

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 24 年 6 月 11 日現在

機関番号：12601

研究種目：若手研究（B）

研究期間：2009年度～2011年度

課題番号：21700094

研究課題名（和文）内部構造を持つ3次元モデルの作成手法に関する研究

研究課題名（英文） Designing 3D models with internal structures

研究代表者

五十嵐 健夫（IGARASHI TAKEO）

東京大学・大学院情報学環・教授

研究者番号：80345123

研究成果の概要（和文）：

以下のような成果を得た。Layered Solid Texture Synthesis from a Single 2D Exemplar：一枚の断面画像から、立体的なテクスチャ要素を合成する手法を開発した。Volumetric Modeling with Diffusion Surfaces：アボガドやピーマンのように、物体内部の色が滑らかに変化するような3次元モデルの表現方法を開発した。GeoBrush：Interactive Mesh Geometry Cloning：3次元モデルを効率的に生成する方法として、既存の3次元モデルの一部を別の3次元モデルの上に移し替える手法を開発した。

研究成果の概要（英文）：

We developed following three methods. Layered Solid Texture Synthesis from a Single 2D Exemplar: This is a method to generate 3D solid texture exemplar from single bitmap image. Volumetric Modeling with Diffusion Surfaces: This is a method to represent 3D models with smoothly varying internal color such as avocado and paprika. GeoBrush: Interactive Mesh Geometry Cloning: This is a method to place a part of a 3d model to the surface of another 3D model.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	1,100,000	330,000	1,430,000
2010年度	900,000	270,000	1,170,000
2011年度	1,300,000	390,000	1,690,000
年度			
年度			
総計	3,300,000	990,000	4,290,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：情報学・メディア情報学・データベース

キーワード：コンピュータグラフィクス、ユーザインターフェイス、3次元モデリング

1. 研究開始当初の背景

近年の3次元CG技術の目覚ましい発達により、一般ユーザでも3次元CGを用いたムービーやゲームなどの作品を生み出すこと

ができる時代になりつつある。また様々なレンダリング技術を用いることで、非常にリアリティの高い描画結果を得ることが可能となった。

しかしこのような現在広く使われている手法は基本的に、まず物体表面の形状を定義し、次にそこに割り当てる材質を定義し、最後にその表面を描画するというものであり、その物体の内部にどのような3次元構造が含まれているのかという情報までは扱えないことが普通である。従ってこのように作成された3次元モデルに対して、切断する・皮を剥く・引き裂くといった内部構造を露出させる操作を行うことは、現在の技術では非常に困難である。しかしこういった操作は我々が実世界の物体に対して日常的に行うものであり、それを計算機上の仮想空間でも行いたいというのは極めて自然な欲求であると言える。

一方、計算機上で物体の3次元構造を扱うための既存の技術としてまず挙げられるのは、医療や工業の分野で広く用いられているCTやMRIによるスキャン手法[である。これらの特殊な装置を用いることで、物体内部の情報を表す値が3次元的に並んだボリュームデータと呼ばれる配列を計測することができ、これをさらに高性能の計算機を用いて処理することで、物体の内部構造を解析・可視化することができる。しかしこの方法は専用の装置と高度な知識を備えた専門家にしか使えないものであり、一般ユーザにとって野菜・果物などの身近な物体の内部構造をデータとして取得し、さらにそれを利用したコンテンツを制作することは依然として困難である。また最終的な結果にユーザの意向を反映させるためには、実世界のデータを計測できるだけでは不十分であり、使いやすいユーザインタフェースによって思い通りのボリュームデータをデザインすることが必要である。

内部構造を持つ3次元モデル(ソリッドモデル)を計測によらずに作成する既存手法としては、以下のようなものがある。まず手続き的な手法では、大理石など特定の材質を特定の数式によって表現することで、少ない計算資源でリアルなソリッドモデルを生成することができるが、高度なプログラミングが要求されるため、専門家以外には扱いが難しいという問題がある。アスファルトや火成岩など、多数のマクロな粒子とその隙間を満たす媒質で構成されるような材質のみに特化した手法では、扱える対象が限定されるという問題がある。実物の断面写真と3次元モデルの位置関係を対応付け、その後任意の断面上でテクスチャを2次元的に合成するという手法は、ユーザインタフェースが初心者にとって分かりやすく、また野菜や果物など複雑な物体をモデリングできるという点で優れているものの、しばしば不自然な結果を生む

という問題がある。2次元画像を元に3次元テクスチャを直接合成する手法では、美しい結果を得ることができるが、テクスチャのサイズが大きくなると計算コストが爆発的に大きくなるという問題がある。

