

落款印および関連情報の検索システムの構築： 人物情報と人物関係ネットワークの自動抽出に向けて

李 康穎（立命館大学 情報理工学研究科）

Batjargal Biligsaikhan（立命館大学 衣笠総合研究機構）

前田 亮（立命館大学 情報理工学部）

赤間 亮（立命館大学 文学部）

落款印は書や絵画の真贋を鑑定する上で重要な要素であるだけでなく、書画との調和美が意識され、芸術的な価値もある。落款印を対象にした自動認識システムの構築により、専門家や愛好家に対してこれらのコレクションが持つ背景情報の理解を支援するための効率的なツールを提供できる。本研究では、落款印画像を用いた検索システムの構築に注目し、複数のオープンデータの活用を考慮した浮世絵関連情報の抽出を試み、浮世絵コレクションの検索に新たな視点を提案する。

A Seal Retrieval System for Ukiyo-e Collections:

Toward Exploring Artist Information from Retrieval Results

Kangying Li (Graduate School of Information Science and Engineering, Ritsumeikan University)

Biligsaikhan Batjargal (Kinugasa Research Organization, Ritsumeikan University)

Akira Maeda (College of Information Science and Engineering, Ritsumeikan University)

Ryo Akama (College of Letters, Ritsumeikan University)

Seal is not only an important element to identify the calligraphy and painting, but also adding exchanging space and aesthetic value to the contents of those collections. A system capable to automatically recognize signatures and seals in calligraphies and paintings can assist professionals and enthusiasts in gaining a better understanding as to the background information on these collections in a more efficient way. In this research, our focus is placed on automatic identification of signatures and seals under the context of ukiyo-e painting. Besides, open data is used to provide scholars with a new perspective to understand ukiyo-e collections.

1. まえがき

書画を作成した際に署名として押捺された印影は、人文学領域の研究にとって非常に重要な情報と考えられる。書道作品や浮世絵作品など、さまざまな書画作品に作者の落款印が押されている。

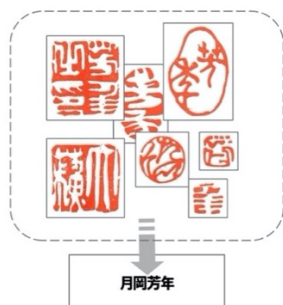


図 1 浮世絵師月岡芳年の落款印

Figure 1 The seals of the ukiyo-e artist Yoshitoshi Tsukioka

図 1 に示すように、同じ浮世絵師が描いた異なる作品には異なる落款印が用いられる場合があり、漢字だけでなく図案などの要素が含まれる場合がある。落款に含まれる文字や図案情報の識別には専門知識が必要であり、絵師の同定や作品の制作年代の判定は困難な場合がある。落款印を検索するシステムが実現できれば、ユーザは簡単な操作で浮世絵などの書画作品に関するより幅広い情報を獲得できる。

本研究は、著者らによる蔵書印における単一印文文字の検索技術の研究結果[1]を踏まえ、書画画像からの落款印およびそれに含まれる文字の自動抽出手法を提案する。書画の作者による落款印とは違い、蔵書印は所蔵機関や個人が図書の所有権を表すため使われる印であるが、押捺された印影に篆書体文字が含まれることは蔵書印と落款印の共通点と考えられる。本研究では、浮世絵の肉筆画を主な対象とし、落款印全体の検索および、落款印中の単一文字を対象にした検索機能を備えるシステムの構築を試みる。さらに浮世絵の落

款情報に基づき、複数のデータソースから検索結果に示された絵師とその作品情報を取得し、浮世絵師の間の師弟関係などの情報を抽出する。本研究の最終目標として、検索可能な対象範囲を浮世絵師から落款印を持つ文筆家、書家、画家などの文化人に拡大し、人物の情報と作品情報から、著名人の人物関係ネットワークの可視化ツールを提供することを目指している。

