

# ジオタグ付き写真を用いたホットスポットの分類 とランドマークの形状抽出手法

白井 元浩<sup>†</sup> 廣田 雅春<sup>††</sup> 横山 昌平<sup>†††</sup> 石川 博<sup>†††</sup>

<sup>†</sup> 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

<sup>††</sup> 静岡大学創造科学技術大学院 〒432-8011 静岡県浜松市中区城北 3-5-1

<sup>†††</sup> 静岡大学情報学部 〒432-8011 静岡県浜松市中区城北 3-5-1

E-mail: <sup>†</sup>gs12020@s.inf.shizuoka.ac.jp, <sup>††</sup>dgs11538@s.inf.shizuoka.ac.jp,

<sup>†††</sup>{yokoyama,ishikawa}@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、人々の興味・関心の可視化を目指し、ホットスポットとその周辺に存在するランドマークを発見する手法を提案する。人々はランドマークの内部や周辺、遠方から写真を撮影しており、それぞれの地点がホットスポットとして抽出される。本研究では、写真に付与された撮影位置情報と撮影方向情報を用いて、複数のホットスポットとランドマークを発見し、各ホットスポットに関連するランドマークごとに分類する。また、各ホットスポットがランドマークを内包するか遠方からランドマークを望む場所であるかを分類する。加えて、ランドマークの範囲や形状を求め、それぞれのホットスポットやランドマークを可視化するシステムを作成する。

キーワード 形状推定, ホットスポット, ランドマーク, 撮影方向

## Classification of Hotspots and Estimation of Landmarks using Geo-tagged Photographs

Motohiro SHIRAI<sup>†</sup>, Masaharu HIROTA<sup>††</sup>, Shohei YOKOYAMA<sup>†††</sup>, and Hiroshi ISHIKAWA<sup>†††</sup>

<sup>†</sup> Graduate School of Informatics, Shizuoka University

3-5-1 Johoku, Naka-ku, Hamamatsu-shi, Shizuoka, 432-8011 Japan

<sup>††</sup> Graduate School of Science and Technology, Shizuoka University

3-5-1 Johoku, Naka-ku, Hamamatsu-shi, Shizuoka, 432-8011 Japan

<sup>†††</sup> Faculty of Informatics, Shizuoka University

3-5-1 Johoku, Naka-ku, Hamamatsu-shi, Shizuoka, 432-8011 Japan

E-mail: <sup>†</sup>gs12020@s.inf.shizuoka.ac.jp, <sup>††</sup>dgs11538@s.inf.shizuoka.ac.jp,

<sup>†††</sup>{yokoyama,ishikawa}@inf.shizuoka.ac.jp

**Abstract** Social media sites include many photographs taken at various locations and times. In this paper, we propose a method to discover multiple hotspots, where many photographs have been taken, and landmarks, which many people have been interested, using geo-tagging photographs posted on social media sites. People are taken at various locations: inside, neighborhood, and a distant view of landmark. Therefore, hotspots may present people's interest. We classify hotspots based on the bias of photo location and photo orientation. And, we classify hotspots are involved landmark or not. Additionally, we estimate range and shape of those hotspots.

**Key words** shape estimation, hotspot, landmark, photo orientation

### 1. はじめに

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存在する。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(ホットスポット)には、多くの人々が興味・関心のある領域(ランドマーク)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], [3] .

本研究において、ホットスポットとは、多量の写真が撮影された地域とする。多くの場合において、ホットスポットの内部や周辺には、ランドマークとなる対象が存在する。しかし、ホットスポットの中には、周辺の風景を撮影したような場合も存在する。このようなホットスポットでは、特定の一点に着目していないため、その周辺にランドマークは存在しないと考えられる。

