

文字形状の類似性に基づく古地図探索システム

渡邊 悠一^{1,a)} 寺沢 憲吾¹ 角 康之¹

概要: 古地図には地理情報だけではなく、著者の世界観や意図が含まれており、その当時の歴史的背景を知るうえで重要な手掛かりの一つであり、地図中から類似した文字列を検索することで新たな発見につながると考える。そこで本研究では、ユーザが地図中の文字列を文字の向きにそってなぞることで、文字の向きや文字領域を検出し、文字列を切り出す。そして、その切り出した文字列をクエリとすることで複数の地図から類似した文字列を検索するシステムを提案する。本稿では、提案システムによる古地図の探索支援からの歴史的背景の分析を述べ、システムの利用価値について議論する。

Old Map Explorer Based on Character Shape Similarity

YUICHI WATANABE^{1,a)} KENGO TERASAWA¹ YASUYUKI SUMI¹

1. はじめに

近年、史料がデジタルアーカイブ化され、国立国会図書館^{*1}や東京国立博物館^{*2}のように Web サイトを介して多くの史料が一般に公開されるようになってきている。そして、ただ一般に公開されるだけではなく、それらを利用してのサービスも公開されるようになってきている。例えば、MOJIZO [1] のように、くずし字などの文字画像を横断的に検索できるサービスが挙げられる。こうしたデジタルアーカイブを利用したサービスは増えてきており、これらを活用しての研究は文献研究にとって重要である。テキストで検索を行うためには、東京大学史料編纂所の電子くずし字字典データベースのようにメタデータを付与したデータベース [2] が必要となる。しかし、デジタルアーカイブの多くは画像として保存されているものが多いため、テキストでの検索を実現するためには検索のためのデータベースを構築するなどの前準備が必要である。

古地図には地理情報だけではなく、著者の世界観や意図が含まれており、その当時の歴史的背景を知るうえで重要

な手掛かりの一つである。そのため、古地図で文字検索ができるようになることで新たな発見につながると考えられる。検索を行うためには文字領域の認識や文字を認識を行い、地名などのメタデータを作成する必要がある。しかし、古地図として一般的な江戸切絵図では、文字の上に正門が来るように書かれているため、縦や横、斜めなどの様々な向きの文字列が縦横無尽に書かれている。また縦書きや横書きのどちらもが書かれているため、機械的に認識を行い、メタデータを作成するのは難しい。

そこで筆者らはユーザが地図中の文字列をなぞり、その文字列をクエリとすることで複数の地図から類似した文字列を検索するシステムを提案した [3]。本稿では、文献 [3] で提案した手法をベースとするシステムの詳細を述べるとともに、システムによる古地図の探索支援からの歴史的背景の分析を紹介し、システムの利用価値について議論する。

2. 関連研究

2.1 画像の類似度に基づく全文検索手法

デジタルアーカイブ化された史料の多くは、画像として保存されているものが多い。それらのすべてを翻刻し、テキスト化するのは手間と時間がかかる。こうした背景から、画像の類似度に基づいて全文検索を行うワードスポットティングという手法が Manmatha ら [4] によって提案されている。そして、Manmatha らが英語などの分かち書きされた

¹ 公立はこだて未来大学
Future University Hakodate

a) y-watanabe@sumilab.org

^{*1} <http://dl.ndl.go.jp/> (参照 2017-12-25)

^{*2} http://webarchives.tnm.jp/infolib/meta_pub/G0000002070607HM (参照 2017-12-25)

