

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 4 月 21 日現在

機関番号：17102

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2011～2014

課題番号：23700212

研究課題名(和文)異形状テンソルデータの一括処理に関する研究

研究課題名(英文)Batch Processing of Differently Shaped Tensor Data

研究代表者

井上 光平(Inoue, Kohei)

九州大学・芸術工学研究科(研究院)・准教授

研究者番号：70325570

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)：本研究では、異形状テンソルデータの一括処理の実現を目的として、行列の一般化低ランク近似の対称化、2次元主成分分析の非反復近似解法、次元数の異なるベクトルデータの次元削減、サイズの異なる行列データの同時低ランク近似、核ノルム最小化による行列データの同時低ランク近似などのテンソルデータ解析手法を開発し、その有効性を、顔画像などの実際のテンソルデータを用いた実験で検証した。

研究成果の概要(英文)：For the purpose of the materialization of batch processing of differently shaped tensor data, several methods are proposed in this research including symmetric generalized low rank approximation of matrices, a non-iterative approximate solution method for 2DPCA, a dimensionality reduction method for vector data of different dimensions, simultaneous low rank approximation of matrices of different sizes, and simultaneous low rank approximation of matrices by nuclear norm minimization. The effectiveness of the proposed methods was experimentally demonstrated.

研究分野：総合領域

キーワード：画像情報処理

1. 研究開始当初の背景

近年、情報センシング技術の高度化や計算機の性能向上に伴い、多次元配列構造をもつデータの情報処理への要求が高まっている。例えば X 線 CT や MRI によるボクセルデータ、リモートセンシングによるマルチスペクトル画像、デジタルビデオカメラで撮影された動画画像など、多次元配列データは幅広い分野で利用されている。多次元配列はベクトルや行列を一般化したものであり、テンソルと呼ばれる。

従来のテンソルデータ解析手法は、個々のテンソルの階数と次元数が全て同じでなければならないという制限があり、テンソルの階数や次元数が異なるデータを一緒に処理することはできない。一方、Flickr などのオンラインアルバムサービスに蓄積される写真や、個人的に蓄積されるパーソナルメディアでは、画素数が異なる写真や撮影時間が異なるビデオ映像が混在しており、これらは階数や次元数が異なるテンソルデータで表され、そのような異形状テンソルデータの一括処理が求められている。

2. 研究の目的

そこで本研究では、異形状テンソルデータを一括して処理するための種々のデータ解析手法を開発し、それら手法の性能評価を行い、その適用限界を明らかにすることを目指す。同一形状のテンソルデータしか扱えないという従来手法の制限を取り除き、より汎用性の高いデータ解析手法を開発することが、本研究の目的である。

3. 研究の方法

本研究では、初年度に、異形状テンソルデータの一括処理のための理論的枠組みを構成し、各種異形状テンソルデータ解析手法を定式化し、また、各種異形状テンソルデータの収集を行い、次年度以降に、初年度に開発した異形状テンソルデータの一括処理アルゴリズムを発展させて、その適用範囲を広げると共に、大規模データへの適用を視野に入れた処理の高速化と省メモリー化に取り組み、一定の成果が得られた後に、初年度に収集した大規模データによる検証実験を行うことを計画した。

4. 研究成果

(1) 2011 年度は、対称 2 次元線形判別分析の非反復解法を提案し、提案手法により、従来の反復解法よりも少ない計算量で同程度の識別精度が得られることを実験で確認した。また、行列の一般化低ランク近似 (generalized low rank approximations of matrices: GLRAM) において、低ランク近似後の行列の行数と列数を指定する必要があるという難点に関して、GLRAM を対称化することによって、半自動的に行数と列数を設定する方法を提案し、提案手法によって、従来手

法と同程度以上の近似性能を保ちながら、行数と列数の設定が容易になることを実験で確認した。図 1 に顔画像を低ランク近似したものを復元した結果を示す。



図 1 元画像 (左端) とその復元画像

更に、2 次元主成分分析の非反復近似解法を提案した。提案手法では、目的関数値が最大となるような変数の組合せを選択するので、従来手法よりも目的関数値を向上できると期待される。実際に、目的関数値を向上できることを、顔画像データベースを用いた実験で確認した。

