

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 5 年 6 月 20 日現在

機関番号：82505

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2019～2022

課題番号：19K04940

研究課題名(和文) オンライン筆跡の鑑定手法の開発

研究課題名(英文) Development of a on-line signature verification system

研究代表者

関 陽子 (Seki, Yoko)

科学警察研究所・法科学第四部・特任研究官

研究者番号：10356157

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)： オンライン筆跡や複製文書などの新手法により取得された筆跡の筆者識別手法について研究を行った。

オンライン筆跡では、ペン先位置座標による筆跡の概形と、筆圧変化もしくは書字速度を用いて筆者識別を行った結果、筆跡の概形と筆圧変化を用いた識別精度は原本を用いた識別精度と同程度の識別精度であることがわかった。

複製された筆跡の筆者識別精度実験では、インクジェット方式(IJ方式)もしくは電子写真方式により複製された試料を用いて筆者識別を行った。いずれの複製試料も原本より精度が低かったが、電子写真方式ではIJ方式に比べて精度低下が小さく、画像のみの情報でもある程度の精度で識別が可能であることがわかった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

オンライン筆跡や複製文書などの新手法により取得された筆跡の筆者識別手法について研究を行い、これらの試料の識別手法を開発した。

オンライン筆跡の識別手法では、ペン先位置情報を用いた筆跡の概形に筆圧または書字速度を描くことにより、筆跡の形態情報と運動情報を可視化することができた。また本手法により従来の筆跡の形態に注目した筆者識別と同程度の精度で識別が行えた。学術的には、書字行動の可視化手法の開発および高精度な筆者識別手法の開発に意義があると考えられる。

社会的意義は、今後増加すると考えられる新手法により生成された筆跡や複製された筆跡の筆者識別手法の開

研究成果の概要(英文)： The objective of this research was to develop writer identification methods for online handwriting and photocopied handwriting.

In the online handwriting identification experiments, trajectory and writing pressure change data or writing speed data were used for the identification. Trajectory and pen pressure change data showed high accuracy. Trajectory and pen speed data showed lower accuracy. This may suggest the appropriateness of relative change patterns in writer identification.

In the identification accuracy test of photocopied handwriting, ink-jet (IJ) or electrophotographic reproductions of the original handwriting samples were used for the identification experiments. The accuracy of both types of reproductions was lower than that of the originals. However, the accuracy of the electrophotographic method was more accurate than that of the IJ method, and it was found that identification was possible to a certain degree of accuracy even with only the image information.

研究分野：法科学

キーワード：筆跡 オンライン オフライン ペン先位置情報 筆圧変化 書字速度 複製文書 ニューラルネットワーク

1. 研究開始当初の背景

個人認証は、社会の安全を確保するために重要であり、生体特徴をはじめとして様々な特徴量が認証手段として用いられている。個人認証の特徴量のなかでも筆跡は、個人の識別だけでなく、本人の行動や意思の確認を含む高次の本人確認の手段として用いられるため、筆跡鑑定は、高次元の個人識別手段として、法科学の分野で重要な地位を占めている。日本における署名の筆跡鑑定は、欧米型サインの筆跡鑑定に比べるとオンラインによる筆跡鑑定の研究が少ない。これは、署名の文字は漢字が多く用いられることや、文字をくずさず通常筆記と同様の書き方がされることが多いため筆跡の形態特徴の比較のみで筆者の同一性を判断できる事例が多いという理由による。しかしながら、IT技術の進歩とともに、クレジットカードやオンライン取引の個人認証の手段としてタブレットとスタイラスペンや指の筆記(オンライン筆跡)が主流となっていることから、日本の法科学でもオンライン筆跡の筆跡鑑定に対応していかなければならなくなった。サイン用のタブレットに筆記されたオンライン筆跡は、紙にペンで書かれたオフライン筆跡に比べて字画の形態や色材の濃淡の再現性が劣っているため、従来日本語の筆跡鑑定で行われてきた字画の細部の観察に基づく筆跡個性の抽出が困難であり、これまで蓄積されてきた鑑定手法をオンライン筆跡の筆跡鑑定にそのまま応用することはできない。一方、日本語の署名は欧米型サインに比べて日常筆記と同様の書き方がなされるため、続け書きが少なくペンのオンオフが多い、字画が直線的で複雑である、という特徴を持つことから、一筆書きで曲線的な「欧米型サイン」の鑑定手法もそのまま日本語の筆跡鑑定に応用できないとも考える。そこで、日本語筆跡の特質に対応したオンライン筆跡、特にオンライン署名の筆跡鑑定手法に関する研究が急務であると考えた。