ホットスポットにおいて、写真が撮影された要因は、それぞれのホットスポットで異なる。例えば、ニューヨークのブルックリン橋では、橋の内側から写真を撮影する場合、橋の一部だけでなく、そこから見える周りの風景に着目されることも多い。一方、橋全体を撮影したい場合は、橋の近くからではなく、橋から離れた場所で撮影する必要がある。そのため、同一のランドマークに対して、前者のようにホットスポット内にランドマークが存在する場合や、後者のようにホットスポットの外側にランドマーク存在する場合など、被写体と写真の撮影位置の距離に応じて、異なるホットスポットが抽出される。これらはそれぞれ着目している部分が異なるため、同じランドマーク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、範囲の広いランドマークでは、ランドマークの内部で複数のホットスポットが抽出される場合がある。これらのホットスポットはひとつのランドマークとして抽出される必要がある。

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、写真の撮影状況などの情報がメタデータとして付与されている。加えて、写真の撮影位置情報や撮影方向情報が付与されている写真も多い。特に、写真の撮影方向情報が付与された写真は近年増加しており [4] , 撮影方向情報からホットスポット内で撮影された写真がどの方向に向かって撮影されているかを理解す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と、ホットスポットの周辺に存在するランドマークを発見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。このとき、ホットスポット内に存在する写真の撮影方向の偏りや他のホットスポットとの位置関係に着目し、各ホットスポットがランドマークを内包する、か遠方からランドマークを望む場所であるかを分類する。加えて、遠方からランドマークを望むホットスポットが、どのランドマークと関連があるかを求める。また、各ランドマークはそれぞれ多様な形状を持つ。例えば、エッフェル塔のような範囲が狭いランドマークやコロッセオのように円形に広いランドマーク、ブルックリン橋のように細長い形状のランドマークなど、その範囲や形状はランドマークによって様々である。本論文では、写真の撮影位置・撮影方向情報を用いてランドマークの範囲や形状を適切に求める。

本研究の応用例として、Web 上の写真から 3D 空間を再現す

る研究 [6] が挙げられる。これらの研究では SIFT [7] などの画像処理を用いて 3D 形状を推定し、3D 空間上に再現する。本研究では、画像特徴量を用いず、写真に付与されたメタデータのみを用いてランドマークの形状を推定するため、処理時間の削減が可能であると考えられる。また、観光マップの作成 [8] といった技術にも適応可能であると考えられる。

## 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 [9] 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、ホットスポットやランドマーク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 [3] 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、ランドマーク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、特定の地域にランドマークが存在することは求められるが、その正確な位置や範囲を抽出しない。そのため、実際に人々が着目している場所を特定することが困難となる。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。

人々が何を撮影したのかを判別する際に、撮影方向は重要な情報となる。Epshtein ら [10] は、写真の撮影位置・撮影方向情報を用い、建物の内側で撮影された写真と外側で撮影された写真を分類する手法を提案した。本研究では、写真の撮影方向情報に着目し、ランドマークの範囲と形状を推定する。ランドマークの形状を推定することにより、写真を建物の内側で撮影された写真と外側で撮影された写真に分類することが可能となる。

## 3. 提案手法

本研究では、ジオタグ付き写真を用いて、ホットスポットの発見と分類、および、ランドマークの範囲と形状を推定する。例として、ブルックリン橋の周辺のホットスポットの様子を図 1 に示す。青色のマーカーが写真の撮影位置、緑枠で囲まれた部分 (ブルックリン橋) がランドマーク、マーカーの密集地帯を囲む各円がホットスポットを表す。図 1 のように、ホットスポットには、ランドマークの内部や入口付近のようなランドマークを内包する場合 (赤色の円)、遠方からランドマークを撮影する場合 (黒色の円)、周りの風景を撮影する場合 (黄色の円) のように、複数の地域が存在する。そのため、写真が撮影された要因に応じて、ホットスポットを適切に分類する必要がある。提案手法では、写真に付与された撮影位置・撮影方向情報や焦点

