

令和元年6月21日現在

機関番号：82505

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2015～2018

課題番号：15K00260

研究課題名(和文)画線の質感センシングに基づく透写筆跡の検知

研究課題名(英文) Detection of traced handwriting by information sensing on the appearance of its strokes

研究代表者

赤尾 佳則 (Akao, Yoshinori)

科学警察研究所・法科学第四部・室長

研究者番号：30356159

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,400,000円

研究成果の概要(和文)：筆跡鑑定では、不自然な筆跡を検知することが求められるが、透写筆跡(敷き写された筆跡)はその代表例である。そこで本研究では、筆跡の画線に現れた質感をとらえる同軸落射複眼偏光イメージングシステムを開発し、文字を書くとき運動情報や専門家の指摘点との関連を調査することにより、透写筆跡の検知に有効な計測手法や評価指標を導き出した。上記システムで得られた偏光状態の異なる二種類の画像から、その比を算出したところ、筆圧との関連があると考えられた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究の成果は、筆跡の質感から知覚される書字運動に関する情報が、限られた部分ではあるが測定に基づいて得られることを示すものであり、知覚情報処理の学術分野に貢献した。また複眼光学系を用いて偏角反射特性を効率的に計測する手法は、新たな情報センシング手法を提供した。筆跡鑑定は、現状では熟練者の目視に頼っているが、その一部に測定を導入し、客観化と数量化できる可能性が見込まれるなどの社会的意義も認められた。

研究成果の概要(英文)：Traced handwriting is a representative of unnatural handwriting which have to be detected in the process of forensic handwriting examination. Therefore in this study, a method and an index for the detection of traced handwriting was introduced by sensing the information related to material characteristics appeared on handwritten strokes. Compound-eye polarization imaging system with coaxial illumination module was newly developed for this purpose. The image information acquired by the system was processed and the relationship with dynamics of pen tip movement during handwriting behavior were analyzed. The relationship with experts' point of view was also investigated. An experimental result for ballpoint pen showed that the ratio between two polarization images at different status was considered to be related with pen pressure.

研究分野：情報センシング

キーワード：情報センシング 筆跡 質感 複眼画像

様式 C-19、F-19-1、Z-19、CK-19（共通）

1. 研究開始当初の背景

情報技術の発展により、日常生活で情報システムを利用することが一般的となっている。情報システムのセキュリティを維持するためには、ユーザー個人を適切に認証することが重要であるが、その方法として、身体的あるいは行動的特徴に基づくバイOMETリック個人認証が注目されている。

行動的特徴に基づく指標は、行動の癖までを模倣することが困難であることから、偽造に強い特長がある。実体が存在する身体的特徴（例えば指紋など）に比べて、個人内での変動が少なからず生じるため、現状ではあまり普及していないが、次世代の個人認証技術として育てることにより、新たな価値を生み出す可能性がある。

紙面に書かれた筆跡を手がかりとして、筆者の異同を識別する筆跡鑑定においても、書字運動に関する情報を抽出することが重要とされている。筆跡鑑定では、文字を書く行動の一部が固定化したものが筆跡であるとの考えに基づき、文字の形状だけでなく、画線のかすれやインクの滞留などの筆跡画線の質感にも着目して、書字運動を反映したと考えられる特徴を詳細に観察している。

筆跡鑑定のプロセスにおいて、書字運動を把握しようとする理由は、その筆跡に不自然な部分が認められるかどうかにも関係する。筆跡上にあらわれる筆者の特徴は、自然に書かれた文字に最もよく現れる。一方で自然に書かれていない意図的な筆跡の場合、そこから筆者の特徴を抽出することが困難又は不可能である。専門家による鑑定の場合、このような筆跡の不自然さに気づき、筆者照合の結果を「不明」とするのに対し、筆跡を単にパターンとして扱う機械的なアプローチでは、誤った判断となる。この点が人間による鑑定と機械による識別の大きな違いであり、筆跡鑑定を自動化する上での隘路であることが指摘されている。

2. 研究の目的

筆跡鑑定では、不自然な筆跡を検知することが重要な意味を持つ。画線のかすれやインクの滞留などの筆跡画線の質感は、その手がかりとなるが、現状では、熟練者の目視検査に頼っている。

