

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 14 日現在

機関番号：13801

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2014～2016

課題番号：26330135

研究課題名(和文) スケッチ画像検索におけるクエリ予測機能の実現

研究課題名(英文) Query Prediction for Query-by-Sketch Image Retrieval

研究代表者

大橋 剛介 (Ohashi, Gosuke)

静岡大学・工学部・教授

研究者番号：80293603

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,900,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は、スケッチ画像検索において、検索効率を向上されることを目的としている。正確性と多様性を満足するクラスタリングにより、スケッチのクエリ予測表示を実現し、検索効率を向上させる。画像検索の高速化の一手法の類似検索向けのハッシュ法であるLocality Sensitive Hashingに基づき、Support Vector Machineの識別関数をハッシュ関数に用いたスケッチ画像検索を実現し、検索精度の維持しつつ、検索速度の向上を可能にした。

研究成果の概要(英文)：The purpose of this study is to improve the efficiency of content based image retrieval by sketch. It is possible for this method to improve efficiency by the accuracy and the diversity of clustering. The proposed method is based on one of the speed-up techniques for similar image retrieval is Locality Sensitive Hashing method. This method realize to cluster features using discriminant function of Support Vector Machine as hash function and realize to keep effectiveness and improve efficiency.

研究分野：画像情報処理

キーワード：画像検索 クラスタリング LSH ハッシュ SVM

1. 研究開始当初の背景

インターネット、デジタルカメラ、カメラ付携帯電話の普及に伴い、膨大な数の画像から所望の画像を効率よく検索する技術が求められている。画像内容検索の研究は、その精度が画像特徴量の性能に依存するため、画像認識の応用研究の一つとして、1990年代から盛んに行われ、飛躍的に進歩してきている。しかしながら、形に着目した、簡単なスケッチを入力とする画像検索は、入力スケッチの自由度の高さゆえ開発が困難となっており、精度、効率を満足するに至っていないのが現状である。このような背景のもと、スケッチ画像検索に取り組んでおり、エッジ情報の相対位置関係に着目した、大きさ、位置、回転に不変な特徴量を提案し、スケッチ画像検索システムを構築した。

最近、テキスト検索の分野では、オンライン入力である特性を活かし、入力した文字列から検索ワード候補を予測表示する機能(サジェスト機能)が実用化され、その恩恵をユーザは享受している。スケッチ画像検索において、テキスト検索の分野の入力した文字列から検索ワード候補を予測表示する機能と同等の機能、すなわち、入力したスケッチから完成したスケッチ候補を予測表示する機能が実現できれば、検索精度・効率の向上、ユーザの負担の軽減が期待できる。

そこで、本研究では、スケッチの一部をクエリとして入力すると、完成したスケッチのクエリを予測表示することで、検索精度・効率の向上、ユーザの負担の軽減が期待できる新たなスケッチ画像検索を開発することを目的としている。

2. 研究の目的

スケッチ画像検索システムにおいて、検索速度は画像枚数に比例して増加する。検索システムとして実用的な目安を、画像枚数 1000 万枚に対し検索時間 1 秒程度とすると、本システムでは約 25 秒程度を要する。そこで、画像枚数が増加した場合に備え、スケッチ画像検索システムの高速化が必要となる。データを高速に検索する手法としてハッシュ法がある。ハッシュ法とは、データのある一定の規則に従って数値化し、その値が示すバケットにデータを格納し、バケット内のデータのみを検索することによって高速化する手法である。類似検索向けのハッシュ法である Locality Sensitive Hashing (LSH) が画像検索でも用いられており、高速化を実現している。

LSH では、ハッシュ値の算出に特徴量と乱数値の積を用いる。提案している特徴量 ERH は、値が乱数値より 10-2 程度小さなオーダーであるため、ハッシュ値の計算で積を計算すると、乱数の影響を強く受けてしまい、検索精度が大きく低下してしまう。一方、Support Vector Machine (SVM) とは、2 クラスを識別する学習器である。本研究では、SVM

の学習データに基づいてラベルが決定される点と 0,1 の 2 値で分類される点に着目し、SVM の識別関数をハッシュ関数に用いる。スケッチ画像検索において、SVM を用いたハッシュ法を提案し、検索速度の向上と検索精度の維持を可能とする。

