

ジオタグ付き写真を用いたホットスポットの分類と関連の抽出

白井 元浩[†] 廣田 雅春^{††} 石川 博^{†††} 横山 昌平[†]

[†] 静岡大学大学院情報学研究科 〒432-8011 静岡県浜松市中区城北 3-5-1

^{††} 静岡大学創造科学技術大学院/日本学術振興会特別研究員 DC 〒432-8011 静岡県浜松市中区城北 3-5-1

^{†††} 首都大学東京システムデザイン学部情報通信システムコース 〒191-0065 東京都日野市旭丘 6-6

E-mail: [†]gs12020@s.inf.shizuoka.ac.jp, ^{††}dgs11538@s.inf.shizuoka.ac.jp, ^{†††}ishikawa-hiroshi@sd.tmu.ac.jp,
^{††††}yokoyama@inf.shizuoka.ac.jp

あらまし 本研究では、ソーシャルメディアサイトに投稿されたジオタグ付き写真を用いて、ホットスポット (多くの写真が撮影されている地域) の発見を行う。ホットスポットは、抽出される位置や写真が撮影された方向により、関心領域や撮影スポットなど、複数の種類に分類することが可能である。加えて、撮影地点とその撮影地点から主に撮影される被写体や、人々が連続して訪れる地点などの関連をホットスポットから算出することが可能である。本論文では、写真に付与された撮影位置、撮影方向、および撮影時間情報を用いて、ホットスポットの分類とホットスポット間の関連を抽出する手法を提案する。また、それぞれのホットスポットやホットスポット間の関連を可視化するシステムを作成する。

キーワード 関心領域、撮影スポット、撮影方向付き写真、Flickr

1. 背景

Flickr [1] などのソーシャルメディアサイトには多くの人々によって撮影された写真が多量に共有されている。人々は、自分たちの関心のあるものを撮影し、その写真をソーシャルメディアサイトにアップロードする。人々が多くの写真を撮影した地域には、多くの人々が興味・関心のある領域が含まれていると考えられる。このような地域を分析することは、観光産業への利用や、人々の行動を分析するために重要であると考えられる [2], [7]。

本研究において、多量の写真が撮影された地域をホットスポットと定義する。ホットスポットには、多くの人々が興味・関心のある領域が含まれていると考えられる。このとき、ホットスポットはその位置などに応じて、関心領域と撮影スポットの二つに分類することが可能である。関心領域とは、観光スポットのような、多くの人々が関心を持つ領域のことを指す。撮影スポットとは、遠方の被写体を撮影するため、多くの写真が撮影されている地点のことを指す。例えば、関心領域はブルックリン橋のような観光地に相当するが、それらに関する写真はその関心領域の内部だけではなく、離れた所から撮影される場合もある。この関心領域外に存在するが、関心領域が被写体となっている写真が数多く撮影されている地点を撮影スポットと呼ぶ。これらはそれぞれ着目している部分が異なるため、同じ関心領域に関するホットスポットであっても、写真が撮影された要因に応じて、適切に分類する必要がある。また、関心領域内も撮影スポット内も共に大量の写真が撮影されているため、ジオタグの撮影位置のみに注目した場合、その区別は困難である。そこで、本研究では、写真の撮影方向情報が付与された写真に注目する事により、地理空間上に点在するホットスポットを関心領域と撮影スポットを分類する手法を提案する。

加えて、ホットスポットには他のホットスポットと何らかの関連を持つ場合が存在する。例えば、関心領域と撮影スポットの間には、撮影地点とその撮影地点から撮影される主な被写体といった関連がある。また、人々が連続して訪れる傾向のある観光地は関連があると考えられる。ホットスポット間の関連を用いることで、あるホットスポットを訪れたユーザに対して、関連するホットスポットを推薦することが可能になる。そのため、本研究ではホットスポット間の関連の抽出を行う。

ホットスポットの発見および関連の抽出のため、本研究では撮影位置の緯度経度と撮影方向を表すメタデータであるジオタグが付与された写真を利用した。デジタルカメラや、スマートフォン等で撮影された多くの写真には、写真の撮影状況に関するメタデータが付与されている。加えて、GPS が搭載されているカメラも多く、撮影位置情報や撮影方向情報などのジオタグが付与された写真も多数存在する。特に、撮影方向情報が付与された写真は近年増加しており [4]、写真の撮影方向情報から、あるホットスポットが注目されている方向を求めることが可能である [5]。そのため、本研究では、撮影方向情報を利用して、ホットスポットを分類することを目指す。

本研究では、写真に付与された撮影位置情報や撮影方向情報を用い、多くの写真が撮影されている地域であるホットスポットを発見し、それらを関心領域と撮影スポットに分類する手法を提案する。写真の撮影位置の密度に着目してホットスポットを発見する。加えて、各ホットスポットが着目している方向やホットスポットの位置関係やユーザの行動に基いて、ホットスポット間の関連を算出する。また、人々が関心を持つ領域はそれぞれ多様な形状を持つ。本論文では、写真の撮影位置・撮影方向情報を用いて関心領域の範囲や形状を求める。

