

写真に付与されたジオタグに基づいた道草発見

青山 賢[†] 廣田 雅春^{††} 石川 博^{†††} 横山 昌平^{††††}

[†] 静岡大学情報学部 〒 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 東京都日野市旭が丘 6-6

^{††††} 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

E-mail: [†]cs10002@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 近年、GPS 機能を持つ携帯端末の普及により、ソーシャルメディアサイトで共有されているジオタグ付き写真が増加している。また、それらを応用する旅行支援を目的とした研究が行われている。従来手法では、多くの人々が訪れる主要な場所と順路の発見は行われているが、旅行の満足度は、そのような主要な場所だけでなく、移動中の道草にも影響される。そこで、本研究では、道草候補をユーザの移動開始地から目的地への移動中に立ち寄ることのできる場所と定義し、ソーシャルメディアサイトに投稿された写真のジオタグに基づいてユーザの順路を集約し、道草候補を発見する手法を提案する。また、ユーザの指定した2つの主要な観光地間の移動中に立ち寄ることが可能な道草候補を抽出し、閲覧可能なシステムを実装する。

キーワード Travel Route マイニング, 情報抽出, Flickr

1. はじめに

近年、デジタルカメラや、スマートフォンの普及により、人々は、日常生活や、旅行などにおいて、興味・関心を持つものを気軽に撮影できるようになった。それらの写真には、機器に付加されている GPS 機能によって、写真を撮影した地点の緯度経度情報などが付与されている。また、撮影した写真を Flickr^(注1) や Panoramio^(注2) などのソーシャルメディアサイトで共有する撮影者が増加している。例えば、Flickr では、2011 年に 4,000 万枚以上のジオタグ付き写真が共有されている [1]。そのため、これらの写真と写真に付与されている緯度経度情報を利用した研究が増加している。例として、写真に付与された緯度経度情報や撮影方向を用いて多くの写真が撮影されている地域とその周辺に存在するランドマークの発見を行う研究 [2] が挙げられる。また、1 人の撮影者による複数の写真の撮影位置情報の遷移を撮影者の移動ルートとみなして、旅行支援を目的とした、主要な観光地や観光ルート発見や推薦を行う研究が挙げられる。例として、複数の撮影者の移動ルートを組み合わせ、観光地での滞在時間を考慮したルートを生成する研究 [3] が挙げられる。

しかし、主要な観光地や観光ルートの推薦では、推薦される観光地やルートが限定されてしまうため、ユーザにとって既知のものが推薦されてしまう可能性がある。同様に、利用者の嗜好を考慮した推薦においても、ユーザにとって既知のものが推薦される可能性があり、必ずしも利用者の嗜好を考慮することが、利用者の満足度の向上につながるとは限らない。

そのため、近年では、推薦結果に意外性などの要素が加わっ

た概念であるセレンディビティを考慮することで利用者の満足度を向上させる試みがある [4]。このような研究では、観光ルートや効率の良いルートの推薦 [5] において、目的地への移動中に立ち寄る場所がユーザの満足度に影響することが指摘されている。そこで、本研究では、移動中に人々が立ち寄った場所に着目し、人々が興味を持つ対象が含まれる場所の発見を目指す。本研究では、出発地から目的地の間に、他の場所に立ち寄ることを道草と定義する。

本研究では、ソーシャルメディアサイトに投稿された写真に付与されているジオタグに基づいてユーザの順路を集約し、道草候補を発見する手法を提案する。また、ユーザが指定した2つの主要な観光地間の移動中に立ち寄ることが可能な道草候補を発見し、閲覧可能なシステムを実装する。道草候補とは、ユーザの移動開始地から目的地への移動中に立ち寄ることのできる場所を表す。

道草候補の発見のイメージを図 1 に示す。提案手法では、移動開始地と目的地を指定することにより、その移動中に立ち寄ることのできる場所が道草候補として発見される。写真集合を旅行単位に分割し、これらを利用して指定された出発地から目的地への移動軌跡を抽出する。それらの移動軌跡に含まれる写真に付与されたジオタグから道草を行った場所を発見し、道草候補を決定する。

