

令和 2 年 5 月 30 日現在

機関番号：34416

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2017～2019

課題番号：17K00153

研究課題名（和文）要部観察に基づく類似ベクタ画像検索システムの研究開発

研究課題名（英文）Vector Image Retrieval Considering the Similarity of Essential Parts of Images

研究代表者

林 貴宏（Hayashi, Takahiro）

関西大学・総合情報学部・教授

研究者番号：60342490

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,500,000円

研究成果の概要（和文）：部分領域(要部)の類似性を評価するベクタ画像検索システムの構築を目標として、以下の成果を得た。(1)ベクタ画像からの要部抽出処理として、ゲシュタルト知覚論において定性的に示されている人間の知覚特性である「群化」をモデル化した。(2)ラスタ画像からベクタ画像への逆変換処理を構築した。(3)要部間の類似判定アルゴリズムを開発した。(4)要部観察に基づくベクタ画像検索の高速化アルゴリズムを開発した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

ベクタ画像は、画像内部に存在する個々の図形オブジェクトごとに構造情報が独立して記録される画像形式であり近年利用が急増している。一方で、ベクタ画像を対象とした類似検索の研究開発は研究開発の途上にあり、特に、要部観察に基づく類似ベクタ画像検索についてはその効果は確認されていなかった。本研究はこの点に着目し、要部観察に基づく類似検索の仕組みをベクタ画像の検索へと応用した点が意義がある。

研究成果の概要（英文）：To develop a vector image retrieval system considering on the similarity of essential parts of images, the following subjects were investigated. (1) Gestalt grouping principles were computationally modeled for extracting essential parts from a vector image. (2) A raster-to-vector image conversion algorithm was developed and experimentally evaluated. (3) An algorithm for evaluating the similarity between a pair of essential parts in vector images was developed and experimentally evaluated. (4) A fast algorithm for similarity retrieval of vector images was developed and experimentally evaluated.

研究分野：マルチメディア・データベース

キーワード：ベクタ画像 画像検索 情報検索

1. 研究開始当初の背景

ベクタ画像は、画像内部に存在する個々の図形オブジェクトごとに構造情報が独立して記録される画像形式であり、近年利用が急増している。図柄や地図など抽象図形を表現するために多く用いられることから、キーワード検索が難しく、これに変わる検索として、スケッチなどから似た画像を検索する類似検索システムが必要とされている。

これまで、類似画像検索の分野では、ラスタ画像(画素の並びで画像を表現する一般的な画像形式)を対象とした研究開発が行われてきた。本研究では、これらの研究で要部観察に基づく類似画像検索に着目した。要部観察に基づく類似画像検索とは、人間が知覚する画像内のまとまった部分領域(要部)の類似性を評価する画像検索であり、要部に着目することで検索精度が向上することが示されている。一方で、ベクタ画像を対象とした類似検索の研究開発はこれまで十分に行われておらず、特に、要部観察に基づく類似ベクタ画像検索についてはその効果は確認されていなかった。本研究はこの点に着目し、要部観察に基づく類似検索の仕組みをベクタ画像の検索へと応用する。

2. 研究の目的

ベクタ画像をラスタ画像に変換(ラスタ化)することで、これら既存の類似画像検索システムを利用できる。しかし、ラスタ化は、ベクタ画像が持つオブジェクトの構造情報を喪失させ、要部観察に基づく類似度評価を困難にするという問題がある。そこで、ベクタ画像をラスタ化せず、ベクタ画像が持つオブジェクトの構造情報を直接利用することで、要部観察に基づく類似検索を実現することを目標とする。この目標を達成するために、本研究では、(1)ベクタ画像からの要部抽出処理の研究開発、(2)ラスタ画像からベクタ画像への逆変換処理の研究開発、(3)要部観察に基づく画像間類似判定処理の研究開発、および、(4)ベクタ画像検索システムの研究開発を目的とする。

3. 研究の方法

「2. 研究の目的」(1)～(4)に対して行った研究方法は以下のとおりである。

(1) ベクタ画像からの要部抽出処理の研究開発

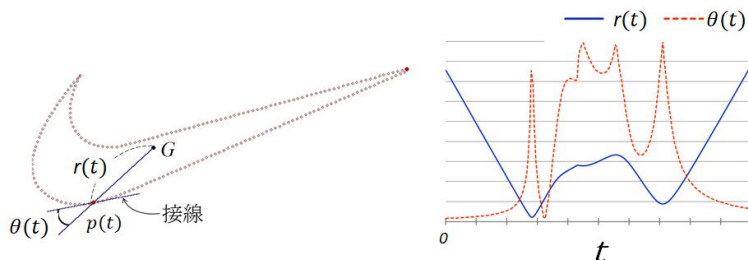
ベクタ画像は図形オブジェクト単位で独立して構造情報が記録されているため、要部抽出処理は、図形オブジェクトのグルーピング処理とみなすことができる。そこで、ゲシュタルト知覚論において定性的に示されている人間の知覚特性をモデル化し、要部として知覚されるオブジェクト群を特定する処理の開発を試みる。具体的には、ゲシュタルト知覚論において定性的に示されている人間の知覚特性である「群化」をモデル化し、計算機処理可能な要部認識手法を構築する。

