

令和 5 年 6 月 8 日現在

機関番号：53301

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2019～2022

課題番号：19K04646

研究課題名（和文）来街者による都心回遊行動モデルの構築 - 回遊行動の誘発と回遊空間の広域化を考慮して

研究課題名（英文）Development of visitors' activity-travel behavior model considering alteration of initial activity plans and expansion of activity spaces

研究代表者

寺山 一輝（Terayama, Kazuki）

石川工業高等専門学校・環境都市工学科・講師

研究者番号：50780897

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,400,000円

研究成果の概要（和文）：GPS行動軌跡データを用いて、都心商業地域での回遊中における来街者の交通行動の実態を分析した。その結果、公共交通サービスは、来街者の回遊行動の広域化に有意に寄与していることが明らかとなった。さらに、来街者の事前の活動計画からの変更挙動を考慮した新たな回遊行動モデルを構築した。回遊行動モデルは、計画店舗数の決定、回遊の継続・帰宅、活動内容、目的地、滞在時間の選択行動からなり、これによって、来街者の一連の回遊行動を評価することが可能となった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

都心の賑わいを創出するためには、来街者の回遊行動を促進させるような施策が求められる。本研究で構築した回遊行動モデルは、来街者が回遊中にふらっと新たな活動を追加する行動を再現できる。これによって、都心空間の整備による来街者の回遊行動の誘発度を定量的に評価できる。また、個々人の選択行動をモデル化しているため、若者、高齢者や子育て世代などの様々な属性に適応した土地利用・交通施策パッケージも評価可能である。

研究成果の概要（英文）：We analyzed the influence of public transportation services on visitors' activity spaces in the central area of Kobe City, using GPS trajectory data. Public transportation services contributed to expand visitors' activity spaces in the central area and loop bus service was particularly effective to the elderly. We developed pedestrian activity-travel behavior models considering alteration of visitors' initial activity plans. The proposed models consist of choice of the number of activity locations initially planned, choice regarding whether continuing activity, activity type choice, activity location choice and activity duration choice. The results showed that it is possible to reproduce visitors' activity-travel behavior with good accuracy using the models, and the increase in the attractiveness of city center can encourage of alteration of visitors' activity plans, causing the number of activity locations and activity duration in the city center.

研究分野：土木計画学

キーワード：回遊行動モデル 中心市街地の活性化 事前活動計画の変更 GPS行動軌跡 交通施策

1. 研究開始当初の背景

わが国では、全国各地の都心の空洞化が大きな問題となっており、都心商業地域の賑わいを創出することが重要な課題となっている。こうした課題を解決するためには、来街者による回遊行動を促進させることが必要であり、このための総合的な交通戦略を策定するとともに、それを実現するための具体的な施策パッケージの導入効果を評価することが求められる。その際には、来街者による回遊行動モデルの構築が不可欠であり、そのモデル化においては以下の2つの視点が重要である。

第一に、来街者が「ふらっと立ち寄ることができる空間」をデザインし、回遊を誘発させることが重要であり、こうした行動をモデルに組み込むことが必要である。既存の回遊行動モデルでは、来街者が事前に計画した活動を回遊中に変更することを考慮していない。第二に、都心の賑わいを創出するためには、回遊のための移動手段を徒歩のみに依存することには限界があるため、多様なモビリティを総合的に考慮して、単独による、あるいはそれらを組み合わせた移動を考慮することが必要である。既存の研究では、主として来街者の徒歩による移動を対象としてモデル化が行われている。

都心における賑わいの創出に向けた総合的な交通戦略を策定し、具体的な施策パッケージの効果を評価するためには、「事前活動計画からの変更挙動」と「多様なモビリティの選択」という新たな視点を組み込んだ回遊行動モデルの構築が求められると考え、本研究の着想に至った。

2. 研究の目的

そこで本研究では、都心商業地域における来街者の回遊行動を促進させるためには、多様なモビリティの利用を可能にすること、および来街者の事前の活動計画からの変更挙動を考慮することが重要な視点であることを踏まえて、新たな回遊行動の調査方法の提案と回遊行動のモデル化を図ることを目的としている。具体的には、回遊中のモビリティの選択行動、事前活動計画からの変更の有無の選択、目的地、滞在時間の選択という来街者の一連の回遊行動を記述することができるモデルを構築する。

