

平成 30 年 6 月 5 日現在

機関番号：33903

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2015～2017

課題番号：15K00251

研究課題名(和文)衣服や旗など形状変形する物体を映像検索するための構造化特徴抽出・照合手法の研究

研究課題名(英文) Research on Structured Feature Extraction and Matching Method for Video Retrieval on Non-Rigid Objects

研究代表者

森本 正志 (MORIMOTO, Masashi)

愛知工業大学・情報科学部・教授

研究者番号：60632198

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)：本研究は衣服や旗など形状変形する非剛体物体を映像検索するための技術開発に取り組んだ。

変形物体例として国旗を用い、撮影映像から検索に適したフレーム画像選択および画像内の国旗領域検出を行う手法を開発した。機械学習手法であるDeformable Part Model(DPM)を用いて学習した識別器による評価実験を行い、その有効性が確認された。また、国旗領域に対し小領域分割を行い色平均値ベクトルを特徴量として用いる国旗特徴抽出・照合手法を開発した。形状変形を伴う国旗画像に対する検索評価実験により、その有効性が確認された。

研究成果の概要(英文)：This research has engaged on the technology of video retrieval for non-rigid objects with flexible shape such as cloths and flags. National flags has been used as non-rigid object class in this research.

A proposed detection method in the research selects frame images suitable for retrieval from the video with deforming flags during the scene and detects the region of flags in selected images. Deformable Part Model (DPM), one of machine learning technology, is used for the selection and detection by learning characteristics of national flags with various shape deformation, and experiments showed the effectiveness of the proposed detection method.

Another proposed recognition method in the research divides the detected flag region into subregions, extracts the color mean vectors as features for all subregions, matches them with features in DB and computes the rank result. Experiments also showed the effectiveness of the proposed recognition method.

研究分野：知覚情報処理(画像・映像認識)

キーワード：映像検索 非剛体 変形 特徴抽出 特徴照合

1. 研究開始当初の背景

スマートフォンに代表される携帯端末やウェアラブル機器開発が急速に進み、それらで撮影した画像や映像を用いた商品検索および拡張現実 (AR) 表示による情報提供・広告サービスなどの検討が進んできた。このサービス実現のためには、画像・映像の『どこに』『何が』被写体として撮影されているかを正しく理解する、画像・映像からの物体認識技術が必須である。

物体認識技術は、被写体のカテゴリを推定する一般物体認識と、その具体名を特定する特定物体認識とに分類することができる。上述した機能実現のためには特定物体認識技術が必要であり、画像からの局所特徴抽出や特徴照合の高度化による認識精度向上手法が多く研究されている。

2. 研究の目的

ここで、物体認識に関する多くの技術では物体形状自身は変形しない剛体であることを仮定している。しかし、撮影対象は必ずしも剛体であるとは限らない。例えば、人の生活から切り離せない衣服や使い方によって形を変えるカバンなどの日用品、見慣れた風景の中にあるのぼり広告や旗なども撮影対象であり、それらは形状が容易に変形する非剛体である。撮影時に変形してその見かけが大幅に変化すれば、結果として認識率が大きく低下する可能性がある。

そこで本研究では、形状変形する非剛体物体を映像検索するための特定物体認識技術に関する取り組みを行う。研究期間内では平面状非剛体 (具体的には国旗) からの効果的な特徴抽出手法および特徴照合手法を明らかにすることを研究の目的とする。

3. 研究の方法

(1) はじめに、形状変形に対する頑健性を持つ構造化特徴抽出手法の研究を行う。さまざまな特徴抽出手法に対し、どの程度の形状変形まで識別性を保持できるか検討・評価を行う。また特徴の種類だけではなく、どのような領域関係で特徴を束ねればよいかという構造化手法に関する検討・評価も行う。

(2) (1)と並行して、映像フレームから特徴抽出を行う被写体領域を求める領域抽出手法の研究を行う。識別に有効な特徴抽出および形状変形の影響を削減可能な特徴照合のためには、適切な領域抽出が重要である。形状変形に対し安定して被写体領域を推定可能か検討・評価を行う。

