

## Weighting Schemes を用いた Bag-of-Visual Words によるオフライン署名照合

大川 学

警視庁科学捜査研究所

## 1 はじめに

筆者照合は、筆者固有の筆跡の書き方に着目し、筆者の不明な筆跡（疑問筆跡）と筆者の明確な筆跡（対照筆跡）を比較して疑問筆跡の筆者を照合する手法であり、特に署名照合はバイオメトリクス認証・犯罪捜査等に広く応用されている [1,2]。署名照合は、データ取得方法の観点から、オンライン署名照合とオフライン署名照合に分類され、本研究では、そのうち未だ性能面の課題の多いオフライン署名照合を対象とする。

これまでの研究では、署名全体を用いて照合する大局的手法が中心であった。一方、最近、人間の視覚特性に着目した法科学分野の研究において、人間は局所的な観点により署名を捉えていることが示されている [3]。また、内容に基づく画像検索（Content-Based Image Retrieval: CBIR）、一般物体認識等の研究分野で、局所特微量を用いた手法が成果をあげている [4]。

そこで本研究では、署名の顕著領域から局所特微量を抽出し、Bag-of-Visual Words (BoVW) モデル [4] を用いて、そこに visual word の重要度を考慮することで、オフライン署名照合の性能改善を試みた。

## 2 提案手法

## 2.1 全体概要

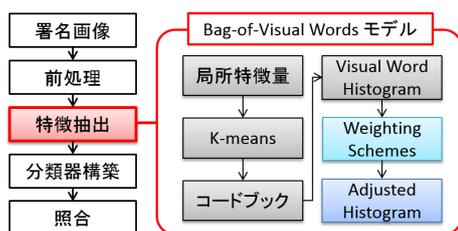


図 1: 提案手法の概要

提案手法の概要を図 1 に示す。本手法では BoVW モデルを用いたオフライン署名照合を行う。具体的には、まず、署名画像に前処理（画質改善、傾き・位置補正、自身の 2 値化画像をマスクとした字画切出し）を行う。

その後、学習データに BoVW モデルを適用し、分類器を構築してから、テストデータを照合する。その詳細は次のとおりである。

## 2.2 特徴抽出

## 2.2.1 Bag-of-Visual Words モデル

BoVW モデルは、自然言語処理分野の bag-of-words モデルを応用したもので、画像を文書、画像中の局所特微量を単語とみなし、局所特微量のヒストグラムをその画像の特微量としてカテゴリを識別する手法である。本研究では、以下の手順で行う。

- 1) 局所特微量 Speeded-Up Robust Features (SURF) [5] により、署名の顕著領域からキーポイント検出後、それぞれ 64 次元特徴ベクトルで記述。
- 2) 局所特微量を k-means でクラスタリング後、各セントロイドでベクトル量子化を施し、コードブック (visual word dictionary) を作成。
- 3) 局所特微量がコードブック中のどの visual word に属するかを計算、各署名から visual word histogram を算出。
- 4) 得られた visual word histogram に対して weighting schemes (2.2.2 項参照) を適用した adjusted histogram を署名の特微量として取得。

## 2.2.2 Weighting Schemes

本研究では、特微量に対し、各 visual word の重要度を盛り込むため、tf-idf (term frequency-inverse document frequency) に基づく SMART notation [4] を用いる (表 1)。これは、様々な単語頻度 (tf)、文書頻度 (df)、normalization の各 1 文字を連結した 3 文字の組み合わせ (“nnc”, “ltn” 等) で表記するものである。

表 1: SMART Notation for Weighting Schemes

tf	df	Normalization
<b>n</b> (natural): $tf_{t,d}$	<b>n</b> (no): 1	<b>n</b> (none): 1
<b>l</b> (log): $1 + \log(tf_{t,d})$	<b>t</b> (idf): $\log \frac{N}{df_t}$	<b>c</b> (cos): $\frac{1}{\sqrt{w_1^2 + \dots + w_M^2}}$

ここで、 $tf_{t,d}$  は文書  $d$  における単語  $t$  の頻度、 $df_t$  は全文書数  $N$  中に単語  $t$  を含む文書頻度、 $w_i$  は文書  $d$  のサイズ  $M$  のコードブックにおける単語  $i$  の重みである。

Offline Signature Verification Based on Bag-of-Visual Words With Weighting Schemes  
Manabu OKAWA  
Criminal Investigation Laboratory, Metropolitan Police Department

