

高精細印字画像データセットを用いた機械学習によるレーザープリンタの識別

Recognition of Printer Property Based on High Definition Laser Printed Characters Data Sets Using Machine Learning

古川 猛
Takeshi Furukawa

1. はじめに

法科学では、鑑定人が犯罪に係わる証拠品を科学的に分析することにより捜査を支援している。法文書と呼ばれる分野では、手書き文字や機械による文字を分析対象としている。今回は、レーザープリンタによる印字から印刷に使用した機器を特定するための手法を提案する。先行研究としては、イメージスキャナを使用して、文章全体を撮影した画像から機械学習によりプリンタの印刷方式や機種を識別する研究[1]、または、偽造された領収書から改ざん部を検出する研究が成されている[2]。これらの方法は、300から600dpi程の低解像度の画像に対して適用されている。

一方、法文書の分野では検査者が顕微鏡を使用して、画像サイズは小さいものの、高精細な画像からプリンタの印刷方式を識別している。しかし、この方法では、大量の印字から多機種にわたるプリンタを迅速に識別するには、長年の訓練による経験やスキルが欠かせない。よって、機械学習を応用した検査支援システムの構築を図る。今までに、印刷産業用高解像度スキャナを使用して識別する方法[3]により基礎実験を行い、方法の有効性を確認にした。さらに、顕微鏡に装着した高解像度CCDカメラによる画像によって、特徴抽出にウェーブレット分解を用い、識別に部分空間法をベースとした方法[4]も確立した。今回は、実験に使用する印字サンプルの印刷条件を統制した実験を加えた。まず、新規に購入した8機種のレーザープリンタを使用して、同一の文章を各プリンタにより1000枚印刷した。そのサンプルの同一ページから同一字種の印字を顕微鏡に装着した高解像度CCDカメラにより撮影し、高精細印字画像データセットを作成した。このデータセットを使用して部分空間法をベースとした方法、及び畳み込みニューラルネットワークによる方法により印字から機種を識別する実験を行った。

2. 方法

提案した手法の流れを図1に示す。以下に詳細を示す。

2.1 高精細印字画像データセットの作成

識別実験のため、新たに図2に示す8機種のレーザープリンタを購入した。これらのプリンタによりA4判の白紙(極東、Premium white PPCKA4)に印字サンプルを1000枚印刷した。印刷した文章は、「The quick brown fox jumps over the lazy dog. THE QUICK BROWN FOX JUMPS OVER THE LAZY DOG.」であり、37回繰り返して印刷し、ヘッダーとフッターにも「a」字を印刷した。文書の作成は、マイクロソフト社ワード2010を使用し、フォントはセンチュリー、大きさは12ポイントとし、印刷品質は標準とした。

茨城県警察本部科学捜査研究所

Forensic Science Laboratory, Ibaraki Pref. Police H.Q.

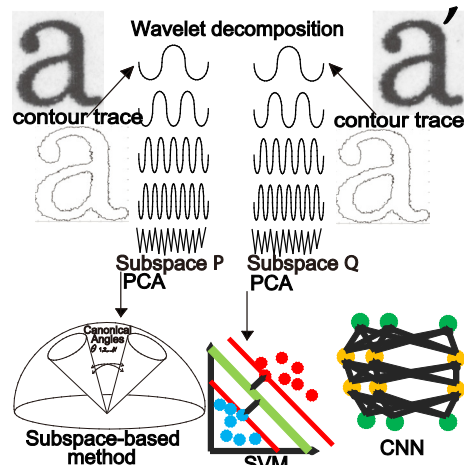


図1 提案手法の流れ

撮影には、測定顕微鏡(ミットヨMF-UD4020D)に装着した画素ずらし方式のCCDカメラ(JENOPTIK ProgRess C14 plus)を使用した。照明は暗視野とし撮影した印字は「a」と「e」字であり、前者は、1, 2, 299, 300, 499, 500, 799, 800, 999, 1000ページから各100文字を撮影した。後者は、1, 2, 999, 1000ページから各111文字を撮影した。よって、得られた印字画像は、「a」字100文字×10ページ×8機種、計8000字、「e」字111文字×4ページ×8機種、計3552字となった。画像の大きさは2401×2401画素、階調は256段階とした。

2.2 実験

2.2.1 前処理

印字画像をOtsu法[5]により二値化、輪郭線を抽出した後、X軸とY軸別に輪郭線の座標を読み取り波形とした。

2.2.2 特徴抽出

画像から抽出した波形に対して8段階のウェーブレット分解を施した[6]。Dingらの先行研究[7]を参考として基底は直交ウェーブレットを使用した。

2.2.3 識別

識別では、表1に示すように、部分空間法(Subspace-based method)、サポートベクターマシン(SVM)[8]、畳み込みニューラルネットワーク(CNN)[9]を用いた。部分空間法をベースとした方法は、相互部分空間法(MSM)、カーネル非線形相互部分空間法(KMSM)、カーネル非線形制約相互部分空間法(KCMSM)、カーネル非線形直交相互部分空間法(KOMSM)とした。部分空間法ではシグマ1のガウシアンカーネルを使用し、学習時の次元は30、テスト時の次元は8とした。SVMは、LIBSVM[10]を使用し、RBFカーネルの γ

メーカー	ELECOM	CANON	NEC	BROTHER	KONICA	FUJI	OKI	RICOH
機種	EPR-LS01W	LBP6030	PR-L5100	HL-L2300	MINOLTA PP 1350W	XEROX DPP250dw	B801	IPSio SP3400L

