

時間消費に注目した 都市内回遊行動の調査・分析手法の開発

土肥 俊祐¹・土井 健司²・猪井 博登³

¹学生員 大阪大学大学院 工学研究科地球総合工学専攻 (〒565-0871 大阪府吹田市山田丘2-1)
E-mail:dohi.shunsuke@civil.eng.osaka-u.ac.jp

²正会員 大阪大学大学院 工学研究科地球総合工学専攻 教授 (〒565-0871 大阪府吹田市山田丘2-1)
E-mail:doi@civil.eng.osaka-u.ac.jp

³正会員 大阪大学大学院 工学研究科地球総合工学専攻 助教 (〒565-0871 大阪府吹田市山田丘2-1)
E-mail:inoi@civil.eng.osaka-u.ac.jp

近年、消費財の商品の消費であるモノ消費という従来の消費からモノ以外の目的による時間の消費であるコト消費へと消費対象が変化してきている。都市内商業地域における時間消費の実態を把握すべく、時間消費を移動経路中の滞留とその滞留時間として捉え、スマートフォンに搭載されたGPSを援用した位置情報取得アプリを利用し、各個人の時間消費を捉えた。今回はケーススタディとして岐阜県岐阜市柳ヶ瀬地区を対象に、従来の研究では数十分間隔で捕捉されていた来街者の時間消費を数十秒ごとの時間消費として可視化したほか、移動経路や移動速度などからアクセス・イグレス交通の抽出も可能とするような調査・分析手法の開発を行なった。

Key Words : *Time Consumption, GPS, Kaiyu, Behavior Analysis, Retention, Travel Behavior*

1. はじめに

近年の若者たちはこれまでの人々が行ってきたような生活とは異なった生活形態を確立している。その要因としてはインターネットが普及した恵まれた環境に生まれ、以前までと比べ、様々な情報を手にするスマートフォンなどのデバイスが多くなったことにあると考えられる。この生活形態の変化は、若年層の所得低下による物販業界における不況を語る上で欠かせないものとなっている。他方、その消費支出額は日本のバブル期にあたる1980年台後半と近年2010年台において大きな差異は見られない。つまり消費者が支出する対象が変化、消費の傾向が変化したといえる。この消費傾向の移行は消費財の商品の消費である「モノ消費」からモノ以外の目的による時間の消費である「コト消費」に移行したと表現される。この消費推移は冒頭に述べたようなスマートフォンの台頭などに代表されるインターネット回線を利用することができるメディア媒体が増えたことが1つの要因である。その一例としてインターネットショッピングが挙げられ、消費のための時間を節約し、自由時間を増加させているという点で「コト消費」を助長しているといえ

る。これを裏づけするものとして総務省の平成23年社会生活基本調査によると、国民の生活時間の内訳が変化している。睡眠などの生理的に必要な活動である1次活動の時間内訳に変化はみられないが、仕事や家事などの社会生活を営む上での活動である2次活動の時間内訳が減り、個人の自由活動である3次活動の時間内訳が増えている。そのような個人の自由活動における時間をより豊かに、有意義に利用しようとする点で「コト消費」の消費形態に変化していると考えられる。

以上より、人々の生活活動の中で時間消費に注目することは重要性を増してきており、時間消費の把握について今後の人々の消費活動やその需要、消費市場の変化を捉える上で研究を深めていく必要がある。

本研究においては、時間消費を都市内商業空間における移動経路中の滞留またはその滞留時間として定義する。時間消費は、目的地を目指す移動経路上で周辺商店への出入りを生むという新たな目的化が生じるほか、付近の商店における購買意欲を誘発することなどの効果が期待される。アプリケーション(以下、アプリ)を導入した調査用位置情報取得端末(以下、調査用端末)を用いて、都市内商業空間における、回遊行動の時間消費について

