

ジオタグ付き写真を用いた 様々な観光地の平均的な滞在時間の推定

青山 賢^{1,a)} 廣田 雅春^{2,b)} 石川 博^{3,c)} 横山 昌平^{1,d)}

概要：ジオタグを用いた観光地や観光ルートを推薦する研究において、観光地における滞在時間は重要な要素である。それらの研究では、観光地で写真を撮影した期間をそのまま滞在時間としている。しかし、観光地の滞在中の人々の移動距離、撮影する写真数、および撮影間隔などは個人差があり、必ずしも滞在中に常に同じように写真を撮影しているとは限らない。そこで、本研究では、これらを考慮することにより滞在時間をより正確に推定することを目指す。提案手法では、ある観光地で一定枚数以上を一定距離以上移動して撮影した、複数の撮影者の移動軌跡の最初と最後の写真の撮影日時の差を算出し、それを集約することで、観光地の滞在時間を推定する。

1. はじめに

近年、世界中の旅行者は増加傾向にある。世界観光機関によると、2014年には1年間の国際観光客到着数は11億を上回り、過去最高を更新した^{*1}。また、外国人観光客の通信環境の整備が急速に行われており、それに伴い旅行者の観光を支援するためのWebサービスも多数存在している。例えば、TripAdvisor^{*2}には、訪れた人々の口コミや評価などが記載されている。また、地球の歩き方^{*3}には、住所、行き方、営業時間、滞在時間などの観光地に関する様々な情報が記載されている。これらの観光情報サイトに記載されている情報の中で、観光地の滞在時間は旅行を計画する際に重要な要素であると考えられる。例えば、観光ツアーの自由時間に行ける観光地には位置と時間の制約がある。この時、観光情報サイトを見れば、主要な観光地ならば滞在時間の目安を知ることができる。しかしながら、主要で

はない観光地の滞在時間は記載されておらず、また、記載されていても観光情報サイトによって全く異なる滞在時間が記載されている観光地が存在するという問題点が挙げられる。この問題に対して、本研究ではソーシャルメディアサイトで共有されているデータを用いて、実際にそこに訪れた人々の情報から滞在時間を推定する手法を提案する。

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、撮影機器に搭載されているGPSによって、写真を撮影した地点の緯度経度情報などを表すジオタグが付与されている。また、撮影した写真をFlickr^{*4}やPanoramio^{*5}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おり、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は急速に増加している [1]。

それらの写真と写真に付与されているジオタグを利用した研究が盛んである。例えば、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] や、雪や緑に覆われている地域を地図上に可視化する研究 [3] などが挙げられる。また、主要な観光地や観光ルートの発見や推薦を行う研究が挙げられる。このようなジオタグを用いた観光地や観光ルートを推薦する研究において、観光地における人々の滞在時間は重要な要素であると指摘されている [4]。

ジオタグ付き写真を用いて観光地や観光ルートを推薦する研究では、観光地の領域内で撮影された最初と最後の写

¹ 静岡大学大学院情報学研究科

Graduate School of Informatics, Shizuoka University

² 大分工業高等専門学校情報工学科

Department of Information Engineering, National Institute of Technology, Oita College

³ 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
Division of Information and Communication Systems, Faculty of System Design, Tokyo Metropolitan University

a) gs14001@s.inf.shizuoka.ac.jp

b) m-hirota@oita-ct.ac.jp

c) ishikawa-hiroshi@sd.tmu.ac.jp

d) yokoyama@inf.shizuoka.ac.jp

*1 http://dtxqtq4w60xqpw.cloudfront.net/sites/all/files/pdf/unwto_barom15_01_january_excerpt_1.pdf

