

時間帯別観光ポテンシャルマップ作成のための Flickr 写真データの時刻補正と選別

倉田 陽平[†] 相 尚寿[†] 石川 博[‡] 真田 風[†] 池田 拓生[†]

[†] 首都大学東京大学院都市環境科学研究科 〒192-0397 東京都八王子市南大沢 1-1

[‡] 首都大学東京大学院システムデザイン研究科 〒191-0065 東京都日野市旭が丘 6-6

E-mail: [†] {ykurata, hisaai}@tmu.ac.jp, [‡] ishikawa-hiroshi@tmu.ac.jp

あらまし 写真共有サイト Flickr 上には世界中の人々が投稿した旅行写真が膨大に蓄積されており、これを活用した観光行動の分析や観光情報ツールの開発が多数行われてきた。しかし Flickr 上の写真は、撮影機材内蔵時計のずれ、タイムゾーン設定の誤り、GPS 信号の捕捉タイミング、レタッチソフトによる改変などが原因によりタイムスタンプの誤りがしばしば生じている。このような誤りは観光行動分析や情報ツールの信頼性を損ねることとなるため看過できない。そこで本研究では、写真の Exif データに記録された内蔵時計時刻と GPS 時刻の相互比較、ならびに撮影時刻の分布を手がかりに、タイムスタンプを修正できるものは修正し、修正不可能なものは排除することで、日本国内で撮影された Flickr 写真群の時間精度を向上させる手法を開発した。本論文ではこの提案手法を述べるとともに、真の撮影時刻がわかる標本写真を用いて提案手法の定量的評価を行う。さらに提案手法の応用例として、観光地の「夜間見どころマップ」をより正確に作成できるようになることを示す。

キーワード 写真共有サイト, Flickr, タイムスタンプ, 補正, 選別, 観光ポテンシャルマップ

1. はじめに

多様化する旅行者に対し適切な情報・サービスの提供を行っていくためには、彼らの行動パターンや関心対象を前もって知ることが肝要である。このための情報源として、SNS などを通じ Web 上に投稿されたソーシャルビッグデータの存在が注目を集めている[1]。中でも Flickr や Panoramio といった写真共有サイトには世界各国の人々によって投稿された位置情報付きの旅行写真が膨大に蓄積されている。そこでこのデータを活用し、①観光客の分布推定[2]、②観光地内各地点の見所度合いの可視化[3, 4]、③名所マップの自動作成[5]、④ランドマークに対する人気撮影スポットの抽出[6]、⑤旅行者の観光地間または観光地内の移動軌跡の推定[7, 8]、⑦そしてそれを応用した旅程推薦ツールの開発[9]など、さまざまな取り組みが行われてきた。これらの例は、ソーシャルメディアの発達した今日、その膨大なデータを活用し、鮮度の高い観光情報や知見を全世界規模で構築できる可能性が高まっていることを示すものである。

とはいえ、このような投稿写真データの活用例が有効に機能するためには、その前提として、各写真の時空間属性値（タイムスタンプ・ジオタグ）が正確でなければならない。しかし、我々の調査では、Flickr から抽出した写真の 2.66%に昼夜逆転レベルのタイムスタンプの誤りが見られた[10]。また Thomee ら[11]の調査においても、タイムスタンプの誤差の存在とその特徴が報告されている。このような誤差は、以下の原因で発生する[10-11]。

- ◇ 撮影機材内蔵時計の時刻に由来
 - ・ ユーザによる時刻設定が不正確
 - ・ 撮影機材のタイムゾーン設定が現地タイムゾーンと一致していない
 - ◇ GPS センサから得た時刻に由来
 - ・ 撮影時刻ではなく、撮影時刻からみて直近の、撮影機材が GPS 信号の捕捉に成功した時刻が Flickr タイムスタンプに反映されている
 - ◇ 撮影時刻は不明であり、代わりにデータ作成時刻が記録されている
 - ・ 写真やネガをスキャナで取り込んだ画像
 - ・ スクリーンショット
 - ・ レタッチソフトで加工された際に、元の撮影時刻データが削除されたもの (Instagram 等で発生)
- これらが原因で発生するタイムスタンプの誤りは、旅行者の時空間行動を対象とするような Flickr データ活用事例の信頼性を損ねることとなる。しかし、管見の限り、既存の行動分析や情報ツールにおいて、タイムスタンプの誤りに対し積極的な対策を行った取り組みは見られない。