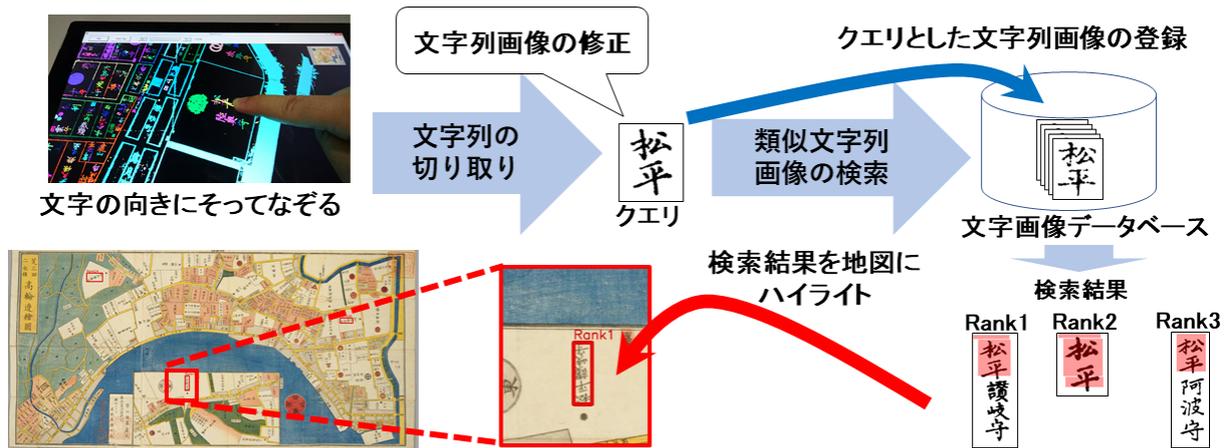


図 1: システム概念図

言語を対象とした技術に対し、Terasawa らによって日本語などの単語ごとに切り出しにくい言語にも対応したワードスポッティング [5] が提案されている。この手法は、文書画像を行ごとに切り出し、各行に対し、小さな窓をスライドさせるスライディングウィンドウ方式で類似した文字列を検索する。行切り出しを行わないワードスポッティング [6, 7] も提案されているが、ユーザが文字の向きにそってなぞることで文字方向や文字領域を検出でき、行切り出しと同じことを行えることから、Terasawa らの手法が適していると考えられる。

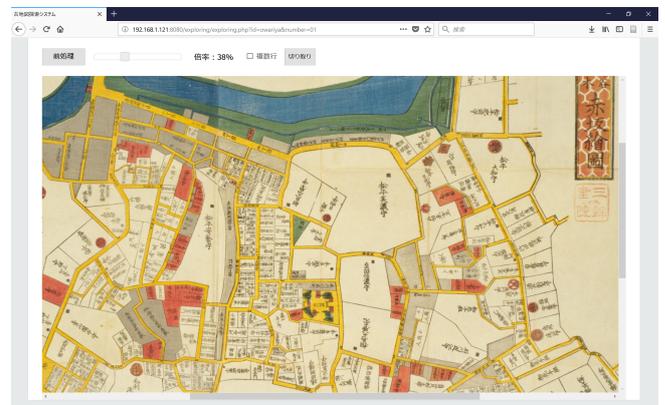


図 2: システムの閲覧画面

2.2 文字領域の抽出と認識

地図中の文字列の認識としては、地形図を対象とした Poudroux らの手法 [8] やラスタ地図を対象とした Chiang らの手法 [9] があげられる。Poudroux らの手法 [8] は、文字の連結性に着目した手法であり、Chiang らの手法 [9] は、文字認識ソフトの水平方向の認識を活用するための手法である。このどちらもが光学文字認識 (OCR: Optical character recognition) を用いての認識であり、史料に対しての文字認識は難しい。また、読みを一意に定めることも文献研究の一部であり [10]、また最終的なテキスト化には人手での確認が欠かせない。こうしたことから、画像を用いて類似した文字列を検索する手法が適切であると考えられる。

3. システム概要

提案システムでは、ユーザが文字の向きにそってなぞることで、地図中から文字列を切り出す。そして、切り出した文字列をクエリとし、Terasawa らが提案したワードスポッティングを用いて類似した文字列を検索する。その検索結果を地図中にハイライトすることで古地図の探索を支援する。本章では、提案システムの詳細について述べる。図 1 は、提案システムの概念図であり、図 2 は、システムの閲覧画面である。古地図は、国立国会図書館からダウンロード使用したものを用いる。

3.1 文字列の切り出し

前処理を行った地図画像をユーザが文字の向きにそってなぞることで文字列を切り出す。ユーザは、地図中の気になる文字を見つけたときに、文字列をなぞる前に前処理ボタンをクリックし、表示されている地図画像に対し前処理を行う。前処理は、まず表示されている地図画像をグレースケールに変換する。そして、グレースケール化した地図画像に対し、大津の手法 [11] を用いて二値化を行う。文字の切り出しはユーザがなぞった連結成分をもとに切り出しを行うため、連結成分の繋がりをわかりやすくするために、二値化した画像の各連結成分に対しラベリングを行い、色付けする。図 3 は、表示されている部分に対し、前処理を行った画面である。

