

平成21年 5月20日現在

研究種目：若手研究 (B)

研究期間：2007 ～ 2008

課題番号：19700108

研究課題名 (和文) 3次元コンボリューションマスクに基づくボリュームデータの解析

研究課題名 (英文) A Volumetric Data Analysis Method Based on 3D Convolution Filters

研究代表者

鈴木 一史 (Suzuki, Motofumi)

メディア教育開発センター 研究開発部 准教授

研究者番号：90332147

研究成果の概要：

グラフィックスハードウェアの発展により、一般的なパーソナルコンピュータでも高速に3次元ボリュームデータを高速に処理できるようになってきた。医療、化学、芸術等の様々な分野で利用される3次元ボリュームデータは増加の傾向にあり、3次元ボリュームデータを対象にした形状認識技術やデータベース検索技術の需要が高まっている。3次元ボリュームデータには、コンピュータグラフィックス映像などを作成する際に用いられるソリッドテキストチャーなどがある。大量のソリッドテキストチャーからなるデータベースがあるとき、データベースの中から類似したパターンを持つデータ検索や、データの中から特定のパターンを抽出・計測することは、データベースシステムを効果的に扱うために大変重要である。本研究では、2次元テキストチャー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に抽出に使われる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の作成と、3次元マスクを利用した3次元ソリッドテキストチャーの類似検索を行った。また、Lawsマスクの3次元化、フラクタル次元の算出に使われるHurst法の3次元化を行い、ソリッドテキストチャーからの形状特徴抽出を可能にした。

交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	1,700,000	0	1,700,000
2008年度	1,600,000	480,000	2,080,000
年度			
年度			
年度			
総計	3,300,000	480,000	3,780,000

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：可視化情報学

## 1. 研究開始当初の背景

3次元ボリュームデータから、類似検索やパターン認識・計測を行う上で重要なのは、抽出される形状特徴である。これまでは、2次元画像や動画からの形状特徴抽出に関する研究が多くなされている。3次元ボリュームデータからの形状特徴抽出では、ボリュームを連続する2次元スライス画像へ変換し、各画像から形状特徴を抽出して、検索や認識に応用する手法などが提案されている。近年では、2次元画像認識等で利用されてきた Run Length Encoding 法や Co-Occurrence Matrix 法などを3次元空間で扱えるように拡張し、3次元ボリュームを2次元のスライス画像へ変換することなく、3次元ボリュームデータから直接、形状特徴を抽出する手法が注目されている。これらの手法は、スライス化による3次元情報の損失を防げるため、3次元ボリュームデータの有力な形状特徴抽出法として期待ができる。

## 2. 研究の目的

高次局所自己相関特徴は様々なパターン認識技術に応用されてきた重要な画像特徴である。高次局所自己相関特徴は平行移動に対して不変であり、2次元画像から高速に計算できることから顔画像認識、ジェスチャー認識、マルチモーダルシステムなどに応用されてきた。また、2次元画像のパターンを要約する優れた画像特徴であり、多変量解析などの手法と組み合わせることで、意匠・商標画像検索、絵画検索、景観画像検索、テキストチャー検索などに利用されてきた。近年、2次元のマスクのグリッド数の拡張(5×5、7×7、9×9等)や自己相関関数の次数を2以上にした拡張に関する研究も行われている。

従来の実験では、高次局所自己相関特徴の2次元マスク(3×3)を3次元マスク(3×3×3)に拡張し、3次元マスクパターンの組み合わせをシミュレーションプログラムによって明らかにした。その結果、自己相関関数の次数をただか2までとした場合、3次元マスクの数は2次元マスクパターン(25個)の約10倍の251パターンであることがわかった。(自己相関関数の次数がn=0のときは1パターン、n=1のときは13パターン、n=2のときは237パターンとなる。)本研究では、シミュレーションプログラムをさらに拡張し、3

次元マスクの次数をより高い2次以上として実験を行った。

## 3. 研究の方法

シミュレーション結果によって得られた3次元マスクを、人工的に生成した3次元ソリッドテキストチャーの様々な模様(木目、大理石、雲、乱流)で解析した。そして、それらが3次元高次局所自己相関特徴で分類が可能かどうか調査した。その結果、高次局所自己相関特徴を用いることで、特徴は比較的コンパクトに要約することができ、得られた特徴をソリッドテキストチャーのデータベース検索に応用することが可能であることがわかった。本研究では、さらにテキストチャーの模様の種類を増加させ、より複雑な3次元ソリッドテキストチャーを用いて、3次元高次局所自己相関特徴の分類性能・認識性能を調査した。

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次元テキストチャー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、テキストチャー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、テキストチャーの分類性能が大幅に向上する可能性がある。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・実験した。