2. 研究の目的

そこで我々は、より使いやすいユーザインタフェースで、より多くの種類のソリッドモデルをデザインできる手法を研究する。断面の写真の元にして、ユーザが適切に対応関係や大体の3次元構造を与えると、計算機が自動的に中身の詰まった3次元モデルを生成するようなシステムの開発を目指す。内部的には、テクスチャの局所的な特徴を表現した3次元テクスチャサンプルを生成し、それを3次元物体内部に繰り返し貼り付けることで全体的なモデルを表現する。その際に、テクスチャサンプルの合成の仕方を設定したり、繰り返し貼り付けるときの貼り付け方を自由にユーザが指示したりできるように工夫を行う。

さらに、本手法を利用したさまざまなアプリケーションを開発し、提案手法の有用性を検証する。具体的には、切断する・皮を剥く・砕く・引き裂くといった基本的な操作を提供するシステムを開発し、これを元に料理練習システムなどのアプリケーション例を開発する。

3. 研究の方法

初年度においては、与えられたサンプルを元に、全体的な内部構造を構成するためのアルゴリズムおよびそれを自由にデザインするためのユーザインタフェースの設計を行った。次年度においては、3次元構造なテクスチャサンプルを2次元構造なサンプルから生成するための手法の開発を行った。最終年度においては、開発した技術を応用するためのアプリケーションの開発を行い、さまざまな対象に対して実証実験を通じて有効性を検証した。

4. 研究成果

以下のような成果を得た。

Layered Solid Texture Synthesis from a Single 2D Exemplar: 一枚の断面画像から、立体的なテクスチャ要素を合成する手法を開発した。基本的な手法は従来手法と同様に、要素ごとに最も似ている場所を取ってくるというものであるが、それだと近傍の要素がみな同じ場所にマッチして不自然な絵ができてしまうので、意図的に同じ場所にマッチしないような機構を導入した。

Volumetric Modeling with Diffusion Surfaces: アボガドやピーマンのように、物体内部の色が滑らかに変化するような3次元モデルの表現方法を開発した。本手法は、色が滑らかに変化するような絵を描くための手法として開発された diffusion curves の3次元への拡張であり、サーフェスに対して色を割り当てると、その間の空間の色が補完によって得られるというものである。計算を高速に行う方法として、GPUを利用した計算手法を提案している。

GeoBrush: Interactive Mesh Geometry Cloning: 3次元モデルを効率的に生成する方法として、既存の3次元モデルの一部を別の3次元モデルの上に移し替える方法を開発した。特に、つなぎ目を滑らかにつなぐために、特別な処理を行っている。具体的には、まず全体的な形状を green coordinates と呼ばれる方法で変形し、その上で、discrete exponential map と呼ばれる方法で、細かい調整を行っている。計算は非常に高速であるため、インタラクティブに移し替える場所を変えながら結果を確認することができるようになっている。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 2 件)

- ① Kenshi Takayama, Ryan Schmidt, Karan Singh, Takeo Igarashi, Tamy Boubekeur, Olga Sorkine. GeoBrush: Interactive Mesh Geometry Cloning. Computer Graphics Forum, 30(2) (proceedings of Eurographics 2011)

<http://www-ui.is.s.u-tokyo.ac.jp/~kenshi/GeoBrush/index.html>

- ② Kenshi Takayama, Olga Sorkine, Andrew Nealen, Takeo Igarashi. Volumetric Modeling with Diffusion Surfaces. ACM Transactions on Graphics Vol. 29, Issue 6 (SIGGRAPH Asia 2010), Article 180
http://www-ui.is.s.u-tokyo.ac.jp/~takeo/papers/takayama_sasia2010_diffusion.pdf

[学会発表] (計 3 件)

- ① Kenshi Takayama, Ryan Schmidt, Karan Singh, Takeo Igarashi, Tamy Boubekeur, Olga Sorkine. GeoBrush: Interactive Mesh Geometry Cloning. Eurographics 2011. Bangor Univ. (英国)

- ② Kenshi Takayama, Olga Sorkine, Andrew Nealen, Takeo Igarashi. Volumetric Modeling with Diffusion Surfaces. SIGGRAPH Asia 2010. 2010/12/18. Coex Convention & Exhibition Center (韓国)
- ③ Kenshi Takayama, Takeo Igarashi. Layered Solid Texture Synthesis from a Single 2D Exemplar. ACM SIGGRAPH 2009 Posters. 2009/8/3. New Orleans, USA

[その他]

ホームページ等

<http://www-ui.is.s.u-tokyo.ac.jp/~kenshi/LayeredSolidSynthesis/index.html>

<http://www-ui.is.s.u-tokyo.ac.jp/~kenshi/DiffusionSurfaces/index.html>

<http://www-ui.is.s.u-tokyo.ac.jp/~kenshi/GeoBrush/index.html>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

五十嵐 健夫 (IGARASHI TAKEO)
東京大学・大学院情報学環・教授
研究者番号：80345123

(2) 研究分担者

研究者番号：

(3) 連携研究者

()

研究者番号：

(4) 研究協力者

高山 健志 (TAKAYAMA KENSHI)
東京大学・大学院情報理工学系研究科・博士課程学生 (2012.3 卒業)

