

AutoFetus: 超音波ボリュームにおける3次元ROIの抽出

3P-8

山下 優子 藤代 一成 小林 孝† 望月 剛† 田村 英世‡ 山根 大作†

お茶の水女子大学 アロカ(株)† 日本無線(株)‡

1 背景と目的

医療現場では現在もなお、断層画像を中心とした2次元画像診断に頼っている。しかし、断層画像から本来3次元である生体臓器の形状を想起するには、長年の経験と知識が必要とされる。そこで近年、ボリュームレンダリングを用いた3次元医用画像処理の研究・開発がさかんに行われている[1]。本研究では、生体臓器の撮像法の中でも、任意方向から非侵襲的に生体を観察でき、しかも放射線被曝の危険がない3次元超音波を取り扱う。

産科臨床での3次元超音波画像[2]では主たるROI(Region Of Interest)である胎児以外に、胎盤や子宮壁などもレンダリングされてしまうが、医師からは「胎児だけを直接診断したい」という強い要望がある。超音波の特性により、例えば羊水と胎盤の境界は、エコー値から認識できる。しかしながら、胎盤と胎児が接している場合、エコー値による境界認識は不可能なため、胎児の分離が困難になるという問題に直面する。

そこで本研究では、ユーザの視認に重点を置いて、半自動的に3次元ROIを分離・抽出するシステム AutoFetus(An Ultrasonographic Object Feature Extraction Utility System)をAVS[®]上で開発することを目的とする。本稿では、AutoFetusの処理手続きについて、そしてその手続きのメインステップである3次元ROIの抽出について詳述し、現行システムを用いた実験結果を報告する。

2 AutoFetusの処理手続き

AutoFetusでは、図1に示すように大きく4つのステップを設定する。まず、超音波3次元プローブを用いて曲線(curvilinear)格子構造のボリュームデータを獲得する。次に、問題を簡単にするため、曲線データを規則(regular)格子にリサンプリングする。次に、リサンプリングされたデータから断面を切り出し、各断面におけるROIの2次元プロファイル化をベースとして雑音

を3次的に除去し、3次元ROIだけを含むボリュームデータを構成する。抽出されたROIは、ボリュームレンダリングアルゴリズムの代表例であるレイキャスティングによって可視化される。ユーザはその結果画像を観察し、ROIの抽出が不適切であると判断した場合、ROIの抽出ステップに戻ることができる。

対話性に優れたシステムを構築するためには、リアルタイムボリュームレンダリングが必要不可欠となる。リアルタイムボリュームレンダリングアーキテクチャ(例えば、Cube-4[3])に基づいたボリュームエンジンが開発されれば、その利用により、リアルタイムの視認フィードバックが実現できると考えられる。ROIの半自動抽出に関する研究はこれまでに数多く行われている[4]。しかしながら、3次元リアルタイムイメージングのフィードバックを伴うロバスト性は、本システムの最も重要な特長の一つである。

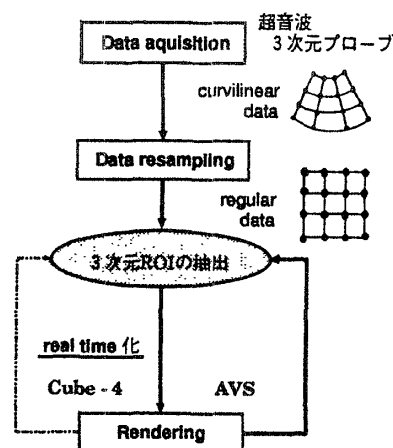


図1: AutoFetusの処理手続き

3 3次元ROIの抽出

レイキャスティングによるレンダリングを前提として、図1の「3次元ROIの抽出」ステップを以下に詳述する。

3.1 抽出法

レイキャスティングのレイの基準点を超音波の照射位置と一致させ、照射位置とROIとの間に存在する雑音を除去することにより、ROIの抽出を行なう。照射位置に対してROIの背後に存在する雑音は、レイキャスティングの性質上、不透明度(opacity)の積算により、最終のピクセル値に対して貢献率が低いことがわかっ

AutoFetus: Extracting 3D ROIs from Ultrasonographic Volume Data

Yuko Yamashita, Issei Fujishiro, Takashi Kobayashi†, Takashi Mochizuki†, Hideyo Tamura‡ and Daisaku Yamane‡
Department of Information Sciences, Ochanomizu University 2-1-1 Otsuka, Bunkyo-ku, Tokyo 112, Japan

†Research Institute, Aloca Co., Ltd.