ユーザの移動軌跡として、写真に付与されたジオタグを用いるもののほかに、GPS ロガーにより取得された軌跡データが挙げられる。写真による移動軌跡データと比較して、GPS ロガーによる移動軌跡データは、人々の動きや速度が正確に把握できるという利点がある。しかし、これらのデータは Web 上で共有されている量が少なく、大量に入手することは困難である。一方、ジオタグが付与された写真は Web 上に大量に共有

(注1) : <http://www.flickr.com/>

(注2) : <http://www.panoramio.com/>

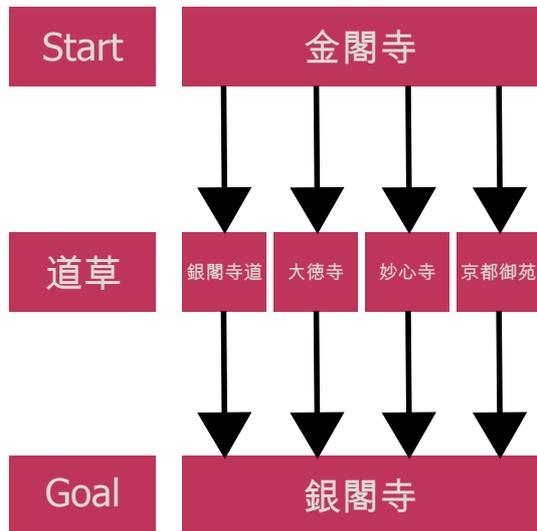


図 1 道草候補の発見例

されており、写真に付与されているジオタグから、十分な精度で移動軌跡を発見することが可能である [6]。また、写真を用いることで、人々が興味を持つ地点のみに着目することが可能である。そのため、本研究では、人々の移動軌跡を発見するデータとして、写真に付与されたジオタグを用いる。

本論文の構成は次のとおりである。2 章では、本研究と関連研究の差分について述べる。3 章では、提案手法の概要について述べる。4 章では、提案手法の実行例を示し、それに対する考察を述べる。5 章では、本研究で得られた成果のまとめについて述べる。

2. 関連研究

ジオタグが付与された写真を用いて、観光地や観光順路を発見する研究として、Li の研究 [7] や Gaggi の研究 [8] が挙げられる。Li は、写真に付与されたジオタグを用いて人々が興味を持つ場所を発見し、ユーザの入力に応じて、出発地が毎日異なる複数日間の旅行の経路を推薦するシステムを提案した。また、Gaggi は、写真に付与されたタグやジオタグを用いて、広く知られてはいない多くの人が興味を持つ場所を発見し、ユーザの入力に応じて、2 つの場所間で寄り道する場所を推薦するシステムを提案した。これらのシステムでは、密度ベースのクラスタリング手法を利用して人々が興味を持つ場所を発見する。密度ベースの手法は、写真が多く撮影された場所の発見に用いられるため、撮影された写真数が少ない場所はあまり着目されない。しかし、そのような場所でも人々が興味を持つ対象が含まれる場所が存在すると考えられる。そのため、これらのシステムでは、道草に適した場所を発見することは困難である。本研究では、主要な場所間における道草に適した場所を発見することを目指す。

Arase らの研究 [9] では、写真に付与された撮影時刻、ジオタグ、タグに基づいて写真集合を分割し、頻出移動パターンを発見する。それらを目的ごと (e.g. イベント、ランドマークの観光) に分類し、ユーザの入力に応じて旅行を推薦するシステ

ムを提案した。Arase らのシステムでは、都市規模での旅行を推薦するため、都市内での観光地やその順路を提示することは困難である。本研究では、都市内の主要な場所間の道草の発見を目指す。

ジオタグが付与された写真を用いて、人々が興味・関心を持つ対象が含まれる場所を発見する研究として、Kisilevich らの研究 [10] や Shirai らの研究が挙げられる。これらの研究においても、密度ベースのクラスタリング手法を利用して人々が興味を持つ場所を発見する。そのため、道草候補となるような場所を発見することは困難である。本研究では、写真の枚数ではなく、ある 2 地点間における写真の撮影者の移動軌跡や道草候補に対する写真の撮影者の関心度を考慮することにより、道草に適した場所を発見する。

3. 提案手法

本研究では、ソーシャルメディアサイトに投稿された写真のジオタグに基づいてユーザの順路を集約し、道草候補を発見する。人々の住居を基点とした 1 つ以上の場所への移動軌跡を Trip と定義する。また、移動開始地から目的地への移動中に人々が立ち寄った場所を道草 Venue と定義する。