*2 <http://www.tripadvisor.jp/>

*3 <http://www.arukikata.co.jp/>

*4 <http://www.flickr.com/>

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

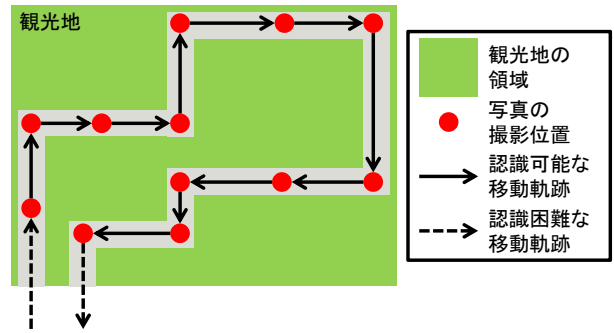
真に付与されている撮影日時をそのままその観光地の滞在時間としている [5][6][7]. しかし、観光地の滞在中の人々の移動距離、撮影枚数、および撮影間隔などは個人差があり、必ずしも滞在中に常に同じように写真を撮影しているとは限らない. 図 1 に観光地での撮影者の滞在中の移動軌跡と写真の撮影位置の例を示す. それぞれの点は写真の撮影位置を表しており、矢印は写真が撮影された順番を表す. 実線の矢印は写真に付与されているジオタグ、撮影日時から認識可能な滞在中の移動軌跡を示しており、点線の矢印は写真に付与されているジオタグ、撮影日時から観光地に滞在中であると認識することが困難である移動軌跡を表す. 図 1(a) の移動軌跡は観光地の領域内を広く網羅しており、その移動中に写真を撮影している. 一方、図 1(b) の移動軌跡は観光地の領域内の奥の一部でのみ写真を撮影している. 図 1(a) の移動軌跡の滞在時間を求める場合、最初の写真と最後の写真の撮影日時の差をとることで、図 1(b) の場合よりも、観光地での滞在時間を把握することが可能である. 図 1(b) の移動軌跡の滞在時間を求める場合、最初の写真と最後の写真の撮影日時の差をとると、観光地の領域内に入ってから奥まで進み、最初の写真を撮影するまでの時間と最後の写真を撮影し、奥から観光地の領域外に出るまでの時間が考慮されないため、この移動軌跡における実際の滞在時間を把握することは困難である. したがって、図 1(b) のように観光地の領域内の一部分でのみ写真が撮影された移動軌跡から求めた滞在時間を、観光地での滞在時間とすることは適切ではないと考えられる.

そこで、本研究では、ソーシャルメディアサイトで共有されている写真に付与されているジオタグと撮影日時を用いて、観光地の滞在中の移動距離や撮影した写真数を考慮することで、撮影者の滞在時間を推定する手法を提案する. 撮影者の観光地に滞在中の移動軌跡は、撮影者が撮影した写真を撮影日時順に並べた写真列から抽出する. 本研究では、この写真列をフォトストリームと呼ぶ. ある観光地の領域内で一定枚数以上を一定距離以上移動して撮影した、複数の撮影者の移動軌跡の最初と最後の写真の撮影日時の差を算出し、それを集約することで、観光地の平均的な滞在時間を推定する.

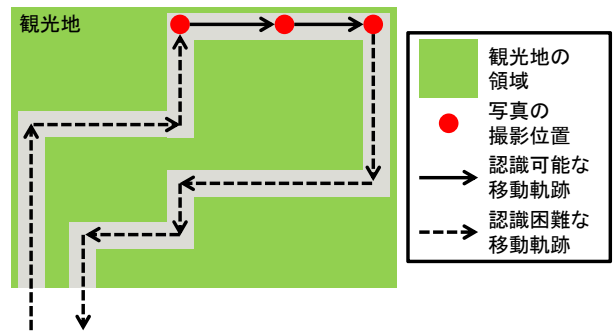
本論文の構成は次のとおりである. 2 章では、本研究と関連研究の差分について述べる. 3 章では、提案手法の概要について述べる. 4 章では、提案手法による観光地の平均的な滞在時間の推定についての実験を行い、それに対する考察を述べる. 5 章では、本研究で得られた成果と今後の課題について述べる.

2. 関連研究

旅行支援を目的とした、写真に付与されているジオタグを用いた主要な観光地や観光ルートの発見や推薦に関する研究が盛んである. これらの研究では、フォトストリーム



(a) 広い範囲で網羅的に写真が撮影されている例



(b) 一部分でのみ写真が撮影されている例

図 1 観光地における撮影者の移動軌跡の例

に含まれている写真の撮影位置の遷移を撮影者の移動軌跡とみなしている. 撮影者の移動軌跡を用いた研究の例として、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ルートを紹介する研究 [8], 複数の撮影者の移動軌跡を組み合わせ、観光地での滞在時間を考慮した観光ルートを推薦する研究 [9], および移動軌跡を 6 つのカテゴリ (Landmark, Nature, Gourmet, Event, Business, Local) に分類し、カテゴリごとに頻出旅行ルートを発見する研究 [10] などが挙げられる. これらの研究では、観光地や観光ルートを推薦するために、写真に付与されているジオタグや撮影日時を用いて観光地における撮影者の滞在時間の推定を行っている. ユーザは限られた時間の中で旅行をするため、滞在時間は観光ルートの推薦において重要な要素である. 滞在時間をより正確に推定することが可能であれば、より正確な観光ルートの推薦が可能であると考えられる. そのため、滞在時間をより正確に推定することは重要である.