3. 研究の方法

本研究では、ケーススタディ地域として神戸市中央区に位置する都心商業地域を取り上げて、アンケート調査・GPS調査を実施し、以下の3つのテーマについて分析を行った。

(1) 回遊中における来街者の利用交通手段パターンの抽出とその実態分析

本研究では、アンケート調査とGPS調査によって来街者の回遊行動データを取得する。GPSによる行動軌跡データは、5秒間隔で緯度・経度と速度が取得されており、来街者の詳細な移動経路などを把握することができる。本研究では、各被験者のGPSデータを用いて、移動と滞在、交通手段の判別を行う。

まず、移動と滞りの判別については、10分間以上停止した場合、被験者は何らかの目的をもってその地点に滞留したと仮定した。そして、停止は2地点間の速度が時速2km以下の場合とした。本研究では、10分間以上停止した座標群の重心を求めることで訪問箇所を特定し、トリップチェーンデータを作成した。

交通手段の判別については、アンケート調査結果とGPS行動軌跡データをマッチングさせることによって被験者のトリップごとの交通手段を特定する。そして、このマッチングしたデータをもとに、多項ロジットモデルを適用して、個々のGPS座標点の交通手段を判別する。

移動・滞在、交通手段を判別した上で、都心内での移動手段の組合せパターンを抽出する。そして、その組合せパターンごとに回遊行動特性を定量的かつ視覚的に分析することによって、公共交通サービスが活動空間の広域化に及ぼす影響を明らかにする。

(2) 事前活動計画からの変更挙動を考慮した回遊行動モデルの構築

来街者の事前活動計画からの変更挙動の実態を明らかにするために、アンケート調査を実施する。アンケート調査では、回遊行動(外出可能時間、訪問店舗名、滞在時間、活動内容、変更挙動の有無、事前に計画された店舗のうち最も重要な活動(主活動)等)、追加・取消行動の理由等を尋ねた。このとき、変更挙動を観測するために、調査票では、トリップごとに訪問箇所・活動内容・滞在時間とともに、当該トリップが予定したものがどうかを尋ねるように工夫した。

回遊行動のフレームワークとして、来街者は、まず、自宅で事前に活動内容と活動場所を計画する。そして、都心到着後に回遊を開始し、事前に計画した活動を変更するかどうかを決定し、その上で活動内容・目的地・滞在時間の選択を逐次的に行うものと仮定する。このフレームワークのもとで、来街者は都心での回遊開始前に、事前に活動場所・内容の組合せを計画し、それらが都心内で逐次的に変更されるという一連の回遊行動を記述可能なモデルを構築する。

回遊行動モデルは3つのモデルから構成されており、1つ目(モデル1)は「計画店舗数の決定モデル」であり、ポアソン回帰モデルを適用する。2つ目(モデル2)は「回遊の継続・帰宅」

「活動内容」「目的地」の選択モデルであり、ここではネスティッドロジットモデルを用いて記述する。3つ目(モデル3)は「滞在時間の選択モデル」であり比例ハザードモデルを適用する。

(3) 都心活性化に向けた交通戦略の策定と回遊行動モデルを用いた施策効果の予測

提案した回遊行動モデルを個人の外出可能時間の制約のもとで、回遊の終了(帰宅)まで繰り返すことで、一連の回遊行動を再現することができ、これによって都心空間の再編による回遊行動の変化を予測できる。本研究では、歩行者専用道路化、商業施設の移転・新設などによる都心空間の再編施策を取り上げる。そして、こうした施策が来街者の回遊行動の誘発(事前活動計画からの変更挙動)に及ぼす影響を定量的に明らかにする。

