

# 正規化によるオフライン筆者認識への影響分析

## Analysis of Effects by Normalization on Off-line Writer Recognition

大川 学†‡  
Manabu OKAWA

丸山 稔‡  
Minoru MARUYAMA

### 1. まえがき

筆者認識には、筆者識別（ある筆者の筆跡に対し、全筆者のうちどの筆者であるか）と筆者照合（ある筆者の筆跡に対し、本当にその筆者であるか否か）があり、いずれも科学捜査分野において筆跡鑑定として古くから用いられ、近年はバイオメトリクス技術としてセキュリティ分野への応用も進められている。特にオフライン方式の筆者認識は、特別な機器を必要としないことからコスト的に導入しやすい等の多くのメリットがあり、これまでも様々な研究が行われている[1]。

今回は、その筆者認識の処理のひとつである文字の正規化に着目する。同じ手書き文字を扱う文字認識では、通常、手書き文字の変動吸収のため正規化が行われ、また、用いる正規化法により認識率も大きく変化する[2][3]。同様に、筆者認識の前処理でも正規化が行われ、その重要性が認識されている[1]。しかし、研究によって様々な正規化が用いられているのが現状であり、どの正規化がどのくらい認識率に影響を与えるかについてはこれまでにきちんと検討されていない。

そこで本研究では、1枠に1文字ずつ記載されたオフライン筆跡を用いて、筆者識別及び筆者照合の両方の観点から、様々な正規化法による筆者認識への影響について分析を行った。

### 2. 正規化法

本研究では、認識への影響を分析するための正規化法として、従来の線形変換（アフィン変換）の他、さらに非線形変換も考慮し、代表的な次の4つの方法を用いることとする。これらの関係を図1に示す。なお、文字の2値画像  $f(i, j) \in \{0, 1\}$ 、横・縦サイズは  $I \times J$  とする。

#### (1) 正規化なし

文字画像を正規化せずにそのまま用いる（図2参照）。

#### (2) 重心一致

文字の重心が画像の中心と一致するように文字全体を平行移動する（図3参照）。

文字の重心  $(G_i, G_j)$  は、次式から求める。

$$G_i = \frac{\sum_{j=0}^{J-1} \sum_{i=0}^{I-1} i \cdot f(i, j) / f(i, j)}$$

$$G_j = \frac{\sum_{j=0}^{J-1} \sum_{i=0}^{I-1} j \cdot f(i, j) / f(i, j)}$$

#### (3) 外接矩形一定

文字の外接矩形を求め、そのサイズが画像のサイズ  $I \times J$  と一致するように線形変換する（図4参照）。

#### (4) 線密度一定

文字画像の非線形変換として、今回は線密度イコライゼーション[4]を用いて正規化を行う（図5参照）。

まず、水平方向、垂直方向への線密度の射影  $D_h, D_v$  を次の式から求める。

$$D_h(j) = \sum_{i=1}^{I-1} f(i, j) \cdot \bar{f}(i-1, j) + \alpha$$

$$D_v(i) = \sum_{j=1}^{J-1} f(i, j) \cdot \bar{f}(i, j-1) + \alpha$$

ここで、定数  $\alpha$  は、値が大きいくほど非線形性が弱まり線形変換に近づく、非線形正規化の度合いを調節するパラメータである。

次に、求めた  $D_h, D_v$  を用いて、線密度と標本化間隔との積が一定となるように変換関数を求め、水平方向、垂直方向に対してそれぞれ再標本化を行う。

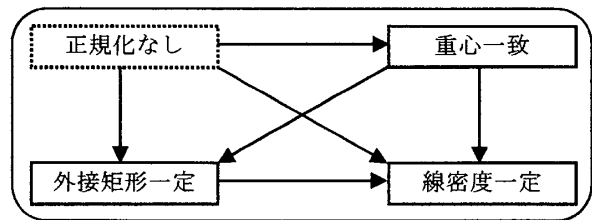


図1 正規化の関係



図2 正規化なし

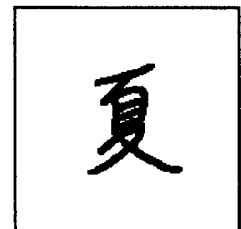


図3 重心一致



図4 外接矩形一定

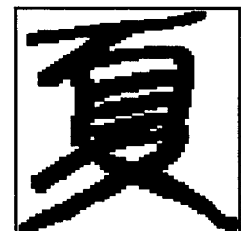


図5 線密度一定(α=1)

