

## 研究助成実施報告書

|            |  |
|------------|--|
| 助成実施年度     | 2021 年度  |
| 研究課題（タイトル） | リアルタイムの情報提供による観光地でのパーク＆ライド利用転換に関する実証研究                                 |
| 研究者名※      | 楽 奕平   |
| 所属組織※      | 芝浦工業大学 土木工学科 准教授   |
| 研究種別       | 研究助成   |
| 研究分野       | 都市交通システム、エネルギー計画   |
| 助成金額       | 150 万円   |
| 発表論文等      | 「まちづくりと連携した駐車場施策ガイドライン（第2版）」P77,<br>2023<br>第 67 回土木計画学研究発表会・春大会, 2023 |

※研究者名、所属組織は申請当時の名称となります。

( ) は、報告書提出時所属先。

# 大林財団 2021 年度研究助成実施報告書

所属機関名 芝浦工業大学  
申請者氏名 楽 奕平

|  |  |
|--|--|
| 研究課題   | リアルタイムの情報提供による観光地でのパーク&ライド利用転換に関する実証研究 |
| <p>(概要) ※最大 10 行まで</p> <p>観光施設が集中する鎌倉市では歴史的観点から道路整備が困難なため道路要領が不足し、休日を中心に著しい交通渋滞が発生している。このような状況下で、鎌倉市は渋滞緩和が期待されるパーク&amp;ライド (P&amp;R) の施策に注目している。本研究では、P&amp;R 利用者・非利用者の観光周遊行動に着目し、スマホアプリから取得した GPS 移動軌跡やアンケート調査のデータを用いて、鎌倉観光客の一日の観光周遊行動を離散・連続モデルで表現することで、P&amp;R の利用者・非利用者の観光周遊行動の特性を分析する。構築したモデルの感度分析から、P&amp;R 利用者は非利用に比べて回遊継続の傾向があることが分かった。P&amp;R は交通政策の面から交通渋滞緩和効果を評価することが多いが、本研究は観光需要への影響を定量的に評価することで、P&amp;R の利用促進について地域で合意形成のエビデンスとなることが期待される。</p> |  |

|   |                      |
|---|----------------------|
| 1. 研究の目的  | (注) 必要なページ数をご使用ください。 |
| <p>本研究では、独自に開発したスマホアプリを用いて社会実験を実施し、現実の観光状況でスマホアプリから取得した GPS 移動軌跡データを用いて、鎌倉地域に訪れた観光客の一日の観光活動を明示的な時間制約のもと、回遊継続・帰宅選択と観光活動時間選択を同時に決定する離散・連続モデルを構築し、P&amp;R が観光周遊行動に与える影響を分析することを目的とする。</p> <p>主な既往研究は、仮定の条件下でアンケート調査により選好利用意識を分析するものや社会実験により利用実態を分析するものであり、リアルタイムの交通状況を加味した P&amp;R の情報を提供するシステムにより、リアルタイムの観光・交通情報を受けた利用者の選択行動を分析したものはないため、本研究は独自の視点を有するものとなっている。</p> |                      |

|  |                      |
|--|----------------------|
| 2. 研究の経過   | (注) 必要なページ数をご使用ください。 |
| <p>鎌倉地域では P&amp;R 利用者の行動実態を把握するため、鎌倉市都市計画課のご協力で、2022 年 2 月 1 日～12 月 28 日に P&amp;R の利用促進を目的とした社会実験が行われた。実証実験は専用アプリを利用して、P&amp;R 利用ルートと車利用ルートの所要時間や料金を同時に提示することで、利用者がどのような選択行動を取るのかアプリで行動を記録するとともに、その後の観光活動の移動軌跡を携帯 GPS で記録して分析に用いた。</p> |                      |

