

スマートフォンアプリ GNSS データを用いた 京都市内の観光流動推定に向けた基礎分析

A Preliminary Analysis on Tourist Excursion Pattern in Kyoto City Using GNSS Data from Smartphone App

北海道大学工学部環境社会工学科 ○学生員 山木聡一郎 (Soichiro Yamaki)
東京工業大学環境・社会理工学院 正員 中西航 (Wataru Nakanishi)
北海道大学大学院工学研究院 正員 杉浦聡志 (Satoshi Sugiura)

1. はじめに

観光都市である京都は、国内外からの多くの観光客により賑わう一方で、公共交通機関や道路の混雑・渋滞が問題化している。改善に向けた施策立案を行うには現状の観光流動把握がまず必要だが、桜や紅葉など季節に影響される流動やライトアップなど時間限定のイベント時における流動を考慮し、団体・個人、日帰り・宿泊など様々な形態を持つ観光客それぞれに対して適切な施策を行うためには大規模かつ長期間の調査を行う必要がある。

従来、流動把握はアンケート調査に基づいて主に行われたが、時間的・金銭的コストが大きく、長期間の継続調査は困難であった。一方で近年ではGNSSなどの測位技術の進展、スマートフォンの普及に伴い、大規模かつ継続的な位置情報データの蓄積が容易になっている。

そこで本研究では蓄積された位置情報データから現状の観光流動を把握し、交通施策に必要な観光客の基礎的特性や、代表的な1日の周遊行動を明らかにすることを最終目的とし、本論文ではそのための基礎分析としてトリップエンドの抽出を行う。

2. 既往研究の整理

携帯端末の位置情報を用いた交通流動把握に関する研究は既に様々なデータ¹⁾²⁾を基にして行われており、携帯電話基地局・GNSS・Wi-Fiといった取得方式は勿論のこと、既存の蓄積データを用いるのかプローブパーソン調査として新たに専用端末や専用アプリを貸与・配布するのか、集計か非集計かといった方針も異なっており、時間的・空間的解像度もそれに依じて変わってくる。

基地局の大量サンプルのデータに基づくモバイル空間統計のOD表を用いた研究が注目されているが、集計値であるため個人の複数トリップ間の関係性を把握できず、1日の周遊行動(トリップチェーン)推定に用いる場合は現時点で推定精度に課題が残る³⁾。

一方、非集計データを用いて都市内回遊行動を把握する研究は、長期継続性を犠牲にする代わりに時間的解像度や属性情報を詳細にできるプローブパーソン調査型が大半であるが、既存アプリの蓄積データを用いた例もある。生形ら(2013)⁴⁾は、石川県を対象とし、5分間隔取得のGNSS非集計データから観光立寄り場所を判定し、観光地間の周遊者数を集計したほか、宿泊地ごとの外出行動範囲を分析している。吉岡ら(2018)⁵⁾は、奈良市を対象とし、30分(Android)または300m移動(iOS)

につき1回の間隔で取得されたGNSS非集計データから観光立寄り場所を判定したほか、道路・鉄道路線の特定地点付近で観測された位置情報を基に交通手段推定を行っている。国土交通省(2018)²⁾は、岡山市の市街地を対象とし、数分間隔取得のGNSS非集計データを用いて回遊行動シミュレーションモデルを構築している。

なお、個人の行動を分析したものではないが、数分間隔のGNSS非集計データから移動・滞留判定を行った例は他にも石井ら(2018)⁶⁾などが挙げられ、個人情報保護の観点からデータ提供者により判定・集計が行われたものの、集計後のデータを用いてPT調査との比較が行われたほか、駅別乗降客数が推定された。

都市内観光周遊にまつわる既往研究では観光地どうしといった2地点間の関係性を示すものが主であったが、本研究ではトリップを定義し、将来的に複数トリップ間の関係性に着目できる形とする。