2. 関連研究

蔵書印や書画作品の落款を対象にした研究は既に多く提案されており、落款文字を利用した浮世絵の作者同定の研究[2][3]は既に成果を挙げている。文献[2]は、浮世絵における落款文字を対象とし、切り出された文字画像の前処理を行い、文字の加重方向指数を特徴量として使い、辞書を作成する。クエリ画像と辞書の疑似マハラノビス距離を求めることで浮世絵師を同定する。文献[3]では、浮世絵の落款文字列の抽出手法を提案している。一方、蔵書印を自動的に解析するシステムとして、富士通による蔵書印検索技術のプロジェクト[4]がある。中国の蔵書印画像を対象とし、構築されたデータベースを用い、蔵書印の印文全体をマッチングなどの技術で認識する実験が行われた。


近年、深層特徴を用いた画像検索システムの研究が盛んに行われている。落款印の深層特徴を利用した検索システムの構築は、人文系の研究において重要な役割を果たす。鬼塚ら[5]は、畳み込みオートエンコーダで抽出された特徴量を用い、古文書において筆者署名の機能を持つ記号花押字形の検索手法を提案した。青池ら[6]は、印鑑画像も含まれる資料画像の挿絵領域を自動的に抽出し、図案の辺縁特徴を注視した特徴量を利用して画像検索システムの構築を行った。本研究では浮世絵のデジタル資源の活用を目的とし、画像からの浮世絵師の落款の検索および複数データソースからの関連情報の取得に重点を置く。

3. 提案手法

落款印は、通常全体で一つの図形のようにデザインされている。落款印の持ち主は、必ずしも自分の名前を使用して自分の印章を作成するわけではない。既存の落款印検索システム[7][8]は、印文のテキストを対象とするものが多く、落款印画像からの検索に対応したシステムはほとんど存在しない。

表1に示すように、印文が篆文で書かれている場合、国文学研究資料館が公開している「篆字部首検索システム」¹での検索は可能だが、浮世絵の専門家であっても篆書体は専門でなければ見分けるのが難しい印文が存在する。

表1 月岡雪鼎の落款印

所有者	作品名	印文画像
月岡雪鼎	夜嘶骨董談義	

また、画像検索ベースのシステムに収録されていない落款印が文字を含む場合であれば、まず単一文字の検索を通じて印文の内容を明らかにし、次に印文ベースの検索システムの利用により、款印の所有者が調べられるようになる。そのため、本提案システムでは、立命館大学白川静記念東洋文字文化研究所が公開している「白川フォント」²を活用した単一文字の検索機能を拡張機能として実装する。

3.1 データソース

システム全体で使用するデータソースを表2に示す。

表2 使用したデータソースおよび用途

データソース	用途
大日本書画名家大鑑〈落款印譜編〉、荒木矩著、第一書房(1934)	落款印の検索
立命館大学 アート・リサーチセンター: ARC 浮世絵ポータルデータベース	浮世絵師および作品情報の取得
立命館大学白川静記念東洋文字文化研究所: 白川フォント	印文画像中の単一文字の検索
Wikipedia, Wikidata	浮世絵師情報および師弟関係の抽出

「大日本書画名家大鑑〈落款印譜編〉」から取得した落款、署名画像データは、浮世絵師、書道家、歌人、儒者、俳人、官印、公印、武将などの落款所持者を含み、約17,910枚の画像からなる。

¹ https://base1.nijl.ac.jp/~collectors_seal/seal_script/

² <http://www.ritsumei.ac.jp/acd/re/k-rse/sio/shirakawa/index.html>

「大日本書画名家大鑑 〈落款印譜編〉」から取得したデータと ARC 浮世絵ポータルデータベースの両方に共通して存在する印影画像はわずか128種類である。また、単一文字検索に用いた「白川フォント」の篆文字形画像には2,590字のフォントデータが含まれている。

本研究では、「大日本書画名家大鑑 〈落款印譜編〉」に含まれる浮世絵師に属する落款印データを対象とする落款画像検索手法を提案する。これに、これまでに著者らが実現した複数特徴を用いた蔵書印の単一文字の検索手法[1]に基づき、単一文字領域の抽出手法を加えた単一篆文字 2,590字の字型検索機能を追加する。検索結果の活用法の一つとして、ARC 浮世絵ポータルデータベースに存在する128枚の落款印を対象とし、複数データソースを用いて浮世絵師の情報と作品情報を自動的に表示する落款印検索システムの構築を試みる。