調査し、可視化や分析手法を開発し、提案することを目的とする。

2. 既往研究の概要

そのような消費活動を捕捉する上で、都市内の回遊行動を捉える方法として従前、立ち寄り店舗や移動経路の捕捉を目的としてアンケートを用いて調査が行なわれていた。森地ら¹⁾は観光地の滞在時間などの時間軸に注目した観光周遊行動に関する研究において、そのアンケート調査および家庭訪問調査を行っていた。この調査方法は回答者の記憶に依存するなど問題点が多く存在したが、近年では回遊行動の調査方法としてGlobal Positioning System(以下、GPS)を用いた調査が増加している。GPSを利用できるロガー(以下、GPSロガー)を用いて回遊行動を捉えた調査方法はアンケート調査に比べ、被験者の負担も少なく、データ処理が簡易であるほか移動経路の抽出や定義が可能であるなど調査方法が改善された。奥野ら²⁾は観光都市内の回遊行動の時間軸を考慮した研究においてGPSロガーを用いた調査を行ない、移動経路や滞在時間などを把握した。その一方でGPSロガーによる調査方法にもロガーの配布など依然として手間を必要とされる問題が存在することやデータ数に限りがあることが問題点として挙げられる。上記の問題点を解決すべく、本研究の調査では、近年多くの人々が持つスマートフォンに搭載されたGPSを援用して、位置情報を取得するアプリを用いた調査を行なう。位置情報のデータに処理を行ない、移動経路の捕捉や移動速度にも着目して歩行者の回遊行動中の時間消費に対する分析を行なう。

同様な研究として、Wi-Fiパケットセンサを用いた研究がある。望月ら³⁾は後に紹介する本手法と同様にスマートフォンを用いて、スマートフォンのWi-Fiルータとの接続のための約60秒間隔ごとの管理パケットの送出手から得られるMACアドレスを収集し、それらをキーとして大規模商業施設内での人流解析を行なった。当手法はアプリなどの導入も必要とせず、スマートフォンを持ってWi-Fiパケットセンサが設置された空間を回遊するだけで、データを収集することができる。一方で、Wi-Fiパケットセンサが十分に設置されていない箇所では、十分なデータ収集を望めないことが問題点として考えられる。本研究の手法では、Wi-Fiだけではなく、携帯電

話基地局やGPS衛星なども援用することから広域でデータを収集することができる利点がある。

本研究は社会的公平性および経済発展と環境保全のバランスを保ち「市民の生活の質を最大化しうるスマートライフ」の実現を目指し、交通と土地利用に跨る知的インフラの設計、評価、管理の統合システムの開発を目的としたe-Asia 共同研究プログラムにおける東南アジアの大都市圏で問題視されている交通渋滞を緩和する対策の一環で地域交通環境下における人々の回遊行動や移動速度を捉える実験調査にもあたる。本研究の分析手法を援用し、以後調査対象地域を置き換え、人々の回遊行動について分析する。実際にPomraht Pongprasertら⁴⁾のタイ・バンコクにおける二輪タクシーの利用から歩行の利用への切り替えに関する論文では、二輪タクシーやそのサービス体系がTOD(Transit-Oriented Development)住区の住民の駅までの歩行の主な障害になっている状況下で、近年の経済成長に伴う交通量増加による渋滞の一因となっている二輪タクシーやトゥクトゥクなどのパラトランジットの利用を低減させる目的で、駅から半径1km圏内の住民が駅までのアクセス手段の選択要因を見出した。本研究では、同様に渋滞が問題視されている東南アジアの大都市において住民が利用している駅までのアクセス手段においてどのような経路で向かっているか、その経路の魅力度を経路中の時間消費として捉えるための調査・分析手法の開発といった位置づけにあたる。

3. 調査概要と位置情報取得の理論

(1) 調査用アプリの概要

本調査で用いたアプリは、大阪大学と神戸情報大学院大学が共同開発した調査用アプリである。柳ヶ瀬地区などの対象地域での回遊行動を捕捉する『まちブラ・モニターアプリ』という名称でモニターの方々への説明を行なった。調査用アプリの画面データとアプリによって取得されたデータファイルの概要を下記に示す。本研究では、色付きの部分データをデータとして利用している。調査対象地域調査用端末のGPSを援用して取得した位置情報をおおよそ一定時間ごとに記録し、アプリ上の地図に出力することで、記録地点を複数把握することができる。またその他に、分析のために取得した位置情報を取り出すために記録した位置情報をサーバーに送信するという機能を持っている。調査用アプリはおおよそ15~30秒ごとにサーバーに送信され、位置情報取得時の調査端末の周辺環境によって差異が発生する。本調査では調査用アプリで取得した複数のデータの内、ID・緯度・経度・記録時刻を利用した。