提案手法によって発見した道草候補をユーザに提示するための閲覧システムを実装する。閲覧システムの構成を図 2 に示す。本システムはサーバサイドとクライアントサイドで構成されている。

サーバサイドでは、クライアントサイドにおいてユーザが入力した移動開始地と目的地間の道草候補を発見する。このとき、道草候補として、複数の場所が抽出されることが考えられる。そのため、道草候補としての好ましさをランク付けをする。そして、それぞれの道草候補とランキング結果、および道草候補内で撮影された写真に関する情報をクライアント側に送信する。

クライアントサイドでは、ユーザが入力した移動開始地と目的地をサーバ側に送信する。また、サーバサイドから受け取った結果に基づいて移動開始地、目的地、および道草候補とそのランキング結果を地図上に表示する。加えて、それぞれの道草候補で撮影された写真を表示可能とする。

3.1 データの管理

道草の発見に用いる写真と写真に付与されているジオタグ、撮影時刻を管理するデータベースを作成する。本研究では、写真に付与されたジオタグとして、写真の撮影位置情報 (Exif の GPSPLatitude, GPSPLongitude) を用いる。Flickr API を用いて、ジオタグが付与されている写真とそのジオタグ (Exif の GPSPLatitude と GPSPLongitude)、写真の撮影時刻情報 (Exif の DateTimeOriginal)、および写真の撮影者情報を Flickr から取得し、データベースに格納する。本研究では、写真の撮影者 u の Photo Collection を PC_u と定義する。

3.2 Photo Collection の分割

PC_u を、写真に付与された撮影時刻に基づいて、Trip に分割する。Photo Collection の分割例を図 3 に示す。 PC_u に含まれる写真を、撮影時刻が古い順にソートする。ソートされた写真において、連続する 2 つの写真 ($p_k^u, p_{k+1}^u \in PC_u$) が次の

