

散策型観光地の活性化を念頭に置いた 活動選択モデルの構築

田中 祐史¹・柳沼 秀樹²・寺部 慎太郎³・海野 遥香⁴・鈴木 雄⁵

¹ 学生非会員 東京理科大学大学院 理工学研究科土木工学専攻 (〒278-8510 千葉県野田市山崎 2641)
E-mail: 7621518@ed.tus.ac.jp

² 正会員 東京理科大学准教授 理工学部土木工学科 (〒278-8510 千葉県野田市山崎 2641)
E-mail: yaginuma@rs.tus.ac.jp (Corresponding Author)

³ 正会員 東京理科大学教授 理工学部土木工学科 (〒278-8510 千葉県野田市山崎 2641)
E-mail: terabe@rs.tus.ac.jp

⁴ 正会員 東京理科大学助教 理工学部土木工学科 (〒278-8510 千葉県野田市山崎 2641)
E-mail: unoharuka@rs.tus.ac.jp

⁵ 正会員 東京理科大学助教 理工学部土木工学科 (〒278-8510 千葉県野田市山崎 2641)
E-mail: yusuzuki@rs.tus.ac.jp

全国の観光地において、観光客は主要な観光施設を訪れる一方、それ以外の観光施設を訪れる割合が低いなど回遊活性化に関する課題を抱えている。本研究では、観光地において観光客の回遊性を高めるために、長野県小布施町を対象地域として、Wi-Fi パケットセンサーとアンケート調査により収集したデータを使用して、回遊性の評価を加味可能である離散選択モデルを援用した活動選択モデルの構築を試みた。

Key Words: Smart Planning, Activity Selection Model, Centrality Indicators

1. 序論

近年、全国の観光地において、観光客は主要な観光施設を訪れる一方、それ以外の観光施設を訪問する割合が低いといった、観光地の回遊活性化に関する課題と、スマートフォンなどのインターネット普及による観光ニーズの多様化に、観光地による情報提供が追いついていないといった、観光地のソフト面に関する課題を抱えている。

それらの課題により、観光客側には観光での満足を得る機会と時間の損失、観光地側には観光客を十分に満足させられないことと経済の損失が生じることなど付随して、新たな課題が生じることが懸念される。

今回の研究対象地域である長野県上高井郡小布施町においては、**図-1**に示すように、小布施町中心部に位置する主要な観光施設である北斎館周辺の中心部地域に観光客が偏っている。北斎館周辺以外の地域に位置する観光地に宿泊可能な温泉施設や道の駅などの観光資源を活かすために、観光客の回遊行動範囲を広げて、小布施町の回遊活性化に求められている。

本研究の目的は、対象地域の小布施町の観光客の回遊行動範囲を広げる施策を検討するための第一段階として、離散選択モデルを援用して、小布施町を訪問する観光客のアクティビティパターンを考慮した活動選択モデルを構築することとする。

以下、2章では中心性指標の理論及び、既往研究の整理と本研究の位置づけに関して整理する。3章ではWi-Fi センサによる観測データとアンケート調査結果の基礎集計の結果に関して整理する。4章では活動選択モデル

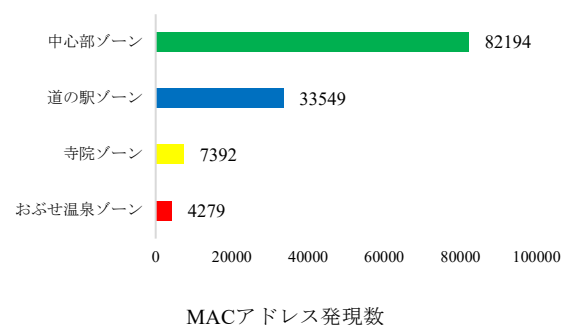


図-1 MACアドレス発現数(2017.10.21 観測分)

を構築する際に使用するモデルに関して整理する。5 章では活動選択モデルの適用方法と推定結果に関して整理し、考察を示す。最後に 6 章にて本稿の結果と今後の課題に関して整理する。

2. 既往研究の整理と本研究の位置づけ

本章では、筆者が本稿を作成するにあたって、レビューした既往研究の論文及び、既往研究に関して整理する際に有用な理論に関する解説、既往研究と比較した本研究の位置づけに関して示す。

(1) 回遊行動に関する研究の整理

特定の地域内での回遊行動に関する既往研究の整理を行う。

荒木ら³⁾は、熊本市中心部を対象地域に、まちなかの空間的魅力向上のための政策提言に活用できる回遊行動モデルを構築した。歩行者回遊行動アンケート調査を基に心理学における人に空間認知を考えた際の「見えること」と「まっすぐ辿り着けること」による影響度を指標化したインテグレーション値(Int 値)を目的地ごとに算出し、その平均値を説明変数として導入した。

藪崎ら⁴⁾は、岡崎市中心部を対象地域に、ポイント型流動人口データを用いて個人の回遊行動履歴データを作成し、個人属性・土地利用・気象などの説明変数の検討を行い、回遊行動モデルを構築した。構築したモデルでは再現計算を実施し、人流の再現性を検証した。また、ゾーン選択モデルにおいては属性別・時間帯別・気象別の傾向を表現した説明変数の追加が、回遊行動モデルの精度を大きく向上させることが検証された。

(2) 離散連続モデルに関する研究の整理

離散連続モデルは、離散的な選択行動(例えば、複数の目的地のうち、どの目的地を選択するか、複数の交通手段のうち、どの交通手段を選択するかなど)と連続量に関する選択行動が部分的に共通な要因によって関連付けられている状況を記述するための行動モデルである。