写真に付与されているジオタグを用いた観光地や観光ルートの推薦に関する研究において、場所の滞在時間が利用されている. Xu ら [5] は、ある都市における観光地を推薦するために、他の都市におけるユーザの旅行履歴や、時間、季節、天候などのコンテキストを考慮した手法を提案

した。Majidら [6] は、時間、天候などのコンテキストに基づいて、旅行者が興味を持つと考えられる場所やルートを推薦する手法を提案した。これらの研究では、それぞれの場所の領域内で最初に撮影された写真の撮影日時と最後に撮影された写真の撮影日時の差をそれぞれの移動軌跡の滞在時間としており、これらの中央値や平均値をそれぞれの場所の滞在時間としている。また、Popescuら [4] は、写真数と撮影間隔を考慮して観光地の滞在時間の推定を行った。しかし、観光地の領域内の一部分でのみ写真が撮影された移動軌跡の滞在時間を用いて、観光地の滞在時間を推定することは適切ではないケースも考えられる。移動距離を考慮しない場合、図 1(b) のように一部分でしか写真を撮影していない移動軌跡を含めて観光地の滞在時間の推定を行うと、実際の滞在時間と大きく異なってしまう場合があると考えられる。

また、写真に付与されているジオタグを用いた滞在時間に関する研究が行われている。Limら [7] は、滞在時間は人々の興味を表すと仮定し、撮影者の滞在時間とそれぞれの場所の平均滞在時間に基づいてそれぞれのカテゴリに対する撮影者の興味度を算出し、興味度や場所の人気に基づいて観光ルートを推薦する手法を提案した。この研究では、全ての撮影者の滞在時間の平均値を用いている。しかし、観光地の領域内の一部分でのみ写真が撮影された移動軌跡の滞在時間を用いて、観光地の滞在時間を推定することは、滞在時間を用いた研究と同様に適切ではないケースも考えられる。そこで、本研究では写真数や移動距離を考慮することにより、滞在時間をより正確に推定することを目指す。

3. 提案手法

本研究では、ソーシャルメディアサイトで共有されている写真に付与されているジオタグと撮影日時を用いて、観光地の滞在中の撮影者の移動距離や撮影した写真数などを考慮した滞在時間を推定する。フォトストリームからそれぞれの観光地の滞在中の移動軌跡を抽出し、抽出した移動軌跡に含まれている写真に付与されているジオタグと撮影日時から算出した移動距離や写真数に基づいて滞在時間を推定する。

3.1 滞在中の移動軌跡の抽出

それぞれの撮影者のフォトストリームから、ある観光地の領域内で撮影された写真が 2 枚以上連続している部分をその観光地の滞在中の移動軌跡として抽出する。それぞれの観光地の領域は人手で指定する。写真の撮影位置が同じ観光地の領域内であれば、それらの写真は同じ観光地で撮影された写真であるとみなす。そのため、ジオタグが付与されていない写真は考慮しないこととする。長時間写真が撮影されていない場合には、その間に他の場所に移動して

