

機関番号：13101

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2009～2010

課題番号：21700101

研究課題名(和文) 画像内容に基づくベクタ画像検索システムの研究

研究課題名(英文) A Study on Content-Based Vector Image Retrieval Systems

研究代表者

林 貴宏 (HAYASHI TAKAHIRO)

新潟大学・自然科学系・准教授

研究者番号：60342490

研究成果の概要(和文):

本研究は、類似ベクタ画像検索システムの開発と評価を目的としている。ベクタ画像は商標図形など鮮明な輪郭を持ったイラストやアニメキャラクターなどを表現するために利用されている。ベクタ画像の利用機会が増加している一方で、ベクタ画像に対する類似画像検索法の開発は行われてこなかった。本研究では、ベクタ画像から特徴点を抽出し、特徴点の空間的類似性によって、ベクタ画像間の類似性を評価する手法を開発した。評価実験として、ベクタ画像形式で記録された約1100個の商標図形を対象として類似画像検索を行い、検索精度を測定した。ラスタ図形検索法を利用するシステム(既存システム)と比較して検索精度の向上が確認された。

研究成果の概要(英文):

The goal of this study is to develop and evaluate a system for similarity retrieval for vector images. Vector images are used for representing illustrations which have contours clearly represented such as trademarks and anime characters. The proposed system extracts feature points from each of vector images in a database, and then, evaluates similarity between a pair of vector images by matching the spatial distributions of the feature points. By using a database containing about 1,100 trademarks, the retrieval precision has been measured. The experimental results have shown that the retrieval precision of the proposed system is superior to a conventional system based on a raster image retrieval method.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	1,500,000	450,000	1,950,000
2010年度	1,200,000	360,000	1,560,000
年度			
年度			
年度			
総計	2,700,000	810,000	3,510,000

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：情報検索

1. 研究開始当初の背景

近年ベクタ画像の利用機会が増加している。ベクタ画像は基本的な図形の重ね合わせによって表現される画像の種類であり、商標図形、地図、アニメキャラクターなどの輪郭が鮮明に描かれたイラストの表現に適している。ベクタ画像の利用機会が増加している一方で、所望のベクタ画像を効率的に探し出すシステムがほとんど開発されていないのが現状であり、ベクタ画像の検索技術の研究開発に期待が寄せられている。

一方で、ラスタ画像検索システムは比較的古くから研究されており、米 IBM の QBIC、コロンビア大学の VisualSEEK、国内では電総研（現産総研）の ART MUSEUM が有名である。ラスタ画像は、画素（ピクセル）を 2 次元的に配置することで絵を表現する画像の種類であり、写真などの表現に適している。

ベクタ画像をラスタ画像に変換することで、これら既存のラスタ画像検索の研究成果が利用できる。しかし、ラスタ化によってベクタ画像が持つ図形の構造情報が失われる。ベクタ画像をラスタ化せずに検索できれば、これらの情報を新たに利用できるようになり、既存のラスタ画像検索を用いる場合（以後、**既存手法 1** と呼ぶ）に比べ検索精度の向上が期待できる。

研究代表者は平成 19～20 年度に文部科学省科学研究費補助金若手研究(B)（課題番号 19700086）の支援を受け、ベクタ画像をラスタ化しないで検索する手法として、特徴点の照合に基づく検索法を提案し、評価実験を行ってきた（以後、**既存手法 2** と呼ぶ）。この方法は、ベクタ画像から特徴点と呼ばれる情報を抽出し、特徴点分布の空間的類似性に基づき、ベクタ画像間の類似性判断を行うものである。しかし現時点で、ラスタ画像検索法を用いる場合に比べ、良い検索精度が得られていない。これは、特徴点の位置をベクタ画像中のアンカーポイントと呼ばれる点の位置に限定していたことが原因である。したがって特徴点抽出法を改善することで、検索精度を向上させ、ベクタ画像検索の実用性の向上が期待できる。

また、これまでラスタ画像検索法を利用していた画像データベースに対し、ラスタベクタ変換を適用することで、ベクタ画像検索の枠組みが利用可能となる。高い検索精度を持つベクタ画像検索が開発されれば、ラスタベクタ変換を利用して、ベクタ画像検索の適用可能範囲の拡大も期待できる。

2. 研究の目的

本研究はベクタ画像をラスタ化しないで、ベクタ画像が持つ図形の配置情報などを活用した類似ベクタ画像検索の実現を目標としている。その中で、(1)検索精度向上へ向けた特徴点抽出法の改善、(2)ベクタ画像検索の適用可能範囲の拡大へ向けた、ラスタベクタ変換法の開発を本研究の目的とする。