文字の切り出しはユーザがなぞった線上に存在する連結成分を文字とみなすことで切り出しを行う。まずユーザの文字列をなぞった線の始点と終点をもとに傾きを求める。次に、書記方向が上から下になるように地図画像を回転させる。そして、なぞられたすべての連結成分を囲む外接矩形をもとに切り出しを行う。図 4 は、なぞった線をもとに、画像をなぞられた文字列の書記方向が上から下になるように回転させたものであり、赤枠がなぞられた連結成分を



図 3: 前処理を行った地図画像中の文字列をユーザが文字の向きにそってなぞった時の様子

む外接矩形である。

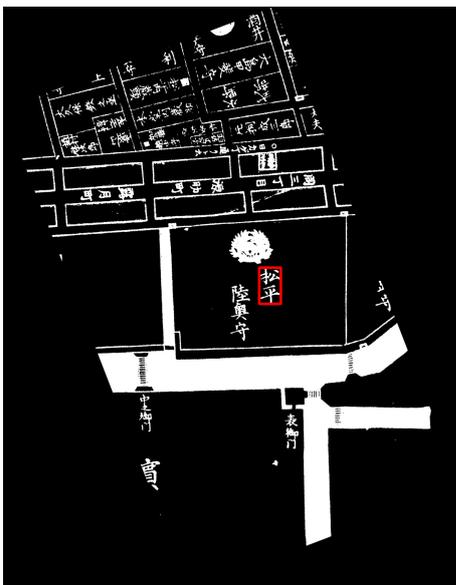


図 4: ユーザのなぞった線をもとに地図画像を回転させ、文字領域を検出する。赤枠で囲まれた文字列がなぞった情報をもとに切り出す文字列である。

複数行の場合、複数行のチェックボックスにチェックを入れ、各文字列を文字の向きにそってなぞる。そして、切り取りボタンを押すことで文字の切り出しを行う。切り出しは、なぞったそれぞれの線をもとに文字列を切り出す。次に切り出した文字列画像を、最初に切り出した文字列の画像幅に合わせ、なぞった順に文字列画像つなげ一枚の画像とする。図 5 は、図 3 のなぞった情報をもとに文字を切り出し、切り出した文字列をクエリとして検索を行った画面である。切り出した文字列画像の修正ツールは、次の節で述べる。

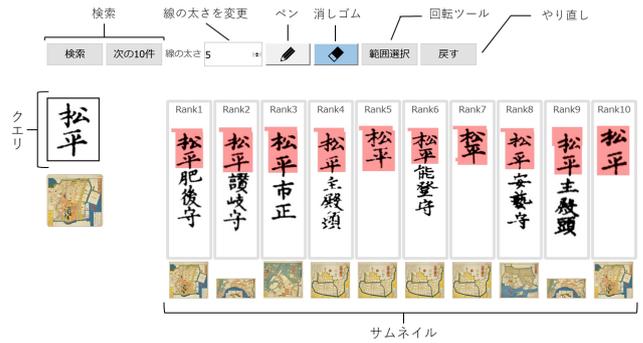


図 5: 切り取った文字列画像の修正ツールと検索画面

3.2 文字列画像の修正

3.2.1 より良い結果のための修正

切り取った文字列画像は、矩形で切り出しを行うため、区画線などのノイズになる部分が含まれていたりする。また前処理の際に文字が掠れる場合がある。画像の見かけに基づいて類似した文字列画像を検索するため、切り取った文字列画像にノイズとなる部分が含まれていたり、極端に文字が掠れていた場合は検索結果に影響を及ぼす。そのため、文字列画像を修正できるようにするために、ペンツールと消しゴムツールを実装した。これらのツールは数値を変更することで線の太さを変えることが可能である。

3.2.2 縦書きへの修正

文字列の切り出しは、なぞられた文字列を縦書きとみなすことで行う。そのため、横書きの文字列をなぞった場合も縦書きとみなし、切り出しを行う。そこで文字列を横書きから縦書きへ修正できるようにするために、回転ツールを実装した。回転は、範囲選択ボタンをクリックし、回転させる範囲を指定することで回転が可能となる。回転はその選択した範囲の中心をもとに行う。

