

令和 3 年 6 月 29 日現在

機関番号：32410

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2018～2020

課題番号：18K11373

研究課題名（和文）マルチリンガル署名照合を実現する組み合わせ分割照合およびその実用的学習方法

研究課題名（英文）Combination verification method and its practical learning for multilingual signature verification

研究代表者

大山 航（Ohyama, Wataru）

埼玉工業大学・工学部・教授

研究者番号：10324550

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,300,000円

研究成果の概要（和文）：署名照合には、主に（1）照合精度の向上、（2）学習容易性の向上、（3）言語多様性の向上の課題が存在する。本研究ではこれらの課題に対して、（1）組み合わせ分割署名照合法の性能向上、（2）新たな機械学習手法の導入、（3）深層学習に基づく署名特徴の抽出手法の導入により、実用性の高い署名照合手法の実現を行なった。本研究では、国際的な性能評価データベースを用いた実験により、提案したそれぞれの手法が従来手法より高い性能を示すことを確認した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

署名照合は国際的には社会的に広く受け入れられている本人確認手法である。本研究の成果は、署名照合の自動化に残されていた上述の課題を解決する糸口となることが期待される。

研究成果の概要（英文）：The main challenges in signature verification are (1) improving verification accuracy, (2) improving learnability, and (3) increasing language diversity. In this study, we addressed these issues by (1) improving the performance of the combinational verification method, (2) introducing a new machine learning method, and (3) introducing a signature feature extraction method based on deep learning to achieve a highly practical signature verification method. Through experiments using an international performance evaluation database, we confirmed that each of the proposed methods outperformed the conventional methods.

研究分野：情報工学

キーワード：バイオメトリクス 署名照合 機械学習

## 1. 研究開始当初の背景

署名照合は署名行為が社会的に受け入れられておりデータ取得に対する拒絶感や抵抗感が少なく、本人の意思確認を伴う行動的特徴であるため登録署名テンプレートの変更が容易であるなどの利点がある。署名照合の方式にはオンライン署名照合とオフライン署名照合がある。タブレット端末が普及し、オンライン署名照合の利用環境が整ったこと、筆速、筆圧などより多くの情報を取得、利用して高精度な照合が期待できることからオンライン署名照合が実用化されつつある。

一方で、署名照合には、主に3種類の課題が存在する。

1. 照合精度の向上：一般的に、署名照合は、指紋や虹彩その他のバイオメトリクス認証に比べて認証精度が低い。これは、署名が行動的特徴であるため個人性の変動が大きいことに起因しており、照合精度の向上が望まれている。
2. 学習容易性の向上：照合精度を向上する観点では、多くの登録署名テンプレートを用いて署名の変動を十分に学習する必要がある。しかし、実利用環境では多くの登録署名の取得は利用者に負担がかかり現実的な方法ではない。一方で、登録署名を少数に絞った場合、単一の手法に高い照合精度を期待することは困難である。少数の登録署名で高い照合精度を実現する効果的な学習方法が望まれる。
3. 言語多様性の向上：署名は、筆記者の母国語などの文化背景の影響を強く受ける。近年、我が国を訪れる外国籍旅行者や外国籍居住者が増加しており、巷間で用いられる署名には様々な言語が入り混じり多様性が増している。筆記スタイルが大きく異なる署名に対して、それぞれの言語ごとに署名照合手法の開発が進められてきた。特定の言語で高い性能を示す署名照合手法が、別の言語でも同様の性能を示す保証はなく、複数言語に対して安定した照合制度を保持した手法の開発が望まれている。

## 2. 研究の目的

本研究の目的は主に以下の3点である。

- (1) 様々な言語の署名を統一的に自動で照合できるマルチリンガル署名自動照合を実現するために、組み合わせ分割署名照合法の性能向上と、実用性の高い効率的な学習方法を確立する
- (2) これまで署名照合に用いられてこなかった機械学習手法や、深層学習に基づく新たな署名特徴の抽出手法を導入する。
- (3) 提案手法の評価には、国際的な学術研究コミュニティで利用されている標準的な大規模データセットを用いる