また京都市内の観光流動の特性に関してはトリップチェーンを考慮して時間利用に着目した西井ら(1999)⁷⁾の例を参考にする。

3. 使用データ

3.1 データの概要

本研究では、京都市内のバス・鉄道を対象としたスマートフォン向け経路検索アプリ「歩くまち京都アプリ

表-1 GNSSデータの概要

期間	2018年9月1日～2019年2月27日 (180日間)
対象者	アプリインストール者のうち位置情報取得・利用の承諾を行った者
対象エリア	全世界
取得間隔	Android版:1時間 iOS版:数分間隔(移動中のみ) ※このほかアプリ操作中の取得あり
取得項目	<ul style="list-style-type: none"> ・ユーザーID(取得日にかかわらず端末毎に一定) ・取得日・取得時刻 ・緯度経度 ※世界測地系 ・OS('iOS' or 'Android') ・言語+国コード ・画面タッチ情報(有無など)

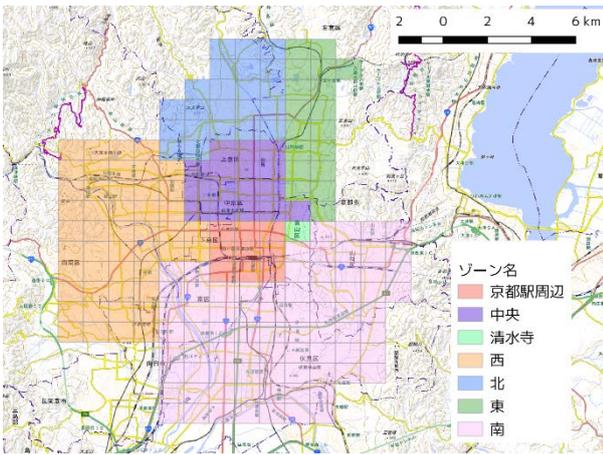


図-1 「市内」設定ゾーン

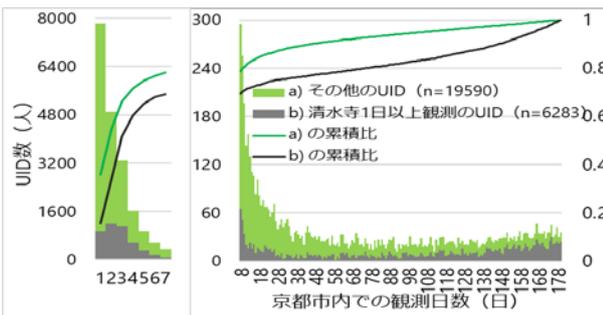


図-2 京都市内で観測された日数（滞在日数）の分布

『バス・鉄道の達人』の利用により取得された GNSS データを用いた。同アプリは2013年8月運用開始、2019年1月末時点では52万件（うち英語版11万件）のダウンロード数がある⁸⁾。データの概要は表-1の通りであり、ユーザーID（以下、UID）は取得日にかかわらず一定なため、各ユーザーの滞在日数の分析が可能となる。

3.2 観光客の定義・抽出

アプリの主な機能は乗換検索であるため、ユーザー層は観光客のみならず住民も考えられる。京都市内（図-1の色つきエリア、以下同様）で観測されたUIDを市内での観測日数別に集計したところ（図-2）、24%のUIDが8日間以上観測され、全期間である180日間観測されたものもあった。これら期間中多くの日にちで観測されるUIDは住民の機器によるものだと考えられる。そこで、本研究の対象である「観光客」を以下の2条件を満たすUIDと定義する。

- ・ 京都市内での観測日数7日以内
- ・ 清水寺ゾーンでの観測日数1日以上

市内で期間内に観測された全UID数は38,742人だが、条件を満たすものは4,305人（うちAndroid 1,588人、iOS 2,717人）であった。以後、この4,305人の京都市内で観測された記録（234,160点。うちAndroid 77,043点、iOS 157,117点）のみ扱う。