さらに、情報処理技術や画像処理技術の進展により、紙により提出された申込書や契約書類等の書類やオンライン契約時の契約書類等の保管方法の主流が、原本を保管するのではなく、複製された、もしくは画像データとして保管する方法に変化しており、書類の保存の負担が軽減した。これに伴い、法科学の文書鑑定においても、原本の鑑定資料が存在せず、鑑定に画像データしか利用できない事例が増加している。文書鑑定では鑑定に使用する資料は原本であることが原則であることから、鑑定資料が複写もしくは画像データの場合について、鑑定の可否や鑑定結果表現を含め、対応が十分に検討されていない。このため、鑑定資料が複写もしくは画像データである場合の鑑定精度や鑑定手法についての研究が必要であった。

2. 研究の目的

本研究では、1.を踏まえ、日本語筆跡の特質に対応した日本語オンライン筆跡、特にオンライン署名の鑑定手法を開発することを目的としている。

本研究では、これまで日本語の文字の筆跡鑑定で行われてきた、文字の形態や字画構成の特徴に注目する手法と、「欧米型サイン」の研究で採用された「書字運動のなめらかさ」に注目する手法を融合した手法の開発をめざす。具体的には、オフライン筆跡とオンライン筆跡のそれぞれから得られる特徴量を、数値データではなく画像で表現し、深層学習のアルゴリズムを使用することにより筆者識別を行う手法を考えている。深層学習は画像の識別や分類に適しているので、筆跡の特徴把握が直感的に行えるメリットもある。また深層学習のアルゴリズムを筆跡鑑定に応用した研究は十分にはなされていない。

また、法科学の立場からは、オンライン署名は、署名の特質(高次元な個人認証の手段としての価値がある)と、匿名性の高さという特質をあわせ持つので、オンライン署名は犯罪に利用されやすく、犯罪に利用された場合に経済的損失が大きいという懸念がある。オンライン署名の利用機会が今後ますます増加することから、鑑定手法が確立されることにより、犯罪捜査への貢献や犯罪抑止効果が期待できる。

さらには、複写もしくは画像データが鑑定資料である場合の筆者識別手法についても、本研究の目的に追加した。研究では、筆者識別精度の検討を行い、鑑定の可否や鑑定手法、鑑定上の留意点などを明らかにする。鑑定資料が原本ではない事例が増加していることから、鑑定資料が原本ではない場合の鑑定手法に関する研究の成果は、文書鑑定の新たな課題への対処に資することが期待できる。

3. 研究の方法

オンラインで取得した書字中のペン先位置情報と運動情報を使用して各筆跡の形態情報と運動情報を同時に描画したデータを作成し、ニューラルネットワークにより各筆者の特徴を学習した結果を用いてテスト用データを筆者ごとに分類した。分類結果の精度について筆跡画像(オフラインデータ)を用いて分類した識別結果と比較して、オンラインデータによる筆者識別の有効性について検討した。また、原本を複写した鑑定資料を用いた筆者識別精度について検討するため、オンラインデータの実験で使用したテスト用データを複写した試料をテスト用データ、学習用データに使用した試料の原本を学習用データとし、ニューラルネットワークを用いて筆者識別実験を行った。識別結果は、テスト用データに原本を用いた場合の識別結果と比較した。