3.2 システムの構造

システムの全体構造を図2に示す。入力は落款を含む画像であり、ユーザの選択により、検索は落款印全体検索もしくは単一文字検索それぞれの検索機能のいずれかに進む。落款印全体検索は、入力画像と類似する落款印画像リストと所有者名をユーザに返す。所有者名をクリックすると、その人物の情報を表示する。単一文字の検索は、ユーザが手動で単一文字の選択もできるが、入力画像中の単一文字の自動抽出も可能である。検索の結果は単一文字の予測字形画像となり、結果ページへのテキスト入力による人物情報の検索も可能である。3.3節以降で、これらの機能について詳しく述べる。

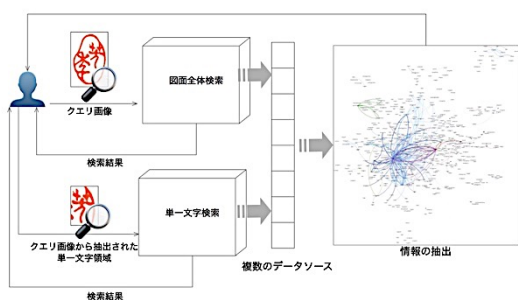


図2 システムの構造
Figure 2 Structure of the system

3.3 落款印全体を対象にした検索

図3に示すように、落款印全体を対象とした検索は、1) ユーザによる落款印領域の選択、2) 印文領域の抽出、3) 深層特徴とHOG (Histograms of Oriented Gradients) 特徴を用いた階層ツリー検索の三つのステップによって構成される。

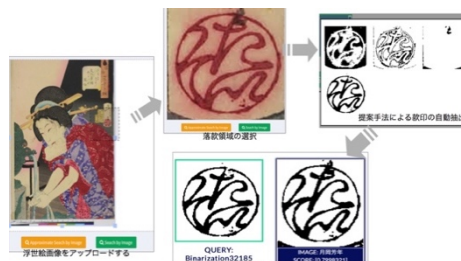


図3 落款印全体を対象にした検索機能
Figure 3 Seal retrieval on whole seal image

ユーザによる落款印領域の選択では、ユーザによりアップロードされた画像の編集はJavaScriptにより行う。図4に示すように、浮世絵画像データには印文領域と手書き文字が重なる画像が多く存在する。

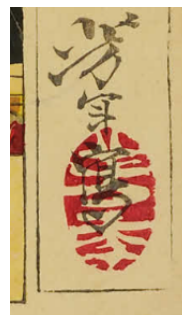


図4 印文と手書き落款が重なる例
Figure 4 An example of a seal overlaps with handwritten words

このため、まず印文領域を手書き文字から抽出することが重要な課題である。画像の色情報に基づくk-meansクラスタリングにより落款印領域の抽出を行う。抽出結果の例を図5に示す。

入力画像	画素グループ 1	画素グループ 2	画素グループ 3

図5 印文領域の抽出
Figure 5 Extracting a seal area from a ukiyo-e print

落款印画像のデータベースから最も類似した画像を検索するため、図6に示すように、階層ツリー[9]に基づき、深層特徴とHOG特徴を用いた類似落款印画像の検索システムを提案する。

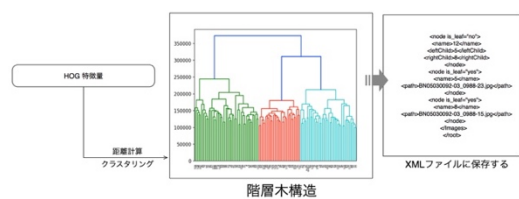


図 6 データから木構造の抽出
Figure 6 Extracting tree structure from image data

浮世絵師の落款画像データから HOG 特徴の抽出を行い、Ward variance minimization 距離の計算により、構造データを生成する。生成された木構造は自動的に XML ファイルに保存する。XML の構成要素を表 3 に示す。