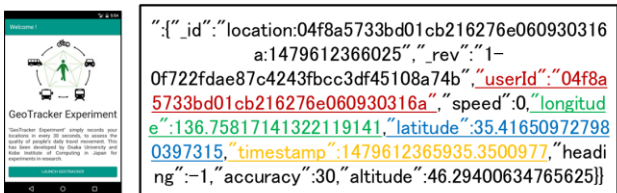


図-1 調査用に開発したアプリと取得データ

(2) 調査概要

岐阜県岐阜市柳ヶ瀬地域とその周辺地域を調査対象地域とし、調査を行なった。調査日は2016年11月19日（土）・20日（日）、調査時間は両日ともに10：00～17：00での調査実施となった。調査対象地域の気候は、19日（土）は雨、20日（日）は曇りであった。本調査実施期間には同地域を通る長良橋通りにおいてBRTトランジットモール交通社会実験が行なわれていたほか、19日（土）には地域内にある商店街においてイベントが開催されていた。20日（日）には同商店街と周辺地域においてSUNDAY BUILDING MARKETとい約150店舗の露店が歩行者空間にならぶイベントが開催されていた。調査期間内のイベントの開催に伴い、柳ヶ瀬地域の来訪者に対するイベントのアンケート調査が行なわれていた。その回答者の中で、本調査の目的・説明に同意いただき、アンケート調査においてこれから周辺地域を回遊するとお答えいただいた方に本調査のモニターとしてご協力いただいた。本調査では、対象地域である柳ヶ瀬地域の歩行者が多く通ると考えられる道路横に、「トランジットモール」に関するアンケート調査と本調査の説明、位置情報取得アプリ導入済み調査用端末の貸出やアプリのインストールを行なうPCを備えたブースを3箇所設置し、本調査に同意いただいた方にアプリを起動後、調査用端末を貸与し、モニター調査を依頼した。今回の調査では調査対象地区来訪者30名の方々にご協力いただいた。

4. 時間消費に注目した回遊分析

(1) 取得データの処理

本研究では、調査によって取得した位置情報と記録時刻などのデータに基づき、GIS(地理情報システム)を採用して、移動速度ごとに色分けして移動経路を地図上に表した。このとき、モニターが調査対象地域内で回遊行動の中でどのような時間消費を行なっているかを定性的

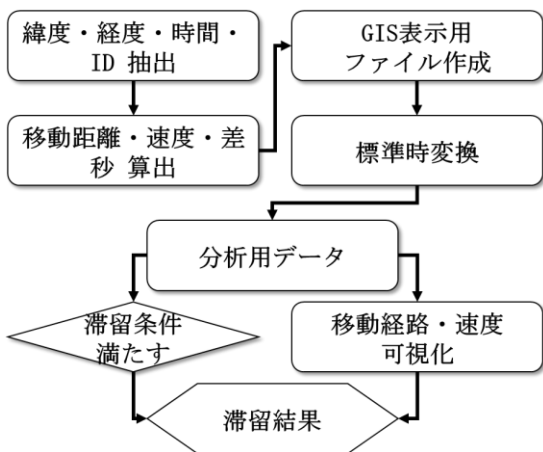


図-2 データ処理フロー

に示した。

前述したように本調査に用いたアプリではID・経度・緯度・記録時刻の4種類のデータを利用し、そのデータを用いて分析を行なった。今回の分析にあたり、以上の取得データから移動距離や移動速度、可視化用ファイルなどを解析ソフトRを用いて整理・計算を行なった。移動距離の算出にあたっては地球の曲率半径を考慮して距離計算を行なうヒュベニの公式を用いた。