- (1) 筆跡および書字運動データの取得 筆跡（オフラインデータ）と書字中の運動情報（オンラインデータ）を同時に取得できる装置を使用して、筆跡と書字中の運動情報を取得した。取得した運動情報は、各計測点におけるペン先位置座標、筆圧、時間であった。
- (2) データ処理 オフラインデータは、データ取得用紙1枚（筆跡117字が記載されている）ごとにスキャナを使用して800dpi、ビットマップ形式で画像取得したのち、1文字ごとに800pixel×800pixelのサイズにデータを切り出し、1文字1ファイルの画像データを取得した。オンラインデータは、データ取得用紙1枚につき1ファイルが取得されたため、文字ごとにデータを切り出し、1文字1ファイルのCSV形式のファイルを作成した。1ファイルには、1ストロークあたりの計測点数、各計測点におけるペン先位置、筆圧、時間が記録された。オンラインデータを利用して、筆圧変化（ある計測点における筆圧と次の計測点の筆圧を比較して、筆圧増加、筆圧変化なし、筆圧減少の3カテゴリーに分類した）および書字速度（ある計測点から次の計測点に移る間の平均速度を算出し、5段階に分類した）を取得した。さらに、ペン先位置データにより各筆跡の概形を描画し、概形上に筆圧変化または書字速度を表示した。筆圧変化は3色（筆圧増加、変化なし、筆圧減少を異なる色で表示した）、書字速度は5色（速いから遅いまでを5段階に区分し、各段階を異なる色で表示した）で表現した。

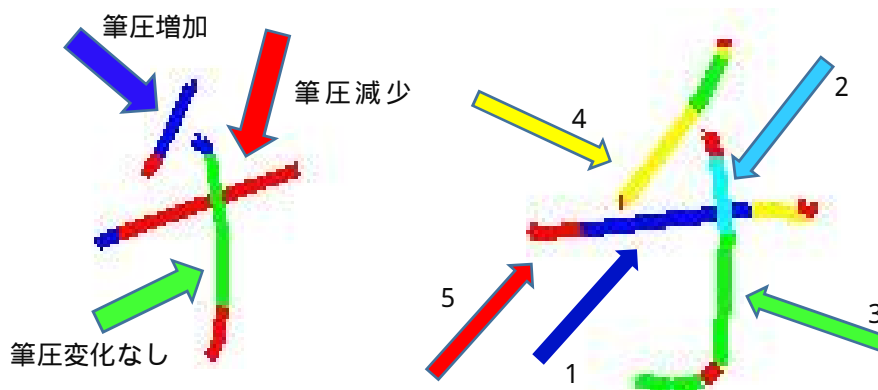


図1 筆圧変化（左）と書字速度（右）の例。書字速度は、速い順に1～5で示す。

- (3) オンラインデータを用いた筆者識別実験 10人の筆者が繰り返し5回ずつ記載した「西」「山」「千」「明」をこの順に組み合わせて「西山千明」という架空の人名の署名をオフラインデータ、オンラインデータのいずれについても作成した。実験では、深層学習を利用して各筆者の筆跡の特徴を学習した結果を用いて筆者不明の筆跡を分類する識別の枠組みにしたため、繰り返し5回のうち3回分を学習用データ、2回分をテスト用データに使用することにし、各文字の組み合わせは、学習用、テスト用に分けられた文字の中で任意の組み合わせとした。学習用データについては、画像の傾きや大きさなどを一定の範囲内で任意に変化させて（データ拡張）データ数を増やした。識別実験は、オフラインデータ、オンラインデータ（概形+筆圧変化）、オンラインデータ（概形+書字速度）の3種類について行い、識別精度を比較し、オンラインデータを使用した筆者識別の有効性について検討した。
- (4) 複製された文書を用いた筆者識別(3)で実験に用いたサンプルのうち、オフラインデータを複製したサンプルを用いた筆者識別実験を行った。(3)と同様の手順で筆跡サンプルを学習用データとテスト用データに分けたのちそれぞれのデータ内で疑似署名を作成した。実際の鑑定場面を想定して、学習用データは原本のまま使用し、テスト用データは原本を複製してサンプルを作成した。複写機は、インクジェット方式の多機能プリンタ3機種、モノクロ電子写真方式の複写専用機2機種、モノクロ電子写真方式の多機能プリンタ3機種を使用し、いずれも原寸、モノクロ、標準モードで1回複写を行い、サンプルを作成した。インクジェット方式のサンプルは、複製したサンプルを次の原本として順次繰り返し5回複製した5回目のサンプルも実験に使用した。実験ではテスト用に複製試料を用いた識別結果を、学習用、テスト用のいずれにも原本を使用した識別結果と比較して、識別精度を検討した。また、インクジェット方式により複製した試料を用いた実験では、複製を繰り返したことによる画像劣化の程度と識別精度についても検討した。