離散選択モデルでは、複数個の離散選択肢のうち、1 個の離散選択肢のみ選択可能という条件であったが、離散連続モデルの発展により、複数個の離散選択肢のうち、複数個の離散選択肢を選択したときの選択行動を、連続量をモデルに導入することによって、記述可能とした。

上記の離散連続モデルに関する解説を基に、観光行動分析や、アクティビティを記述するモデルに離散連続モデルを適用した既往研究の整理を行う。

ミクロ経済学との整合性を重視した「構造型」と統計モデルによる現象の直接的記述に長けた「誘導型」に分類される。

福田ら⁵⁾は、離散連続モデルを標準的な計量経済モデルの考え方に立脚して、時間や費用などの資源の制約条件を明示的に考慮することによって、ミクロ経済理論より演繹的に導出された離散連続モデルの系譜を「構造型」、資源の制約条件を明示せず、統計的な現象記述を第一義とした離散連続モデルの系譜を「誘導型」と分類した。

大山ら⁶⁾は、まちなかにおける小滞在について、活動の発生確率と活動時間の相互依存性について考察を行うため、これらを統一的に扱う離散連続モデルの適用を行っているモデルの構築にあたっては、「構造型」のモデルは、資源制約下での連続量配分モデルとなり、滞在時間は、資源制約を観測することが難しいため、誘導型のモデルを適用した。

森川ら⁷⁾は、建設省の全国観光交通実態調査を用いて、離散連続選択モデルで家計の観光行動を表現した。離散選択段階として旅行タイプ選択モデル、連続選択段階として観光日数選択モデルを用いた。1年間の観光回数ではなく、1年間の観光日数を連続型選択モデルで説明することによって、生活の豊かさの実際の感じ方に近い表現を可能にした。加えて、離散連続段階である旅行タイプ選択モデルでは、自然条件などの地域特性を説明変数に導入することを可能にした。

(3) 中心性指標に関する研究の整理

中心性指標とは、「ネットワーク内のあるノード(点)が他のノードに与える影響度を推定する指標」と定義され、各街路の他の街路からの行きやすさなど物理的なアクセス性の評価を可能にする指標である。

中心性指標には複数の指標があり、指標によって中心性の定義が異なる⁸⁾。以下に、本研究において適用した中心性指標に関して整理する。

a) 次数中心性

次数中心性の中心は、「多くの頂点と隣接している頂点が中心的」と定義される。

着目するノード i に繋がるリンクの数を表す次数を k_v とし、ノード i 以外の全てのノード数を N としたとき、次数中心性の指標値(以降、次数中心性指標値と表記)は式(1)で算出される。

$$c_i = \frac{k_v}{N} \quad (1)$$

b) 媒介中心性

媒介中心性の中心は、「任意の2頂点間を結ぶ経路上にしばしば現れる頂点が中心的」と定義される。

着目する頂点(点)を頂点 i とし、頂点 i 以外の頂点 s 、頂点 t の2点を結ぶ最短経路を $\sigma_{st}(i)$ としたとき、媒介中心性の指標値(以降、媒介中心性指標値と表記)は式(2)で算出される。

$$c_i = \sum_{s=1(s \neq i)}^n \sum_{t=1(t \neq s, i)}^n \frac{\sigma_{st}(i)}{\sigma_{st}} \quad (2)$$

より多くの最短経路に含まれている頂点であるほど、媒介中心性指標値は大きくなる。

c) 近接中心性

近接中心性の中心は、「ネットワークの他の頂点との平均距離が短い頂点が中心的」と定義される。

頂点*i*と頂点*j*の間の距離を*d_{ij}*としたとき、近接中心性の指標値(以降、近接中心性指標値と表記)は式(3)で算出される。

$$c_i = \frac{1}{n} \sum_j d_{ij} \quad (3)$$

ネットワーク内において中心的である頂点であるほど、近接中心性指標値は小さくなる。

上記の中心性指標に関する説明を基に、歩行空間や街路ネットワークに中心性指標を適用した既往研究の整理を行う。

福山ら⁷⁾は、歩行者行動データにより分類した5つの行動パターンの類型それぞれの媒介中心性分析を、渋谷駅周辺で行われた流動計測調査による歩行者の実測データと媒介中心性分析に基づく歩行者量の指標値との会期分析によって実施した。

太田ら⁸⁾は、都内の4地区を対象に、街路ネットワークを構築し、地域内に設定した建物ノードにおける媒介中心性指標値を算出して、街路ネットワークの構造を考察した。建物ノードの重みは、媒介中心性指標値に加えて、建物の延床面積に与えられた人数であると仮定して、重みつき媒介中心性指標値を算出して、比較を行った。

(4) 本研究の位置づけ

本研究では、中心性指標を説明変数に導入して、滞在時間を連続量として導入した活動選択モデルを構築することによって、物理的なアクセス性を加味した観光地の回遊行動の特性を把握することを目的とする。

3. 本研究に用いるデータと基礎集計

(1) Wi-Fi パケットセンサー観測地点

本研究室では、2016年度から2022年度までの毎年度、長野県上高井郡小布施町内の27箇所の観光施設にWi-Fiパケットセンサー(以降、Wi-Fi センサと表記)を設置している。Wi-Fi センサの写真を図-2、Wi-Fi センサを設置した地点(以降、観測地点と表記)を図-3 にそれぞれ示す。また、本稿では27箇所の観測地点を概括的に4個

