

5T-03 色分布を考慮した区間型ボリュームの詳細度制御

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 大学院人間文化研究科

[†] お茶の水女子大学 理学部 情報科学科

[‡] 横浜国立大学 工学部 生産工学科

1 背景と目的

ボリュームビジュアライゼーション (volume visualization) の代表的な手法の一つである等値面化 (isosurfacing) の考え方を一般化した、区間型ボリューム (Interval Volume; IV) によるソリッドフィッティング (solid fitting) が、著者の一部により提案された [1]。この手法は、フィールド値に対して区間を指定することで、興味ある領域 (ROI) をより柔軟に抽出することができる。しかし、等値面と同様に大規模ボリュームデータから抽出される際に膨大な枚数の多角形パッチが必要になり、描画やデータ転送に大きな負荷がかかる。そこで先行研究では、三角形パッチから構成された等値面の詳細度制御法として提案されたデシメーションアルゴリズム (Decimation Algorithm; DA) [4] を IV に適用し、その詳細度制御を実現した [5]。

ところで IV は、その形状と色付けによって、二種類のフィールド値からなるマルチスカラーボリュームの可視化に利用できる。従来の DA は、形状の特徴だけを考慮しているため、表面に分布した色による情報が大きく失われる恐れがある。色分布を考慮した詳細度制御法として、Hoppe は失われる情報量の測定に、形状だけでなく色の誤差を含めて最適化問題を解く方法を提案した [3]。本稿では、IV がもつ双方のフィールド値の変化を DA の制御基準に組み入れることで、形状の特徴だけでなく、色分布も保持しながら効果的に IV を単純化する方法を提案する。

2 詳細度制御

2.1 デシメーションアルゴリズム

詳細度制御の手法として、DA を拡張し、IV 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頂点の形状的特徴を評価し、特徴が小さい場合は削除、再三角形化を行う。これをユーザが指定した減少割合に達するまで繰り返す。

Simplifying Interval Volumes with Color Attributes
Hiroko Nakamura, Yuriko Takeshima, Issei Fujishiro[†], and Hiroshi Okuda[‡]
Graduate School of Humanities and Sciences, [†]Department of Information Science, Faculty of Science, 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.

2.2 区間型ボリュームへの適用

区間 $[\alpha, \beta]$ の IV を表現するとき、フィールド値 α の等値面 (α 面) とフィールド値 β の等値面 (β 面)、さらにボリューム境界面が有向多角形パッチで生成される。IV に DA を適用するためには、まずこれらの有向多角形パッチに対して三角形化を行い、有向三角形パッチに変換する。ここで α 面、 β 面、境界面の各面に対して個々に DA をほどこすと、それぞれ独立に定められた減少割合に至るまで詳細度制御を行うことになる。そこで、全体の中で形状的特徴の小さい頂点から順に削除するため、各面を一つのデータセットに統合する。これによって得られた三角形パッチの単一データセットに DA を適用する。

2.3 色分布の考慮

DA では形状的特徴の評価だけを行っているが、ここでは、再三角形化によって失われる色情報量も予測し制御基準に組み入れる。再三角形化は、従来の DA で用いられている方法ではなく、稜線縮退化法を用いる (図 1) [2]。この方法は、色分布の保持に有効だけでなく、再度三角形パッチを作成する必要がないので、高速化も期待できる。収束させる点を選ぶ基準は、文献 [4] で示された分類ごとに、削除点との距離、および色の相違を測定する。2点 (x, y) 間の特徴を表す値 d は、以下の式で表される。

$$d = \alpha \frac{\text{distance}(x, y)}{\text{distance}(\text{all})} + (1 - \alpha) \frac{\text{color}(x, y)}{\text{color}(\text{all})}$$

$0 \leq \alpha \leq 1$: ユーザにより指定

ここで、式中の $\text{distance}(\text{all})$ は、オブジェクトが含まれる矩形領域の最長辺の長さ、 $\text{color}(\text{all})$ は、色に反映されるフィールド値の最大値と最小値の差を表す。色に反映されたフィールド値の近い点が存在しない場合、その頂点近傍での色の変化率は大きいので削除の対象としない。

