

手書き文字が有する多様な情報から筆者個人性を選択的に学習する 筆者識別アーキテクチャ

Writer identification architecture that selectively learns writer individuality from the diverse information contained in handwritten characters

山城 遼¹⁾ 荒井 秀一¹⁾

Haruka Yamashiro Shuichi Arai

1 はじめに

手書き文字は文字が持つ意味、筆者個人性、筆者の感情などの様々な情報を持ち、筆者識別を行うには、手書き文字が持つ情報の中から筆者個人性を抽出する必要がある。手書き文字から筆者個人性を抽出し、計算機に筆者識別をさせる研究は古くから行われている。近年では、学習データから筆者識別に必要な能力を得ることができ、深層学習を用いた筆者識別が研究されている。

手書き文字が持つ個人性を表す特徴には多様な種類が存在する。「筆跡鑑定ハンドブック」[2]と「新筆跡鑑定」[3]を参考にすると図7に示す特徴が人間が識別時に注目する代表的な特徴だと考える。漢字一文字が持つ個人性は、線の曲率、はらい、はねといった筆者の運筆(ストローク)からなる情報と文字の縦横比、文字の傾き、文字の密集度などの文字全体が持つ情報がある。

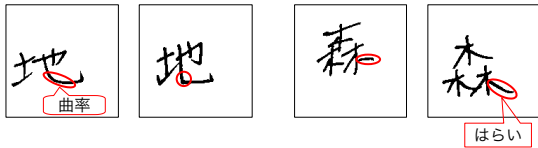


図 1: ストロークの曲率

図 2: はらい

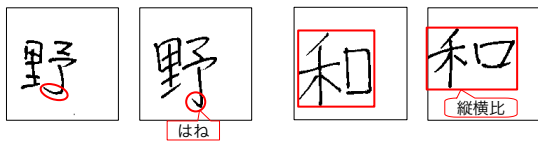


図 3: はね

図 4: 文字の縦横比

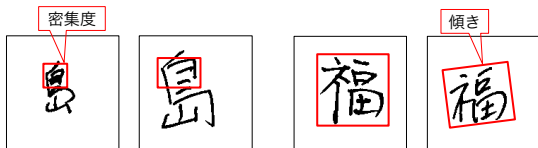


図 5: 文字の密集度

図 6: 文字の傾き

図 7: 筆者識別時に注目する特徴

2 従来研究

石森らは Convolutional Neural Network と Attention を用いて、手書き文字画像から筆者個人性を抽出する手法を提案した [1]。この手法は、畳み込みにより得られた特徴マップに対して Attention を適用することで、特徴マップ内に表現された個人性が強調された特徴を用いて筆者識別を行う手法である。正しく識別された文字画像を入力

した際に得られた Attention map を可視化することで、この手法のアーキテクチャが抽出した個人性を表す特徴を明らかにした。Attention map を可視化した結果、背景を含めた文字画像全体を重視していたり、文字ではなく背景を重視していたりしていることが確認できた。よって、アーキテクチャは人間とは異なる方法で筆者識別していると考えられる。

アーキテクチャが人間が注目する特徴と異なる特徴に個人性があると判断した原因は、End to End で学習していることにあると考えた。すなわち、End to End で学習したアーキテクチャは文字を画像に映る「絵」として扱い、文字を構成している特徴から個人性を抽出しなかったと考える。そこで、本稿ではアーキテクチャに機能的制約を持たせ手書き文字画像から抽出できる特徴を制限することで、文字を構成する特徴が保有する個人性を学習するアーキテクチャを提案することを研究目的とする。文字を構成する特徴には多様な種類が存在するが、本稿ではストロークが保有する特徴に着目して、ストロークが保有する個人性をアーキテクチャに学習させる。

また、深層学習を用いた筆者識別手法には、単漢字が保有する個人性を評価するアーキテクチャは存在したが、ストロークが保有する個人性を評価するアーキテクチャは存在しなかった。そこで提案したアーキテクチャを用いて筆者識別を行うことにより、ストロークほどの程度の個人性を含有しているかを明らかにすることを試みる。

3 提案手法

ストロークは文字を構成する基本単位であり、文字は様々なストロークが組み合わせることで形成される。ストロークは個人性の情報を持っており、1本のストロークで表現される個人性や複数のストロークの組み合わせによって表現される個人性が存在する。このストロークと個人性や文字の関係性は文書と単語の関係性に類似していると考えられる。文書を構成する基本単位は単語であり、単語を組み合わせることで文書は成立する。また、文書を構成する基本単位である単語単体も意味を持っており、単語を組み合わせることで生じる意味も存在する。

本稿ではストロークは単語に対応し、ストロークの組み合わせにあたる文字や個人性は文書に対応すると考え、文書理解を行うアーキテクチャを筆者理解アーキテクチャとして機能されることを目指す。

文書理解を行うアーキテクチャを筆者理解アーキテクチャとして機能させるには、単語にあたるストロークを手書き文字画像から抽出する必要がある。抽出するストロークは人間から見た本来のストロークではなく、計算機が画像から容易に抽出できる端点、コーナー、分岐点を終始点とした線分とする。手書き文字画像から検出されたストロークから線の長さ、線の曲率、線の傾きを抽出

