

平成 30 年 6 月 19 日現在

機関番号：62615

研究種目：研究活動スタート支援

研究期間：2016～2017

課題番号：16H07411

研究課題名(和文)映像データベースを用いた非専門家向けアニメーション制作支援

研究課題名(英文)Drawing Assistance for Creating Animation via Video Database

研究代表者

松井 勇佑(Matsui, Yusuke)

国立情報学研究所・コンテンツ科学研究系・特任研究員

研究者番号：80780676

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,300,000円

研究成果の概要(和文)：近似最近傍探索技術による画像検索技術を用いたコンテンツ制作支援の研究を行った。理論的な貢献として、直積量子化コードとハッシュテーブルを組み合わせたデータ構造を提案した。応用的な貢献として、古典籍画像に対する画像検索を実現した。また、国際的な共同研究の結果として、直積量子化の考案者であるJegou博士と共同で直積量子化に関する包括的なサーベイ論文を執筆した。

研究成果の概要(英文)：We conducted a research on assisting contents-creation via image search with approximate nearest neighbor search. For a theoretical contribution, we proposed a data structure with product-quantization codes (PQ codes) and hash tables. For an application, we achieved an image retrieval for kotenseki images. We wrote a comprehensive survey paper about PQ with Prof. Jegou who developed the original PQ algorithm.

研究分野：コンピュータビジョン

キーワード：近似最近傍探索 画像検索

1. 研究開始当初の背景

絵を描くことは人間が情報を表現する際の最も基本的な行動の一つである。もしまるで紙に絵を描くように誰でも簡単にアニメーションを作ることが出来れば、それは動きを表現する様々な場面で役に立つ。そこで私は「非専門家のためのアニメーション制作支援手法」の開発を目指した。ここでまずユーザはお絵かきを行い、それを用いて映像データベースに対する画像検索を行う。データベースから検索された映像情報を元に自然な動き候補をサジェストすることで、ユーザは自然なアニメーションを作ることが出来る。

2. 研究の目的

本研究の目的は「画像検索技術を用いてアニメーション制作を支援」することである。特に、以下の二点について注目した。(1) 画像検索の理論的な側面である近似最近傍探索技術について、大量のデータの中から類似のベクトルを効率的に探すことが出来るか？(2) 実際のマルチメディアデータを前にして、効率的に検索を実行することが出来るか？

3. 研究の方法

理論面である(1)について、100万 (one million)、10億 (one billion) を問題スケールの目標として、データ構造を設計する。特に、精度・速度・メモリ効率の三点のバランスの元で高い性能の達成を目指す。

応用面である(2)について、「古典籍画像」に注目した。古典籍とは、浮世絵などを含む、数百年前に日本で描かれた古代の画像である。これらのマルチメディアデータに対してスケッチ検索の実行を目指す。

4. 研究成果

(1) 理論的な貢献：PQTable

画像検索問題では、 $10^9$  本以上の大量のベクトルをとり扱う。それら大量のベクトルをメモリ上で高速に処理するために、ベクトルを圧縮し圧縮した状態のままですべてのベクトルを探る探索技術が急速に普及している。

その中でも、直積量子化 (Product Quantization; PQ) およびその拡張が広く研究されている。PQはベクトルを極めて省メモリのコードに変換できる(例えば32bit)。

圧縮したコードと圧縮していない生ベクトルの間の近似距離を高速に計算できる (Asymmetric Distance Computation (ADC))、そしてアルゴリズムとデータ構造が極めて簡潔である、という三つの利点がある。そのため、PQは最新の最近傍探索システム上でのデータ表現において基礎となる役割を担っている。