そこで本研究では、Flickr から抽出した日本国内の写真群の時間精度を向上させる手法を開発する。ここで言う信頼性の向上とは、タイムスタンプの選別と補正、すなわち、①個別の写真のタイムスタンプの修正が可能であるときは修正を施し、②修正が不可能な写真は除去することにより達成される。なお、処理高速化のため、本研究では個々の写真の Exif データおよび Flickr 側メタデータのみを利用し、画像処理的な手法

は使用しない。すでに Thomee ら[11]や倉田ら[10]は、Flickr 投稿写真群の時間精度を向上させる手法を提案している。後者は日本国内の Flickr 写真を対象とするものであり、本研究はこれを改良する(3章)。さらに提案手法によってタイムスタンプの誤差がどの程度低減するのかを定量的に評価するところまで行う(4章)。また、提案手法の応用として、夜間の見所マップの精度改善を行った例を紹介する(5章)。

2. 標本データ

Flickr データの時間精度について議論するためには、本当の撮影時刻のわかる写真のデータが必要である。そこで本研究では、横浜市中区にある大観覧車「コスモクロック 21」ならびに札幌市中央区にある電波塔「さっぽろテレビ塔」を撮影した写真を用いる。両者とも側面に巨大なデジタル時計が設置されており、広い範囲から時刻を視認することが可能である(図1)。ここに表示された時刻を本当の撮影時刻とみなし、手法適用前後のタイムスタンプのずれを評価する。なお、いずれの時計も 12 時間制表示であるため、日照の有無・方向や、周辺のビルの照明点灯の多寡から、午前・午後を判断し、24 時間制の時刻を求めた。



図 1. 大型デジタル時計が設置された観光資源であるコスモクロック 21 (左)・さっぽろテレビ塔 (右)

まず、Flickr API を利用して、2011 年 12 月 1 日から 2014 年 11 月 30 日の 3 年間に、コスモクロック 21・さっぽろテレビ塔付近(それぞれを中心とする東西 600m × 南北 600m の範囲)で撮影され、Flickr に投稿された写真を抽出した。次に、これらの中から、デジタル時計上の時刻を識別できる写真を選出し、その時刻を記録した。さらに、これらの写真の投稿者が、前後 72 時間以内に、同一地域(それぞれを中心とした東西 20km × 南北 20km の範囲)で撮影し、Flickr に投稿した写真を抽出し、時刻判明写真とあわせて標本データセットとした。前後の写真を含んだのは、各写真を一枚一枚単体で時刻補正するのではなく、同一投稿者に

よる一連の写真の撮影時刻の分布をふまえて補正を行うためである(3章)。なお、横浜のデータセットについては、大量多重投稿により一人で合計 3889 枚もの投稿を行っている例外的ユーザがいたため、この人物が投稿した写真を除外した。この結果、標本データの規模は、コスモクロック 21 を中心とする横浜地域が 6509 枚、さっぽろテレビ塔を中心とする札幌地域が 5843 枚となった。このうち時刻判明写真の枚数は横浜地域 442 枚、札幌地域 377 枚である。また、投稿者数は横浜地域 174 名、札幌地域 136 名である。以上のデータ取得は 2014 年 12 月 26 日に行った。

次に、標本データの性質を知るため、簡単な分析を行った。まず図 2 のグラフは、各標本データにおける撮影時刻(写真に写り込んだデジタル時計の値)の分布を描いたものである。いずれのケースも深夜帯(0~5 時台)の撮影はほとんど見られなかった。また、コスモクロック 21 の撮影時刻はさっぽろテレビ塔に比べ夜側に偏っていることがわかった。この理由としては、夜間は大観覧車の電飾が映えるため撮影が盛んになること、日中のコスモクロック 21 の時計は時刻識別しづらいことがあげられる。