1) 東京都市大学 Tokyo City University

し、ストロークの終始点の特徴して表 1 に示す対応する端点毎にプロパティとして特徴を付与する。よって、1 本のストロークが持つ特徴量は [終始点の特徴, 線の長さ, 線の曲率, 線の傾き] の 5 次元ベクトルである。

表 1: 終始点に与える特徴

終始点名	特徴量
端点	0
コーナー	1
分岐点	2
はらい	3
はね	4

文字から抽出されるストロークは文字や筆者によって異なるため、アーキテクチャは可変長データに対応できる必要がある。文書理解を行う可変長データに対応するアーキテクチャは、Recurrent Neural Network(RNN) と Transformer が代表的である。RNN は可変長データの入力順序から文書のコンテキストを表現するアーキテクチャである。しかし、ストロークと文字の関係性は文書と単語の関係性のように入力順序には強く依存しないと考えたため、RNN は筆者理解アーキテクチャには適さないと考えた。対して、Transformer は可変長データの並列処理が可能であり、位置エンコーディングを行わなければ順序関係に囚われずに単語の関係性を学習できるため、筆者理解アーキテクチャに適していると考えた。また、ストローク単体に個人性が現れる場合と複数のストロークの組み合わせによって個人性が表れる場合の両方が存在するため、ストロークの関係性を総当たりに学習できる Self Attention 機構がストロークが保有する個人性の理解に適していると考えた。

図 8 に筆者識別アーキテクチャの全体図を示す。図 8 において、特徴抽出器は手書き文字からストロークとその特徴量を抽出するモジュールであり、このモジュールでは画像処理を用いて特徴抽出を行う。アーキテクチャに入力された手書き文字画像は特徴抽出器に入力され、 $N \times 5$ の特徴ベクトルに変換される。 N は手書き文字から抽出されたストロークの本数、5 は 1 本のストロークの特徴量次元数である。Block は、Self Attention layer と Dense layer によって構成される。Block では、各ストロークの特徴ベクトルを他のストロークとの関係性と重要度を考慮しながらストロークに含まれる個人性を表現させる Self Attention layer と特徴の再構成を行う dense layer の処理が行われる。Block によって表現された各ストローク毎の特徴を、max pooling と average pooling によって全てのストロークが保有する個人性を 1 つに集約した代表ベクトルを求め、代表ベクトルを用いて筆者識別を行うようにアーキテクチャを設計している。

4 実験条件

4.1 項で実験で用いるデータセットを紹介し、4.2 項で筆者識別のタスク設定について述べる。

4.1 データセット

本研究は、兵庫県警察本部科学捜査研究所から提供していただいたデータセットを用いる。データセットの詳細は表 2 に示す。データセットは 100 人の筆者が 100 字種をそれぞれ 20 回記述した、計 20 万字の 160×160 pixel の文字画像で構成されている。

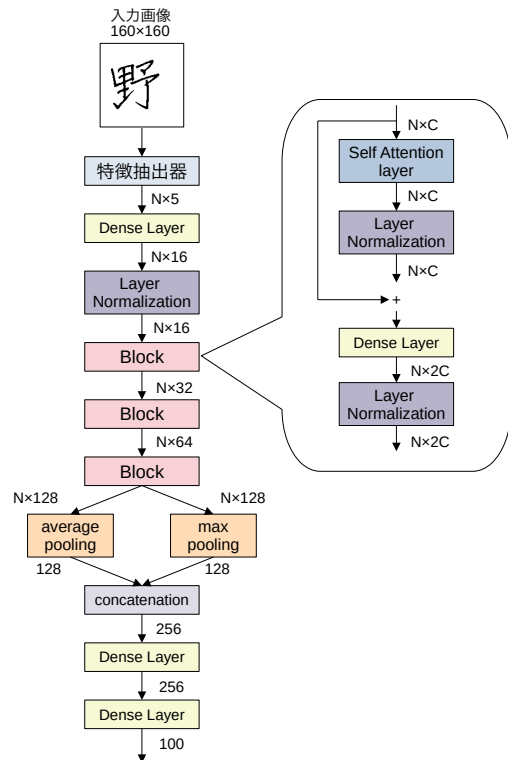


図 8: 筆者識別アーキテクチャ

表 2: データセットの詳細

筆者	100[人]
字種	100[字種]
筆記回数	20[回/文字]
解像度	160×160 [pixel]

4.2 タスク設定

本稿では、筆者識別アーキテクチャにストロークが保有する個人性を学習させることを目的としている。よって、アーキテクチャがストロークから文字種を学習し、筆者識別することを防ぐために学習に使用する文字種と評価に使用する文字種が重複しないように設定する。また、全ての文字種毎の筆者識別率を評価するために、データセットを 10 字種ごとに分割し、90 字種 (18 万枚) を学習に用い、10 字種 (2 万枚) を評価に用いる学習を 10 サイクル行う。

5 終わりに

本稿ではストロークが保有する個人性を学習するために、機能的制約を持たせたアーキテクチャについて検討した。今後、筆者毎、文字毎におけるストロークが保有する個人性の含有率を明らかにしていく。

参考文献

- [1] Ishimori Ami, Arai Shuichi, "Writer Identification Method That Is Able to Focus on Local Writing Habits by Attention Mechanism". IEICE Proceedings Series vol76. pp.459-462, 2023.
- [2] 魚住和晃. "筆跡鑑定ハンドブック". 三省堂, 2007.
- [3] 根本寛. "新筆跡鑑定". 三和書籍, 2015.