PQコードはADCによって高速に距離を計算できるが、それでも計算は線形探索であるという弱点がある。すなわち、N本のPQコード

の中からクエリベクトルに近いものを探る処理は少なくとも  $O(N)$  のコストがかかる。そのため大量のベクトル ( $N=10^9$  など) に対しADCは遅い。これを解決するため、私はPQコードの高速近傍探索手法、PQTableを提案する。提案手法ではハッシュテーブルを導入することで、ADCと全く同じ結果を高速に計算する(例えばSIFT1Bデータに対し64bitコードを用いて、ADCの18sに対しPQTableが10.3ms)。

最新の探索システムは速度、メモリ、精度でPQTableに勝るが、多くの訓練ステップとパラメータ決定が必要である。一方PQTableは一切のチューニングが必要なく、またADCと同じ結果を得るため概念的にシンプルである。よって、PQTableは探索問題への現実的な解を与える。

PQTableの概要図を図1に示す。データベース側のベクトルたちはPQコードに圧縮され、コードそれ自身をエントリとしてハッシュテーブルに保存される。クエリのベクトルが与えられたとき、それをPQコードに変換し、ハッシュテーブルの対応箇所にアクセスする。ここで見つかったものが近似的な最近傍である。ハッシュテーブルへのアクセスは  $O(1)$  であるため、アイテムが見つかる場合探索は極めて高速である。

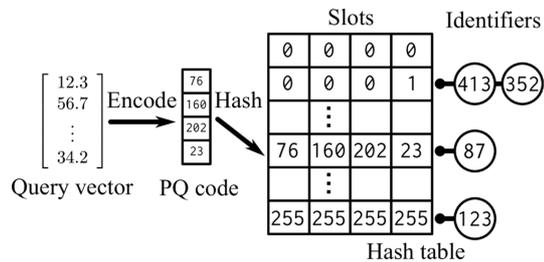


図1 PQTableの概要図

SIFT1Bデータに対する検索の結果を図2に示す。ここで黒線が線形ADC探索である。線形ADCはデータベース要素数Nに比例する時間がかかることがわかる。一方で提案するPQTableは要素数が増えても極めて高速に探索を行う。

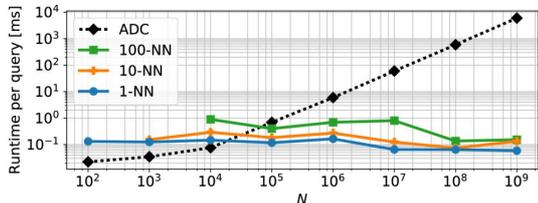


図2 SIFT1Bデータに対する探索結果

提案するPQTableの弱点として、最新の他手法に比べ精度が高くはないという点がある。速度・メモリ・精度の三点のうち、提案手法は速度およびメモリに性能を振った

ータ構造だと言える。

これらの結果はマルチメディア分野のトップジャーナルである IEEE Trans. Multimedia に採録された。

## (2) 応用的な貢献：古典籍検索

次に、応用的な貢献である古典籍検索について述べる。ここで古典籍資料とは、過去に生成され保管されている広い意味での資料全般を指す。特にここでは日本の江戸時代以前に作られた書籍、その中でも画像情報を扱う。かつて古典籍資料は人文学者により人手で管理・解析されてきた。もしコンピュータビジョン技術を古典籍の解析に用いることが出来れば、これまでに知られていなかった新たな解析が可能になるかもしれない。

特にここではお絵かきをクエリとして用いた古典籍画像検索を目指した。お絵かき画像から VGG 特徴量を抽出し近似最近傍探索を行うことで、古典籍画像検索を実現した。そのインタフェースを図 3 に示す。ここでは「○」を描くことで、古典籍データベース中からそれに似た図形を探している。