3.3 類似した文字列画像の検索

切り出した文字列画像をクエリ (図 5 の左側の文字列) とし、類似した文字列画像を Terasawa らの提案したワードスポッティング [5] をもとに検索する。図 5 の右側の文字列の一覧は、ワードスポッティングを用いて類似した文字列を検索した結果である。このワードスポッティングは、スライディングウィンドウ方式で、各ウィンドウの HOG 特徴量をもとにマッチングを行う (詳細は、文献 [5] を参照)。検索ボタンをクリックすると、クエリと類似度の高い上位 10 件の文字列表示され、次の 10 件というボタンを押すことで、それ以降の上位 10 件が表示される。クエリと検索結果の文字列画像の下には、その文字列が書かれている地図画像のサムネイルが表示される。検索結果の文字列画像中の赤い部分は、その文字列中でクエリとした文字列画像と類似度が高い部分である。

3.3.1 検索対象

類似した文字列画像の検索はあらかじめ切り出された文字列画像を対象に行う。それらは各地図画像と対応付けられている。文字列の位置座標は、文字列の切り出しの際に地図画像を回転した後求めた文字列を囲む矩形の座標を回転しなおすことで求めた4点の座標である。複数行の場合は、切り出した文字列の各文字列の4点の位置座標のなかで、それらが最も上端、下端、左端、右端となる4点とした。

3.3.2 クエリとした文字列画像の登録

検索時にクエリとした文字列が登録されているかどうかを確認する。登録されているかの確認は、まず切り出しの際に求めた文字の位置座標をもとに、データベースに登録されている文字の位置座標と比較する。そしてクエリとした文字列画像の領域がデータベースに登録されている文字の位置座標と重なっていた場合に、登録されていると判定する。

なぞった文字列がまだ登録されていないと判定された場合、ユーザは文字列画像を新たに登録することができる。図6は、なぞられていないと判定された場合の確認画面であり、「はい」ボタンをクリックすることでなぞった文字列をデータベースに新しく登録することができる。なぞった文字列を新たにデータベースに登録することで、今まで検索対象とされていなかった文字列が次回以降の検索では新たな検索対象となる。

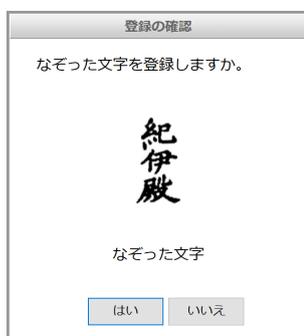


図 6: 登録の確認画面

なぞった文字列がすでに登録されていると判定された場合、ユーザは切り出した文字列画像とデータベースに登録されている文字画像とを比較する。今回切り出した文字列画像が、すでに登録されている文字列画像に比べて今後の検索対象として適しているとユーザが判断した場合に上書き登録する。図7は、極端な例ではあるが、データベースに登録されている文字列は傾いており、左端の部分が欠けている。画像の類似度に基づいて検索することを考えると、この登録されている文字列は、検索対象としては不適切である。それに対し、今回なぞった文字列は、欠けた部分もなく文字も傾いていない。今回なぞった文字列のほう

が検索対象としては適切である。文字列画像を比較し、この例のようにデータベースに登録されている文字列画像よりも、今回なぞった文字列のほうが適切であると判断したときに上書き登録してもらう。図7は、上書きの際の確認画面であり、今回切り出した文字列とデータベースに保存されている文字列画像が表示される。ユーザは、これらの画像を比較し、「はい」ボタンをクリックすることで文字列画像を上書きすることができる。

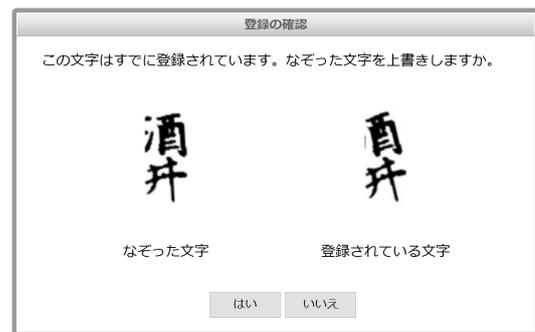


図 7: 上書きの確認画面

3.4 検索結果を地図へ表示

検索結果の文字列画像をクリックすることで、その文字列が書かれている地図が表示される。その検索結果の地図には、クリックされた検索結果の文字列と類似度の高い上位30件の検索結果の内、その地図に含まれる文字列が赤枠でハイライトされる。クエリとした文字列は青枠でハイライトされる。図8は図5の Rank1 の検索結果を地図中に表示したものである。「検索結果地図を閲覧」というボタンを押すことで、検索結果の地図を閲覧することができ、地図から地図への横断が可能である。

