口頭発表

2025年11月2日(日) 9:20 ~ 10:40 | E会場(共通教育棟 A23番教室)

[E5] 移動・交通４

司会：長谷川 大輔

9:20 ~ 9:40

[E5-01] 自然公園地域を中心とした観光客の時空間行動様態

*小林 陽佳[1]、伊藤 史子[1] (1. 東京都立大学)

9:40 ~ 10:00

[E5-02] 公共空間における集団歩行流動を用いた歩きやすさの評価

*一宮 知可[1]、田中 一成[2] (1. 大阪工業大学大学院、2. 大阪工業大学)

10:00 ~ 10:20

[E5-03] 歩行環境の整備は小売業の売上増加に寄与するか？
－Google Street Viewを用いた全国分析－

*富樫 陸斗[1]、中谷 友樹[1] (1. 東北大学大学院環境科学研究科)

10:20 ~ 10:40

[E5-04] 利用者特性と混雑状況を考慮したスポーツツーリズム支援システムの構築

*野邉田 龍将[1]、山本 佳世子[1] (1. 電気通信大学)

©一般社団法人地理情報システム学会

自然公園地域を中心とした観光客の時空間行動様態

小林陽佳・伊藤史子

Analysis of Tourists' Spatiotemporal Behavior in Natural Park Areas

Haruka Kobayashi, Ito Fumiko

Abstract: This study analyzes the relationship between tourists' Spatiotemporal Behavior and transport usage in the western part of Tokyo, including the Takao area, using Pseudo People Flow data. Spatiotemporal Behavior was classified into five patterns based on stay duration within different areas, while transport usage was categorized into six clusters through principal component and cluster analyses. The results indicate that approximately 60% of tourists visited the study area as the principal purpose of their trip, and transport usage was relatively balanced across Spatiotemporal Behavior patterns. Furthermore, statistically significant differences were observed in transport usage depending on pre- and post-visit behavioral patterns. This study highlights the potential of people flow data for Evidence-Based Policy Making in tourism, including mobility planning.

Keywords: 観光（tourism），人流データ（people flow data），時空間行動様態（Spatiotemporal Behavior），自然公園地域（natural park area）

1　序論

1．1　社会背景と研究動機

観光分野では長きに渡って，観光客や観光地が持つ属性と観光客の行動の関係について研究が行われてきた．

古くは鈴木によってラケット理論の原型(鈴木，1966)が，近年では 2006 年に Lew らによって観光客の行動について 1)宿泊施設を中心とした空間的な広がり及び 2)地域内における移動軌跡の 2 指標に基づいて分類を行うモデル(Alan Lew, Bob McKercher 2006)が提唱された．いずれの研究も菅野・山田(2019)を始めとして，現在に至るまで多くの研究者によって検証されている．

近年の旅行業界のトレンドに目を移すと，2013 年の旅行業者の登録種別への地域限定旅行業の追加や 2015 年の観光地域づくり法人(DMO)登録制度の整備など，ミクロなスケールでの観光まちづくりが着目されてきている．

また，平成 29 年度情報通信白書(総務省，2019)でビッグデータの例として個人の行動履歴，人流情報が触れられるなど，スマホの普及や情報技術の進展などに伴って人流データの活用はますます盛んになっており，ミクロなスケールでのビッグデータの活用への期待も高まっている．

1．2　既往研究

1．2．1　既往研究

観光分野において移動履歴を解析した論文を検索，2015 年から 2024 年の間で 10 件の既往研究が見つかった．これらを分析手法・利用情報で見ると，質問紙調査から得る移動履歴，人流データから得る推定来訪者数，あるいは人流データから行動軌跡データを利用した研究の 3 つに大別される．（表 1 表題）．また研究目的からは，対象地に着目した観光実態の解明，個人属性に着目した観光客の行動実態の解明の 2 つの潮流がある．（表 1 表側）．