## 2.1 実験用アプリについて

本研究のために独自に開発した経路検索アプリ「スイスイ旅鎌倉版」を用いて実験を実施した。実験用アプリの利用の流れを図1に示す。

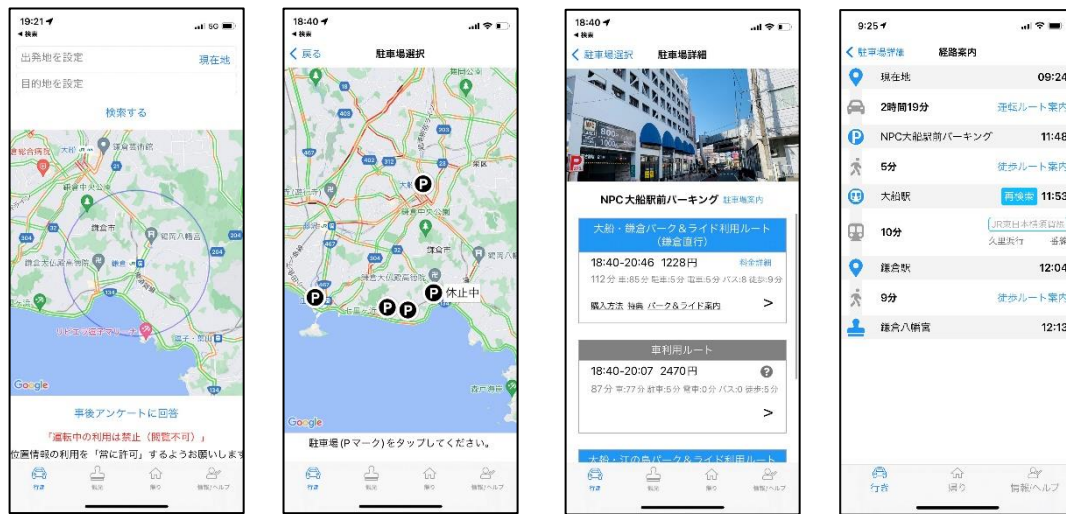


図1 実験アプリ画面

「スイスイ旅鎌倉版」で出発地点から目的地までの経路検索を行うと、目的地が鎌倉地域 2.5km 圏内であれば鎌倉市内 5 箇所の P&R 駐車場が表示され、P&R の利用を提案する。駐車場を選択すると目的地までの所要時間、料金が P&R 利用ルートと車利用ルート（P&R 非利用）でそれぞれ表示される。

P&R 利用ルートの所要時間には、各 P&R 駐車場（大船駐車場・稲村ヶ崎駐車場・七里ガ浜駐車場・江の島駐車場・由比ガ浜駐車場）までの車での移動時間、公共交通での移動時間、徒歩での移動時間が含まれている。車利用ルートの所要時間はリアルタイムの交通状況を考慮した出発地から目的地で運転時間である。

利用するルートを選択後、出発地から目的地までの詳細な経路案内が表示される。本アプリで被験者に対して提供する情報は、「第一目的地」までの案内をするまでとする。駐車以降は、アプリを起動した状態で観光をしてもらい、行動軌跡を取得するものとする。車利用を選択した被験者については、現在地から目的地までの運転経路案内をするのみであり、駐車場の提案などは行わない。

## 2.2 実験参加者の募集方法

鎌倉市都市計画課の協力をいただき、鎌倉市ホームページ、鎌倉観光協会ホームページでの掲載、また、鎌倉地域内の駐車場、主要観光施設でのポスター掲載等によって実験参加者を募った。実験参加者募集のポスターが図2に示す。



図2 実験参加者募集のポスター

### 2.3 分析データの概要

アプリで取得したデータ概要と取得手順を表1に示す。本研究では実験参加者の中でも、観光参拝・買い物が目的の観光客を対象とした。事前アンケートでは年齢や居住地などの個人属性を回答してもらい、任意回答では滞在した観光スポットの滞在箇所や滞在時間など各被験者の詳細な観光周遊行動を回答してもらう。サンプル数は252サンプルとなり、基礎分析やパラメータ推定にはこのサンプルを用いた。

| データ取得方法 | アプリ「スイスイ旅」のデータを使用   |
|---------|---|
| 調査対象    | 2022年2月1日～2022年11月30日に鎌倉に訪れた観光客<br>条件：観光目的地が観光・参拝, 買い物の旅客 |
| データ取得手順 | 1.事前アンケートにより個人属性を取得                                       |
|         | 2.アプリ検索ログより第一目的地とP&Rの駐車場のデータを取得                           |
|         | 3.携帯GPSにより観光市内の行動軌跡を取得                                    |
|         | 4.事後アンケートにより詳細な観光行動を取得                                    |
| サンプル数   | 252 (ユーザ：85人)   |

表1 データ概要と取得手順

アプリのデータのクリーニング作業を次に示す。

- ① 事後アンケートまで回答していると事前アンケートを回答しているかつ、GPSデータもとれている実験参加者を抽出。
- ② 来訪目的が観光・参拝, 買い物の実験参加者を抽出。事後アンケートは滞在先と滞在時間も回答しているのでそのままのデータを使用。事前アンケートを回答しているかつ GPS データもとれているユーザは、後に説明する判別方法で滞在先と滞在時間の判別を行う。
- ③ P&Rを利用したか利用していないか判別する。この際、鎌倉駅から半径 6.5km 範囲 内で一箇所以上滞在していない人（通過交通のアプリ利用者など）は分析対象外とする。