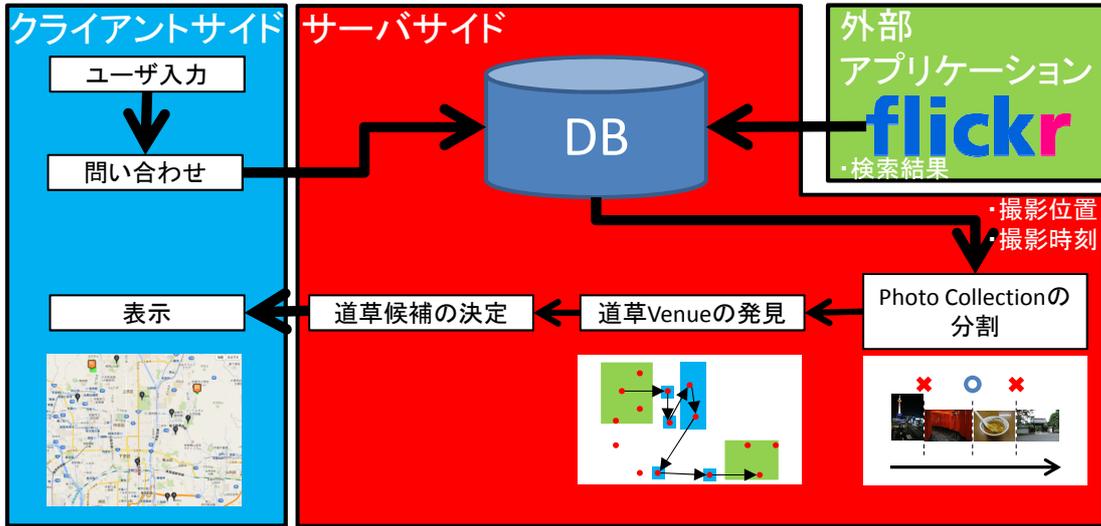


図 2 道草候補閲覧システムの構成

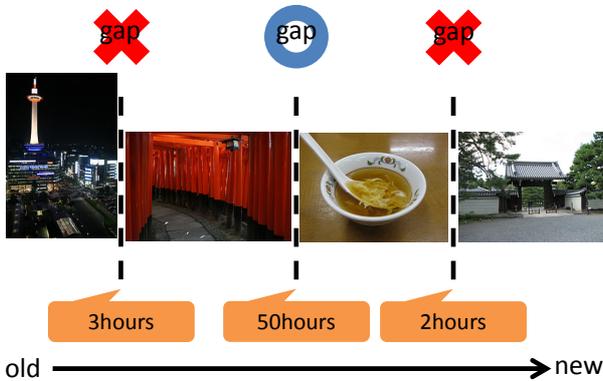


図 3 Photo Collection の分割例

式を満たすとき、Photo Collection の分割点として、 p_k^u, p_{k+1}^u をそれぞれ別の Trip とする。

$$K \leq t_{k+1}^u - t_k^u \quad (1)$$

ここで、 K は閾値を表す。また、 t_k^u は p_k^u が撮影された時刻を表す。

3.3 道草 Venue の発見

道草 Venue の発見を行う前に、ユーザの移動開始地 S と目的地 G の決定を行う。ただし、 S と G は異なる場所を指定する必要がある。

指定された S と G の領域を用いて、Trip を集約し、 S, G 間の移動における道草 Venue を発見する。はじめに、全撮影者の Trip から、 S から G へ移動した撮影者およびその撮影者の移動軌跡を抽出する。Trip から抽出した S から G への移動軌跡を Segment と定義する。Segment は S から G への移動軌跡であるため、 S の領域内で最後に撮影された写真 p_i^u から、 G の領域内で最初に撮影された写真 p_j^u までの軌跡を Trip から抽出する。Trip と Segment は、次の式を用いて表す。

$$Trip = \{p_0^u, \dots, p_i^u, \dots, p_j^u, \dots\} \quad (2)$$

$$Segment = \{p_i^u, \dots, p_j^u \mid 0 \leq i, j < |PC_u|, i < j\} \quad (3)$$

Trip から Segment の抽出を行い、道草 Venue を発見するま

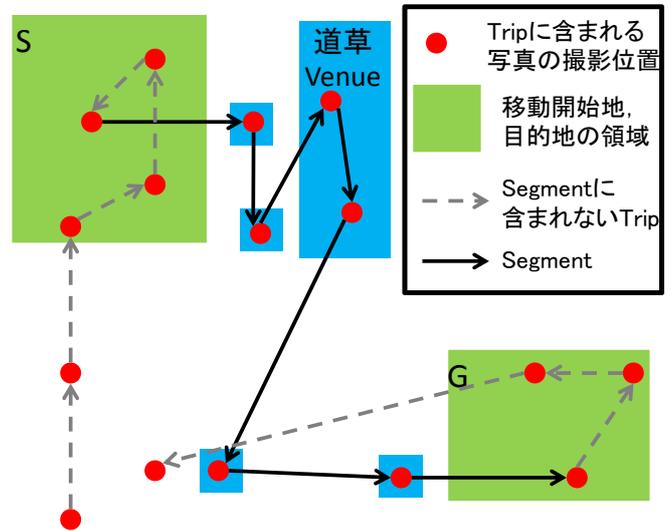


図 4 Segment の抽出と道草 Venue の発見の例

での例を図 4 に示す。それぞれの点は写真の撮影位置を表し、矢印は、写真が撮影された順番を表す。実線の矢印は Segment を表し、点線の矢印は Trip の中で Segment に含まれない箇所を表す。また、それぞれの四角は移動開始地、目的地、および道草 Venue を表す。

次に、写真に付与されたジオタグを用いて、Segment から道草 Venue を発見する。道草 Venue の発見には写真の撮影位置の住所表現を用いる。ここで、図 4 より、Segment に含まれる写真のうち、撮影時間が最も古い写真と最新の写真はそれぞれ移動開始地と目的地に含まれていることが分かる。これらの写真は道草 Venue に該当しないため、あらかじめ除外する。そして、残った全ての写真に付与されたジオタグに対して逆ジオコーディングを行い、それぞれの写真の撮影位置の住所表現を取得する。逆ジオコーディングには、Google Geocoding API^(注3)を用いた。京都御苑のような広い場所は、同じ敷地内で