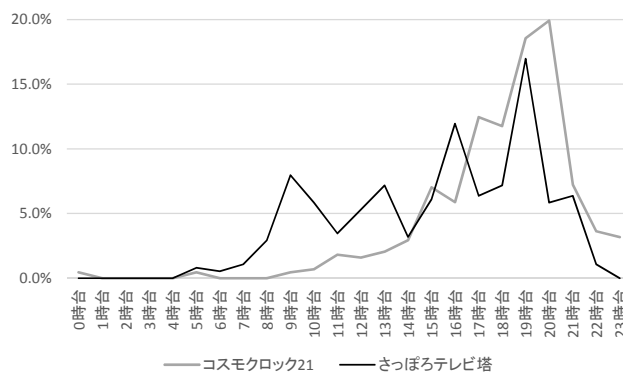


図 2. 撮影時刻の分布

次に各標本データにおける写真のタイムスタンプの誤差(本当の撮影時刻とタイムスタンプとの差の絶対値)を調査した。まず、誤差 5 分未満の「時間の精確な写真」の割合はコスモクロック 21 で 62%、さっぽろテレビ塔で 58%であった。一方、誤差 60 分以上の「大幅に時間の不精確な写真」の割合はそれぞれ 21%、29%であった。そして誤差の平均値はそれぞれ 91 分、136 分であった。

図 3 のグラフは、ずれ(タイムスタンプー本当の撮影時刻)の分布を 5 分刻みで描いたものである。Thomee ら(2014)の調査結果と同様に、いずれのケースも①ずれゼロの周辺に大きな集中がみられ、②それ以外のずれは正時単位に出現する傾向が見られた。-1 時間のずれは台湾や中国からの旅行者によるもの(タイムゾ

ーン設定の誤り), -7~9 時間のずれは欧州からの旅行者によるものと考えられる。

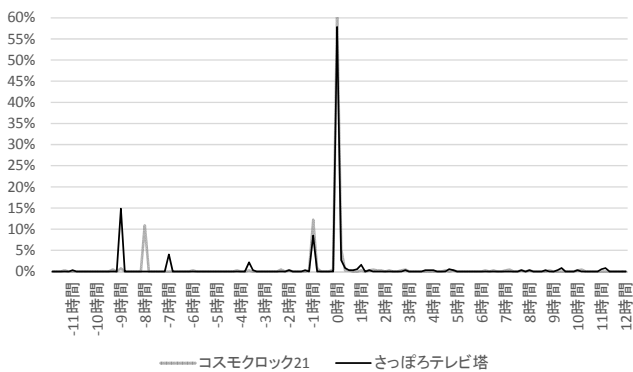


図 3. 撮影時刻とタイムスタンプのずれの分布

3. 提案手法

Flickr 上の写真は、メタデータ内のタイムスタンプに加え、Exif データ内に何種類かの時刻情報を保有しているケースが多数ある。このうち、我々の提案手法では、*DateTimeOriginal* と *GPSTimeStamp* を利用する。前者は撮影機材内蔵時計で計測された撮影日時、後者は撮影機材の GPS センサにより計測された撮影日時（または直近の信号捕捉時刻）である。後者は Exif 規約上、世界標準時で記録することとなっているが、実際には稀にローカル時刻で記録されているものがある。簡単のため、本研究では前者の時刻部分をカメラ時刻、後者の時刻部分に +9:00 を加算し日本時間相当に変換した値を GPS_L 時刻と呼ぶ（L は Local の意）。今回の標本データでは、カメラ時刻と GPS_L 時刻の両方を保有する写真、カメラ時刻のみ保有する写真、GPS 時刻のみ保有する写真、両方とも保有しない写真の構成比は、横浜地域で順に 62.1%、32.3%、0.3%、5.3%、札幌地域で順に 52.6%、28.8%、0.2%、18.4%であった。両方とも保有しない写真は、先述の、スキャナで取り込んだ写真、スクリーンショット、レタッチにより元の撮影時刻情報を失った写真が該当する。