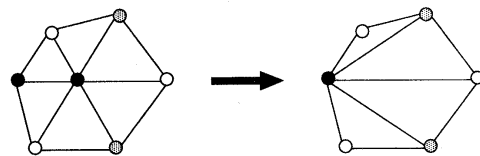


図 1: 稜線縮退化法による simple での再三角形化

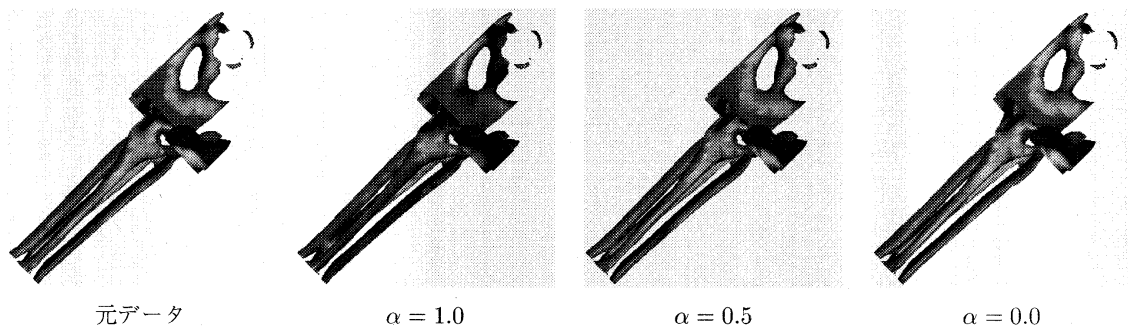


図 2: 機械部品データの詳細度制御結果 (削減率 50%)

3 実験

実験環境には、SGI 社製 O2 システム (CPU: R5000, Clock: 180MHz, RAM: 128MB) を用いた。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 6,706 で構成されている機械部品データ¹を使用した。

色分布を考慮した DA で、パッチ数を 50%削減した結果を図 2 に示す。色分布を考慮する割合は前節で示した式中の α の値によって指定する。また、DA に要した時間と描画時間を表 1 にまとめる。ここでは、 $\alpha = 0.5$ で処理時間を測定した。従来の DA との再三角化にかかる時間の比較も行った。パッチ数を 50%削減した際に、再三角化を行うのに要する時間は、従来法で 0.23CPU 秒、今回用いた稜線縮退化法では、0.16CPU 秒という計測結果が得られた。

表 1: 機械部品データに対する処理時間 (CPU 秒)

	元データ	削減率 50%
描画時間	1.13	0.612
DA 時間	-	39.7

4 まとめと今後の課題

本研究では、色分布を考慮した DA を IV に適用することで、形状だけでなく色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、形状の特徴と色の変化率を制御基準に組み入れた場合、生成するパッチ数を 50%削減しても、オブジェクトの大きな凹凸などの形状的に重要な特徴や、表面にマッピングされた色の変化が大きな部分での色情報は保持できている。しかし、色の変化率を重視するにつれて、失われる形状の特徴は大きくなる。形状の特徴と色情報との間にはトレードオフが成り立つので、色の変化率を組み込む有効な割合は、対象データによって調整すべきである。

処理時間に関しては、パッチ数を 50%削減したことにより、描画にかかる時間が約 40%短縮できた。また、従来の DA と、再三角化に要する時間を比較した結果、今回用いた方法が、より高速に処理を実現することが確認された。

今後、形状の特徴、および色情報の欠落を測定し、その最適化問題を解くことで、より高性能な DA の実現を目指す。また、本稿では形状の特徴と色の変化率だけを制御基準に組み入れたが、形状の特徴の中でも、面の内部と輪郭での誤差許容量の間にトレードオフの関係が成り立つ。これらの割合も制御基準に組み入れていく予定である。

参考文献

- [1] 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.
- [2] Hoppe, H., DeRose, T., Duchamp, T., McDonald, J. and Stuetzle, W.: "Mesh optimization," *Computer Graphics (Proc. SIGGRAPH '93)*, pp. 19-26, August 1993.
- [3] Hoppe, H.: "New Quadratic Metric for Simplifying Meshes with Appearance Attributes," In *Proc. IEEE Visualization '99*, ACM Press, pp. 59-66, October 1999.
- [4] 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.
- [5] 中村 浩子, 竹島 由里子, 藤代 一成, 奥田 洋司: 区間型ボリユームの詳細度制御, 第 58 回情報処理学会全国大会, 1K-07, 1999 年 3 月

¹平成 11 年度科学技術振興調整費研究「地球シミュレータ: GeoFEM」の構造解析サブシステムで計算されたデータ