表 1 既往研究の概観

	質問紙	人流データ	
	行動履歴	推定来訪者数	行動軌跡
対象地		有馬，2024 大井，2022 橋本・上野，2023	杉本，2015 杉本，2024 上野・加藤，2022
個人属性	辰巳・塚井，2021 杉本，2018		杉本，2017

このように既往研究を概観すると，観光分野において移動履歴に着目した研究では，人流データの集計による推定来訪者数の利用が近年のトレンドであることが分かる．しかし，これらの研究では課題として個人属性に関する検討・分析の浅さが言及されることも多い[注1]．

一方で行動軌跡データを用いた研究では対象地

*　学生会員　東京都立大学都市環境学部（Tokyo Metropolitan University）
〒181-0012　東京都三鷹市上連雀 9-24-9　Tel：070-2163-0660
**　正会員　東京都立大学都市環境学部（Tokyo Metropolitan University）

での観光実態や観光客の属性についてより詳細な分析を行っているものも多く，他のデータを利用した研究に比べて多角的であると言える．

１．２．２　研究目的と研究の位置づけ

本研究では全国の人流データを用いて，観光客の時空間的な行動様態のモデルを提案し，得られたモデルをもとに行動様態と個人属性の関連について統計的な検証を行う．

国内観光における観光客の時空間的な行動様態について統計的な裏付けを持ったモデルを提案した研究は少なく，行動軌跡データを用い観光地と観光客の両面について広範囲・小粒度に分析・考察を行う点が本研究の新規性・有用性と考える．

１．３　用語の定義

１．３．１　時空間行動様態

本研究では，観光の時空間行動様態を，移動や買い物，サービス体験などの観光客が行う行動のうち時空間的なデータで表される行動と定義する．

２　研究対象地の概要・選択意図

本研究では自然公園における観光に着目する．研究対象地として，自然公園地域として定義された領域のうち，明治の森高尾国定公園を含み，かつ東京都に属する地域を設定する．

この地域は東京都西部に位置し，大部分を奥多摩から秩父山域が占める．対象地内にはJR中央本線の他，JR青梅線，京王線などが通っていて公共交通の便が良いほか，標高1,000m未満の山から東京都最高峰である雲取山(2,017m)まで含まれているため，多様なレベルの登山者が多い地域となっている．

また，滝山地域や秋川河川敷の一部はレジャー利用としての人気も高い場所であり，ゴルフ場やBBQ施設を利用する観光客も想定される．

さらに，明治の森高尾国定公園は高尾山を中心とした広さ770ヘクタールの国定公園であり，年代や属性を問わず多くの集客が見込まれる非常に人気のある観光地である．

３　利用データの概要・選択意図

３．１　人流データ

人流データは，東京大学 空間情報科学研究センター共同研究により疑似人流データシリーズの貸与を受けている．

疑似人流データとは，一般的に入手可能なオープンデータを利用して人々の日常的な行動を疑似的に再現したデータであり，IDごとの1日の時空間行動様態を追跡できる．また，位置情報の揺らぎが少ないほか，個人属性や移動目的，移動手段などの情報も付随した状態のデータセットとして公開されている点から採用した．

４　分析対象のデータセットの作成

４．１　時空間行動様態の空間的な広がりの定義

対象地までのアクセスを含めた行動の空間的な広がりをとらえられるように，４つのエリアを定義し，行政区域データ及び自然公園地域データ(いずれも国土数値情報より)からポリゴンデータを作成した(図1)．

エリアA：
研究対象地
エリアB：
東京都 市部(島しょ地域を除く)またはエリアAに隣接する自治体からエリアAの領域を除いた地域
エリアC：
東京都，埼玉県，千葉県，神奈川県，茨城県，栃木県，群馬県及び山梨県のうち，エリアAおよびエリアBの領域を除いた地域
エリアD：
日本全国から，エリアA，エリアB，エリアCを除いた地域