また Flickr 上の写真は、メタデータ内の Owner ID によって投稿者を判別できる。さらに Exif データの *Model* から撮影機材名もわかる場合も多い。そこで本研究では、同一投稿者、同一撮影機材による一連の写真をフォトストリームと呼ぶ。今回の標本では、横浜地域で 221 の、札幌地域で 172 のフォトストリームが観察された。

以上をふまえ、タイムスタンプの選別・修正手法を以下に述べる。この手法は Step 1~4 の 4 段階から構成される。参考のため、図 4 に各段階の役割を模式化したものを示す。

Step 1. GPS_L 時刻の選別と修正

1-1. 各フォトストリームについて、その中にカメラ時刻・GPS_L 時刻を両方保有する写真が一枚以上ある場合、「カメラ時刻-GPS_L 時刻」の最小値・最大値を求める。そしてその最小値・最大値の開きが 60 分以上であれば、フォトストリーム内の各写真の GPS_L 時刻をすべて削除する

1-2. 次に、各フォトストリームについて、「カメラ時刻-GPS_L 時刻」の平均が -9 時間程度（±10 分）であり、かつそのフォトストリーム中の写真のタイトルまたはタグに 2 バイト文字が使用されているものがある場合は、フォトストリーム内の各写真の GPS_L 時刻をすべて -9 時間ずらす。

以上によって選別・修正された GPS_L 時刻を修正 GPS_L 時刻と呼ぶ。

Step 2. カメラ・GPS_L 時刻の統合

各フォトストリームについて、その中にカメラ時刻・修正 GPS_L 時刻の両方を有する写真がある場合は、「修正 GPS_L 時刻-カメラ時刻」の最小値を求める。そして得られた最小値を、フォトストリーム内の各写真のカメラ時刻に加算した統合時刻を求める。

Step 3. カメラ撮影時刻の選別と修正

各フォトストリームについて、その中の写真のカメラ時刻の分布を求める。もし 0~5 時台のものがなければ「撮影機材が日本時間設定の可能性あり」、8~13 時台のものがなければ「欧州大陸時間設定の可能性あり」、14~19 時台のものがなければ「米国東海岸時間設定の可能性あり」、17~22 時台のものがなければ「米国西海岸時間設定の可能性あり」とみなす。もし「欧州大陸時間設定のみ可能性あり」と判定された場合、そのフォトストリーム中の各写真のカメラ時刻を -8 時間ずらす。同様に、米国東海岸時間設定/米国西海岸時間設定のみ可能性ありと判定された場合は、カメラ時刻を -14/-17 時間ずらす。一方、可能性のある時間帯が複数あった場合、または一つも無い場合、そのフォトストリーム中の各写真のカメラ時刻をすべて消去する。

以上によって、選別・修正されたカメラ時刻を修正カメラ時刻と呼ぶ。

Step 4. 最終推定時刻の決定

各写真について、統合時刻、修正 GPS_L 時刻、修正カメラ時刻*の優先順に算出されている時刻を新タイムスタンプとして採用する。もしいずれの時刻も算出されていなければ、その写真は与えられた写真群から除去する。なお修正カメラ時刻の利用は任意とする。

