

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 22 日現在

機関番号：82505

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2012～2014

課題番号：24500232

研究課題名(和文) 複眼画像情報に基づく筆跡画線の質感センシング

研究課題名(英文) Information sensing for the appearance of handwritten strokes based on compound-eye imaging

研究代表者

赤尾 佳則 (Akao, Yoshinori)

科学警察研究所・法科学第四部・主任研究官

研究者番号：30356159

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,700,000円

研究成果の概要(和文)：従来の筆跡鑑定では、筆跡画線の質感を目視で把握しているが、本研究では、それを計測に基づいて評価することを目指した。質感と密接な関係にあるとされる偏角画像情報を、複眼画像技術を利用して効率的に取得するシステムを構築し、画線底部での光沢情報と濃淡情報を同時に取得できることを確認した。また、画線底部の光沢の連続性やその局所的な形状から、専門家が着目する筆跡画線の質感の一側面をセンシングできる見込みがあることが分かった。

研究成果の概要(英文)：The purpose of this study is to propose a measurement-based method evaluating the appearance of handwritten strokes, which is currently performed by experts' observation in the process of forensic handwriting examination. We constructed a compound-eye imaging system for efficient acquisition of gonio-reflection information, which is considered to be closely related with the appearance of objects. The proposed system successfully acquired gloss images together with density images. The continuity and local shape of gloss pattern along handwritten strokes were considered to give effective information concerning the appearance that had been pointed out by experts.

研究分野：画像情報処理，光学，文書鑑定

キーワード：筆跡 質感 偏角画像 複眼光学系 画像センシング

### 1. 研究開始当初の背景

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方に基づき、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。

しかしながら、筆跡画線の質感の把握については、熟練者による目視検査に基づいているのが現状である。計測に基づく指標による評価としては、例えば、濃淡分布や濃度共起行列に基づいたテクスチャの評価などの研究があるが、質感という幅広い対象を取り扱うためには、さらなる計測手法や評価指標の充実が求められる。

照明方向や観察方向の違いによる見え方の変化(偏角反射特性)は、質感と密接な関係にあるとされる。我々が物体の質感を知覚するとき、光沢、表面形状によって引き起こされる陰影、テクスチャだけでなく、照明方向、観察方向にともなうこれらの変化を手がかりとしていることから、偏角反射特性の重要性を理解することができる。

研究開始以前、研究代表者らは、昆虫の眼のような複眼光学系を利用して、効率的に偏角分光画像を取得する方法を提案してきた。主にホログラムの偏角特性の検査に活用してきたが、筆跡への適用については、未検討であった。

### 2. 研究の目的

そこで本研究では、筆跡画線の質感と密接な関係にあるとされる偏角画像情報を、複眼光学系に基づく画像システムで効率的に取得することを想定し、そのために必要な複眼画像システムを構築するとともに、質感の記述に有効な指標を導出することにより、計測に基づく筆跡画線の評価法を確立することを目指した。

そのために、以下の課題に取り組んだ。

#### (1) 複眼画像センシング装置の構築

質感にまつわる偏角画像情報を効率的に取得するための画像センシング技術について検討した。

複眼光学系による偏角画像撮影の原理を

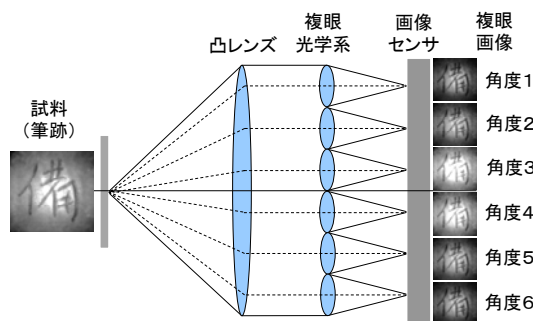


図1 複眼光学系による偏角画像撮影

図1に示す。試料から反射した光は、対物レンズ(凸レンズ)によって平行光化され、その後段の複眼光学系により、反射角度の異なる光線がそれぞれ画像センサ面上に結像する。その結果、複眼画像の各個眼像は、観察角度がわずかに異なったものとなり、すなわち偏角画像が得られる。

#### (2) 質感評価語句の調査

筆跡画線の質感を評価するための語句について調査した。専門家による評価語句から、筆跡画線の質感を把握する手がかりを得るとともに、質感を記述するために有効な指標を探索することを目指した。