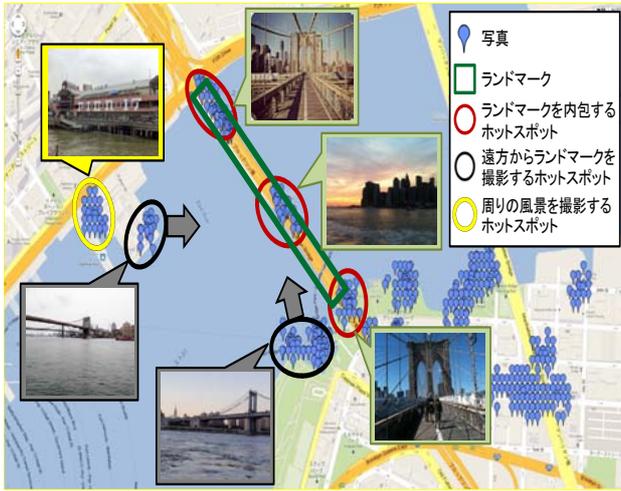


図1 ホットスポットの例

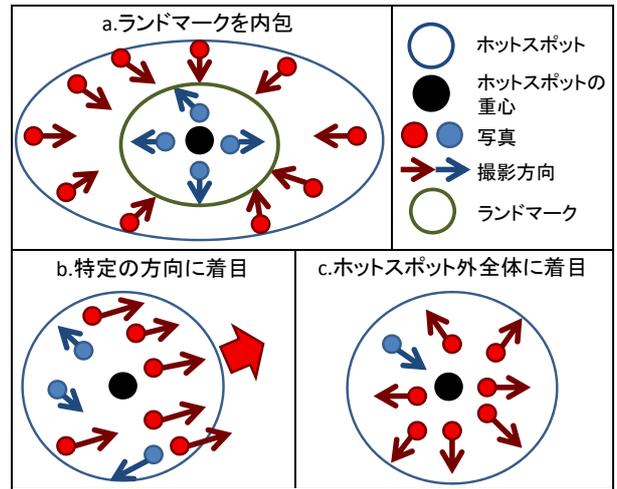


図2 ホットスポットの分類

距離を用いて、ホットスポットの発見および分類、ランドマークの範囲と形状を抽出する。

### 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。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)  $x_q \in N_{Eps}(x_p)$
- (2)  $|N_{Eps}(x_p)| \geq MinP$

ただし、 $N_{Eps}(x_p) = \{x_q \in X | Dist(x_p, x_q) < Eps\}$  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点の平均緯度、 $dP$  は2点の緯度差、 $dR$  は2点の経度差、 $M$  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

発見したホットスポットを、写真の撮影方向情報に基づいて分類する。ここでは、図2のようにホットスポットを a. ランドマークを内包、b. 特定の方向に着目、および c. ホットスポット外全体に着目の3つに分類する。

はじめに、a. ランドマークを内包する場合について記述する。このとき、ランドマークの重心は、ホットスポットの重心と同一とする。この場合、図2のaのように、ランドマークの重心に向かって撮影されている写真が多い範囲が存在する。写真が

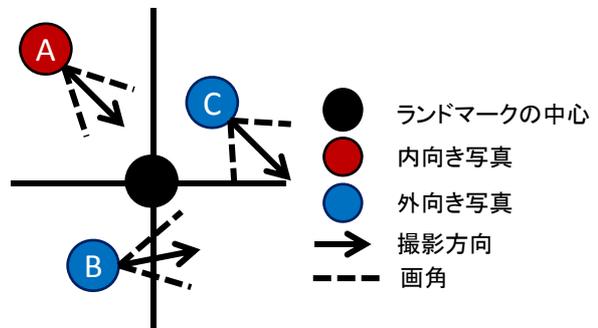


図3 写真の画角を用いた写真の分類

ランドマークの重心に向かって撮影されているかどうかを判定するため、写真の画角を利用する。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ランドマークの重心が存在すれば、その写真はランドマークの重心に向かって撮影されていると考えられる。図3のAのように画角の範囲内にランドマーク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ランドマーク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、写真に付与されている 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  $\alpha$  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  $(x_1, y_1)$ 、ランドマークの重心の緯度  $x_2$  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  $0$  度としたときのランドマーク  $(x_2, y_2)$  が存在する方向  $\theta$  を求める。

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

$\theta$  を求めた後、画角  $\alpha$ 、撮影方向  $\beta$  から、写真を内向き写真と外向き写真に分類する。



図 4 範囲の広いランドマークの例

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

写真を分類した後、ランドマーク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ランドマークが存在し、それに向かって写真が撮影されていると考えられる。よって、このようなホットスポットをランドマークを内包するホットスポットと判定する。

