

半透明複数等値面の重ね合わせの高速化

平野未来 伊藤貴之

お茶の水女子大学 理学部情報科学科

1. 概要

ポリウムデータの可視化の重要な適用分野に、流体と人体がある。流体の可視化は、雲や波に代表される気体や液体のシミュレーション結果として出力される、複数のスカラー値やベクトル値の分布をわかりやすく表示する研究分野である。また人体の可視化は、CTスキャンで得た医療画像の輝度値から、臓器や体表の形状をわかりやすく表示する分野である。

本研究では半透明複数等値面を使い、ポリウムデータのスカラー値分布の可視化に焦点を当てる。

等値面とはスカラー値が一定であるような点の集合で、一般的には曲面となる。ポリウムデータの多くの情報を1画面に表示する手段として、半透明の等値面を複数重ねて表示する手法がある(図1(左)参照)。この手法はポリウムレンダリングに近い大局的な表現ができる上に、ポリウムレンダリングに比べ計算コストが小さいので、リアルタイムレンダリングに向いている。

ポリウムレンダリングは、ポリウムデータ全体の情報を1画面に表示する可視化手法の1つである。流体力学シミュレーションの結果を研究者が理解する為の画像だけでなく、リアルなシーンを表現する画像も生成することもできる。しかし半透明複数等値面と比べて、1枚の画像生成のためにポリウム全体を処理するため計算コストが大きくなる。また効果的な画像を生成するための伝達関数の設定に、熟練を要することが多い。

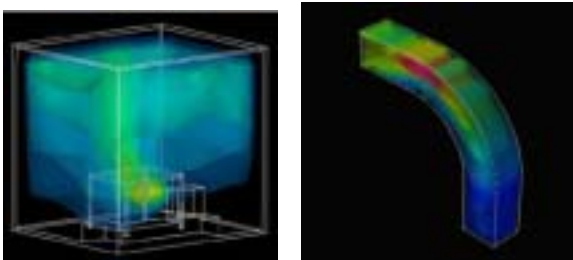


図1 (左)半透明複数等値面の画像例。

(右)ポリウムレンダリングの画像例。

本研究は半透明複数等値面の高速生成を目的とするものである。この解決手段として本報告では、複数の等

Speeding Up the Generation of Semi-Translucent Multiple Isosurfaces

Miku Hirano, Takayuki Itoh,

Ochanomizu University

{micoo, itot}@itolab.is.ocha.ac.jp

値面を同時に生成でき、かつ等値面を構成するポリゴン視点を奥から順に生成できる手法を提案する。本手法ではポリウムを構成するエレメントを、スカラー値の最小値および最大値、視点からの距離、の3値を座標軸とする空間に配置し、この空間上で等値面と交差するエレメントを高速検索することにより、解決手段を実現する。

2. 関連研究

等値面の高速生成手法に、ISSUE[1]という手法が提案されている。ISSUEでは、エレメントの各ノードのスカラー値の最小値(S_{min})を横軸に、最大値(S_{max})を縦軸に取り、全てのエレメントを2次元座標系にプロットする。指定したフィールド値 s の等値面になりうるエレメントは図2の左上の塗りつぶされた領域上にある。

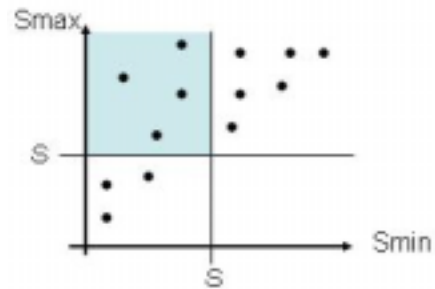


図2. ISSUEの原理

しかし、このISSUEを用いて複数の半透明等値面を表示するには、以下の3ステップを行う必要がある。

1. 複数の等値面を生成し、一時蓄える。
2. 半透明表示を実現するために、等値面を構成するポリゴンを、視点からの距離の遠い順に並び替える。
3. 視点からの距離の遠い順にポリゴンを描画する。

3. 提案内容

本研究では、半透明複数等値面の生成の高速化を狙い、ISSUEで必要だった3ステップを、以下の2ステップにする。

1. 複数の等値面を生成する際に、等値面を構成するポリゴンを、視点から遠い順に生成する。
2. 生成した順にポリゴンを描画する。

その為に必要な機能は、

- 複数の等値面を同時に高速生成できるようにすること
- 視点からの距離が遠い順にポリゴンを生成できるようにすること

である。以下に、この機能を実現するためのアルゴリズムを説明する。

【複数等値面を同時高速生成する方法】

複数等値面を同時に生成できるように、ISSUE を拡張する。例えば、フィールド値が s_1 、 s_2 、 s_3 の 3 枚の等値面を作るとする。 s_1 の等値面になりうるエレメントは図 3 の ①、 s_2 は ②、 s_3 は ③ の領域上にある。つまり、 s_1 、 s_2 、 s_3 の 3 枚の等値面を作るときには階段状の塗りつぶされている領域上に、必要な 3 枚の等値面になりうるエレメントがプロットされていることになる。