表 3 XML 文書の要素

要素	タグ
ノードの ID	<id></id>
ノードの左の子ノードの ID	<leftChild> </leftChild>
ノードの右の子ノードの ID	<rightChild></rightChild>
ノード	<node is_leaf="(yes/no)"> </node>

画像データは葉ノードに表れ、タグが「is leaf=yes」の場合は、そのノードが葉ノードであることを示す。

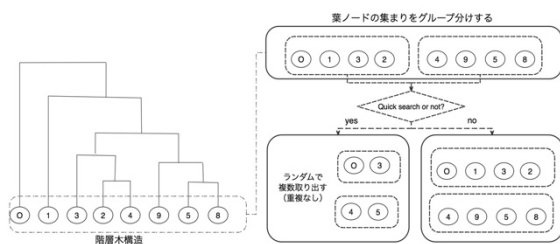


図 7 ランダムサンプリング
Figure 7 Random sampling

本研究では、ランダムサンプリングによる検索の高速化手法を提案する。図 7 に示すように、葉ノード全体を等距離に分割する。ユーザが高速検索機能「クイック検索」を選択した場合、システムは設定可能な確率に基づいて、各区間に対して葉ノードのサンプリングを行い、深層特徴を用いた画像類似度計算に進む。

サンプリングで取得した葉ノードグループとクエリ画像の類似度計算方法を図 8 に示す。VGG19[10]の学習済みモデルを特徴量抽出器とし、クエリ画像と葉ノード画像の VGG19 中間層

出力のコサイン類似度計算を行う。各グループから最も類似度が高い画像を抽出し、それを表すノードを探し出す。

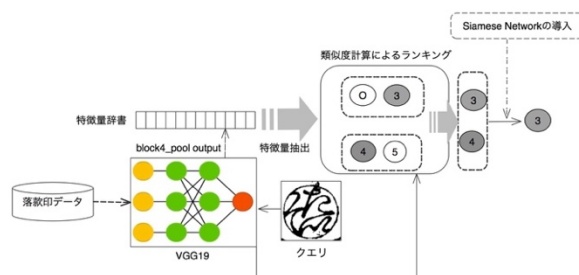


図 8 類似度計算と類似画像の検索
Figure 8 Similarity calculation and retrieval of similar images

Hog 特徴は局所領域の特徴抽出に優れた特徴量抽出手法であると言われており、検索結果の画像候補は Hog 特徴を用いた階層木の探索から取得する。

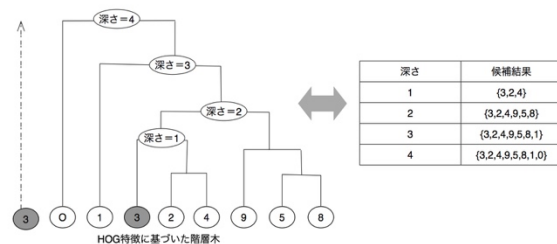


図 9 候補結果の拡張
Figure 9 Extending candidate results

図 9 に示すように、ユーザが指定した検索結果候補の数により探索の深さを設定し、画像の局所領域類似度が高い候補画像を取り出す。提案システムによる検索結果の例を図 10 に示す。



図 10 検索結果の候補画像の例
Figure 10 Examples of candidate results

3.4 単一文字を対象とする検索

単一文字を対象にした検索の容易さを考慮し、著者らによる蔵書印における単一印文文字の検索技術の研究成果[1]を踏まえ、パラメータの調整を自動化した印影における文字分布の特徴を利用した単一文字領域の抽出手法を提案する。漢字は独立して重心のある構造を持つことを想定し、画像の密度特徴に注目した Mean-shift

clustering[11]を用いて文字領域を抽出する．パラメータ bandwidth の影響下で，bandwidth を調整することによって，クラスタリング結果を最適化することができる．

