

3次元医用画像のための インターラクティブ・ボリューム・レンダリング

4 D-5

宮澤 達夫¹⁾ 大槻 泰介²⁾ 吉田 亮¹⁾ 木村 雅彦¹⁾¹⁾日本アイ・ビー・エム株式会社 東京基礎研究所²⁾国立療養所宮城病院 脳神経外科

1. はじめに

近年、ソフトウェア、ハードウェアの進歩に伴い、3次元医用画像データの解析にボリューム・レンダリング法が用いられるようになってきた。ボリューム・レンダリングは、ボリューム・データの投影方法により、レイ・トレーシング法¹⁾、スライス・バイ・スライス法²⁾、スプラッティング法³⁾、セル投影法⁴⁾に分類できる。著者ら⁵⁾は、3次元医用画像のもつ画像サイズ、3次元幾何モデルとの統合表示の観点から、レイ・トレーシング法を採用している。

Levoy¹⁾は、ボリューム・データから計算された色・不透明度ボリュームをレイ・トレーシング法を用いてサンプリングすることにより画像を生成している。この方法では、ボクセル値から色・不透明度へのマッピング関数が増える度に、色・不透明度ボリュームを再計算する必要がある。また、不透明度の高いデータの場合でも、すべてのボクセルについて再計算が必要となる。そこで、著者らは、色・不透明度へのマッピング関数が対話的に変更できるように、直接、ボリューム・データをレイ・トレーシングするVISボリューム・トレーシング法を開発した。

しかし、ボリューム・レンダリング法による画像生成は、10数秒から数10分程度必要とする。著者らは、Successive Refinement法⁶⁾⁷⁾を用いて、画像を生成し、生成途中の画像を順次表示すると同時に、画像生成途中でのユーザーとのインターラクションを可能にすることにより、対話性の改善を図った。

本論文では、Successive Refinement法によるボリューム・レンダリング法の対話性の改善、3次元医用画像解析のためのボリューム・クリップ、データ・プロンプ等の付加的な機能について述べる。

2. Successive Refinement法による対話性の改善

本手法では、最終的な画像が完成してから画像を表示するのではなく、粗い画素間隔で計算された補間画像か

ら、徐々に細かい画素間隔で計算された画像を表示していく。これにより、ユーザーは生成中の画像が期待したものかどうかを、早い時点で判断可能となる。まず、粗い画素間隔でレイ・トレーシング法により正確に画素色値を計算し、それ以降は、画像上の小領域での画素色値のぼらつきに応じて、レイ・トレーシング法あるいは補間により画素色値を計算していく。

また、本手法では、画像生成途中、つまり、ある画像数の計算終了毎に、ユーザーからの割り込みを許すことにより、視点の移動、色、不透明度のマッピング関数の変更等のパラメータの変更が随時可能となっている。ここで、割り込みはイベント駆動型、ダイヤル等からのパラメータ取得はサンプリング型で記述することで、画像表示とユーザーからのアクションとの時間差に起因する操作上の違和感を軽減できる。

本手法を用いることにより、0.5~1秒程度で初期画像の表示が可能である。図1、図2にSuccessive Refinement法を用いて生成された初期画像と最終画像を示す。

3. 3次元医用画像解析のための付加的機能

実際に医師が使用する際には、対話的に画像を生成し表示するだけでなく、3次元空間内の任意の面でボリュームをクリップしたり、そのクリッピング面へ見慣れたオリジナルの医用画像データをグレー・スケールでマッピングするような機能が必要となる。任意のクリッピング面での医用画像データのマッピングは、次の手順で実現される。まず、レイとクリッピング面の交点をサンプリング点として、その周りの8つのボクセルからデータ値が補間され、その補間されたデータ値から初期不透明度を求める。その初期不透明度がある閾値以上の時のみ、色値を補間されたデータ値に対応するグレー色とし、不透明度を1(不透明)として計算する。この処理により、クリッピング面の意味のある領域だけに、医用画像データをマッピングすることが可能となる。

さらに、有効な機能として、医用画像データがマッピングされたクリッピング面上の任意点のデータ値、座標

Interactive Volume Rendering for 3D Medical Images
Tatsuo Miyazawa¹⁾, Taisuke Otsuki²⁾, Ryo Yoshida¹⁾, Masahiko Kimura¹⁾