4. 研究成果

- (1) 筆跡データベースの整備 筆跡と書字中の宇運動情報を同時に取得できる装置を使用して、20歳から59歳までの男女計401名から702字種を繰り返し5回分、すなわち筆者一人あた

り 3510 文字のオンラインおよびオフラインデータを取得した。取得した筆跡 3510 文字 × 401 人 = 1407510 字について、オンライン、オフラインの各データファイルを作成した。また、データを閲覧するビューワも開発した。本データベースは、研究目的の利用に限るという条件で、各都道府県の科学捜査研究所の文書鑑定担当者に公開した。

- (2) 筆跡の概形と筆圧変化パターンを用いた筆者識別 10人の筆者が繰り返し5回記載した「西」「山」「千」「明」の各文字を組み合わせ作成した「西山千明」の疑似署名を使用して、筆識別実験を行った。実験は、オフラインデータを使用した識別とオンラインデータ(概形+筆圧変化)を使用した識別の2種類で行い、結果を比較した。学習用データには、オフラインデータ、オンラインデータのいずれを使用した識別実験でも、繰り返し3回分のデータを使用して作成した文字列をデータ拡張して作成した。テスト用データには繰り返し5回分の残りの2回分のデータを組み合わせ作成した。識別には畳み込みニューラルネットワークの1手法であるLeNetを用いた。実験結果は、オフライン、オンラインのいずれの場合でも、識別精度が100%に近い値であった。ペン先位置情報により描画した筆跡の概形は、オフラインデータとは細かな点で異なっていたが、識別精度はオフラインデータの識別精度と差はなかった(図2)。
- (3) 筆跡の概形と書字速度を用いた筆者識別 実験手順は(2)と同様であるが、オンラインデータに概形+書字速度を用いた。書字速度は、任意の計測点から次の計測点の平均速度とし、2点間の平均速度をすべての計測点間で求めたのち、最高速度と最低速度の間を5等分し、各区間の平均速度を5段階のいずれかに区分して色分け(速度の速い順から、青、水色、緑、黄色、赤)して概形上に表示した。オンラインデータとオフラインデータのケースに分けてLeNetを用いて識別実験を行った結果、オンラインデータの識別精度はオフラインデータに比べて低かった(図2)。各筆者の書字速度分布を見ると、同一筆者内の書字速度分布の個人差が大きい筆者が存在した。そのような筆者では、その筆者のデータのうちどれだけのデータがその筆者のデータと分類されたか(再現率, recall)、その筆者のデータだと分類されたデータの中にその筆者のデータがどれだけ含まれていたか(適合率, precision)の少なくとも一方の値が小さかった(図3)。筆圧変化との比較では、書字速度を使用した場合には識別精度が低下したが、個人内変動が大きいことが要因であったと考えられた。また、値の分布ではなく、変化のしかたなど相対的な変化を指標にしたほうが個人内の変動が小さく精度の良い識別が可能であると考えられた。
- (4) 複製文書の筆者識別 インクジェット方式の多機能プリンタ、電子写真方式の複写機、電子写真方式の多機能プリンタを用いて複写試料を作成し、複写文書を用いた筆者識別精度について検討した。実験に使用したサンプルは、(2)、(3)で使用したサンプルのうちオフラインデータのみを使用した。実験では、実務における複写資料の使用を想定して、テスト用データに複写サンプル、学習用データに原本を用いた。複写試料は、標準モードで作成し、複写回数は1回とした。ただし、インクジェット方式の多機能プリンタについては、5回複写を繰り返した試料も作成し、複写を重ねた際の試料の劣化程度と識別精度についても検討した。複写試料の識別結果は、テスト用データに原本を使用した場合の識別精度と比較した。複写試料と原本の識別精度を比較したところ、複写した試料の識別精度が低かったが、電子写真方式の専用機では、原本の識別精度との差が小さかった。多機能プリンタでは機種による識別精度の差が大きかった。電子写真方式の多機能プリンタの中には、原本との差が極めて小さく専用機より識別精度が高い機種もあった。電子写真方式とインクジェット方式の識別結果を比較すると、電子写真方式の方が識別精度が良好であった(図4)。複写を繰り返した試料の識別精度は、複写回数が1回の試料に比べて識別精度が低かったが、複写回数1回