3. 研究の方法

提案手法の概要を図 1 に示す。提案手法では、オフライン環境で行う処理とオンライン環境で行う処理の 2 つに分かれている。まず、点線で示すオフライン環境では、データベース画像からエッジ画像を作成し、特徴量 ERH を抽出する。特徴量抽出後、SVM を用いて画像毎にハッシュ値を作成し、ハッシュテーブルに格納する。一方、実線で示すオンライン環境では、入力スケッチから特徴量 ERH を抽出し、オフライン環境下で作成した識別関数を用いて、スケッチのハッシュ値を作成する。ハッシュテーブルから同じハッシュ値を持つバケット内の画像を参照し、特徴量の照合を行い、検索結果を出力する。

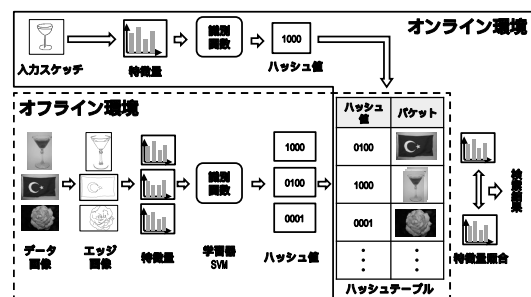
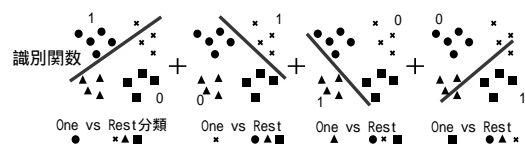
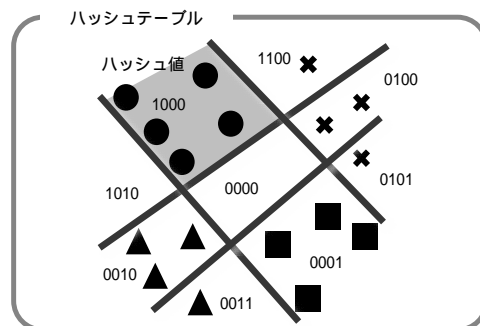


図 1 本手法の概要

SVM を用いたハッシュ値算出手順を図 2 に示す。図 2(a)より、SVM で One vs Rest の 2 値分類を行い 0,1 のハッシュ値 1bit 分を各画像に割り当てる。クラスの数だけ分類し、



(a) One vs Rest の 2 値分類



(b) ハッシュテーブル

図 2 SVM を用いたハッシュ値算出

各画像にクラス数分の bit を持つハッシュ値を割り当てる．図 2(b)より，同一ハッシュ値を持つ画像をまとめたハッシュテーブルを作成し，検索クエリと同一のハッシュ値を持つ画像群に対し，検索を行う．ハッシュ値の各 bit が各クラスの識別結果に対応するため，一致する bit を指定して類似クラスをまとめて検索することが可能となる．

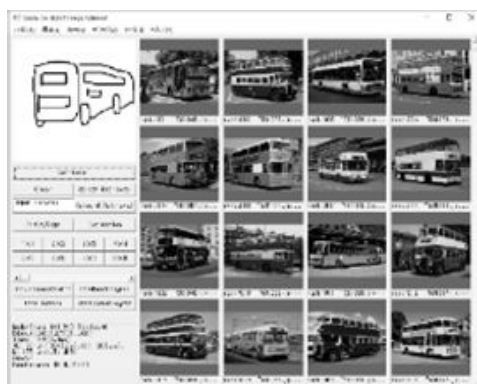
4. 研究成果

提案手法の有効性を検証するため，画像検索実験を行った．画像データベースには 10 クラスに分類された画像素材集 Corel Photo Gallery の画像 1558 枚を使用した．検索目標は「balloon」「bus」「card」「cat」「dog」「fish」「flag」「flower」「glass」「gun」の 10 クラスである．提案手法における識別関数は，10 クラス分の画像とスケッチ，各 10 枚を学習データとして学習させ，交差検定により決定した．比較手法には，SVM によるハッシュ法を用いない手法と，LSH を用いた手法について比較を行った．

検索精度面として，検索結果上位画像 16 枚での比較をした．全 10 クラスの検索上位 16 位における適合画像枚数を表 1 に，クラス「bus」の結果例を図 3 に示す．SVM によるハッシュ法を用いない手法と比較して，上位 16 位までの適合画像枚数が 8 枚から 16 枚に増加した．LSH を用いた手法と比較しても，2 枚から 16 枚に増加した．

