

平成 21 年 3 月 31 日現在

研究種目： 若手研究 (B)

研究期間： 2007~2008

課題番号： 19700086

研究課題名 (和文) スケッチに基づくベクタ画像検索システムの実用化

研究課題名 (英文) Development of A System for Retrieving Vector Images with Sketch

研究代表者

林 貴宏 (Takahiro Hayashi)

電気通信大学 電気通信学部 助教

研究者番号： 60342490

研究成果の概要：

本研究はベクタ画像検索システムの構築を目標としている。2年間の研究期間で、(1)ベクタ画像内のオブジェクト領域抽出法の開発、(2)ベジェ曲線の制御点情報を利用したベクタ画像の類似性判定法の開発、を主として行った。さらに実用化へ向けて、これらの手法を類似商法図形検索へと適用し、高速な検索が実現できることを示すと共に、検索精度を向上させるために必要な課題を明らかにした。

交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	1,300,000	0	1,300,000
2008年度	1,200,000	360,000	1,560,000
年度			
年度			
年度			
総計	2,500,000	360,000	2,860,000

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

近年急増している Web 上のベクタ画像を効果的に収集するシステムの開発に期待が寄せられている。このような背景から本研究ではベクタ画像検索システムの構築を目標としており、その第一歩としてスケッチに基づくベクタ画像検索システムを開発する。具体的には、「過去に見たベクタ画像をもう一度見たい」というユーザの要求に対して、過去に見たベクタ画像のスケッチをユーザに描いてもらい、そのスケッチに基づきデータベース内のベクタ画像を検索するというシ

ステムの開発を目標としている。

スケッチに基づくラスタ画像検索システムは比較的古くから研究されてきた。ベクタ画像検索を目的として、これら既存のラスタ画像検索システムを利用するためには、ベクタ画像をラスタ画像に変換(ラスタ化)する必要があった。しかし、ラスタ化によってベクタ画像が持つ画像の構造情報が失われ、検索精度の低下をもたらすため、ベクタ画像はラスタ化せずに扱うことが望ましいと考えられる。

そこで、本研究では、ベクタ画像検索の実

用化へ向けて、ラスタ化しないで、ベクタ画像が持つ図形の配置情報を利用した検索手法の開発を目標とし、その第一歩として、スケッチに基づくベクタ画像検索システムを構築する。

2. 研究の目的

スケッチに基づくベクタ画像検索システムを実用化するための第一歩として、本研究では

(1) 図地分離処理

(2) 検索処理

を開発、評価することを目的とする。

図地分離処理は、ベクタ画像から背景領域を除去し、主要な部分であるオブジェクト領域のみを抽出する処理である。図地分離処理により、画像から人間が注目する領域であるオブジェクト領域が抽出でき、部分画像検索が可能となり、ベクタ画像検索の機能を拡張できるため、図地分離処理は、ベクタ画像検索の実用性向上にとって重要な処理といえる。なお、図と地はゲシュタルト心理学上の概念であり、視野(画像)の中で形を持って見える領域(オブジェクト領域)を図、背景となる領域を地であるという。

検索処理は、ベクタ画像検索において最も重要な処理であり、入力として与えられたスケッチと、データベース内のスケッチとの類似性を評価する処理である。ベクタ画像が持つ図形の配置情報を利用した検索を実現するために、本研究ではベクタ画像をラスタ化しないで、ベクタ画像を構成しているベジェ曲線から直接的に特徴量を抽出することを方針とする。

3. 研究の方法

(1) 図地分離処理

図地分離の方針として、まず、ベクタ画像を構成する各図形要素(プリミティブと呼ぶ)に対し、それが輪郭線を表現するプリミティブであるかどうかを判定(輪郭線判定)し、次に、最も外側にある輪郭線に囲まれる領域に存在するプリミティブ群が図内部を表現していると判定する。最後に、輪郭線と図内部を表現するプリミティブ群を合成し、オブジェクト領域(図)として抽出する。また、残りのプリミティブ群を合成し、背景領域(地)として抽出する。

輪郭線は、図と地の境界を表現することから、周囲の色に対し際立つ色が使用されることが多い。例えば、白地を基調とするイラストでは黒の輪郭線が、黒字を基調とするイラストでは白の輪郭線が使用されることが多い。そこで、輪郭線判定では、まず、線上プリミティブを抽出し、次に、抽出したプリミティブに対し、隣接するプリミティブとの間で $L^*a^*b^*$ 空間における色差を算出し、色差が

