

3ZA-08 オブジェクト境界を強調する伝達関数の設計

山口 裕美 立野 玲子^{†‡} 藤代 一成 竹島 由里子[†] 櫻庭 均[‡]

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

[‡] 東京都 臨床医学総合研究所

1 背景と目的

ボリュームビジュアライゼーション (volume visualization) は、多変量の 3 次元分布データであるボリュームの複雑な内部構造や動的振舞いを可視化する技術である。このアルゴリズムは、ダイレクトアプローチとインダイレクトアプローチに二分される。

前者は、ボリュームデータを、そのフィールド値を色や半透明度等の光学的特性に伝達関数 (transfer function) によって変換し、ボリュームレンダリング (volume rendering) を用いて視線方向に積分することで、直接的に可視化する方法である。一方、後者は、ボリュームデータのある種の幾何データに変換し、サーフェスレンダリングを行う方法である。その中の代表的なものに等値面 (isosurface) 表示がある。関心領域 (ROI: Region of Interest) を等値面表示すると、幾何学的特徴を容易に把握することができる。

ところで、ボリュームレンダリングされた画像の品質は、伝達関数の定義によって大きく左右される。情報量の多い描画結果が得られるような伝達関数の自動設計は、現在のダイレクトボリュームビジュアライゼーションにおける最も重要な課題の一つである。

伝達関数の設計には、大きく分けて、2つのアプローチがある。1つは、結果画像の視覚的評価に基づき、伝達関数を改良するもので、遺伝的アルゴリズムを利用した方法 [2] 等が知られている。もう1つは、ボリュームの特徴を反映して、物理的根拠のある伝達関数を決定する方式である。これに関しては、位相解析に基づく設計法 [1] や、ヒストグラムボリュームに基づく方法 [3] が報告されている。

本稿では、ボリュームビジュアライゼーションの2つのアプローチを組み合わせた伝達関数の自動設計法を提案する。具体的には、等値面の ROI がも

つ幾何学的特徴に注目し、ボリューム内の各ボクセルから ROI の境界までの距離を用いて、ROI 付近の構造を明瞭に表示させるように伝達関数を設計する。

2 伝達関数の設計アルゴリズム

ROI のフィールド値を入力データとして、以下の手順に従い、伝達関数を生成する。

1. ROI までの距離算出
2. ヒストグラム (histogram) の作成
3. ピークの選択
4. ローパスフィルタリング
5. ヒストグラムの正規化

各ステップについて、以下で詳しく述べる。

1. ROI までの距離算出

ボリューム内の全ボクセルに対して、ROI までの距離を計測する。計測方法としては、各ボクセルから等値面ポリゴンまでのユークリッド距離を計測するなど、いくつか挙げられる。

本稿では、著者らがこれまで開発してきた形状ベース Voxel Stuffing [5] を使用した。

2. ヒストグラムの作成

ROI 付近を強調するために、全ボクセルに対して距離の逆数を計算し、フィールド値ごとにその総和をとる。そして、横軸にフィールド値、縦軸に総和をとるようなヒストグラムを作成する。

ROI から離れたボクセルが ROI 付近と同じフィールド値をもつようなノイズが多い場合でも、距離の逆数を積算することにより、伝達関数への影響を抑えることができる。

3. ピークの選択

ステップ2で求めたヒストグラムでは、ピークとなる部分が複数存在する可能性がある。そこでまず、フィルタを用いて、ピークの候補を検出する。今回は、1次元微分フィルタを用いた。

この段階では、誤差により生じるものも含まれるので、それぞれのピークがもつ最大値と、距離

Transfer Function Design for Emphzing Object Boundaries, by Yumi Yamaguchi, Reiko Tachino^{†‡}, Issei Fujishiro, Yuriko Takeshima[†], and Hitoshi Sakuraba[‡]

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.

[‡]The Metropolitan Institute of Medical Science 3-18-22 Honkomagome, Bunkyo-ku, Tokyo, 113-8613, Japan.

