

機関番号：32508  
研究種目：若手研究（B）  
研究期間：2009～2010  
課題番号：21700127  
研究課題名（和文）：3次元物体モデルのテクスチャ情報を考慮した類似検索に関する研究  
研究課題名（英文）：A Texture Similarity Evaluation Method for 3D Models  
研究代表者：鈴木 一史（Suzuki Motofumi）  
放送大学・ICT活用・遠隔教育センター・准教授  
研究者番号：90332147

## 研究成果の概要（和文）：

テクスチャが付加された3次元物体モデルの類似検索に関する研究を行った。従来の3次元物体モデルの類似検索では、3次元物体モデルの形状に着目して類似検索を行っているが、本研究では、3次元物体モデルのテクスチャに基づいて類似検索と分類を可能にした。また、高速な特徴抽出を行うため、マルチコアCPUに対応した並列演算を用いた。実験システムでは、テクスチャが付加された3次元物体モデルの高速な類似検索が可能になった。

## 研究成果の概要（英文）：

Various kinds of research have been conducted on similarity retrievals of 3D models since the late 1990's. Although most of the retrieval techniques focus on shape similarity of the 3D models, our technique allows users to retrieve and classify 3D models based on texture pattern similarity. To test our texture similarity retrieval technique, a set of a textured 3D model database was synthesized from 3D polygonal models and 2D texture images. The database was analyzed by software programs, and texture features were extracted from each 3D model. The extracted texture features were computed based on HLAC (higher order local autocorrelation) and fractal dimensions. Often, both kinds of texture features were used for analyzing 2D texture images. However, we extended the techniques to handle three dimensional volumetric data for extracting features from textured 3D models. Our experimental web-based retrieval system successfully retrieved textured 3D models with fairly acceptable recall-precision rates. This retrieval technique which is based on texture patterns can be used in conjunction with traditional shape similarity retrieval techniques, and the technique can enhance similarity retrieval performances.

## 交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	2,000,000	600,000	2,600,000
2010年度	1,400,000	420,000	1,820,000
年度			
年度			
年度			
総計	3,400,000	1,020,000	4,420,000

研究分野：総合・新領域系／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（細目番号1004）

キーワード：類似検索，3次元物体モデル，3次元高次局所自己相関特徴，フラクタル次元

## 1. 研究開始当初の背景

近年、様々な分野で3次元物体モデルが利用されるようになり、そのデータ数は増加の傾向にある。3次元物体モデルを効果的に活用するためには、データベースからの検索手法の開発が重要であり、国内外で類似検索手法に関する研究が行われている。約10年間におよそ100件の関連研究が行われている。

3次元物体モデルの類似検索に関する研究では、データベース中の3次元物体モデルから形状特徴を抽出し、それを索引として類似度比較を行い、キーワード索引に頼らない検索を実現している。現在、これらの手法を応用した様々な実験システムが開発されている。これまでの研究では、3次元物体モデルの個々の形状比較に関する研究が主であり、3次元物体モデルの局所的な類似性や、3次元物体モデルに付加されるテクスチャを考慮した類似検索に関する研究はあまり行われていない。

## 2. 研究の目的

本研究では、(1)3次元物体モデルの自動部品化と類似部品検索手法に関する研究、(2)テクスチャ情報が付加された3次元物体モデルの類似検索手法に関する研究を行う。また、3次元物体モデルをどのような基準で部品化するのかという問題と、3次元物体モデルに付加されたテクスチャによって物体の見え方の類似性はどのように変化するのかという問題は利用者の主観によって異なる。そこで、本研究では3次元物体モデルの類似度評価を被験者から収集する。類似度評価には、WEBインターフェイスを持つシステムを開発し、被験者から類似度に関する主観情報を入力してもらう。そして、得られた情報を多変量解析によってシステムに学習させ、その学習結果から、利用者の主観が考慮された3次元物体モデルの類似検索および類似部品検索を実現する。

## 3. 研究の方法

本研究では、(1)テクスチャ特徴の抽出、(2)3次元物体モデルの部品化、(3)抽出した特徴量と3次元物体モデルの見え方の学習評価を行う。

### 3.1 テクスチャ特徴の抽出

2次元テクスチャ画像解析において高い認識率を持つことで知られている高次局所自己相関特徴の抽出に使われる2次元マスク(3×3)を3次元マスク(3×3×3)に

拡張するシミュレーションプログラムを作成し、3次元マスクを利用することで、テクスチャが付加された3次元物体モデルの形状特徴抽出を行う。

従来の2次元マスク(3×3)を用いたパターン認識の応用研究では、自己相関関数の次数は2次までを利用することが多かった。しかし、最近、自己相関関数の次数をより高くすることで、2次元テクスチャの分類精度が向上したという研究が報告されている。