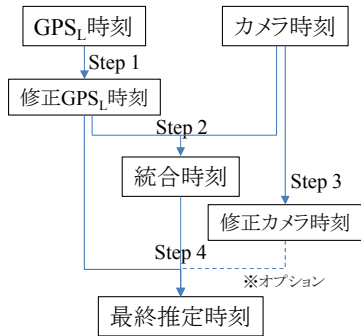


図 4. 提案アルゴリズムのフローチャート

Step 1 では、GPS_L時刻の信頼性向上をはかっている。まず Step 1-1 では、カメラ時刻と GPS_L時刻の差分が不安定なカメラによる写真の GPS_L時刻を削除している。たとえば撮影時に直近の GPS 信号捕捉時刻を記録するような撮影機材を長時間室内で使用していた場合、先述の差分が不安定になるため、その GPS_L時刻が削除される。次に Step 1-2 は、GPSTimeStamp が世界標準時ではなくローカル時（今回は日本時間）で記録されるカメラで撮られた写真への対処法である[11]。このような写真は GPS_L時刻が撮影時刻よりも約 9 時間先に進むことになる。とはいえ、安易に GPS_L時刻 - カメラ時刻 = 9 時間の写真を修正対象にしようとする、誤って UTC+0 帯（英国など）のタイムゾーン設定となっているカメラの写真まで対象に含めてしまうことになる。そこで、タイトルやタグに 2 バイト文字を使用の場合は UTC+0 帯からの来訪者ではないと判定し、この場合のみ GPS_L時刻の補正を行うこととした。なお、今回の標本データでは、横浜地域で 3 名が該当し、札幌地域では該当者はいなかった。

Step 2 は、GPSTimeStamp の「概ね精確だが、測位状況に影響され遅れているものが存在する可能性がある」という性質と、カメラ時刻の「全体が同幅ずれている可能性があるが、相対的な関係は精確である」という性質をかけあわせ、精確な撮影時刻を得ようとするものである[11]。「修正 GPS_L時刻 - カメラ時刻」の最小値は、「測位遅れが最も小さい状態での、GPS_L時刻に対するカメラ時刻のずれ」であり、理想的には「真の撮影時刻に対するカメラ時刻のずれ」となる。これを求めることで、フォトストリーム中の写真のカメラ時刻を一斉に修正しようというのがこのプロセスの趣旨である。

Step 3 は、カメラの時刻をなるべく日本時間に修正しようとするものである。ここでは「ほとんどの旅行者は旅行先の深夜 0~5 時台に撮影を行わない」という性質[10]を利用し、各投稿者の撮影時刻の分布から、撮影者のカメラのタイムゾーン設定を絞り込もうとしている。とはいえ、24 個以上あるタイムゾーンの中か

ら一つに絞り込める可能性は低い。そこで、旅行者人数が比較的多いと考えられる日本時間帯 (UTC+9)、欧州大陸時間帯 (UTC+1)、米国東海岸時間帯 (UTC-5)、米国西海岸時間帯 (UTC-8) のみを考え、そのいずれか一つに可能性が絞られる場合に時差補正を行うこととした。もちろん、日本への旅行者数を考えれば、中国時間帯、オーストラリア東部時間帯、英国時間帯についても考慮すべきだろうが、日本時間帯や欧州大陸時間帯との判別が難しいため、ここではどれか一つに絞り込めることを最優先に考え、1 時間程度の誤差の発生可能性には目をつむることとした。同様の理由で、各地の夏時間についても考慮を行わないこととした。

Step 4 は、算出できた各時間を精確だと思われるものから採用しようとするものである。ただし修正カメラ時刻については、精度が大きく劣る可能性が想定されるため、オプションとすることとした。

4. 評価

3 章の提案手法を 2 章の標本データに適用し、その有効性の検証を行った。

まず横浜地域の標本データでは、当初誤差の平均値は 91 分であったのが、手法適用によって誤差は平均 18 分まで減少した。一方、写真の残存率（統合時刻、修正 GPS_L時刻、修正カメラ時刻のいずれかが算出された写真の割合）は 77%であった。修正カメラ時刻を使わないオプションを選択した場合は、ずれの平均値は 11 分まで減少し、残存率は 60%となった。図 5 は、タイムスタンプのずれの分布を、提案手法の適用前後で比較したものである。正時単位のずれについては、-8 時間のものはほぼすべて、-1 時間のものはおよそ 1/3 が解消された。