のゾーン(中心部ゾーン、道の駅ゾーン、寺院ゾーン、道の駅ゾーン)に設定した。

Wi-Fi センサの特徴として、iPhone など Wi-Fi を発する端末を観測可能であり、端末固有の番号も観測でき、端末の追跡が可能である点が挙げられる。例えば、Wi-Fi センサから得られたデータから認識できることとして、観測時刻、電波強度(dB)、ハッシュ化した固有の機械番号(MAC アドレス)が挙げられる。

本稿でははじめに、Wi-Fi センサから観測されたデータ(以降、Wi-Fi Data と表記)から、複数の観測地点で発現する観光客あるいは観測地点付近の歩行者の MAC アドレスを抽出し、それらの移動経路を特定して、各観測地点間の OD 表を作成した。(表-1)

(2) 回遊行動調査アンケート

2020年11月20日(金)、11月21日(土)、11月23日(月)、11月24日(火)の4日間で街頭の3箇所(中町交差点、ハイウェイオアシス、岩松院前)で調査票を配布した。

(図-4)

回収方法は、調査票の一部分を切り取って返信用はがきとして郵送回収とした。860枚配布し、有効回答は

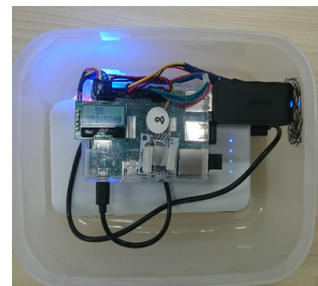


図-2 Wi-Fi センサ



図-3 Wi-Fi センサ 観測地点

207 枚であったため、有効回答率は 24.1%であった。また、活動選択モデルのサンプルとしてトリップ数を考慮する必要があるため、トリップ数を集計した。トリップ数は総計して、361 トリップであり、1 人当たりの平均立ち寄り箇所数は、1.74 箇所となった。

調査内容は、個人属性、小布施町への訪問(回数、頻度など)、旅行情報(参考にした情報、旅行後の情報発信など)、携帯情報端末(持ち歩き、Wi-Fi 設定など)に関するもので、29 問に設定した。

アンケート調査結果から複数箇所の観光施設を訪問した観光客の訪問地点を把握して、観光客の移動経路を抽出して、OD 表を作成した。(表-2)



図4 回遊行動調査 アンケート用紙

表-1 OD表(Wi-Fi Data)

拠点	D																												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	27	28	29		
1	0	209	162	529	480	104	97	53	22	12976	213	0	70	2763	126	89	0	15	25	12	11	1	118	86	325	40	14		
2	209	0	2767	369	508	157	107	129	19	303	21	0	61	238	607	58	19	13	45	7	7	0	83	86	320	27	14		
3	162	2767	0	394	414	124	82	100	20	233	44	0	65	180	291	52	16	45	6	0	0	79	53	242	120	17			
4	529	369	299	0	670	173	123	67	9	621	68	0	76	503	149	79	30	17	30	10	10	0	96	72	313	56	12		
5	480	104	300	428	0	1546	127	113	13	553	50	0	81	420	189	77	31	26	39	17	9	0	134	81	295	63	16		
6	104	97	77	195	520	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
7	97	53	49	49	31	31	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
8	53	22	42	32	32	43	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
9	22	19	22	20	30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
10	0	209	162	529	480	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
11	229	56	48	76	81	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
13	52	24	19	46	49	0	0	0	0	0	0	0	53	18	18	18	14	5	11	1	3	0	33	20	130	10	7		
14	684	209	166	716	468	0	0	0	0	0	0	60	170	122	74	22	18	21	9	10	1	80	68	480	42	11			
15	201	510	352	249	352	0	0	0	0	0	0	56	170	23	29	23	19	30	5	7	0	85	49	292	80	14			
16	66	34	31	43	50	0	0	0	0	0	0	15	40	23	0	17	2	2	2	2	2	22	12	52	21	6			
17	0	25	22	21	29	0	0	0	0	0	0	14	30	20	4	4	4	3	4	4	1	21	6	31	19	7			
18	22	14	10	14	17	0	0	0	0	0	0	13	17	11	4	534	3	3	3	3	3	12	4	18	13	4			
19	35	37	35	40	44	0	0	0	0	0	0	13	29	23	21	13	9	4	4	4	4	12	10	39	23	14			
20	2	2	1	6	7	0	0	0	0	0	0	2	2	2	1	2	2	2	2	2	2	6	5	6	1	1			
21	2	4	3	4	6	0	0	0	0	0	0	5	1	2	2	2	2	2	2	2	2	13	7	7	8	1			
22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
23	146	125	88	130	203	0	0	0	0	0	0	34	125	88	26	30	23	26	12	14	0	363	126	34	13	13			
24	85	61	50	76	108	0	0	0	0	0	0	24	79	47	20	10	12	0	0	0	0	1299	67	13	6	6			
25	351	178	138	347	315	0	0	0	0	0	0	110	317	100	62	30	20	33	9	12	0	82	56	147	14	14			
26	162	161	136	120	141	0	0	0	0	0	0	27	98	67	28	7	3	19	1	2	0	20	19	212	10	7			
29	30	22	18	28	25	0	0	0	0	0	0	9	27	8	5	18	13	12	1	0	0	7	5	19	8	8			

表-2 OD表(アンケート)