(2) ラスタ画像からベクタ画像への逆変換処理の研究開発

「形の良さ (Figural Goodness)」と呼ばれる人間が知覚する図形形状の自然さに関するスコアリングモデルを構築する。対称性や円形性など図形の全体形状に基づき認識する形の良さをモデル化し、これらの線形結合により「形の良さ」スコアを定義する。さらに、これらの研究をラスタベクタ変換処理へと応用するための方法について検討する。

(3) 要部観察に基づく画像間類似判定処理の研究開発

図1. 要部特徴関数の抽出



ベクタ画像内の要部に注目した類似検索を実現するためには、要部間の類似評価が必要となる。要部の大きさや向きは画像によって異なるため、スケールや回転に対してロバストな類似評価手法が必要となる。そこで、まず、要部を構成するオブジェクトの輪郭線をパラメータ表示 $p(t)$ として定義する ($0 \leq t \leq 1$)。さらに、オブジェクトの重心 G と各輪郭点 $p(t)$ との距離 (正規化したもの) および各輪郭点における接線の方向をそれぞれ要部特徴関数 $r(t)$, $\theta(t)$ として定義

する(図1)。オブジェクト間の類似度は、これら2種類の要部特徴関数の内積をそれぞれ計算し、その線形結合により定義する。さらに、回転に対するロバスト性を得るため、輪郭線の開始点($t=0$ の点)をずらして上記の類似度を複数計算し、その最大値を最終的な類似度と定義する。

(4) ベクタ画像検索システムの研究開発

要部観察に基づくベクタ画像検索システムは、2つの画像に含まれるオブジェクト同士の全組み合わせに対して類似計算を実施する必要がある。この類似計算処理はコストが大きく、さらにデータベースの全画像に対して同様の処理が要求されるため、データベースの規模が大きくなると検索に膨大な計算時間を必要とする。そこで、本研究では間接照合法を導入する。間接照合法は、代理クエリと呼ばれる少数の代表データを用いて、データベース内の各データとの類似度情報を事前計算しておき、実際の検索実行時には、これら事前計算した結果を利用し、実際のクエリと代理クエリとの類似度を基に、データベース内の各データとの類似度を高速に類推する照合法である。しかし、間接照合法は、高速な検索速度を期待できる一方で検索精度が低下する問題点が指摘されている。そこで、間接照合法によりデータベース内を高速検索し、その結果得られる上位の候補に対してさらに、直接照合法により検索精度を向上させるハイブリッド検索を新たに開発し、導入する。

4. 研究成果

「2. 研究の目的」(1)~(4)に対する研究成果方法は以下のとおりである。

(1) ベクタ画像からの要部抽出処理の研究開発

複数のオブジェクトをまとめて一つの図形と知覚し群化するケースに対応するために、図1に示すような、閉鎖性かつ連続性要因により群化する線オブジェクトを対象として、群化強度を測定するための特徴量を提案した。評価実験のため、閉鎖性かつ連続性要因により群化する図形を11枚(曲線のみ図形4枚、直線のみ図形7枚)作成した。また、群化しない図形を6枚(曲線のみ図形3枚、直線のみ図形3枚)作成した。計17枚の画像に対し、本手法を適用し実験を行った。実験結果より、群化する図形のうち鋭角を持たない図形と尖点を持たない図形において特徴量が高くなることを確認した。

(2) ラスタ画像からベクタ画像への逆変換処理の研究開発

図形の形の良さに関するスコアリングモデルとして、輪郭の単純性と規則性に着目し、まずこれらをモデル化した。具体的には、単純性は、図形の特徴点数を説明変数として、規則性は、線対称軸の数および回転対称の次数を説明変数として、それぞれ双曲線関数によりモデル化した。さらに、単純性と規則性の線形結合によって、形の良さを推定する重回帰モデルを構築した。構築したモデルの有効性を評価するために、MPEG-7 CE-Shape-1 Core Experiment Test Set 図形データセットを用いて、人間による形の良さに関する評価スコアと、構築したモデルによって推定したスコアとの相関性と誤差を評価した。その結果、これらのスコアが高い相関性を示し、誤差も既存モデルに比べて小さくなることを確認した。また、構築したスコアリングモデルを用いた応用システムとして、複数物体が重なって映し出されている写真画像に対し、「形の良さ」スコアに基づき被遮蔽領域の輪郭を計算機で推定し、さらに内部領域をテクスチャ補完するシステムを試作した。このシステムにより複数の要部を含む画像に対し、要部単位での分離ができる可能性が示唆された。