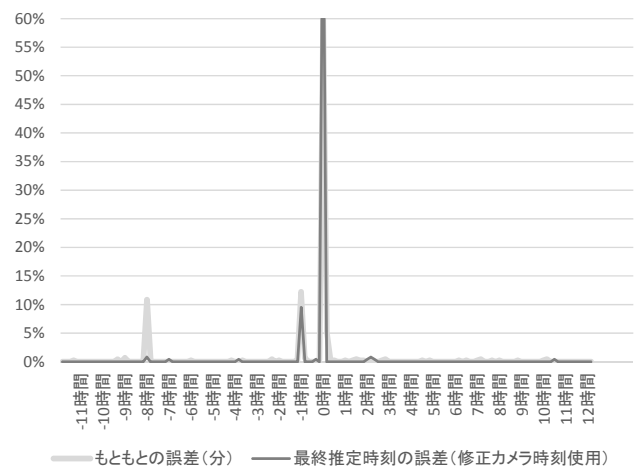


図 5 横浜地域の標本データにおける、手法適用前後の撮影時刻とタイムスタンプのずれの分布

札幌地域の標本データでは、当初誤差の平均値は136分であったのが、手法適用によって平均9分まで減少し、残存率は67%となった。修正カメラ時刻を使わないオプションを選択した場合は、誤差の平均は4分まで減少し、残存率は49%となった。図6は、タイムスタンプのずれの分布を提案手法の適用前後で比較したものであり、ここから正時単位のずれは概ね解消されたことがわかる。

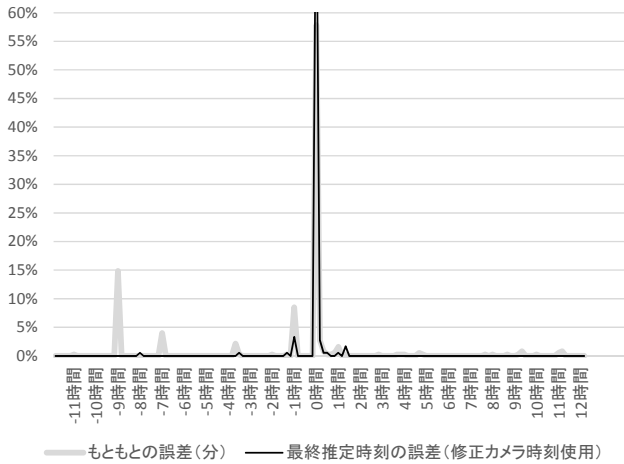


図6 札幌地域の標本データにおける、手法適用前後の撮影時刻とタイムスタンプのずれの分布

両ケースの評価結果から、提案手法によって Flickr タイムスタンプの時間精度が大幅に向上することが実証された。また、残存枚数を多少犠牲にしても精度を重んじる場合は、修正カメラ時刻を使用しないオプションが有効に働くことが確認された。なお、横浜地域において-1時間のずれが2/3ほど残ったのは、中国時間帯に設定された撮影機材で撮影された、カメラ時間しか記録されていない写真が、本手法では補正や排除の対象になりえないためである。

また、修正 GPS_L 時刻、統合時刻、修正カメラ時刻のそれぞれについて、撮影時刻からのずれを測定したところ、横浜地域の標本データではそれぞれ11分、6分、36分、札幌のケースではそれぞれ3分、4分、32分であった。このことから、時差補正 (Step 3) の精度向上が課題であることが示唆される。

5. 提案手法の応用

筆者らは Flickr の写真データをもとに、観光地内各地点の見所度合い (観光ポテンシャル) を推定し、地図上に可視化する研究を行ってきた [3, 12, 13]。これは、Flickr から得られた膨大な位置情報付き写真から「旅行情報として有用な写真」が残るようフィルタリングし [13]、残存した写真群の撮影位置分布をカーネル密

度図 (ヒートマップ) として描くことによって達成される。結果得られる「観光ポテンシャルマップ」は、これから現地を訪れる旅行者にとって有用な情報源となるとともに、地域側にとっては観光空間の改善や情報発信を議論する上で貴重な資料となることが期待される [12]。

現バージョンの観光ポテンシャルマップには、各写真に付与された Flickr タイムスタンプを利用し時間帯別や時期別のマップを描く機能が実装されている (<http://www.comp.tmu.ac.jp/kurata/tpm/>)。しかしながら、先述の通り、Flickr のタイムスタンプは不精確であるため、たとえば「夜の見所」を知るべく夜間帯を指定しても、しばしば日中の写真が混入し、マップの信頼性に疑問がもたれていた。