次に、b. 特定の方向に着目している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、上位二つの階級とそれぞれに隣接する階級(±10度ずつ計30度の範囲)に属する写真の枚数を数える。こ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ホットスポットの再編成で用いる。

上記二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. ホットスポット外全体に着目している場合であると判定する。

### 3.3 ホットスポットの再編成

前節で、ホットスポットを3つのケースに分類した。しかし、図4のような範囲の広いランドマークの場合、ランドマーク内

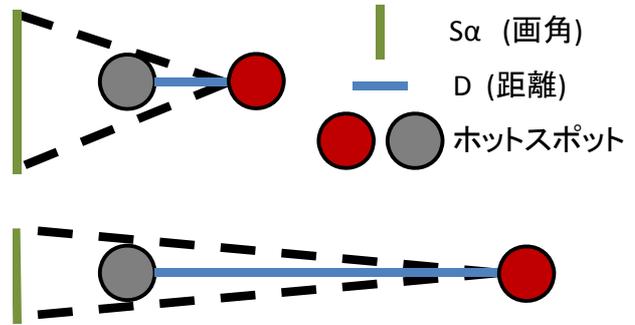


図 5 ホットスポット間の距離と画角の関係

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、範囲の広いランドマーク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関連性を求め、ホットスポットを再編成することにより、巨大なランドマークを発見する。

範囲の広いランドマークの場合、図4のように、中央付近では様々な方向に写真が撮影されているが、ランドマークの境界付近ではランドマークの中心に向かって写真が撮影されている。よって、cと判定されたホットスポットはランドマークの中心付近である可能性があり、bと判定されたホットスポットはランドマークの境界付近である可能性がある。そこで、cに分類されたホットスポットは、ランドマークの中心付近であると仮定し、それらに対するbに分類されたホットスポットとの関連性を求める。

ホットスポット間の関連性の指標として、ホットスポット間の距離とホットスポットの撮影方向、ホットスポット間の写真の密集度を用いる。各ホットスポット間の距離とは、それぞれのホットスポットの重心間の距離を指す。ホットスポット間の距離が短いほど、それらのホットスポットは同一のランドマークに関するホットスポットであると考えられる。ホットスポット間の距離を  $D$  としたとき、ホットスポットの距離における関連度  $dist.ref$  を次のように求める。

$$dist.ref = \frac{1}{D} \quad (6)$$

ホットスポットの撮影方向とは、bのケースにおいて、着目している方向の値  $s\beta$  を指す。 $s\beta$  は、3.2ホットスポットの分類において、算出されるものである。この方向に各ホットスポットの重心が存在すれば、2つのホットスポットは同一のランドマークに関するホットスポットであると考えられる。このとき、各ホットスポット間の距離と画角を考慮する必要がある。図5のように、ホットスポット間の距離が長いほど、ホットスポットの画角は狭まる。そこで、次のようにbと判定されたホットスポットの画角  $s\alpha$  を求める。

$$s\alpha = \frac{180}{\log_{10}(D)} \quad (7)$$

また、2つのホットスポットの重心間との角度  $s\theta$  と  $s\beta$  から、撮影スポットの方向における関連度  $dire.ref$  を次のように求める。

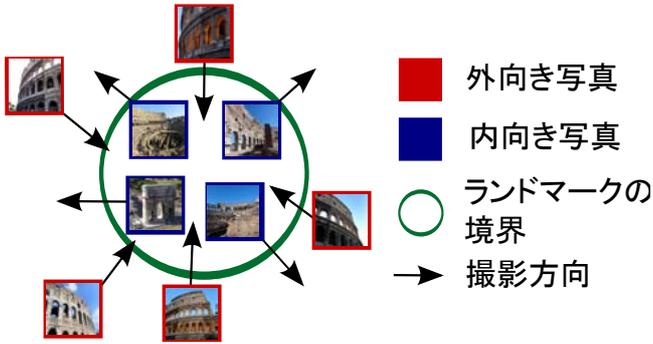


図 6 ランドマークの範囲推定

$$dire\_ref = \begin{cases} 1 & (s\beta - \frac{s\alpha}{2} < s\theta < s\beta + \frac{s\alpha}{2}) \\ 0 & (otherwise) \end{cases} \quad (8)$$