そこで本研究では、不自然な筆跡の代表例である透写筆跡（敷き写しされた筆跡）を検知対象とし、その画線に現れた質感をとらえる画像センシング技術の開発を目的とした。具体的には、質感と密接な関係にある偏角反射特性を、複眼光学系を用いた画像センシング技術で取得し、書字運動情報や専門家の指摘点との関連を調査することにより、透写筆跡の検知に有効な計測手法や評価指標を導出することを目標とした。

3. 研究の方法

透写筆跡の画線に現れた質感を検知する手法を開発するため、次の手順で研究を進めた。

- ① 透写条件（手本を敷き写して文字を書く条件）、自然条件（通常の筆記条件）の筆跡を、インクペンタブレットを用いて採取した。
- ② 筆跡画線の質感にまつわる情報（偏角反射特性）を取得するための装置として、同軸落射照明型の複眼画像システムを開発した。
- ③ ①の筆跡画線を②の装置で測定し、偏角反射特性（物理的指標）と、運筆の停滞や筆圧変動などのオンライン筆跡データ（書字運動）との関連を調査した。
- ④ 筆跡鑑定の専門家が指摘する不自然な点（主観的指標）との関連を調査することにより、専門家の評価を反映した透写筆跡の検知指標を提案した。

4. 研究成果

(1) 透写条件と自然条件の筆跡の採取

透写条件及び自然条件で筆跡を採取した。ボールペンタイプのペンタブレット（Wacom製、Intuos5 touch）を用い、紙面に筆跡を採取すると同時に、ペン先の位置、筆圧の時系列情報を取得した。

図1にひらがな「あ」を透写条件及び自然条件で書いた時の筆跡と書字運動の例を示す。

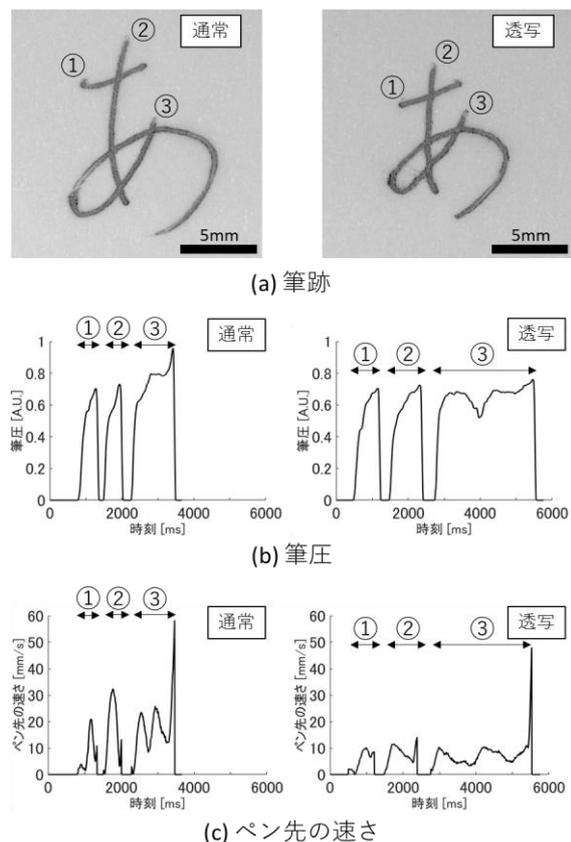


図1 筆跡・書字運動の例

書字運動について、書字時間は、透写条件では自然条件と比べて長かった。ペン先の速さは、自然条件では一画の中で速度変化が滑らかであるのに対し、透写条件では、筆速の小刻みな上がり下がりが認められ、滑らかではなかった。筆圧は、透写条件では自然条件と比べて始筆部から高く、一画中での変動が乏しかった。

筆跡について、三次元形状計測装置（キーエンス、VR-3200）で測定した結果、筆圧の増加にともなって画線幅と深さが拡大する傾向がみられた。ただしペン先の速さが極端に速い場合には、筆圧が高くても画線幅が細くなった。また始筆部では、筆記具の停滞がある場合には、筆圧が弱い場合でも窪み状の痕跡となるなど、筆速との密接な関係がみられることがわかった。

(2) 筆跡画線の質感にまつわる情報取得装置の開発

筆跡画線の質感に関する情報を取得するための装置として、同軸落射照明型の複眼画像システムを開発した。同軸落射照明によって筆跡画線の底部に光沢を発生させ、その様子を複眼カメラで多方向から同時観察した。