(2) 2012 年度は、2 次元主成分分析 (2DPCA) の非反復近似解法として、Xu らの手法とその代替手法によって得られる射影行列の組合せの中から、2DPCA の目的関数値が最大になるものを選択する方法を提案し、提案手法により、従来手法よりもよい目的関数値が得られることを実験で確認した。また、次元数の異なるベクトルデータの次元削減法として、異なる次元の同数のベクトルの外積を総和して得られる高階テンソルを高階特異値分解して得られる直交行列をかけることによって各次元の次元削減を行う方法を提案した。提案手法では、K 平均法によって各次元のベクトルデータの個数を削減しながら揃える。各次元からランダムに同数のベクトルを選択する方法と比較して、提案手法の復元誤差が小さくなることを実験で確認した。また、次元数の異なるデータを追加することによって、復元誤差をより小さくする次元削減が行える可能性があることを実験で示した。

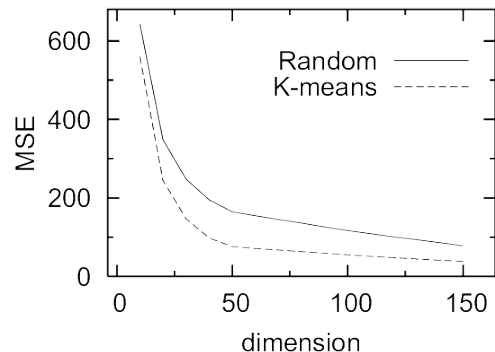


図 2 復元誤差

図2に復元誤差の例を示す．実線はランダムに選択する方法を表し，破線はK平均法を用いる提案手法を表す．

(3) 2013年度は，テンソルデータの一例である，高次元積分画像を計算する際の，省メモリな方法を提案し，同一の計算結果を，少ないメモリ使用量で得ることができることを実験で確認した．次に，サイズの異なる行列（2階テンソル）データを一括して低ランク近似する方法として，行列サイズの種類が増えても変換行列の総要素数が変わらない方法を2種類提案した．一つは，異なる行数，列数を区切りとして行列をブロック分割し，各ブロックごとに低ランク近似を行うものであり，もう一つは，すべての行列サイズを最大の行数，列数にそろえて変換行列を求めておき，それから小さい行列用の変換行列を作るものである．近似精度をピーク信号対雑音比（PSNR）によって評価した結果，同じサイズごとに個別に低ランク近似を行う方法と比較して，二つの提案法は，PSNR値は低い場合が多かったが，行列サイズの種類の増加に伴う変換行列の総要素数は少なく抑えることができた．変換行列の総要素数の比較例を図3に示す．

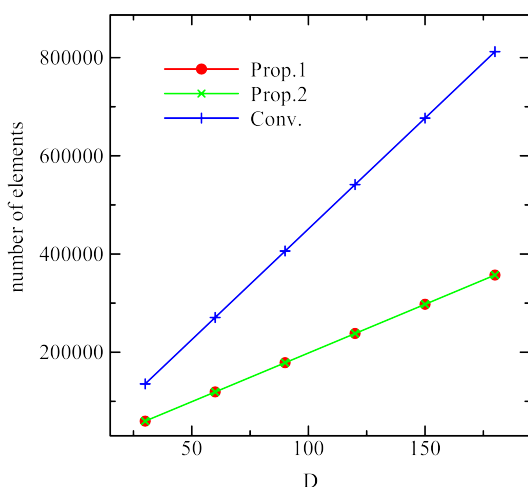


図3 変換行列の総要素数

また，テンソルデータに含まれる雑音を除去するハイブリッドな方法の提案や，積分画像と誤差拡散法の関係付けなども行った．

(4) 2014年度は，行列データの同時低ランク近似を核ノルム最小化問題として定式化し，その反復解法を提案し，顔画像データを対象として，従来手法との比較を行った．顔画像を用いた個人識別の結果を図4に示す．破線はフロベニウスノルムを用いた従来手法を表し，実線は核ノルムを用いた提案手法を表す．また，これまでの研究のまとめとして，テンソルPCAに関する記事を執筆した．