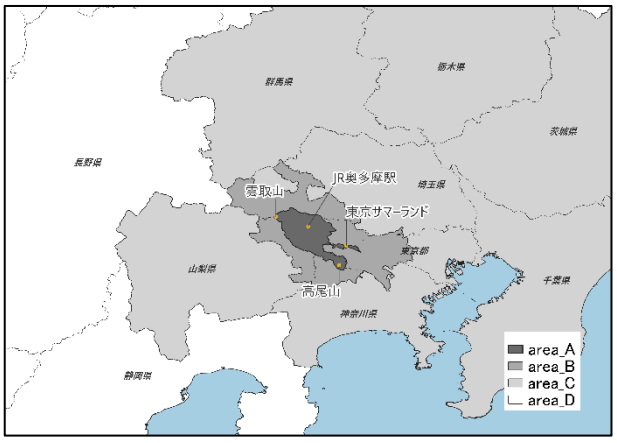


図1 エリアA～D

４．２　対象者の軌跡データの抽出

活動内容が買い物，外食，自由行動のいずれかである記録地点を持つIDを観光客と定義した上で，その軌跡が前項のエリアAのポリゴンと空間的に交差するIDを対象地訪問者としてその軌跡データを抽出し，分析対象とした[注2]．

5　分析

5．1　時空間行動様態 Cluster の作成

前節で抽出した対象地訪問者について，時空間行動様態を表ウのように定義し，6 つのパターンに分類した(表 2)．

表 2 時空間行動様態パターンの定義

Pattern0	$max_{1\leq k\leq n}(StayTime_A_k) < 3{,}600\ secs$
Pattern1	$BeforeTime - AfterTime > 3{,}600secs$ $(AfterTime > 0 \wedge BeforeTime > 0)$
Pattern2	$\lvert BeforeTime - AfterTime \rvert \leq 3{,}600secs$
Pattern3	$BeforeTime - AfterTime < -3{,}600secs$ $(AfterTime > 0 \wedge BeforeTime > 0)$
Pattern4	$BeforeTime = 0$
Pattern5	$AfterTime = 0$

$StayTime_A_k$：k回目のエリア A 滞在における滞在時間

$BeforeTime$：活動開始時刻から最初にエリア A に到着する時刻までの時間

$AfterTime$：最後にエリア A を出発した時刻から活動終了時刻までの時間

Pattern0 はエリア A での最大滞在時間が 1 時間未満の ID を示しており，1 時間未満の滞在は観光とは言い難いと判断して，今回の分析から除外する．Pattern1～3 はエリア A 滞在前後の時空間行動様態による分類であり，それぞれエリア A 滞在前の活動時間が長い ID，滞在後の活動時間が長い ID，エリア A 滞在前後で大きな差がない ID が含まれる(図 2)．また，Pattern4～5 にはそれぞれ，その日の活動の起点，終点がエリア A 内である ID が含まれる．

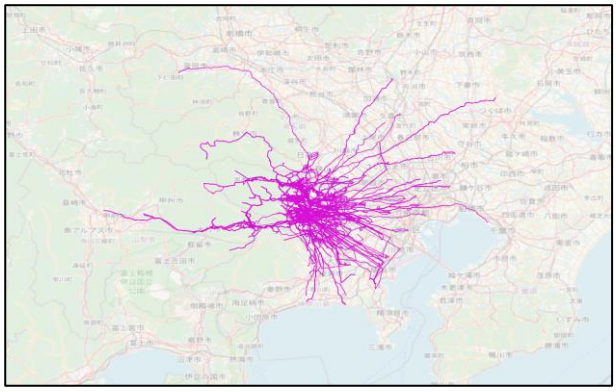


図 2 Cluster2 に含まれる ID の軌跡

5．2　交通手段 Cluster の作成

疑似人流データでは，交通手段は表 3 のように 7 種類に定義されている．ここで，ID ごとに算出した各交通手段の総利用時間を変数として相関行列を用いた主成分分析を行った．