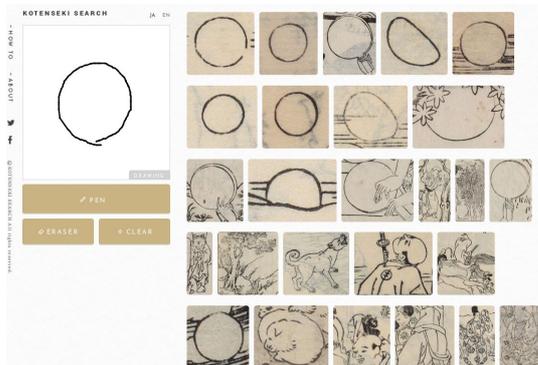


図 3 古典籍検索インタフェース

さらに、検索結果を再利用することで、結果を利用した検索を行うこともできる。その例を図 4 に示す。これにより、最初のスケッチを足掛かりとして、その結果の再利用を繰り返し、データベース中の画像を次々に探ししていくことが可能になる。この例では、鳥の顔をした戯画をクエリとして用いることで、それに似たものを探している。



図 4 検索結果を再利用した検索

これらの結果は国際ワークショップおよび国内学会にて発表された。

## (3) 共同研究、アウトリーチ

さらに、実施した共同研究およびアウトリーチについて述べる。私は(1)の理論研究に関して、直積量子化の提案者である Jegou 博士（フランス、Facebook AI Research）と共同で、直積量子化に関する包括的なサーベイ論文を執筆した。これは PQ に関する初のサーベイ論文であり、またオリジナル著者との共同執筆を実現することが出来た。

また、(2)の応用に関して、国文学研究資料館の松田訓典先生、山本和明先生と共同研究を行うことが出来た。

加えて、画像検索エンジンを 0 から作るという招待講演を行った。これは国内学会の招待講演として実施され、その場で 0 からエンジンを作るという野心的なものであった。このように画像検索に関するアウトリーチ活動を行うことも出来た。

本研究は当初の予定のうち特にその理論面について強くフォーカスすることとなったが、上述のように重要な研究結果や国際的な共同研究を成すことが出来た。

## 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 3 件)

Yusuke Matsui, Toshihiko Yamasaki, and Kiyoharu Aizawa, “PQTable: Nonexhaustive Fast Search for Product-Quantized Codes Using Hash Tables”, IEEE Transactions on Multimedia, vol. 20, no. 7, pp. 1809-1822, 2018. 【査読有】

DOI: 10.1109/TMM.2017.2774009

Yusuke Matsui, Yusuke Uchida, Herve Jegou and Shin'ichi Satoh, “A Survey of Product Quantization”, ITE Transactions on Media Technology and Applications, vol. 6, no. 1, pp. 2-10, 2018. 【査読有】

DOI: 10.3169/mta.6.2

Yusuke Matsui, Kota Ito, Yuji Aramaki, Azuma Fujimoto, Toru Ogawa, Toshihiko Yamasaki, and Kiyoharu Aizawa, “Sketch-based Manga Retrieval using Manga109 Dataset”, Multimedia Tools and Applications, vol. 76, no. 20, pp. 21811-21838, 2017. 【査読有】

DOI: 10.1007/s11042-016-4020-z

[学会発表](計 3 件)

Chairath Sirirattanapol, Yusuke Matsui, Shin'ichi Satoh, Kuninori Matsuda, and Kazuaki Yamamoto, “Deep Image Retrieval Applied on Kotenseki Ancient Japanese Literature”, IEEE

International Workshop on Machine Learning and Computing for Visual Semantic Analysis (MLCSA) 2017. 【査読有】

松井勇佑, 佐藤真一, 松田訓典, 山本和明, “古典籍に対する画像検索”, 第20回 画像の認識・理解シンポジウム (MIRU) 2017.

松井勇佑, “一時間で画像検索エンジンを作る”, CGVI 研究会, 2017.

〔図書〕(計 件)

〔産業財産権〕

出願状況(計 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 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://yusukematsui.me>

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

松井 勇佑 (MATSUI, Yusuke)  
国立情報学研究所・特任研究員  
研究者番号：80780676

### (2) 研究分担者

( )

研究者番号：

### (3) 連携研究者

( )

研究者番号：

### (4) 研究協力者

( )