

Web上の大量の写真に対する 画像分類による観光マップの作成

王 佳 女^{†1,*1} 野 田 雅 文^{†1} 高 橋 友 和^{†2}
出 口 大 輔^{†1} 井 手 一 郎^{†1} 村 瀬 洋^{†1}

近年 Web 上には大量のジオタグ（撮影時の GPS 情報）付き写真がアップロードされており、旅行を計画中のユーザは、旅行先の雰囲気を事前に視覚的に知ることができる。しかしながら、既存の写真共有サービスなどは単純に写真を地図上に配置するだけであるため、旅行先に関する土地勘がないユーザが必要とする情報を直感的に得ることは難しい。そこで、我々は大量の写真を風景によって分類し、多くの人が注目した風景の写真を、旅行を計画するユーザに対して直感的に分かりやすく表現した地図である「観光マップ」を提案する。本稿では、観光マップ作成手法およびその有効性に関する初期的な検討結果について報告する。

Creation of a Sight-seeing Map with Visual Classification of Photos on the Web

JIANI WANG,^{†1,*1} MASAFUMI NODA,^{†1}
TOMOKAZU TAKAHASHI,^{†2} DAISUKE DEGUCHI,^{†1}
ICHIRO IDE^{†1} and HIROSHI MURASE^{†1}

In recent years, numerous geo-tagged photos are uploaded to Websites, so a person planning a travel can visually understand the atmosphere of the destination. However, since most photo-sharing Websites simply arrange the photos on a map, it is difficult for users who are not familiar with the destination to obtain information intuitively. Therefore, we propose a "Sight-seeing Map", on which the landscapes to which many people pay attention can be intuitively understood by users who plan to travel. This paper reports a primary study on the creation of a Sight-seeing Map, and an experiment on its usefulness.

1. はじめに

近年、多くのユーザにより、Web 上には大量の写真がアップロードされている。このような写真を様々な手法で利用する研究がさかんに行われている。たとえば、Xiao らは画像特徴を用いて、写真をシーンカテゴリに分類する研究を行っている¹⁾。また、Web 上にある大量の写真に含まれている撮影時刻や撮影位置の情報を用いて、旅行経路を計画するシステムが提案されている^{2),3)}。柳井は、Web 上の大量の写真を画像データベースとして、ユーザが指定したキーワードに合致する写真を自動的に収集するシステムを提案している⁴⁾。

一方、旅行は人気のある娯楽の 1 つである。近年旅行先の情報を事前に調べるため、旅行者が Web 上の様々なサービスを活用することも多い。たとえば、写真共有サイト Panoramio^{*1}では、写真に付随するジオタグ（撮影時の GPS 情報）を用いて、写真を地図と関連付けて表示する。これによって、旅行を計画中のユーザは、旅行先の地域の雰囲気を事前に視覚的に知ることができる。しかしながら、これらのサービスは単純に写真を地図上に配置するだけであるため、旅行先の観光地やその位置について詳しく知らないユーザが、必要な情報を直感的に得ることは難しいと考えられる。

そこで、我々は大量の写真を風景によって分類し、多くの人が注目した風景の写真を地域の情報として地図上に表現する方法を検討している。このようにして作成した地図を我々は「観光マップ」と呼び、図 1 にその例を示す。観光マップでは、地域ごとに撮影された写真を山や森などといった風景カテゴリに分類し、そこで多くの人が注目した風景カテゴリをその地域を代表する風景と見なし、アイコンで代表させる。また、各地域において風景カテゴリを代表する写真をあわせて表示する。このように、その地域でよく注目されるものを提示することで、注目すべき観光地とその種類をユーザに直感的に伝えやすくなると期待する。

近年、本研究のようにジオタグが付加された写真を用いた研究は活発になされている。特に写真の地理情報、画像情報による分類は Crandall ら⁵⁾により詳細に研究されており、本稿と非常に関連している。提案手法との相違点は、Crandall らの手法が画像をクラスタリ

†1 名古屋大学大学院情報科学研究科

Graduate School of Information Science, Nagoya University

†2 岐阜聖徳学園大学経済情報学部

Faculty of Economics and Information, Gifu Shotoku Gakuen University

*1 現在、株式会社沖データ

Presently with Oki Data Corporation

*1 <http://www.panoramio.com/>



図 1 京都周辺の観光マップ（左側の地図上の矢印が指す場所で撮影した写真を右側に表示する）
 Fig. 1 The “sight-seeing map” around Kyoto: The photos shown on the right-hand side are taken in the place indicated by the red arrow on the map on the left-hand side.