## 3. 研究の方法

### (1) 組み合わせ分割署名照合法の性能向上

組み合わせ分割署名照合法は、オフライン特徴とオンライン特徴に基づく署名照合を組み合わせて、登録署名が少数の場合に照合精度を改善できる。また、その精度向上は、日本語署名だけでなく、他言語の署名においても実現されている。提案手法の第2段階識別器は、第1段階のオンライン／オフライン照合のスコアをベクトル化したスコアベクトルを学習、識別する。これにより登録者とは異なる第三者の真筆署名と訓練偽筆署名を効果的に利用

できるが、学習のための第三者訓練偽筆の収集は高コストであり実用上の困難を伴うため、より簡便で効果的な学習方法を確立する必要がある。

オンライン署名の筆跡時系列情報を入力として、オフライン特徴を用いた署名照合を行うには、オンラインの筆跡時系列から署名画像を生成する。署名画像の生成方法も照合性能に大きな影響を与える要素である。

照合性能の向上のために、組み合わせ分割照合法の改良を行う。具体的には

1. オンライン照合処理評価関数の見直しを行う。
2. オフライン照合処理における署名画像生成、マッチング処理の見直しを行う。
3. 現在、サポートベクタマシンを用いている第2段階識別器に、その他の機械学習手法の導入を検討する。

## (2) 新たな機械学習手法の導入

本研究課題の主たる提案手法である組み合わせ分割署名照合法では、学習データセットにおける真筆クラスと偽筆クラスとのサンプル数の不均衡が性能向上の障壁となる。機械学習研究分野では、このような課題に対応できる種々の手法が提案されているが、署名照合に適用された例は極めて少ない。本研究ではこれらの手法のうち不均衡なデータセットに対応できる「ランキング学習」を署名照合に導入する。

## (3) 深層学習に基づく署名特徴の抽出手法の導入

オフライン署名照合に、深層学習を活用した特徴抽出手法を導入する。本研究では、畳み込みニューラルネットワークによる特徴抽出時に用いられる最大値プーリング処理において、採用された画素の位置情報を特徴料として用いる「微小変形特徴」を署名照合に導入する。

## 4. 研究成果

### (1) 組み合わせ分割署名照合法の性能向上

図1に示す、組み合わせ手法にランダムフォレストを利用した組み合わせ分割署名照合法を開発した。これまでサポートベクタマシン (SVM) を用いていた組み合わせ手法を、ランダムフォレストに置き換えることで、他言語署名照合データセットに対する照合性能が、等価エラー率において約2パーセント向上し、3.35パーセントとなった。

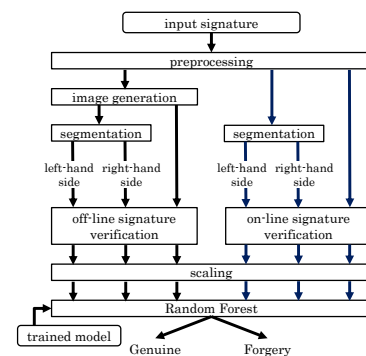


図1 組み合わせ分割署名照合法

### (2) 新たな機械学習手法の導入

ランキング学習は、学習用データセットで各クラスのサイズが異なる場合に、決定境界ではなく順位 (ランキング) を学習の対象とすることで、効果的な識別結果を得る手法である。このランキング学習の一手法である RankSVM を署名照合に適用した例はなく、本研究において初めて適用した。大規模なデータセットを用いた性能評価実験の結果、図2に示す通り、従来の SVM に比べて署名照合性能が向上することが示された。

Dataset	RankSVM	standard SVM
GPDS-150	<b>0.970</b>	0.930
GPDS-300	<b>0.965</b>	0.911
GPDS-600	<b>0.955</b>	0.895
GPDS-1000	<b>0.952</b>	0.886

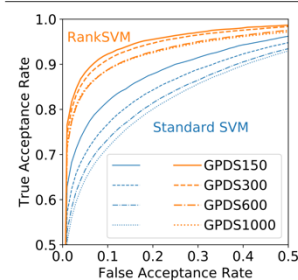


図2 ランク SVM による署名照合性能

### (3) 深層学習に基づく署名特徴の抽出手法の導入

署名照合では、同じストロークのわずかな違いや、署名者ごとの特殊な書き方の違いを微小変形と定義することができる。これらの微小な変形は、本物の署名と訓練偽筆との違いを明らかにできると期待される。本研究では、畳み込みニューラルネットワーク(CNN)が、これらの微小な変形を最大値プーリングによって抽出できることに着目した新しい署名特徴抽出手法とそれを利用した署名照合手法を提案した(図3)。実験により、手法の有効性を明らかにした。