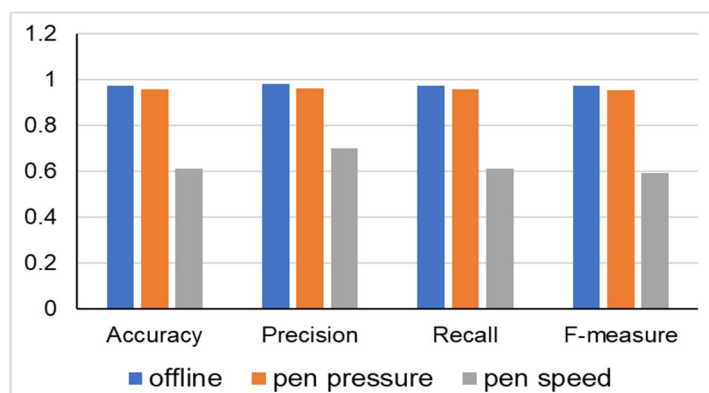


図2 オフラインデータ、筆圧データ、書字速度データのそれぞれの識別結果

の試料と同程度の識別精度を示した機種もあり、複写回数が多い試料であっても機種間の識別精度の差が大きいことは変わらなかった。以上より、複写試料であっても、電子写真方式の専用機により複写し、かつ複写回数が1回であれば原本とほぼ同程度の識別精度が得られたことから、複写文書を鑑定資料として使用しても鑑定精度に及ぼす影響が少ないとも考えられる。しかし、複製技術の向上や人工知能の高度化などにより、原本をもとにしたにもかかわらず、原本とは異なる画像やデータを作成することが可能になっている現状を鑑みると、実務において使用する資料には、原本に手を加えられていないことが確実である資料であることの証明などの条件が必要であると考えられ、鑑定における複製資料の利用は、慎重な対応が必要と考える。