¹⁾ IBM Research, Tokyo Research Laboratory

²⁾ Miyagi National Hospital, Dep. of Neurosurgery

の表示（データ・プローブ）、任意の2点間の距離の計測等がある。クリッピング面上でのデータ値は、ユーザーによって画面上でピクされた画素を通るレイとクリッピング面との交点をサンプリング点として、データ値を補間することで求まる。なお、交点での初期不透明度がある閾値以上の時のみ、有効であるとする。

以上の機能は、3次元形状を表示しながら、任意方向のクリッピング面に対して可能である。図3に、頭部の3次元医用画像解析の例を示す。

4. 終わりに

Successive Refinement法を用いることにより、ボリューム・レンダリング法の利点を損なうことなく、対話性を改善することができた。また、3次元医用画像解析に実用的に有効な機能も付加することができた。本手法により、3次元医用画像の解析におけるボリューム・レンダリング法の実用性が向上した。

今後は、本手法をマルチ・モダリティの画像解析に応用していきたい。しかし、ここでは、マルチ・モダリティのレジストレーションが重要な課題となる。

【参考文献】

- 1) Levoy, M., "Display of Surfaces from Volume Data", IEEE CG & A, Vol. 8, No. 3, pp. 29-37, 1988.
- 2) Drebin, R. A., Carpenter, L., and Hanrahan, P., "Volume Rendering," Computer Graphics, Vol. 22, No. 4, pp. 65-74, 1988.
- 3) Westover, L., "Interactive Volume Rendering," Proc. Volume Visualization Workshop, pp. 9-16, 1989.
- 4) Upson, C. and Keeler, M., "V-BUFFER: Visible Volume Rendering," Computer Graphics, Vol. 22, No. 4, pp. 59-64, 1988.
- 5) Miyazawa, T., Yoshida, R., Kimura, M., Otsuki, T., "Visualization of 3D Medical Images for Radiotherapy Planning," Proc. IEEE Medical Imaging, 1991.
- 6) Levoy, M., "Volume Rendering by Adaptive Refinement," Visual Computer, Vol. 6, No. 2, pp. 2-7, 1990
- 7) Miyazawa, T., "A High-speed Integrated Rendering Algorithm for Interpreting Multiple-variable 3D Data," Proc. SPIE, Vol. 1459, pp. 36-47, 1991.

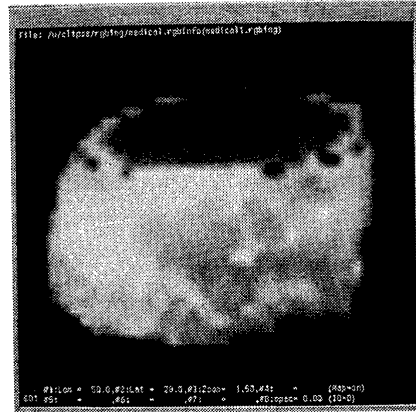


図1 頭部3次元画像（初期画像）

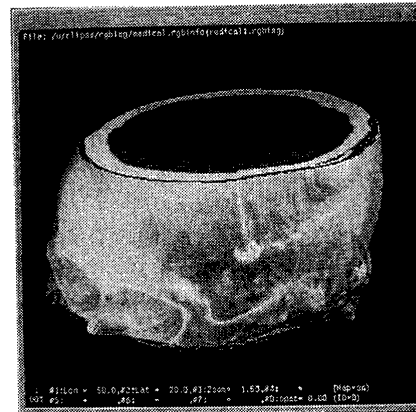


図2 頭部3次元画像（最終画像）

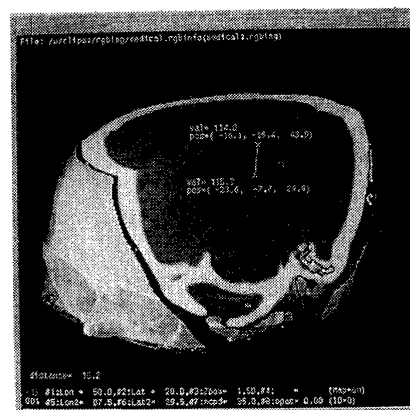


図3 頭部医用画像解析例