2. 関連研究

Web 上の写真から、特定の地域の地理的特徴を抽出する研究が存在する。Crandall ら [6] は、Web 上の大量のジオタグ付き写真と写真の画像特徴を用いてクラスタリングを行うことにより、ホットスポットや関心領域が存在する地域が得られることを示した。また、Kisilevich ら [2] は写真の密集度に着目したクラスタリングを行い、ホットスポットに該当する地域を発見する手法を提案した。Sengstock ら [7] は、Flickr 上の写真に付与された撮影位置情報やタグを用いて、関心領域や海岸線などの地理的特徴を抽出する手法を提案した。抽出された地理的特徴は、その地域における人々の興味を反映したものであり、市場調査や空間分析に用いられる。これらの手法では、特定の地域に関心領域が存在することは求められる。しかし、関心領域の位置や範囲の抽出には写真の撮影位置情報のみを用いるため、抽出される領域は「人々が写真を撮影している範囲」であり、撮影スポットのような場所も関心領域として抽出されるなど、実際の人々が着目している領域とは誤差があると考えられる。これに対して、写真の撮影方向情報を用いることにより、その撮影位置から撮影された関心領域が存在する方向を求めることが可能となる。また、関心領域の内部から写真が撮影されている場合、関心領域付近で撮影された写真の撮影方向を用いることで、関心領域と関心領域を撮影した撮影スポットを区別することが可能となる。これらを適切に分類することにより、人々の興味を適切に抽出することが可能となると考えられる。本研究では、ホットスポット内で撮影された写真の撮影位置と撮影方向の傾向から、ホットスポットの分類を行い、その結果に基づいて、人々が実際に関心を持つ領域の位置と範囲を求める。また、これらの手法では、抽出されたホットスポットはそれぞれ独立したものとして扱われる。しかし、ホットスポットの中には、他のホットスポットと関連を持つホットスポットが存在する。本研究では、写真の撮影位置・撮影方向情報やユーザ情報などを用いることにより、各ホットスポット間の関連度を求め、人々が着目しているものの位置や範囲を正確に抽出する。

写真の被写体や関心領域を算出するために、写真の撮影方向を用いる場合がある [8], [9]。写真の撮影方向情報を用いて関心領域を抽出する研究として、Lacerda らの研究 [10] が挙げられる。Lacerda らは、複数の写真から撮影方向の交点を算出し、それらを用いて関心領域を算出する。そのため、撮影スポットのような特定の方向から偏って写真が撮影されるスポットへの対応が困難であると考えられる。本研究では、ホットスポットの分類を行うことで、特定の方向から撮影されている撮影スポットへの対応を行う。また、Lacerda らの研究では、抽出される関心領域はそれぞれ独立したものとして扱われる。本研究では、写真の撮影位置・撮影方向情報を用いることにより、各ホットスポット間の関連を求める。

3. 提案手法

本研究では、ジオタグ付き写真を用いて、ホットスポットを発見し、それらに関心領域と撮影スポットに分類する。加えて、

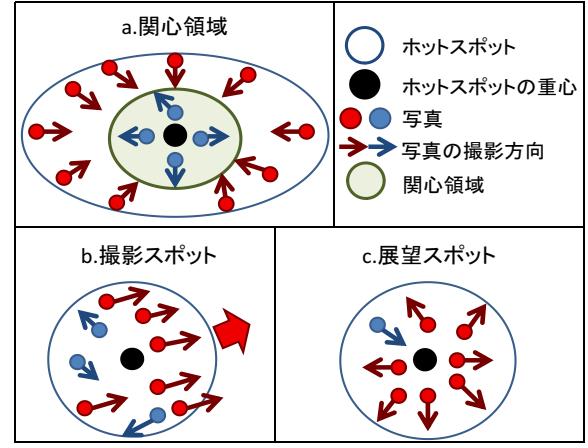


図1 ホットスポットの分類

関心領域の範囲と形状を推定する。このとき、ホットスポットの発見、分類および関心領域の範囲の推定には撮影方向付き写真のみを用いる。また、関心領域の形状の推定には撮影方向付き写真に加えて撮影位置付き写真を用いる。

3.1 ホットスポットの発見

はじめに、写真の撮影位置情報を用いて、ホットスポットを発見する。撮影位置情報として、Exif の GPSLatitude と GPSLongitude を用いる。ホットスポットでは、多くの写真が撮影されているため、写真が密集して撮影されている地域にホットスポットが存在する可能性が高い。密度が高い地域を推定するために、DBSCAN [11] を用いる。クラスタ間の距離の閾値 Eps とデータ数の閾値 $MinP$ に基づいて、以下の接続関係で到達できる対象の集合で極大のものをクラスタとして抽出する。

$$(1) \quad x_q \in N_{Eps}(x_p)$$

$$(2) \quad |N_{Eps}(x_p)| \geq MinP$$

ただし、 $N_{Eps}(x_p) = \{x_p \in X | Dist(x_p, x_q) \leq Eps\}$ である。2点間の距離 $Dist(x_p, x_q)$ はヒュベニの公式から算出する。

$$Dist(x_p, x_q) = ((M \times dP) \times (M \times dP) + (N \times \cos(P) \times dR) \times (N \times \cos(P) \times dR))^2 \quad (1)$$