(注3) : <https://developers.google.com/maps/documentation/geocoding/>

あっても“京都市上京区京都御苑 23”や“京都市上京区京都御苑 3”のように複数の住所を持つ場合がある。それらは番地の前で区切ることによって同一の住所（京都市上京区京都御苑）となり、1つの道草 Venue として発見することが可能であると考えられる。そのため、取得した住所を番地の前で区切り、撮影位置が同じ住所になる写真毎にまとめ、それぞれを道草 Venue とする。それぞれの道草 Venue に含まれる写真の緯度経度の重心を求め、それぞれの道草 Venue の位置とする。

3.4 道草候補の決定

最後に、道草 Venue から道草候補を決定する。道草候補を決定するために、それぞれの道草 Venue に対する関心度を算出する必要がある。関心度の指標として、ある撮影者が道草 Venue 内で撮影した写真数に着目する。ある場所で同一の撮影者によって撮影された写真数はその場所における興味の度合いを表していると考えられる。しかし、撮影する写真数は撮影者によって個人差がある。そこで、 S から G までの Segment の写真数に対する道草 Venue で撮影された写真数の割合を求めることで正規化し、その割合を Segment における道草 Venue に対する撮影者の関心度と仮定する。道草 Venue で写真が撮影された Segment における関心度の平均値を算出し、道草 Venue のスコアとする。道草 Venue のスコアは次の式を用いて求める。

$$Score = \frac{1}{|Seg_V|} \sum_{s \in Seg_V} \frac{|P_s^V|}{|P_s| - 2} \quad (4)$$

ここで、 $|Seg_V|$ は道草 Venue V で写真が撮影された Segment の数を表す。また、 $|P_s|$ は道草 Venue V で撮影された写真が含まれる Segment s に含まれる写真数を表し、 $|P_s^V|$ は Segment s で撮影された写真のうち、道草 Venue V で撮影された写真数を表す。Segment の写真数から 2 を引いた数を Segment の写真数としているのは、Segment は S の領域内で最後に撮影された写真と G の領域内で最初に撮影された写真を含んでおり、それらは関心度の算出には用いないためである。ユーザが既知である場所の領域内の道草 Venue を除いて、スコアのランキングを作成し、上位 M 位までの道草 Venue を道草候補とする。

4. 実行結果

提案手法の実行結果を示し、結果の考察を行う。また、道草 Venue の関心度の算出における写真数の正規化の必要性を確認するために、提案手法の結果と道草 Venue で撮影された写真数をスコアとした時の結果の比較を行う。

4.1 データセット

今回は、京都市内の道草候補の発見を行う。 S と G の候補として京都市内の主要な観光地を選出する。Webtown-京都^(注4)、古都コトきょと^(注5)、フォートラベル^(注6)、トリップアドバイザー^(注7)の4つの観光情報サイトにおける京都の観光地のランキングにおいて、上位30位以内にランクインしているサイト

(注4) : <http://www.webtown-kyoto.com/>

(注5) : <http://www.syasin.biz/>

(注6) : <http://4travel.jp/>

(注7) : <http://www.tripadvisor.jp/>

表1 選出した観光地と上位30位以内にランクインしているサイト数

	観光地名	サイト数
1	金閣寺	4
2	清水寺	4
3	二条城	4
4	銀閣寺	4
5	龍安寺	4
6	平安神宮	4
7	嵐山	4
8	三十三間堂	3
9	東寺	3
10	伏見稲荷大社	3

表2 図5における道草候補のランキング

順位	住所	周辺施設
1	京都市左京区銀閣寺町	銀閣寺道
2	京都市北区紫野大徳寺町	大徳寺
3	京都市右京区花園妙心寺町	妙心寺
4	京都市伏見区稲荷山官有地	伏見稲荷大社
5	京都市伏見区深草開土口町	伏見稲荷大社
6	京都市上京区京都御苑	京都御苑
7	京都市左京区南禅寺福地町	南禅寺
8	京都市左京区岡崎成勝寺町二条通	京都市美術館
9	京都市下京区東塩小路町塩小路通	京都タワー
10	京都市東山区円山町	知恩院

数が多い10ヶ所の観光地を選出した。選出した観光地を表1に示す。選出した主要な観光地 N ヶ所についてはユーザが既知の場所であると仮定し、選出した10ヶ所の観光地の領域内の道草 Venue を除いて、スコアのランキングを作成する。