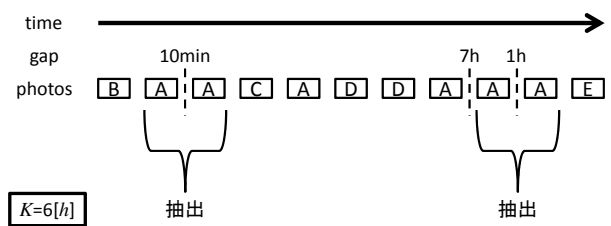


図 2 観光地滞在中の移動軌跡の抽出例

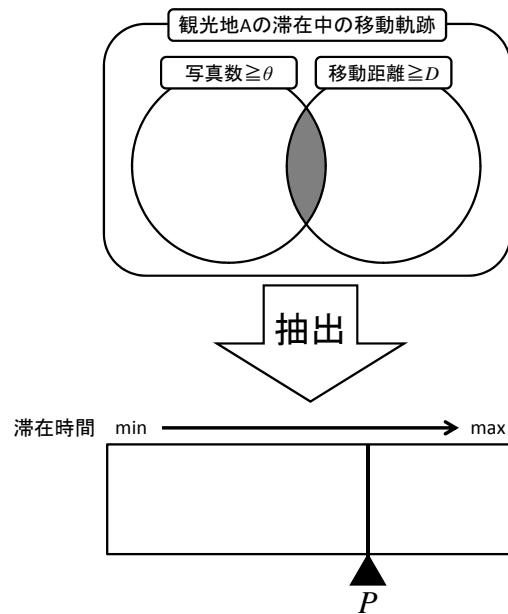


図 3 滞在時間の推定の手順

いると考えられる。そのため、連続する 2 つの写真の撮影日時の差が K 以上の場合、それぞれを別の滞在中の移動軌跡とする。

図 2 に抽出例を示す。写真に書かれているアルファベットは、写真が撮影された場所を表す。今回は、 $K = 6[h]$ とし、観光地 A に滞在中の移動軌跡を抽出することを考えると、2~3 枚目と 9~10 枚目の部分を観光地 A の滞在中の移動軌跡として抽出する。5 枚目と 8 枚目も観光地 A の領域内で撮影された写真であるが、5 枚目は観光地 A の領域内の写真が 2 枚以上連続していないので抽出されず、8 枚目は 9 枚目と撮影日時の差が 6 時間以上あるため、9~10 枚目とは別の滞在とみなされ、観光地 A の領域内の写真が 2 枚以上連続していないので抽出されない。同様にして、それぞれの撮影者のフォトストリームからそれぞれの観光地の滞在中の移動軌跡を抽出する。

3.2 移動軌跡の滞在時間、移動距離の算出

3.1 節で抽出したそれぞれの移動軌跡の滞在時間と移動距離を算出する。滞在時間は、観光地に滞在している期間であり、移動軌跡の最初と最後の写真の撮影日時の差である。移動距離は、滞在中に移動した距離であり、移動軌跡に含まれている連続する 2 つの写真の撮影位置間の距離の

表 1 それぞれの手法の滞在時間推定手法とパラメータ

手法	推定滞在時間	パラメータ
提案手法	写真数と移動距離を考慮した P パーセンタイルの値	$K = 6[h]$, $P = 80$, $\theta = 10$, $D = 50[m]$
手法 1	写真数と移動距離を考慮しない平均値	$K = 6[h]$, 平均値, θ , D 考慮なし
手法 2	写真数と移動距離を考慮しない中央値	$K = 6[h]$, 中央値, θ , D 考慮なし
手法 3	写真数は考慮するが移動距離を考慮しない平均値	$K = 6[h]$, 平均値, $\theta = 10$, D 考慮なし
手法 4	写真数は考慮するが移動距離を考慮しない中央値	$K = 6[h]$, 中央値, $\theta = 10$, D 考慮なし
手法 5	写真数は考慮するが移動距離を考慮しない P パーセンタイルの値	$K = 6[h]$, $P = 80$, $\theta = 10$, D 考慮なし
手法 6	写真数と移動距離を考慮した平均値	$K = 6[h]$, 平均値, $\theta = 10$, $D = 50[m]$

表 2 データセット

都市	写真数	撮影者数
ロンドン	5,438,540	119,783
パリ	2,299,972	83,843
ローマ	1,125,470	48,668

合計である。

観光地 V におけるそれぞれの移動軌跡の滞在時間 $Duration_i^V$ は以下の式を用いて求める。

$$Duration_i^V = t_{p_n} - t_{p_0} \quad (1)$$

ここで, t_{p_n} は移動軌跡の最後の写真 p_n の撮影日時, t_{p_0} は移動軌跡の最初の写真 p_0 の撮影日時を表す。

それぞれの移動軌跡の移動距離 $Distance_i^V$ は以下の式で求める。

$$Distance_i^V = \sum_{j=1}^{n-1} Dist(l_{p_{j+1}}, l_{p_j}) \quad (2)$$

ここで, l_{p_j} は移動軌跡の j 番目の写真 p_j の撮影位置を表す。また, 2 点間の距離 $Dist(x_p, x_q)$ はヒュベニの公式を用いて算出する。

$$Dist(x_p, x_q) = ((M * dP) * (M * dP) + (N * \cos(P) * dR) * (N * \cos(P) * dR))^2 \quad (3)$$

ここで, M は午線曲率半径, dP は 2 点の緯度差, P は 2 点の平均緯度, dR は 2 点の経度差, N は卯酉線曲率半径を表す。

3.3 滞在時間の推定

それぞれの移動軌跡の滞在時間, 写真数, 移動距離に基づいて, それぞれの観光地の平均的な滞在時間の推定を行う。手順を図 3 に示す。撮影された写真数が極端に少ない, または, 滞在中の移動距離が極端に短い移動軌跡は, 観光地の領域内の一部分でのみ写真が撮影されていると考えられるため, 観光地の滞在時間を推定するために用いることは適切ではないと考えられる。そのため, 移動軌跡に含まれている写真数が θ 未満であり, 滞在中の移動距離が D 未満である移動軌跡を除いて滞在時間の推定を行う。写真数と移動距離に基づいて, 滞在時間の推定に適切ではないと考えられる軌跡を除き, 残りの移動軌跡の滞在時間の