一定値以上の場合に、輪郭線を表現していると定義する。

(2) 検索処理

検索処理の前処理としてスケッチをベジェ曲線近似する。スケッチはユーザがペンタブレットやマウスなどのポインティングデバイスを用いて入力されるものと仮定する。このとき、スケッチされた線は計算機の内部表現としては点列として定義される。一方で、データベース内のベクタ画像はベジェ曲線

(3次ベジェ曲線が使用されることが多い)の集合として定義される。すなわち、スケッチとベクタ画像とでは、計算機内部でのデータ表現が異なる。そこで、データ表現の違いを吸収するために必要な前処理が、スケッチのベジェ曲線近似である。この近似処理は、既存手法である Philip のアルゴリズムを利用することで実現する。

以上の前処理により、本研究では、ベクタ画像の検索処理の問題を、ベジェ曲線間の形状類似性評価の問題に帰着させる。ベジェ曲線の類似性評価のために、本研究では、ベジェ曲線を定義しているアンカーポイントと呼ばれる制御点(3次ベジェ曲線の場合は第1制御点と第4制御点と呼ばれる)の位置情報および制御点での曲率情報に着目する。ベジェ曲線は、アンカーポイントの位置とその位置での曲率が類似しているほど、形状が同一に近づくという性質がある。そこで、ベジェ曲線のアンカーポイントの位置を特徴点、曲率をその特徴点の重みと定義する。

スケッチおよびデータベース内のベクタ画像の類似性は、スケッチおよびベクタ画像から抽出した重み付き特徴点群間の PTD (Proportional Transportation Distance)により定義する。PTD は線形計画問題の1つである輸送問題における解、すなわち、最小輸送コストを意味する。輸送問題とは需要地と需要量の集合と、供給地と供給量の集合、需要地と供給地間の輸送コストが定義されたときの、最小輸送コストを求める問題である。PTD をベクタ画像検索の問題に適用するために、需要地と供給地をそれぞれ、スケッチ画像の特徴点とデータベース内のベクタ画像の特徴点と対応付け、需要量および供給量は特徴点の重みに対応付ける。また、輸送コストは需要地と供給地間のユークリッド距離に対応付ける。

4. 研究成果

(1) 図地分離処理の評価

図地分離処理の有効性を確認するために評価実験を行った(学会発表[2])。実験では、126個のベクタ画像を使用した。各画像に対し、計算機(提案手法を使用)および人手により図と地を分離した。計算機と人間による

分離結果を比較し、抽出結果に対する正確さを抽出効率として求めた（抽出効率の詳細な定義は発表論文[2]を参照されたい）。さらに、ベースラインとして、既存の図地分離手法の一つである ACM(Active Contour Model)に対する抽出効率も求め、提案手法との比較も行った。ACM はラスタ画像を対象とした図地分離手法であるため、ベクタ画像をラスタ化して適用した。

126 枚のベクタ画像に対する提案手法の抽出効率は平均 0.98、ACM の抽出効率は平均 0.91 となった。このことからベクタ画像の提案手法の優位性が示された。

使用したベクタ画像の中で抽出効率が低かったデータを調査した結果、その多くがドーナツ型の構造（図内部に地がある構造）を持つことが判明した。ドーナツ型の構造を持ったベクタ画像への対処が残された課題の一つである。

また、本図地分離処理の応用として、スポーツ映像中継におけるスコア情報領域の意味特定手法を開発した（雑誌論文[1]、学会発表[3]）。本図地分離処理を要素技術として用いることで、スポーツ映像解析に必要なスコア表示領域などのオブジェクトを背景領域から分離し、抽出領域の時間的推移からスコア領域の意味特定を行った。

(2) 検索処理の評価

検索処理を評価するため、約 1,120 枚の商標図形を用いた検索を行った（学会発表[1][4]）。図 1 は検索結果の一部を示している。左から順に検索で使用したスケッチ (QUERY)、正解画像 (TARGET)、実際に検索結果として出力された画像の上位 1~3 位の結果を示している。また、それぞれの画像の下に、各画像から抽出した重み付き特徴点の分布を円で示した。重みは円の大きさに対応する。図ではスケッチ 1~4 が検索に成功した例、すなわち、正解画像が実際に出力された例、スケッチ 5~7 が検索に失敗した例、すなわち、正解画像が出力されなかった例である。

検索に成功した画像に共通して見られる特徴として、大きな重みを持つ特徴点が少数存在することがあげられる。反対に、検索に失敗する画像は、どの特徴点も重みが小さいか、大きな重みを持つ特徴点が多数存在する場合が多かった。