図 11 に，異なる bandwidth 設定によるクラスタリングの結果を示す．

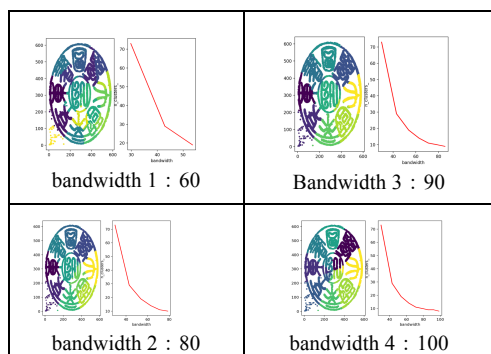


図 11 Bandwidth の設定の調整に応じたクラスタリング結果の変化

Figure 11 Change of results by adjusting bandwidth setting

bandwidth の設定の調整に応じたクラスタリング結果の変化の特徴に基づき，本研究では bandwidth の設定範囲を自動的に計算できる分割アルゴリズムを提案した[12]．アルゴリズムの実装サンプルコードは GitHub¹に公開しており，提案する検索システムにも実装されている．

3.5 検索結果の活用

浮世絵師に対して興味を持つユーザの嗜好に応えるため，本研究では，浮世絵師名をオープンデータにリンクすることにより，検索結果の情報の範囲を拡張する．

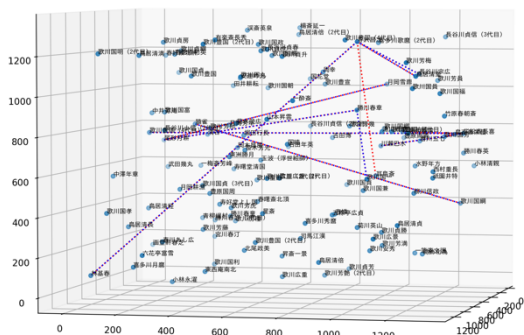


図 12 浮世絵師関係の可視化

Figure 12 Simple visualization prototype system of personal relations of ukiyo-e artists

例えば，浮世絵師の作風は師匠や先祖の影響を受ける可能性がある．図 12 に示すように，Wikidata アイテムにおける「student」と「student of」のリンクを用いて浮世絵師の関係を可視化する．簡単なデータ可視化のサンプルを GitHub²で公開している．

4. 実験

システムの検索精度を評価するため，筆者らは被験者から 100 枚のクエリ画像を収集した．これらの画像はすべて ARC 浮世絵ポータルデータベースから選択され，その中には，表 3 に示す 10 名の浮世絵師の落款が含まれている．

表 3 実験対象の浮世絵師

浮世絵師
北尾政美
小林永濯
尾形月耕
月岡耕漁
月岡雪鼎
月岡芳年
歌川豊国
鳥居清長
西川祐信
祇園井特

テストデータの一部を図 13 に示す．



図 13 実験用のデータの一部

Figure 13 A part of experimental data

検索結果の評価尺度として，木探索の深さ=1の検索結果中に正解を含む検索クエリの割合である正解含有クエリの比率を正解率として用いる．実験結果を表 4 に示す．クエリ画像のリンクと検索結果を GitHub³に公開している．

¹ https://github.com/timcanby/collector_s_seal-ImageProcessing

² <https://github.com/timcanby/DrawArelationGraphFromCSV>

³

https://github.com/timcanby/DrawArelationGraphFromCSV/blob/master/100query_result.csv

表 4 各浮世絵師におけるクエリ数および正解率

浮世絵師	クエリ数	正解含有クエリ	正解率
北尾政美	6	1	16%
小林永濯	5	5	100%
尾形月耕	11	9	81%
月岡耕漁	9	2	22%
月岡雪鼎	1	0	0%
祇園井特	5	4	80%
西川祐信	10	5	50%
鳥居清長	10	7	70%
歌川豊国	22	17	77%
月岡芳年	21	16	76%
合計	100	66	66%