このとき、 P は2点間の平均緯度、 dP は2点間の緯度差、 dR は2点間の経度差、 M は午線曲率半径、 N は卯酉線曲率半径を表す。DBSCAN によって抽出されたクラスタがそれぞれホットスポットである。最大クラスタの点の個数を n 、各写真の撮影位置の緯度 x と経度 y を (x, y) とし、ホットスポットの位置 (x_h, y_h) を求める。

$$(x_h, y_h) = \left(\frac{\sum_{i=0}^n x_i}{n}, \frac{\sum_{i=0}^n y_i}{n} \right) \quad (2)$$

3.2 ホットスポットの分類

ホットスポットの抽出後、写真の撮影方向情報に基づいてホットスポットを分類する。撮影方向として、写真に付与された Exif の GPSTimeDirection を用いる。ここでは、図1のようにホットスポットを a. 関心領域、b. 撮影スポット、および c. 展望スポットの3つに分類する。

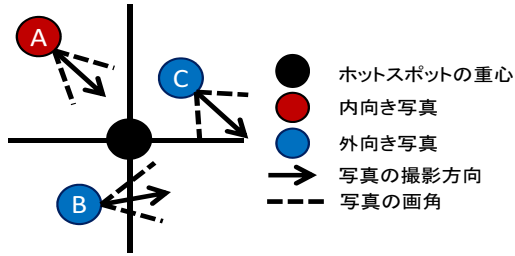


図 2 内向き写真と外向き写真

はじめに，a. 関心領域である場合について記述する．このとき，関心領域の重心は，ホットスポットの重心と同一とする．この場合，図 1 の a のように，関心領域の重心に向かって撮影されている写真が多い．写真が関心領域の重心に向かって撮影されているかを判定するため，写真の撮影方向と画角を利用する．画角とは，カメラで撮影された写真に写される光景の範囲を角度で表したものである．ある写真の画角の範囲内に関心領域の重心が存在すれば，その写真は関心領域の重心に向かって撮影されていると考えられる．図 2 の A のように画角の範囲内に関心領域の重心が存在する写真を内向き写真とし，B や，C のように画角の範囲外に関心領域が存在する写真を外向き写真とする．画角は写真の焦点距離と撮影素子のサイズから求める．焦点距離は，写真に付与された Exif の Focal length を用いる．写真の焦点距離を f ，撮像素子のサイズを l とし，画角 α を求める．

$$\alpha = 2 \tan^{-1} \left(\frac{l}{2f} \right) \quad (3)$$

また，写真の撮影位置の緯度 x_1 経度 y_1 を (x_1, y_1) ，関心領域の重心の緯度 x_2 経度 y_2 を (x_2, y_2) とする．このとき，写真の撮影位置 (x_1, y_1) に対して，北を 0 度としたときの関心領域の重心 (x_2, y_2) が存在する方向 θ を求める．

$$\theta = \tan^{-1} \frac{\cos y_2 \times \sin(x_2 - x_1)}{\cos y_1 \times \sin y_2 - \sin y_1 \times \cos y_2 \times \cos(x_2 - x_1)} \quad (4)$$

θ を求めた後，画角 α ，撮影方向 β から，写真を内向き写真と外向き写真に分類する．

$$\begin{cases} \text{内向き写真} & (\beta - \frac{\alpha}{2} < \theta < \beta + \frac{\alpha}{2}) \\ \text{外向き写真} & (\text{otherwise}) \end{cases} \quad (5)$$

写真を分類した後，関心領域の重心からある一定の範囲に存在する内向き写真と外向き写真の枚数をそれぞれ数える．このとき，内向き写真の枚数が外向き写真の枚数以上になる範囲が存在するとき，そのホットスポット内に関心領域が存在し，それに向かって写真が撮影されている考えられる．よって，このようなホットスポットを関心領域であると判定する．

次に，b. 撮影スポットの場合について記述する．この場合，ホットスポットに属する写真の多くは，ある特定の方向に向かって撮影されている．そこで，撮影方向の値に関する度数分布を求め，写真の撮影方向の偏りを求める．このとき，撮影方