#### (3) 複眼画像情報と質感との関連

複眼画像情報と質感との関連を調査し、計測に基づいた筆跡画線評価の可能性について検討した。

### 3. 研究の方法

#### (1) 複眼画像センシング装置の構築

筆跡画線の偏角画像を取得するための複眼画像センシング装置として、以下の3種類を構築し、その性能を検討した。

まず、本研究開始以前に構築した複眼OVD偏角撮像システム(引用文献①)の活用を検討した。装置の構成は、上記撮像システムと傾斜ステージであり、試料からの鏡面反射光が複眼光学系に入射することにより、筆跡画線底部の光沢を観察できるようにした。試料面の傾斜角度は15°、照明方向の天頂角は30°とした。画像撮影実験では、普通コピー紙に黒色ボールペンで書いた漢字「採」を試料とした。

次に、従来システムよりも個眼数を増加させた新規システムを構築した。複眼画像の取得には、個眼数3×3の複眼カメラモジュール(パイフォトニクス、TOMBO USB3.0開発評価キット)を用いた。照明には、ファイバ照明光源(林時計工業、LA-100UE)を用い、2種類の照明条件(斜光線照明で陰影を顕在化する方法、正反射光を検知する方法)の適否を検討した。画像撮影実験では、普通コピー紙に黒色ボールペンで書いた漢字「赤」を試料とした。

さらに、新規システム用の同軸落射照明ユニットを構築した。同軸落射照明法の導入により、試料を真上から観察するとともに、画線の光沢を検出することを目指した。同軸照明部には、小型のハーフプリズム(5mm角)を用いることにより、近接撮影(6mm)を行えるようにした。

#### (2) 質感評価語句の調査

筆跡鑑定のプロセスで専門家が筆跡画線の質を指摘する際に使用する可能性のある語句を列挙した。

文書鑑定の専門家である研究代表者及び研究分担者1名の計2名によるブレインストーミングをおこない、画線の質感の指摘にまつわる語句を列挙した。語句は、画線の

質感そのものを指し示すもの以外に、そこから類推された事項に関するものも含めた。その結果を KJ 法により整理し、語句の類型化を試みた。

(3) 複眼画像情報と質感との関連

筆跡画線の複眼画像情報と、専門家が指摘する質感との関連について調査した。

まず、撮影対象となる筆跡を採取した。ボールペンタイプのタブレット (Wacom、Intuos5) を用い、縦、横、左右斜め方向の直線を筆記することにより、コピー用紙上に筆跡を採取すると同時に、オンラインデータ (各時刻に対する座標、筆圧、ペンの傾き等) を取得した。筆跡は、いずれも研究代表者が筆記した。

続いて、採取した筆跡を、新たに構築した画像センシング装置 (同軸落射照明装置付) で撮影した。上記(2)での考察結果に基づき、得られた複眼画像を解析し、画線底部の光沢について特徴量を算出した。その筆記方向への連続性を評価し、質感との関連を考察した。

4. 研究成果

(1) 複眼画像センシング装置の構築

図2に従来システムによる画像撮影結果を示す。各個眼像では、観察角度の違いにより、筆跡画線の光沢が局所的に変化する様子が捉えられた (例: 矢印で示す部分)。4つの個眼像が1回の撮影で同時に得られており、偏角反射画像が効率的に得られた。しかしながら、中央の個眼が存在しないために、光沢変化の方向性を把握することが困難であるなど、画像取得上の問題が生じることから、従来システムの活用には限界があることが分かった。

図3に新規システムによる画像撮影結果を示す。個眼数3×3の複眼カメラモジュールを導入したことにより、観察方向数が増加するとともに、中央の個眼の存在により、個眼画像の位置合わせが容易となった。しかしながら、正反射方向ジオメトリでの観察を行う場合、斜め方向から資料を撮影したことにより、文字の形状が歪み、個眼間の文字形状の違いが顕著となり、試料の位置合わせが困難であった。また、斜光線照明で陰影を顕在化し、真上方向から観察した場合、画線底部への照明が届かないため、質感の把握を十分に行えないことが分かった。

図4には、新規システムに同軸落射照明ユニットを取り付けた場合の画像撮影結果を示す。同軸落射照明法の採用により、真上方向からの観察が可能となるとともに、ボールペン画線底部での光沢と濃淡による太さの変化を同時に観察できた。また照明ユニットの小型化により、近接撮影が可能となったことにより、画線の像を大きく拡大した状態で取得することができた。ただし、照明部のハーフプリズムの像が写り込む問題や、過