3.3 OS による取得状況の違い

表-1で述べたように、Android版とiOS版ではGNSS取得に関する仕様が異なっており、実際の4,305人の記録にもその特徴が表れていた（図-3～図-5）。

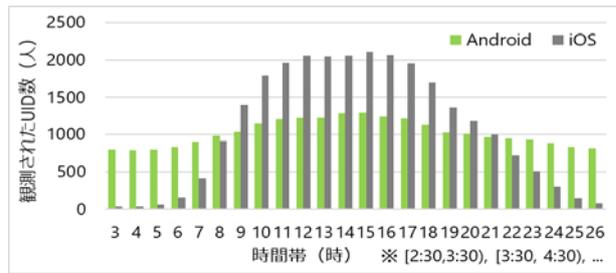


図-3 時間帯ごとの観測UID数

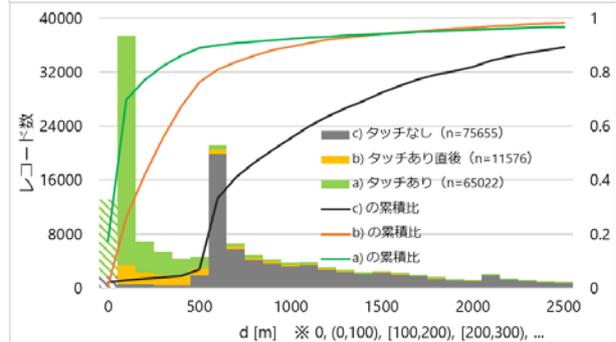
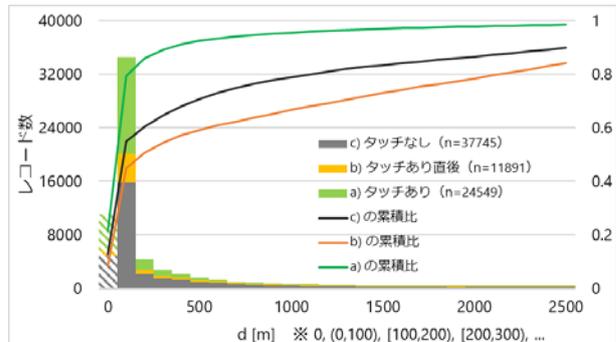


図-4 前回取得からの空間間隔 d の分布
上：Android，下：iOS

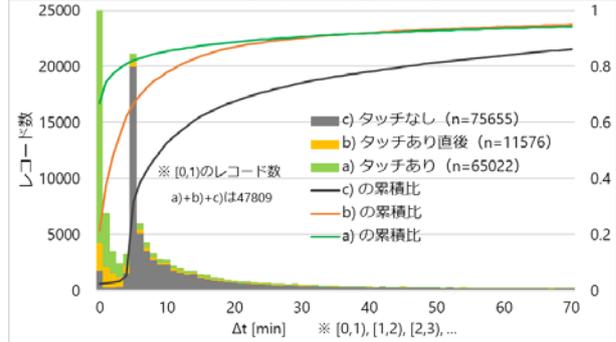
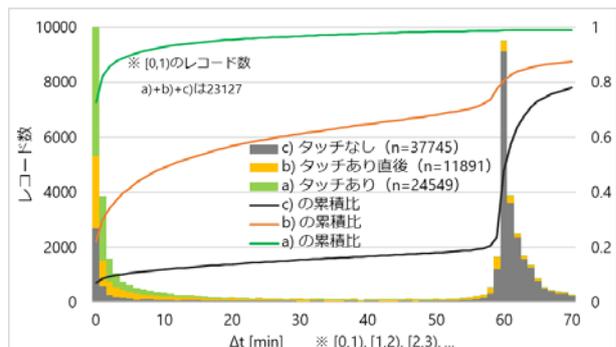


図-5 前回取得からの時間間隔 Δt の分布
上：Android，下：iOS

まず時間帯別の取得状況（図-3）に着目すると、iOS の取得が日中に際立って多いことが読み取れる。

次に、取得の空間間隔 d （図-4）および時間間隔 Δt （図-5）に着目する。なお、バックグラウンド取得とアプリ操作時の取得を区別するため、取得項目の「画面タッチ情報」を用いて3つの状態に分けて集計した。

c) の通常時に着目すると、Android は、時間間隔は $\Delta t = 60$ 付近に最頻値が見られるものの空間間隔については $d > 0$ において単調減少であり、移動・滞留判別を行わずに60分ごとに取得する特徴が表れている。iOS は $d = 500$ および $\Delta t = 5$ 付近に最頻値が見られるため、500 m 以上移動かつ5分以上経過の際に取得する場合が殆どだと考えられる。なお両 OS とも最頻値の前後の分布も多く、厳密な取得間隔ではないことが読み取れる。