3. 研究の方法

(1) 特徴点抽出法の改善

検索精度を測定するために、ベクタ画像検索システムを試作する。システムに対する入力は、ベクタ画像形式のファイルまたはユーザが入力した手書きスケッチである。手書きスケッチを入力する場合、手書きスケッチをベクタ画像形式に変換する。入力ベクタ画像に対し、データベース内のベクタ画像を検索し、類似すると判定された画像を一覧形式で出力する。このインターフェースは既存手法 2 においても採用されている。試作システムのイメージを図 1 に示す。左側にユーザからの手書き入力を受け付ける入力キャンパスが配置され、右側にスケッチに類似する画像の一覧が表示されている。

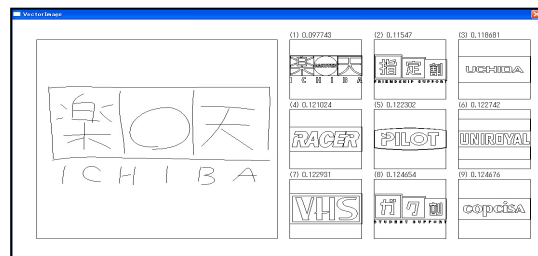


図 1 ベクタ画像検索システム(試作)のインターフェース

入力されたベクタ画像と類似したベクタ画像をデータベースから検索するために、以下の 3 つの処理を順に実行する。

手書きスケッチのベクタ画像形式への変換（入力が手書き入力の場合）

ベクタ画像からの特徴点抽出

特徴点分布の照合に基づくベクタ画像間の類似度判定

以下に ~ の各処理の実現方法について説明する。

の手書きスケッチからのベクタ画像形式への変換は、ストロークデータをベジェ曲線に変換するために利用される Philip のフィッティングアルゴリズムと呼ばれる方法を採用する。この方法は、既存研究 2 でも採用している。

ベクタ画像からの特徴点抽出では、ベクタ画像を構成するベジェ曲線を複数の線分へと近似し、各線分の中点を特徴点として抽出する手法を新たに採用する。既存手法2では、ベジェ曲線のアンカーポイントと呼ばれる制御点を特徴点として抽出していた。既存手法2では抽出できる特徴点が限定されるため、抽出される特徴点には、ベクタ画像の形状や輪郭の情報が十分に反映されない。一方、本システムで新たに採用した特徴点抽出法では、ベクタ画像における輪郭線に沿って特徴点が抽出されるため、ベクタ画像の形状錠が反映されやすい。図2に本手法と既存手法2を用いた場合にそれぞれ抽出される特徴点を示す。

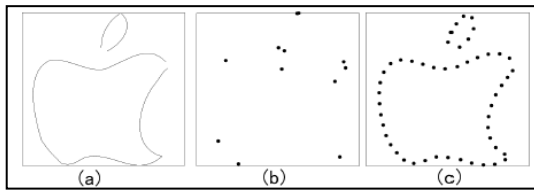


図2 抽出される特徴点の違い (a)は元のベクタ画像、(b)は既存手法2により抽出される特徴点、(c)本手法によって抽出される特徴点を示す

の特徴点分布の照合に基づくベクタ画像間の類似度判定では、EMD(Earth Mover's Distance)と呼ばれる距離尺度を応用している。EMDは元々はヒストグラムや確率密度分布などの類似性を評価するために利用されてきた距離尺度であるが、本研究ではこれを特徴点の空間的分布の類似性を測定するために応用している。この手法も既存手法2で採用されたものである。

(2) ラスタ ベクタ変換法の開発

ラスタ画像をベクタ画像に変換するために、(i)画像からの物体領域抽出、(ii)物体領域のベクタ化、の各処理が必要である。

画像からの物体領域抽出では、画像中の物体領域およびその背景に線(手がかり線と呼ぶ)を引き、手がかり線上の画素の色情報から、物体(前景)と背景のそれぞれに含まれる色情報(それぞれ前景色、背景色と呼ぶ)を推定する。手がかり線の位置から領域拡張法によって前景領域および背景領域を拡張していき、物体の境界を特定する。

物体領域のベクタ化では、(i)で抽出した物体領域を色に基づきクラスタリングし、各クラスタをベクタ画像を構成するオブジェクトとして抽出する。これらのオブジェクトの輪郭線検出を行い、ベジェ曲線へと変換し、ラスタベクタ画像変換を実現する。

4. 研究成果

(1) 特徴点抽出法の改善

1141個のベクタ画像を記録したデータベースに対して、手書きスケッチのクエリを32個用意して検索を試みた。データベース内のベクタ画像はSVG形式で記述された企業などのロゴマークなどである。