## 4. 研究成果

人工的に生成した3次元ソリッドテキストチャー(図1)400個(4種類×100個)の各データから3次元高次局所自己相関特徴を抽出した。各データからは、251個の形状特徴を抽出した。各特徴の類似性をKNN法を用いて比較し、検索キーに対して類似しているデータを表示したものが図2である。図2中の

Q が検索キーであり、数字が類似しているデータの順番である。検索キーに対して類似しているデータを検索することができた。

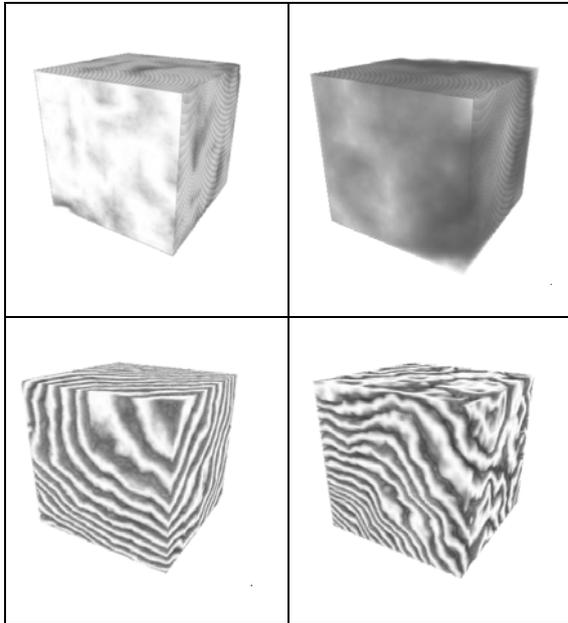


図 1：4 種類の 3 次元ソリッドテクスチャー (64x64x64)。Turbulence, Cloud, Marble, Wood の各ソリッドテクスチャーを Perlin ノイズ関数に基づくコンピュータープログラムによって生成。

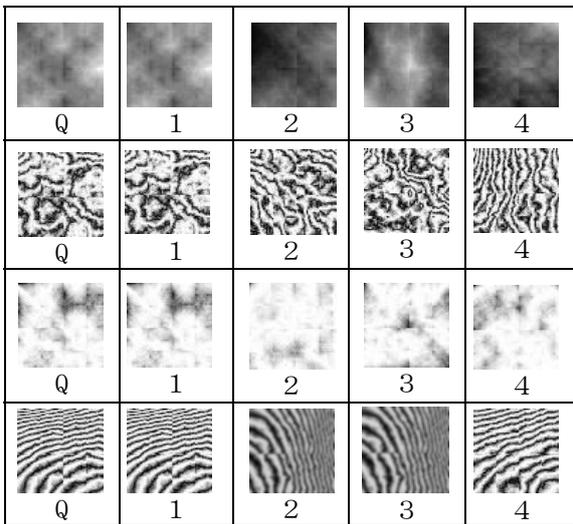


図 2：類似検索例 (4 種のソリッドテクスチャー)。図では 64x64x64 の 3 次元データの一部分をスライスした 2 次元画像データとして表示している。)

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、近年のコンピューターでは、大量の演算が可能であり、自己相関関数の次数をより高くすることで、より多くの形状特徴を計算することが可能である。シミュレーションプログラムを作成し、自己相関関数の次数と形状特徴の個数の関係を比較したところ、以下の表 1 のような結果が得られた。

次数	個数 (形状特徴)
N=0	1
N=1	13
N=2	237
N=3	1567
N=4	9231

表 1：3 次元高次局所自己相関特徴の次数と形状特徴個数の関係

自己相関関数の特性から、次数の増加によって、形状特徴の数は爆発的に増加する。形状特徴の数が極端に多い場合、逆に分類・類似検索の結果が悪くなることが多い、実験では、N=4 の次数に対応した形状特徴を用いた場合、類似検索の結果が不安定になった。そこで、不要な形状特徴を排除するため、学習用のデータを準備し、ニューラルネットワークスを用いて類似検索に必要な形状特徴を学習させたところ、類似検索の結果が若干向上した。しかし、検索精度の向上は僅かであり、十分な数の学習データの準備と、ニューラルネットワークスのパラメーター調整の労力を考慮すると、次数 N=2、N=3 の形状特徴を分類や類似検索に用いるのが現実的である。

3 次元ソリッドテクスチャーから形状特徴を取得する手法は様々あり、本研究で用いた高次局所自己相関特徴以外の特徴とも比較を行う必要がある。そこで、K. I. Laws らによって提案された 2 次元の LAWS マスク (図 3) を 3 次元 LAWS マスクに拡張し (図 4)、類似検索性能の評価を行った。また、2 次元の画像からフラクタル次元を算出することができる Hurst 法を 3 次元化し、3 次元ソリッドテクスチャーからフラクタル次元を算出し、得られた次元を基に、ソリッドテクスチャーの分類と類似検索に関する研究を行った。