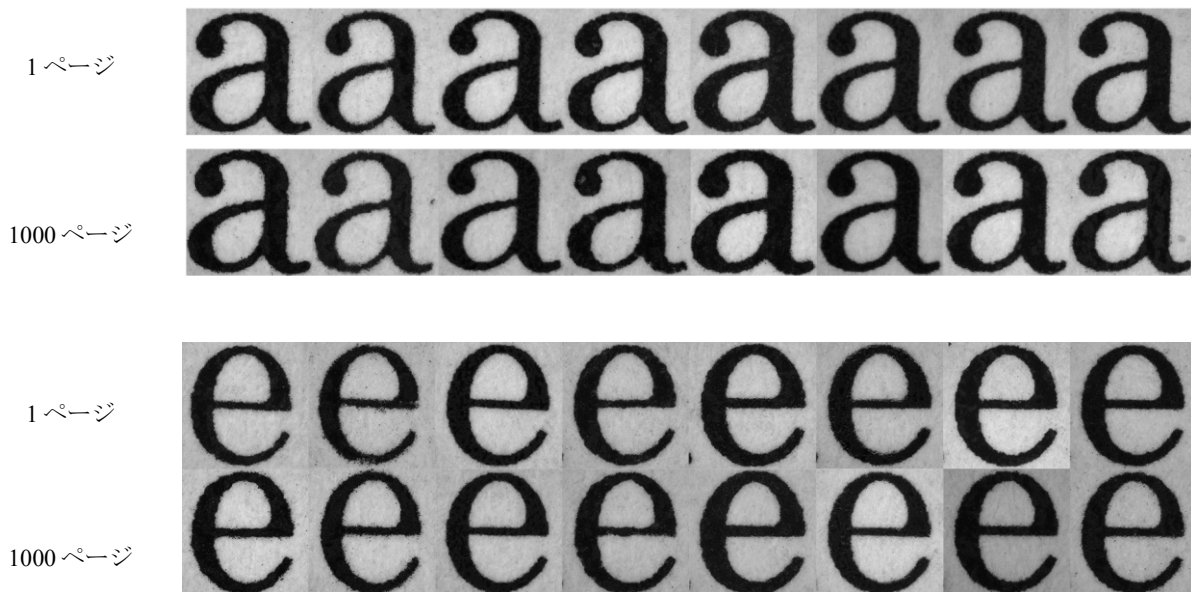


図2 高精細印字画像データセットの例

表1 実験結果

		Subspace-based					SVM	CNN
		SM	MSM	KMSM	KCMSM	KOMS	LIBSVM	ResNet-50
a	ER%	22.22	20.83	20.83	5.56	2.78	5.67	2.56
a	EER%	6.94	15.28	14.09	4.17	1.49		
e	ER%	33.88	2.50	2.50	2.50	2.50	5.83	1.64
e	EER%	25.59	3.75	3.75	3.75	3.75		

ラメータは0.1とした。CNNは、ResNet-50[11]を用いた。Batch sizeは「a」字では20、「e」字では26、epochは両字とも10とした。「a」字では学習800字、テスト7200字、「e」字では学習444字、テスト3108字を使用した。

3. 結果

実験結果を表1に示す。Subspace-basedの方法で3%以下の誤識別率を得た。また、SVMでも5%台、ResNet-50では、最も小さい誤識別率を得た。今後、データセットを公開し情報工学、法科学に活用できるように整備したい。

謝辞

機械学習について筑波大学システム情報系情報工学域福井和広教授に指導をいただいた。本研究の一部はJSPS科研費JP20H01165の助成を受けたものです。

参考文献

- Z. Wang, P. Shivakumara, T. Lu, M. Basavanna, U. Pal, and M. Blumenstein, "Fourier-residual for printer identification", *Proceedings of ICDAR2017*, pp. 1114-1119, (2017).
- A. Dengel, (2013) DFKI printing technique dataset. [Online]. Available: <http://madm.dfki.de/downloads-ds-printing-technique>.
- T. Furukawa, "A new method for discriminating printers based on contours qualities of printed characters using wavelet decomposition", *Proceedings of ICDAR2013*, pp. 1147-1151, (2013).
- T. Furukawa, "Subspace method with multi scale wavelet for recognition of printer property", *Proceedings of ICDAR2015*, pp. 471-475, (2015).
- N. Otsu, "A threshold selection method from gray-level histograms", *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*, vol. 9, no. 1, pp. 62-66, (1979).
- チャールズ K. チュウイ, "ウェーブレット応用", 東京電機大学出版局, (1997).
- X. Ding, L. Chen and T. Wu, "Character independent font recognition on a single Chinese character", *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, vol. 29, no. 2, pp. 195-204, (2007).
- C. Cortes and V. Vapnik, "Support-vector networks", *Machine Learning*, vol. 20, pp. 273-297, (1995).
- Y. LeCun, L. Bottou, Y. Bengio, and P. Haffner, "Gradient-based learning applied to document recognition", *Proceedings of the IEEE*, vol. 86, no. 11, pp. 2278-2324, (1998).
- C. C. Chang and C. J. Lin, "LIBSVM: A library for support vector machines", *ACM Transactions on intelligent systems and technology*, vol. 2, no. 3, pp. 1-27, (2011).
- K. He, X. Zhang, S. Ren, and J. Sun, "Deep residual learning for image recognition", *Proceedings of Computer Vision and Pattern Recognition CVPR2016*, Las Vegas, USA, Jul., pp. 772-778, (2016).