ングし、各場所の代表的な写真を特定するのに対し、提案手法ではあらかじめ決められた風景カテゴリに画像を分類する点にある。このように画像を風景カテゴリに分類し、地図中の対応する位置に風景カテゴリのアイコンを配置することによって、旅行を計画中のユーザが旅行先の地域がどのような風景で構成されているかを直感的に理解することができると思われる。

本稿では、このような観光マップの作成に関する初期的な検討結果を報告する。以降、2章で観光マップの作成手法について述べる。3章で評価実験について述べ、その結果を考察する。最後に4章で、本稿をまとめる。

2. 観光マップとその作成手法

2.1 観光マップ

本稿で提案する観光マップの例を図1に示す。観光マップは、地図表示部、写真のサムネイル表示部、写真表示部の3つから構成される。

- 地図表示部：地図表示部には、ユーザによって指定された地域の地図を表示する。地図上の“ ”はユーザがアップロードした写真の撮影位置を表す。観光マップでは、撮影

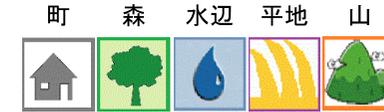


図 2 風景カテゴリのアイコン
 Fig. 2 Landscape category icons.

位置に基づいて写真をクラスタリングし、クラスタごとに異なる色を用いて“ ”を描画する。また、各クラスタを代表して、風景カテゴリのアイコン（図2）を表示する。

- 写真のサムネイル表示部：写真のサムネイル表示部には、ユーザが地図表示部で指定したクラスタに含まれる写真をサムネイル表示する。
- 写真表示部：写真表示部には、写真のサムネイル表示部でユーザが指定した写真を大きく表示する。

2.2 観光マップ作成手法

本研究では、入力データとして、任意の範囲の地図、およびその範囲に含まれるジオタグ付き写真を用いる。用いる地図データとして、GoogleMaps^{*1}やOpenMap^{*2}などを用い、ジオタグ付き写真はPanoramioやFlickr^{*3}などから収集する。

図3に提案手法の処理の流れを示す。はじめに、収集したジオタグに基づき写真をクラスタリングする。この結果として得られた各クラスタを風景カテゴリを求める単位とする。これによって、地図の閲覧性の向上を図る。次に、各クラスタの風景カテゴリを決定する。最後に得られた風景カテゴリを用いて、観光マップのインタフェースを作成する。これによって、ユーザが指定した範囲で多くの人が共通して注目する風景を直感的に把握できるようにする。

2.2.1 ジオタグによるクラスタリング

はじめに、ジオタグにより近い位置で撮影された写真をまとめる。ジオタグを(経度, 緯度) = (x, y) と表し、写真間の距離に基づきクラスタリングを行う。ここでは、クラスタリング手法として最短距離法⁽⁶⁾を用いる。また、クラスタ間の距離に対して、しきい値 θ km を設定する。図4にクラスタリング結果の例を示す。図中では、各クラスタを異なる色で表す。

*1 <http://maps.google.co.jp/>
 *2 <http://www.openmap.org/>
 *3 <http://www.flickr.com/>

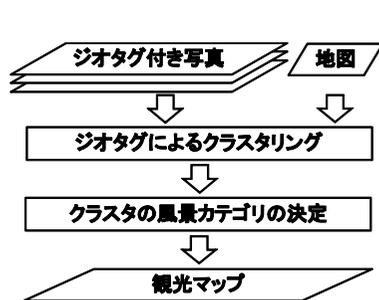


図 3 観光マップ作成手法の処理の流れ
Fig. 3 Process flow of the “sight-seeing map” generation.

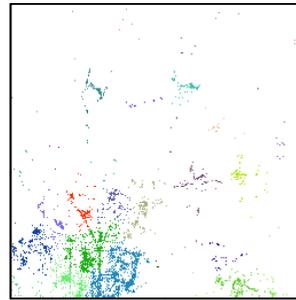


図 4 ジオタグによる写真のクラスタリング結果の例
Fig. 4 Landscape categories used in this work.