事前アンケート回答者かつ GPS データが取れている人を対象に GPS データを用いて P&R 駐車場の利用・非利用、滞在時間の判別を行った。まず、P&R 駐車場の判別は、各 P&R 駐車場（大船駐車場・稲村ヶ崎駐車場・七里ガ浜駐車場・江の島駐車場・由比ガ浜駐車場）の周辺 100m 範囲内に GPS ログが取れているかつ 5 分以上滞在している人を P&R 利用者とした。滞在時間の判別では、ある GPS ログの点から 5 分以上 120 分以内経った次の GPS ログの点を抽出し、距離を計算する。この作業を繰り返しおこない、最初の点を記録した時間から 150m 範囲内に出たときまでの時間を滞在時間とした。

### 2.4 観光周遊行動モデル構築

#### (1) 観光周遊行動モデルの概要

本研究では、明示的な時間制約の下で、離散選択（観光継続・帰宅の活動選択）と連続選択（活動時間選択）を同時に決定し、逐次的に周遊行動を表現することができる Habib の離散・連続モデルを用いることとする。モデルのフレームワークを図3に示す。本モデルは午前 8:00 から鎌倉地域を繰り返し回遊する行動を記述している。各観光客は1日の時間的な予算制約を持っていると仮定し、午前 8:00～午後 20:00 の12時

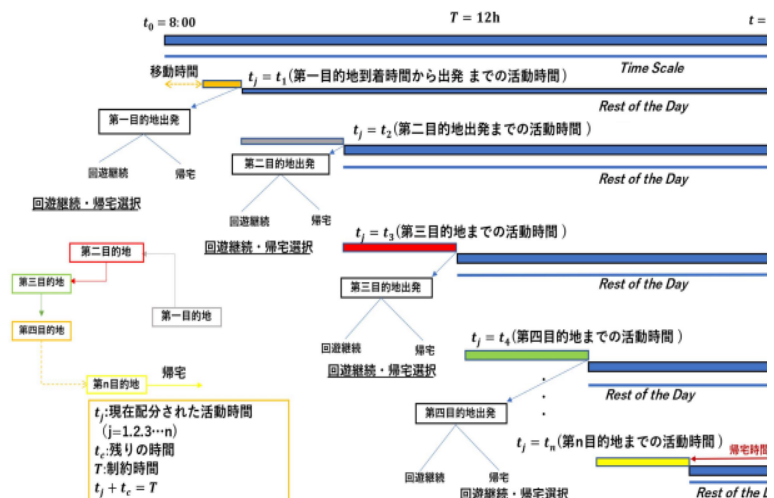


図3 観光周遊行動モデルフレームワーク図

間を制約時間の中で時間配分を行う。まず、P&R 利用者は家から出発し、P&R 駐車場に向けて出発する。そこから、P&R 駐車場に車を止め、公共交通を使って第1目的地に向かう。そして、第1目的地に到着した時間から滞在終了までの時間を第1エピソードとし、各目的地を出発する時に回遊継続するか、帰宅するかは活動選択をおこない、この離散選択と同時に鎌倉地域内での活動時間を同時に決定する。この離散選択と連続選択の決定を1エピソードとして、逐次的に繰り返すことで結果として、観光周遊行動の記述をおこなうモデルである。なお、活動選択において帰宅を選択した場合、連続量決定は持ち時間のすべてを帰宅行動に配分することとなる。

## (2) 定式化

### a) 活動選択

個人が活動 $j$ を選択したときに得られる効用関数 $U_j$ は次のように表される。

$$U_j = V_j + \varepsilon_j$$

( $\beta_j$ : 未知パラメータ  $x_j$ : 説明変数  $\varepsilon_j \sim$  ガンベル分布に従う)

説明変数 $x_j$ には、到着時間(h)と滞在時間(h)、子供有ダミーに加え、P&R ダミーを導入し、適合度の向上を図る。また、活動 $j$ の確率は次のように表される。

$$P_r(U_j > \max U_n) = P_r(V_j > (V_n + \varepsilon_n) - \varepsilon_j) = P_r(V_n < V_j + (\varepsilon_j - \varepsilon_n))$$

( $n$ : 2番目に効用が高い活動)

### b) 活動時間選択

時間制約 $T$ のもと観光活動 $j$ の効用と残りの時間 $c$ の効用の和が最大になるように活動時間に $t_l$ 、残り時間に $t_c$ 時間を配分する。このときの効用 $U(t_k)$ を次に示す。

$$U(t_k) = \sum_{k=1}^2 \frac{1}{\alpha_k} \exp(\psi_k z_k + \varepsilon_k) (t_k^{\alpha_k} - 1)$$

