

審査の結果の要旨

氏名 大和田 茂

本論文は、エンドユーザー向けのボリュームグラフィックスにおける最大の困難はユーザーインターフェースにあるという立場から、特殊な入力デバイスを用いることなしにボリュームデータを取り扱う様々な手法を提案している。

本論文は8章からなっている。第1章はコンピュータグラフィックスの一般論からグラフィックス研究におけるボリュームグラフィックスの位置づけ、さらには本論文の主たる貢献の概説がなされる。第2章はボリュームグラフィックス全般のサーベイである。第3章はボリュームデータ構造を用いたスケッチベースの形状モデラーの提案である。第4章は物体の切断面を定義することでボリューム的な構造を定義する新たなデータ構造およびインターフェースの提案である。第5章は平行な輪郭線列を補間して表面を再構築する際に、最適解の発見に効果的なトポロジーの列挙手法を提案している。輪郭線列は、CTスキャンなどから得られたボリュームデータのセグメンテーション付加情報として、ユーザーが与えることの多いデータである。第6章では、ボリュームデータのセグメンテーションにおいて、レンダリング画像に直接ユーザーが対象領域のシルエットをなぞることで効率的に情報を与えるインターフェースの提案である。第7章では、マウスを用いてボリュームデータとインタラクションするコンテンツが提示される。第8章では本研究のまとめと今後の課題について述べられている。以下に各章の内容について述べる。

実用に供されるグラフィックスシステムの多くでは物体を外界との境界面のみで表現するサーフェスグラフィックスが使われている。この表現は複雑な動きをしない、不透明な物体の表現には適しているが、実世界に近い処理を行おうとすればするほど、様々な問題が起こってくる。そのようなケースを適切に扱うにはボリュームデータが必要だが、ボリュームデータは次元が高いため、取り扱いが困難である。この問題点を解決するには、ユーザーインターフェース上の工夫が不可欠である。そこで、本論文では特殊なデバイスを用いることなくボリュームデータを直感的に扱うためのシステムをいくつか提案し、それを通じてこれまでの限定された用法でなく、より広くボリュームグラフィックスが実用に供されることを狙っている。

第3章と第4章は、ユーザーが(二次元画像を用いながらも)スクラッチから手作業でボリュームデータを作成するようなシステムの提案である。第3章では、二次元のスケッチを用いてボクセルデータをモデリングするシステムを提案している。既存手法と異なり、データ構造としてボクセルを用いることにより、穴あき物体など、トポロジー変化を自然に扱えるようになり、実装も簡単化された。また、穴あき物体をモデリングするためのジェスチャー(特殊なストローク入力による機能)をいくつか提案し、短時間である程度複雑な形状が作成できる。

第4章では、物体を切断した時に現れる断面画像を二次元的画像処理によって合成し、あたかも内部にテクスチャが定義されているかのように提示するシステムを提案している。モデリングの際には、二次元の画像と三次元のサーフェスモデルを入力とし、それらの対応を定義する。この対応関係は三次元の関数として保持される。ユーザーが物体を切断した際には、システムは断面上で三次元の対応関係関数をサンプリングして二次元のコントロール画像を動的に作り、さらに、モデリング時に指定された二次元画像を用い、テクスチャ合成の変形アルゴリズムによって断面画像が生成される。貼りつけ方には、三通りが定義されている。この手法を用いると、ボリューム的なコンテンツを簡単に作成できるうえ、必要なメモリ量も少なくよい。

第5章と第6章は、CTスキャンなどのキャプチャーデバイスを用いて実世界から取り込まれたデータを対象と

している。特に、ボリュームデータのセグメンテーション処理を簡単にするためのシステムの提案である。よいセグメンテーションのためには、現状では手作業で付加情報を与えることが必要であるため、これをどのように与えるかというのは大きな問題である。

第5章では、ユーザーは断面画像のいくつかに、対象領域の輪郭線を描きこむものとし、その結果現れる輪郭線集合を補間して境界面を計算するためのシステムについて述べている。補間面を生成するには評価関数を用いて形状を逐次改善することがよく行われるが、通常この評価関数は補間面のトポロジー(分岐や穴の数など)が何通りも考えられる場合に効果的に結果を出力することができない。そこで本章では、可能なトポロジーを全て列挙する方法を考案し、それによりグローバル最適解を求めやすくしている。評価関数そのもののデザインには踏みこんでいないが、列挙によってグローバル最適解を求める可能性を示したという点が主な貢献である。

第6章では、ユーザーの入力を最小限に抑えることを目的として、物体の断面画像ではなく、レンダリング画像に直接対象領域を描きこむユーザーインターフェースを提案している。ユーザーが描いた二次元のストロークに対しシステムが自動的に奥行きを付加し、その三次元の曲線位置を用い、最終的には既存手法でセグメンテーションが行われる。ユーザーが領域の輪郭をなぞったとすると、三次元的にはその部分のボリュームデータのグラディエントが視線方向に垂直になっているはずである。この仮定を基に二次元のパス最適化問題を解くことによって、ストロークの三次元化を行っている。これにより、ユーザーは物体を切断することなく、直感的に自分の意図する領域を指定できるようになった。

第7章では、ユーザーが作成したデータおよびスキャンデータの両方をデータソースとして、マウスのみを用いて比較的複雑なインタラクションを行うコンテンツを提案している。このコンテンツは料理をテーマとしており、飾り切りと呼ばれる複雑な切断方法を、特殊なデバイスを使わずに行うことを可能にしている。

第8章では、提案した全システムを包括し、これらによってボリュームグラフィックスの実用性が高まり、新たなユーザーを開拓する可能性がある」と結論づけている。

これらのインターフェース上のアイデアにより、ボリュームグラフィックスの実用性が高まり、より広範な分野に適用されることを実証している。よって本論文は博士(情報理工学)の学位請求論文として合格と認められる。