

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 1 日現在

機関番号：15401

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2011～2015

課題番号：23500211

研究課題名(和文) 確率的証拠の統合によるパターン認識器の構成とその画像認識への応用に関する研究

研究課題名(英文) A study on classifier design by integration of the probabilistic evidences and its applications to image recognitions

研究代表者

栗田 多喜夫 (Kurita, Takio)

広島大学・工学(系)研究科(研究院)・教授

研究者番号：10356941

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,000,000円

研究成果の概要(和文)：判別基準を最大とする究極の非線形判別写像は、事後確率を並べたベクトルに対する線形判別分析に一致する。この非線形判別分析に現れるカーネルは、事後確率から計算される。これらの理論的結果を実際のデータ解析で応用するには、訓練データから事後確率を推定し、利用する必要がある。本研究では、ロジスティック回帰やK-最近傍法などで事後確率を推定し、非線形の判別分析を実現する手法を提案した。また、未学習サンプルの認識性能の向上を目指して、事後確率の推定に正則化を取り入れた手法について検討した。さらに、一般画像認識や画像検索等の応用で確率的知識を統合して利用する方法について検討した。

研究成果の概要(英文)：It is known that the optimum nonlinear discriminant mapping can be defined as a linear combination of the Bayesian a posterior probabilities and the coefficients of the linear combination are obtained by solving the eigenvalue problem of the matrices defined by using the Bayesian a posterior probabilities. We derived the optimum kernel function (discriminant kernel) which were used in the optimum nonlinear discriminate mapping. It is also defined by using the posterior probabilities. For real applications, we have to estimate the posterior probabilities. In this study, we proposed several nonlinear discriminant analysis methods in which the probabilities were estimated by multinomial logistic regression or K nearest neighbors methods etc. To improve the generalization ability, the probabilities were estimated with regularization. Several applications of the image recognition or image retrieval were also tried.

研究分野：情報工学

キーワード：判別カーネル 事後確率 カーネル学習 判別分析 画像認識 特徴抽出 サポートベクターマシン

1. 研究開始当初の背景

パターン認識では事後確率が非常に重要である。ベイズ決定理論では、特徴ベクトルと識別したいクラスとの確率的な関係が完全にわかっている場合には、事後確率を最大とする来る明日に識別する識別方式が誤識別率を最小とする。線形判別分析は、判別基準を最大とする線形変換を求める手法であり、識別に有効な特徴を構成するための基本的な手法である。大津は、ベイズ決定理論と同様に特徴ベクトルとクラスとの確率的な関係がわかっている場合について、判別基準を最大とする究極の非線形判別写像を導出した。その写像には、事後確率が現れる。この非線形判別写像は、事後確率を並べたベクトルに対する線形判別分析に一致する。つまり、事後確率を線形結合した写像となる。

研究代表者は、この究極の非線形判別写像のカーネルについて調べ、事後確率から計算される判別カーネルを導出した。このカーネルには、通常カーネル関数とは異なり、事後確率によってクラスに関する情報が含まれており、パターン識別のための本質的なカーネルであると考えられる。

画像認識の研究分野では、デジタルカメラ等で顔検出が実用化され、顔以外の対象の検出、画像中の多数の物体を一般的な名称で認識する一般物体認識、Web上の膨大な画像の検索や自動アノテーションなどに研究対象が広がっている。一般物体認識が画像検索では、局所特徴のベクトル量しかにより Visual Words を構成し、画像中の Visual Words の出現頻度を特徴量として識別器を構成する Bag-of-Visual Words (BOV) 法の有効性が知られている。BOV 法は、局所特徴の位置を無視し、画像を局所特徴の集合として捉えることで、背景の影響や対象物体の姿勢の変化などに眼瞶な識別がある程度実現できるようになった。

