

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 17 日現在

機関番号：12102

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2013～2016

課題番号：25730070

研究課題名(和文) スパース符号化を用いた大規模画像特徴量データベースの構築

研究課題名(英文) Construction of a large scale image feature database using sparse coding

研究代表者

手塚 太郎 (TEZUKA, Taro)

筑波大学・図書館情報メディア系・准教授

研究者番号：40423016

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,200,000円

研究成果の概要(和文)：スパースな一次結合で画像を表現できる特徴量を観測データから獲得する処理は一般に辞書学習と称されるが、その代表的な手法であるK-SVDを低次元空間への射影の反復に基づき近似的に行う高速化手法を開発した。この結果は情報処理学会の論文誌Journal of Information Processingに2016年5月に掲載された。提案手法を画像集合に適用することで画像特徴量のデータベース化を行った。また、スパース性を考慮したフィッシャーカーネルを使用して画像分類を行う手法を開発した。

研究成果の概要(英文)：Dictionary learning is a general name given to methods that features for decomposing observed data into a sparse linear combination. One achievement of this project was to develop a method of speeding up K-SVD, a widely-used method for dictionary learning, by iterative projection onto lower dimensional subspace. The result was published as an article in the Journal of Information Processing by the Information Processing Society of Japan in May 2016. By applying the method to a set of images, an image feature database was constructed. In addition, a method of image classification using a Fisher kernel imposing sparsity was developed.

研究分野：機械学習

キーワード：スパース符号化 辞書学習 画像特徴量

1. 研究開始当初の背景

機械学習では通常、観測データを特徴量によって表現した上で学習器に与え、分類や回帰などのタスクを実現している。タスクにおける精度向上には適切な特徴量の設計が重要とされ、その自動化は重要な研究テーマである。近年注目を集めている深層学習も画像や系列等、高次元のデータから特徴量を自動獲得させる手法の一種とみることもできる。

信号処理の分野で特徴量の自動獲得手法として広く注目を集めているものとして辞書学習がある。スパース符号化は観測データを特徴量のスパースな一次結合に分解する手法であるが、そのような分解を可能にする特徴量をデータ自体から見つける過程は辞書学習と呼ばれ、教師なしで特徴量を求める一般的な枠組みとして期待されている。また、辞書学習の一部の手法は教師なし学習の代表的な手法として使われる k-means クラスタリングを一般化したものと捉えることも可能であり、高い汎用性を持っている。

しかし辞書学習は計算時間が観測データの各標本の次元に依存するため、画像のようにピクセル数が次元に相当する高次元のデータでは実用的な時間内で特徴量を求めることが困難である。そのため他の教師なし特徴量構築手法と比較して、幅広く使用されていないという状況であった。

2. 研究の目的

スパース符号化のための辞書学習が特徴量の獲得に広く使われることを妨げている計算時間の問題を改善するため、学習アルゴリズムの適切な近似手法を求めことで高速化を行う。これによって画像集合から画像特徴量を実用的な時間内で獲得させ、画像分類や画像復元等に使用できるようにすることを目的とした。

3. 研究の方法

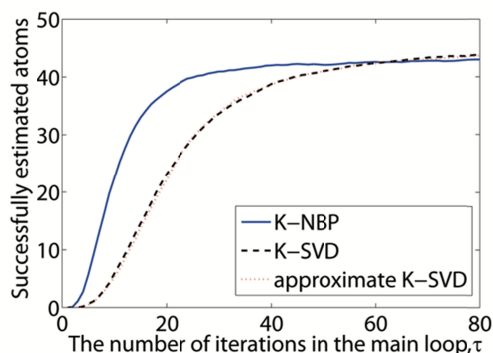
スパース符号化のための辞書学習の代表的な手法のひとつとして K-SVD がある。これは OMP(orthogonal matching pursuit) などによるスパース符号化と特異値分解(SVD)の組み合わせを繰り返し、スパース符号化を実現する特徴量空間を求めることで実現される。後者は実質的には低次元空間への射影を目的としているため、確率的に生成された部分空間への射影を繰り返し、固有空間へ収束させることで近似できる。この考え方に基づき、K-SVD の特異値分解部分を確率的な部分空間への射影の反復に置き換えることによる高速化手法 K-NBP (K-normalized bilateral projection) を開発した。