不正解となった検索結果に対応するクエリには、以下のような問題があった。1) 図 14 に示すように、クエリ画像の解像度が低く、前処理後にぼやけてしまうため、印譜データに存在するぼやけた画像が類似度計算により検出された。2) 印譜データそのものに誤りがあった。

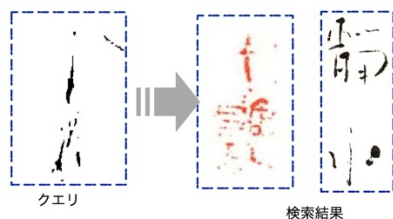


図 14 クエリ画像の解像度による不正解
Figure 14 An incorrect result caused by pre-processing of query image

5. あとがき

本研究では、複数データソースを用いた落款印検索システムの構築を試みた。今後、検索精度の向上のため、画像類似度の計算に訓練済み Siamese Network[13]の導入を検討している。また、今後は、落款印の検索範囲の文筆家・書家・画家などの文化人が持つ落款印への拡張および、大規模画像データに対応する高速な検索手法を検討する。

また、機械学習や深層学習により人物紹介文のテキスト中から人物関係を自動抽出し、人物作品を用いた人物関係の重みの計算手法の検討が今後の研究課題である。

参考文献

- [1] 李 康穎, Biligsaikhan Batjargal, 前田 亮. 古代文字フォント字形の特徴抽出に基づく蔵書印の検索支援. 人文科学とコンピュータシンポジウム論文集, 2018, p.123-128.
- [2] 廣瀬 駿, 吉村 ミツ, 八村広三郎, 赤間 亮. 落款を利用した浮世絵の作者同定の試み. 情報処理学会研究報告人文科学とコンピュータ, 2008, No.78, p.15-22.
- [3] 大原 邦彦, 吉村 ミツ, 八村 広三郎. 浮世絵における落款の自動抽出の試み, 人文科学とコンピュータシンポジウム論文集, 2009, p.41-48.
- [4] “Seal Retrieval Technique for Chinese Ancient Document Images, Fujitsu Research & Development Center Co. Ltd.”. <https://www.fujitsu.com/cn/en/about/resources/news/press-releases/2016/frdc-0330.html>, (参照 2019-10-27).
- [5] 鬼塚 洋輔, 大山 航, 山田 太造, 井上 聡, 内田 誠一. 花押類似検索のための畳み込みオートエンコーダによる画像特徴抽出. 人文科学とコンピュータシンポジウム論文集, 2018, p.257-262.
- [6] 青池 亨, 里見 航, 川島 隆徳. 資料画像中の挿絵領域の自動抽出及び画像検索システムの実装. 人文科学とコンピュータシンポジウム論文集, 2018, p.97-102.
- [7] “落款・印鑑検索サイト - INKAN SEARCH”. <http://inkan-search.net>. (参照 2019-10-27).
- [8] “国文学研究資料館:「蔵書印データベース」”. http://basel.nijl.ac.jp/~collectors_seal/. (参照 2019-10-27).
- [9] Vincent Cohen-addad, Varun Kanade, Frederik Mallmann-trenn, and Claire Mathieu. Hierarchical clustering: Objective functions and algorithms. Journal of the ACM, 2019, Vol. 66, No. 26.
- [10] Simonyan, Karen, and Andrew Zisserman. Very deep convolutional net- works for large-scale image recognition. arXiv preprint arX- iv:1409.1556, 2014.
- [11] Comaniciu, Dorin, and Peter Meer. Mean shift analysis and applications. In Proceedings of the Seventh IEEE International Conference on Computer Vision, IEEE, 1999, Vol. 2, p.1197-1203.
- [12] Kangying Li, Biligsaikhan Batjargal, and Akira Maeda. Character Segmentation in Collector’s Seal Images: An Attempt on Retrieval Based on Ancient Character Typeface. In Proceedings of the HistoInformatics2019 - The 5th International Workshop on Computational History, 2019.
- [13] Koch, Gregory, Richard Zemel, and Ruslan Salakhutdinov. Siamese neural networks for one-shot image recognition. ICML deep learning workshop. 2015, Vol. 2.