表 1 本研究で用いる風景カテゴリ

Table 1 Example of the result of photo clustering using geo-tags.

| 風景カテゴリ | SUN データベースの風景カテゴリ |
|--------|--|
| 町 | alley, amusement_park, bridge, building, fountain, gazebo, house, market, pagoda, plaza, railroad_track, shopfront, street, temple, tower, village |
| 森 | botanical_garden, forest, forest_path, park |
| 水辺 | bridge, canal, coast, creek, dam, hot-spring, islet, lake, ocean, pond, river, sea_cliff, waterfall |
| 平地 | amphitheater, badlands, desert, field |
| 山 | cliff, dam, mountain, sea_cliff, valley |

2.2.2 クラスタの風景カテゴリの決定

各クラスタの風景カテゴリを決定するため、はじめにクラスタに含まれる各写真の風景カテゴリを識別する。提案手法では、写真の識別に用いる特徴量として、SIFT (Scale-Invariant Feature Transform)⁷⁾ の BoF (Bag-of-Features)⁸⁾、および色特徴量を用いる。ここで、BoF を 500 ($= N_B$) 次元ベクトル $f_B = [x_1, x_2, \dots, x_{N_B}]$ と表す。また、色特徴量として HSV 色空間におけるヒストグラムを用いる。HSV 色空間の各軸を N_C 分割したものをピンとしたヒストグラムを作成する。このとき、色特徴量を $8^3 (= N_C^3)$ 次元ベクトル $f_C = [y_1, y_2, \dots, y_{N_C^3}]$ と表す。これらの特徴量を統合したものを、 $f = [f_B, f_C]$ とする。そして、 f を SVM (Support Vector Machine) を用いて識別する。次に、各クラスタにおいて、最も多くの写真を含む風景カテゴリをそのクラスタの代表とする。

ここで、本稿で風景カテゴリ識別に用いた SVM は、SUN データベース¹⁾ のラベル付きの写真を用いて学習した。風景カテゴリとして、表 1 に示すように、SUN データベースで用いられている 39 種の風景カテゴリを観光マップ用に 5 種に統合したものを用了。

2.2.3 観光マップインタフェースの作成

以上の結果から、観光マップを以下の手法で作成する。

- (1) 地図表示部に地図を表示する。
- (2) ジオタグに応じて地図上に写真を配置する。各写真を “ ” で表し、異なるクラスタに属する写真は異なる色で表現する。
- (3) 各クラスタの中心に、そのクラスタの風景カテゴリを示すアイコンを配置する。
- (4) 写真表示部に、指定されたクラスタに含まれる写真を配置する。

- (5) サムネイル表示部に、指定されたクラスタに含まれる写真のサムネイルを配置する。

3. 実験と考察

実際に Web 上から収集した大量の写真を用いて、提案手法により作成した観光マップの有効性に関する実験を行った。

3.1 観光マップの作成

本実験では、京都周辺を対象とした観光マップを作成した (図 1)。地図データとして、OpenMap を用い、(北緯, 東経) で表した矩形領域 ($35.00244^\circ, 135.71102^\circ$) - ($35.16454^\circ, 135.90946^\circ$) となる東西約 20 km × 南北 20 km の範囲を対象とした。そして、Panoramio からこの範囲に対応する写真を計 4,356 枚収集した。また、ジオタグを用いたクラスタリングを行う際、 $\theta = 2$ km とした。クラスタリングを行った結果、クラスタ数は 39 個、各クラスタに含まれる写真の平均枚数は 112 枚となった。また、写真のカテゴリ識別に用いた識別器は、SUN データベース¹⁾ に含まれる写真 16,689 枚を用いて学習し、同データベース内において交差検定をしたところ、識別率は約 77%であった。

3.2 観光マップの有用性に関する評価実験

作成した京都周辺の観光マップを用いて、被験者実験を行った。実験の流れを以下に示す。まず、被験者には京都周辺に旅行を計画中という想定の下で、Panoramio、および作成した観光マップを用いて、対象地域の風景を調べてもらった。そして、観光マップが持つ写真の風景カテゴリ分類機能について説明したうえで、その機能の有用性に関する 5 段階評価のアンケートに回答してもらった。本実験においてアンケートに回答した被験者は 25 人であった。