研究代表者等は、局所特徴とクラスとの関係を要約した情報を抽出するために、極小領域の事後確率を計算することで事後確率画像を生成し、そこから高次局所自己相関特徴を抽出する手法を提案した。提案手法は、BOV 法よりも高い認識率で画像を認識することができた。このことは、局所特徴を利用する画像認識においても、情報を確率として要約し、それらを統合する手法が有効であることを示唆している。

2. 研究の目的

本研究では、究極の非線形判別分析から示唆される「確率的証拠を統合する構造」をもとに、判別カーネルを利用した変動に頑健で実用的なパターン識別器の構成法を開発する。また、研究代表者等が提案した事後確率画像から特徴を抽出して利用する画像認識手法を発展させ、確率的証拠の統合による画像認識のアプローチを確立し、物体認識や動作認識などに応用する。

3. 研究の方法

理論的な知見をもとに手法を開発し、データを用いて手法の性能を実験的に評価し、手法を改良するプロセスを繰り返すことで新たな知見や手法を開発する。

4. 研究成果

判別基準を最大とする究極の非線形判別写像は、事後確率を並べたベクトルに対する線形判別分析に一致する。また、この非線形判別写像に現れるカーネルは、事後確率から計算される。これらの理論的な結果を実際に応用するには、訓練サンプルから事後確率を推定し、利用する必要がある。本研究では、各クラスの分布を正規分布と仮定して事後確率を推定する方法、ロジスティック回帰で事後確率を推定する手法、各クラスの分布を混合正規分布と仮定して事後確率を推定する手法、K-近傍法を用いて事後確率を推定する方法、サポートベクターマシンを用いて事後確率を推定する方法等について検討し、それらの推定値から計算した非線形判別写像や非線形カーネルについて実験的に性能を評価した。また、究極の非線形判別写像から示唆される判別カーネルと正規混合分布を仮定した場合の周辺化カーネルとの関係を明らかにした。特に、K-最近傍法により事後確率を推定し非線形判別写像を構成する手法は、国際ワークショップ FCV2015 において Best Paper Award を受賞した。

得られた判別カーネルを用いた識別器の汎化性能を向上させるためには、事後確率の推定手法のみ学習サンプルに対する推定性能を向上させる必要がある。そこで、線形回帰で事後確率を推定する手法、および、ロジスティック回帰で事後確率を推定する手法に正則化 (L1 正則化, L2 正則化) を導入する手法について検討し、実験的に半か性能を評価した。また、経験カーネル特徴から次元圧縮した特徴を抽出手法やランダム生成した経験カーネル特徴から次元圧縮した特徴を抽出する手法などについても検討した。

一般画像認識に関して、画像から局所的な事後確率を推定し、その推定値の高次局所自己相関特徴を抽出する手法について、これまでの成果をまとめて論文誌に発表した。また、特徴集合の分布を混合正規分布で表現し、各正規分布を確率的な主成分分析で表現し、特徴を構成する手法を開発し、画像検索での性能を評価した。この成果は、この分野のトップジャーナルに掲載された。さらに、歩行者の検出で高い性能を示したことで広く利用されるようになった Histograms of Oriented Gradients (HOG) の局所特徴や一般画像認識のための SIFT 特徴の抽出に BOV 法の考え方を取り入れる手法を開発した。その他、車両検出やマーケティングへの応用を目指した人物属性推定や人間の感じる画像の複雑度の推定、iPS 細胞画像の認識等についても研究成果を論文誌や国際会議に発表した。

画像認識以外の応用としては、学曲から楽器の単音を非負スパースモデルを用いて推定する手法、企業の信用各付けの予測へのサポートベクターマシンの応用やバイオインフォマティックスのための識別手法等について論文誌や国際会議で発表した。

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 17 件)