P パーセンタイルの値をその観光地の平均的な滞在時間とする。

4. 実験

3 章で提案した手法によって推定された滞在時間が, 観光情報サイトに記載されている滞在時間とどの程度一致しているのか比較を行う。また, 提案手法とその他の 6 つの手法によって推定された滞在時間が 1 つ以上の観光情報サイトの滞在時間と一致している観光地の割合を算出し, 比較を行う。本実験では, ロンドン市内, パリ市内, およびローマ市内の観光地での滞在時間の推定を行い, 3 つの観光情報サイト (TripAdvisor, 地球の歩き方, Home & Abroad*6) に記載されている滞在時間または所要時間と比較を行う。1 つ以上の観光情報サイトの滞在時間または所要時間と一致している割合を算出する。この時, 0.3 時間, 0.5 時間, 1 時間, 2 時間, 3 時間のように滞在時間が範囲ではなく 1 点で表記されているものは, ± 0.08333 時間 (約 5 分) 以内の差であれば一致しているとする。0.5-1 時間, 1-2 時間, 2-3 時間のように範囲は指定されているものはその範囲内であれば一致しているとみなし, 1 時間未満, 3 時間以上, 4 時間以上のように上限や下限が明記されていないものも同様にその範囲内であれば一致しているとみなす。それぞれの手法の滞在時間推定手法とパラメータを表 1 に示す。表中の推定滞在時間は, それぞれの手法でどのような値を推定滞在時間とするかを表す。

滞在時間を推定する観光地は, TripAdvisor に記載されている, それぞれの都市の観光ランキング上位 20 位から選出した。データセットとして, Flickr から取得したそれぞれの都市内で撮影されたジオタグ付き写真を用いた。それぞれの都市における写真数と撮影者数を表 2 に示す。

4.1 実験結果

ロンドン市内の観光地の滞在時間の推定結果を表 3, パリ市内の観光地の滞在時間の推定結果を表 4, ローマ市内の観光地の滞在時間の推定結果を表 5 に示す。表 3, 表 4, および表 5 の軌跡数は, 3.1 節で抽出した軌跡数であり, 括弧内は 3.3 節で写真数や移動距離が小さい軌跡を除く処理

*6 <http://www.homeandabroad.com/>

表 3 滞在時間推定結果 (ロンドン)

名前	軌跡数	滞在時間 [h]			
		TripAdvisor	地球の歩き方	Home & Abroad	提案手法
大英博物館	5,313(412)	2-3	3	3-6	2.955
ナショナル・ギャラリー	2,694(44)	1-2	3	1-3	2.130
ビクトリア&アルバート博物館	1,878(116)	2-3	3	2-4	2.640
チャーチル博物館	765(13)	-	-	1-3	2.390
ウェストミンスター宮殿 (国会議事堂)	3,448(83)	-	0.5	0.5-2	1.840
ロンドン塔	4,773(433)	2-3	2	2-4	2.910
セント・ジェームズ・パーク	5,611(420)	1-2	-	0.5-2	1.209
コートールド・ギャラリー	221(8)	1-2	-	1-3	2.141
王立オペラ劇場	816(11)	1-2	-	0.5-3	2.506
ウェストミンスター寺院	1,414(31)	1-2	1	1-2	1.503

表 4 滞在時間推定結果 (パリ)

名前	軌跡数	滞在時間 [h]			
		TripAdvisor	地球の歩き方	Home & Abroad	提案手法
オルセー美術館	1,866(92)	3-	2-	1-6	3.008
エッフェル塔	12,606(581)	2-3	1	2-4	2.592
ルーブル美術館	13,336(945)	3-	4-	0.5-8	3.615
ノートルダム大聖堂	6,116(314)	1-2	1	0.5-2	1.421
ガルニエ宮 - パリ国立オペラ	1,190(43)	-	1	0.5-2	1.618
リュクサンブール公園	2,993(227)	2-3	-	-	1.294
アレクサンドル 3 世橋	1,656(50)	-	-	0.5-1	0.3210
サント・シャペル	856(19)	-	-	0.5-1	0.7785
凱旋門	4,488(150)	1-2	1	1-2	1.092
ロダン美術館	745(58)	3-	-	0.5-1.5	1.724
サクレ・クール寺院	3,402(97)	1-2	-	-	1.118
サン＝ルイ島	2,536(102)	-	1	-	1.455

表 5 滞在時間推定結果 (ローマ)