(3) (1)(2)を踏まえ、形状変形に適応可能な構造化特徴照合手法の研究を行う。複数の構造化特徴に対し、認識精度向上を図る照合手法の検討・評価を行う。

4. 研究成果

(1) まず、色特徴 (RGB) および局所特徴 (ここでは SURF 特徴) を用い、形状変形に対する識別性評価を実施した。たわみ・歪みといった形状変形を 5 種類 (変形程度も含めて) 準備し、それらに対する DB 内 152 国旗からの検索ランキング評価を実施した。その結果、変形時における領域色特徴の有効性、限定された国旗種類における局所特徴の有効性、国旗領域検出の重要性、が判明した。

変形時における領域色特徴の有効性に関しては、以下の手法を用いた特徴抽出及び照合に対する評価を行った。まず検索対象となる国旗領域を一定サイズに標準化する。次にその領域を一定数で分割し、小領域ごとに RGB 色空間での色平均値ベクトルを求める。DB 内の各国旗画像に対しても同様の特徴抽出を行い、検索対象国旗に対し小領域ごとのベクトル距離を算出し、その総和を求める。総和が小さいほど類似した色特徴を保持しているとみなせるため、総和の昇順でランキングを作成する。この結果、ある程度の変形までは正解国旗が上位ランクに属することがわかった。また、変形程度に対する頑健性には、小領域分割手法・色空間および特徴量設計の検討が重要であるとの示唆が得られた。

局所特徴の有効性に関しては、次の評価を行った。と同様に検索対象国旗領域および DB 内各国旗画像に対し、SURF 特徴を用いて局所特徴点および特徴量を算出し、特徴量照合点数によりランキングを作成する。その結果、特徴的な模様やデザインが描かれた国旗種類に対しては、局所特徴が有効に機能することが判明した。その一方で、縦・横のラインのみといった単純なデザインの国旗種類に対しては局所特徴が適切に抽出されず、識別性が下がることも判明した。

この問題を解決するための手法として、色特徴を相補的に用いる処理を検討・評価した。具体的には、局所特徴点の多寡によりどちらの特徴を認識に用いるか決定した。しかし、本処理だけでは局所特徴が有効に利用されないことが判明し、領域色特徴と局所特徴の複数特徴に対し認識精度向上を図る統合照合手法の重要性が示唆された。

国旗領域検出の重要性に関しては、の評価実験を通してその示唆が得られた。

における国旗領域検出処理としては、入力映像に対しエッジ抽出・輪郭追跡を行って閉輪郭領域を取り出し、しきい値以上の面積領域を国旗領域として取得した。特徴抽出の前処理としては、規定サイズの長方形への標準化を行った。その結果、動きの激しいもしくは変形程度の高い国旗に対してはこの領域検出処理では不十分であることが判明し、また領域が求められないことにより特徴抽出ができない場合もあった。激しい動きによるモーションブラーの問題に対しては、以降撮

影機器としてハイスピードカメラを用いることとした。変形程度の高い国旗領域を含む国旗画像に対する領域検出手法の検討・評価に関しては、以下(2)に記す。

(2) (1) で記載したように、特徴抽出を行う国旗領域を求める領域検出手法がその後の特徴抽出・特徴照合手法にとって重要である。この手法には、検索対象である映像から国旗が映っていて検索に適したフレーム画像をどのように選択するか、またそのフレーム画像から国旗領域をどのように検出するかという2つの課題がある。(1)ではエッジ抽出・閉輪郭領域による領域検出を行ったが、形状変形による特徴の変動が大きいため幾何特徴だけでは対処できないと思われる。そこで、国旗としての特徴を用いた領域検出手法を検討・評価した。