(2) 位置情報と分析用データの補正

本調査の取得データには、位置情報の計測時に発生したエラーが含まれている。調査用端末による位置情報取得が十分な精度をもって測位できなかったことが考えられる。採用したGPSによる位置情報の取得はGPS衛星を用いて測定することからGPSによる正確な測位は屋外および周辺に大きな建造物がないことが必要とされる。しかし、本調査対象地域である柳ヶ瀬地域の街路は大部分がアーケードで覆われているほか、高い建造物による通信電波の反射による端末位置情報の誤認も多いため測定に誤差が生じるなどのエラーの原因として挙げられる。そのためにデータの補正・除外をする必要があり、補正・除外基準を設定し、分析用データの補正・除外を行なった。補正・除外基準は次の通りである。

- ・ 差秒が180秒以下であるもの
- ・ 移動速度が100 km/h以下であるもの
- ・ 移動距離が300 m以内であるもの

以上3点を満たさなかったデータファイルから除外した。調査用アプリの概要の章で述べたようにおおよそ15～30秒の間隔でデータが記録されるが、アプリが通信が出来る状態でその間隔でデータ送信が行なわれ、地下街やトンネル部などでは記録時間が大きく伸びるなど周辺環境によって記録間隔が伸びることがある。今回は周辺環境にトンネルや地下街といった通信障害するような施設がなかったために短めの180秒で基準を設定した。移動速度は、調査対象地域内外でのモニターの車やバスなどの公共交通機関移動を考慮して100km/h以下の速度をもつ移動に基準を設定した。移動距離は移動速度の基準に基づき、移動可能である距離を300mとして基準を設定し



図-3 移動速度を変数とした色別移動経路(狭域)

た。以上の補正基準を満たしたデータをIDごとに分割した。

(3) 移動速度・移動経路の定性的捕捉

移動速度および移動経路の捕捉は地図上の道路線形と整合しており、おおよそ正しい軌跡であることが読み取れる。移動速度を変数として色別に移動を示している。暖色系ほど移動速度が遅く、寒色系ほど移動速度が速くなるような配色に設定されており、このような移動経路と移動速度を同時に表示した図を参照することによって、移動手段の判別ないし渋滞が発生している場所を定性的に読み取ることが出来る。図-3では対象地域内での移動速度・移動経路を表しており、歩行者専用空間が多くあったこの地域では時速2km/h以下の移動を把握するこ

とが出来た。本手法では、今回の柳ヶ瀬地域といった狭い範囲での移動だけではなく、図4、図5のように調査対象地域である柳ヶ瀬地域外の岐阜県内の広域での移動も捉えることができる。実際に図4では、図の左下の柳ヶ瀬地域から北東方面(関市方面)に移動を捉えた図である。移動速度が60km/hを超えているものもあり、バスや車といった交通手段が推測される。図5では西部にある柳ヶ瀬地域から南東方面(各務原方面)に移動していることがわかる。



図-4 移動速度を変数とした色別移動経路(広域)

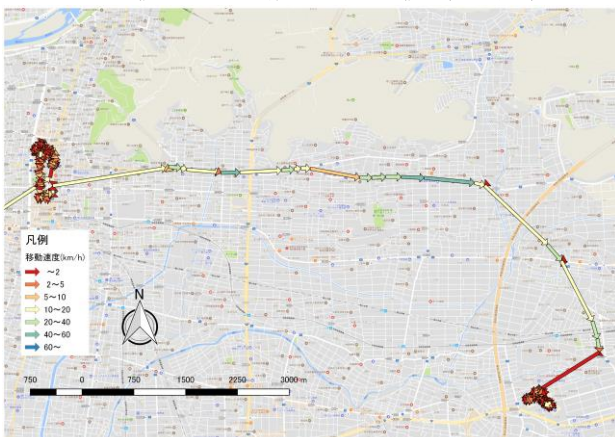


図-5 移動速度を変数とした色別移動経路(広域)