名前	軌跡数	滞在時間 [h]			
		TripAdvisor	地球の歩き方	Home & Abroad	提案手法
コロッセウム	6,272(364)	2-3	1	0.5-1.5	1.547
パンテオン	3,347(169)	1-2	0.3	0.5-1	0.6424
サン・ジョバンニ・イン・ラテラノ大聖堂	443(40)	-	-	0.5-1	0.8578
サン・パオロ・フオーリ・レ・ムーラ大聖堂	196(25)	1-2	-	0.5-1	1.119
ナヴォーナ広場	2,319(87)	-	0.5	0.5-4	0.6534

表 6 それぞれの手法による推定滞在時間の一致した割合

手法	ロンドン	パリ	ローマ	全体
提案手法	100.000 % (10/10)	66.667 % (8/12)	80.000 % (4/5)	81.482 % (22/27)
手法 1	30.000 % (3/10)	41.667 % (5/12)	60.000 % (3/5)	40.741 % (11/27)
手法 2	0.000 % (0/10)	0.000 % (0/12)	0.000 % (0/5)	0.000 % (0/27)
手法 3	70.000 % (7/10)	75.000 % (9/12)	80.000 % (4/5)	74.074 % (20/27)
手法 4	40.000 % (4/10)	58.333 % (7/12)	80.000 % (4/5)	55.556 % (15/27)
手法 5	60.000 % (6/10)	58.333 % (7/12)	60.000 % (3/5)	59.259 % (16/27)
手法 6	70.000 % (7/10)	58.333 % (7/12)	80.000 % (4/5)	66.667 % (18/27)

を行った後の軌跡数である。滞在時間は、それぞれの観光情報サイトに記載されている滞在時間または所要時間であり、“-”は記載がなかったことを表す。提案手法の滞在時間は、3.3 節で推定を行ったそれぞれの観光地の平均的な滞在時間である。

表 3, 表 4, および表 5 より、同じ観光地であっても記載されている滞在時間は観光情報サイトによって異なっている。また、観光情報サイトによって滞在時間が記載されていない観光地が存在することや、パンテオンのようにそれぞれの観光情報サイトに記載されている滞在時間が他の観

光情報サイトに記載されている滞在時間と重ならない観光地も存在することが分かる。

観光情報サイトの滞在時間と提案手法によって推定された観光地の滞在時間を比較すると、表 3、表 4、および表 5 より、ローマ市内は 100%、パリ市内は約 67%、ローマ市内は 80%の観光地の滞在時間は少なくとも 1 つ以上の観光情報サイトの滞在時間と一致していることが分かる。また、全体では 27 か所中 22 か所が一致しており、約 81%の観光地は滞在時間が一致している。このうち、10 か所は 2 つ以上の観光情報サイトの滞在時間と一致しており、2 か所は 3 つ全ての観光情報サイトと一致している。

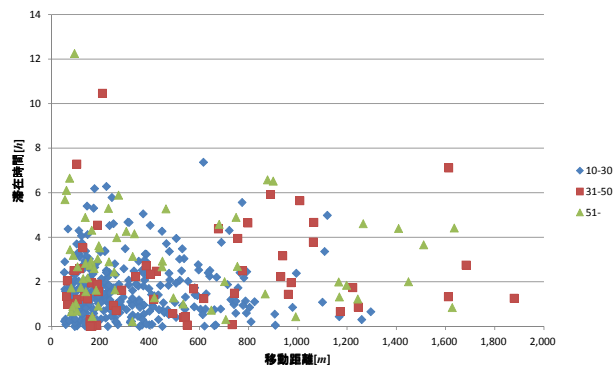
それぞれの手法によって推定された滞在時間と 1 つ以上の観光情報サイトの滞在時間が一致した割合を表 6 に示す。括弧内には、それぞれの都市または全体の滞在時間を推定した観光地の数と一致した観光地の数を示す。表 6 より、提案手法がロンドン、ローマ、および全体では一致した割合が最も高くなったことが分かり、他の手法よりも提案手法が有効であると考えられる。

提案手法と手法 5 を比較すると、移動距離を考慮している提案手法のほうがロンドン、全体では一致した割合が高くなったことが分かる。一方、手法 3 と手法 6 を比較すると、手法 6 では移動距離を考慮しているにもかかわらず、手法 3 のほうがパリ、全体では一致した割合が高くなったことが分かる。これらのことから、今後、移動距離を考慮することが有効であるかを詳細に検証する必要があると考えられる。