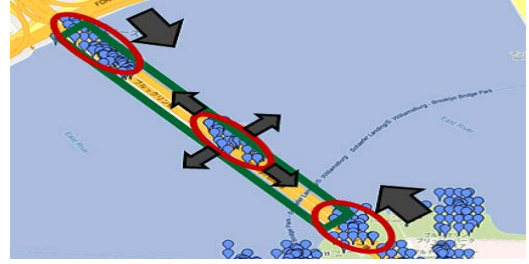


図 3 範囲の広い関心領域の例

向が複数の方向に偏る場合がある．本論文では，撮影方向の偏りを上位 2 方向まで考慮する．

はじめに，撮影方向を 0～10，10～20 のように 10 度ずつの階級に分割し，各写真の撮影方向の値がどの階級に属するか求める．そして，属する写真の枚数が多い階級上位 2 つを決定する．ここで，撮影方向に偏りがあるホットスポットでは，多くの写真が属する階級の前後の階級でも多くの写真が属すると考えられる．そのため，上位 2 つの階級とそれぞれに隣接する階級計 30 度の範囲に属する写真の枚数を数える．それぞれの結果がそのホットスポットに属する写真の総数の 15% 以上の値ならば，そのホットスポットは特定の方向に着目しているものとする．このとき，上位 2 つの階級の値に大きな差がない場合，それは同じ方向に関しての写真と考えられる．そこで，上位 2 つの階級の値の差が 30 度以下の場合，一方向に撮影されているとして，最も多くの写真が属する階級のみを算出する．求めた撮影方向の偏りは， $s\beta$ として 3.3 関連度の算出で用いる．

上記 2 つ以外のホットスポットは，撮影方向に偏りがなく，ホットスポット内の特定の一点にも着目していない．よって，c. 展望スポットであると判定する．

3.3 ホットスポット間の関連の抽出

以下では，ホットスポットの分類結果や写真のユーザ情報などを用いたホットスポット間の関連の抽出方法について述べる．本研究では，ホットスポットの関連について，「写真の撮影状況に基づいた関連」と「ユーザの移動に基づいた関連」の二種類を定義する．

3.3.1 写真の撮影状況に基づいた関連

ある二つのホットスポットは，ホットスポット間の距離やその周辺で撮影される写真の撮影状況などから，撮影地点とその被写体といった関連を持つ場合が存在する．特に，関心領域と撮影スポットの間にこのような関連が存在する．本研究では，このような関連を「写真の撮影状況に基づいた関連」と定義する．

また，図 3 のような範囲の広い関心領域の場合，関心領域内に複数のホットスポットが抽出される場合がある．このような場合，b や c のようなケースでも，範囲の広い関心領域の一部である可能性がある．そこで，各ホットスポット間の写真の撮影状況に基づいた関連を求め，ホットスポットを再編成することにより，広範囲の関心領域を発見する．範囲の広い関心領域の場合，図 3 のように，中央付近では様々な方向に写真が撮影されており，関心領域の境界付近では関心領域の中心に向かって

このとき、 $user_ref_{A,B} > 1$ ならば、ホットスポット A, B 間には関連が存在する．また、 $visit_{u,A,B}$ の算出する際、写真の撮影時間から写真を撮影した順番を求めることにより、多くのユーザのホットスポットを訪れた順番を求める．

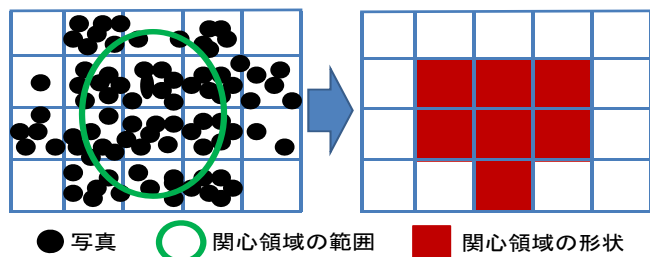


図 5 関心領域の形状推定

3.4 関心領域の範囲推定

内向き写真と外向き写真を用いて、関心領域の範囲を推定する。関心領域の内側から撮影された写真と関心領域の外側から撮影された写真では撮影方向の特徴が異なる(図4)。関心領域の内側から撮影された写真は、内側から外側に向けて撮影されるため、中心から様々な方向に撮影された写真が存在する。そのため、外向き写真の割合が高くなると考えられる。一方、関心領域の外側から撮影された写真は、関心領域に向かって撮影された写真が多数存在する。そのため、内向き写真の割合が高くなると考えられる。このとき、中心からある一定の範囲で外向き写真の割合が内向き写真の割合を上回る境界が存在する。その境界を関心領域の範囲とし、境界より内側を関心領域内、外側を関心領域外と判定する。

はじめに、写真の撮影位置と推定した関心領域の位置の距離を求める。次に、推定した関心領域の位置からある一定の距離に存在する内向き写真と外向き写真の枚数をそれぞれ数える。このとき、内向き写真の枚数が外向き写真の枚数以上になる範囲を求める。求めた範囲が関心領域の境界である。