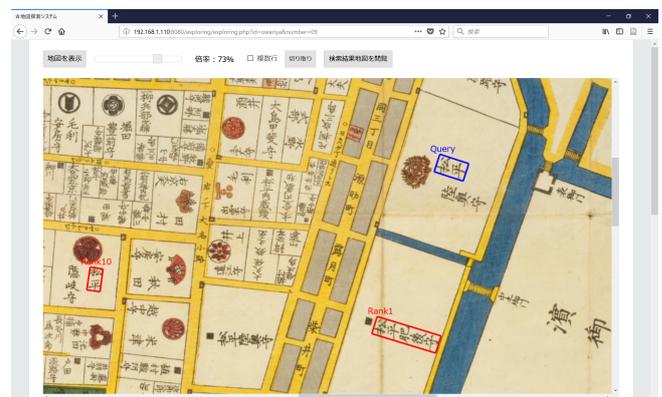


図 8: 検索結果を地図中にハイライトした一例 (図5の Rank1). クエリが青枠で、検索結果が赤枠でハイライトされる。検索結果は、クエリと類似度の高い上位30件の内、同じ地図に含まれるものがハイライトされる。

4. システムによる古地図の探索支援と分析

本章では、提案システムから得られた検索結果からの歴史的背景の分析を紹介し、システムの利用価値について述べる。検索では、江戸の切絵図の中で一般的である尾張屋の江戸切絵図から切りとった文字列画像データベースを用いて検索を行う。

4.1 類似した文字列を地図中にハイライトすることによって明らかになった配置の特徴とその分析

類似した文字列を地図中にハイライトすることでどのように配置されていたかがわかる。そして、その配置が可視化されたことにより、その特徴を読み取るのは容易になる。本節では検索結果を地図中にハイライトし、そこから得られた配置の特徴からの分析の事例を紹介する。

4.1.1 「松平」をクエリとした例

ここでは、「松平」をクエリとした検索による事例を紹介する。江戸切絵図には、特定のキーワード「松平」が数多く書かれている。「松平」は代表的な大名(藩主)の姓であり、江戸には多くの居住地がある。図9aは、「松平」というキーワード(図9b中の青枠で囲まれている文字列)をクエリとして検索を行った検索結果である。検索結果のサムネイルにより、江戸の様々な地域に「松平」の屋敷があることがわかる。また、それらの多く(上位10件の内、5つの文字列)が江戸城周辺にあることもわかる。図9bは、検索結果を地図中にハイライトしたものであり、「松平」の大名屋敷の多くが江戸城の周りにいたことを示している。事実、「松平」は江戸時代の藩主であり、幕府の親族でもあった。このように複数の検索結果をハイライトすることで歴史的背景を明らかにすることができ、この例では、幕府と「松平」に深いつながりがあったことを示した。

4.1.2 「御先手組」をクエリとした例

ここでは、「御先手組」をクエリとした検索による事例を紹介する。「御先手組」とは、江戸幕府の軍制の一つであり、治安維持の役割を担っていたといわれている。図10aは、図10bの青枠で囲まれた御先手組をクエリとし、類似した文字列を検索した結果である。この検索結果のサムネイルから、多くの文字列が同じ地域に描かれていることがわかる。図10bは、その類似した文字列を地図中にハイライトしたものである。検索結果の左上にある尾張殿は、尾張徳川家の屋敷である。そして、それにそって御先手組が書かれていることがわかる。徳川家の屋敷にそって書かれていたことから、御先手組は、この尾張殿を警護する役割を担っていたのではないかと考察できる。また、類似した文字列の検索結果がこの地域に集中していたこと、御先手組が治安維持の役割を担っていることを鑑みると、この地域は江戸の中でも重要な地位を占めていたと見える。

