

ボリューム骨格木に基づく自動断面生成

森 悠紀[†] 高橋 成雄^{††} 五十嵐 健夫[‡] 竹島 由里子[§] 藤代 一成^{*}

[†]お茶の水女子大学 理学部 情報科学科

^{††} 東京大学 大学院 総合文化研究科

[‡] 東京大学 大学院 情報理工学系研究科

[§] 日本原子力研究所 計算科学技術推進センター

^{*} 東北大学 流体科学研究所

1 背景と目的

ボリュームデータを可視化する手法はアプローチの違いから大きく2つの方法に分類できる。ボリュームデータ全体を半透明な画像として表示するダイレクトボリュームレンダリング(DVR)と、断面、等値面、区間型ボリュームなどを用いて幾何学的に表示するインダイレクトボリュームレンダリング(IVR)である。可視化したいデータの構造が未知の場合にはDVRを用いて概要を把握する手法が用いられるが、詳細を理解するためにはIVRが用いられている。特に、内部に複雑な構造をもつボリュームデータの場合には断面を見ることで内部構造を理解しやすくなる場合が多い。このとき、ボリュームデータが3次元であるのに対して断面は2次元であることから、対象の特徴をよく表した断面を抽出する必要がある。ところが、既存の断面生成システムでは、ユーザが経験や知識をもとに試行錯誤を繰り返して生成する断面を指定するため、効率的であるとはいえない。そこで本研究では、この問題を解決するために、複数の特徴的な断面を自動的に提示する手法を提案する。

2 位相構造表現

ボリュームの位相構造に基づいたパラメタ調整(parameter tweaking)[1]を包括的に研究しているプロジェクトでは竹島らによってボリューム骨格木(VST: Volume Skeleton Tree)[2]が提案された。VSTとは、フィールド値の変化に伴って生じる等値面の生成、分

岐、併合、消滅をトレースして得られるボリュームの位相骨格表現で、ノードは臨界点を、リンクは等値面の連結成分をそれぞれ示す。このVSTを利用することにより、従来困難であったボリュームレンダリングを実行する際の伝達関数設計問題が容易になった[2]。また、等値面表示でもボリュームの特徴をよく表した臨界等値面や代表等値面[3]を得ることができた。さらに、VSTによって得られる区間型ボリュームの入れ子構造を正確に解析することによって区間型ボリューム分解器(IVD: Interval Volume Decomposer)[4]も実現された。しかし、VSTは断面生成には適用されていない。

3 断面生成

本研究では、さまざまな特徴をもつ断面を自動的に複数枚生成するために、VSTから導出される位相的特徴を利用する。

3.1 事例

図1(a)のような解析的関数ボリュームを考える。こ

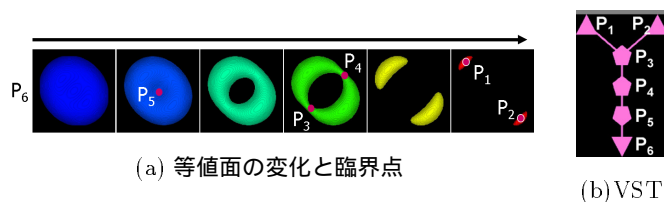


図 1: 解析的関数ボリュームの位相解析

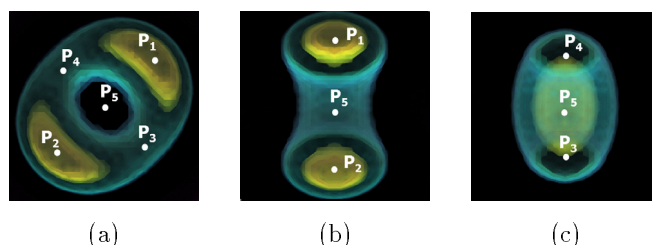


図 2: 解析的関数ボリュームの断面例

Automatic Cross-Sectioning Based on Volume Skeleton Trees

[†]Yuki Mori, Department of Information Sciences, Ochanomizu University

^{††}Shigeo Takahashi, Graduate School of Arts and Sciences, The University of Tokyo

[‡]Takeo Igarashi, Graduate School of Information Science and Technology, The University of Tokyo

[§]Yuriko Takeshima, Center for Promotion of Computational Science and Engineering, Japan Atomic Energy Research Institute

^{*}Issei Fujishiro, Institute of Fluid Science, Tohoku University

のボリュームデータには $P_1 \sim P_6$ の6個の臨界点が存在する．対応するVSTは図1(b)のように表現される．このボリュームデータの特徴的な断面は，図2のように，多くの重要な臨界点を通る断面(a)のほか，対称軸と重要な臨界点を通る断面(b)，(c)などが挙げられる．

3.2 断面抽出手法

問題を簡単にするために直断面を考える．断面を自動的に抽出する手法としては，現在のところ2通り用意した．

1つ目は，抽出されたVSTのノードを点群とみたときの分布の主軸を求める手法である．これにより，等値面の位相がまさに変化しようとしている断面を得ることができる．この断面を位相変化断面とよぶ．