拠点	D																												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	27	28	29		
1	0	0	1	6	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	3	0	4	0		
2	0	0	0	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
3	1	0	0	3	6	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
4	7	6	2	7	7	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	1	1	0		
5	5	5	1	5	6	1	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	5	1	3	0		
6	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
8	0	0	1	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
9	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
10	1	1	0	1	2	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
13	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
16	1	1	0	2	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0		
17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
19	1	1	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	5	0	1	4		
20	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0		
21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0		
23	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0		
24	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	29	0	1	0	0		
27	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
28	2	0	2	2	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0		
29	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0		

また、基礎集計として、年齢層別(20-89 歳を 10 歳単位で区分)の立ち寄り箇所数の集計を行った。(表-3)

20-29 歳の平均立ち寄り箇所数は 3 箇所、30-39 歳の平均立ち寄り箇所数は 2.5 箇所、40-49 歳の平均立ち寄り箇所数は 3.47 箇所、50-59 歳の平均立ち寄り箇所数は 3.14 箇所、60-69 歳の平均立ち寄り箇所数は 3.86 箇所、70-79 歳の平均立ち寄り箇所数は 3.32 箇所、80-89 歳の平均立ち寄り箇所数は 2 箇所であった。

観光客の年齢が上がるにつれて立ち寄り箇所が増える傾向が見られた。

(3) 観測地点ごとの中心性指標値

本稿では、活動選択モデルの一部である目的地選択モデルにおいて説明変数として導入するために、中心部ゾーンの観測地点において媒介中心性指標値、近接中心性指標値、次数中心性指標値を算出した。それぞれの中心性指標値を図-6-図-8 に示す。

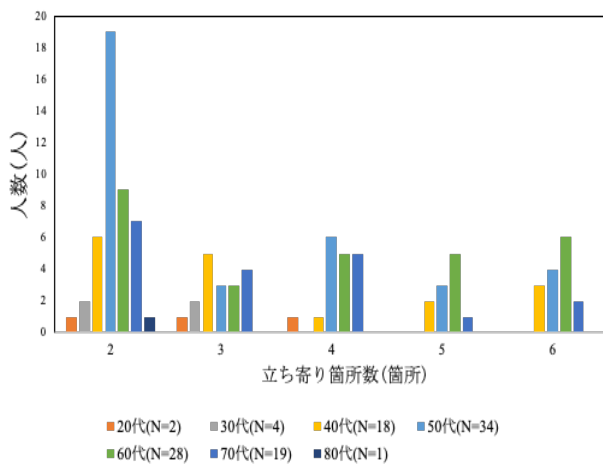


図-5 年齢層別の平均立ち寄り箇所数

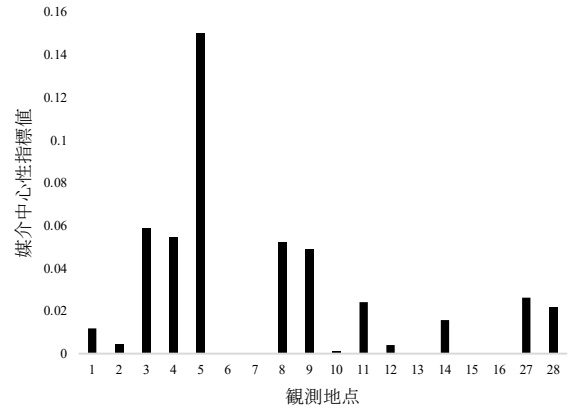


図-6 中心部ゾーンの観測地点の媒介中心性指標値

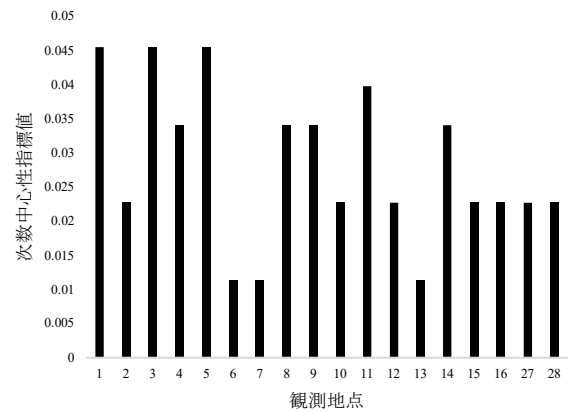


図-7 中心部ゾーンの観測地点の次数中心性指標値

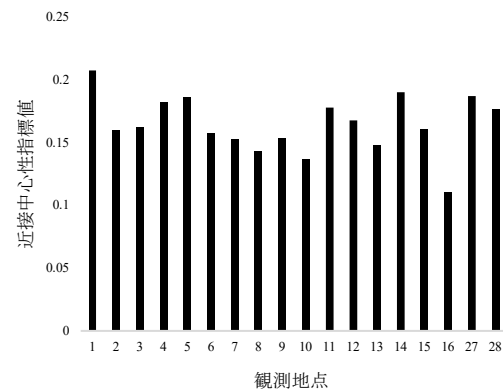


図-8 中心部ゾーンの観測地点の近接中心性指標値

4. 活動選択モデルの推定手法

(1) MNL (Multinomial Logit) モデル

MNL モデルは、各選択肢の持つ望ましさを表す効用のうちの観測不可能な要因により確率的に変動する部分である確率項の分布を正規分布に類似した二重指数分布(ガンベル分布)と仮定したモデルである。