(5) 今後の展望：2014年度の研究において，テンソルのノルムを工夫することによってテンソルデータ処理の性能改善が見込まれたことから，今後は，テンソルノルムに関す

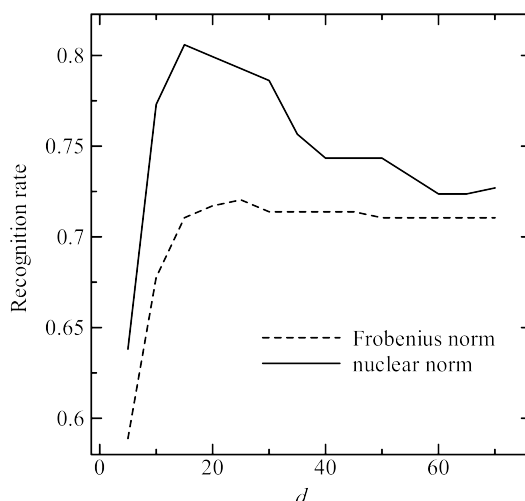


図4 識別率

る検討を計画している．

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 2 件)

Kohei Inoue, Kenji Hara, and Kiichi Urahama: "Non-iterative symmetric 2DLDA" IEICE Trans. Information and Systems E94-D. 926-929 (2011), 査読有

井上光平, 原健二, 浦浜喜一: "二次元主成分分析の非反復近似解法の一改良法" 電子情報通信学会論文誌 J95-D. 1983-1984 (2012), 査読有

〔学会発表〕(計 11 件)

井上光平, 原健二, 浦浜喜一: "行列の一般化低ランク近似の対称化" 第26回信号処理シンポジウム. (2011年11月18日). 札幌コンベンションセンター

井上光平, 原健二, 浦浜喜一: "2次元主成分分析の非反復近似解法" 2011年映像情報メディア学会冬季大会. (2011年12月22日). 芝浦工業大学 豊洲キャンパス

Kohei Inoue, Kenji Hara, and Kiichi Urahama: "Symmetric GLRAM" ICASSP 2012. (2012年3月30日). Kyoto International Conference Center

Kohei Inoue, Kenji Hara, and Kiichi Urahama: "A Unified View of Two-Dimensional Principal Component Analyses," SPR, LNCS 7626, 566-574, (2012)

井上光平, 原健二, 浦浜喜一: "次元数の異なるベクトルデータの次元削減" 第27回信号処理シンポジウム. (20121128-20121130). ANA インターコンチネンタル石垣リゾート

Kohei Inoue, Kenji Hara, and Kiichi

Urahama: "Image and Video Scrambling by Reshaping Tensors," IWAIT, 700-705 (2013)

Kohei Inoue, Kenji Hara, Kiichi Urahama: "Memory-Efficient Computation of High-Dimensional Integral Images," ACPR, PS3-33, 707-711 (2013)

井上光平, 原健二, 浦浜喜一: "サイズの異なる行列データの同時低ランク近似," 第 28 回信号処理シンポジウム, B2-3, 428-433 (2013)

Kohei Inoue, Kenji Hara, and Kiichi Urahama: "Integral Image-Based Error Diffusion," PCS, MP.6, 45-48 (201)

Kohei Inoue, Kenji Hara, and Kiichi Urahama: "Integral Image-Based Differential Filters," ICCSIE, 8, 5, 1909-1912 (2014)

井上光平, 原健二, 浦浜喜一: "核ノルム最小化による行列データの同時低ランク近似," 第 29 回信号処理シンポジウム, A3-3, 68-72 (2014)

〔図書〕(計 1 件)

Sakata, Toshio (Ed.), Applied Matrix and Tensor Variate Data Analysis, Chap. 3, Springer, ISBN 978-4-431-55386-1 (2015)

〔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：

出願年月日：
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
井上 光平 (KOHEI INOUE)

研究者番号：70325570

(2) 研究分担者
()

研究者番号：

(3) 連携研究者
()

研究者番号：