もう一方は，抽出されたVSTからリンクに注目する手法である．リンクは区間型ボリュームに対応しているので，区間型ボリュームに含まれるボクセルを点群として重みを考慮した分布から主軸を求める．この断面を代表位相断面とよぶ．代表位相断面を求める際，この手法で断面生成する前にIVDを用いて，区間型ボリュームを取り除いてから断面を求めることも可能である．

どちらの手法も3本の主軸が求まる．このうち対応する固有値の一番小さい主軸を法線とし，ボリュームの重心を通るような平面を選択することで，点群をより多く含むような平面が選択できる．

4 実験

本手法の有効性を検証するため，OSにVineLinux2.6，言語にC++，ライブラリにOpenGLを使用してプロトタイプを実装した．IVDと融合したシステムになっているため，解析の際にIVDを用いることも容易にできる．

まず，陽子と水素原子の衝突シミュレーションデータ[5]を用いて実験した．このデータ全体を，VSTをもとに位相を強調した伝達関数を設計してボリュームレンダリングした画像を図3(a)に示す．これに対して，位相変化断面を図3(b)に，代表位相断面を図3(c)にそれぞれ示す．図3を比較してみると，(b)，(c)ともに衝突の瞬間をよく表した断面が得られていることがわかる．

次に，歯のCTボリュームデータ[6]を用いて実験した結果が図4である．図4(a)にデータ全体をVSTをもとに位相を強調した伝達関数を設計してボリュームレンダリングした画像を示す．位相変化断面を図4(b)に，代表位相断面を図4(c)にそれぞれ示す．図4を比較してみると，(b)は歯の根元部分が消えてしまい情報が欠落しているが，(c)は歯全体の特徴をよく表した断面が得られている．

どちらの手法の断面がより好ましいかはデータによって異なるため，ユーザの判断に委ねる．

既存のシステムを用いて特徴的な断面を得るには，試行錯誤を繰り返さなければならなかった．本研究の手法を用いることにより，ユーザが必要とする断

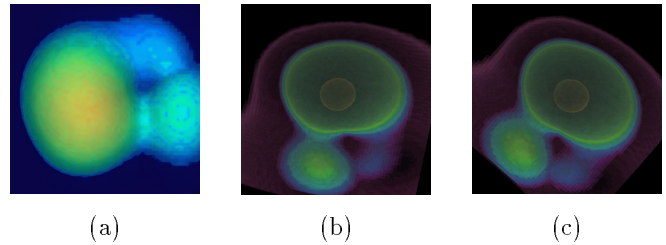


図3: 陽子と水素原子の衝突シミュレーションデータによる断面の比較:(a)位相構造強調表示のボリュームレンダリング;(b)位相変化断面;(c)代表位相断面

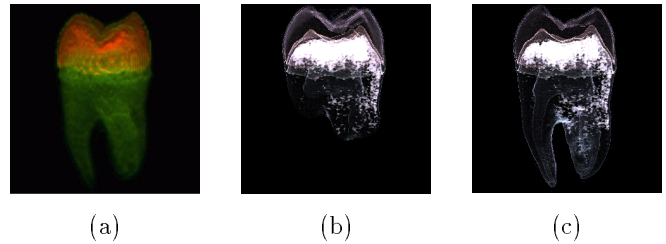


図4: 歯のボリュームデータによる断面の比較:(a)位相構造強調表示のボリュームレンダリング;(b)位相変化断面;(c)代表位相断面

面を効率的に生成することができ，対象に関する洞察が効果的に得られると考えられる．

5 まとめと今後の課題

本稿では，ボリューム骨格木を用いてボリュームデータの特徴的な断面を自動で複数生成する手法を提案した．今後は，断面生成手法として，重要な等値面を断面が通過するような切断手法や軸を考慮した手法を検討する．

また，ボリュームの断面は平面に限らず，NURBS曲面も扱いたい．臨界点からNURBS曲面の制御点を抽出する方法を今後検討する．

参考文献

- [1] 藤代 一成:「フルードインフォマティクスにおける高度可視化技術」, 先端技術フォーラム:フルードインフォマティクス(流体情報学), F02-(3), 日本機械学会 2004 年度年度大会講演資料集 Vol. 8, pp. 79-80, 札幌, 2004 年 9 月
- [2] S.Takahashi, Y.Takeshima and I.Fujishiro: “Topological Volume Skeletonization and its Application to Transfer Function Design,” *Graphical Models*, Vol.66, No.1, pp.22-49, 2004.
- [3] 徳永 百重, 竹島 由里子, 高橋 成雄, 藤代 一成:「位相解析に基づくボリュームビジュアライゼーションの高度化」, 画像電子学会誌, Vol.32, No.4, pp.418-427, 2003 年 7 月
- [4] S. Takahashi, I. Fujishiro and Y. Takeshima: “Interval Volume Decomposer: A topological approach to volume traversal,” To appear in *Proc. SPIE VDA 2005*, 2005.
- [5] I.Fujishiro, Y.Maeda, H.Sato and Y.Takeshima: “Volumetric Data Exploration Using Interval Volume,” *IEEE TVCG*, Vol.2, No.2, pp.144-155, 1996.
- [6] <http://visual.nlm.nih.gov/data/>