4. 研究成果

(1) 回遊中における来街者の利用交通手段パターンの抽出とその実態分析^{1),2)}

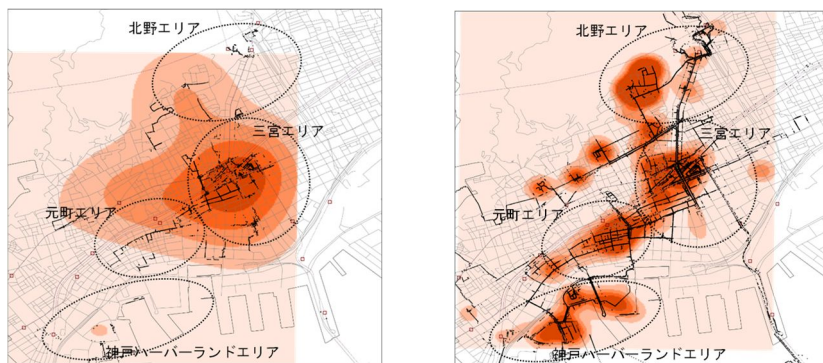
多項ロジットモデルを適用して、GPSデータの各座標点の交通手段(徒歩・循環型バス・鉄道)を判別した。モデルの説明変数として、速度・バス、鉄道路線圏域ダミーを用いてパラメータを推定した結果、いずれも統計的に有意な値を示していた。構築したモデルを用いて、交通手段の組み合わせパターンを再現すると、比較的良好な精度であった。判別モデルを用いて、来街者の交通手段の組み合わせパターンを推計した結果、表-1に示すように、対象地域における来街者は、複数の交通手段を組み合わせるパターンが多いことが明らかとなった。こうしたことから、多様なモビリティを考慮した回遊行動分析・モデル化が重要であることが示唆された。また、個人属性別に利用交通手段の組み合わせパターンの構成をみると、若年層よりも高齢者の方が、男性よりも女性の方が複数の交通手段を用いて回遊することが多い傾向にあった。

表-1 来街者の交通手段の組み合わせパターン

		N
シティー・ループ利用者	徒歩+シティー・ループ	73
	徒歩+シティー・ループ+鉄道	28
	徒歩+シティー・ループ+その他	1
非利用者	徒歩のみ	23
	徒歩+鉄道	24
	徒歩+鉄道+その他	1
	徒歩+その他	1

来街者の交通手段の組み合わせパターンと回遊行動特性(訪問箇所数・回遊距離・滞在時間)の関連性を分析した。その結果、複数の交通手段を組み合わせる回遊パターンによって、都心での訪問箇所数、回遊距離、滞在時間が有意に増加し、訪問箇所数、回遊距離においてその効果が顕著にみられた。

さらに、図-1に示すように、交通手段の組み合わせパターン別に回遊経路・滞在箇所を可視化した結果、徒歩のみで回遊すると、回遊経路および滞在箇所が鉄道駅周辺に限られていた。その一方で、複数の交通手段を組み合わせることで滞在箇所が対象地域内の広域に分布することが明らかとなった。また、対象地域の一部のエリアでは坂道が多く、徒歩のみによる回遊では身体的な負担が大きい。しかし、公共交通には、こうした区間の移動抵抗を緩和し、来街者の移動を促進させ、新たな回遊を創出する役割があることを示した。



a) 徒歩のみ

b) 徒歩+循環型バス

図-1 交通手段の組み合わせパターン別にみた回遊経路・滞在箇所の分布

多様なモビリティの導入が回遊行動に及ぼす影響を検証するために、まず来街者の回遊圏域を二次モーメントの考え方をを用いて定量化した。回遊圏域は個人属性・交通手段の組み合わせパターンによって異なっていた。次に比例ハザードモデルを適用して、回遊圏域の要因分析を行った。要因分析の結果、回遊圏域と交通手段の組み合わせパターンは有意に寄与しており、徒歩・鉄道・バスを組み合わせる回遊パターンが回遊圏域を最も拡大させることを確認した。また、年代別に交通手段の組み合わせパターンが回遊圏域に与える影響を確認した結果、50代以上の来街者については、50代未満の来街者に比べて、循環型バスを利用することで徒歩のみの移動

