

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成24年6月6日現在

機関番号：34315

研究種目：基盤研究（B）

研究期間：2009～2011

課題番号：21300070

研究課題名（和文）一般化N次元PCAに基づく人体臓器の統計ボリュームモデリングと診断支援への応用

研究課題名（英文）Statistical Volume Models of Human Anatomy and Their Applications to Computer Aided Diagnostics

研究代表者

陳 延偉（YEN-WEI CHEN）

立命館大学・情報理工学部・教授

研究者番号：60236841

研究成果の概要（和文）：本研究では、多次元データ解析のためのテンソルベース学習法 GND-PCA（一般化 N 次元 PCA）を新たに提案した。また、GND-PCA と 3 次元形状正規化法を用いた臓器の統計ボリュームモデリング法を提案した。3 次元形状正規化法は、形状のバリエーションを除去し、濃度値（テクスチャ）のバリエーションのみを表現できるようにするためである。また、GND-PCA は、少数サンプルによる過学習を防ぐ為に用いた。肝臓を対象に構築した統計ボリュームモデルにおいて、少数なサンプルに対しても GND-PCA を用いれば、高い汎化能力をもつ統計モデルを構築することができた。また、構築した統計ボリュームモデルが、正常と異常の識別にもきわめて有用であることを示した。

研究成果の概要（英文）：We proposed a novel tensor based learning method called generalized N-dimensional principal component analysis (GND-PCA) for multi-dimensional data analysis. We also proposed a framework based on GND-PCA and a 3D shape normalization technique for statistical volume (texture) modeling of the liver. The 3D shape normalization technique is used for normalizing liver shapes in order to remove the liver shape variability and capture pure texture variations. The GND-PCA is used to overcome overfitting problems when the training samples are too much fewer than the dimension of the data. The preliminary results of leave-one-out experiments show that the statistical texture model of the liver built by our method can represent an untrained liver volume well, even though the mode is trained by fewer samples. We also demonstrate its potential application to classification of normal and abnormal (with tumors) livers.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2009 年度	6,900,000	2,070,000	8,970,000
2010 年度	2,700,000	810,000	3,510,000
2011 年度	3,100,000	930,000	4,030,000
年度			
年度			
総計	12,700,000	3,810,000	16,510,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：情報学、知覚情報処理・知能ロボティクス

キーワード：一般化 N 次元主成分分析、多次元データ、統計モデリング、CT ボリューム、医用画像データベース

1. 研究開始当初の背景

医療機器及びコンピュータ技術の著しい進展により、人体内部三次元構造に関する様々な高精細画像が得られるようになり、画像に基づく診断が可能となった。画像化された人体内部構造（臓器）の形状やテクスチャ（濃淡分布）は病気にに関する様々な情報をもつ。像化された臓器の形状変化（形状のバリエーション記述）及びテクスチャの変化（テクスチャのバリエーション記述）が定量的に評価できれば、コンピュータによる診断補助支援が可能となる。

2. 研究の目的

医用ポリウムデータを 3 次テンソル (Tensor) として取り扱い、ポリウムデータをそのまま統計解析できる一般化 N 次元主成分分析法を開発し、少数なサンプルからも汎化能力の高い統計ポリウムモデリング手法を確立し、計算機支援診断への応用を目的とする。

3. 研究の方法

(1) GND-PCA

GND-PCA の概念図を図 1 に示す。

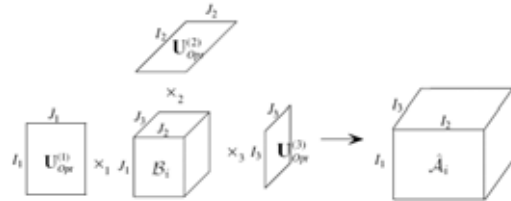


図 1 GND-PCA の概念図

$A \in R^{l_1 \times l_2 \times \dots \times l_N}$ を N 次元データとし、N-th order のテンソルとして表現する。Tuck モデル[2]を用いると、N 次元データは式(1)のように表現することができる。

$$A = B \times_1 U^{(1)} \times_2 U^{(2)} \times \dots \times_N U^{(N)} \quad (1)$$

ここで、B はコアテンソルであり、 $U^{(i)}$ はモード i での固有空間を表す。各モードでの最適な固有空間は式(2)の評価関数の最小化により求めることができる。

$$S = \sum_{i=1}^M \|A_i - B_i \times_1 U^{(1)} \times_2 U^{(2)} \times \dots \times_N U^{(N)}\|^2 \quad (2)$$

ここで、M はサンプルの数である。式(2)の解析解が存在せず、反復法で最適な固有空間（基底）求めていく。なお、医用ポリウムデータの場合、A は 3 次のテンソルとなる。