MNL モデルは式(4),(5)で表される。

$$P_k = \frac{\exp(V_k)}{\sum_{k' \in K} \exp(V_{k'})} \quad (4)$$

$$V_k = \sum_i \beta_i x_{k,i} \quad (5)$$

式(4)の P_k は選択肢 k を選択する確率、 K は選択肢集合、 V_k は選択肢 k の効用の確定項である。式(5)の $x_{k,i}$ は選択肢 k の特性及び個人の社会経済属性などの要因を表す説明変数、 β_i は変数 $x_{k,i}$ が効用に与える重要性を表すパラメータである。

(2) MDCEV (Multiple Discrete-continuous Extreme Value) モデル

MDCEV モデルにおいて、選択肢集合 K の中から1つ以上の選択肢を選び、選択した各選択肢(k)に資源(x_k)を配分する場合の直接効用関数は式(6)で表される。

$$U(t) = \sum_k \frac{\gamma_k}{\alpha_k} [\exp(\beta z_k + \varepsilon_k)] \cdot \left\{ \left(\frac{x_k}{\gamma_k} + 1 \right)^{\alpha_k} - 1 \right\} \quad (6)$$

式(6)の z_k は選択肢固有属性や個人属性などの説明変数、 β はパラメータ、 ε_k は観測不可能な要因の影響を表す確率項である。 α_k, γ_k はともに消費量の増加に伴う効用の増減を表すパラメータである。個人は式(5)の効用を式(7)に示す資源制約のもとで効用を最大化すると仮定する。

$$\sum_{k=1}^K p_k x_k = E \quad (7)$$

式(7)の E は資源の総量を表し、 p_k は選択肢 k の単価を表す。この式(6)の最適解はラグランジュ関数を定義し、キューンタッカー条件(以降、KKT条件と表記)を適用することにより求める。

ラグランジュ関数は式(8)で表される。

$$(8)$$

$$L = \sum_k \frac{\gamma_k}{\alpha_k} [\exp(\beta z_k + \varepsilon_k)] \cdot \left\{ \left(\frac{x_k}{\gamma_k} + 1 \right)^{\alpha_k} - 1 \right\} - \lambda \left[\sum_{k=1}^K x_k - E \right]$$

これに対する KKT 条件は式(9)で表される。

$$\begin{aligned} \exp(\beta z_k + \varepsilon_k) \left(\frac{x_k}{\gamma_k} + 1 \right)^{\alpha_k - 1} - \lambda &= 0, & \text{if } x_k > 0, i = 1, 2, \dots, K \\ \exp(\beta z_k + \varepsilon_k) \left(\frac{x_k}{\gamma_k} + 1 \right)^{\alpha_k - 1} - \lambda &< 0, & \text{if } x_k = 0, i = 1, 2, \dots, K \end{aligned} \quad (9)$$

資源制約条件を用いて次数を少なくし、必ず消費される財を1番目の財とすると、KKT条件は式(10)で表される。

$$\begin{aligned} V_k + \varepsilon_k &= V_1 + \varepsilon_1, & \text{if } x_k^* > 0, i = 2, 3, \dots, K \\ V_k + \varepsilon_k &< V_1 + \varepsilon_1, & \text{if } x_k^* = 0, i = 2, 3, \dots, K \end{aligned} \quad (10)$$

ここで V_k は式(11)のように表される。

$$V_k = \beta z_k + (\alpha_k - 1) \ln \left(\frac{x_k^*}{\gamma_k} + 1 \right) \quad (11)$$

このとき、 K 個の選択肢の中から M 個を選び、それぞれに x_1 から x_M の資源を配分する場合の選択確率は、以下の式(12)で表される。

$$\begin{aligned} P(x_1^*, x_2^*, \dots, x_M^*, 0, 0, \dots, 0) &= \left[\prod_{i=1}^M \left(\frac{1 - \alpha_i}{x_i^* + \gamma_i} \right) \right] \left[\sum_{i=1}^M \left(\frac{x_i^* + \gamma_i}{1 - \alpha_i} \right) \right] \left[\frac{\prod_{i=1}^M e^{V_i}}{(\sum_{k=1}^K e^{V_k})^M} \right] (M - 1)! \end{aligned} \quad (12)$$

$M=1$ の場合、式(12)は通常の MNL モデルの選択確率式と等しくなる。

ここで、式(12)における α と γ は特性上、同時に推定することは不可能である。そのため、どちらかを固定するか、両方を固定して推定することが一般的である。本稿では、 $\alpha=0, \beta=1$ と固定して推定を行う。よって、本稿における効用の確定項 V_k は式(13)で表される。

$$V_k = \beta z_k - \ln(x_k + 1) \quad (13)$$

また、選択確率は式(14)で表される。

$$P(x_1^*, x_2^*, \dots, x_M^*, 0, 0, \dots, 0) \quad (14)$$

$$= \left[\prod_{i=1}^M \left(\frac{1}{x_i^* + 1} \right) \right] \left[\sum_{i=1}^M (x_i^* + 1) \right] \left[\frac{\prod_{i=1}^M e^{V_i}}{(\sum_{k=1}^K e^{V_k})^M} \right] (M-1)!$$

5. 活動選択モデルの概要と推定結果

(1) 活動選択モデルの概要

本稿で構築した活動選択モデルの概要図を図-7 に示す。

回遊継続選択モデル(Level-1)、目的ゾーン選択モデル(Level-2)、目的地選択モデル(Level-3)の3種類のモデルに分けて構築した。

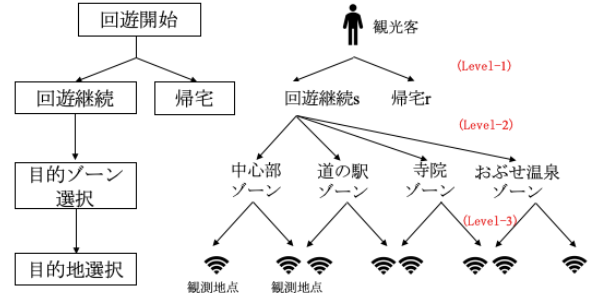


図-8 活動選択モデルの概要

(2) 各活動選択モデルの構築方法

a) 目的地選択モデル(MNL モデル)