本研究では、Deformable Part Model (DPM) とよばれる機械学習技術を用いた。DPM は物体を全体像とパーツの集合体としてモデル化することで、変形する物体に対するクラス分類と領域検出を可能とする。提案手法としては、国旗クラス(flag クラス)を定義し、変形の少ない国旗画像をポジティブ画像として準備する。また、それらの画像における国旗領域もアノテーションデータとして作成しておく。これらの学習データを用いて DPM 学習を行い、国旗識別器を作成する。領域検出処理では、検索対象映像の各フレーム画像に対して学習した国旗識別器で検出を行い、フレーム画像名・スコア・バウンディングボックス(BB)座標からなるリストを出力する。スコアにより正誤判定を行うことでフレーム画像を選択し、さらに国旗領域を出力する(以上、図1)。

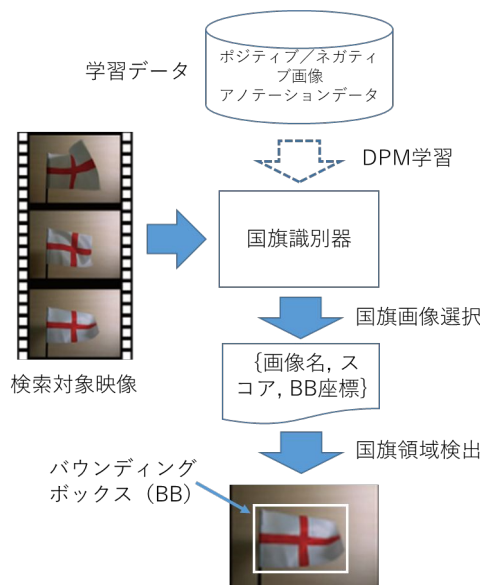


図1 国旗領域検出処理の流れ

提案手法の有効性を確認するために評価実験を行った。実験では、

- ・国旗画像から検索に適した(学習時に想定した)国旗領域を検出できるか
- ・国旗撮影映像から検索に適した国旗画像および国旗領域を取得できるかを評価した。また機械学習手法であることから、その汎化性能評価も行った。

はじめに国旗領域検出性能を評価した。評価方法としては5分割交差検定を用いた。ポジティブ画像データセット1500枚(15国旗×10背景×10枚)を5つのグループに分け、4グループ分の画像1200枚を学習用画像として学習を行い、残り1グループ分の画像300枚をテスト用画像として評価を行った(ネガティブ画像データセットは画像認識コンペティションVOC2011の画像7217枚)。評価指標としては、国旗領域検出結果に対する正答率(適合率)を用いた。具体的には、出力スコアが正の値であったバウンディングボックス(BB)座標の正誤を目視で判定した。また、国旗の種類でグループ分割を行う実験1と、背景の種類でグループ分割を行う実験2を実施した。それぞれ、国旗領域検出性能に加えて国旗種類・背景種類に対する汎化性能を確認するためである。

性能評価結果を表1および表2に示す。いずれの平均正答率も60%から70%を示し、提案手法による国旗領域検出の有効性は認められる。一方、詳細結果を確認すると特定の国旗・背景で正答率が低くなっていた。このことから、学習データには検出対象の特徴を表現できる程度の多様性が必要であり、現学習データでは十分な汎化には至っていないと考えられる。

表1 国旗領域検出性能評価結果(実験1)

テスト用画像	正答率	平均正答率
グループ1	66.33%	66.33%
グループ2	64.00%	
グループ3	82.00%	
グループ4	58.67%	
グループ5	60.67%	

表2 国旗領域検出性能評価結果(実験2)

テスト用画像	正答率	平均正答率
グループ1	57.67%	73.27%
グループ2	86.00%	
グループ3	58.00%	
グループ4	81.33%	
グループ5	86.33%	

次に、提案手法により国旗撮影映像から検索に適した国旗画像と国旗領域を検出可能かどうか確認する評価実験を行った。ポジティブ学習データセットは前述した1500枚全てを使用した。テスト用画像は、学習データセット中の15種類およびそれと異なる5種類からなる計20種類の国旗を、学習データセットと異なる背景4カ所で撮影した。このように撮影した80個の映像から各100枚