図2(a)にシステムの外観を示す。装置は、図2(b)に示す複眼カメラ（パイフオニクス製、TOMBO USB3.0 開発評価キット）と、図2(c)に示す同軸落射照明モジュール（オプトメカエンジニアリング製、DRS-5）を組み合わせて構成した。図2(d)に光学系の模式図を示す。さらに直線偏光板（MeCan, MLP40）を用い、照明光と観察光の偏光方向を制御することにより、偏光イメージングをおこなった。照明光の偏光方向を複眼カメラ前の偏光板の主軸方向と直交させた状態（直交ニコル）、または平行にした状態（平行ニコル）での画像を取得した。

(3) 物理的指標と書字運動との関連調査

上記複眼画像撮影システムで取得した複眼画像と、書字運動との関連を調査した。筆跡画線を撮影した複眼画像では、観察方向の変化に応じて光沢の位置や形状が変化しており、人間が質感を把握するときに重視される偏角反射特性（物理的指標）が得られていた。

図3に実験結果の一例を示す。各個眼を統合して考えるため、9つの個画像の位置合わせを行った上で、各画素での最大値を求めた。図3(a)の直交ニコル条件では、ボールペンインクが付着した画線部分では、光が吸収されている様子がみられた。図3(b)の平行ニコル条件では、同軸落射照明によって生じた正反射光が、画線と紙の一部の光沢としてみられた。

もっとも筆圧が低い部分Aでは、画線のところどころに光沢が認められ、筆が止まる終筆部では、紙面の窪みを反映した光沢がみられた。Aよりも筆圧の高いBの部分では、画線の連続方向に沿って、底部に光沢が認められた。画線の幅に対する光沢部分の割合は高く、ほぼ同じ幅となっている部分もあった。もっとも筆圧が高いCの部分でも、同様に画線の連続方向に沿った底部の光沢が認められた。Bよりも、光沢の連続が明瞭であり、画線幅に対する光沢の幅は狭かった。さらに、色材部分の光沢を可視化するため、平行ニコル画像を直交ニコル画像で割った比を求めた（図3(c)）。この偏光比画像では、筆圧と力が働いた時間の積（力積）が大きいほど画素値が高くなる傾向がみられた。

(4) 透写筆跡の検知指標の検討

透写筆跡を観察した際に、専門家が指摘する不自然な点（主観的指標）を列挙したところ、始筆部や終筆部に筆記具が停滞したと思われる痕跡（例：高いインクの濃度、インクの滞留）がみられること、湾曲した画線の円滑さが低く



図2 同軸落射照明型複眼画像システム

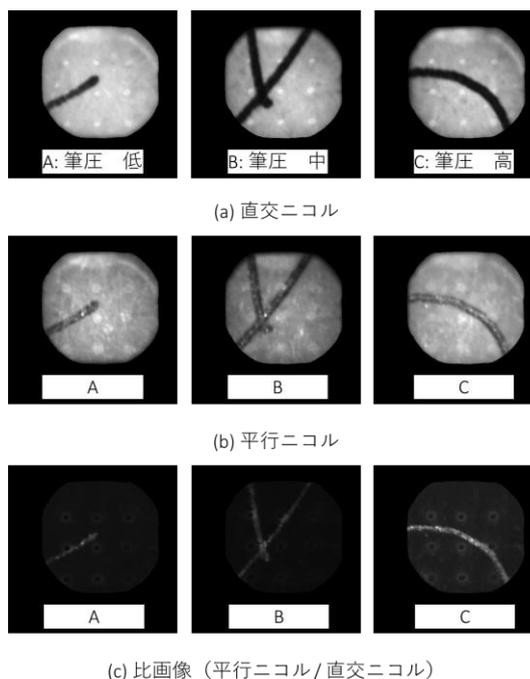


図3 偏光比画像と筆圧との関係

なることなどが指摘された。

以上より透写筆跡の検知指標を検討したところ、筆跡画線の濃淡情報と、筆跡画線の各点の偏光比画像から推定される力積とを総合して評価することが有効と考えられた。筆圧に関する情報は、偏光比画像と画線の濃度情報を総合して評価することで抽出できることが示唆されたことから、始筆部や終筆部でこれらの指標を測定することにより、透写筆跡の検知に活用できると考えられた。なお、ストロークの途中でみられた筆速の変動については、今回の研究では情報を抽出できなかった。さらに筆記条件を増やして実験を行い、検討を進める必要がある。