(4) 滞留の定性的捕捉

調査対象地域内の時間消費に注目した滞留点および滞留時間の抽出を行なうために、調査対象地域内を取り囲むように緯度・経度を設定し、記録点を限定するような基準を設け、分析を引き続き行なった。60秒以上の滞在のある記録点を滞留と定義し、移動速度は10m以上の移動を記録間隔の間で実現しないような数値設定とした。今回の分析においては10m*10mメッシュを用いて、狭い範囲内での滞留把握を行なった。一方で範囲外に出てしまったデータの滞留時間がリセットされてしまうことを考慮して、5分以内の同一メッシュへの回帰は連続的な滞留時間として計測されるように設定を行なった。IDごとのデータに対して滞留条件を満たしたものを滞留候補点データとした(図-6)。滞留条件を満たした点データ群を包含した10m*10mのメッシュをその滞留時間のうち最大滞留時間を記録したものを円で表した(以下、滞留円)。図4-5では、図の中心周辺に滞留時間の長さを半径とした円が何点か散見することができる。円が重なっている下部の円の部分では、柳ヶ瀬地域内のイベントのフードコートが開催されていた箇所と重なっていたほか、上部の円の部分では、飲食店などを包含したメッシュ(10m*10m)と重なっていた。それらより、滞留していたメッシュと滞留していた街区および通りまでを推測することが可能となったが特定店舗での滞留を捉えることは出来なかった。

(5) 時間消費に注目した滞留の把握

本研究では、最初に述べたように都市内の回遊行動中の時間消費として移動経路中の滞留を時間消費として定義し、捕捉することとした。これを受けて、図-2で示したデータ処理のフローにも示したように可視化した移動速度と移動経路の図と滞留を捕捉した図を重ね合わせることで、その時間消費を表した。今回は凡例として2km/hの移動としていたが凡例を細かく設定することで歩行者の通りや街区構造などの環境によって変化する歩行速度の違いや減速・加速を捉えることもできる。

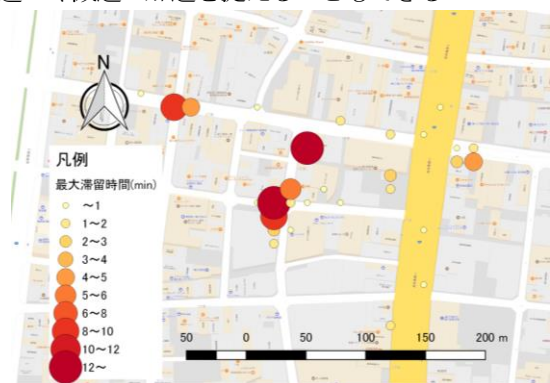


図-6 最大滞留時間と滞留箇所を表した滞留円

先ほどの滞留円(図-6)を取得したとある協力者に移動経路(図-3)を重ね合わせたものが時間消費に注目した移動経路中の滞留を表した図になる(図-7)．同様に異なる協力者のデータを表したのも示す(図-8)．

5. おわりに

本稿においては、移動経路、移動速度および滞留場所・時間の計測と分析により、都市内の商業地域において時間消費に注目した回遊行動分析に本開発手法を適用した．また、その適用により都市内消費活動の滞留形態に関する情報を抽出できることが確認された．加えて、移動速度と移動経路に関する情報を重ね合わせることで、消費者が目的地だけではなく、その経路上に魅力的な店舗が存在することで新たな目的地を生み、滞留後、また新たな目的地に向かうといった繰り返しを確認することやどの店舗で時間消費が行なわれているかといったおおよその消費者の店舗立ち寄りの情報を抽出することが可能になった．また移動速度と移動経路に関して注目すると広域地域においては速度の差からおおまかな移動手段



図-7 時間消費に注目した移動経路中の滞留

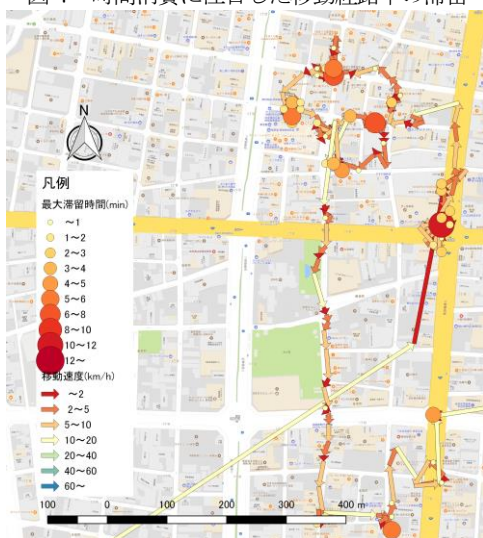


図-8 時間消費に注目した移動経路中の滞留

の特定も期待できると考えられる．

一方で、本開発手法の課題も明確になった．その1つは、これらの回遊行動データにおける滞留の抽出は本来の目的である店舗での滞留行動だけではなく、信号など一時停止の点も滞留行動として抽出されてしまうことである．信号設置箇所周辺における滞留が店舗内滞留に由来するものか判定が難しい．2つ目は、今回の調査対象地域のようにアーケードなどの位置情報取得を妨げるような環境や屋内のような状況下で正確な位置情報を判定できないことである．データ補正によって大部分のものは除外などを行ない、補正できるが残存するデータをどう取り扱うかの問題を包含する．

