C++ を使用し, Visualization Toolkit Ver2.0 [3] の一部として公開されている関数を拡張した. なお, 輝度については Phong のスムーズシェーディングにより補間処理を行った. 処理時間測定の実験は 10 回行い, 最大値と最小値を除いた 8 回の平均を求めた.

ここでは, 多角形パッチ数 2,970 で構成されている断層データ¹を使用した. 入力データの間引きによってパッチ数を 75%削減した結果と, 区間型ポリウムに decimation アルゴリズムを適用し, パッチ数を 75%削減した結果を図 1 に示す. 入力データを間引きしたものに比べ, decimation アルゴリズムを用いて詳細度制御を行った方が形状の特徴を残している. また, α 面, β 面, 外向境界面のデータを単一のデータセットに統合するか否かによる精度の比較を図 2 に示す. 断層データのパッチ数を 30%削減し, 一部を拡大して表示した. 統合有の方は, 外向境界面に対する詳細度制御だけで全体のパッチ数の 30%削減を実現しているため, 元データと同等の精度が得られるが, 統合無の方は精度が落ちている.

以上の結果から区間型ポリウムに対しても decimation アルゴリズムによる詳細度制御が有効であることが分かる. 描画や decimation アルゴリズムに要

した時間を表 1 にまとめる.

表 1: 断層データに対する処理の実行時間 (秒)

	削減率 0%	削減率 75%
描画時間	0.27	0.11
decimation 時間	-	3.34

4 まとめと今後の課題

本研究では, 区間型ポリウムに decimation アルゴリズムを適用することで, 形状の特徴を残しながら, 描画の際必要となる有向多角形パッチ数を制御する方法を提案した. 前節の実験結果でも示したように, 生成するパッチ数を 75%削減しても, オブジェクトの大きな凹凸や裂け目のような重要な特徴は残して描画される. パッチ数を 75%削減したことにより, 描画にかかる時間が約 60%短縮できた.

decimation アルゴリズムを実行する計算時間が描画に比べて長いという問題があるが, 詳細度制御を前処理の段階で一度行うことにより, 視線方向などの属性の変換に伴って起こる再描画は, 繰り返し効率的に行える. また, 今まで区間型ポリウムでは扱えなかったような巨大な解析データを, 詳細度を制御することにより描画可能となる.

今後は, 区間型ポリウム抽出及びその詳細度制御の並列化を中心的課題として, さらに追究していく予定である.

参考文献

- [1] Schroeder, W. J., Zarge, J. A. and Lorensen, W. E.: "Decimation of Triangle Meshes," *Computer Graphics (Proc. SIGGRAPH '92)*, Vol. 26, No. 2, pp. 65-70, July 1992.
- [2] Fujishiro, I., Maeda, Y., Sato, H. and Takeshima, Y.: "Volumetric Data Exploration Using Interval Volume," *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, Vol. 2, No. 2, pp. 144-155, June 1996.
- [3] Schroeder, W., Martin, K. and Lorensen, B.: *The Visualization Toolkit*, Prentice Hall, 1998.

¹平成 10 年度科学技術振興調整費研究「地球シミュレータ: GeoFEM」の固体地球有限要素解析サブシステムで計算されたデータ