アンケート結果と Wi-Fi Data の両データを対象にデータセットを構築した。

選択肢は、図-3 に示した小布施町内の Wi-Fi センサ観測地点 27 箇所の 27 個に設定した。

目的地選択モデルの効用関数を式(15)に示す。

$$V_i = \alpha_i + \beta^{sweet} sweet_i + \beta^{eatin} eatin_i + \beta^{closeness} closeness_i + \beta^{degree} degree_i + \beta^{between} between_i \quad (15)$$

ここで、 α_i は定数項、 $sweet_i$ は和菓子屋ダミー(和菓子屋なら 1, 和菓子屋以外なら 0), $eatin_i$ は飲食店ダミー(飲食店なら 1, 飲食店以外なら 0), $closeness_i$ は各観測地点の近接中心性指標値、 $degree_i$ は各観測地点の次数中心性指標値、 $between_i$ は各観測地点の媒介中心性指標値であり、目的地選択モデルの説明変数である。

b) 目的ゾーン選択モデル(MNL モデル, MDCEV モデル)

目的ゾーン選択モデルは、MNL モデルと MDCEV モデルの2種類のモデルで別々に構築した。

MNL モデルのデータセットは、アンケート結果と Wi-Fi Data の両方を対象に作成し、MDCEV モデルのデータセットは、アンケート結果から作成した。

選択肢は、小布施町内で概括的に分割した中心部ゾーン、道の駅ゾーン、寺院ゾーン、おぶせ温泉ゾーンの4個に設定した。

目的ゾーン選択モデルの効用関数を式(16)に示す。

$$V_i^{zone} = \alpha_i + \beta^{area} \logarea_i^{zone} + \beta^{perfood} perfood_i^{zone} + \beta^{storedenth} storedenth_i^{zone} + \beta^{numhotel} numhotel_i^{zone} \quad (16)$$

$$+ \beta^{logsum} \logsum_i^{zone}$$

ここで、 α_i は定数項、 \logarea_i^{zone} は各ゾーンの面積の対数値、 $perfood_i^{zone}$ は各ゾーンの事業者のうちの飲

食店割合、 $numhotel_i^{zone}$ は各ゾーンのホテル数、 $storedenth_i^{zone}$ は各ゾーンの事業所密度、 \logsum_i^{zone} は各ゾーンのログサム変数であり、目的ゾーン選択モデルの説明変数である。

ログサム変数は式(17)に示す通り、各観測地点ごとに目的地選択モデルの効用関数(式(1))から算出した。

$$\logsum_i^{zone} = \delta_i \ln \exp(V_i) \quad (17)$$

MDCEV モデルのゾーンの組み合わせは、アンケート調査から観光客のゾーンの訪問パターンを把握して得た。

アンケート結果より得られた観光客の訪問パターンのゾーンの組み合わせは(中心部)、(道の駅)、(寺院)、(中心部、道の駅)、(中心部、寺院)、(道の駅、寺院)、(道の駅、おぶせ温泉)、(寺院、おぶせ温泉)、(中心部、道の駅、寺院)、(中心部、道の駅、おぶせ温泉)、(中心部、寺院、おぶせ温泉)、(中心部、道の駅、寺院、おぶせ温泉)の12通りとなり、本稿では、式(12)において M=1, M=2, M=3, M=4 の場合がありうる。

c) 回遊継続選択モデル

アンケート結果のみを対象にデータセットを構築した。選択肢は、回遊継続、帰宅に設定した。

回遊継続と帰宅の条件下における回遊継続選択モデルの効用関数を式(18), (19)に示す。

$$V_s = \beta^{staytime} \logstaytime_j + \beta^{naganodummy} naganodummy_j + \beta^{logsum} \logsum_j \quad (18)$$

$$V_r = \alpha_j + \beta^{publitrans} publitrans_j + \beta^{currenttime} logcurrenttime_j + \beta^{logsum} logsum_j \quad (19)$$

ここで、 α_i は定数項、 $logstaytime_j$ は小布施町滞在時間の対数值、 $naganodummy_j$ は長野県ダミー(長野県在住なら 1, 長野県以外在住なら 0), $publitrans_j$ は公共交通利用ダミー(電車利用なら 1, 電車以外利用なら 0), $logcurrenttime_j$ は現在時刻の対数值、 $logsum_j$ はログサム変数であり、回遊継続選択モデルの説明変数である。ログサム変数は式(20)に示す通り、各観測地点ごとに目的ゾーン選択モデルの効用関数(式(16))から算出した。

$$logsum_j = \delta_j \ln exp(V_j^{zone})$$

(3) 各活動選択モデルの推定結果と考察

a) 回遊継続選択モデル

回遊継続選択モデルの推定結果を表-3に示す。推定結果に関して以下に考察する。

ログサム変数の推定値は非常に小さい値となり、目的ゾーン選択の推定結果の影響は小さいと言える。

現在時刻の推定値は非常に大きい値となり、夜など遅い時間ほど帰宅選択確率が高くなることが分かり、想定範囲内の結果が示唆された。

次に推定精度に関して以下に考察する。

尤度比は高い値となり、モデルの推定精度は高いが、有意な変数はなく、モデルの説明力が低いことが課題と

表-3 回遊継続選択モデル推定結果

説明変数		推定値	t値
回遊継続	小布施町滞在時間(対数值)	6.88	3.97E-06
	居住地ダミー(長野県・隣接県以外=1)	0	0
帰宅	定数項	-5.42	-6.69E-07
	現在時刻(対数值)	13.1	3.15E-06
	公共交通機関ダミー(公共交通機関=1)	-5.27	-6.50E-07
ログサム変数		7.92E-11	1.85E-16
サンプル数		361	
修正済み尤度比		0.976	
***:1%有意 ** : 5%有意 * :10%有意			