ホットスポット間の写真の密集度とは、各ホットスポットの重心を直線で結んだ時の線上に、写真がどれだけ密集しているかを示す値である。ランドマークの内部や、ランドマークの一部のようなホットスポットでは、その周辺でも多くの写真が撮影されていると考えられる。一方、撮影スポットのようなホットスポットでは、その地点からランドマークの全体を撮影した写真が多く、ホットスポットとホットスポットの間では撮影されている写真は少ないと考えられる。よって、各ホットスポットの重心を直線で結んだ時の線上に存在する写真の密集度が高ければ、ホットスポット間の関連度は強いと考えられる。ホットスポットを結ぶ線上の面積を  $x$ 、その範囲の写真の枚数を  $num$  とすると、写真の密集度における関連度  $dens\_ref$  は以下のよう求める。

$$dens\_ref = \frac{num \times 100}{x} \quad (9)$$

以上より、ホットスポットの関連度  $ref$  を次のように求める。

$$ref = (dist\_ref + dens\_ref) \times dire\_ref \quad (10)$$

$ref$  が 0 以上ならば、二つのホットスポットは同一のランドマークに関するホットスポットである。また、 $ref$  が閾値を超えた場合、それぞれのホットスポットはある巨大なランドマークの一部であると考えられる。そのため、強い関連を持つホットスポット同士をひとつのホットスポットとして結合する。そして、3.2 節でのホットスポットの分類を再び行い、ランドマークを含むホットスポットであるか再判定を行う。

### 3.4 ランドマークの発見

ホットスポットの分類・再編成後、ランドマークを含むホットスポットに対して、ランドマークの範囲と形状の推定を行う。

#### 3.4.1 ランドマークの範囲推定

内向き写真と外向き写真を用いて、ランドマークの範囲を推定する。ランドマークの内側から撮影された写真とランドマーク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 6)。ランドマーク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、ランドマークの外側から撮影された写真は、ラ

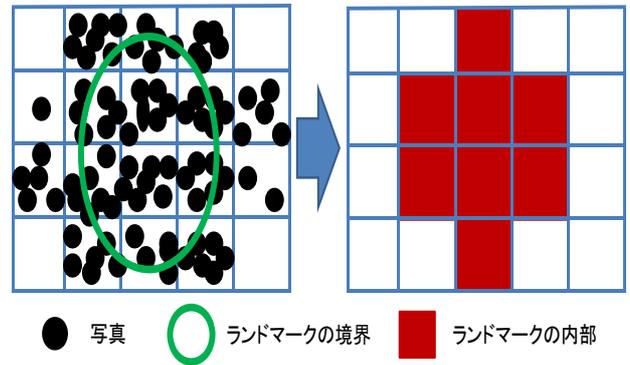


図 7 ランドマークの形状推定

ンドマーク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。その境界をランドマークの範囲とし、境界より内側をランドマーク内、外側をランドマーク外と判定する。

はじめに、写真の撮影位置と推定したランドマークの位置の距離を求める。次に、推定したランドマーク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。求めた範囲がランドマークの境界である。求めたランドマークの範囲は、ランドマークの形状推定の際に用いる。

#### 3.4.2 ランドマークの形状推定

ランドマークの範囲を決定した後、ランドマークの形状を推定する。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。

ホットスポット内では、ランドマーク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ランドマークの形状であると考えられる。しかし、ランドマーク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、推定したランドマークの範囲を用いる。推定したランドマークの範囲を用いると、ランドマーク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 7 のように、ランドマーク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ランドマークの形状とする。このとき、3.4.1 節でランドマークの範囲が 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、ランドマーク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、そのセルをランドマークの内側とし、それらのセルの集合をランドマークの形状とする。