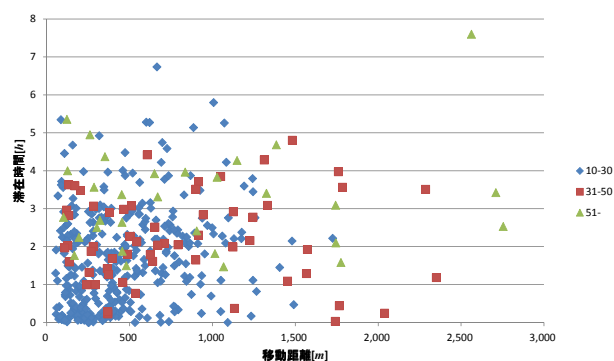
4.2 考察

表 3、表 4、および表 5 より、5 か所の観光地（リュクサンプール公園、アレクサンドル 3 世橋、ロダン美術館、サン＝ルイ島、コロッセウム）がいずれの観光情報サイトの滞在時間とも一致していないことが分かる。しかし、このうちリュクサンプール公園以外の 4 か所の観光地の提案手法による滞在時間といずれかの観光情報サイトの滞在時間の差は 0.5 時間未満である。このことから、提案手法では十分な正確性で観光地の平均的な滞在時間を推定することができると考えられる。

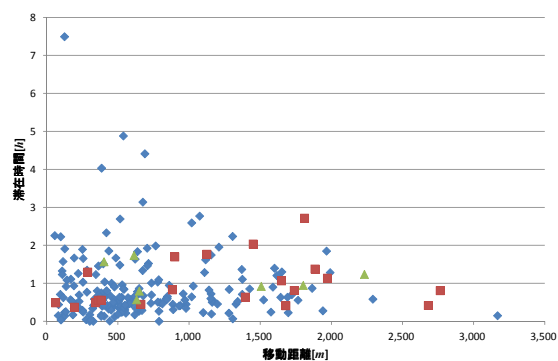
それぞれの観光地における移動距離と滞在時間の分布を図 4 に示す。図 4(a) は大英博物館における分布、図 4(b) はロンドン塔における分布、図 4(c) はリュクサンプール公園における分布である。縦軸が滞在時間を表しており、横軸は移動距離を表している。プロットされている点は、3.3 節において $\theta = 10$ 、 $D = 50[m]$ として処理を加えた後の撮影者の移動軌跡を表しており、移動軌跡に含まれている写真数によって点が変わっている。図 4 より、観光地の滞在中の移動距離が大きいにもかかわらず、滞在時間が極端に小さい移動軌跡が存在することが分かる。例として、リュクサンプール公園の写真数 12、移動距離 3,167.659[m]、滞



(a) 大英博物館



(b) ロンドン塔



(c) リュクサンプール公園

図 4 移動距離と滞在時間の分布

在時間 0.1469[h] の移動軌跡を地図上に可視化した結果を図 5 に示し、図 5 の移動軌跡に含まれている写真を図 6 に示す。図 5 のマーカーは写真の撮影位置を表しており、マーカーに書かれている数字とその周辺に書かれている数字は撮影された順番を表す。図 5 と図 6 より、写真の風景が変化しており、実際に移動していることが分かる。しかし、約 0.15 時間（約 9 分）の間に 3,000m 以上移動しており、GPS のエラーが発生していると推測されるため、観光地の滞在時間を推定する際に用いることは適切ではないと

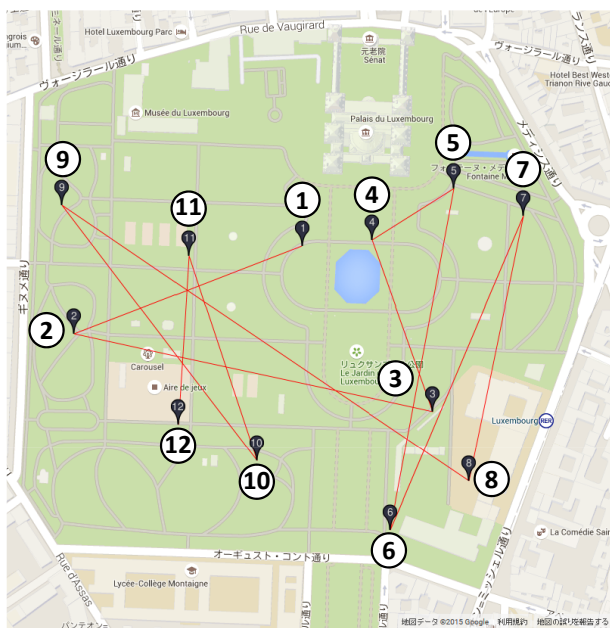
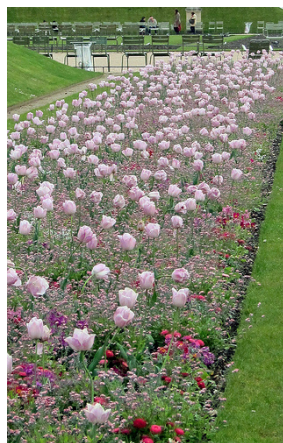