( $k=1$ : 選択された活動 $l$   $k=2$ : 利用可能な時間予算下の残り時間 $c$   $\alpha_k$ : 飽和パラメータ ( $k < 1$ )  $\varepsilon_k$ : 効用の誤差項 (ガンベル分布に従う)  $\psi_k$ : パラメータ  $z_k$ : 説明変数)

説明変数 $z_k$ には同伴者数(人)と関東以外ダミー、累積滞在箇所数(箇所)を導入している。

また、 $t_l$ だけ観光活動をおこない、残り時間 $t_c$ を配分する確率は次のように表される。

$$P_r(t = t_j) = \left( \frac{1-\alpha_j}{t_j} + \frac{(1-\alpha_c)}{t_c} \frac{1}{\sigma} \exp\left(\frac{-(V_c - V_j)}{\sigma}\right) \right) \cdot \left[ 1 + \exp\left(\frac{-(V_c - V_j)}{\sigma}\right) \right]^{-2}$$

$V_j = \psi_j z_j + (\alpha_j - 1) \ln(t_j)$ :  $t_j$ だけ観光活動をおこなうときに得る効用

$V_c = (\alpha_c - 1) \ln(t_c)$ :  $t_c$ の時間を以後に残すときに得る効用

$\sigma$ : 分散パラメータ

### c) 同時選択確率

各選択確率のガンベル分布の誤差項を標準分布に変換し、同時選択確率を求める。

$$\begin{aligned} P_r(\text{time} = t_l \cap \text{Activity type} = j) &= P_r(t = t_l \cap \varepsilon \leq J_1(\varepsilon_j)) \\ &= \left( \frac{1-\alpha_l}{t_l} + \frac{(1-\alpha_c)}{t_c} \frac{1}{\sigma} \exp\left(\frac{-(V_c - V_l)}{\sigma}\right) \right) \cdot \left[ 1 + \exp\left(\frac{-(V_c - V_l)}{\sigma}\right) \right]^{-2} \Phi\left(\frac{J_1(\varepsilon_j) - \rho_{jt} J_2(\varepsilon_l)}{\sqrt{1 - \rho_{jt}^2}}\right) \end{aligned}$$

$J_1(\varepsilon_j)$ : 離散選択のガンベル分布の誤差項 $\varepsilon_j$ 標準正規分布に変換した誤差項

$J_2(\varepsilon_l)$ : 連続選択のガンベル分布の誤差項 $\varepsilon_l$ 標準正規分布に変換した誤差項

$\rho_{jt}$ : 相関係数

### 3. 研究の成果

(注) 必要なページ数をご使用ください。

#### 3.1 パラメータ推定結果

観光周遊行動モデル推定結果を表2に示す。調整済み尤度比は0.24とある程度説明力のあるモデル結果となった。活動選択において、回遊継続の効用関数にはPRダミーと到着時間(h)を導入し、帰宅の効用関数に定数項と滞在時間、子供有ダミーを導入した。PRダミーは正に有意に、到着時間は負に有意に働く結果となった。

ここから、P&Rを利用し、到着時間が早いほど回遊継続しやすいことが分かった。これは、P&Rを利用することで、駐車場料金を気にせずに回遊することができることが影響していると考えられる。到着時間に関しては直観通りの結果である。また、帰宅の定数項は負に有意となった。周辺環境や鎌倉駅周辺のアクセス性の良さが反映されたものと考えられる。滞在時間と子供有ダミーは有意とならなかったものの、各滞在時間が長く、子供を連れてくると帰宅する傾向にあるのは直観通りである。

活動時間選択においては、累積滞在箇所が多いほど効用が大きくなり、多くの時間が割り当てられる結果となった。また、同伴者数が多く、関東から観光に来ている人ほど効用が小さく、少ない活動時間を割り当てられる結果になった。飽和パラメータは $\alpha_j > \alpha_c$ となり、できるだけ後ろの滞在箇所時間に多く割り当てたい傾向にあることが分かった。相関係数は-0.48となり、弱い負の相関がみられた。