よりも回遊圏域が拡大していることが明らかとなった。このことから、公共交通サービスは高齢者の回遊行動の促進に効果的であることが示唆された。

(2) 事前活動計画からの変更挙動を考慮した回遊行動モデルの構築^{3),4),5)}

来街者は自宅で事前に活動を計画し、都心においてその計画した活動を変更し、新たな活動を追加もしくは活動を中止するという、図-2 に示す一連の行動を行うと仮定し、このモデル化を試みた。図-3 は回遊行動モデルの構造を示している。なお、アンケート調査の結果、回遊中に事前活動を中止する行動は少数であったため、事前活動計画に新たな活動を追加する行動(追加行動)のみを対象として、変更挙動の分析を行った。提案する回遊行動モデルは3つのサブモデルから構成されており、1つ目は計画店舗数の決定であり、ポアソン回帰モデルを適用する。2つ目は、回遊の継続・帰宅の選択、活動内容の選択、目的地の選択行動を記述するモデルである。ここではネスティッドロジットモデルを適用した。このとき、回遊の継続・帰宅の選択モデルにおいては、回遊を計画行動として継続する、追加行動として継続する、帰宅するという3選択肢を設定することによって、逐次的に事前活動が変更できるように工夫しており、この点が本モデルの新規性である。また、活動内容、目的地の選択においても、計画行動と追加行動に分けてパラメータを推定することで、それぞれの行動メカニズムの差異を表現している。3つ目は、滞在時間の選択モデルであり、比例ハザードモデルを適用した。このとき、サブモデル2と3を個人の外出可能時間のもとで、回遊の終了(帰宅)まで繰り返すことで、来街者の一連の回遊行動を再現することが可能となり、それぞれのサブモデルにおいて政策変数を導入することで、その影響をシミュレーションできる。

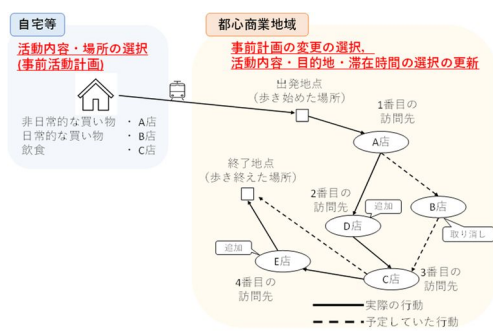


図-2 想定する回遊行動

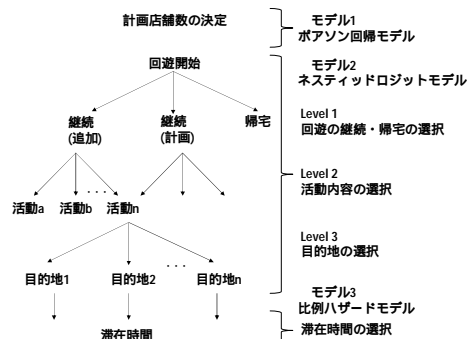


図-3 回遊行動モデルの構造

計画店舗数の決定モデル

パラメータを推定した結果、個人属性・トリップ属性によって事前の計画店舗数が異なることがわかった。具体的には、出発時間は午前の方が午後よりも、また高齢になるにつれて計画店舗数が多くなっていった。さらに、都心部へ公共交通を利用して訪れた被験者の方が、自動車を利用して訪れた被験者よりも計画店舗数は多くなる傾向にあった。

目的地の選択モデル

対象地域を 50m メッシュで分割して、これらのメッシュを目的地として選択モデルを構築した。目的地の選択モデルでは、各説明変数のパラメータの観測異質性を考慮し、すなわち計画行動と追加行動にパラメータを分けて推定した。パラメータを推定した結果、計画行動は、店舗件数に影響されずに大規模な施設が立地しているゾーンを選択する傾向にあることがわかった。その一方で、追加行動は、意思決定地点に近接した、衣類・日用品などの店舗が集積しているゾーンを選択する傾向にあることが明らかとなった。

活動内容の選択モデル

目的地の選択モデルと同様に、観測異質性を考慮してパラメータを計画行動と追加行動に分けて推定した。その結果、非日常的な買い物は計画行動として連続する傾向にあり、飲食は計画行動として選択される傾向にあった。一方で、散策目的で追加行動が発生しやすいことがわかった。また、都心での累積滞在時間が長くなると、飲食目的で追加行動が発生しやすく、非日常的な買い物は追加されにくいことが明らかとなった。

回遊の継続・帰宅の選択モデル

回遊の継続については選択肢を「計画行動として継続する」「追加行動として継続する」に分けて選択モデルを構築した。パラメータを推定した結果、都心での累積滞在時間が長くなると回遊を終了する確率が高くなる傾向にあった。一方、回遊の継続要因についてみてみると、事前に計画した活動を十分に実行していないと、計画行動として回遊を継続する傾向にあった。若年層よりも高齢層の来街者の方が追加行動として回遊を継続しやすいことがわかった。また、直前に計画行動の中で最も重要な活動を実施すると、その次の行動は追加行動の確率が高くなることが明らかとなった。