3.5 関心領域の形状推定

関心領域の範囲を決定した後、関心領域の形状を推定する。このとき、撮影方向が付与された写真だけでなく撮影位置のみが付与された写真も用いる。

関心領域では、その形状にそって写真が撮影されていると考えられる。従って、写真の密度が高い部分の集合が関心領域の形状であると考えられる。しかし、関心領域の外側でも写真が密集して撮影されている場所が存在すると考えられる。そこで、推定した関心領域の範囲を用いる。推定した関心領域の範囲を用いると、関心領域の外側で撮影された写真を除去することが可能である。図5のように、関心領域の内側かつ写真が密集して撮影されている部分の集合を関心領域の形状とする。このとき、3.4.1節で関心領域の範囲が0mと判定されたホットスポットでの推定は行わない。

はじめに、関心領域の内側の範囲に関して、中心からグリッド状に分割する。このとき、グリッドの幅は20mとする。そして、各セルの写真の枚数が一定枚数以上のとき、そのセルを関心領域の内側とし、それらのセルの集合を関心領域の形状とする。

4. 評価・考察

提案した手法に基づいて関心領域と撮影スポットの可視化シ



図 6 ブルックリン橋周辺の実行結果



図 7 ブルックリン橋周辺のホットスポット間の関連度



図 8 ブルックリン橋周辺のホットスポット間の関連度

ステムを実装した。この可視化システムでは、クエリを入力し、Flickr からクエリの検索結果を取得する。そして、取得した写真から、ホットスポットを抽出し、関心領域と撮影スポットに分類する。

4.1 ブルックリン橋周辺の結果

図6はFlickrから、検索クエリ”Brooklyn Bridge”および”Manhattan Bridge”で取得した撮影位置付き写真105,695枚、撮影方向付き写真4,238枚を用いた結果である。このとき、ホットスポットの抽出におけるDBSCANのパラメータは $Eps=0.001$ 、 $Num=70$ である。図の赤色の線で囲まれた範囲は関心領域の形状を表し、赤色のマーカーは関心領域の重心を表す。カメラのアイコンと円に囲まれた範囲は写真の撮影スポットを表し、白色の矢印は、その撮影スポットで撮影された写真のうち、最も多くの写真が撮影された方向を表す。図6からブルックリン橋の大まかな形状が関心領域として抽出されていることが分かる。また、マンハッタン橋近くの公園の一部も関心領域として抽出されている。しかし、マンハッタン橋そのものは関心領域として抽出されていないことが分かる。こ

これは、ブルックリン橋と比較して、マンハッタン橋で撮影された写真が少ないことが原因として考えられる。Flickr から検索クエリ”Brooklyn Bridge”で取得される写真は 426,248 枚であり、”Manhattan Bridge”で取得される写真は 198,368 枚であった。このことから、人々のマンハッタン橋への興味・関心は薄いことが分かる。

ブルックリン橋の周辺では、橋の入口付近や港などが撮影スポットとして抽出されている。図 7 はブルックリン橋周辺におけるホットスポット間の写真の撮影状況に基づいた関連度を表示した図である。各ホットスポット間に伸びる黄色の線はホットスポットの関連度の強さを表し、線が太いほど関連度が強いことを表す。図 7 から、ブルックリン橋に向かって撮影された撮影スポットが、関連のある撮影スポットとして抽出されていることが分かる。特に、橋の入口付近の撮影スポットが関連度が強いことが分かる。これは、橋の入口付近の撮影スポットは関心領域の一部分を含むためである。このような撮影スポットは、撮影スポットかつ関心領域の一部として扱う。

図 8 は、ブルックリン橋周辺におけるホットスポット間のユーザの移動に基づいた関連度を表示した図である。各ホットスポット間に伸びる水色の矢印はホットスポットの関連度の強さを表し、線が太いほど関連度が強いことを表す。また、水色の矢印はユーザの移動順を表し、ユーザは矢印の根本にあるホットスポットから矢印の先端にあるホットスポットに向かって移動していることを表す。図 7 から、ブルックリン橋は、周辺の撮影スポットだけでなく、マンハッタン橋近くの公園や Dumbo と呼ばれるショッピングモールといった周辺施設とも関連を持つことが分かる。特に、ブルックリン橋、マンハッタン橋近くの公園、Dumbo の 3 箇所は一つの観光ルートとして捉えることができる。

図 7 と図 8 を比較して、一部のホットスポットでは、片方の指標のみ関連性が抽出されている。例えば、ブルックリン橋西側の撮影スポットでは、写真の撮影状況に基づいた関連が抽出されているが、ユーザの移動に基づいた関連は抽出されていない。この場所は、ブルックリン橋の全景が撮影可能な場所だけでなく、レストランなどのお店が存在する。このとき、この場所を訪れた多くの人々は、ブルックリン橋を撮影することよりもレストランで食事することを主な目的としていると考えられる。よって、この地点で写真を撮影したユーザは他のホットスポットに移動しておらず、ユーザの移動に基づいた関連は抽出されなかったと考えられる。このように、写真の撮影状況に基づいた関連のみが抽出されている場合、抽出された関連の対象以外にも人々の関心の対象が存在することが推測される。また、Dumbo やマンハッタン橋の近くの地下鉄の駅はユーザの移動に基づいた関連は抽出されているが、写真の撮影状況に基づいた関連は抽出されていない。写真の撮影状況に基づいた関連は、対象となるホットスポットを被写体として撮影した写真が多く存在していた場合に抽出される。そのため、Dumbo 付近で撮影された写真の多くはブルックリン橋を撮影していないとが考えられる。実際に、これらのホットスポットでは、位置関係などの理由によりブルックリン橋を撮影することは困難で

