

平成 21 年 6 月 8 日現在

研究種目：若手研究 (B)  
 研究期間：2007～2008  
 課題番号：19700084  
 研究課題名（和文） ネットワーク環境下における高品質 3D コンテンツのための  
 陰関数曲面表現  
 研究課題名（英文） Implicit surface representation for high-quality 3D contents  
 on network environments  
 研究代表者  
 金井 崇 (KANAI TAKASHI)  
 東京大学・大学院総合文化研究科・准教授  
 研究者番号：60312261

## 研究成果の概要：

近年、インターネットによるネットワーク環境下でリアルタイム 3DCG (3次元コンピュータグラフィクス) を表現するための Web3D と呼ばれる技術が進展著しく、さらに、ユーザが Web3D コンテンツを閲覧・操作するクライアント端末のハードウェアやその環境が多様化してきている。その一方で、対応する技術がまだ未整備であることや、Web3D で利用される高品質な形状表現形式が整備されていないなど、Web3D はまだ世の中に広く浸透・普及しているとは言い難い。そこで本研究では、ネットワーク環境下における 3D コンテンツの品質の向上のための技術、および、Web3D において多様化するユーザの利用環境に対応するための技術を確立することを目的とする。そのために、ここでは近年の進展著しい曲面表現である陰関数曲面に注目し、Web3D における高品質な 3D コンテンツの閲覧・操作のための基盤技術を開発した。

## 交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2007 年度	1,300,000	0	1,300,000
2008 年度	1,400,000	420,000	1,820,000
年度			
年度			
年度			
総計	2,700,000	420,000	3,120,000

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：可視化，計算機システム，グラフィクス，Web3D，陰関数曲面

## 1. 研究開始当初の背景

近年、インターネットによるネットワーク環境下でリアルタイム 3DCG (3次元コンピュータグラフィクス) を表現するための技術が進展著しく、さらに、ユーザが Web3D コンテンツを閲覧・操作するクライアント端末のハ

ードウェアやその環境が多様化してきている。その一方で、対応する技術がまだ未整備であることや、Web3D で利用される高品質な形状表現形式が整備されていないなど、Web3D はまだ世の中に広く浸透・普及しているとは言い難い。

一方で、ごく最近 CG の分野では、点群ベ

ースの陰関数曲面である MPUI (Multi-level Partition of Unity Implicit) や, SLIM (Sparse Low-degree Implicit) が提案され, 発展の兆しを見せている. MPUI や SLIM の表現能力としては, 機械系 CAD で用いられているような, 高次多項式によるパラメトリック曲面と同等の滑らかさを持ち, かつ, 折り目や角などの鋭角特徴をも表現することが可能である. また, パラメトリック曲面とは異なり, 集合演算や形状間のブレンドも容易に行うことができる. このように, 陰関数曲面は潜在能力の非常に高い表現形式とすることができる.

## 2. 研究の目的

本研究では, ネットワーク環境下における 3D コンテンツの品質の向上のための技術, および, Web3D において多様化するユーザの利用環境に対応するための技術を確立することをその目的とする. そのために, ここでは近年の進展著しい曲面表現である陰関数曲面に注目し, Web3D における高品質な 3D コンテンツの閲覧・操作のための基盤技術を開発する.

## 3. 研究の方法

陰関数曲面, ここでは SLIM を用いたネットワーク環境下における高品質な 3D コンテンツの閲覧・操作のための基盤技術として, Web3D 用データフォーマットの制定, レンダリングエンジン, 幾何エンジン, アニメーションエンジンの開発を行った. これにより, 本研究の目標である 3D コンテンツの品質の向上, および, 多様化するユーザの利用環境に応じた技術の確立が達成できたものと確信している.

## 4. 研究成果

研究成果は, 主に 4 つの項目が挙げられる. 以下に順に示す.