4. 研究成果

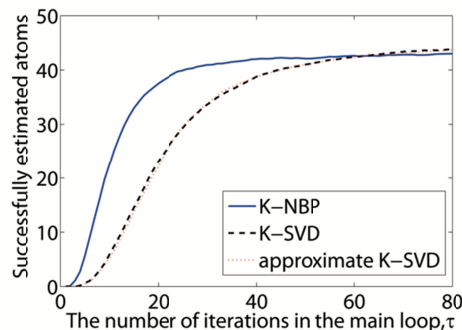
提案した近似手法がどのような状況下でどの程度の精度を持つのかを実験によって評価した。合成データを使用した実験ではランダムに生成された特徴量から少数の特徴量をサンプリングし、重みを掛けて一次結合することでデータを生成し、従来手法である K-SVD と(特異値分解を冪乗法で求める)近似的 K-SVD、ならびに提案手法 K-NBP を用いて特徴量の推定を行い、計算時間を比較した。その結果、真の特徴量と推定された特徴量の間で 5%程度の誤差を許容するのであれば、提案手法 K-NBP によって大幅な高速化が行えることが示された。

また、実データを用いた実験として、画像集合から提案手法 K-NBP で特徴量を獲得し、ノイズを加えられた画像から元の画像を復元する評価実験を行った。

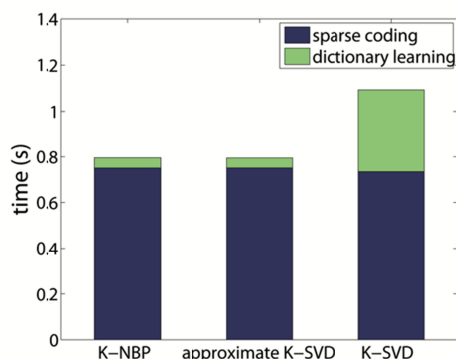
研究成果は情報処理学会の論文誌 Journal of Information Processing に 2016 年 5 月に掲載された。さらに、提案手法を画像集合に適用することで画像特徴量のデータベースを構築した。



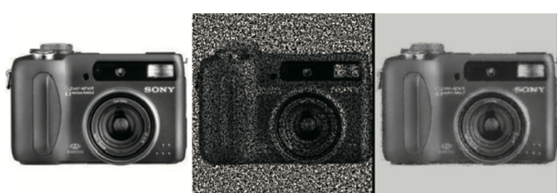
合成データの生成に使用した特徴量と推定された特徴量の間で誤差が 5%以内に収まることを要求した場合の学習曲線



合成データの生成に使用した特徴量と推定された特徴量の間で誤差が 1%以内に収まることを要求した場合の学習曲線



辞書学習における K-SVD、近似 K-SVD、提案手法 K-NBP 間での計算時間の比較



学習された特徴量を用いた画像復元 (デノイジング)

また、派生的な成果として、統計的分布から導かれる正定値カーネルであるフィッシャーカーネルに対し、スパース性を課した上で画像分類を行う手法を開発した。この手法はスパース符号化のための辞書学習をカーネル法と組み合わせ、非線形に拡張するという展開への布石となるものである。

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)

Taro Tezuka, Dictionary learning by normalized bilateral projection, *Journal of Information Processing*, Vol.24, No.3, pp.565-572, Information Processing Society of Japan, May 2016.

[DOI: 10.2197/ipsjip.24.565]

〔学会発表〕(計 6 件)

Taro Tezuka, Sparse coding and dictionary learning for spike trains to find spatio-temporal patterns, *BMC Neuroscience* 2015, 16 (Suppl 1) (Abstracts from the 24th Annual Computational Neuroscience Meeting: CNS2015, Prague, Czech Republic, July 18-23, 2015): pp. 255, 2015.

[DOI: 10.1186/1471-2202-16-S1-P255]

Taro Tezuka, A dictionary learning algorithm for sparse coding by the normalized bilateral projections, *Proceedings of the 24th IEEE International Workshop on Machine Learning for Signal Processing (MLSP2014)*, Reims, France, September 21-24, 2014.

Mika Sayama and Taro Tezuka, Fisher Laplacian Kernel for Image Analysis, *Proceedings of the 7th International Conference on Intelligent Interactive Multimedia Systems and Services (IIMSS2014)*, Chania, Greece, June 18-20, 2014.

Taro Tezuka, Modeling knowledge by probability and sparsity, *Joint Seminar between Japan and Finland - Optimization, Data Mining and Industrial Applications Using Soft Computing*, pp. 144-151, Muroran, Japan, June 26-28, 2013.

菊池祥平, 手塚太郎, スパース符号化を用いた試験結果からスキル構造の抽出, 第9回データ工学と情報マネジメントに関するフォーラム (第15回日本データベース学会年次大会), 岐阜県飛騨高山市, 2017年3月.

有村夢香, 手塚太郎, スパース符号化を用いたブラインド信号源分離, 第6回データ工学と情報マネジメントに関するフォーラム (第12回日本データベース学会年次大会), 兵庫県淡路市, 2014年3月.

〔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

6．研究組織

(1)研究代表者

手塚太郎 (TEZUKA, Taro)

筑波大学・図書館情報メディア系・准教授

研究者番号： 40423016