固有値が 1 以上であった 4 つの主成分を採用し，表 4 で示した主成分負荷量の傾向から，第 1 主成分を「自動車利用/徒歩利用無し」の指標，第 2 主成分を「徒歩・自動車利用/自転車利用無し」の指標，第 3 主成分を「単一交通手段による移動」の指標，第 4 主成分を「未定義・滞在無し」の指標を考えた．なお，今回のデータセットでは電車及びバスの総利用時間は分散が 0 であり，主成分分析では寄与率が 0 となるため除外してから分析を行った．

表 3 疑似人流データにおける交通手段コード

0	未定義・滞在	4	電車
1	徒歩	5	バス
2	自転車	6	複数の交通手段
3	自動車		

表 4 主成分負荷量

交通手段	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5
0	-0.02	0.01	-0.05	-1.00	-0.04
1	-0.78	0.46	0.16	0.04	-0.38
2	-0.02	-0.91	0.21	0.01	-0.36
3	0.80	0.43	0.16	0.02	-0.38
6	-0.01	-0.05	-0.98	-0.06	-0.20

表 5　クラスターごとの各交通手段の総利用時間の平均と分散

		未定義滞在	徒歩	自転車	自動車	複数の交通手段	合計時間
1	平均	00:00:00	00:05:25	00:01:33	10:24:03	00:00:35	10:31:36
	分散	0.00027	3e+06	4.78e+05	1.28e+08	1.76e+05	
2	平均	00:00:00	01:16:23	00:33:27	00:46:36	00:19:56	02:56:22
	分散	0.216	5.42e+07	1.71e+07	2.41e+07	2.08e+07	
3	平均	00:00:00	00:00:02	10:11:40	00:10:23	00:00:39	10:22:44
	分散	0	7.74e+03	1.44e+08	3.41e+06	2.74e+05	
4	平均	00:00:00	11:55:09	00:00:00	00:08:23	00:00:19	12:03:51
	分散	0	1.44e+08	0	2.14e+06	1.54e+05	
5	平均	00:00:00	00:01:29	00:02:04	00:02:57	13:10:41	13:17:10
	分散	0.279	1.34e+05	9.85e+05	4.38e+05	6.03e+07	
6	平均	00:00:37	01:00:26	00:12:31	00:43:38	00:02:54	02:00:07
	分散	61.7	4.22e+07	4.11e+06	2.25e+07	1.13e+06	

続いて，この分析で得られたそれぞれの主成分得点を用いて分析対象 ID をクラスター分析により分類した．(平方ユークリッド距離，Ward 法)

得られたデンドログラムから，クラスター数は 6 とした．クラスターごとの各交通手段の総利用時

間の平均と分散(表 5)より，Cluster1 は「自動車利用時間が長い/徒歩利用時間が短い」，Cluster2 は「均等な利用時間」，Cluster3 は「自転車利用時間が長い/自動車・徒歩時間が短い」，Cluster4 は「徒歩時間が長い」，Cluster5 は「複数手段にわたって利用時間が長い」，Cluster6 は「移動時間が短く滞在時間が長い」クラスターとして捉えられる．

6　考察

表 6 より，Pattern2 の総数が 5,621 人(全体の約 60%)と最も多く，エリア A 滞在を一日の中心に据えて活動していたことを示唆している．一方で Pattern1 と 3(ほぼ同数)は合わせて全体の約 15%であり，エリア A への滞在前後で別の目的地に滞在していたと考えられる．Pattern5 は 2252 人(全体の約 23%)は活動後にそのままエリア A で宿泊したことが読み取れる．

続いて各 Pattern の交通手段を見ると，どの Pattern でも Cluster2「均等な利用時間」が多いことが分かる．特に Pattern2 と 5 では 5 割を超えており，これらの時空間行動様態に分類される ID は多様な交通手段を満遍なく利用して来訪していることが分かる．

また，Cluster1，3，4 については，どれも 10%～25%であり，交通手段の極端な偏りは見られなかった．

表 6　時空間行動様態 Pattern と交通手段 Cluster の関係(n = 9,945)