a) および b) については、両 OS とも短時間・短距離のものほど多く、通常の取得特性とは無関係に取得される傾向が読み取れる。

4. 分析方法および結果

4.1 トリップエンドの抽出方法

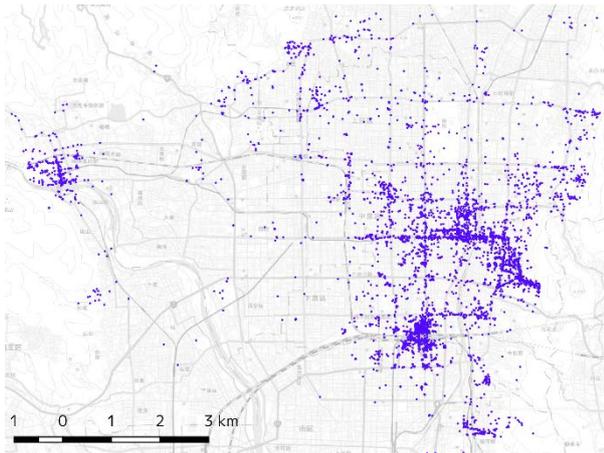
緯度経度の点データから交通流動の把握を行うにあたり、まずトリップエンドの抽出を試みる。位置情報は実際の移動開始・終了の意思に関係なく自動的に取得され、

移動途中や滞留中にも取得され得るため、レコードを適切な位置で区切ってトリップ単位にする必要がある。今回は3.3節の内容を踏まえ、Android と iOS それぞれの特性にあわせて抽出を行う。Android については市内全レコードを対象とし、各 UID の連続する2点間について、条件「 $d < 1000$ かつ $\Delta t \geq 30$ 」を満たすものを「滞留」とし、その前後でレコードを区切る。なお、バックグラウンド取得時は $\Delta t \geq 30$ は殆どの場合満たされることになる。

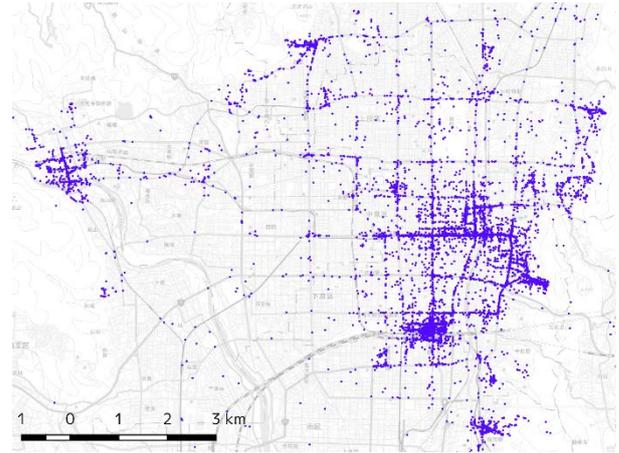
iOS については、正常なバックグラウンド取得時は500 m 以上の移動を行わない限り取得しないという特性を用いて判定を行う。まず以下の4つのいずれかを満たすレコードを除去する。

- ・ 「タッチあり」
- ・ 前後のレコードがいずれも「タッチあり」
- ・ $\Delta t < 5$
- ・ $d < 500$

除去後、残ったレコードどうしで連続する2点間の比較を行い、 d および Δt を設定し直し (d^* および Δt^* とする)、条件「 $\Delta t^* \geq 30$ 」を満たす区間の前後でトリップを区切る。なお、Android と異なり d^* を条件に含めなかったのは、滞留以外で取得が30分以上途切れる状況を合わせて確認するためである。

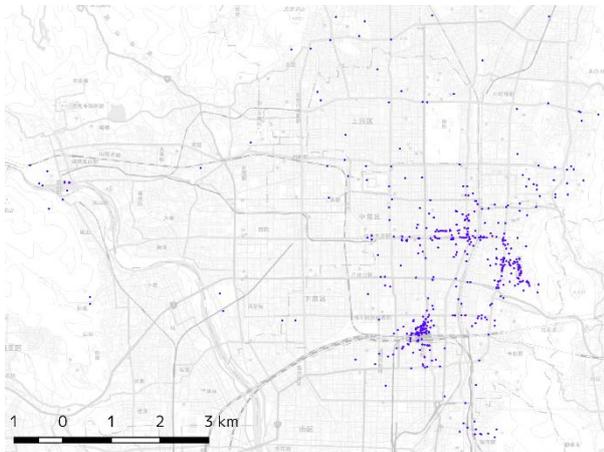


(a) Android (抽出数: 5,508 トリップ)