各クエリに対する検索結果を図3に示す。32個中23個のクエリにおいて、正解画像の検索順位が1位となった。

比較のために、既存手法1(ラスタ画像検索の枠組みを利用する方法)を用いた検索との比較を行った。既存手法1を用いた検索において、正解画像の出力順位が1位となったケースは、32個中3個しかなかった。出力順位が10位以内になったケースでも高々13個にすぎなかった。

本研究の先行研究である既存手法2は既存手法1よりもさらに精度が悪いことが判明している。

以上の実験結果から、本研究によって、ベクタ画像検索システムの大幅な精度向上が達成された。

(2) ラスタ ベクタ変換法の開発

本研究では、ラスタベクタ変換における(i)画像からの物体領域抽出、(ii)物体領域のベクタ化の各処理の中で、(i)の処理が完成した。

画像からの物体抽出の性能を評価するために、動画像の各フレームデータから物体領域を抽出する実験を行った。

図4に実験で使用した動画像のフレームデータとその切り抜き結果を示す。

動きの少ない物体だけでなく、non-rigidな物体や、遮蔽が存在する場合の物体に対しても、本手法によって精度よく抽出が可能となることが示された。

(ii)に関しては、現時点でエッジとして検出される物体領域の輪郭をベジェ曲線で近似することが可能である。しかし、主観的輪郭の問題が未解決である。主観的輪郭とは、画像中、物理的にはエッジが存在しない(色差がない)にもかかわらず、人間によって知覚される輪郭のことである。例えば、部分遮蔽などが存在するオブジェクトに対し、人間は遮蔽されて見ない部分を補完し、形状を知覚できる。このような主観的輪郭をモデル化できれば、人間の感覚に合ったラスタベクタ変換が期待でき、さらに、ベクタ画像検索を利用する利点が増加する。

主観的輪郭抽出に基づくラスタベクタ変換の高度化に関しては今後の課題である。

No.	クエリ	正解 ベクタ画像	検索 順位	検索 時間[s]	No.	クエリ	正解 ベクタ画像	検索 順位	検索 時間[s]
1			1	49.848	17			1	92.382
2			11	66.686	18			1	151.324
3			1	90.625	19			1	66.343
4			1	151.614	20			1	77.199
5	CASIO		1	41.826	21			1	129.216
6			1	74.488	22			9	144.879
7	HITACHI		1	40.880	23			1	104.962
8			1	76.719	24			2	132.592
9	SHARP		166	48.082	25			1	114.126
10			5	93.965	26			1	118.836
11			1	109.266	27			1	105.279
12			1	105.631	28	National		1	43.075
13			133	93.685	29			1	154.098
14			1	94.975	30	Glico		1	46.495
15	Disney		83	60.287	31			834	91.961
16			1	70.984	32			991	148.385

図3 ベクタ画像データベースに対する32個のクエリによる検索結果

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)

[学会発表](計7件)

[1] 渡辺裕太, 林貴宏, "画像切抜きとアクティブ探索による動画内物体抽出の検討", 電子情報通信学会総合大会, 2011.3

[2] 藤田亮介, 林貴宏, "ベジェ曲線の線分近似に基づくベクタ画像検索システムの試作", 第3回楽天研究開発シンポジウム論文集, Session 2, 2010.12

[3] Ryosuke Kamada, Takahiro Hayashi, "Silhouette-based Object Tracking with Automatic Correction of Tracking-Error", IASTED International Conference on Signal and Image Processing, pp.153-158, 2010.8

[4] Takahiro Hayashi, Yuto Kadosaki, "Fast and Accurate Template Matching with Silhouette Masking", 9th IEEE/ACIS International Conference on Computer and Information Science, pp.258-263, 2010.8

[5] Ryosuke Kamada, Takahiro Hayashi, "Interactive Object Tracking for Video Monitoring", 3rd Japan-Korean Workshop on

Production and Logistics Systems, Kanazawa, Japan, 2010.3

[6] 門崎裕仁, 林貴宏, 尾内理紀夫, 森正弥, "任意形状のテンプレートに対する高速画像探索の検討", 電子情報通信学会総合大会(情報・システム講演論文集2), D-12-69, p.180, 2010.3

[7] 鎌田亮介, 林貴宏, 尾内理紀夫, 森正弥, "手がかり領域追跡誤りの自動修正による動画画像物体追跡の精度向上", 電子情報通信学会総合大会(情報・システム講演論文集2), D-12-96, p.207, 2010.3

6. 研究組織

(1)研究代表者

林 貴宏 (HAYASHI TAKAHIRO)
新潟大学・自然科学系・准教授
研究者番号: 60342490