(2) 統計ポリウムモデリング

観測されたポリウムデータには、形状の変化とテクスチャ（濃淡分布）の変化を同時に解析する必要がある。本研究では、形状と

テクスチャ（濃淡分布）のバリエーションを記述できる統計ポリウムモデルを提案する。本モデルにおいては、ポリウムの形状とテクスチャ（濃淡分布）を分けてそれぞれ統計モデルを求める手法である。(a)統計形状モデル：分割された臓器のポリウムデータに対し、Marching cube 法により表面三角パッチの頂点を抽出する。抽出された点の対応関係を求めるために、Chui の非剛体表面 3 次元点群位置合わせ法を用いて正規化（位置合わせ）を行う。対応された点の順番で各点の三次元座標を 1 次元ベクトルに並べる。従来の PCA を用いて形状のバリエーションを記述する固有空間 or 固有臓器形状（統計形状モデル）を求める。(b)統計テクスチャモデル：臓器のポリウムデータをそのまま 3 次のテンソルとして用いるが、形状のバリエーションを除去するために、FFD (Free Form Deformation) モデルを用いた変形を考慮したポリウムデータの正規化（変形位置合わせ法）を行う。正規化されたポリウムデータ (3 次テンソル) に対して前述の GND-PCA を用いてテクスチャ（濃淡分布）のバリエーションを記述できる固有空間（統計テクスチャモデル）を求める。

(3) 診断支援への応用

事前に病気の分かっているポリウムデータを統計ポリウムモデリングで求めた固有空間に射影し、その係数分布を解析する。正常ポリウムデータに比べ、係数が高い成分を抽出し、その病気に寄与する成分として特定する。それらの成分係数の大きさで病気の進行度などの診断を支援する。

4. 研究成果

以下の成果が得られた。

(1) 多次元データをテンソルとして取り扱い、テンソルのまま統計解析できる、一般化 N 次元主成分分析法（GND-PCA: Generalized N-dimensional Principal Component Analysis）を開発し、少数サンプルからも汎化能力をもつ統計モデリングができるようにした。

(2) GND-PCA と 3 次元形状正規化法を用いた臓器の統計ポリウムモデリング法を提案した。3 次元形状正規化法は、形状のバリエーションを除去し、濃度値（テクスチャ）のバリエーションのみを表現できるようにするためである。また、GND-PCA は、少数サンプルによる過学習を防ぐ為に用いた。肝臓を対象に構築した統計ポリウムモデルにおいて、少数なサンプルに対しても GND-PCA を用いれば、高い汎化能力をもつ統計モデルを構築することができた。また、構築した統計ポリウムモデルが、正常と異常の識別にもきわめて有用であることを示

した。

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8件)

Songyuan Tang, Yongtian Wang, Yen-Wei Chen: "Application of ICA to X-ray coronary digital subtraction angiography," *Neurocomputing*, Vol.79, pp.168-172 (2012) 査読有

Xian-Hua Han, Yen-Wei Chen and Xiang Ruan, "Multilinear Supervised Neighborhood of Local Descriptor Tensor for Scene/object Recognition", *IEEE, Trans. On Image Processing*, Vol.21, pp1314-1326(2012), 査読有

Xu Qiao and Yen-Wei Chen: "A Statistical Texture Model of the Liver Based on Generalized N-dimensional Principal Component Analysis (GND-PCA) and 3D Shape Normalization," *International Journal of Biomedical Imaging*, Vol.2011, ID601672 (2011) 査読有

Xian-Hua Han and Yen-Wei Chen: "Biomedical Imaging Modality Classification Using Combined Visual Features and Textual Terms," *International Journal of Biomedical Imaging* Vol.2011, ID241396 (2011) 査読有

Xian-Hua Han, Yen-Wei Chen, "A robust method based on ICA and mixture sparsity for edge detection in medical images for edge detection in medical images", *Signal Image and Video Processing*, Vol.5, No.1, pp.39-47 (2011) 査読有

Danni Ai, Xianhua Han, Xiang Ruan and Yen-Wei Chen, "Global Selection vs Local Ordering of Color SIFT Independent Components for Object/Scene Classification," *IEICE Transactions*. Vol.E94-D, No.9, pp.1800-1808 (2011) 査読有

岩本祐太郎, 韓先花, 健山智子, 大橋基範, 笹谷聡, 陳延偉, "勾配情報に基づくエッジ保存補間と超解像技術への応用" *電気学会論文誌C(電子・情報・システム部門誌)*, Vol.131, pp.1901-1906 (2011) 査読有

古川顕、他9名."II各論 腹部 腸管壊死(梗塞)の診断", *救急医学* 2月号.ヘルス出版 197-200, 2011 査読無

[学会発表](計13件)