江戸の町は、高度な都市計画のもとに成り立っている。



(a) 「松平」(bの青枠で囲まれた文字列)をクエリとした検索結果



(b) aの検索結果を地図にハイライト。「松平」の屋敷の多くが江戸城の周りがある。

図9: 検索により、多くの「松平」の屋敷が江戸城の周りにあることがわかる。このことから、幕府と「松平」には深いつながりがあったと考えられる。

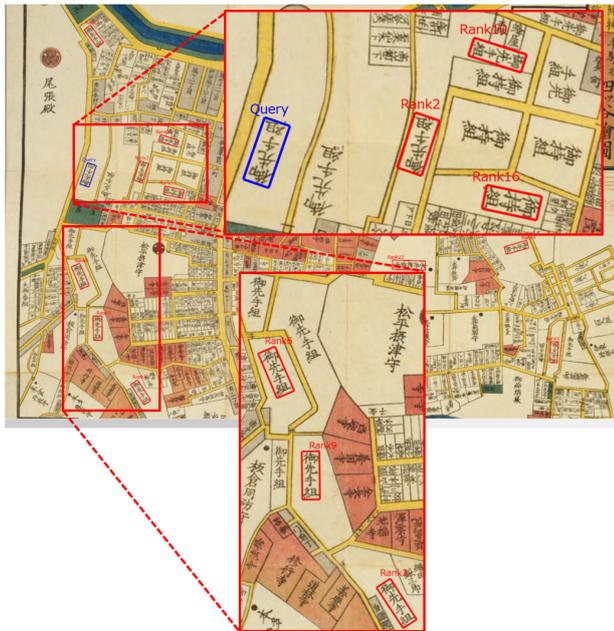
そのため、「松平」の大名屋敷や「御先手組」の役所などには、明確な理由をもとに配置が決められていたりする。提案システムでは、そのような文字列をユーザがなぞり、クエリとすることで、類似した文字列を地図中にハイライトすることができ、それらの配置の特徴が把握しやすくなる。提案システムを用いることで、こうした配置の特徴分析などを容易に行うことができる。これらの検索で用いたのは切絵図で、特定の地域を描いた地図図であるが、大江戸図などの江戸全体を描いた地図図での検索を行うことで、局所的な配置の特徴ではなく、大域的な特徴の把握にもつながると考える。

4.2 地図から地図への横断

古地図には、様々な種類がものがあり、特定の地域を描いた切絵図や、江戸全体を描いた大絵図などがある。また切絵図は、いくつかの出版社から出版されており、同じ地域を描いた地図図もある。そうした複数の地図同士を文字列をキーとすることで地図から地図への横断ができると考えられる。本節では、文字列をキーとした地図から地図への横断と、それによるクエリ地図と検索結果の地図同士の比較に



(a) 御先手組 (b) の青枠で囲まれた文字列) の検索結果



(b) a の検索結果を地図中にハイライト

図 10: b の左上には尾張殿という徳川家の屋敷があり、その屋敷にそって、御先手組の役所がある (b). 御先手組は、この屋敷を警護する役割を担っていたと考えられる。また、治安維持の役割を担っており、a よりこの地域に集中していることを鑑みると、この地域は江戸の中で重要な位置であったと考えられる。

よる分析の事例を紹介する。

4.2.1 近江屋が出版した切絵図を用いての検索

ここでは、検索対象とした尾張屋の切絵図とは別の出版社である近江屋の切絵図の文字列をクエリとした検索による事例を紹介する。「稲葉長門守」(図 11a の青枠で囲まれた文字列) をクエリとし、検索を行う。この文字列は、稲葉という大名の性に加え、大名の官位を表す長門守が追加された文字列である。大名の性という対象の広いキーワードではなく、官位を表す文字列をクエリとして追加することで文字列の固有性は増し、地図と地図をつなぐ手掛かりとなると考える。検索の結果、類似した文字列の中で、クエリとした文字列と同じ文字列が図 11b の地図に書かれていた。図 11a の地図と図 11b の地図は一見すると、別々の地図のように見えるが、クエリとした文字列と検索結果の文字列の向きを合わせ比較することで2つの地図が対応し

ていることがわかる。

図 11a には、文字しか書かれていないが、図 11b の地図には、文字列の上に家紋が描かれていたり、四角や丸が書かれている。家紋は、その大名屋敷が上屋敷であることを表し、四角が中屋敷、丸が下屋敷を表す。このことから、クエリとした「稲葉長門守」の屋敷は、下屋敷であることがわかる。