選出した10ヶ所の観光地から2ヶ所を選出し、一方を移動開始地、もう一方を目的地とした。また、 $K = 24[h]$ とした。スコアが上位10位までの道草 Venue を道草候補とする。データセットとして、Flickr から取得した京都市内で撮影された写真303,140枚（撮影者9,601人）を用いた。

4.2 実行例

移動開始地を“金閣寺”、目的地を“銀閣寺”とした時の道草候補の発見結果を図5に示す。黄緑色の領域は移動開始地（金閣寺）、目的地（銀閣寺）の領域を表している。また、数字が書かれているマーカーは道草候補を表しており、マーカーに書かれている数字はユーザ数のランキングにおける順位と対応している。

図5における道草候補のランキングと住所表現を表2に示す。また、道草 Venue の位置と写真を Google Maps^(注8) や Google Street View^(注9) と比較し、訪れたと考えられる周辺施設を併記する。

図5と表2より、金閣寺から銀閣寺の移動中に立ち寄ることが可能な場所として、銀閣寺道、大徳寺、妙心寺、京都御苑などが発見された。これらの道草候補は、金閣寺から銀閣寺に移動する際に、他の道草候補よりも近くに存在し、関心度も高い。

(注8) : <http://maps.google.com/>

(注9) : <http://www.google.co.jp/help/maps/streetview/>



図5 移動開始地を金閣寺、目的地を銀閣寺とした時の実行結果

また、道草候補の中でもランキングの下位である京都タワーなどは、金閣寺から銀閣寺に移動する際に、道草候補とするには金閣寺や銀閣寺との距離が離れていることが分かる。よって、金閣寺から銀閣寺へ移動した人々の関心度が高く、立ち寄ることも可能な道草 Venue が道草候補として発見できたと考えられる。

また、図5と表2より、伏見稲荷大社のように、1つの道草候補と扱われると考えられる場所から複数の道草候補が抽出される場合があることが分かる。これは、住所表現を用いて道草 Venue を発見していることが原因であると考えられる。住所表現を用いた場合、同じ道草 Venue として扱われると考えられる場所であっても、異なる住所の場合は異なる道草 Venue として発見されることがある。例えば、伏見稲荷大社では、その周辺に「京都市伏見区稲荷山官有地」や「京都市伏見区深草開土口町」といった住所表現が抽出される。そのため、1つの場所として扱われるべき道草 Venue が複数に分かれてしまう。このような課題を解決するために、住所表現以外の方法を用いた道草 Venue の発見手法や複数に分かれてしまう道草 Venue を統合する手法を検討する必要があると考えられる。

道草 Venue のスコアを道草 Venue で撮影された写真数にした場合の実行結果を図6に示す。また、図6における道草候補の順位と住所表現、および訪れたと考えられる周辺施設を表3に示す。“-”は訪れたと考えられる周辺施設が発見されなかったことを表す。表2と表3より、提案手法でのランキング結果が6位であった京都市上京区京都御苑が、写真数によるランキング結果では1位であることが分かる。この原因として、ある一人の撮影者が大量に写真を撮影していることが挙げられる。ある撮影者が京都市上京区京都御苑で撮影した写真は48枚であった。これは京都市上京区京都御苑で撮影された写真の80%以上

を占めている。また、清水寺と八坂神社の間に存在する道草候補（京都市東山区祇園町北側、京都市東山区栴屋町、京都市東山区東大路通、京都市東山区祇園町南側、京都市東山区下河原町、京都市東山区清水3丁目）は、ある一人の撮影者が大量の写真撮影したことにより発見された道草候補であった。これらの道草候補は、金閣寺や銀閣寺との距離も遠く、道草候補として適切ではないと考えられる。これらのことから、撮影する写真の数には個人差があるため、撮影者の関心度を算出するために写真数を正規化する必要があることが分かる。

5. おわりに

本研究では、ソーシャルメディアサイトに投稿された写真のジオタグに基づいてユーザの順路を集約し、道草候補を発見する手法を提案した。加えて、提案手法によって発見した道草候補をユーザに提示するための閲覧システムを作成した。提案手法では、写真に付与されたジオタグに逆ジオコーディングを行うことで写真の撮影者の数や写真数に依存せずに道草 Venue の発見を行った。そして、撮影者の関心度を用いて道草 Venue のスコアを算出し、道草候補を決定した。また、移動開始地を“金閣寺”、目的地を“銀閣寺”として提案手法を実行し、結果に対して考察を行った。考察より、関心度算出における写真数の正規化の必要性を確認した。