1. Akinori Hidaka and Takio Kurita, "Randomized and Dimension Reduced Radial Basis Features for Support Vector Machine," Trans. of the Institute of Systems, Control and Information Engineers (ISCIE), Vol. 29, No. 1, pp. 1-8, Jan. 15, 2016. (査読有)
2. Takahashi Takashi and Takio Kurita, "Mixture of Subspaces Image Representation and Compact Coding for Large-Scale Image Retrieval," IEEE TRANSACTIONS ON PATTERN ANALYSIS AND MACHINE INTELLIGENCE, Vol.37, No.7, pp.1469-1479, July 2015 (査読有) [DOI:10.1109/TPAMI.2014.2382092]
3. Takahashi Takashi and Takio Kurita, "Image Classification using a Mixture of Subspace Models," IPSJ Transactions on Computer Vision and Application, Vol.6, pp.93-97, 2014.07. [DOI: 10.2197/ipsjtcva.6.93] (査読有)
4. Zhouxin YANG, Takio KURITA, "Improvements of local descriptor in HOG/SIFT by BOF approach," IEICE Trans. on Fundamentals, Vol.E97-D, No.5, pp.1293-1303, May. 2014. [DOI:10.1587/transinf.E97.D.1293] (査読有)
5. 野口祥宏, 嶋田敬士, マノジ・ペレラ, 栗田多喜夫, "人物画像認識による来場者モニタリング," 精密工学会誌, Vol.80, No.1, pp.89-93, 2014. (査読有)
6. 田辺和俊, 栗田多喜夫, 西田健次, 鈴木孝弘, "サポートベクター回帰を用いた158カ国の国債格付けの再現," 情報知識学会誌, Vol. 23 (2013) No. 1, pp. 70-91. (査読有)
7. Xiaoying GUO, Chie Muraki ASANO, Akira ASANO, Takio KURITA, "Modeling the Perception of Visual Complexity in Texture Images," International Journal of Affective Engineering, vol. 12, no. 2, pp.223-231, 2013. (査読有)
8. Kazutoshi Tanabe, Takahiro Suzuki, Takio Kurita, Kenji Nishida, Bono Lucic, Dragan Amić, "Improvement of carcinogenicity prediction performances based on sensitivity analysis in variable selection of SVM models," SAR and QSAR in Environmental Research, Vol.24, Issue 7, pp.565-580, 2013. (査読有) [DOI:10.1080/1062936X.2012.762425]
9. Keiji Shimada, Yoshihiro Noguchi, and Takio Kuria, "Fast and Robust Smile Intensity Estimation by Cascaded Support Vector Machines," International Journal of Computer Theory and Engineering, vol.5, no.1, pp.24-30, 2013. (査読有) [DOI:10.7763/IJCTE.2013.V5.640]
10. Lei Yang, Akira Asano, Liang Li, Chie Muraki Asano, Takio Kurita, "Multi-structural texture analysis using mathematical morphology," IEICE Trans. on Fundamentals of Electronics, Communications and Computer Sciences, Vol.E95-A, No.10, pp.1759-1767, 2012.10. (査読有) [DOI:10.1587/transfun.E95.A.1859]
11. Xinoying Guo, Chie Muraki Asano, Akira Asano, Takio Kurita, and Liang Li, "Analysis of the texture characteristics associated with visual complexity perception," Optical Review, Vol.19, no.5, pp.306-314, 2012. (査読有)
12. Chikao Tsuchiya, Shinya Tanaka, Hiroyuki Furusho, Kenji Nishida, and Takio Kurita, "Real-Time Vehicle Detection using a Single Rear Camera for a Blind Spot Warning System," SAE International Journal of Passenger Cars - Electron. Electr. Syst. 5(1), pp.146-153, 2012. (査読有) [doi:10.4271/2012-01-0293]
13. Kenji Watanabe, Akinori Hidaka, Nobuyuki Otsu, and Takio Kurita, "Automatic Analysis of Composite Physical Signals using Non-negative Factorization and Information Criterion," PLoS ONE, Vol.7, No.3, e32352, March 2012. (査読有) [doi:10.1371/journal.pone.0032352]
14. M.S. Kavitha, Akira Asano, Akira Taguchi, Takio Kurita, and Mitsuhiro Sanada, "Diagnosis of Osteoporosis on Dental Panoramic Radiographs using Support Vector Machine in Computer-Aided system," BMC Medical Imaging 2012, 12:1 (査読有) [DOI:10.1186/1471-2342-12-1]
15. Tetsu Matsukawa, and Takio Kurita, "Image representation for generic object recognition using higher-order local autocorrelation features on posterior probability images," Pattern Recognition, 45 (2), pg.