[招待講演]Yen-Wei Chen, "Digital Atlases of Human Anatomy and Their Applications to Computer Assisted Diagnosis," 6th International Conference on Computer Sciences and Convergence Information Technology (ICCIT2011), Jeju Island, Korea (2011.11.29). Keynote Speech

Akira Furukawa, Shuzo Kanasaki, Makoto Wakamiya, Kiyoshi Murata, Xin Wu, Tomoko Tateyama, Yen-Wei Chen, "Cross-sectional Imaging of the Bowel," *Proc. of 6th International Conference on Computer Sciences and Convergence Information Technology (ICCIT2011)*, Jeju Island, Korea, pp.934-938 (2011.11.29-12.1)

Shuzo Kanasaki, Akira Furukawa, Makoto Wakamiya, Kiyoshi Murata, Shinya Kohara, Tomoko Tateyama, Xian-hua Han and Yen-Wei Chen, "Diagnosis of liver cirrhosis with the use of multi-detector row computed tomography (MDCT): morphological approach and quantitative approach using statistical geometric hepatic model," *Proc. of 6th International Conference on Computer Sciences and Convergence Information Technology (ICCIT2011)*, Jeju Island, Korea, (2011.11.29-12.1)

Tsukasa SHINDO, Tomoko TATEYAMA, Amir HOSSEIN FORUZAN, Xianhua HAN, Kosuke MIYAWAKI, Takumi TSUDA, Masaki KAIBORI, Masanori KON, Huiyan JIANG,

Yen-Wei CHEN, "3D Visualization of Liver and Its Vascular Structures and Surgical Planning System --Surgical Simulation--," Proc. of 6th International Conference on Computer Sciences and Convergence Information Technology (ICCIT2011), Jeju Island, Korea, (2011.11.29-12.1)

Tomoko Tateyama, Megumi Okegawa, Shinya Kohara, Xianhua Han, Shuzo Kanasaki, Akira Furukawa, Huiyan Jiang, Kiyoshi Murata, Yen-Wei Chen, "Shape Representation of Human Anatomy Using Spherical Harmonic Basis Function," Proc. of 6th International Conference on Computer Sciences and Convergence Information Technology (ICCIT2011), Jeju Island, Korea, (2011.11.29-12.1)

Shinya Kohara, Tomoko Tateyama, Amir Hossein Foruzan, Akira Furukawa, Shuzo Kanasaki, Makoto Wakamiya, Xiong Wei and Yen-Wei Chen, "Preliminary Study on Statistical Shape Model Applied to Diagnosis of Liver Cirrhosis", Proc. of IEEE International Conference on Image Processing, Brussels, Belgium, (2011.9.11-14)

Yu Masuda, Tomoko Tateyama, Wei Xiong, Jiayin Zhou, Makoto Wakamiya, Syuzo Kanasaki, Akira Furukawa and Yen Wei Chen: "CT IMAGE CONTRAST ENHANCEMENT AND LIVER TUMOR DETECTION BY USING PROBABILITY DENSITY FUNCTION AND EM/MPM ALGORITHM," *Proc. of IEEE International Conference on Image Processing*, Brussels, Belgium, (2011.9.11-14).

Xian-Hua Han, Yen-Wei Chen and Xiang Ruan, "Canonical Correlation Analysis of Local Feature Set for View-Based Object Recognition", IEEE International Conference on Image Processing, Brussels, Belgium, (2011.9.11-14)

So Sasatani, Xian-Hua Han, Takanori Igarashi, Motonori Ohashi, Yutaro Iwamoto, Yen-Wei Chen, "HIGH FREQUENCY COMPENSATED FACE HALLUCINATION", IEEE International Conference on Image Processing, Brussels, Belgium, (2011.9.11-14)

Guifang Duan, Yen-Wei Chen, "Batch-incremental Principal Component Analysis with Exact Mean Update", IEEE International Conference on Image Processing, Brussels, Belgium, (2011.9.11-14)

[招待講演]陳延偉, "學習ベース超解像技術", 電子情報通信学会医用画像研究会, 北海道大学(北海道), (2011.7.13)

Yen-Wei Chen and Chen-Lun Lin, "PCA Based Regional Mutual Information for Robust Medical Image Registration," *Lecture Notes in Computer Science*, Springer, LNCS6677, Guilin, China, (2011.5.29-6.1)

岩本祐太郎, 韓先花, 大橋基範, 笹谷聡, 谷口和輝, 陳延偉, "Hallucination法に基づいた医用画像の超解像処理", 電子情報通信学会医用画像研究会, 名古屋大学(愛知県), (2011.5.19)

[図書](計6件)

陳延偉(単著):「入門 画像改善・画像復元・超解像技術」, トリケップス社, 2011 (131 ページ)