### データフォーマットの制定とレンダリングエンジンの開発

陰関数曲面データフォーマットの標準化の一つとして, SLIM のデータフォーマットを X3D における拡張形式として規定したのに加え, X3D の Script ノードを利用することアニメーション機能を定義した. また, 既存のレンダリングエンジンをこれに対応した. また, 最近のグラフィックスハードウェアの

性能の向上に伴い, 陰関数曲面のレンダリングエンジンをそれに対応することで, 描画速度や画質の大幅な向上を実現した. また, 時系列を含むような 4 次元データにも対応した.

### 陰関数曲面上の高速な経路算出手法の開発

陰関数曲面上の近似測地線を計算する新しいアルゴリズムを提案した. この方法の特徴は, 曲面上の測地線のすべての計算を離散的な解法で求めることにある. 曲面上にサンプリングされた点群より離散グラフを構成し, ダイクストラのアルゴリズムで初期解を求める. この初期解をもとに, より詳細化された局所的な離散グラフの作成とパスの計算を繰り返すことで, 測地線が存在する領域を絞っていく. この方法には数々の特徴がある. (局所的な) 離散グラフの生成と経路の計算の繰り返しだけで計算されるため, 手法としてはシンプルで実装が単純であり, 精度の高い測地線を非常に高速に計算することができる. また, 陰関数曲面でよく見られるような鋭角特徴に対しても対応している. さらに, 曲面の測地線の定義から導かれる条件を利用し, 経路の正確さをチェックすることで, 計算される測地線の誤差の減少に生かすことができる.

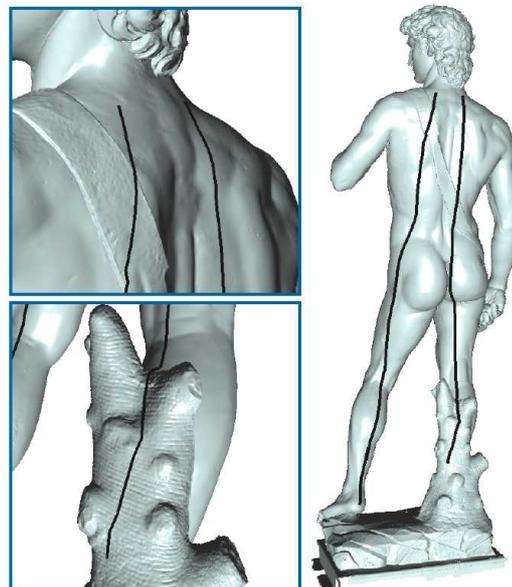


図 1: 近似最短経路算出手法による大規模 SLIM 上での計算結果. 左側が拡大図を示す.

### 陰関数曲面間の補間手法の開発

SLIM を 4 次元に拡張することで, 4 次元陰関数を用いた時系列を持つ連続断面画像を利用した陰関数曲面間の補間手法, および可

視化手法を提案した。提案手法は、2 値化した連続断面画像に対して、SLIM を当てはめることで 4 次元陰関数曲面モデルを生成する。提案手法により、任意の時間における 3 次元形状が簡単に計算できる 4 次元陰関数曲面モデルが得られる。そして本手法を用いた実験により動きを持つ形状の可視化に対する有用性を示した。

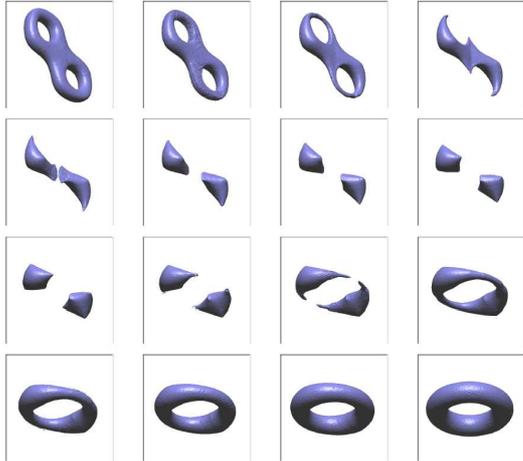


図2: 提案手法による 2-torus から 1-torus への補間結果。

#### 陰関数曲面を用いた弾性体変形アニメーションの開発

SLIM に対して弾性体的変形アニメーションを行う手法を、SLIM との相性を考え粒子法の中からいくつか取り上げ検討を行った。そのことを踏まえ、この SLIM によって表現される複雑な形状を、リアルタイムに弾性体的変形するアニメーションを作成するための枠組みを提案した。ここでいう「弾性体的変形」とは、厳密に弾性体の構成式に従った動きではないものの、弾力のある物体の動きに見えるような変形のことを言う。この新たな手法は、アニメーション作成の利便性を向上させることを期待するものであり、実験を通じてそのことを実際に検証した。