- 707-719, February 2012.(査読有)
[doi:10.1016/j.patcog.2011.07.018]
16. Rameswar Debnath, Haruhisa Takahashi and Takio Kurita, "A comparison of SVM-based evolutionary methods for multicategory cancer diagnosis using microarray gene expression data," Journal of Systemics, Cybernetics and Informatics, vol. 9, no. 6, pp. 63-68, 2011. (査読有)
 17. 田辺和俊、栗田多喜夫、西田健次、鈴木孝弘、"サポートベクターマシンを用いた企業の信用格付けの予測," Journal of the Japan Society for Management Information, Vol.20, No.1, pp.23-38, 2011. (査読有)

[学会発表](計 28 件)

1. Takafumi Uchiyama, Takio Kurita, Satoshi Yamane and Kohei Sakurai, "Integration of Supervised and Unsupervised Learning for Deep Neural Network," Proc. of the 22nd Korea-Japan Joint Workshop on Frontiers of Computer Vision (FCV2016), Takayama, Gifu, Japan, Feb.17-19, pp.101-106, 2016.
2. Ran Li, Takio Kurita, Toru Imamura and Masashi Suzuki, "Ensemble SVMs for Region Evaluation of iPS Cells Image," Proc. of the 22nd Korea-Japan Joint Workshop on Frontiers of Computer Vision (FCV2016), Takayama, Gifu, Japan, Feb.17-19, pp.252-257, 2016.
3. Wenlong Li and Takio Kurita, "Multiple Kernel Learning for Text Detection in Natural Scene Images," Proc. of the 22nd Korea-Japan Joint Workshop on Frontiers of Computer Vision (FCV2016), Takayama, Gifu, Japan, Feb.17-19, pp.70-75, 2016.
4. Takio Kurita, "Kernel function used in the optimum nonlinear discriminant analysis," The 9th Conference of the Asian Regional Section of the IASC (IASC-ARS 2015), National University of Singapore, Singapore, Dec.17-19, 2015.
5. Akinori Hidaka and Takio Kurita, "Improvement of Generalization Performance of Optimal Nonlinear Discriminant Analysis," Proc. of The 47th ISICIE International Symposium on Stochastic Systems Theory and Its Applications (SSS ' 15), Waikiki Beach Marriott Resort & Spa, Honolulu, Hawaii, USA, Dec. 5-8, 2015.
6. Ran Li, Xuezhen Li, and Takio Kurita, "Soft Local Binary Patterns," Proc. of Seventh International Conference of Soft Computing and Pattern Recognition (SoCPaR 2015), Fukuoka, Japan, Nov. 13-15, pp.70-75, 2015.
7. Atsuki Masuda, Bisser Raytchev, Takio Kurita, Toru Imamura, Masashi Suzuki, Toru Tamaki, and Kazufumi Kaneda, "Automatic Detection of Good/Bad Colonies of iPS Cells Using Local Features," Proc. of 6th International Workshop on Machine Learning in Medical Imaging (MLMI 2015), Oct. 5-9, 2015, Munich, Germany.
8. Novanto Yudistira, and Takio Kurita, "Multiresolution Local Autocorrelation of Optical Flows over time for Action Recognition," Proc. of the 2015 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics (SMC2015), Hong Kong, China, Oct. 9-12, 2015.
9. Ryo Nomura and Takio Kurita, "Non-negative Sparse Decomposition of Music Signal using Pre-trained Dictionary of Feature Vectors of Possible Tones from Different Instruments," Proc. of 12th Sound and Music Computing Conference, July 26-Aug. 1, 2015, Maynooth University, Ireland.
10. Xuezhen Li and Takio Kurita, "Nonlinear Discriminant Analysis Using k Nearest Neighbor Estimation," Proc. of 21st Japan-Korea joint Workshop on Frontiers of Computer Vision (FCV2015), Jan. 28-30, Mokpo, Korea, 2015.
11. Akinori Hidaka, and Takio Kurita, "Randomized and Dimension Reduced Kernel Generation for Support Vector Machine," The 46th ISICIE International Symposium on Stochastic Systems Theory and Its Applications, Notre Dame Hall, Kyoto Institute of Technology, Kyoto, Japan, Nov. 1-2, 2014.
12. Takio Kurita and Yayoi Harashima, "Extraction of Dimension Reduced Features from Empirical Kernel Vector," Proc. of the 21th International Conference on Neural Information Processing (ICONIP2014), Nov. 3-6, Kuching, Malaysia, Part II, LNCS 8835, pp.9-16, 2014.
13. Akinori Hidaka, and Takio Kurita, "Nonlinear Discriminant Analysis based on Probability Estimation by Gaussian Mixture Model," Structural, Syntactic, and Statistical Pattern Recognition (S+SSPR2014), Aug.20-22,