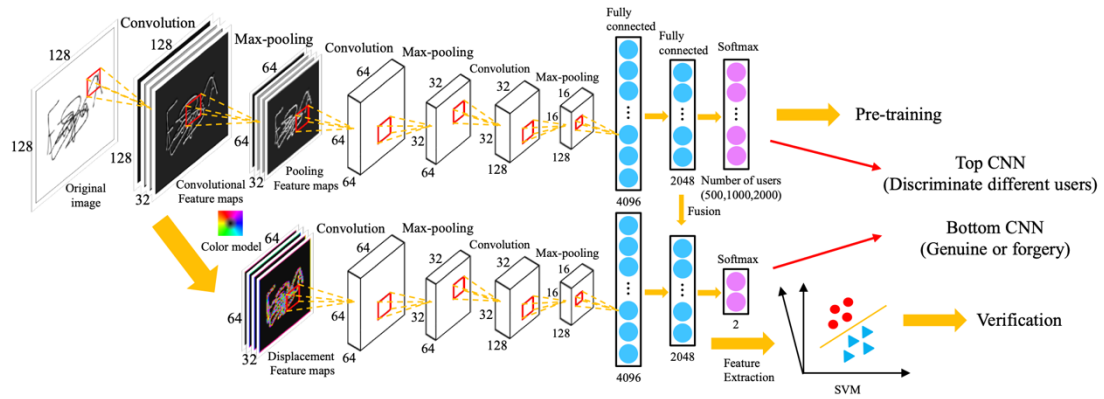


図3 局所微小変動特徴を利用した署名照合

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計3件（うち査読付論文 3件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Zheng Yan, Zheng Yuchen, Ohyama Wataru, Suehiro Daiki, Uchida Seiichi	4. 巻 1
2. 論文標題 RankSVM for Offline Signature Verification	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Proceedings of 2019 International Conference on Document Analysis and Recognition (ICDAR)	6. 最初と最後の頁 928, 933
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1109/ICDAR.2019.00153	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Zheng Yuchen, Ohyama Wataru, Iwana Brian Kenji, Uchida Seiichi	4. 巻 1
2. 論文標題 Capturing Micro Deformations from Pooling Layers for Offline Signature Verification	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Proceedings of 2019 International Conference on Document Analysis and Recognition (ICDAR)	6. 最初と最後の頁 1111-1116
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1109/ICDAR.2019.00180	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Zheng Yuchen, Iwana Brian Kenji, Malik Muhammad Imran, Ahmed Sheraz, Ohyama Wataru, Uchida Seiichi	4. 巻 118
2. 論文標題 Learning the micro deformations by max-pooling for offline signature verification	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Pattern Recognition	6. 最初と最後の頁 108008 ~ 108008
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.patcog.2021.108008	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計4件（うち招待講演 0件/うち国際学会 3件）

1. 発表者名 Zheng Yan, Zheng Yuchen, Ohyama Wataru, Suehiro Daiki, Uchida Seiichi
2. 発表標題 RankSVM for Offline Signature Verification
3. 学会等名 2019 International Conference on Document Analysis and Recognition (ICDAR) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Zheng Yuchen, Ohyama Wataru, Iwana Brian Kenji, Uchida Seiichi
2. 発表標題 Capturing Micro Deformations from Pooling Layers for Offline Signature Verification
3. 学会等名 2019 International Conference on Document Analysis and Recognition (ICDAR) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Wataru Ohyama, Keigo Matsuda
2. 発表標題 Signature Verification by Verifier Fusion Technique with Random-Impostor Training
3. 学会等名 The 14th Joint Workshop on Machine Perception and Robotics (MPR2018) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 大山 航
2. 発表標題 Signature Verification by Verifier Fusion Technique with Random-Impostor Training
3. 学会等名 第8回バイオメトリクスと認識・認証シンポジウム
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8 . 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------