空間行動様態 Pattern	交通手段Cluster 1	2	3	4	5	6	合計
1	159(22.0)	265(36.7)	132(18.3)	156(21.6)	8(1.1)	2(0.3)	722(100.0)
2	873(15.5)	3158(56.2)	713(12.7)	609(10.8)	262(4.7)	6(0.1)	5621(100.0)
3	195(25.2)	285(36.8)	161(20.8)	123(15.9)	11(1.4)	0(0)	775(100.0)
4	13(20.0)	28(43.1)	14(21.5)	10(15.4)	0(0)	0(0)	65(100.0)
5	266(11.8)	1361(60.4)	336(14.9)	274(12.2)	0(0)	15(0.7)	2252(100.0)

また，Pattern1，3 について，Monte Carlo 法による Fisher 検定により両者の分布に有意差が示された．(シミュレーション回数 10,000 回，p 値=0.0376) これにより，周辺エリアでの滞在を経てから対象地にアクセスする Pattern1 は，対象地滞在後に周辺エリアに滞在する Pattern3 よりも徒歩時間の長い(Cluster4)ID 比率が有意に高いことが示された．

以上のように，1 日の中での対象地滞在前後に着目すると，時空間行動様態と交通手段の利用状況等の関連が明らかになった．これは，居住地や性別，年齢といった ID が持つ他の個人属性との関連も示唆しているため，今後の分析課題としたい．

謝辞
本研究の一部は，東京大学 CSIS 共同研究（No. 1418）による成果です．個々に感謝します．

注 1：有馬, 2024; 福田, 2023; 杉本, 2017
注 2：任意の記録地点においてその前後の記録地点との間の移動速度が新幹線の最高速度である 320km/h を超える ID を異常値とみなして除去している．
軌跡データ数は，全国 34,251,576 件のうち，観光 ID27,284,714 件，対象地訪問者 25,988 件となった．

参考文献

鈴木忠義（1966）観光開発の意味と観光の原理，「観光」，**9**，29－32，日本観光協会
菅野正洋・山田雄一(2019)ラケット理論からみたデスティネーション・サイズに関する考察，「日本国際観光学会論文集」，**26**，7-13
Alan Lew, Bob McKercher(2006)MODELING TOURIST MOVEMENTS A Local Destination Analysis, Annals of Tourism Research, **33**(2), 403-423
平成 29 年度情報通信白書
辰巳嘉大・塚井誠人(2021)トピックモデルを用いた訪日外国人周遊分析，「運輸政策研究」，**23**，20-34
杉本興運(2018)若者による活動種別の観光・レジャー特性，「日本地理学会発表要旨集」，**2018s**，346-
有馬貴之(2024)コロナ禍における東京 2020 大会が人々の観光移動にもたらした影響，「日本国際観光学会論文集Ⅰ，**31** (0)，7-15
大井達雄(2022)タイル指数による観光地の人流データの変動要因分析，「観光振興研究」，**2** (4)，29-41
福田大輔(2023)人流ビッグデータを用いたニッチな観光スポットの検出，「交通政策研究」，**2023** (0)，30-31
橋本駿・上野裕介(2023)石川県内における人流ビッグデータを用いた 新型コロナウイルス流行下での観光客の動向分析，「石川県立大学研究紀要」，**6**，27-34
杉本興運(2015)データマイニングによる日帰り観光客の訪問先の分析，「日本地理学会発表要旨集」，**2015a** (0)，100164-
杉本興運(2024)人流データを活用した観光地誘致圏の時空間的変化の分析，「都市計画論文集」，**59** (2)，158-167
上野裕介・加藤 禎久・白土 智子・船本 洋司・中谷俊文(2022)人流ビッグデータで見た COVID-19 流行後のグリーンインフラや観光地利用の変化，「ランドスケープ研究」，**85** (5)，585-588
杉本興運(2017)東京大都市圏における若者の日帰り観光，「地理空間」，**10** (2)，51-66