3次元マスク(3×3×3)の場合は、マスク内のセルの数が27個と多いため、次数2ではセルがあまり埋まらず、テクスチャ等を分類するには十分なパターンが維持されていない可能性がある。そこで、3次元マスク(3×3×3)でも、2次元マスク(3×3)と同様の次数の拡張を行えば、テクスチャの分類性能が大幅に向上する可能性がある。そこで、従来のシミュレーションプログラムを拡張し、3次元マスク(3×3×3)の次数を2次よりも高くした場合、それによってマスクパターンがどのように変化するのか、また、マスクパターンの数がどの程度増加するのか調査・実験する。さらに、高次局所自己相関特徴以外にも、3次元Lawsマスク、Hurst係数に基づくフラクタル次元を応用したテクスチャ特徴の解析を行う。

### 3.2 3次元物体モデル部品化

従来の3次元物体モデルの類似検索では実現されていなかった部分的な類似性を考慮した検索を実現する。部分的な類似性を考慮した検索には、以下のような2つの問題がある。(1)部品化によって類似比較をしなくてはいけない物体の計算量が増加する。(2)利用者の主観に合致した部品の定義が必要である。本研究では、これらの問題を解決するため、シミュレーションプログラムを作成し、自動的な部品化手法の検討をおこなう。また、計算量の増加を抑えるため、形状特徴圧縮手法の開発をおこなう。

### 3.3 抽出した特徴量と3次元物体モデルの見え方の学習評価

利用者の主観によって3次元物体モデルの見え方は異なるので、3次元物体をWeb3Dによるインターフェイスを応用したシステムで表示し、その類似性を利用者へ点数付け(5段階評価)してもらう。すべてのデータに対して類似度を評価するのは現実的ではないので、3次元物体モデルデータベースの一部のデータを学習用データとして選択し、それらのデータに関する類似度評価を利用者から得る。そして、類似度の関係と形状特

徴の関係を多変量解析によって推定する。そして、データベース内の各3次元物体モデルの類似度をシステムに学習させることによって、類似検索を実現する。

#### 4. 研究成果

本研究では、3次元物体モデルのテクスチャパターンに基づいて類似検索や分類を可能にした。本手法のテストを行うため、2次元テクスチャ画像から3次元ソリッドテクスチャを合成し、この3次元ソリッドテクスチャを3次元物体モデルに付加した。そして、テクスチャが付加された3次元物体モデルの実験用データベースを作成した(図1)。

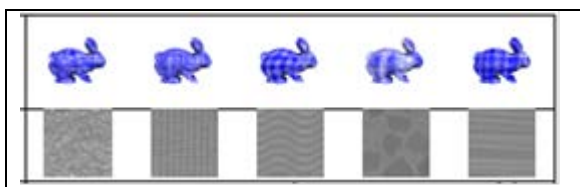


図1：2次元テクスチャ画像からの3次元ソリッドテクスチャ生成。テクスチャ付き3次元物体モデル(上段)。2次元テクスチャ画像(下段)

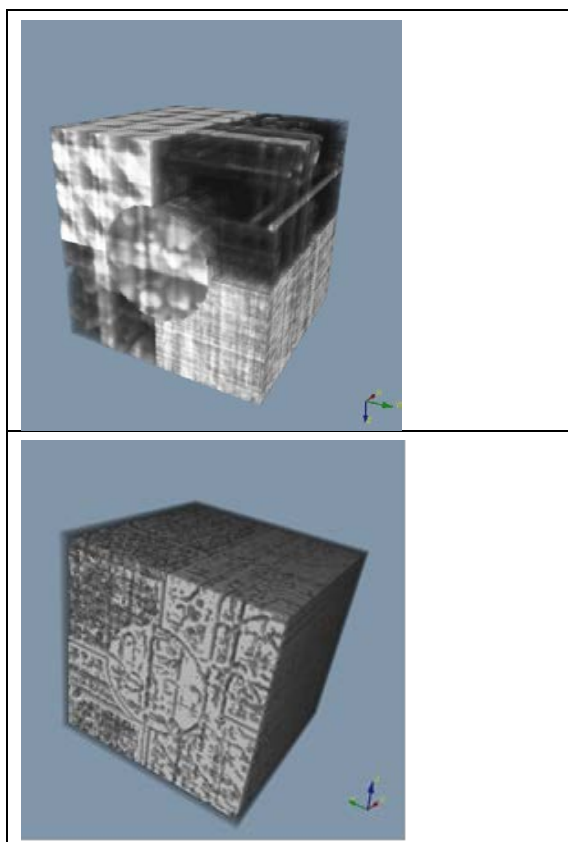


図2：3次元ソリッドテクスチャデータ(128×128×128)(上)とフラクタル次元を計算したデータ(下)