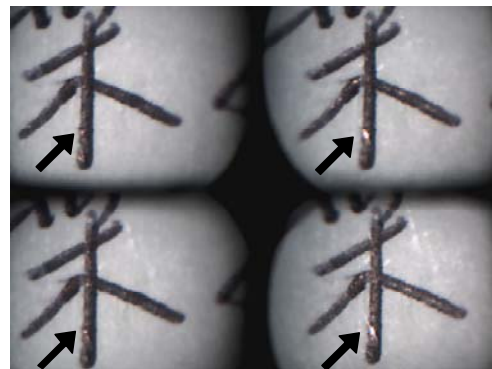


図2 複眼画像撮影結果 (従来システム)



図3 複眼画像撮影結果 (新規システム)

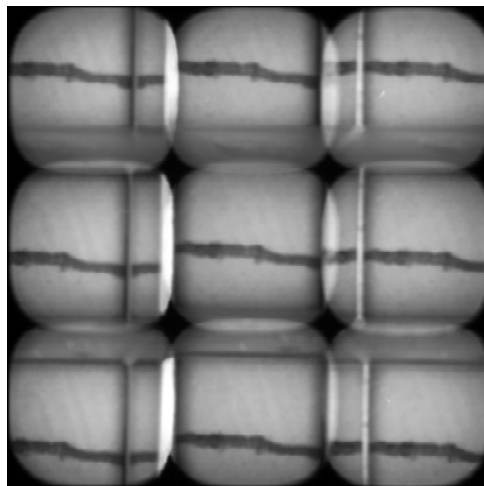


図4 複眼画像撮影結果 (同軸落射照明)

度の近接撮影によって画像がやや不鮮明になる点については、今後解決する必要がある。

(2) 質感評価語句の調査

表1に質感評価語句として列挙されたもの例を示す。様々な語句が存在し、その内容は多岐にわたった。筆跡鑑定の目的、すなわち筆者の異同識別を考えると、個人性の抽出が求められるが、質感の指摘に関しては、むしろ運筆の一貫性、連続性など、筆記時の不自然さの有無にまつわる情報を得る意図が背景にあると考えられた。画線

の濃淡や窪みの状態から、筆圧やその変動について考えを述べることは、その一例であった。筆圧に関する事柄は、画線の濃淡や窪みに反映されることが合理的に理解でき、専門家からも指摘される場面が多いことから、本研究でも優先して検討することが妥当と考えられた。

表1 質感評価語句の列挙結果

一貫性のある、震えのある／ない、円滑な、渋滞のある、早く運筆された、筆圧の強い／弱い、筆圧の変動がある／抑揚のある、濃淡が一様／一定、かすれている、色材がべったりと付いている、濃い、薄い、濃さの変動がある、光沢のある、黒鉛の光沢、紙面の凹み、浅い、深い、太い／細い、太さが一定、太さの変動がある、まっすぐな、丁寧な、乱雑な。
--

(3) 複眼画像情報と質感との関連

質感評価語句の検討結果に基づき、筆圧にまつわる項目について重点的に研究をすすめた。筆跡を採取した結果、筆圧に関しては、始筆部から終筆部に向かって上昇する傾向が認められた。

図5に筆圧と画線幅及び光沢幅との関係を示す。筆圧は、4種類の筆記条件(弱(1)～強(4))を示す。筆圧の増加にともない、画線幅に対する画線底部の光沢部の割合が高くなる傾向がみられた。また、局所的な凹みを反映した光沢形状から、筆継ぎ、停滞などの不自然な部分を把握することも可能であった。今後、画線幅に対する画線底部の光沢部の割合を指標として、その画線方向への一貫性や変動状況を評価することにより、筆記時の筆圧変動や不自然さの有無などにまつわる情報を抽出できる可能性があると考えられた。

以上の研究により、複眼画像情報に基づき、専門家が着目する筆跡画線の質感について、その一側面、特に筆圧に関係する情報をセンシングできる見込みがあることが分かった。

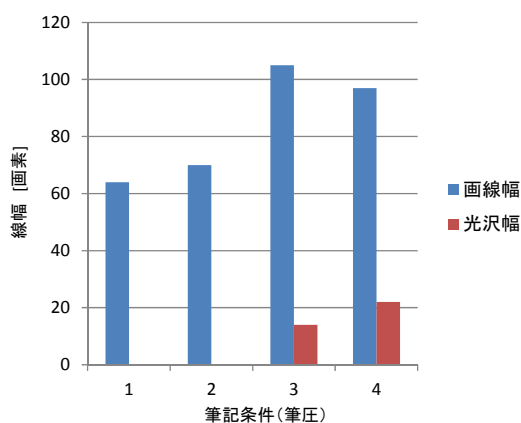


図5 筆圧と画線幅及び光沢幅の関係

<引用文献>

①赤尾佳則, 中尾良純, 豊田孝, 東川佳靖, 谷田純, “複眼光学系を用いたハンドヘルド型 OVD 偏角撮像システム”, 第 57 回応用物理学会春季学術講演会, 17p-J-8 (2010).