江戸の切絵図は、その出版社ごとに特徴があり、尾張屋の切絵図は、屋敷の種類ごとに印が書かれている。出版社ごとに違いがあるため、複数の出版社の地図を見比べることで、単一の地図ではわからなかった新たな発見につながると考える。

4.2.2 江戸方角安見図を用いての検索

ここでは、江戸方角安見図を用いての検索について紹介する。江戸方角安見図は、1680 年に描かれた地図であり、尾張屋の切絵図は、1849 年から 1862 年に描かれた地図である。そのため、二つの地図には約 170 年近くの間がある。そこで、「松平陸奥守」(図 12a の青枠で囲まれた文字列) をクエリとして検索を行う。陸奥は、伊達家の領地であり、伊達家は、徳川家とは親密であった。そのため、年数がたっても、その大名屋敷の位置は変わらず、これをキーとすることで地図から地図への横断ができると考える。

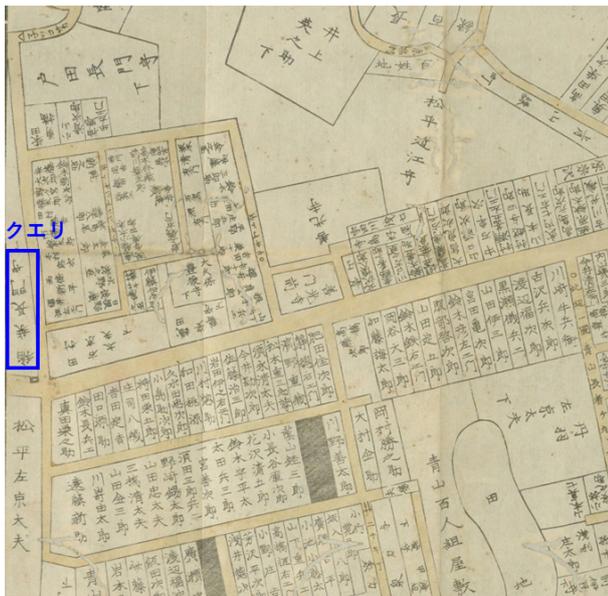
図 12b は、「松平陸奥守」(図 12a の青枠で囲まれた文字列) をクエリとし、類似した文字列を検索した結果である。その結果、Rank1, 3, 7 の文字列がクエリと同じ文字列であることがわかる。図 12c は、Rank1 の検索結果をハイライトした地図である。約 170 年の時を経て、様相は変わっているが、同じ地域を描いた地図であることがわかる。地図同士を比べてみると、特に右側の海に面している土地の変化が顕著である。図 12c に書かれている濱御殿は、海を埋め立てて造られた徳川家の庭園であり、現在は浜離宮恩賜庭園という公園として開園しており、現存している。こうした年代の離れた地図同士の検索を行うことで、土地の様相の変化を分析することも可能である。

地図が作成された年代が離れていても、文字列によっては地図から地図への横断することができる。また、出版社が違う地図同士でも横断が可能である。こうした検索で同じ地域を描いた地図にアクセスすることができれば、地図同士を比較することができ、単一の地図ではわからなかったことが、わかるようになる。出版社の違いによる特徴からの分析であったり、地図同士の比較によって土地の変化を分析することもできる。こうした分析からまた新たな歴史的背景の分析へとつながると考える。

5. おわりに

5.1 まとめ

本研究では、ユーザが地図中の文字列をなぞり、そのなぞった文字列をクエリとすることで類似した文字列を検



(a) 近江屋が出版した江戸切絵図



(a) 江戸方角安見図 (1680年に描かれた地図)



(b) aの青枠で囲まれた文字列をクエリとした検索結果



(b) 尾張屋が出版した江戸切絵図であり、(a)の青枠で囲まれた文字列をクエリとした Rank1 の検索結果をハイライト

図 11: a と b の 2 つの地図は、別々の出版社が出版した地図である。「稲葉長門守」をクエリとすることで、a から b への地図へ横断することができた。2 つの地図は同じ地域を描いた地図であり、b の地図の Rank1 の文字列の上に丸が書かれていることから、「稲葉長門守」の屋敷は、下屋敷であることがわかる。