Franz I.S.Ko, Kae Dal Kwack, Soonwook Hwang, Shigeo Kawata and Yen-Wei Chen (Eds): *Proc. of the 6th International Conference on Computer Sciences and Convergence Information Technology*, IEEE Press, 2011 (1165 ページ)

Xianhua Han and Yen-Wei Chen: "Multilinear Supervised Neighborhood Preserving Embedding Analysis of Local Descriptor Tensor", *Principal Component Analysis*, Chapter 5, Intech,

2011 (288 ページ)

Gang Kou, Yi Peng, Franz I. S. Ko, Yen-Wei Chen and Tomoko Tateyama, (Eds): Software Engineering and Data Mining, IEEE Computer Society, 2010 (724 ページ)

Jeng-Shyang Pan, Yen-Wei Chen and Lahmi C. Jain (Eds): *Proc. of 2009 Fifth International Conference on Intelligent Information Hiding and Multimedia Signal Processing*, IEEE Computational Intelligence Society, 2009 (1357 ページ)

〔産業財産権〕

出願状況 (計 4 件)

名称: 手術支援システム及びコンピュータプログラム

発明者: 陳延偉、健山智子、進藤典、増田優、アミラ ホセイン フローゼン、海堀昌樹、權雅憲、津田匠
権利者: 学校法人立命館、学校法人関西医科大学

種類: 特許権

番号: 特願 2011-090287

出願年月日: 2011/4/14

国内外の別: 国内

名称: 画像変形装置、電子機器、画像変形方法、および画像変形プログラム

発明者: 青木博松、陳延偉、瀬尾昌孝、大村瑞穂

権利者: オムロン(株)、学校法人立命館

種類: 特許権

番号: PCT/JP2011/058401

出願年月日: 2011/4/1

国内外の別: 国外

名称: 画像変形装置、電子機器、画像変形方法、および画像変形プログラム

発明者: 青木博松、陳延偉、瀬尾昌孝、大村瑞穂

権利者: オムロン(株)、学校法人立命館

種類: 特許権

番号: 特願 2010-105150

出願年月日: 2010/4/30

国内外の別: 国内

名称: 画像変形方法、画像処理装置、及びコンピュータプログラム

発明者: 瀬尾昌孝、陳延偉

権利者: 学校法人立命館

種類: 特許権

番号: 特願 2010-032680

出願年月日: 2010/2/17

国内外の別: 国内

取得状況 (計 3 件)

名称: ドリル検査装置、ドリル検査方法、およびそのプログラム

発明者: 陳延偉、段桂芳、助川武史

権利者: 学校法人立命館、(株)デジタルデザイン(株)リミックスポイントより権利移行)

種類: 特許権

番号: 1350779

取得年月日: 2011/10/21

国内外の別: 国外 (中華民国)

名称: ドリル検査装置、ドリル検査方法、およびプログラム

発明者: 陳延偉、段桂芳、助川武史

権利者: 学校法人立命館、(株)デジタルデザイン(株)リミックスポイントより権利移行)

種類: 特許権

番号: ZL200810096967.9

取得年月日: 2011/1/19

国内外の別: 国外 (中華人民共和国)

名称: ドリル検査装置、ドリル検査方法、およびそのプログラム

発明者: 陳延偉、段桂芳、助川武史

権利者: 学校法人立命館、(株)デジタルデザイン(株)リミックスポイントより権利移行)

種類: 特許権

番号: 10-0899259

取得年月日: 2009/5/18

国内外の別: 国外 (韓国)

〔その他〕

ホームページ等

http://www.iipl.is.ritsumei.ac.jp/Chen_fund20091.html

6. 研究組織

(1) 研究代表者

陳 延偉 (YEN-WEI CHEN)

立命館大学・情報理工学部・教授

研究者番号: 60236841

(2) 研究分担者

田中 弘美 (TANAKA HIROMI)

立命館大学・情報理工学部・教授

研究者番号: 10268154

田中 覚 (TANAKA SATOSHI)

立命館大学・情報理工学部・教授

研究者番号: 60251980

佐藤 嘉伸 (SATO YOSHINOBU)
大阪大学・医学系研究科・准教授
研究者番号：70243219

古川 顕 (FURUKAWA AKIRA)
滋賀医科大学・医学部・准教授
研究者番号：80199421

森川 茂廣 (MORIKAWA SHIGEHIRO)
滋賀医科大学・医学部・教授
研究者番号：60220042

健山 智子 (TATEYAMA TOMOKO)
立命館大学・情報理工学部・助手
研究者番号：90550153

韓 先花 (HAN SHANFA)
立命館大学・立命館グローバルイノベーション
研究機構・ポスドクトラルフェロー
研究者番号：60469195