滞在時間の選択モデル

比例ハザードモデルを適用して、滞在時間の選択モデルを構築した。その結果、累積トリップ数が多くなると滞在時間が短くなる傾向にあった。また、追加行動は計画行動に比べて滞在時間が短く、飲食に比べて、買い物や散策は滞在時間が短い傾向にあることが明らかとなった。

(3) 都心活性化に向けた交通戦略の策定と回遊行動モデルを用いた施策効果の予測⁵⁾

(2)で構築した回遊行動モデルを用いて、来街者の回遊行動の再現性の検証および、都心空間の再編が変更挙動に及ぼす影響を分析した。

現況再現性

被験者の個人属性を所与としたもとの、一様乱数を発生させ一連の回遊行動をシミュレーションし、訪問店舗数、滞在時間、活動内容、ゾーンの選択率の現況再現性を確認した。その結果、訪問店舗数、滞在時間、ゾーンの選択率の再現性は極めて高くなっていた。一方、活動内容の再現性は前者に比べて低くなっていた。しかし、活動内容の選択率の大小関係は概ね再現できていた。こうしたことから、来街者が回遊中に事前活動を変更する行動を評価可能な新たな回遊行動モデルを構築することができたといえよう。

施設配置の変化が追加行動に及ぼす影響

目的地ゾーンの魅力度を変化させて追加行動数の感度分析を行った。具体的には、対象地域の中心部に位置するゾーンの施設数を5%から20%まで増加させて、追加行動数と都心での滞在時間の変化をシミュレーションした。その結果、図-4に示すように微増ではあるものの、都心の魅力を向上させることによって追加行動が誘発されることが明らかとなった。また、図-5に示すように、その結果として追加行動としての総滞在時間が増加していることを確認できた。

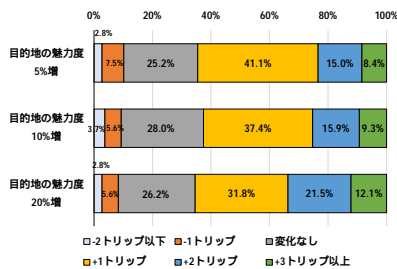


図-4 追加行動数の変化

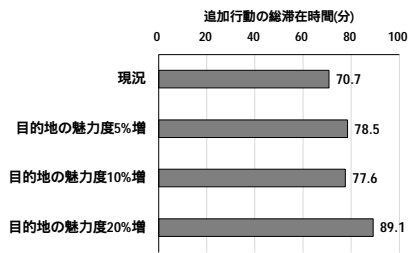


図-5 滞在時間の変化

以上により、本研究では、回遊行動における多様なモビリティを考慮することの重要性を示すとともに、来街者の事前活動計画からの変更挙動を考慮した新たな回遊行動モデルを構築することができた。アンケート調査・GPS調査のサンプル数を十分に確保できなかったため、多様なモビリティの選択構造を組み込んだ回遊行動モデルの開発には至らなかったものの、変更挙動を考慮したモデルを構築した意義は大きい。すなわち、本モデルを用いることによって、歩行者専用道化や、施設の新規立地などの空間再編による来街者の回遊行動の誘発度を定量的に評価することが可能となる。また、個々人の選択行動としてモデルを記述しているため、高齢者や子育て世代などのそれぞれの属性に有効な施策パッケージも評価できる。今後は、モビリティの選択構造を組み込むことによって、MaaSなどの新たなモビリティサービスの導入と歩道・施設配置などの土地利用を組み合わせた施策の効果を検証できるため、本研究の一連の成果は有用であると考えられる。

< 引用文献 >

- 1) 寺山一輝, 小谷通泰, 羽岡陽平: 都心部における公共交通サービスが来街者の活動空間に及ぼす影響に関する分析 - GPS による行動軌跡データを用いて, 日本都市計画学会学術研究論文集, Vol.56, No.3, pp.842-849, 2021.
- 2) Terayama, K., Mizukami, T., Odani, M: Analyzing Relationship Between Visitors' Use of Public Transportation and City Center Revitalization: Case Study in Central Kobe City, Japan, *Asian-Pacific Planning Societies 2022*, August, 2022.
- 3) 寺山一輝, 小谷通泰: 歩行者の回遊行動における事前活動計画からの変更挙動特性に関する分析 - 神戸都心商業地域を対象として, 日本都市計画学会学術研究論文集, Vol.54, No.3, pp.711-717, 2019.
- 4) Terayama, K., Odani, M: Pedestrian Travel Behavior Analysis in Shopping Districts of the City Center - Focusing on Alteration of Initial Activity Plans, *Proceedings of the 24th International Conference of Hong Kong Society for Transportation Studies*, 2019.
- 5) 寺山一輝, 高井咲音, 小谷通泰: 来街者の事前活動計画からの変更挙動を考慮した回遊行動モデルの構築 - 神戸市都心商業地域を対象として, 交通工学論文集(特集号A), Vol.9, No.4, pp.A_35-A_43, 2023.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計5件（うち査読付論文 5件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 4件）