図 5 リュクサンブル公園内のある撮影者の移動軌跡



©Edward Tenny @Flickr
(<https://www.flickr.com/photos/edtenny/7180238386>)

(a) 2 番目の写真



©Edward Tenny @Flickr
(<https://www.flickr.com/photos/edtenny/7180238792>)

(b) 3 番目の写真



©Edward Tenny @Flickr
(<https://www.flickr.com/photos/edtenny/7180180408>)

(c) 8 番目の写真



©Edward Tenny @Flickr
(<https://www.flickr.com/photos/edtenny/7180191730>)

(d) 12 番目の写真

図 6 図 5 の移動軌跡に含まれている写真

考えられる。移動距離に対して滞在時間が極端に小さい移動軌跡は、移動速度を考慮することで対処できると考えられる。

5. おわりに

本研究では、ソーシャルメディアサイトで共有されている写真に付与されているジオタグと撮影日時を用いて、観光地の滞在中の撮影者の移動距離や撮影した写真数を考慮した滞在時間を推定する手法を提案した。提案手法では、ある観光地で一定枚数以上を一定距離以上移動して撮影した、複数の撮影者の移動軌跡の最初と最後の写真の撮影日時の差を算出し、それを集約することで、観光地の平均的な滞在時間を推定した。また、ロンドン市内、パリ市内、およびローマ市内の観光地において、提案手法によって推定された平均的な滞在時間と観光情報サイトに記載されている滞在時間または所要時間を比較した結果、約 81% が一致していることが分かった。また、提案手法と移動距離を考慮しない場合の結果を比較した結果、移動距離を考慮することは有効であると分かった。

今後の課題として、以下の 2 つが挙げられる。1 つは、移動距離を考慮する際に、 D を観光地によって変化させることが挙げられる。観光地によって領域の広さが異なるため、人々が移動する距離も異なると考えられる。そのため、観光地の領域の広さや移動可能範囲によって D を変化させる必要があると考えられる。もう 1 つは、著者ら [11] はジオタグ付き写真を用いた寄り道候補の推薦の研究を行ってきており、本論文の提案手法によって求めた場所の滞在時間を取り入れることで、滞在時間を考慮した寄り道候補の推薦を行うことが挙げられる。提案手法では、観光情報サイトには記載されていない、主要ではない観光地や新しい観光地の滞在時間も推定可能であるため、ユーザが移動中に立ち寄る場所の滞在時間も推定可能であると考えられる。滞在時間を考慮することで、ユーザの旅行時間に合った寄り道候補の推薦を目指す。

参考文献

- [1] Takeshi Kurashima, Tomoharu Iwata, “Travel route recommendation using geotagged photos”, Knowledge and Information Systems Volume 37, 2013
- [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] Haipeng Zhang, Mohammed Korayem, and David J. Crandall, “Mining Photo-sharing Websites to Study Ecological Phenomena”, 21st international conference on World wide web, 2012
- [4] Adrian Popescu, Gregory Grefenstette, “Deducing Trip Related Information from Flickr”, 18th international conference on World wide web, 2009
- [5] Zhenxing Xu, Ling Chen, and Gencai Chen, “Topic based context-aware travel recommendation method exploiting geotagged photos”, Journal Neurocomputing Volume 155 Issue C, 2015

- [6] Abdul Majid, Ling Chen, Hamid Turab Mirza, Ibrar Hussain, and Gencai Chen, “A system for mining interesting tourist locations and travel sequences from public geo-tagged photos”, *Journal Data & Knowledge Engineering* Volume 95, 2015
- [7] Kwan Hui Lim, Jeffrey Chan, Christopher Leckie, and Shanika Karunasekera, “Personalized Tour Recommendation based on User Interests and Points of Interest Visit Durations”, *The 24th International Joint Conference on Artificial Intelligence*, 2015
- [8] 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
- [9] 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
- [10] 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
- [11] 青山 賢, 廣田 雅春, 石川 博, 横山 昌平 “ジオタグ付き写真を用いた知名度が低いにもかかわらず興味の度合いが高い寄り道候補の発見”, 第7回データ工学と情報マネジメントに関するフォーラム, 2015