### 3. 実験の流れ

#### (1) 入力

スキャナーにより筆跡全体の画像を入力してから、文字毎に縦横160画素の大きさで切り出す。

† 警視庁科学捜査研究所

‡ 信州大学大学院工学系研究科

## (2) 前処理

判別分析法による文字画像の2値化[5]、雑音除去、膨張処理等の後、各種正規化を行う。

## (3) 特徴抽出

今回は、正規化の種類による影響を調べるため、メッシュ特徴に限定して実験を行う。

まず、文字画像を縦横各8ブロックの64ブロックに分割した後、単位ブロックあたりに占める黒画素数の割合を求め、64次元の特徴ベクトルとする。

## (4) 学習と認識

求めた特徴ベクトルを用いて、筆者識別による識別率、筆者照合による照合率を求める。

今回は、各クラスが少数サンプルであることを考慮し、 $k$ -Nearest Neighbor法(以下、 $k$ -NN法)を用いることとする。

ここで $k$ -NN法とは、まず全学習データを記憶しておき、次にテストデータと全学習データとの距離を求め、テストデータに最も近い上位 $k$ 個の最多得票数のカテゴリを正解とするものである。

## (5) 出力

筆者識別では全筆者のうちどの筆者であるか、筆者照合では本当にその筆者であるか否かを結果として出力する。

## 4. 実験

## (1) 実験データ

筆者10人に、縦横1 inchの大きさで印刷された枠内に「春」「夏」「秋」「冬」を各人11回、ボールペンにより記載してもらった。

## (2) 筆者識別

筆者10人110個の特徴ベクトルの中から1個の特徴ベクトルをテストデータとし、残りを学習データとして $k$ -NN識別器を構築する。これをleave-one-out法により繰返す評価実験を行った。

その各文字、各正規化に対する $k=3$ の場合の筆者識別の結果を表1に示す。

今回の実験では、いずれの文字も、正規化により識別率の改善傾向が見られた。なかでも、これまで筆者認識の研究ではほとんど検討されてこなかった非線形変換の線密度一定の正規化において、かなりの識別率の改善が見られた。

しかし、一部の筆者で正規化により逆に識別率が若干悪化していた。また、識別率の改善の程度も文字種によってばらつく傾向も見られた。

## (3) 筆者照合

各筆者1個ずつの特徴ベクトルをテストデータとし、それ以外の特徴ベクトル(特定筆者の特徴ベクトル10個、その他の各筆者の平均化特徴ベクトル9個)を学習データとして $k$ -NN識別器を構築する。これをleave-one-out法により繰返す評価実験を行った。

その各文字、各正規化に対する $k=3$ の場合の筆者照合の結果を表2に示す。

今回の実験では、いずれの文字も、外接矩形一定、線密度一定の正規化により照合率の改善傾向が見られた。なかでも、これまで筆者認識の研究ではほとんど検討されてこなかった非線形変換の線密度一定の正規化において、かなりの照合率の改善が見られた。

しかし、一部の筆者で正規化により逆に照合率が若干悪化していた。また、正規化なしと重心一致の正規化については、照合率に大きな差は見られなかった。

	春	夏	秋	冬	平均
正規化なし	85.45%	76.36%	87.27%	72.70%	80.45%
重心一致	90.00%	84.55%	91.82%	85.50%	87.97%
外接矩形一定	91.82%	79.09%	90.00%	76.40%	84.33%
線密度一定	90.00%	88.18%	96.36%	78.20%	88.19%

表1 筆者識別の結果(識別率)

	春	夏	秋	冬	平均
正規化なし	89.64%	86.73%	87.00%	86.55%	87.48%
重心一致	88.64%	88.09%	88.55%	85.55%	87.71%
外接矩形一定	91.91%	91.82%	91.82%	90.18%	91.43%
線密度一定	94.91%	92.82%	94.00%	89.82%	92.89%

表2 筆者照合の結果(照合率)

## 5. むすび

本研究では、様々な文字の正規化法を用いてオフライン方式の筆者認識への影響について分析を行った。その結果、正規化により識別率、照合率とも全体的に改善傾向が見られ、筆者認識への正規化の重要性が確認された。なかでも、これまで筆者認識の研究ではほとんど検討されてこなかった非線形正規化において、識別率、照合率ともかなりの改善がみられ、筆者認識で用いる正規化について、個人内変動・個人間変動の観点からさらに検討する必要があることもわかった。

今後は、実験データを増加し、その他の特徴や認識手法についても実験を行い、筆者認識に適した正規化法についてさらに検討していきたい。

## 参考文献

- [1] 梅田三千雄、三好健生、三崎輝市、“自己想起型ニューラルネットワークによる筆者識別と照合”、電学論、Vol.122-C、No.11、pp1869-1875、2002。
- [2] Yan Deng、若林哲史、鶴岡信治、木村文隆、三宅康二、“手書き文字認識における非線形正規化法の改良”、信学技報、PRU93-126、pp.79-84、1994
- [3] 若林哲史、鄧嚴、鶴岡信治、木村文隆、三宅康二、“非線形正規化と特徴量の圧縮による手書き漢字認識の高精度化”、信学論、Vol.J79-D-II、No.5、pp.765-774、1996。
- [4] 山田博三、斉藤泰一、山本和彦、“線密度イコライゼーション-相関法のための非線形正規化法-”、信学論、Vol.J67-D、No.11、pp.1379-1383、1984。
- [5] 大津展之、“判別および最小2乗規準に基づく自動しきい値選定法”、信学論、Vol.J63-D、No.4、pp.349-356、1980。