表-4 目的ゾーン選択モデル推定結果(MNL)

説明変数	Wi-Fi Data		アンケート結果			Wi-Fi Data × アンケート結果	
	推定値	t値	推定値	t値		推定値	t値
定数項(中心部ゾーン)	0.815	0.000237	0.868	13.4	***	0.94	0.000262
定数項(寺院ゾーン)	-1.66	0	-1.04	-5.85	***	-1.71	0
定数項(おぶせ温泉ゾーン)	-1.14	0	-1.37	-6.49	***	-1.47	0
log(ゾーン面積(m ²))	0.836	0	1.06	7.38	***	0.346	0
飲食店割合	0.473	0	0.396	10.3	***	0.409	0
事業所密度	1.29E-04	7.15E-313	8.53E-05	27.5	***	8.58E-05	0.000124
ログサム変数	0.223	0	0.000389	8.28	***	0.00035	0.000034
サンプル数	127417		361			127778	
修正済み尤度比	0.341		0.252			0.341	
***:1%有意 ** : 5%有意 * :10%有意							

して挙げられる。モデルの説明力を向上させるためには、今後、採択する説明変数を再検討する。

b) 目的ゾーン選択モデル(MNL モデル)

目的ゾーン選択モデルの推定結果を表-4 に示す。

推定結果に関して以下に考察する。

推定値の符号は Wi-Fi Data とアンケート結果いずれの変数も一致していて、両方とも同様の目的ゾーン選択傾向が類似していることが示唆された。

Wi-Fi Data とアンケート結果ともに、飲食店割合の推定値の符号は正となり、飲食店の割合が高いゾーンほどゾーンとして選択される確率が高くなるのが分かる。

推定精度に関して以下に考察する。

尤度比は一般的に 0.2 以上で推定精度として十分であるが、Wi-Fi Data とアンケート結果ともに 0.2 以上となり、推定精度は十分に高いと言える。

アンケート結果ではいずれの変数も有意であったが、Wi-Fi Data では有意な変数がなく、説明力は低い結果となった。原因として、Wi-Fi Data のサンプル数が多いことと、観光客以外の MAC アドレスを取得していることが考えられる。モデルの説明力を向上させるためには、

Wi-Fi Data の時間帯を絞る等、データクリーニングを実施して、サンプル数を少なくすることを検討する。

c) 目的ゾーン選択モデル(MDCEV モデル)

推定結果を表-5 に示す。

推定結果に関して以下に考察する。

いずれの変数も推定値が小さくなり、採択した変数が MNL モデルに比べて影響度が小さいと言える。

次に推定精度に関して以下に考察する。

尤度比は 0.2 以下となり、有意な変数もなく、モデルの推定精度と説明力ともに低いと言える。

原因として、サンプル数が少ないため、各組み合わせの数が少ないことが考えられるため、推定精度と説明力を向上させるために、データクリーニングを施した Wi-Fi Data もデータセットに導入して、サンプル数を増やすことを検討する。

d) 目的地選択モデル

推定結果を表-6 に示す。

推定結果に関して以下に考察する。

Wi-Fi Data とアンケート結果で飲食店ダミー、中心性指標値の符号が逆となった。このことから、Wi-Fi セン

表-5 目的ゾーン選択モデル 推定結果(MDCEV)

説明変数	推定値	t 値	
定数項(中心部ゾーン)	-0.0558	-1.E-06	
定数項(寺院ゾーン)	-0.177	-4.50E-06	
定数項(おぶせ温泉ゾーン)	-0.617	-7.44E-06	
log(ゾーン面積(m ²))	0.789	1.78E-03	
飲食店割合	0.0297	8.37E-08	
事業所密度	-0.0389	-1.88E-08	
ログサム変数	1.87E-04	1.52E+03	***
サンプル数	361		
修正済み尤度比	0.00416		
***:1%有意 ** : 5%有意 *10%有意			

表-6 目的地選択モデル 推定結果

説明変数	Wi-Fi Data			アンケート結果			Wi-Fi Data × アンケート結果		
	推定値	t 値		推定値	t 値		推定値	t 値	
和菓子屋ダミー	0.173	1.7	*	7.05	2.63	***	0.123	1.28	***
飲食店ダミー	0.181	6.41	***	-1.79	-0.142		1.66	43.2	
媒介中心性指標値	0.363	33.6	***	1.6	1.01		-0.23	-13.5	***
次数中心性指標値	0.396	189	***	-1.35	-0.398		-0.508	-31	***
近接中心性指標値	0.452	78.6	***	-9.74	-0.643		3.2	30.5	***
サンプル数	127417			361			127778		
修正済み尤度比	0.123			0.168			0.133		
***:1%有意 ** : 5%有意 *10%有意									