そこで、ソースとなるデータに本研究の提案手法を適用してタイムスタンプの選別・補正を行い、結果得られる観光ポテンシャルマップがどれくらい改善するか観察した。ここでは2014年内に横浜中心部で撮影、投稿された Flickr 写真をもとに観光ポテンシャルマップを作成した。そして、19~24時に時間帯指定した場合について、提案手法の適用前後で比較を行った。

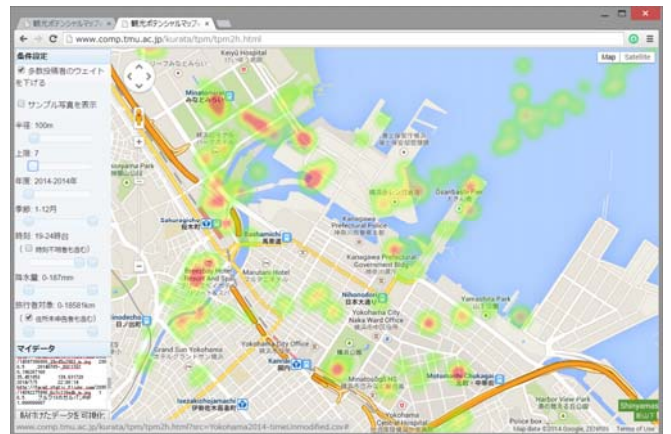
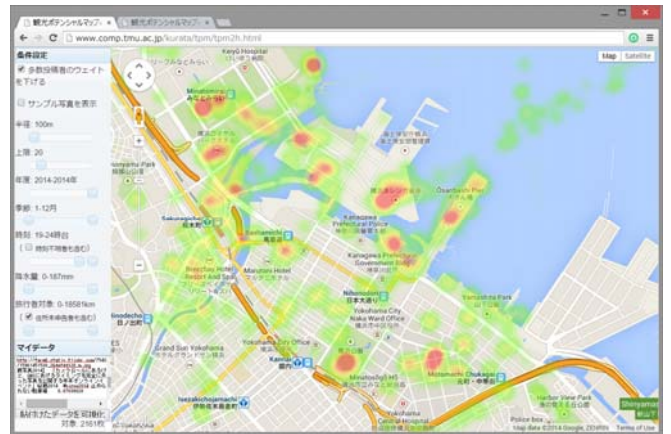


図7 横浜の夜間観光ポテンシャルマップ (上: 提案手法適用前, 下: 適用後)

図7は観光ポテンシャルマップ全体の前後比較である。手法適用前はホットスポットが各地に散在しているが、適用後はみなとみらい21地域～臨港地域周辺(左上)に絞られてきていることがわかる。このあたりは夜景が美しい箇所であり、飲食店も多いことから、観光客による夜間の撮影枚数が多いと想像がつく。また、その南側内陸部には、手法適用後のみホットスポットが出現した地域がある。このあたり野毛地域は飲み屋街であるため、夜間の撮影枚数も多いのであろう。

図8は、横浜ランドマークタワー周辺におけるサンプル写真の前後比較である。手法適用前(左)にはサンプル写真中に昼間の風景写真が2つ混入しているが、手法適用後(右)には昼間の風景写真は混入していない。他のエリアについても結果は同様であった。