索するシステムを提案した。文字切り出しは、ユーザのなぞった線上に存在する連結成分を文字とみなすことで行う。そして、そのなぞった文字列を切り出し、ワードポットिंगをもとに類似した文字列を検索し、その検索結果を地図中にハイライトすることで古地図の探索を支援する。本稿では、類似した文字列を地図中にハイライトすることで、クエリとした文字列の配置の特徴分析などを容易に行うことができた事例と、クエリとした文字列をキーとすることで地図から地図への横断ができ、複数の地図を用いることで、新たな発見につながった事例を紹介した。



(c) b の Rank1 の検索結果を地図中にハイライト (1849年から1862年に描かれた地図)

図 12: a と c の地図は、作成された年代が異なることもあり、土地の様相が変わっているが同じ地域を描いた地図であることがわかる。特に右側の海に面している領地の変化が顕著であり、約 170 年の間に海を埋め立て、徳川家の庭園である濱御殿が建てられている。

二つの事例を通し、類似した文字列に基づく検索により古地図探索を支援できることを示し、システムの利用価値を示した。

5.2 今後の展望

文字の切り取りは、ユーザがなぞったラベリングされた連結成分を文字とみなすことで行う。そのため、文字の切り出しは、二値化の精度に依存する。二値化の際に、文字が掠れたり、文字が区画線などと混合すると文字の切り取りは難しい。現在は、大津の手法を用いて二値化を行っているが、別の手法を用いての二値化手法や、黒画素だけを残すなどの別の手法についても検討していきたい。

ユーザのなぞった情報をもとに文字列の位置情報を知ることができる。地図中の文字列の位置情報がわかれば、そこにアノテーションも可能である。その文字列を翻刻したテキスト情報であったり、その文字列の説明情報などが考えられる。アノテーションを利用することで、テキストでの検索も可能となり、検索結果の絞り込みできるようになるなど検索の利便性は増していく。そのため、ユーザがなぞった文字列にアノテーション機能などを実装することで、探索をより支援できるようになると考える。

参考文献

- [1] 未代誠仁, 井上幸, 高田祐一, 方国花, 馬場基, 渡辺晃宏, 井上聡: 木簡およびくずし字のデジタルアーカイブを文字画像で検索するサービスの実装, *じんもんこん 2016 論文集*, Vol. 2016, pp. 19-24 (2016).
- [2] 井上聡: 東京大学史料編纂所「電子くずし字字典データベース」の概要と展望 (特集 古典籍資料の最前線), *情報の科学と技術*, Vol. 65, No. 4, pp. 176-180 (2015).
- [3] Watanabe, Y., Terasawa, K. and Sumi, Y.: Exploring Old Maps by Finger Tracing of Characters, *Proceedings of 1st International Workshop on Human-Document Interaction*, Vol. 8, pp. 15-19 (2017).
- [4] Rath, T. M. and Manmatha, R.: Word image matching using dynamic time warping, *Proceedings of IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, Vol. 2, pp. II-521-II-527 vol.2 (2003).
- [5] Terasawa, K. and Tanaka, Y.: Slit Style HOG Feature for Document Image Word Spotting, *Proceedings of 10th International Conference on Document Analysis and Recognition*, pp. 116-120 (2009).
- [6] Rothacker, L., Rusiol, M. and Fink, G. A.: Bag-of-Features HMMs for Segmentation-Free Word Spotting in Handwritten Documents, *Proceedings of 12th International Conference on Document Analysis and Recognition*, pp. 1305-1309 (2013).
- [7] Gatos, B. and Pratikakis, I.: Segmentation-free Word Spotting in Historical Printed Documents, *Proceedings of 10th International Conference on Document Analysis and Recognition*, pp. 271-275 (2009).
- [8] Pouderoux, J., Gonzato, J. C., Pereira, A. and Guitton, P.: Toponym Recognition in Scanned Color Topographic Maps, *Proceedings of Ninth International Conference on Document Analysis and Recognition*, Vol. 1, pp. 531-535 (2007).
- [9] Chiang, Y. Y. and Knoblock, C. A.: An Approach for Recognizing Text Labels in Raster Maps, *Proceedings of 20th International Conference on Pattern Recognition*, pp. 3199-3202 (2010).
- [10] 林晋, 永井和, 宮崎泉: 文献研究と情報技術: 史学・古典学の現場から (特集 歴史知識学), *人工知能学会誌*, Vol.

- 25, No. 1, pp. 24-31 (2010).
- [11] Otsu, N.: A threshold selection method from gray-level histograms, *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*, Vol. 9, No. 1, pp. 62-66 (1979).