(3) 要部観察に基づく画像間類似判定処理の研究開発

実験データセットとして SVG フォーマットで記述された商標画像 1112 枚から、局所領域が類似している画像 117 セット用意した。1 セットあたり、1 の画像をクエリ、他を検索対象とした。要部特徴関数はオフライン処理として事前に抽出しておく。検索結果の評価方法は、正解データが検索結果の Top10 に入れば成功と定義した。その結果、101 セットで検索に成功した。特に、提案手法の回転およびスケールに対するロバスト性が検索に大きく貢献していることが確認された。一方で、線対称オブジェクトが区別できないことなどが問題点として残されている。また、現時点で、データセットが小さいため、提案手法の有効性評価には、さらに大規模なデータセットを用いた実験が必要と考えられる。

(4) ベクタ画像検索システムの研究開発

高速、中精度な間接照合法と低速、高精度な直接照合法とをカスケード型に組み合わせたハイブリッド照合法を開発した。ハイブリッド照合法では、まず、間接照合法によりデータベース内を高速検索し、上位の検索結果を検索結果候補として絞り込む。次に、これら検索結果候補に対して直接照合法により、類似度を再評価することで検索精度の向上を図る。評価実験のために、ベクタ画像形式で記録された 1112 枚の商標図形テストセットを作成し、ハイブリッド照合法の実行時間および検索精度を、既存の直接照合法、間接照合法と比較した。実験により、直接照合法と同程度の検索精度を維持しつつ、実行時間を 80% 程度削減できた。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計3件（うち査読付論文 3件／うち国際共著 0件／うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Takahiro Hayashi, Koji Abe	4. 巻 なし
2. 論文標題 A Scoring Model of Figural Goodness and Its Application to Contour Completion Problems	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Proceedings of IEEE International Symoisum on Multimedia	6. 最初と最後の頁 303-306
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1109/ISM46123.2019.00067	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Shun Tsuchida, Takahiro Hayashi	4. 巻 なし
2. 論文標題 Similar Trademark Image Retrieval with Hybrid Matching	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Proceedings of Asia Pacific Conference on Industrial Engineering and Management Systems	6. 最初と最後の頁 Paper No. 289
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Koji Abe, Hiroyuki Morita and Takahiro Hayashi	4. 巻 なし
2. 論文標題 Similarity Retrieval of Trademark Images by Vector Graphics Based on Shape Characteristics of Components	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Proceedings of International Conference on Computer and Automation Engineering	6. 最初と最後の頁 82-86
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1145/3192975.3192988	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計9件（うち招待講演 0件／うち国際学会 1件）

1. 発表者名 有村 航太, 阿部 孝司, 林 貴宏
2. 発表標題 ベクタ画像内の線オブジェクトに対する群化強度を測定するための特徴量
3. 学会等名 電子情報通信学会 関西支部 第24回 学生会研究発表講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 土田峻, 林貴宏
2. 発表標題 ハイブリッド照合による局所画像検索の検討
3. 学会等名 Japan-China Workshop on Industrial Engineering and ICT
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 土田峻, 阿部貴志, 林貴宏
2. 発表標題 動的代理クエリ選択に基づく間接照合による類似商標検索の検討
3. 学会等名 電子情報通信学会信越支部大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 奥山 隆史, 榎本 洗一郎, 田中 武則, 水谷 多恵子, 岡野 由利, 正木 仁, 林 貴宏
2. 発表標題 タッチ教示による角層細胞計測支援システムの開発と評価
3. 学会等名 動的画像処理実利用化ワークショップ(DIA2018)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Genki Yamamoto, Takahiro Hayash
2. 発表標題 Intelligent Image Resizing of Travel Photos to Proper Aspect Ratio
3. 学会等名 Asia Pacific Conference on Industrial Engineering and Management Systems (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 奥山 隆史, 榎本 洗一郎, 田中 武則, 水谷 多恵子, 岡野 由利, 正木 仁, 林 貴宏
2. 発表標題 画像切抜き技術を用いた角層細胞面積計測法の開発
3. 学会等名 日本化粧品技術者会第81回SCCJ研究討論会講演要旨集
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 廣瀬優, 林貴宏
2. 発表標題 画像オブジェクトの線対称性を利用したテクスチャ補充の検討
3. 学会等名 電子情報通信学会信越支部大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 土田峻, 林貴宏
2. 発表標題 動的代理クエリ選択に基づく間接照合による類似図形検索の検討
3. 学会等名 電子情報通信学会信越支部大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 盛田宏幸, 阿部孝司, 林貴宏
2. 発表標題 ベクタ画像を用いた類似商標検索システム
3. 学会等名 電子情報通信学会ソサイエティ大会
4. 発表年 2017年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
--	---------------------------	-----------------------	----