3.2.1 実験の結果と考察

アンケート調査の結果を図5に示す。図5から、「1.役に立つ」、「2.どちらかという役に立つ」を選択した人数が、25人中19人と全体の約76%を占めた。これによって、提案する観光マップが持つ写真の風景カテゴリ分類機能が、旅行先の情報収集に有用であることを確認した。これらの選択肢を選んだ被験者のコメントの抜粋を表2に示す。これらの意見は提案する観光マップの目的と一致するものであった。

一方、「3.どちらともいえない」、「4.どちらかという役に立たない」を選択した被験者のコメントの抜粋を表3に示す。これらの意見は、今後改善すべき点を示唆するものであ

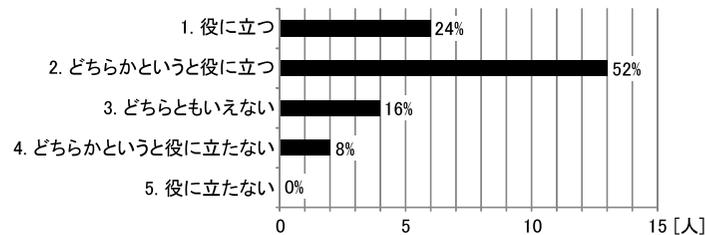


図5 観光マップの有用性に関するアンケート調査の結果

Fig.5 Result of questionnaire on the usefulness of the "sight-seeing map".

表2 「1.役に立つ」、「2.どちらかという役に立つ」を選んだ回答者のコメント抜粋

Table 2 Excerpts of comments from subjects who selected "1. Useful" or "2. Moderately useful".

| |
|---|
| はじめて行く場所のどこにどんな風景があるかを一目で把握できる。 |
| その場所で何が(どのカテゴリが)よく撮られているかが分かるから。 |
| 地域の情報は写真の数で評価されるので、隠れた名所が見つかりそう。 |
| タグが付いていない写真も観光マップなら分類検索できる。 |
| Panoramioのタグ検索との差別化として、観光マップでは多数の風景カテゴリを同時に表示できるから。 |

表3 「3.どちらともいえない」、「4.どちらかという役に立たない」を選んだ回答者のコメント抜粋

Table 3 Excerpts of comments from subjects who selected "3. Yes and no" or "4. Moderately unuseful".

| |
|---|
| 地域の代表的なカテゴリに含まれる写真だけを表示するのではなく、全部の写真をカテゴリごとの人気ランキングで表示すれば、もっと役に立つと思う。 |
| 正確に風景カテゴリを分類できる機能が追加されたら、便利かもしれない。 |
| カテゴリが曖昧で分かりにくかった、もっと具体的なカテゴリでないと利用しにくい。 |
| 風景なので、写真に2つのカテゴリが含まれている場合はどうなる。 |

る。具体的には、「地域全体の人気カテゴリランキングを表示する機能の追加」や「写真の風景カテゴリ識別精度の向上」、「風景カテゴリの定義の再検討」などの実現により、観光マップの有用性を向上させることができると考えられる。

4. むすび

本稿では、旅行を計画するユーザにとって直感的に分かりやすい地図として観光マップを提案した。また、Web上の大量の写真をジオタグと画像特徴に基づいて分類することにより観光マップを作成する手法を提案した。アンケート調査により、提案する観光マップが旅行を計画するユーザにとって有用であることを確認した。また、写真の風景カテゴリ分類性能を評価した。

今後の課題として、人気カテゴリランキング機能の追加や識別器の性能向上、風景カテゴリの定義の再検討などがあげられる。風景カテゴリは、現状ではSUNデータベースの風景カテゴリを単純に統合したものであるが、観光目的により特化したショッピングやグルメなどのカテゴリを新たに設定することによって、ユーザにとってより有益な観光マップが実現できると考えられる。そのようなカテゴリについて、画像を高精度で分類する手法についても検討したい。また、各風景カテゴリに属する画像のランキング手法についても検討したい。