今後の課題として、1つとして扱われるべきであるが複数に分かれてしまう道草 Venue への対応が挙げられる。提案手法では、1つとして扱われるべき道草 Venue であっても、住所表現が異なる場合、道草 Venue が複数に分かれてしまう。道草 Venue の統合には、Foursquare^(注10)の Venue などの利用が考

(注10) : <https://ja.foursquare.com/>



図 6 道草 Venue で撮影された写真数をスコアとした時の実行結果

表 3 図 6 における道草候補のランキング

順位	住所	周辺施設
1	京都市上京区京都御苑	京都御苑
2	京都市下京区東塩小路町	京都タワー
3	京都市西京区嵐山元禄山町	嵐山モンキーパークいわたやま
4	京都市西京区嵐山中尾下町	嵐山公園
4	京都市東山区祇園町北側	八坂神社
5	京都市東山区榎屋町	京都霊山護国神社周辺
6	京都市下京区東塩小路町塩小路通	京都タワー
7	京都市左京区南禅寺福地町	南禅寺
8	京都市東山区東大路通	八坂神社周辺
8	京都市東山区祇園町南側	八坂神社
8	京都市左京区岡崎成勝寺町二条通	京都市美術館 別館
9	京都市東山区下河原町	ねねの小径
9	京都市右京区花園妙心寺町	妙心寺
9	京都市右京区嵐山高雄パークウェイ	-
10	京都市左京区銀閣寺町	銀閣寺道
10	京都市東山区清水 3 丁目	産寧坂

えられる。また、道草候補の決定に時間や距離を考慮することが挙げられる。提案手法では、移動開始地や目的地からの距離や、移動開始地から道草候補に立ち寄り、目的地へ移動するのに必要な所要時間は考慮していない。しかし、道草候補を推薦することを考慮した場合に、ユーザが移動開始地から目的地までに費やすことが可能な時間には限りがある。また、道草は移動中に立ち寄ることであるため、移動開始地や目的地の周辺や、その間に存在することが好ましいと考えられる。よって、道草候補の決定に時間や距離を考慮することが必要である。

文 献

- [1] Yan-Tao Zheng, Zheng-Jun Zha, and Tat-Seng, "Research and Applications on Georeferenced Multimedia: a Survey", Multimedia Tools and Applications Archive, 2011
- [2] Motohiro Shirai, Masaharu Hirota, Shohei Yokoyama, Naoki Fukuta, and Hiroshi Ishikawa, "Discovering Multiple HotSpots using Geo-tagged Photographs", 20th ACM SIGSPATIAL International Conference on Advances in Geographic Information Systems, 2012
- [3] Xin Lu, Changhu Wang, Jiang-Ming Yang, Yanwei Pang, and Lei Zhang, "Photo2Trip: generating Travel Routes from Geo-Tagged Photos for Trip Planning", 18th ACM International Multimedia Conference, 2010
- [4] 福島良典, 大沢幸生, "ソーシャルメディアを利用したセレンディピティな推薦", 2012 年度人工知能学会全国大会, 2012
- [5] Dimitris Sacharidis, Panagiotis Bouros, "Routing Directions: Keeping it Fast and Simple", 21st ACM SIGSPATIAL International Conference on Advances in Geographic Information Systems, 2013
- [6] 奥山幸也, 柳井啓司 "写真撮影の位置軌跡を利用した旅行支援システム", 第 3 回データ工学と情報マネジメントに関するフォーラム, 2011
- [7] Xun Li, "Multi-Day and Multi-Stay Travel Planning using Geo-Tagged Photos", 2nd ACM SIGSPATIAL International

Workshop on Crowdsourced and Volunteered Geographic Information, 2013

- [8] Ombretta Gaggi, “Discovering Local Attractions from Geo-Tagged Photos”, 28th Symposium On Applied Computing, 2013
- [9] Yuki Arase, Xing Xie, Takahiro Hara, and Shojiro Nishio, “Mining People’s Trips from Large Scale Geo-tagged Photos”, 18th ACM International Multimedia Conference, 2010
- [10] Slava Kisilevich, Florian Mansmann, and Daniel 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