## 2.3 分類器構築

署名照合は真筆・偽筆の2クラス分類問題であり、ここでは Support Vector Machine (SVM) を用い、そのカーネル関数には筆者照合の分野で広く用いられている Radial Basis Function (RBF) を適用し、パラメータにはグリッドサーチによる最適値を用いた。

## 2.4 評価

入力に対する SVM の出力 (決定境界からの距離) が、しきい値  $T$  以上なら真筆、 $T$  未満なら偽筆とし、しきい値  $T$  を変化させながら False Acceptance Rate (FAR), False Rejection Rate (FRR) を計算し、 $(FAR+FRR)/2$  で得られる Half Total Error Rate (HTER) の最小値により評価する。

## 3 実験

### 3.1 実験概要

提案手法を評価するため、オフライン署名照合で一般的に用いられている CEDAR データセット [1] を適用する。CEDAR データセットは、55 人分の署名画像 (300dpi のグレースケール画像) で、各筆者は真筆、偽筆 (skilled forgeries) を各 24 個含む。本研究では、筆者毎に真筆・偽筆それぞれランダムに 8 個ずつの 3 セットに分割し、3-fold cross validation (真筆・偽筆それぞれ学習データとして 2 セット・テストデータとして 1 セット) の平均値により評価した。

### 3.2 実験結果

SMART notation の全組み合わせ 8 種類を visual word 8 サイズ (64, 128, 192, 256, 320, 384, 448, 512) に適用した実験結果を図 2 に示す。本結果から、(1) 重み付けのない “nnn” と比較して visual word の重要度を考慮することで性能が改善され、(2) visual word のサイズが 192 以降で HTER が全体的に安定し始め、(3) tf として “n” (natural) より “l” (log) を適用した場合に HTER が低くなる傾向となることがわかった。

したがって、BoVW モデルによるオフライン署名照合では、visual words に weighting schemes を適用することにより、照合性能が改善することを確認できた。

## 4 まとめ

本研究では、オフライン署名照合において、人間の視覚特性を考慮し、署名の顕著領域の局所的特徴に着目した BoVW モデルを応用するとともに、weighting schemes を適用し、照合性能の改善を確認した。

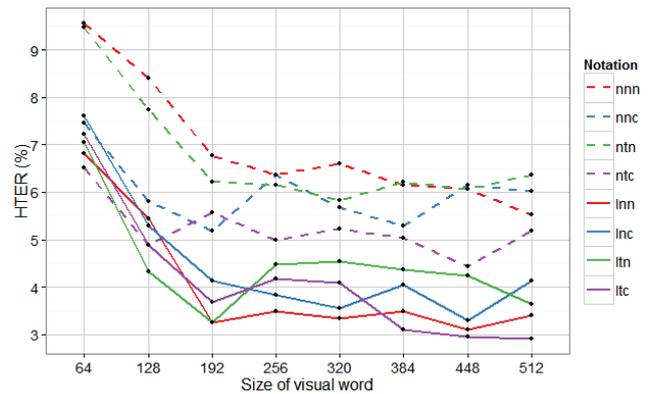


図 2: 本提案手法による実験結果

今後は、署名照合において、様々なキーポイント検出法、局所特微量、weighting schemes の組み合わせに関する検討をさらに進め、一層の性能向上を図りたい。

## 謝辞

本研究にご助言いただいた筑波大学大学院ビジネスサイエンス系吉田健一教授に心より感謝いたします。

## 参考文献

- [1] M.K. Kalera, S. Srihari, and A. Xu, “Offline signature verification and identification using distance statistics,” *Int. J. Patt. Recogn. Artif. Intell.*, vol.18, no.7, pp.1339–1360, 2004.
- [2] M. Okawa and K. Yoshida, “Text and user generic model for writer verification using combined pen pressure information from ink intensity and indented writing on paper,” *IEEE Trans. Human-Mach. Syst.*, vol.45, no.3, pp.339–349, 2015.
- [3] A.G. Dyer, B. Found, and D. Rogers, “An insight into forensic document examiner expertise for discriminating between forged and disguised signatures,” *J. Forensic Sciences*, vol.53, no.5, pp.1154–1159, 2008.
- [4] E. Karakasis, A. Amanatiadis, A. Gasteratos, and S. Chatzichristofis, “Image moment invariants as local features for content based image retrieval using the bag-of-visual-words model,” *Pattern Recognit. Lett.*, vol.55, pp.22–27, 2015.
- [5] H. Bay, A. Ess, T. Tuytelaars, and L. Van Gool, “Speeded-Up Robust Features (SURF),” *Comput. Vis. Image Und.*, vol.110, no.3, pp.346–359, 2008.