図2: SLIM の弾性体変形アニメーションの結果例。

#### 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 7 件)

Yutaka Ohtake, Takashi Kanai, Kiwamu Kase, Hiromasa Suzuki: “Deformation and Polygonization of Surfaces Represented by Locally Supported Polynomials”, Proc. 4th China Korea Joint Conference on Geometric and Visual Computing & IJCC Workshop, pp.167-168, 2008. 査読有

Takashi Kanai, Yutaka Ohtake: “Discrete Shortest Paths on Smooth Surface Representations”, Proc. IEEE International Conference on Shape Modeling and Applications, pp.283-284, 2008. 査読有

金井 崇: “モデリング”, 画像電子学会誌, Vol. 37, No.6, pp.807-808, 2008. 査読無

Hiroshi Watabe, Yutaka Ohtake, Takashi Kanai, Takashi Michikawa, Kunio Kondo: “Shape Representation for Time-varying Volumes using 4D Implicit Functions”, 1st IEEEJ Image Electronics and Visual Computing Workshop, 2B-4, 2007. 査読有

Daiki Takasao, Takashi Kanai, Yasushi Yamaguchi: “A Fast Voxel Ordering Method for Splat-Based Volume Rendering on GPUs”, 1st IEEEJ Image Electronics and Visual Computing Workshop, 1B-5, 2007. 査読有

金井 崇, 大竹 豊, 川田 弘明, 加瀬 究: “GPU を用いたレイキャスティング法による陰関数曲面表示”, 画像電子学会誌, Vol.36, No.4, pp.335-343, 2007. 査読有

Takashi Kanai: “Fragment-based Evaluation of Non-Uniform B-spline Surfaces on GPUs”, Computer-Aided Design and Applications, Vol.4, Nos.1-4, pp.287-294, 2007. 査読有

[学会発表](計 4 件)

高棹 大樹, 金井 崇, 山口 泰: “PC 環境における大規模ボリュームデータの実時間表示法”, グラフィクスと CAD / Visual Computing 合同シンポジウム, 2008 年 6 月 21 日. 査読有

本間 大士, 金井 崇, 安生 健一: “独

立成分分析を用いた布のアニメーションの制御”, 情報処理学会 第 130 回グラフィックスと CAD 研究会, Vol. 2008, No.14, 2008-CG-130, pp.85-90, 2008 年 2 月 19 日. 査読無

金井 崇, 大竹 豊, 加瀬 究: “SLIM 曲面による形状モデリングに関する研究”, 画像電子学会 ビジュアルコンピューティングワークショップ, 2007 年 10 月 19 日. 査読無

渡部 広志, 大竹 豊, 金井 崇, 道川 隆士, 近藤 邦雄: “4 次元陰関数を用いた時系列連続断層画像の形状表現”, グラフィックスと CAD / Visual Computing 合同シンポジウム, pp.209-214, 2007 年 6 月 23 日. 査読有

〔図書〕(計 2 件)

金井 崇: “画像電子情報ハンドブック” (第 II 編 2.2 ~ 2.4 分担執筆), 東京電機大学出版会, 996 ページ, 2008.

鈴木 賢次郎, 横山 ゆりか, 金井 崇: “3D-CAD/CG 入門 - Inventor と 3ds Max で学ぶ図形科学 - ”, サイエンス社, 189 ページ, 2008.

〔その他〕

ホームページ等

<http://graphics.c.u-tokyo.ac.jp/~kanai/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

金井 崇 (KANAI TAKASHI)

東京大学・大学院総合文化研究科・准教授  
研究者番号: 60312261

(2) 研究分担者

なし

(3) 連携研究者

なし