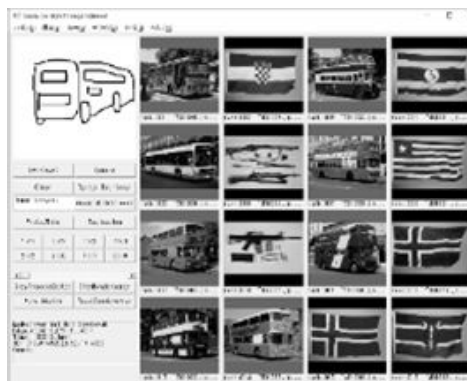
表 1 検索上位 16 位における適合枚数[枚]

クラス	提案手法	SVMによるハッシュ法を用いない手法	LSH
balloon	0	0	0
bus	16	8	2
card	16	15	0
cat	3	8	3
dog	8	8	7
fish	1	0	0
flag	16	15	0
flower	7	3	5
glass	16	15	1
gun	5	8	0



(a)提案手法

図 3 検索結果上位画像



(b) SVM によるハッシュ法を用いない手法

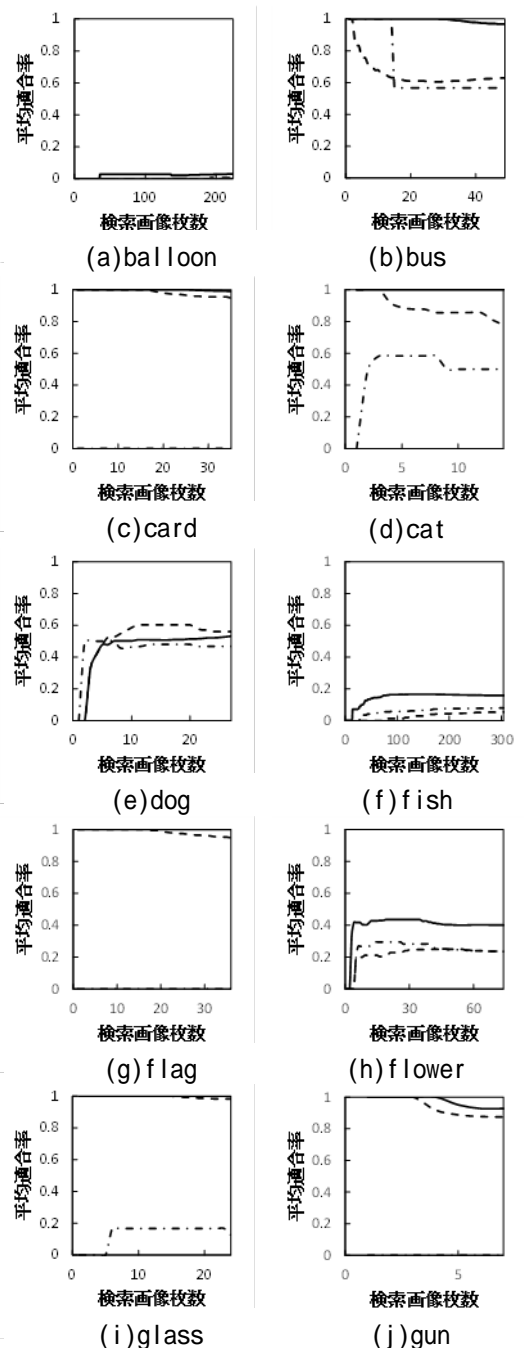


(c)LSH

図 3 検索結果上位画像

SVM によるハッシュ法を用いない手法と比較して，上位 16 位までの適合画像枚数が増加したクラスは 6/10 クラス，減少したクラスは 2/10 クラス，変化しなかったクラスは 2/10 クラスであった．LSH を用いた手法と比較して，上位 16 位までの適合画像枚数が増加したクラスは 8/10 クラス，減少したクラスは 0/10 クラス，変化しなかったクラスは 2/10 クラスであった．よって，提案手法は SVM によるハッシュ法を用いない手法と同程度の精度であり，LSH より精度が向上する結果を得た．

次に，定量的評価として，平均適合率の結果を図 4 に示す．平均適合率は，曲線が右上にあるほど検索精度が良いと評価できる．実線で示す提案手法は，SVM によるハッシュ法を用いない手法と同程度，LSH より精度が向上したことが確認できる．クラス「bus」や「flower」の結果において，提案手法は SVM によるハッシュ法を用いない手法より精度が向上した．理由は，上位の不適合画像が削減されたためである．提案手法は，上位に複数のクラスが混在するようなクエリに対し，精度面の向上も期待出来ると考えられる．