- Joensuu, Finland, pp.133-142, 2014.
14. Zhibin Zhang, Zuezhen Li, Takio Kurita, and Shinya Tanaka, "Pixel-Pair Features Selection for Vehicle Tracking," The 2nd IAPR Asian Conference on Pattern Recognition (ACPR2013), Nov. 5-8, Okinawa, Japan, pp.471-475, 2013.
 15. Zhouxin Yang, and Takio Kurita, "Improvements to the descriptor of SIFT by BOF approaches," The 2nd IAPR Asian Conference on Pattern Recognition (ACPR2013), Nov. 5-8, Okinawa, Japan, pp.95-99, 2013.
 16. Takio Kurita, Kenji Watanabe, and Akinori Hidaka, "Sparse Logistic Discriminant Analysis," Prof. of IEEE International Conference on System, Man, and Cybernetics, Oct. 13-16, Manchester, UK, 2013.
 17. Xiaoying GUO, Takio KURITA, Chie MURAKI ASANO, Akira ASANO, "Visual complexity assessment of painting images," Proc. 2013 IEEE International Conference on Image Processing (ICIP 2013), Sep. 15-18, Melbourne, Australia, pp.388-392, 2013.
 18. Zhouxin Yang, and Takio Kurita, "BOG: an extension of HOG by interpreting it as bag of features," Proc. of MAV2013 IAPR International Conference on Machine Vision Applications, May 20-23, Kyoto, JAPAN, pp.415-418, 2013.
 19. Xinoying Guo, Chie Muraki Asano, Akira Asano, Takio Kurita, "Modeling Visual Complexity of Textures Associated with Texture Characteristics, 2012 International," Conference of Information Science and Computer Applications (ICISCA 2012), Bali Indonesia, Nov. 19 -20. published in Advances in Information Technology and Applied Computing, (ISSN 2251-3418), Vol.1, pp.121-126, 2012.
 20. Takahishi Takeda, Toru Tamaki, Bisser Raytchev, Kazufumi Kaneda, Takio Kurita, Shigeto Yoshida, Yoshito Takemura, Keiichi Onji, Rie Miyaki, Shinji Tanaka, "Self-training with unlabeled regions for NBI image recognition," Prof. of 21st International Conference on Pattern Recognition (ICPR 2012), Nov. 11-15, 2012. Tsukuba, Japan, pp.25-28.
 21. Akinori Hidaka and Takio Kurita, "Sparse Discriminant Analysis Based on the Bayesian Posterior Probability Obtained by L1 Regression," Proc. of Joint IAPR International Workshops on Structural and Syntactic Pattern Recognition (SSPR 2012) and Statistical Techniques in Pattern Recognition (SPR 2012) Miyajima-Itsukushima, Hiroshima, Nov. 7-9, 2012. pp.648-656.
 22. M.S.Kavitha, Takio Kurita, Akira Asano, and Akira Taguchi, "Automatic Assessment of Mandibular Bone Using Support Vector Machine for the Diagnosis of Osteoporosis," Proc. of 2012 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics (SMC2012), Oct. 14-17, 2012, COEX, Seoul, Korea, pp.214-219.
 23. Guo Xiaoyingm, Chie Muraki Asano, Akira Asano, and Takio Kurita, "Analysis of Visual Complexity Perception to the Texture Images," International Conference on Kansei Engineering and Emotion Research (KEER2012), May 22-25, 2012, Penghu, Taiwan, pp.216-224, 2012.
 24. Chikao Tsuchiya, Shinya Tanaka and Hiroyuki Furusho, Kenji Nishida, Takio Kurita, "Real-Time Vehicle Detection using a Single Rear Camera for a Blind Spot Warning System," SAE 2012 World Congress & Exhibition, April 24-26, 2012, Detroit, USA.
 25. Akinori Hidaka, and Takio Kurita, "Discriminant Kernels based Support Vector Machine," The First Asian Conference on Pattern Recognition (ACPR'11), Nov. 28 30, 2011, Beijing, China, pp.159-163.
 26. Yasuo Ogiuchi, Masakatsu Higashikubo, Yuuki Ono, Takio Kurita and Kenji Nishida, "Robust and Precise Measurement Method of Vehicles and Motorcycles for Cooperative Driving Safety Support System with Combination of HOG-SVM Detection and Discriminative Pixel-Pair Tracking," 18th ITS World Congress on Intelligent Transportation Systems, Orland, USA, Oct.16-20, 2011.
 27. Xiaoying Guo, Chie Muraki Asano, Akira Asano and Takio Kurita, "Visual Complexity Perception and Texture Image Characteristics," 2011 International Conference on Biometrics and Kansei Engineering (ICBAKE 2011), pp.260-265, Kagawa University, Kagawa, Japan, Sep.19-22, 2011.
 28. Takio Kurita, "Discriminant kernel derived from the optimum nonlinear discriminant analysis," Proceedings of International Joint Conference on