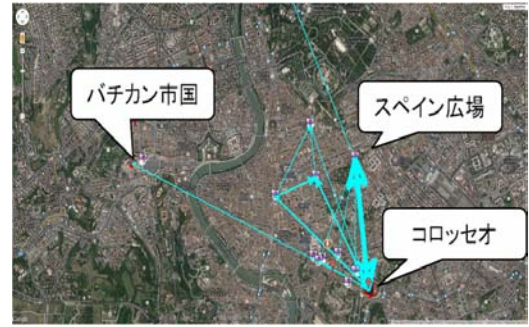


図 9 ローマの実行結果とユーザの移動に基づいた関連度 ($x=24[h]$)



図 10 ローマの実行結果とユーザの移動に基づいた関連度 ($x=48[h]$)

あり、写真の撮影状況に基づいた関連はないと考えられる。

4.2 ローマ周辺の結果

次に、Flickr から検索クエリ ”Rome ”で取得した撮影位置付き写真 412,469 枚、撮影方向付き写真 7,729 枚を用いたシステムを実行した。表 1 に DBSCAN のパラメータ $Eps=0.001$, $Num=70$ のときのホットスポットの抽出結果を示す。表 1 より、ローマ圏内においていくつかの観光施設がホットスポットとして抽出されていることが分かる。また、各ホットスポットにおいて、撮影方向付き写真の枚数は撮影位置付き写真の枚数の 1~2%であることが分かる。利用したデータセットの撮影方向付き写真の比率も約 1.8%であるため、撮影方向付き写真の比率が撮影位置付き写真の枚数の 1~2%以上であるような場所はホットスポットとして抽出することが可能であると考えられる。また、抽出されたスポットの中で撮影方向付き写真の枚数が最も少ない箇所は 71 枚であり、提案手法は、71 枚程度の写真があれば有効に働くと考えられる。近年、撮影方向付きの写真は増加している。そのため、現在、撮影方向付きの写真の枚数が少ない地域に対しても、今後、写真数が増加し、提案手法を適用することが可能となると考えられる。

図 9 は Flickr から、検索クエリ”Rome”で取得した写真を用いた提案システムの実行結果である。ローマ圏内およびパチカン市国内でいくつかのホットスポットが抽出されていることが分かる。また、ユーザの移動に関する関連度に着目すると、各スポットで多くのユーザの移動が確認される。特に、コロッセオとスペイン広場は多くのホットスポットとユーザの移動に基づく関連度を持つことが分かる。コロッセオが多くのホットスポットと関連を持つ要因として、コロッセオで撮影された写真数が多いことが挙げられる。表 1 より、コロッセオ付近で撮影

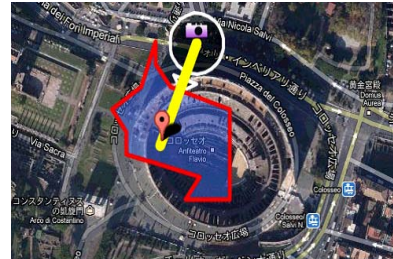
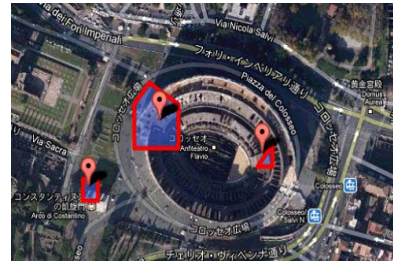
表 1 クエリ”Rome”におけるホットスポットの抽出結果および写真数.

位置	スポット名	撮影位置付き写真数	撮影方向付き写真数
(41.890313,12.491605)	コロッセオ	40,645	1,365
(41.900949,12.483299)	トレヴィの泉	4,996	100
(41.899127,12.476833)	ロトンダ広場	7,431	121
(41.893113,12.483439)	ユピテル・オプティムス・マキシムス神殿	4,982	113
(41.902299,12.454486)	サン・ピエトロ大聖堂	8,573	190
(41.902299,12.454486)	サン・ピエトロ広場	4,957	71