#### 3.2 到着時刻によるP&R利用・非利用別の累積滞在箇所数の感度分析

前述で構築した観光周遊行動モデルを用いて、回遊継続・帰宅選択確率の挙動から到着時間と子供有無感度の妥当性を確かめる。図4にP&R利用者・非利用者別に到着時間と子供有無を変動させた感度分析の結果を示す。P&R利用者・非利用者共に到着時間が遅くなると滞在箇所数が少なくなることが分かった。また、おおよその時間帯でP&R利用者が非利用者に比べ

| 説明変数             | パラメータ          | t 値           |
|------------------|----------------|---------------|
| 離散選択 (回遊継続・帰宅選択) |                |               |
| (回遊継続)           |                |               |
| $\beta_{PR}$     | PRダミー          | 0.81 2.79**   |
| $\beta_{arrive}$ | 到着時間(h)        | -0.40 -5.81** |
| (帰宅)             |                |               |
| $\beta_{exc}$    | 定数項            | -5.91 -5.79** |
| $\beta_{time}$   | 滞在時間(h)        | 0.53 1.52     |
| $\beta_{child}$  | 子供有ダミー         | 0.53 1.62     |
| 連続量選択 (活動時間選択)   |                |               |
| $\Psi_{stay}$    | 累積滞在箇所数(箇所)    | 0.29 2.90**   |
| $\Psi_{people}$  | 同伴者数(人)        | -0.22 -2.42** |
| $\Psi_{region}$  | 関東以外ダミー        | -0.77 -2.63** |
| $\Psi_{active}$  | 定数項            | -0.84 -0.19   |
| $\alpha_j$       | 観光活動時間の飽和パラメータ | -1.74 -8.91** |
| $\alpha_c$       | 残り時間の飽和パラメータ   | -0.76 -1.20   |
| $\rho$           | 相関係数           | -0.48 -2.94** |
| サンプル数            |                | 252           |
| 初期尤度/最終尤度        |                | 1817.5/1370.9 |
| 調整済み尤度比          |                | 0.24          |

\*\*5%有意 \*10%有意

表2 観光周遊行動モデルパラメータ推定結果

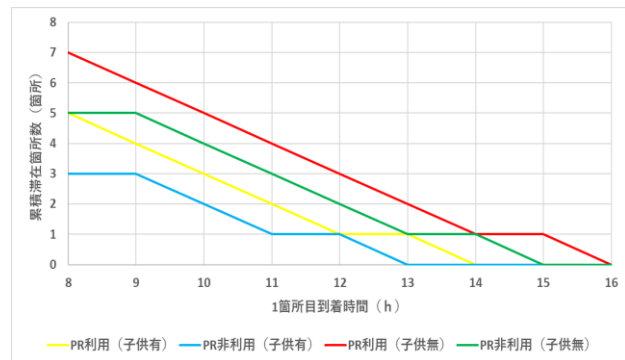


図4 感度分析結果

て滞在箇所数が2箇所ほど多いことが分かった。加えて、同行者に子供がいる場合の方がいない場合よりも滞在箇所が少ないこともわかった。これらのことから、P&R を利用することで、回遊継続しやすいことが感度分析でわかった。

#### 4. 今後の課題

(注) 必要なページ数をご使用ください。

本研究では Habib の逐次的な離散・連続モデルによる観光周遊行動モデルの記述を行い、アンケートだけではなく独自のアプリの GPS データも利用して観光周遊行動を表現し、ある程度説明力のあるモデル結果を得ることができた。また、シミュレーション結果から P&R 利用者は非利用者と比べて回遊継続の傾向があることが分かった。

今後の課題は以下に示す。

- ・パラメータ推定において、離散選択との定数項が大きな値を示した。今回は P&R ダミーを説明変数に入れて P&R の効用を表したが、P&R における消費金額の差や、駐車場の特性などを考慮した説明変数を加えて精度を上げていく必要がある。
- ・本モデルでは離散選択において、回遊継続・帰宅選択 をする二項ロジットモデルを採用している。活動選択だけではなく、目的地選択もおこなう NL モデル (ネステッドロジットモデル) を採用し、目的地の魅力などを考慮することで、より精度の良い鎌倉観光客の観光周遊行動を表現する必要がある。

#### 研究成果

- 1) アプリ「スイスイ旅鎌倉版」：本実験のために開発したアプリ

<https://play.google.com/store/apps/details?id=iniad.app.trafficproj&hl=ja&gl=US&pli=1>

<https://apps.apple.com/jp/app/%E3%82%B9%E3%82%A4%E3%82%B9%E3%82%A4%E6%97%85/id1470030937>

- 2) 国土交通省が公表した「まちづくりと連携した駐車場施策ガイドライン (第2版)」に ICT と連携したパーク&ライドの例として記載, P77, 2023
- 3) 渡辺 大聖, 楽奕平: 離散連続モデルを用いた鎌倉 P&R 利用者・非利用者の観光周遊行動分析, 第 67 回土木計画学研究発表会・春大会, 2023