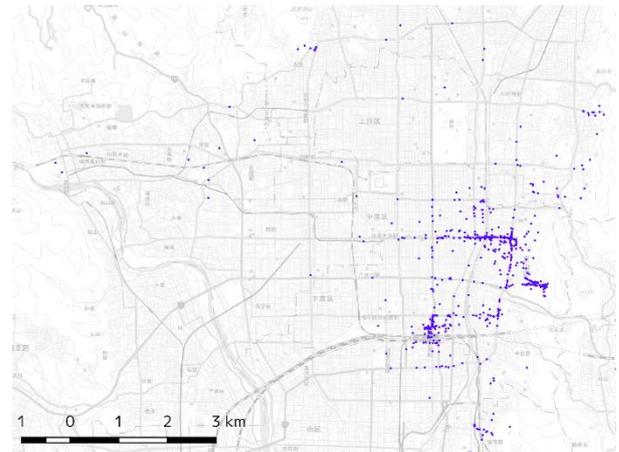


(b) iOS (抽出数: 9,316 トリップ)

図-6 トリップエンドの抽出結果 (市内発のトリップの目的地)



(a) Android (抽出数: 508 トリップ)



(b) iOS (抽出数: 744 トリップ)

図-7 トリップエンドの抽出結果 (清水寺ゾーン発のトリップの目的地)

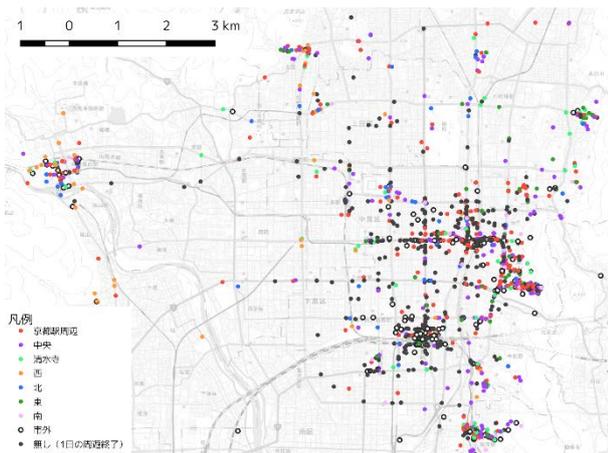
4.2 トリップエンドの抽出結果

4.1 節の手法で抽出した結果を図-6 および図-7 に示した。両 OS とも、トリップエンドと判定されたレコードが清水寺や金閣寺、嵐山、伏見稲荷といった実際の観光地周辺に集中しており、ある程度の精度は確保できていると考えられる。しかし、図-6 の金閣寺・北野天満宮間や図-7 の京都駅・清水寺間など近接する2つの観光地周辺では道路上にも目的地と判定されたレコードが多く見られるほか、図-7 からは観光地内や周辺の短距離トリップが多く抽出されていることが読み取れる。

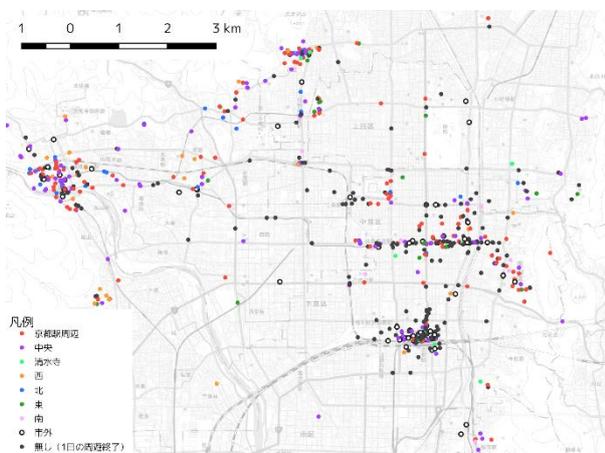
4.3 複数トリップ間の関係性の分析

次に、4.2 節で抽出した iOS のトリップを用い、連続する2つのトリップ間の関係性を分析する。なお、直線距離が1 km 未満の短距離トリップを滞留の可能性のあるものとして除外したうえで分析を進める。