された撮影位置情報付き写真数は 40,645 枚であり、他のホットスポットと比較して、特に写真数が多いことが分かる．

このことから、ローマに訪れた人々の多くがコロッセオを中心に旅程を考えており、コロッセオと別のホットスポットに訪れていることが考えられる．スペイン広場が多くのホットスポットと関連を持つ要因として、スペイン広場はショッピングエリアが存在することが挙げられる．スペイン広場には、トリニタ・デイ・モンティ階段（スペイン階段）や舟の噴水といった人々の関心の対象となる被写体が存在する．加えて、スペイン広場にはローマの中でも特に規模の大きいショッピングエリアが存在し、観光客だけでなく地元の人々も頻繁に訪れる場所である．トレヴィの泉やサン・ピエトロ大聖堂といった他のホットスポットは、そこにある建築物や風景が興味・関心の対象であり、スペイン広場と比較して、ショッピングエリアは充実していないことが多い．観光を目的とした人々の中は、観光名所に訪れることだけでなく、現地での買い物も目的としていることが多い．そのような人々は、他のホットスポットで建築物や風景を楽しむことに加えて、ショッピングエリアが充実しているスペイン広場で買い物をすることが考えられる．そのため、スペイン広場は他のホットスポットとユーザの移動に基づく関連を持つことが多いと考えられる．また、上記の 2 つの要因から、コロッセオとスペイン広場間のユーザの移動に基づく関連度が特に強いことが考えられる．

ここで、コロッセオ周辺のホットスポットとバチカン市国周辺のホットスポットとの関連度が低いことが分かる．この原因として、ユーザの移動時間の差が挙げられる．ユーザの移動に基づいた関連度は、一定期間内にある二つのホットスポットに連続して訪れたユーザ数から算出する．今回、ユーザがホットスポットを連続して訪れる期間 x として、 $x = 24[h]$ と設定した．そのため、24 時間以内に 2 つのホットスポットに訪れなければ、これらのホットスポットにはユーザの移動に基づく関連が存在しないと判定される．この場合、ホットスポット間の距離が離れているほど、関連が存在しない可能性が高い．人々は複数日にかけて観光することも多く、訪問を予定しているホットスポットの距離が離れている場合、訪問日を別日にすることが考えられる．実際に、 $x = 48[h]$ に設定した場合のユーザの移動に基づく関連度の結果を図 10 に示す．図 9 と図 10 を比較した場合、 x の値を大きくするほど、バチカン市国内のホットスポットとローマ市内のホットスポット間で関連を持つものが増えることが分かる．しかし、 x の値が大きいほど、二つのホットスポットに訪れる期間が空いた場合でも関連性があると

図 11 コロッセオ周辺の実行結果 ($Eps=0.0005$, $Num=50$)図 12 コロッセオ周辺の実行結果 ($Eps=0.0003$, $Num=30$)

判定するため、ホットスポットの訪問の「連続性」が薄れる．ユーザの移動に基づく関連度は、ユーザの移動の「連続性」に着目した指標であるため、 x の値が大きすぎるのは適切ではない．今回は、観光においてユーザが連続して行動する時間を考慮して、 $x = 24[h]$ と設定した．

ホットスポットの抽出結果は DBSCAN のパラメータ Eps , Num に依存する．DBSCAN のパラメータの変化によるホットスポットの抽出結果の変化について、コロッセオを例として考察を行う．このとき、Flickr からクエリ”Rome”で取得した写真を関心領域の形状推定に用いた．図 11 は DBSCAN のパラメータを $Eps=0.0005$, $Num=50$ とした場合、図 12 は DBSCAN のパラメータを $Eps=0.0003$, $Num=30$ とした場合のコロッセオ周辺の結果である．図 11 では、コロッセオの入口付近が関心領域として抽出されていることが分かる．一方、図 12 では、コロッセオの入口付近だけでなく、図 11 では抽出されなかった入口とは反対側の場所やコンスタンティヌスの凱旋門も関心領域として抽出されていることが分かる．しかし、図 11 に存在した撮影スポットが図 12 では抽出されていない．これは、DBSCAN の Eps が小さくなったために、密集度の低いホットスポットがノイズと判定されたためだと考えられる．

以上より、DBSCAN のパラメータによって、ホットスポットの抽出結果は異なることが分かる．そのため、DBSCAN のパラメータは、ユーザがその目的に応じて手動で決定するこ



図 13 トレヴィの泉周辺の実行結果

とが適切であると考えられる．コンスタンティヌスの凱旋門のような小さなホットスポットを閲覧したいユーザはパラメータを小さく設定し、写真の数が多いホットスポットを閲覧したいユーザはパラメータを大きく設定することにより、各ユーザに適して結果を得ることが可能であると考えられる．