本開発手法は都市内回遊行動における滞留を抽出すべく開発された手法であるが、移動速度の不連続性という課題は残るものの移動速度と経路のデータから移動手段の特定に援用できることも考えられる．今後の展望として位置づけで述べたが、東南アジアの都市部での人々の行動の把握に適用される予定である．より正確な行動把握にむけ、本開発手法に加え、位置情報を道路上や特定の地物上に転換する技術であるMixed Map Matchingを利用することや建造物内での位置情報取得に関して高い精度が得られれば、より良い結果を得ることができると考えられる．加えて、時間帯ごとの滞留・経路つまり時系列ごとの滞留点・移動経路の把握が行なうことが出来れば、時間帯別の魅力的な時間消費空間を把握できる．

謝辞：本調査にあたり、調査用アプリ開発の協力に加え、情報処理や研究に対する御助言を頂きました神戸情報大学院大学の杉山郁夫教授および横山輝明講師には厚く御礼申し上げます．また本研究において、データ収集にご協力いただいた岐阜市柳ヶ瀬地区来訪者の皆様、調査実施にあたり大学とイベントとの架け橋となっていた岐阜市の青木保親さんには深謝致します．本研究は、国立研究開発法人 科学技術振興機構 e-Asiaプロジェクトの支援を受けて実施された．

参考文献

- 1) 森地茂, 兵藤哲朗, 岡本直久: 時間軸を考慮した観光周遊行動に関する研究, 土木計画学研究・論文集, No.10 1992.11.
- 2) 深田秀実, 奥野祐介, 大津晶, 橋本雄一: 観光歩行動データに対する GIS を用いた 3 次元可視化手法の提案, 観光情報学会誌 8(1), 51-66, 2012.
- 3) 望月祐洋, 上善恒雄, 西田純二, 中野秀男, 西尾信彦: Wi-Fi パケットセンサを利用した匿名人流解析システムの構築, 情報処理学会研究報告, vol.2014-MBL-70 No.45
- 4) Pornraht Pongprasert, Hisashi Kubota: Switching from motorcycle taxi to walking: A case study of transit station access in Bangkok, Thailand, *IATSS Research In Press*,

- 2017
- 5) 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), 11-19, 2014-03
- 6) 谷口功：位置情報の基本と技術, pp.36-51, 64-65, 102-107, 翔泳社, 2012.
- 7) 村山祐司, 柴崎亮介：GIS の理論, pp.56-60, 朝倉書店, 2008.
- 8) 社団法人 経済同友会：消費問題委員会報告書, 2009
- 9) 経済産業省 地域経済産業グループ：平成 27 年度 地域経済産業活性化対策調査 報告書, 2016
- (2017.?.? 受付)

DEVELOPMENT OF SURVEY AND ANALYSIS METHOD FOR INNERCITY TRAVEL BEHAVIOR FOCUSING ON TIME CONSUMPTION

Shunusuke DOHI, Kenji DOI and Hiroto INOI

With the conventional 'Want based consumption', consumers were utilizing the functional value of individual products and services at individual stores in the consumption space. However, in recent years, consumption has been changing to a variety of consumables, such as 'Need based consumption' and 'time consumption', where the travel path itself is defined within the consumption space. Therefore, I focused on comprehending time consumption based on retention in the consumption space. I then developed a survey and analysis method for in-city travel behavior focused on the real-time consumption. I used a smartphone survey application that reduces the burden on respondents and increases their numbers. This method enables us to understand the change in travel behavior with from ten to fifteen seconds as compared to the conventional method that allows for a few minutes.