のフレーム画像を選出してテスト用画像とした（合計 8000 枚）。したがって、テスト用画像は検索に適している画像だけではない。これらのテスト用画像に対して提案手法による処理を行い、検出された国旗領域が適切であるか評価を行った。スコア閾値は 0.0 および 0.5 と設定した。

性能評価結果を表 3 および表 4 に示す。いずれの平均正答率も 60 % から 70% を示し、提案手法による国旗画像および国旗領域取得の有効性は認められる。閾値を 0.0 から 0.5 に上げることで平均正答率は高くなるが、検出枚数は減少する。本手法は国旗領域を正しく検出することが重要であるので、検出枚数が 0 にならない程度で高い正答率を示す閾値を決めることが必要である。国旗別に見ると、学習データに登録されている 15 種類の国旗は多くの画像が検出されたが、登録されていない 5 種類の国旗は検出されないことが多かった。このことから、15 種類の国旗画像では汎化に不十分であると推定され、前実験と同じく検出対象の特徴を表現できる程度の多様性が学習データに必要であると考えられる。

表 3 国旗画像・領域取得性能評価結果（閾値 0.0）

テスト用画像	検出画像枚数	正答率	平均正答率
背景 1	890	53.71%	65.39%
背景 2	1063	68.30%	
背景 3	646	79.57%	
背景 4	955	63.46%	

表 4 国旗画像・領域取得性能評価結果（閾値 0.5）

テスト用画像	検出画像枚数	正答率	平均正答率
背景 1	350	62.86%	74.58%
背景 2	592	78.72%	
背景 3	125	84.80%	
背景 4	247	76.11%	

以上より、DPM を用いて国旗の特徴を学習することで、映像中から検索に適したフレーム画像と国旗領域を検出する手法の有効性を確認した。本研究は、形状変形する非剛体物体に対しても、認識で用いられる特徴を機械学習で活用することで適切に前景と背景を分離できる認識的領域検出手法と位置づけられる。発展的な検討課題としては、国旗デザインに基づく複数クラスの導入（DPM モデルの複数化）や、領域検出を可能とする別の機械学習技術との比較などを挙げることができる。

(3) (1) で記載したように、国旗領域検出を行った後に色特徴抽出を行う場合には、小領域分割手法・色空間および特徴量設計の検討が重要である。また、そのようにして求めた領域色特徴と局所特徴の複数特徴に対し、認識精度向上を図る統合照合手法の検討も必要である。そこで本研究では、照合すべき対象国旗を絞り込むために領域色特徴を用

い、その後局所特徴を用いて照合を行う二段階照合を検討・評価した。

国旗の形状変形は、その場所により変形度合いが異なることが多い。そこで形状変形に耐性を持つ分割方法として、[A] 分割しない [B] 4 分割 [C] 9 分割 [D] 4 分割に中心領域を加えた分割方法の 4 種類を小領域分割手法候補として定める。また、特徴抽出時に用いる色空間として RGB と HSV の 2 種類を準備し、各分割領域における各色チャンネルの平均値を求める。照合は対応する各小領域における色平均値ベクトル間の距離の総和を求めることで行う。

提案手法の有効性を確認するために評価実験を行った。評価用データは、(2) における学習データと同じ 15 種類の国旗を用いた。無作為な変形をしている国旗を撮影した映像から図 2 に示すような 3 種類の変形状態を示すフレーム画像を選出し、その国旗領域を目視で求めて評価用画像を作成した。変形度合いに関しては、(2) における国旗領域検出処理により、特徴抽出および照合に適したフレーム画像が選択されることを前提としている。DB には(1)と同じく国旗画像および提案手法による特徴量を格納した。評価指標としては、平均逆順位（Mean Reciprocal Rank: MRR）を用いた。平均逆順位はランク付き検索における評価指標の一つであり、どの程度正解に近いランクが得られるかを 0 から 1 までの数値で表す。具体的には、各評価用画像に対する類似度（色平均ベクトル間距離の総和）によりランキング作成を行い、正解が何位になったかを求める。その順位の逆数平均が MRR である。