の逆数和の平均値を比較し、平均値より大きい場合に、ピークとみなす。さらに、これらの中で、フィールド値が ROI のフィールド値に最も近いものを唯一のピークとする。

4. ローパスフィルタリング

ローパスフィルタをかけ、不要な高周波成分を除去する。

ここでは、 $x-1, x, x+1$ (x : 整数, $0 < x < 255$) のフィールド値の平均をとる 3 項間移動平均を用いた。

5. ヒストグラムの正規化

ピークの値を 1 にすると、そのフィールド値もつ部分は不透明になってしまい、視線方向の先に存在する内部構造が見えなくなってしまう。これを避けるため、ヒストグラムの面積が 1 になるように正規化を行う。

以上の結果より、得られるヒストグラムを伝達関数とする。

3 実験

対象データとして、内部変化に富んでいる水素分子の 3 次元電荷密度分布 [4] を選んだ。

ボリュームデータサイズは $129 \times 129 \times 129$ ボクセルで、各ボクセルのフィールド値は 0 から 255 の範囲の整数値をとる。ROI のフィールド値は、水素分子の 2 個の原子核を囲む等値面が、左右に離れようとしている状態にある値を選んだ (図 1)。

ボリュームレンダリングには、AVS Ver.5 を使用した。

図 2(a) は、AVS のデフォルトの不透明度を用いて、ボリュームレンダリングを行ったものである。それに対して、図 2(b) は、本手法による伝達関数を不透明度に適用させたものである。図 2(a) では水素分子の外殻の電荷密度が見えるが、内部の状態は全くわからない。しかし、図 2(b) では、ROI の輪郭だけでなく、その内部まで把握できるように表示されている。

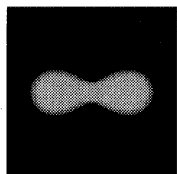


図 1: ROI を与える等値面

4 まとめと今後の課題

本稿では、ROI までの距離を利用した伝達関数の設計を提案した。これにより、ROI の境界が強調されるだ

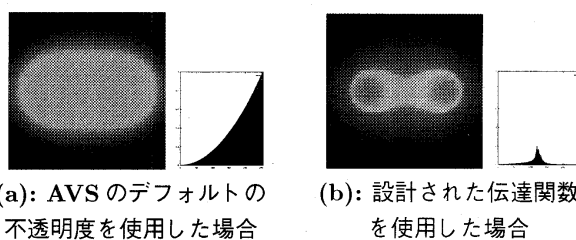


図 2: 実験結果

けでなく、その付近の様子も把握できるようになった。今回は、ROI を単一に限定したが、今後は、複数存在する場合の伝達関数の設計法も検討していく予定である。

本手法で得られる結果より、さらに ROI の強調の度合いを制御したい場合には、得られた伝達関数を既知の関数に近似する関数フィッティングを行う方法が有力である。いくつかのパラメータを操作して、伝達関数の広がり具合等を自由に制御できるようになれば、より使いやすいものになると考えられる。

また、得られた伝達関数を不透明度だけに適用させたが、伝達関数のピーク付近に色相伝達関数のスペクトルを集中させると、さらに内部構造を明確にすることができると考えられる。

参考文献

- [1] I. Fujishiro, T. Azuma, and Y. Takeshima: "Automating Transfer Function Design for Comprehensive Volume Rendering Based on 3D Field Topology Analysis," In *Proc. IEEE Visualization '99*, San Francisco, October 1999, pp. 467-470.
- [2] T. He, L. Hong, A. Kaufman, and H. Pfister: "Generation of Transfer Function with Stochastic Search Techniques," In *Proc. IEEE Visualization '96*, San Francisco, October 1996, pp. 227-234.
- [3] G. Kindlmann and J. W. Durkin: "Semi-Automatic Generation of Transfer Functions for Direct Volume Rendering," In *Proc. Volume Visualization Symposium '98*, Research Triangle Park, October 1998, pp. 79-86.
- [4] Wang, S.: "The Problem of the Normal Hydrogen Molecule in the New Quantum Mechanics," *Physical Review*, Vol.31, pp. 579-586, April 1928.
- [5] 立野 玲子, 山口 裕美, 藤代 一成, 東 多恵子, 櫻庭 均: "形状ベース Voxel Stuffing", 第 59 回情報処理学会全国大会 スペシャルセッション (2) 講演論文集, 1999 年 9 月, pp. 91-96