謝辞 本研究の一部は科研費による。また、本研究のアンケート調査にご協力いただいた方々に感謝する。

参考文献

- 1) Xiao, J., Hays, J., Ehinger, K., Oliva, A. and Torralba, A.: SUN Database: Large-scale scene recognition from abbey to zoo, *Proc. 2010 IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, pp.3485–3492 (2010).
- 2) Lu, X., Wang, C., Yang, J., Pang, Y. and Zhang, L.: Photo2Trip: Generating travel routes from geo-tagged photos for trip planning, *Proc. 18th ACM International Conference on Multimedia*, pp.143–152 (2010).
- 3) Arase, Y., Xie, X., Hara, T. and Nishio, S.: Mining people's trips from large scale geo-tagged photos, *Proc. 18th ACM International Conference on Multimedia*, pp.133–142 (2010).
- 4) 柳井啓司: キーワードと画像特徴を利用したWWWからの画像収集システム, 情報処理学会論文誌: データベース, Vol.42, No.SIG 10(TOD 11), pp.79–91 (2001).
- 5) Crandall, D., Backstrom, L., Huttenlocher, D. and Kleinberg, J.: Mapping the World's Photos, *Proc. 18th International Conference on World Wide Web*, pp.761–

770 (2009).

- 6) Everitt, B., Landau, S. and Leese, M.: *Cluster analysis*, 4th edition, Wiley (2009).
- 7) Lowe, D.: Distinctive image features from scale-invariant keypoints, *International Journal of Computer Vision*, Vol.60, No.2, pp.91-110 (2004).
- 8) Csurka, G., Bray, C., Dance, C., Fan, L. and Willamowski, J.: Visual categorization with bags of keypoints, *Proc. ECCV 2004 International Workshop on Statistical Learning in Computer Vision*, pp.1-22 (2004).

(平成 23 年 4 月 11 日受付)

(平成 23 年 7 月 8 日採録)



王 佳な

平成 21 年名古屋大学工学部情報工学科卒業。平成 23 年同大学大学院情報科学研究科博士前期課程修了。修士(情報科学)。現在、(株)沖データ。



野田 雅文

平成 19 年名古屋大学工学部情報工学科卒業。平成 21 年同大学大学院情報科学研究科博士前期課程修了。現在、同博士後期課程在学中。電子情報通信学会学生会員。



高橋 友和

平成 9 年茨城大学工学部情報工学科卒業。平成 15 年同大学大学院理工学研究科博士後期課程修了。博士(工学)。同年名古屋大学大学院情報科学研究科 COE 研究員。平成 17 年日本学術振興会特別研究員。平成 20 年岐阜聖徳学園大学経済情報学部准教授、現在に至る。電子情報通信学会、画像電子学会各会員。



出口 大輔

平成 13 年名古屋大学工学部情報工学科卒業。平成 18 年同大学大学院情報科学研究科博士後期課程修了。博士(情報科学)。平成 16~18 年日本学術振興会特別研究員。平成 18 年名古屋大学大学院情報科学研究科研究員、同大学院工学研究科研究員。平成 20 年同大学院情報科学研究科助教、現在に至る。電子情報通信学会、日本医用画像工学会各会員。



井手 一郎(正会員)

平成 6 年東京大学工学部電子工学科卒業。平成 12 年同大学大学院工学系研究科博士課程修了。博士(工学)。同年国立情報学研究所助手。平成 16 年名古屋大学大学院情報科学研究科助教、平成 19 年同准教授、現在に至る。平成 16~22 年情報・システム研究機構国立情報学研究所客員助教授・准教授兼任、平成 22~23 年アムステルダム大学情報学研究所上級訪問研究員。電子情報通信学会シニア会員、映像情報メディア学会、人工知能学会、言語処理学会、IEEE Computer Society、ACM 各会員。



村瀬 洋(正会員)

昭和 53 年名古屋大学工学部電気工学科卒業。昭和 55 年同大学大学院修士課程修了。同年日本電信電話公社(現 NTT)入社。平成 4~5 年米国コロンビア大学客員研究員。平成 15 年名古屋大学大学院情報科学研究科教授、現在に至る。工学博士。IEEE、電子情報通信学会各フェロー。