## 4. システムの実行例

提案したシステムの実行例を示し、結果の考察を行う。提案したシステムでは、赤色の線で囲まれた範囲はランドマークの

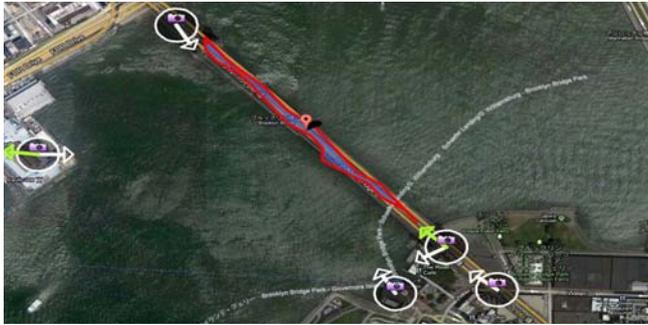


図 8 ブルックリン橋周辺の実行結果

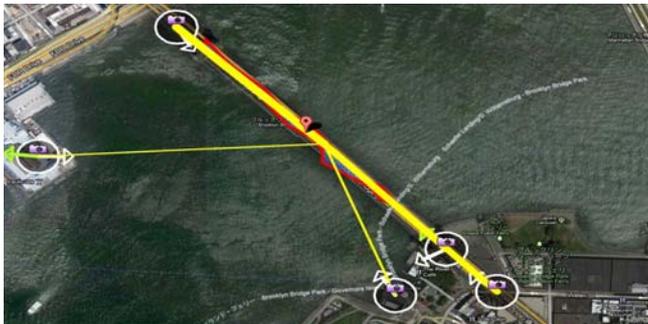


図 9 ブルックリン橋周辺のホットスポット間の関連度



図 10 コロッセオ周辺の実行結果 ( $Eps=0.005, Num=50$ )

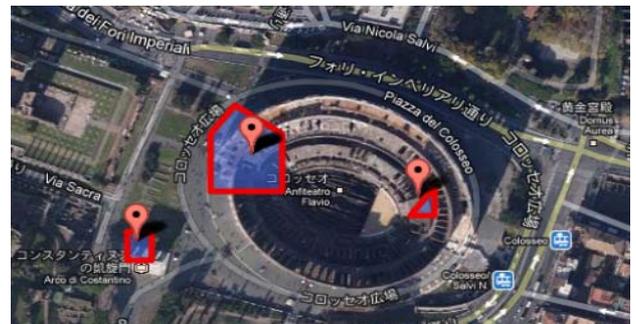


図 11 コロッセオ周辺の実行結果 ( $Eps=0.003, Num=30$ )

形状を表し、赤色のマーカーはランドマークの重心を表す。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。緑色の矢印は二番目に多くの写真が撮影された方向を表す。このとき、あるランドマークと関連がある撮影スポットの場合は撮影方向を表す矢印は長く、関連するランドマークが存在しない撮影スポットの場合は矢印が短い。また、提案したシステムでは、あるランドマークとそのランドマーク関連のある撮影スポットとその関連度が表示可能である。このとき、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大きさを表し、線が太いほど関連度は強いことを表す。

図 8 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  $Eps=0.005, Num=50$  である。図 8 からブルックリン橋の大まかな形状がランドマーク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ランドマーク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ランドマークとして抽出されていないことが分かる。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 9 はブルックリン橋とそれに関連する撮影スポット、および撮影スポットとランドマークの

関連度を表示した図である。図 9 から、ブルックリン橋の方向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ランドマークの一部を含むためである。このような撮影スポットは、撮影スポットかつランドマークの一部として扱う。

図 10 は、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、コロッセオ周辺の実行結果である。このとき、DBSCAN のパラメータは  $Eps=0.005, Num=50$  である。図 10 では、ランドマークの重心がコロッセオの入口付近として抽出された。そのため、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。多くの人々は、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、ランドマーク内の写真の撮影位置の重心をランドマークの重心としているため、コロッセオの入口付近がランドマーク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、西側半分のみがランドマークとして抽出された。本研究では、多くの写真が密集して撮影されている地域を人々が興味を持つホットスポットと定義している。コロッセオで写真を撮影する場合、多くの方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 12 トレヴィの泉周辺の実行結果