1. 著者名 Terayama Kazuki, Odani Michiyasu, Haoka Yohei	4. 巻 56
2. 論文標題 Analysis of the Influence of Public Transportations Services on Visitors' Activity Spaces in the Central Area of the City	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of the City Planning Institute of Japan	6. 最初と最後の頁 842～849
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.11361/journalcpj.56.842	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -
1. 著者名 田中 康仁、小谷 通泰、寺山 一輝	4. 巻 55
2. 論文標題 都心商業地域への来街者による駐車場の選択行動に影響を与える要因の分析	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 都市計画論文集	6. 最初と最後の頁 659～665
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.11361/journalcpj.55.659	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -
1. 著者名 寺山 一輝、小谷 通泰	4. 巻 54
2. 論文標題 歩行者の回遊行動における事前活動計画からの変更挙動特性に関する分析	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 都市計画論文集	6. 最初と最後の頁 711～717
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.11361/journalcpj.54.711	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -
1. 著者名 Terayama, K. and Odani, M	4. 巻 24
2. 論文標題 Pedestrian Travel Behavior Analysis in Shopping Districts of the City Center - Focusing on Alteration of Initial Activity Plans	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Proceedings of the 24th International Conference of Hong Kong Society for Transportation Studies	6. 最初と最後の頁 373～380
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 寺山 一輝、高井 咲音、小谷 通泰	4. 巻 9
2. 論文標題 来街者の事前活動計画からの変更挙動を考慮した回遊行動モデルの構築 神戸市都心商業地域を対象として	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 交通工学論文集	6. 最初と最後の頁 A_35 ~ A_43
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.14954/jste.9.4_A_35	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

〔学会発表〕 計7件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 1件)

1. 発表者名 上森大輔, 寺山一輝, 小谷通泰
2. 発表標題 都心回遊行動における来街者の事前活動計画からの変更要因
3. 学会等名 第63回土木計画学研究発表会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 上森大輔, 寺山一輝, 小谷通泰
2. 発表標題 回遊行動における事前活動計画からの変更挙動の発生メカニズムの分析
3. 学会等名 第61回土木計画学研究発表会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 羽岡陽平, 寺山一輝, 小谷通泰
2. 発表標題 都心部における循環型バスサービスが来街者の回遊行動に及ぼす影響分析 GPSによる行動軌跡データを用いて
3. 学会等名 第62回土木計画学研究発表会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 寺山一輝, 小谷通泰
2. 発表標題 循環型バスが来街者による都心回遊行動の広域化に及ぼす効果の分析 - 均一料金制に向けた社会実験結果を用いて
3. 学会等名 日本都市計画学会中部支部
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 寺山一輝, 高井咲音, 小谷通泰
2. 発表標題 来街者の事前活動計画からの変更挙動を考慮した回遊行動モデルの構築 - 神戸市都心商業地域を対象として
3. 学会等名 第42回交通工学研究発表会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Terayama, K., Mizukami, T., Odani, M
2. 発表標題 Analyzing Relationship Between Visitors' Use of Public Transportation and City Center Revitalization: Case Study in Central Kobe City, Japan
3. 学会等名 Asian-Pacific Planning Societies 2022 (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 寺山一輝, 小谷通泰
2. 発表標題 画像認識による街路空間指標の計測と回遊行動分析への適用可能性
3. 学会等名 第66回土木計画学研究発表会
4. 発表年 2022年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究 分担者	小谷 通泰 (Odani Michiyasu) (00115817)	神戸大学・海事科学研究科・名誉教授 (14501)	
研究 分担者	田中 康仁 (Tanaka Yasuhito) (50321485)	流通科学大学・商学部・准教授 (34522)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------