Neural Networks (IJCNN2011), San Jose, California, USA, July 31 - August 5, 2011, pp.299-306.

〔図書〕(計3件)

1. Takio Kurita, "Principal Component Analysis (PCA)," pp.636-639, in Computer Vision: A Reference Guide, edited by K.Ikeuchi, Springer, ISBN-10: 0387307710, ISBN-13: 978-0387307718, 2014.
2. Trevor Hastie, Robert Tibshirani, Jerome Friedman 著, 杉山 将, 井手 剛, 神瀧敏弘, 栗田多喜夫, 前田英作監訳, 井尻善久, 井手剛, 岩田具治, 金森敬文, 兼村厚範, 烏山昌幸, 河原吉伸, 木村昭悟, 小西嘉典, 酒井智弥, 鈴木大慈, 竹内一郎, 玉木徹, 出口大輔, 富岡亮太, 波部斉, 前田新一, 持橋大地, 山田誠訳, 「統計的学習の基礎 データマイニング・推論・予測」, 共立出版、2014.06. ISBN 978-4-320-12362-5
3. Richard Szeliski 著, 玉木徹, 福嶋慶繁, 飯山将晃, 烏居秋彦, 栗田多喜夫, 渡部斉, 林昌希, 野田雅文訳, 「コンピュータビジョン-アルゴリズムと応用-」, 共立出版、2013.03 .

6 . 研究組織

(1)研究代表者

栗田 多喜夫 (KURITA TAKIO)
広島大学・工学研究院・教授
研究者番号：10356941

(2)研究分担者

日高 章理 (HIDAKA AKINORI)
東京電機大学・理工学部・助教
研究者番号：70553519