サ設置期間とアンケート調査日で観光客の目的地選択傾向が異なることが示唆される。

次に推定精度に関して以下に考察する。

尤度比は 0.2 以下となり、モデルの推定精度は低いと言える。原因として、選択肢数が多いため選択肢どうしの相関関係が生じているためであることが挙げられる。

推定精度の向上のためには、観測地点をクラスター分析で分類するなどして、選択肢数を減らすことを検討する余地がある。

Wi-Fi Data ではいずれの変数も有意になり、説明力が高くなった一方、アンケート結果では和菓子屋ダミー以外の変数は有意にならず、説明力が低い推定結果となった。原因として、観光客は物理的にアクセスが容易な観光施設ではなくて、事前に調べた観光施設に行く傾向があると考えられるため、中心性指標値が変数として、影響度が低いことが挙げられる。説明力を高くするために、中心性指標などの物理的なアクセス指標を主成分分析などの手法により、変数を削減することと、変数として連続量を導入することを検討する。

6. まとめ

本稿では、観光客の回遊行動範囲を広げるために有効な活動選択モデルの構築を複数の段階に分けることで試みた。

以下に本稿で得られた主な成果と今後の課題を併記する。

- 1) 目的地選択モデルにおいては、Wi-Fi Data とアンケート結果で観光客の目的地選択傾向に違いが見られた。これは、データ収集日時が異なることによるものであると考えられるため、今後はアンケートの調査日時の Wi-Fi Data の結果と比較して、目的地選択傾向の変化の可否の考察を実施する。
- 2) MNL モデルで構築した目的ゾーン選択モデルにおいては、回遊活性化のために、飲食店割合の増加が有効であることが示された。今後は、訪問客が少ない地域(ゾーン)において飲食店割合の増加がどのくらいの観光客の増加を促すのかをモデルの改善とともに、定量的に示すことを検討する。
- 3) MDCEV モデルで構築した目的ゾーン選択モデルにおいては、十分な推定精度が得られなかった。それぞれの組み合わせのサンプル数を増やすことが推定精度の向上に繋がるのかを見るために、Wi-

Fi-Data のデータセットへの追加を実施する。

- 4) 回遊継続選択モデルにおいては、現在時刻が帰宅に影響することが示された。しかしながら、構築したモデルは変数の影響が小さいため、アンケート項目から新たな変数を検討して、モデルの説明力の向上を試みる。また、Wi-Fi Data を追加して、アンケート結果との回遊継続選択傾向の比較を試みる。
- 5) Wi-Fi Data において、時間帯や滞在時間ごとに絞るような観光客を特定する操作を実施しないで、Wi-Fi Data を抽出してデータセットに導入したため、観光客以外の Wi-Fi Data を可能な限り抽出しないために、データクリーニング手法を確立して、データセットの再構築によるモデルの精度向上を試みる。

参考文献

- 1) 荒木雅弘, 溝上章志, 円山琢也: まちなか回遊行動の詳細分析と政策シミュレーションのための予測モデル, 土木学会論文集 D3(土木計画学), Vol.71, pp.323-pp.335, 2015.
- 2) 藪崎琳太郎, 田代広行, ティルトム フセイン, 胡内健一, 藤沢竜治: 説明変数選択に着目した回遊行動シミュレーションモデルの構築, 土木学会論文集 D3(土木計画学), Vol.65, 2022.
- 3) 福田大輔, 力石真: 離散・連続モデルの研究動向に関するレビュー, 土木学会論文集 D3(土木計画学), Vol.69, pp.497-pp.510, 2013.
- 4) 大山雅己, 福山祥代, 羽藤英二: 活動欲求を考慮した離散-連続モデルによる小滞在発生メカニズムの分析, 公益財団法人日本都市計画学会・都市計画論文集, Vol.49, 2014.
- 5) 森川高行, 佐々木邦明, 山本尚央: 離散連続モデルによる観光日数・旅行形態の分析と観光行動の地域差に関する研究, 土木学会論文集, IV-43, pp.61-pp.70, 1999.
- 6) 村田剛志: Python で学ぶネットワーク分析 Colaboratory と NetworkX を使った実践入門, pp. 84-96, オーム社, 2019.
- 7) 福山祥代, 羽藤英二: 行動データに基づく歩行者行動特性を考慮した街路ネットワーク分析, 公益財団法人日本都市計画学会・都市計画論文集, Vol.47, 2012.
- 8) 太田浩史: 建物ノード付き街路ネットワークの研究 建物規模の媒介中心性分布への影響, 日本建築学会計画系論文集, Vol.78, pp.883-pp.889, 2013.

(2022. 9. 30 受付)

CONSTRUCTION OF AN ACTIVITY SELECTION MODEL WITH THE REVITALIZATION OF WALKING-TYPE TOURIST DESTINATIONS IN MIND

Yuji TANAKA, Hideki YAGINUMA, Shintaro TERABE, Haruka UNO and
Yu SUZUKI

In tourist spots all over Japan, tourists visit the main tourist facilities, but there are problems in activating excursions, such as the low percentage of tourists visiting other tourist facilities. In this research, in order to improve the migration of tourists in tourist spots, the target area is Obuse Town in Nagano Prefecture. We attempted to construct an activity choice model using the discrete choice model. In addition, the evaluation of excursion is done by establishing measures to improve excursion and considering changes in the destination selection model, which is a part of the activity selection model based on the estimation results of the model, for each measure. I tried. At present, it has been verified that an increase in the ratio of restaurants is expected to increase the number of tourists by up to five times compared to before the introduction of the measure in areas with low mobility.