このデータベースを用いて類似検索の実験を行った。データベース内の3次元物体モデルは、開発したソフトウェアプログラムによって解析し、テクスチャパターン特徴を各3次元物体モデルから抽出した。テクスチャパターン特徴は、3次元高次局所自己とフラクタル次元から計算した(図2)。2つの特徴は、しばしば2次元画像解析等に用いられる特徴であるが、本研究では、3次元ボリュームデータとして作成された3次元物体モデルから特徴が抽出できるように、この2つの手法を3次元拡張した。また、システムは高速な特徴抽出のため、マルチコアCPUに対応した並列演算処理機能を組み込んだ(文献1)。

実験用システムによって、テクスチャが付加された3次元物体モデルの類似検索と分類が可能になった。実験では、良好な適合率・再現率となる類似検索が実現できた(文献2)。本手法は、従来の形状に基づく3次元物体モデルの類似検索と同時に活用することで、テクスチャパターンに基づく3次元物体モデルの類似検索も可能になる(文献3、文献4)。

	Query Key	0	1	2	3	4	5
$FD_0$							
	hrice011	hrice011	grout006	hrice011	hrice006	hrice002	chip010
$FD_1$							
	paper006	paper006	paper006	paper006	paper006	paper006	paper006
$FD_2$							
	chip019	chip019	chip019	chip011	wood009	chip018	chip016
$FD_3$							
	plastic038	plastic038	plastic038	plastic038	plastic038	plastic007	plastic043
$AC_{14}$							
	plastic021	plastic021	plastic008	plastic030	plastic030	plastic024	plastic026
$AC_{25}$							
	plastic018	plastic018	plastic027	flower009	plastic013	plastic018	wood002
$AC_{220}$							
	catvae038	catvae038	catvae038	sand004	catvae014	pellet002	fur011

図3：様々なテクスチャ特徴による3次元物体モデルの類似検索例  
(<http://motosuzuki.air-nifty.com/blog/retrieval-system.html>)

## 5. 主な発表論文等

[学会発表] (計4件)

1. Motofumi T. Suzuki, Yoshitomo Yaginuma, Haruo Kodama, A 3D Solid Texture Feature Computation Method Using Multi-Core CPU Architectures, International Conference Parallel and Distributed Computing and Systems (PDCS 2010), pp.45-50, DOI: 10.2316/P.2010.724-008, ISBN:978-0-88986-851-9, ISSN:1027-2666, USA, Nov.10, 2010.
2. Motofumi T. Suzuki, Yoshitomo Yaginuma, Haruo Kodama, A Statistical Method for Selecting Pattern Descriptors of Textured 3D Models, World Congress on Engineering and Computer Science (WCECS2010, ICIMT), pp.388--394, ISBN:978-988-17012-0-6, ISSN: 2078-0958, USA, Oct.20, 2010 **(Best Paper Award of ICIMT2010)**
3. Motofumi T. Suzuki, Yoshitomo Yaginuma, Haruo Kodama, A Similarity Retrieval Technique for Textured 3D Models, International Conference on Information Retrieval and Knowledge Management (CAMP10), pp.131--137, Digital Object Identifier: 10.1109/INFRKM.2010.5466933, Malaysia, Mar 17, 2010.
4. Motofumi T. Suzuki, Yoshitomo Yaginuma, Haruo Kodama, A Texture Energy Measurement Technique for 3D Volumetric Data, 2009 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics, pp.3879--3885, IEEE Catalog Number CFP09SMC-USB, ISBN:978-1-4244-2794-9, Library of Congress: 20080906680, San Antonio, TX, USA, Oct 14, 2009.

[その他]

ホームページ等

<http://motosuzuki.air-nifty.com/>

## 6. 研究組織

(1)研究代表者

鈴木 一史 (Suzuki, Motofumi)  
放送大学・ICT活用・遠隔教育センター・  
准教授  
研究者番号：90332147