5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計3件)

- ① 赤尾佳則、文書鑑定における画像情報の利用、映像情報メディア学会誌、査読有、71 巻、2017、508-512
- ② Mototsugu Suzuki, Norimitsu Akiba, Kenji Kurosawa, Yoshinori Akao, Yoshiyasu Higashikawa, Differentiation of black writing ink on paper using luminescence lifetime by time-resolved luminescence spectroscopy, Forensic Science International, 査読有、279 巻、2017、281-287
<https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2017.09.003>
- ③ Mototsugu Suzuki, Norimitsu Akiba, Kenji Kurosawa, Kenro Kuroki, Yoshinori Akao, Yoshiyasu Higashikawa, Wide-field time-resolved luminescence imaging and spectroscopy to decipher obliterated documents in forensic science, Optical Engineering, 査読有、55 巻、2016、014101-1-014101-6
<https://doi.org/10.1117/1.OE.55.1.014101>

[学会発表] (計16件)

- ① 赤尾 佳則、菅原 滋、東川 佳靖、関 陽子、複眼画像処理による筆跡画線の観察、日本法科学技術学会第 24 回学術集会、2018
- ② Yoshinori Akao, Compound-imaging for forensic handwriting examination, The Eighth Japan-Korea Workshop on Digital Holography and Information Photonics (DHIP2018)、2018
- ③ 赤尾 佳則、同軸落射照明型複眼カメラによる書字ダイナミクスの異なる筆跡画線の観察、Optics and Photonics Japan 2017、2017
- ④ 赤尾 佳則、東川 佳靖、関 陽子、深層学習による書体デザイン識別の試み、日本法科学技術学会第 23 回学術集会、2017
- ⑤ Yoshinori Akao, Visualizing gloss area on handwritten strokes by compound-eye polarization images under coaxial illumination, OPIC2017 (OPTICS & PHOTONICS International Congress 2017)、2017
- ⑥ Yoshinori Akao, Yoshiyasu Higashikawa, A Case Study of the Relationship between Local Pen Action and Three Dimensional Shapes of Handwritten Strokes, First International Workshop on Computational Document Forensics, 2017
- ⑦ Yoshinori Akao, Yoshiyasu Higashikawa, Evaluation of the distance between averaged handwritten shape and fonts by Earth Mover's Distance, 18th Conference of the International Graphonomics Society (IGS2017)、2017
- ⑧ Yoshinori Akao, Compound-eye imaging for forensics, The Seventh Korea-Japan Workshop on Digital Holography and Information Photonics (DHIP2017)、2017
- ⑨ 赤尾 佳則、同軸落射照明下での複眼画像観察における筆跡画線の表面反射光の低減、2017 年第 64 回応用物理学会春季学術講演会、2017
- ⑩ 赤尾 佳則、複眼カメラによるボールペン筆跡の光沢状態の観察、日本光学会年次学術講演会 Optics & Photonics Japan 2016、2016
- ⑪ 赤尾 佳則、平均的な筆跡字形とフォントとの距離-EMD による評価-、日本法科学技術学会第 22 回学術集会、2016
- ⑫ Yoshinori Akao, Integrating compound-eye image under coaxial illumination for analyzing gloss on handwritten strokes, The Sixth Japan-Korea Workshop on Digital Holography and Information Photonics (DHIP2016)、2016
- ⑬ 赤尾 佳則、文書鑑定に生きる光技術、2015 年(平成 27 年度)応用物理学会九州支部講演会、2015
- ⑭ 赤尾 佳則、東川 佳靖、KDE と EMD による平均的な筆跡字形との距離指標、日本法科学技術学会第 21 回学術集会、2015
- ⑮ 赤尾 佳則、東川 佳靖、谷田 純、文書表面を観察するための複眼カメラ用同軸落射照明装置の開発、日本光学会年次学術講演会 Optics & Photonics Japan 2015、2015
- ⑯ Yoshinori Akao, Yoshiyasu Higashikawa, Jun Tanida, Gonio-observation of handwritten strokes by using coaxial illumination module and compound-eye image-capturing system, JSAP-OSA Joint Symposia 2015、2015

〔その他〕
ホームページ
<https://researchmap.jp/spurmark/>

※科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。