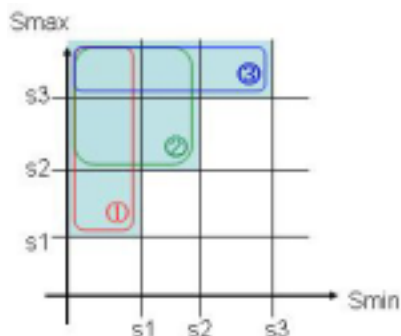


図 3 複数等値面の同時高速生成

【視点から遠い順にポリゴン生成する方法】

ISSUE の座標の 3 次元目に視点からの距離という軸を追加する (図 4 参照) ことにより、描画する際に遠い順に描くことを実現する。

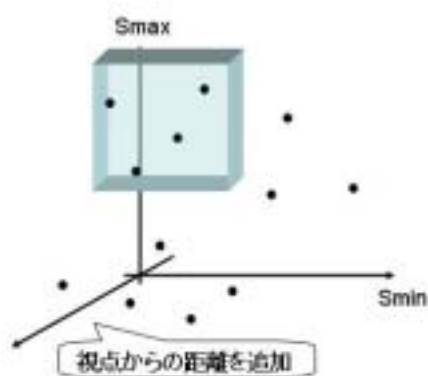


図 4 視点から遠い順にポリゴンを生成

4. 実行結果

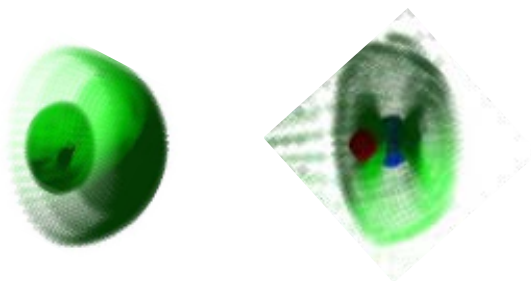


図 5. 画像生成例

図 5 は、流れに対して垂直に置かれた円板のまわりの圧力分布を、提案手法を用いて可視化した例である。図 5(右)は図 5(左)をズームインした画像である。この例では 3 枚の等値面を同時生成している。

表 1 処理時間測定結果

	Data1	Data2
本手法	0.36	1.548
本手法でないもの	2.703	32.102

単位はマイクロ秒、Data1 は $24 \times 24 \times 24$ 、Data2 は $50 \times 50 \times 52$ のデータである。本手法を使わない場合と比べ本手法は、Data1 では約 7.5 倍の高速化、Data2 では 20 倍の高速化に成功した。

また、Data1 と Data2 の描画時間を比較すると、本手法を使った場合は 43 倍、本手法を使わない場合は 12 倍となるので、データが大きくなればなるほど本手法が有用であることが分かる。

なお今回の実行環境は、HP Compaq Desktop d325 (CPU速度 2.00GHz、メモリ 448MB)および Windows XP である。

5. まとめ

本研究は半透明複数等値面の高速生成を目的とするものである。この解決手段として本報告では、複数の等値面を同時に生成でき、かつ等値面を構成するポリゴンを視点の奥から順に生成できる手法を提案した。本手法ではポリゴンを構成するエレメントを、スカラー値の最小値および最大値、視点からの距離、の 3 値を座標軸とする空間に配置し、この空間上で等値面と交差するエレメントを高速検索する。

今後の課題としては以下の点があげられる。

【結果画像の改善】 図 5(左)のようにズームアウトすると結果画像に穴が空き、図 5(右)のようにズームインすると描画した領域が重なっている。これを改善すべく、等値面を Surfels として生成する[2]。

【勾配に応じた Surfels の大きさ制御】 平らな領域は Surfels を大きくし、細かな曲面になっているところは Surfels を小さくする機能を追加する。Surfels の大きさ制御により、等値面を取ってくる際の高速化と描画時間の高速化が期待できる。

謝辞

流体のシミュレーションデータは東京大学人工物センター白山助教授と同大学同学部同学科河村研究室からご提供いただきました。この場をお借りして感謝の意を表します。

参考文献

- [1] Han-Wei Shen, C. D. Hansen, Y. Linvat, C. R. Johnson: Isosurfacing in Span Space with Utmost Efficiency, Visualization '96, p.287
- [2] Christopher S. Co, Bernd Hamann, Kenneth I. Joy, Reading in Iso-splating: A Point-based Alternative to Isosurface Visualization, 0-7695-2028-6/03, IEEE2003.