また、図 11 では、関心領域の重心がコロッセオの入口付近に抽出され、コロッセオの西側半分のみが抽出される．これは、写真の撮影位置の偏りが原因であると考えられる．多くの人は、コロッセオの入口付近で写真を撮影する傾向がある．そのため、他の地点と比べて、コロッセオの入口付近は写真が密集していると考えられる．提案手法では、関心領域内の写真の撮影位置の重心を関心領域の重心としているため、コロッセオの入口付近が関心領域の重心として抽出された．その結果、本来のコロッセオの形状が正確に抽出されず、西側半分のみが関心領域として抽出された．コロッセオで写真を撮影する場合、多くの人はコロッセオ内部や周辺の全域で写真を撮影するのではなく、外部からコロッセオの入口付近の外壁を撮影し、コロッセオに入場してすぐの入口付近で、様々な方向に向かって写真を撮影する傾向がある．そのため、人々のコロッセオに対する興味・関心は、コロッセオ全体ではなく、コロッセオの入口付近に集中していると考えられる．

図 13 はトレヴィの泉周辺の様子である．図 13 から、トレヴィの泉では、正面から泉を撮影した撮影スポットが抽出されていることが分かる．しかし、この撮影スポットに対する関心領域の位置や形状は抽出されていない．本システムでは、関心領域に該当するホットスポットでは多様な方向から写真を撮影される必要がある．特に、関心領域の内部から写真が撮影される必要がある．そのため、内部での撮影が困難である関心領域では、その関心領域の位置、範囲、および形状の推定は困難である．このような場合への対応は今後の課題である．

5. む す び

本研究では、Web 上のジオタグ付き写真の撮影位置から複数のホットスポットを発見し、撮影方向からホットスポットを関心領域と撮影スポットに分類する手法を提案した．加えて、抽出されたホットスポットの間に存在する関連を抽出し、その結果を可視化するシステムを作成した．提案手法では、写真の密度に基いてホットスポットを発見し、写真の撮影方向の特徴から、関心領域と撮影スポットに分類した．また、ホットスポット

間の位置関係、写真の密集度、およびホットスポット間のユーザの移動から、ホットスポット間の関連度を算出した．そして、写真の撮影方向の特徴や写真の密集度から、関心領域の範囲と形状を推定し、それらを地図上に表示した．ブルックリン橋とローマに関する写真を用いて提案システムを実行し、それぞれの結果に対して考察を行った．

今後の課題として、関心領域の内部で写真が撮影されていないスポットの対処が挙げられる．提案システムでは、撮影対象となる関心領域内で写真が撮影されていない場合、周辺にそれに関連すると考えられる撮影スポットが存在しても、関心領域として抽出されない．撮影対象物やその位置の推定には、撮影方向情報やタグなどの利用が考えられる．

文 献

- [1] Flickr, <http://www.flickr.com/>
- [2] S. Kisilevich, F. Mansmann, and D. Keim, "P-DBSCAN: A density based clustering algorithm for exploration and analysis of attractive areas using collections of geo-tagged photos", Proc. 1st International Conference on Computing for Geospatial Research & Application, no.38, pp.38:1–38:4, 2010
- [3] W. C. Chen, A. Battestini, N. Gelfand, and V. Setlur, "Visual summaries of popular landmarks from community photo collections", Proc. 17th ACM International Conference on Multimedia, no.4, pp.789–792, 2009
- [4] Y. Zheng, Z. J. Zha, and T. Seng, "Research and Applications on Georeferenced Multimedia: a Survey", Multimedia Tools and Applications Archive, vol.51, no.1, pp.77–98, 2011
- [5] M. Shirai, M. Hirota, S. Yokoyama, N. Fukuta, and H. Ishikawa, "Discovering Multiple HotSpots using Geo-tagged Photographs", Proc. 20th ACM SIGSPATIAL International Conference on Advances in Geographic Information Systems, no.4, pp.490–493, 2012
- [6] D. Crandall, D. Backstrom, L. Huttenlocher, and J. Kleinberg, "Mapping the world's photos", Proc. 18th International World Wide Web Conference, no.10, pp.761–770, 2011
- [7] C. Sengstock, and M. Gertz, "Latent Geographic Feature Extraction from Social Media", Proc. 20th International Conference on Advances in Geographic Information Systems, no.10, pp.149–158, 2012
- [8] M. Park, J. Luo, R. T. Collins, and Y. Liu, "Beyond GPS: determining the camera viewing direction of a geotagged image", Proc. International Conference on Multimedia, pp. 631–634, 2010
- [9] Y. T. Huang, K. T. Chen, L. C. Hsieh, W. Hsu, and Y. F. Su, "Detecting the directions of viewing landmarks for recommendation by large-scale user-contributed photos", Proc. 20th ACM International Conference on Multimedia, pp.997–1000, 2012
- [10] Y. A. Lacerda, R. G. F. Feitosa, G. A. R. M. Esmeraldo, C. D. S. Baptista, and L. B. Marinho, "Compass Clustering: A New Clustering Method for Detection of Points of Interest Using Personal Collections of Georeferenced and Oriented Photographs", Proc. 18th Brazilian symposium on Multimedia and the web, pp. 281–288, 2012
- [11] M. Ester, H. P. Kriegel, J. Sander, and X. Xu, "A Density-Based Algorithm for Discovering Clusters in Large Spatial Databases with Noise", KDD, vol.2, pp.226–231, 1996