公共空間における集団歩行流動を用いた歩きやすさの評価

一宮 知可　田中 一成

Evaluating walkability in public spaces using group pedestrian flow

Chika Ichimiya*, Kazunari Tanaka**

Abstract: This study examines small-scale crowd flow by analyzing walking pattern changes in relation to pedestrian density using a multiple ring buffer and kernel density estimation. Results indicate that pedestrians tend to take evasive action beyond certain density thresholds. Using measured traffic volumes, pedestrians were modeled as a fluid, and a walking comfort score was derived from the ratio of actual to maximum flow in public spaces. Individual walking showed lower scores near commercial and public facilities and higher scores on back streets, while group walking scored particularly low near commercial facilities, reflecting higher group movement. Future work will incorporate external factors such as time of day and weather, apply finer spatial segmentation, and refine velocity adjustment parameters for more accurate evaluation.

Keywords: 群衆流動（Crowd Flow），公共空間（Public Space），ウォーカビリティ（Walkability）

１．はじめに

１.１　研究背景

日本ではコロナ禍以降、都市部への移住が増加傾向にある。地域活動が再開され街の活気が戻る中、人々が大都市に集中することで、都市空間における人々の行動は周囲にさまざまな影響を与えている。

日本の歩道計画では道路移動等円滑化基準を用いて計画されている。歩道の幅員の計画は交通量が多い場合とそれ以外の 2 種類でしか設定されていない。交通量が変動するため、実際にある道路はほんとうに歩きやすいのだろうか。

災害の面でも、今後想定される地震が発生するリスクが高まっている。避難時は一斉に避難することで都市空間での避難行動がしにくい。避難経路の計画や避難訓練の効果を高める上でも人々の行動を理解することは重要である。

一方、日本では自転車が関与する事故では相手が歩行者である割合が近年増加傾向にあり、自転車と歩行者の衝突地点で歩道が最も多い。日本の道路において、自転車走行空間が整備されつつあるが、発展途上である。また、自転車道と歩道が隣接した場所があるなど自転車と歩行者が混在する場所が多く存在する。これらは歩行者と自転車の安全な共存を考える上で重要な課題として挙げられる。

１.２　研究の目的

本研究の目的は、安全で快適な空間を計画する際に考慮すべき点の一つとして、人々の行動が他の交通に与える影響を可視化することである。

ラッシュ時などに公共空間が混雑する中で、人々はひとりの時とは異なる動きを多数の群衆流動時と同時に見せることがある。本研究ではこれを小規模群衆流動と呼ぶ。公共空間が混雑するとこのような動きは、事故のリスクを高める原因となる。

例えば、歩道では人が集団になると動きが複雑化し、自転車などの専用道路に進入することに繋がると考えられる。

２．小規模群衆流動の可視化手法

本調査では小規模の流動（小規模群衆流動）を着目して調査をおこなった。

調査では動画から 1 秒ごとの写真にした後に平面図になるように人を撮影方向に進んでいくものを赤色、その反対方向を青色と分類し方向別で色を変えて座標を抽出し、歩行者の動きを計測した。

調査の結果、小規模群衆流動は密度が高くなると線状の形状となっており、その後密度が低くなると分散する傾向がみられた。このことから密度が形状を変化させていると考察した（図１）。

一宮 知可*　学生会員　大阪工業大学大学院工学研究科（Osaka Institute of Technology）
〒535-8585　大阪市旭区大宮 5-16-1　Tel：06-6954-4109
田中 一成**　正会員　大阪工業大学工学部（Osaka Institute of Technology）