以上のように、本研究の提案手法は時間帯別の観光ポテンシャルマップの信頼性向上に寄与することが確かめられた。

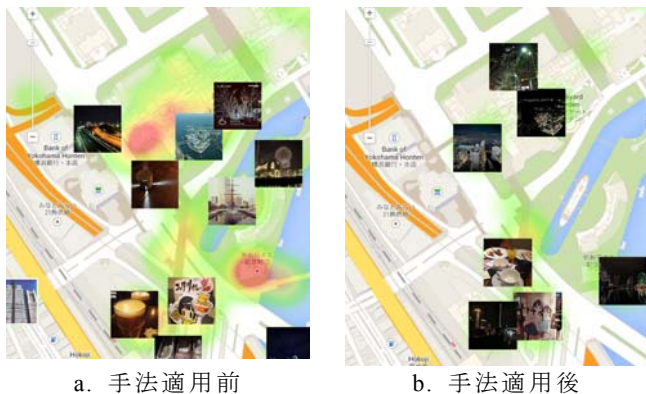


図8 横浜ランドマークタワー周辺の夜間観光ポテンシャルマップのサンプル写真

6. おわりに

本研究の提案手法により、Flickrから抽出した投稿写真群について、そのタイムスタンプの精度を大幅に向上させることができるようになった。この手法は5章で述べた筆者の観光ポテンシャルのみならず、Flickr写真を使ったさまざまな行動分析・応用ツールへの貢献が期待できる。たとえば、防災上のニーズの高い時間帯別観光客分布の推定、モバイルガイドで求められる時間帯別行動推薦などを、より高い精度で実現できよう。一方、提案手法は日本国内で撮影された写真群を対象を限定している。そこで今後は世界各地に展開できる手法へと一般性を高めることが課題となる。

また、今後は本研究の知見をもとに、写真群の空間属性値(ジオタグ)の精度向上についても検討していきたい。たとえば、撮影時点の直近のGPS測位時刻がタイムスタンプに記録されるようなカメラにおいて、撮影時刻とGPS時刻に乖離が生じている場合は、ジ

オタグの精度が疑わしい。また、カメラ時刻・GPS時刻の持たない写真は、おそらくスキャナで取り込んだ写真かレタッチソフト加工でされた写真であり、そのジオタグの精度も疑わしい。このような時間・空間の誤差の発生メカニズムの共通性を鑑み、ジオタグの精度向上に取り組みないかを、今後の検討課題としていきたい。

謝辞

本研究には首都大学東京傾斜的研究費「ビッグデータからの価値ある観光情報の創出」を使用した。

参考文献

- [1] 相尚寿, “観光研究への位置情報ビッグデータ展開の可能性”, 観光科学研究 7, 2011.
- [2] 日高亮太, 磯田弦, “写真コミュニティサイトを使用した観光客数の推定方法について—Flickrを使用した京都の事例—”, 地理情報システム学会講演論文集 19, 2010.
- [3] 倉田陽平, 杉本興運, 矢部直人, “あえて案内しない着地型観光案内—観光関心点データの抽出と活用—”, 地理情報システム学会講演論文集 19, 2010.
- [4] 長尾光悦, “CGMをベースとした観光情報提供方法に関する考察”, 観光情報学会第9回全国大会講演論文集, 2012.
- [5] W. C. Chen, A. Battestini, N. Gelfand, and V. Setlur, “Visual Summaries of Popular Landmarks from Community Photo Collections”, ACM Multimedia Conference, 2009.
- [6] M. Shirai, M. Hirota, S. Yokoyama, N. Fukuta, and H. Ishikawa, “Discovering Multiple Hot Spots using Geo-tagged Photographs”. ACM SIGSPATIAL GIS 2012, pp. 490-493
- [7] F. Girardin, F. Calabrese, F. Dal Fiorre, A. Biderman, C. Ratti, and J. Blat, “Uncovering the Presence and Movements of Tourists from User-generated Content”, International Forum on Tourism Statistics 2008.
- [8] S. Kisilevich, D. Keim, and L. Rokach, “A Novel Approach to Mining Travel Sequences Using Collections of Geotagged Photos”, Geospatial Thinking 2010.
- [9] 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”, DEIM Forum 2011.
- [10] 倉田陽平, 相尚寿, 真田風, 池田拓生, “写真共有サイトに投稿された旅行写真群の時間信頼性向上”, 情報処理学会第77回全国大会講演論文集, 近刊.
- [11] B. Thomee, J. Moreno, and D. Shamma, “Who's Time Is It Anyway?: Investigating the Accuracy of Camera Timestamps”, ACM International Conference on Multimedia 2014.
- [12] Y. Kurata, “Potential-of-Interest Maps for Mobile Tourist Information Services”, ENTER2012, pp. 239-248.
- [13] 倉田陽平, “観光ポテンシャルマップの信頼性向上に向けて—ソースとなる投稿写真データの自動選別ルールの構築—”, 地理情報システム学会講演論文集 22.