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[学会発表] (計 11 件)

①Yoshinori Akao, Atsushi Yamamoto and Yoshiyasu Higashikawa, Evaluation of intra-personal variations and interpersonal differences of Japanese Hiragana handwritings by kernel density estimation and Earth Mover’s Distance, 16th International Graphonomics Society Conference (IGS2013), 2013.6.12, Nara (Japan)

②Yoshinori Akao, Atsushi Yamamoto and Yoshiyasu Higashikawa, Feasibility study of visualizing diversity of Japanese Hiragana handwritings by multidimensional scaling of Earth Mover’s Distance toward assisting forensic experts in writer verification, 11th IAPR International Workshop on Document Analysis Systems (DAS 2014), 2014.4.8, Tours (France)

③Yoshinori Akao, Atsushi Yamamoto and Yoshiyasu Higashikawa, Assisting forensic writer verification by visualizing diversity of digit handwritings, 14th International Conference on Frontiers in Handwriting Recognition (ICFHR2014), 2014.9.2, Crete (Greece)

④赤尾佳則, 山本敦, 東川佳靖, カーネル密度推定と EMD による筆跡の個人内変動と個人差の数量化、日本法科学技術学会第 18 回学術集会、2012 年 11 月 16 日、ホテルフロラシオン青山 (東京都港区)

⑤赤尾佳則, 山本敦, 東川佳靖, KDE と EMD による平仮名筆跡の個人内変動と個人差の検討、日本法科学技術学会第 19 回学術集会、2013 年 11 月 15 日、ホテルフロラシオン青山 (東京都港区)

⑥赤尾佳則, 山本敦, 東川佳靖, Earth Mover’s Distance に基づいた筆跡字形の個人内変動と個人差の評価法における画線密度分布のクラスタ数の検討～平仮名筆跡について～、電子情報通信学会 パターン認識・メディア理解研究会 (PRMU)、2013 年 12 月 13 日、三重大学 (三重県津市)

⑦赤尾佳則, 山本敦, 東川佳靖, 筆跡画線のカーネル密度推定による平均的な字形の表示、日本法科学技術学会第 20 回学術

集会、2014年11月14日、ホテルフロラ  
シオン青山(東京都港区)

- ⑧ 赤尾佳則、山本敦、東川佳靖、複眼 OVD 偏角撮像システムを用いたグレーティング刻線数推定におけるジオメトリ数に関する一考察、第7回新画像システム・情報フォトンクス研究討論会、2013年6月10日、東京工業大学(東京都目黒区)
- ⑨ 赤尾佳則、山本敦、東川佳靖 他、複眼 OVD 偏角撮像システムを用いたグレーティング刻線数推定におけるジオメトリ数に関する一考察、日本光学会年次学術講演会 Optics & Photonics Japan 2013、2013年11月13日、奈良県新公会堂(奈良県奈良市)
- ⑩ 赤尾佳則、東川佳靖 他、複眼 OVD 偏角撮像システムによるヘアライン箔の絵素配置検知、第61回応用物理学会春季学術講演会、2014年3月18日、青山学院大学(神奈川県相模原市)
- ⑪ 赤尾佳則、東川佳靖 他、複眼画像システムによるプリンタ画線の偏角多段露光観察、第62回応用物理学会春季学術講演会、2015年3月13日、東海大学(神奈川県平塚市)

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

赤尾 佳則 (AKAO, Yoshinori)  
科学警察研究所・法科学第四部・主任研究官  
研究者番号：30356159

### (2) 研究分担者

東川 佳靖 (HIGASHIKAWA, Yoshiyasu)  
科学警察研究所・法科学第四部・室長  
研究者番号：80356196

山本 敦 (YAMAMOTO, Atsushi)  
科学警察研究所・法科学第四部・研究員  
研究者番号：90462754