— 提案手法 --- SVMによるハッシュ法を用いない手法 --- LSH

図4 平均適合率

検索速度面は、照合時間を比較した。照合時間は画像枚数に影響されるため、被照合枚数も比較した。表2に照合時間、表3に被照合枚数を示す。全体の検索時間におけるスケッチ特徴量抽出時間やサムネイル画像表示時間は、クエリや表示枚数を同一にしてあるため、手法によって変化しない時間である。そこで、手法によって変化が生じる部分を照合時間としている。提案手法およびLSHの照合時間には、ハッシュ値算出にかかる時間も含まれている。表2より提案手法は他の手法より速度が向上した。全10クラスにおいて、SVMによるハッシュ法を用いない手法と比較して、被照合枚数が大幅に削減されたことにより、ハッシュ値の算出時間を加味しても照

表2 照合時間[μs]

クラス	提案手法	SVMによるハッシュ法を用いない手法	LSH
balloon	1165	4302	1950
bus	1179	4592	2006
card	782	3743	1787
cat	977	4183	2188
dog	1445	4464	2254
fish	1556	4151	2630
flag	733	3904	1792
flower	1163	4713	2675
glass	1207	3968	2091
gun	702	3648	1780

表3 被照合枚数[枚]

クラス	提案手法	SVMによるハッシュ法を用いない手法	LSH
balloon	224	1558	55
bus	49	1558	54
card	35	1558	8
cat	53	1558	14
dog	212	1558	27
fish	373	1558	304
flag	36	1558	1
flower	74	1558	234
glass	24	1558	129
gun	7	1558	0

合時間の高速化を実現した。LSHと比較しても、ハッシュ値を複数付与する必要がないため、高速化が可能になった。

ハッシュ値の算出時間は画像枚数に依存しないため、各検索結果においておよそ一定の値となる。よって提案手法はさらに画像枚数が多くなり、照合枚数を大きく削減した際に効果が顕著になると考えられる。今回の実験結果における全体の被照合枚数削減率は93[%]であった。データベース画像枚数が1000万枚あったと仮定すると被照合枚数を70万枚程度まで削減でき、検索時間は25秒から1.7秒まで削減できると推定される。

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)

T. Takasu, Y. Kumagai, G. Ohashi, "Object Extraction Using an Edge-based Feature for Query-by-Sketch Image Retrieval", IEICE Transactions on Information and Systems, Vol. E98-D, No.1, pp.214-217, 2015, 査読有。

[学会発表](計5件)

山本浩輝, 大橋剛介, "SVMを用いたハッシュ法によるスケッチ画像検索", 動的画像処理実利用化ワークショップ2017(2017.3.10) くにびきメッセ(島根県・松江市)

久保直樹, 大橋剛介, “ 擬似自己符号化器を用いたスケッチ画像検索 ”, 電気学会研究会 (知覚情報・次世代産業システム合同研究会), (2016.3.29) 新潟大学五十嵐キャンパス (新潟県・新潟市)

T.Takasu, G.Ohashi, “ Examination of the Query-by-sketch Image Retrieval as Application on Smart Devices, ” Proceedings of the Seventh International Workshop on Image Media Quality and Its Applications, (2014.9.3) 千葉大学西千葉キャンパス (千葉県・千葉市)

久保直樹, 高須拓也, 大橋剛介, “ 指先検出を用いたスケッチ画像検索 ”, 平成 26 年度電気・電子・情報関係学会東海支部連合大会 (2014.9.8) 中京大学名古屋キャンパス (愛知県・名古屋市)

高須拓也, 大橋剛介, “ Color-Canny エッジ検出法と顕著性マップを用いたスケッチ画像検索のためのエッジ検出 ”, 第 20 回画像センシングシンポジウム, (2014.6.12) パシフィコ横浜 (神奈川県・横浜市)

〔 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 〕

ホームページ等
<http://www.ipc.shizuoka.ac.jp/~tegooha/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

大橋 剛介 (OHASHI, Gosuke)
静岡大学・工学部・教授

研究者番号 : 8 0 2 9 3 6 0 3

(2) 研究分担者
なし ()

研究者番号 :

(3) 連携研究者
なし ()

研究者番号 :

(4) 研究協力者
なし ()