図 11 は DBSCAN のパラメータを  $Eps=0.003$ ,  $Num=30$  とした場合のコロッセオ周辺の結果である。図 11 より、コロッセオの入口付近だけでなく、図 10 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ランドマークとして抽出されていることが分かる。しかし、図 10 に存在した撮影スポットが図 10 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、小さなランドマークが抽出されたが、密集度の低いホットスポットは抽出されなくなっ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わかる。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。

図 12 はトレヴィの泉周辺の様子である。図 12 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ランドマークの位置や形状は抽出されていない。本システムでは、ランドマークに該当するホットスポットは多様な方向から写真を撮影する必要がある。そのため、多くの写真が特定の位置から撮影されるようなランドマークでは、そのランドマークの位置、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. おわりに

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、撮影方向情報に基づいてホットスポットの分類を行う手法を提案した。加えて、ホットスポットの内側や周辺に存在するランドマークを発見し、その範囲や形状を推定する手法を提案し、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、写真の密度に基づ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、ランドマークを内包したホットスポット、特定の方向に偏ったホットスポット、ホットスポット外全体に着目したホットスポットのいずれかに分類した。また、ホットスポット間の関連度を求め、ホットスポットの再編成を行った。そして、写真の撮影方向の特徴や写真の

密集度を用いることにより、ランドマークの範囲と形状を推定した。可視化システムでは、各ホットスポットやランドマーク、ホットスポットとランドマークの関連度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、ランドマークと関連しないと判定された撮影スポットへの対応が挙げられる。提案したシステムでは、撮影スポットが抽出されても、そのスポットが撮影している対象物の位置を推定することは困難である。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。また、提案システムにおいて、各手法のパラメータは手動で決定されている。DBSCAN のパラメータやホットスポットの分類や再編成における閾値の値に精度は依存する。DBSCAN のパラメータは、ユーザの目的に応じて、ユーザが手動で決定することが考えられるが、ホットスポットの分類や再編成に関しての閾値は、DBSCAN の結果に応じて、適切なパラメータを決定する必要がある。

## 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, 1st International Conference on Computing for Geospatial Research & Application, 2010
- [3] C. Sengstock and M. Gertz, Latent Geographic Feature Extraction from Social Media, 20th ACM SIGSPATIAL International Conference on Advances in Geographic Information Systems, 2012
- [4] Y. Zheng, Z. J. Zha and T. Seng, Research and Applications on Georeferenced Multimedia: a Survey, Multimedia Tools and Applications archive, vol. 51, pages 77–98, 2011
- [5] M. Shirai, M. Hirota, S. Yokoyama, N. Fukuta and H. Ishikawa, Discovering Multiple HotSpots using Geo-tagged Photographs, 20th ACM SIGSPATIAL International Conference on Advances in Geographic Information Systems, 2012
- [6] S. Agarwal, N. Snavely, I. Simon, S. M. Seitz and R. Szeliski, Building Rome in a Day, 11th International Conference on Computer Vision, 2009
- [7] D. G. Lowe, Distinctive image features from scale-invariant keypoints, International Journal of Computer Vision, vol. 60, no. 2, pages 91–110, 2004
- [8] X. Lu, C. Wang, J. M. Yang, Y. Pang and L. Zhang, Photo2Trip: Generating Travel Routes from Geo-Tagged Photos for Trip Planning, ACM Multimedia 2010 International Conference, 2010
- [9] D. Crandall, L. Backstrom, D., Huttenlocher and J. Kleinberg, Mapping the world's photos, 20th International World Wide Web Conference, 2011
- [10] B. Epshtein, E. Ofek, Y. Wexler and M. Naaman, Hierarchical Photo Organization using Geo-Relevance. 15th International Symposium on Advances in Geographic Information Systems, The ACM International Symposium on Advances in Geographic Information Systems, 2007
- [11] M. Ester, H. P. Kriegel, J. Sander and X. Xu, A Density-Based Algorithm for Discovering Clusters in Large Spatial Databases with Noise, The Second Int'l. Conf. on Knowledge Discovery and Data Mining, pages 226–231, 1996