スケッチ 5 に対する検索が失敗した原因は、正解画像に円形の外枠が含まれていることである。円形の図形は (3 次) ベジエ曲線で表現すると、4 箇所には大きな重みを持つ特徴点が抽出される。一般に、真円であればこれらの特徴点は、3, 6, 9, 12 時の方向に出現する。それに対し、スケッチでは円の歪みは避けられず、特徴点の位置が変わってしまうことか

	QUERY	TARGET	1st ranked	2nd ranked	3rd ranked
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					

図 1 検索結果の一部

ら、検索に失敗することが確認された。

スケッチ 6 に対する検索が失敗した原因は、正解画像に含まれるひし形の外枠である。ひし形は円形と同様、3, 6, 9, 12 時の方向にそれぞれ大きな重みを持つ特徴点が抽出される。その結果、特徴点の情報だけでは、円とひ

し形の区別が困難となることから、検索に失敗することが確認された。

スケッチ7に対する検索が失敗した原因は、正解画像に含まれる多数の文字を表す図形（以後、文字図形）である。文字図形は、一つ一つが特徴を持つため、一つの文字図形から複数の特徴点が抽出される。複数の文字図形で構成されるベクタ画像の場合、特徴点が多数抽出されてしまい、個々の特徴点が相対的に重要性を失ってしまう。その結果、複数の文字図形で構成されるベクタ画像の区別が困難となることから、検索に失敗したことが確認された。

スケッチ5~7のようなスケッチに対する検索失敗を回避するためには、特徴点抽出法を改善する必要がある。現時点では、3次ベジェ曲線のアンカーポイント（第1、第4制御点）を特徴点としているが、ベジェ曲線の形状特徴をより正確に捉えるためには、今後、アンカーポイント以外の制御点である第2、第3制御点も利用する必要があり、これが残された課題の一つである。



図2 試作した類似商標図形検索システム

検索処理の評価実験では、類似商標図形検索システムを試作して使用した。本システムは、最終的に広く一般の人にも利用されることを想定し、Webアプリケーションとして実装されたものである。

本システムは、サーバクライアント型のシステムであり、一般的なWebブラウザを利用して入力エリア上に直接スケッチ入力できる（図2(a)）。入力されたスケッチはCGI (Common Gateway Interface) を通じてサーバに送られ、サーバ側で検索処理を実行する。検索結果は再びクライアントに送られ、スケッチ下の出力エリアに一覧形式で出力される（図2(b)）。

データベース内のすべてのベクタ画像との照合が完了してから検索結果を出力するとユーザの待ち時間が大きくなるため、検索が終了した画像から順にWebブラウザに出力するようにした。その結果、スケッチを入力してから、最初の結果が出力される時間を

大幅に短縮できた（画像数が1,000件程度のデータベースの場合で約3秒）。提案手法は並列性が高いため、データベースを分割し、並列に検索処理を実行すれば、さらなる高速化が期待できる。

今後は、システムをWeb公開し、多くの人々に使用してもらうことで意見を収集し、インターフェース面での改善をはじめ、システムのさらなる実用性向上を図る必要がある。

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1件）

[1] 阿部孝司, 年代光宏, 林貴宏, 木村春彦 「放送型野球中継映像における打席シーンの分割に必要なスコアテロップ内の情報領域の抽出と意味推定」 画像電子学会誌, Vol. 36, No. 5, pp. 701-709, 2007. 9

〔学会発表〕（計4件）

[1] Takahiro Hayashi, Tatsuya Kiyono, Koji Abe, and Rikio Onai "Retrieval of 2D Vector Images by Matching Weighted Feature Points" Proceedings of the 2008 IEEE International Conference on Image Processing, pp. 961-964, 2008. 10

[2] Takahiro Hayashi, Rikio Onai, and Koji Abe "Vector Image Segmentation for Content-Based Vector Image Retrieval" Proceedings of the 7th IEEE International Conference on Computer and Information Technology, pp. 695-700, 2007. 10

[3] Koji Abe, Kazuya Miyashita, Hideo Murakami, Takahiro Hayashi, and Haiyan Tian "Estimation of Essential Objects in the Sports Ticker for Segmenting a Broadcasted Baseball Video into All the Plate Appearances" Proceedings of the 11th IASTED International Conference on Signal and Image Processing, pp. 242-247, 2007. 8

[4] 清野達也, 林貴宏, 尾内理紀夫 「特徴点の照合に基づくベクタ画像検索システムの試作」 情報処理学会研究報告(グラフィックスとCAD), Vol. 2007, No. 84, pp. 19-24, 2007. 8

6. 研究組織

(1) 研究代表者

林 貴宏 (Takahiro HAYASHI)

研究者番号 : 6 0 3 4 2 4 9 0