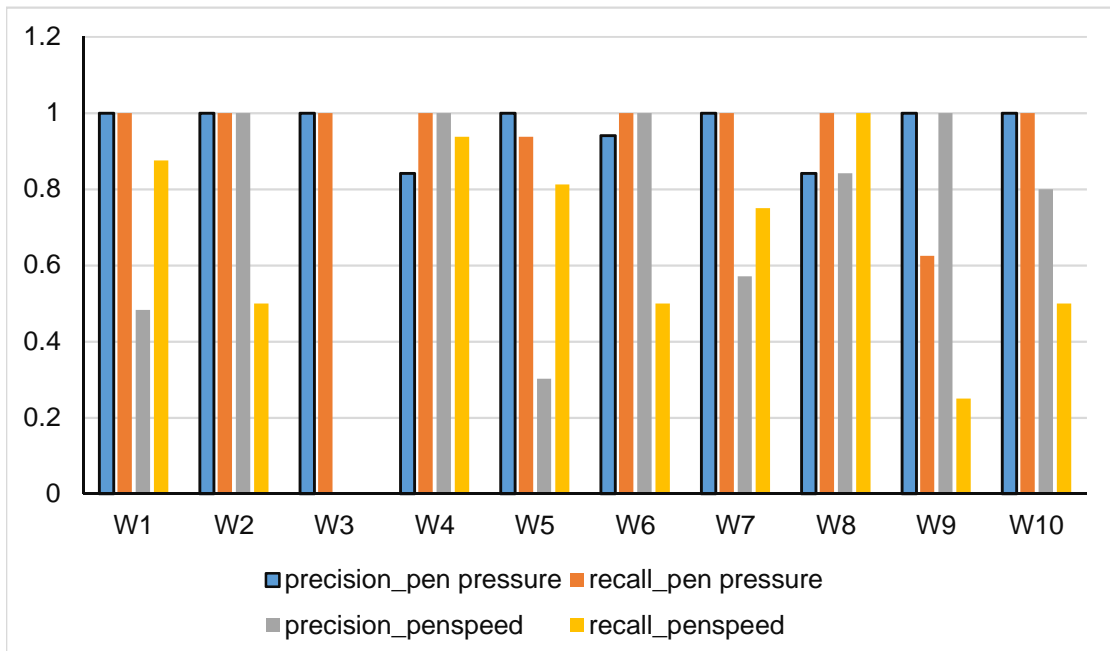


図3 筆者ごとの筆圧変化（左）と書字速度（右）の正答率（W + 数字は筆者番号）

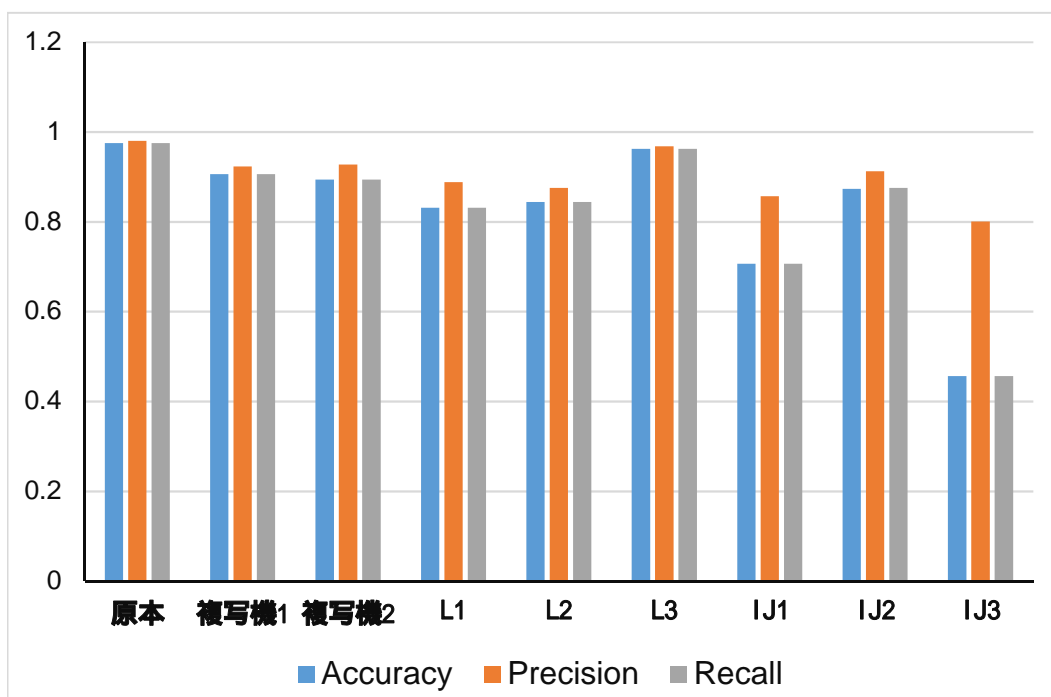


図4 複写機，多機能プリンタによる複写試料の識別精度の比較結果（Lは電子写真方式，IJはインクジェット方式）

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計2件（うち査読付論文 2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 関 陽子	4. 巻 69
2. 論文標題 日本語および中国語の手書き文字データベース	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 科学警察研究所報告	6. 最初と最後の頁 33-49
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	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 関 陽子, 赤尾佳則, 菅原 滋, 東川佳靖	4. 巻 72
2. 論文標題 オンラインとオフラインのデータセットを持つ日本語手書き文字データベースの構築	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 科学警察研究所報告	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	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19件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 8件）