今後の研究課題として、これらの様々な形状特徴抽出手法を比較するため、ベンチマークデータ等を準備し、分類・類似検索に関する実験を行う予定である。

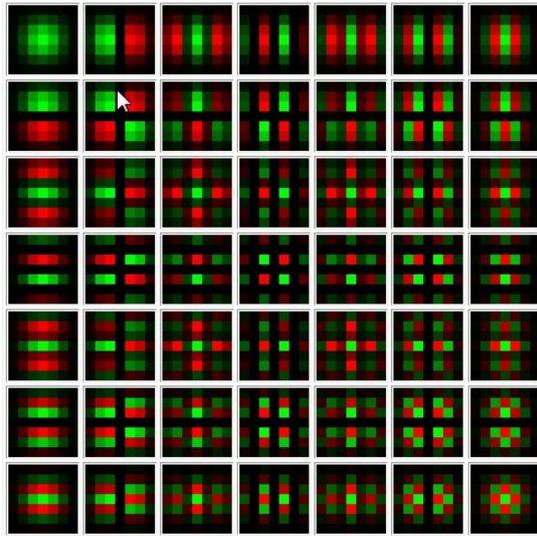
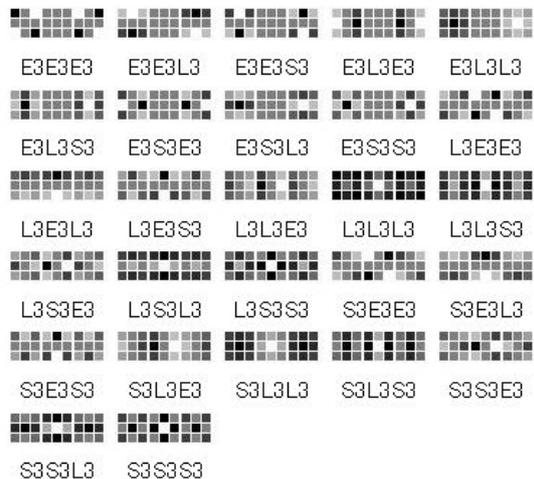


図3 : Laws マスク (2次元、7x7)。49個のフィルター。最左上フィルター以外は Zero-Sum フィルターとなる。緑が正の数値、赤が負の数値、黒がゼロとなっている。

図4 : Laws マスク (3次元、3x3x3) 27個



のフィルター。L3L3L3 フィルター以外は Zero-Sum フィルターとなる。

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0件)

[学会発表] (計5件)

- (1) Motofumi T. Suzuki, Yoshitomo Yaginuma, Haruo Kodama, A 2D Texture Image Retrieval Technique based on Texture Energy Filters, International Conference on Imaging Theory and Applications (IMAGAPP2009), ISBN: 978-989-8111-68-5, pp. 145--151, Lisboa, Portugal, 2009/02/07.
- (2) Motofumi T. Suzuki, A Fractal-based Method for Measuring Directionality of 3D Solid Textures, The 10th IASTED International Conference on Signal and Image Processing (SIP 2008), pp. 7-14, Kailua-Kona, Hawaii, USA., 2008/08/18.
- (3) Motofumi T. Suzuki, A Volume Data Classification Method Based on 3D Spherical Filters, The 2007 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics (SMC 2007), pp. 1095--1100, IEEE Catalog#: 07CH37878C, ISBN:1-4244-0991-8, Lib. of Congress:2007920351, Montreal, 2007/10/08.
- (4) Motofumi T. Suzuki, A Three Dimensional Box Counting Method for Measuring Fractal Dimension of 3D Models, The 11th IASTED International Conference on Internet and Multimedia Systems and Applications (IMSA\_2007), ISBN (CD): 978-0-88986-678-2, PID:577-082, Hawaii, USA, 2007/08/21.
- (5) Motofumi T. Suzuki, Yoshitomo Yaginuma, A Comparison between 2D and 3D Hurst Operators for Analyzing Volumetric Data, 8th International Conference on Computer Vision, Pattern Recognition and Image Processing (JCIS\_2007/CVPRIP\_2007), INFORMATION SCIENCE 2007, World Scientific Publishing Co., ISBN 978-981-270-967-7, pp. 895--901, DOI No: doi:10.1142/9789812709677\_0125, Salt Lake City, Utah, USA, 2007/07/20.

〔図書〕（計 0 件）

〔産業財産権〕

○出願状況（計 0 件）

名称：

発明者：

権利者：

種類：

番号：

出願年月日：

国内外の別：

○取得状況（計 0 件）

名称：

発明者：

権利者：

種類：

番号：

取得年月日：

国内外の別：

〔その他〕

<http://motosuzuki.exblog.jp/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

鈴木 一史 (Suzuki, Motofumi)

独立行政法人メディア教育開発センター・研

究開発部・准教授

研究者番号：90332147