状態(a) 変形なし 状態(b) 端が折れている 状態(c) 全体的に変形

図 2 国旗変形状態例

分割方法・変形状態ごとに MRR を求めた性能評価結果（RGB の場合）を表 5 に示す。評価結果からは、色空間の違いによる大きな性能変化は見られなかった。変形状態に関しては、状態(a)（変形なし）から状態(b)（端が折れている）および状態(c)（全体的に変形）になるにつれて平均逆順位が小さくなり、形状変形に伴う照合性能低下がみられた。それに対し分割方法に関しては、分割[A]（分割なし）に対し分割[B][C][D]による分割を行うことで性能向上がみられた。特に分割[C]（9 分割）における性能が最も良いことがわかった。

この結果に基づき、RGB 色空間・分割[C]を用いて何力国までの対象国旗絞り込みが可能か調査した。その結果、絞り込んだランキング範囲に正解国旗が含まれる正解率は

表5 小領域色特徴抽出・照合性能評価結果

変形状態	分割[A]	分割[B]	分割[C]	分割[D]
状態(a)	0.294	0.746	0.917	0.797
状態(b)	0.184	0.486	0.664	0.548
状態(c)	0.173	0.312	0.616	0.405
平均	0.217	0.515	0.732	0.584

0.889(10位まで)、0.956(20位まで)、1.000(30位まで)となった。これより、照合対象となる国旗が153カ国から30カ国までの1/5程度に絞り込めることがわかり、本提案手法の有効性が認められた。

この絞り込み結果に対し、局所特徴を用いた特徴照合処理を実施した。局所特徴としてここではAKAZE特徴を用い、評価用画像に対して局所特徴点検出を行う。点数が一定数を超える場合には局所特徴による照合が有効であると判断し、絞り込まれた国旗群だけに対して特徴量照合を行ってランキング再作成を行う。そうでない場合には領域色特徴によるランキングをそのまま採用する。その結果、単純なデザインの国旗種類に対しては局所特徴が用いられないことから、領域色特徴による有効なランキングのままであった。一方、特徴的な模様やデザインが描かれた国旗種類に対しては局所特徴による照合が行われた結果、狙い通りランキングが上昇する場合もあったが逆に下がる場合も散見された(3~4割程度)。

以上より、領域色特徴を用いた国旗照合手法の有効性を確認することができたが、その一方で局所特徴や二段階照合における課題が判明した。分割方法に関しては、さらに細かい分割を行った場合の精度検証実験などが必要であると考えられる。特徴量に関しても、色平均値ベクトル距離だけでなく色ヒストグラムおよびヒストグラムマッチングなどの手法を検討する必要がある。本研究は、形状変形する非剛体被写体に対して耐性を持つ特徴量抽出・照合手法と位置づけられる。発展的な検討課題としては、分割領域位置によって異なる変形度合いを考慮した照合手法の検討や、国旗領域検出から得られる特徴の活用などを挙げるができる。

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)

森本 正志、形状変形物体に対する映像検索技術の研究、愛知工業大学経営情報科学学会誌、査読無、12巻、2018、21-39

〔学会発表〕(計3件)

富田 大輝、森本 正志、Deformable Part Modelを用いた変形物体領域検出に関する検討、情報処理学会第80回全国大会、2018.3.13、早稲田大学西早稲田キャン

パス(東京都新宿区)

土屋 拓郎、森本 正志、非一様な形状変形を許容する国旗画像検索手法に関する検討、平成29年度電子情報通信学会東海支部卒業研究発表会、2018.3.2、名古屋工業大学(愛知県名古屋市)
富田 大輝、森本 正志、非一様な形状変形を許容する国旗画像検索手法に関する検討、第14回情報学ワークショップ2016、2016.11.27、愛知県立大学(愛知県長久手市)

〔その他〕

ホームページ等

<http://mm-lab.aitech.ac.jp/>

6. 研究組織

(1)研究代表者

森本 正志(MORIMOTO, Masashi)
愛知工業大学・情報科学部・教授
研究者番号：60632198