‡Laboratory, Japan Radio Co., Ltd.

®AVSは米国 Advanced Visual Systems社の商標である。

ているため、ここでは抽出の対象から除外した。よって、3次元ROIを補間曲面でバウンディングし、照射位置側のボクセルのフィールド値に不透明度=0(完全透明)に対応する特別な値を割り当てることで、ROIだけをレンダリングできることになる。

3.2 補間曲面パッチの生成

ボリューム全体に図2に示すような座標系を設定した。そのボリューム全体からx軸または、z軸に垂直な一軸方向にスライスを切りだし、各スライスにおいてユーザの点入力によりROIの境界を2次元プロファイル化する(図2)。これらの点の集合から、補間曲面を生成する。

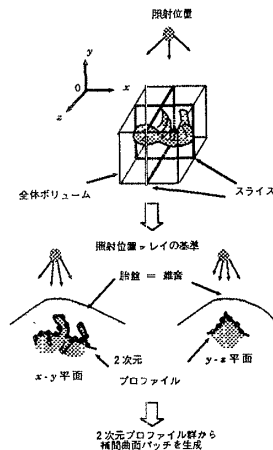


図2: ユーザによる2次元プロファイル化

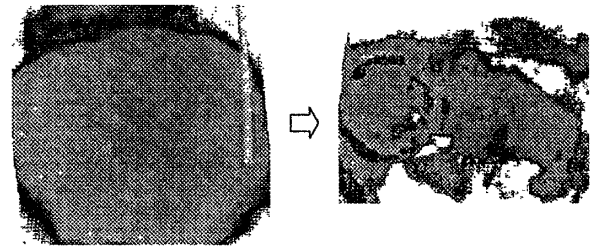
図3に入力操作画面を示す。プロットした点は折線で結ばれている。



図3: 2次元プロファイル指定画面

4 現行システムによる胎児の抽出実験

現時点では、ユーザが入力した点を通る3次元補間曲面パッチ群を生成し、各パッチ上のy座標の最大値より照射位置側に存在するボクセル、すなわちパッチに底面が接する、xz平面に垂直な多角柱内に存在するボクセルのフィールド値に不透明度=0の値を割り当てた。処理前のボリュームレンダリングの結果が図4(a)で、前述の雑音除去処理を施した後の結果が図4(b)である。図4(b)から、左下向きで手を握った胎児が確認できる。



(a) 元の画像

(b) 処理後

図4: 胎児抽出の効果

5 まとめと今後の課題

現行システムを用いて、胎児と照射位置との間に存在する大部分の雑音が除去され、胎児の確認が可能となった。しかし、抽出精度はまだ十分であるとはいえない。

今後の課題として、より精度の高いROIの抽出を行なうことと、ユーザの入力操作性の効率化を図ることが挙げられる。前者については、各ボクセルに対して照射ベクトルに沿った補間曲面とのダイレクトな位置判定を利用する。後者については、胎児の表面エコー値の空間コヒーレンスの高さを利用し、最初の断面のスライスだけ点入力を行ない、それ以降のスライスについては直前のスライスの境界プロファイルをデフォルト設定したり、また、A*アルゴリズムなどを用いて、境界の端点だけ入力すれば、対応する位置のエコー値をもつコンタが増殖的に生成できるといった半自動化の方策を組み込むことを検討していく予定である。

謝辞

貴重な臨床データを御提供頂いた東京大学医学部の岡井 崇先生および馬場 一憲先生に感謝致します。さらに、AVSのモジュール作成に当たり有益なアドバイスを頂いた(株)ケー・ジー・ティーの松本 伸子様に感謝致します。

参考文献

- [1] T. R. Nelson and T. T. Elvins, "Visualization of 3D ultrasound data," *IEEE CG & A*, vol. 13, no. 6, pp. 50-57, November 1993.
- [2] *Ultrasound in Obstetrics and Gynecology*.
<http://133.8.16.86/shizuoka/index-j.html>
- [3] H. Pfister and A. Kaufman, "Cube-4 - A scalable architecture for real-time volume rendering," in *Proc. IEEE/ACM Symposium on Volume Visualization*, pp. 47-54, October 1996.
- [4] G. Sakas and S. Walter, "Extracing surfaces fuzzy 3D-ultrasound data," in *Proc. SIG-GRAPH '95*, pp. 465-474, August 1995.