1. 発表者名 関 陽子
2. 発表標題 An Analysis of the Expertise Effect in Handwriting Identification
3. 学会等名 The 32nd International Congress of Psychology (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 関 陽子
2. 発表標題 筆圧変化ボタンにおける 個人性
3. 学会等名 日本教育心理学会第63回総会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 関 陽子
2. 発表標題 書字速度を用いた筆跡の分類
3. 学会等名 日本応用心理学会第87回大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Yoko Seki
2. 発表標題 A Preliminary Study on Handwriting Classification Using Pen Pressure Patterns
3. 学会等名 7th International Conference on Engineering and Emerging Technologies (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 関 陽子
2. 発表標題 書字中の運動情報を用いた筆跡の分類
3. 学会等名 日本法科学技術学会第27回学術集会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Yoko Seki
2. 発表標題 Classification of Handwriting Using Pen Pressure Patterns
3. 学会等名 74th American Academy of Forensic Sciences Annual Scientific Conference (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 関 陽子
2. 発表標題 畳み込みニューラルネットワークによる筆跡の分類におけるデータ拡張の効果
3. 学会等名 日本教育心理学会第62回総会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Seki Yoko
2. 発表標題 Collection of online and offline handwritten Japanese characters and handwriting classification using the data
3. 学会等名 International Conference on Frontiers of Handwriting Recognition 2020 (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 関 陽子, 菅原 滋, 赤尾佳則
2. 発表標題 畳み込みニューラルネットワークを使用した筆跡の分類
3. 学会等名 日本法科学技術学会第26回学術集会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 関 陽子
2. 発表標題 異なる字種も用いた筆者分類
3. 学会等名 日本応用心理学会第87回大会中止の代替措置
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Seki Yoko
2. 発表標題 The application of the data augmentation technique to the data generation in handwriting
3. 学会等名 American Academy of Forensic Sciences 73rd annual meeting (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Yoko Seki
2. 発表標題 Online and Offline Data Collection of Japanese Handwriting
3. 学会等名 International Workshop on Computational Document Forensics (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yoko Seki, Yoshinori Akao, Shigeru Sugawara, Yoshiyasu Higashikawa
2. 発表標題 Writer Classification of Handwritten Characters Using a Neural Network
3. 学会等名 2020 AAFS Annual Scientific Meeting (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 関 陽子
2. 発表標題 画像情報に基づいた筆跡の分類
3. 学会等名 日本応用心理学会第86回大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 関 陽子
2. 発表標題 ニューラルネットワークを使用した筆跡の分類
3. 学会等名 日本教育心理学会第61回総会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 関 陽子
2. 発表標題 視覚情報処理に基づく意思決定に関する技術・知識の習得ー筆跡を個人性で識別するためにー
3. 学会等名 日本教育心理学会第64回総会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 関 陽子
2. 発表標題 視覚情報処理に基づく識別技術習得のために
3. 学会等名 日本応用心理学会第88回大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Yoko Seki
2. 発表標題 A preliminary stuey on handwriting classification usin motoer information
3. 学会等名 8th International Conference on Engineering and Emerging Technologies (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 関 陽子, 赤尾佳則, 菅原滋, 東川佳靖
2. 発表標題 複製された文書を用いた筆者識別
3. 学会等名 日本法科学技術学会第28回学術集会
4. 発表年 2022年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 応用心理学ハンドブック編集委員	4. 発行年 2022年
2. 出版社 福村出版	5. 総ページ数 858
3. 書名 応用心理学ハンドブック	

〔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
---------	---------