4.2 節と同様にあるゾーン出発のトリップの目的地を点で表したうえで、その次のトリップの目的地の情報を各々の点に付加したものが図-8 である。(a) (b) とも抽出数は少ないが、(a) からは京都駅周辺出発後に東山を訪れた人が東や中央にとどまる傾向があり、(b) からは西ゾーン周辺出発後に京都駅周辺を訪れた人が行動終了するか市外へ流出する傾向があることなどが読み取れる。



(a) 京都駅周辺ゾーン出発 (抽出数: 1,934 トリップ)



(b) 西ゾーン出発 (抽出数: 752 トリップ)

図-8 各ゾーン出発のトリップの目的地およびその次の目的地 (iOS)

5. まとめと今後の課題

本稿ではスマートフォンアプリにより取得されたGNSS データについて基礎的分析を試みた。基礎的集計結果からは、スマートフォンの OS ごとに取得特性が異なることを確認した。この特性に基づいて、連続するレコード間の時間・空間間隔を基にして区切りを設けることでトリップエンドの抽出を行い、連続する複数トリップ間の関連付けを行った。しかしながら、4.3 節のように組み合わせが細分化された場合は現時点で十分な分析を行えるほどのトリップ数が抽出できていない。今後は各段階の手法について改良を進め、今回除去を行ったアプリ操作中のレコードや短距離トリップの活用を検討し、抽出量の向上を図る。また、抽出数の少なさの要因としては複数トリップの結合が考えられるため、連続レコード間の距離に代わって特定の地点からの距離を基準とする手法や、道路上や鉄道路線上のレコードから確率的にトリップエンドを求める手法などを検討する。

さらに、抽出量が確保できた場合は抽出された連続トリップから1日の代表的な周遊行動 (トリップチェーン) の推定を行う手法を検討する。

参考文献

- 1) 新階寛恭, 中西賢也, 吉田純土, 岩館慶多, 森尾淳, 石井良治: 都市交通分野におけるビッグデータの活用に向けた精度および信頼性に関する比較検証, 土木計画学研究・講演集, Vol.57, CD-ROM, 2018
- 2) 国土交通省都市局: スマートプランニング実践の手引き【第二版】, 2018, https://www.mlit.go.jp/toshi/tosiko/tosiko_fr_000023.html (2019.11.21 閲覧)
- 3) 浅井拓登, 杉浦聡志, 倉内文孝: OD 交通量・移動滞留データを用いた属性・モード別トリップチェーン推定手法の研究, 土木計画学研究・講演集, Vol.60, CD-ROM, 2019
- 4) 生形嘉良, 関本義秀, Teerayut HORANONT: 大規模・長期間の GPS データによる観光統計調査の活用可能性~石川県を事例に~, 土木学会論文集 D3 (土木計画学), Vol.69, No.5, pp.1_345-I_352, 2013
- 5) 吉岡正樹, 山口大輔, 吉田博哉, 竹林弘晃, 尹鍾進: スマートフォンの位置情報を利用した観光行動分析手法の研究, 第43回土木情報学シンポジウム講演集, 2018
- 6) 石井良治, 末成浩嗣, 越智健吾, 関信郎, 大塚賢太, 酒井幸輝, 會田優磨, 南川敦宣: 携帯電話 GPS ビッグデータの都市交通分野における活用に向けた信頼性検証, 土木計画学研究・講演集, Vol.58, CD-ROM, 2018
- 7) 西井和夫, 酒井弘, 小野恵一, 北村隆一: 京都観光トリップチェーンにおける活動箇所数に着目した時間利用特性分析, 土木計画学研究・論文集, No.16, pp.689-697, 1999
- 8) 京都市: 平成30年度「歩くまち・京都」推進会議説明資料 資料3, 2019, <https://www.city.kyoto.lg.jp/tokei/cmsfiles/contents/0000247/247770/03setumei.pdf> (2019.11.21 閲覧)