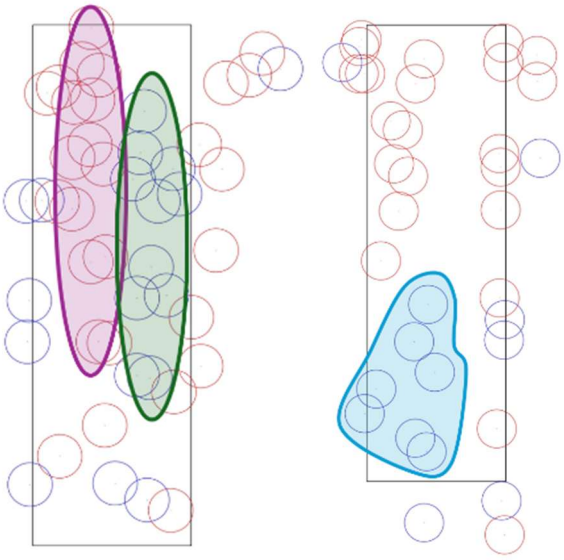


図１　小規模群衆の形状例
（左図：線状,右図：分散）

２.１　可視化手法による評価

対向者からみると同行者の密度で行動が変化すると考え、密度に着目して定量的に評価する。同行者に多重リングバッファとカーネル密度推定の分析をおこなった。多重リングバッファは各 22.5cm の計 180cm で設定し（図２）、カーネル密度推定はバンド幅を 90cm で分析した（図３）。対向者が選定した範囲内に接していた場合、これらの情報を追加した。

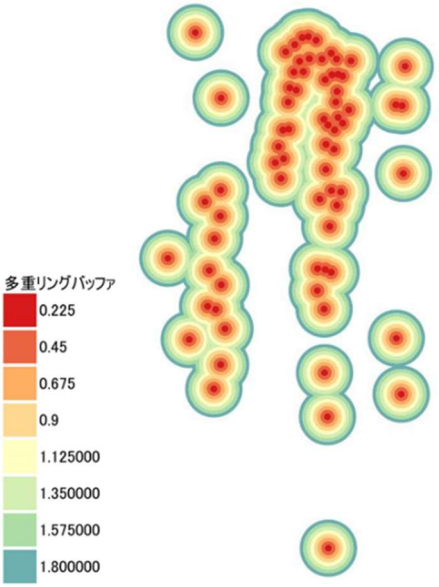
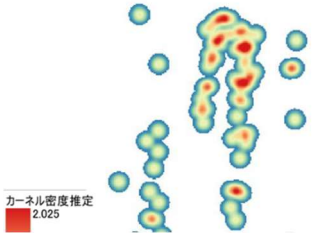


図２　多重リングバッファ描画例



多重リングバッファの分析結果ではすれ違う場合、45cm 以上の距離を開けてすれ違うことがわかり（図４）、カーネル密度推定の分析結果は 0.6 以上の密度では対向者は一般的に歩行できず、回り込み回避する歩行行動が観測できた（図５）。

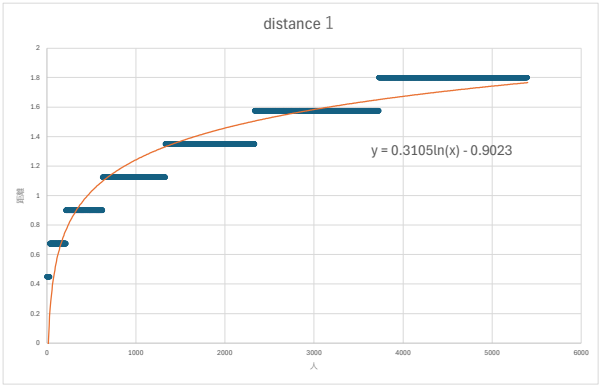


図４　多重リングバッファの分析結果

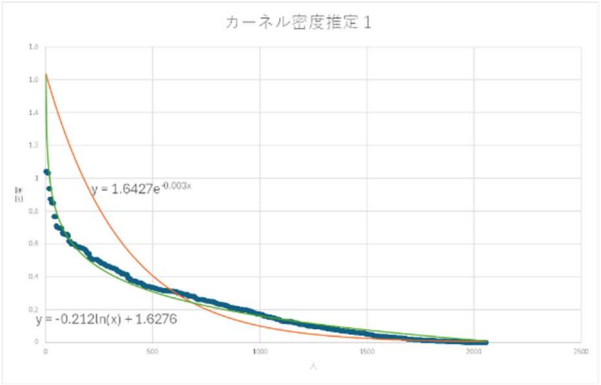


図５　カーネル密度推定の分析結果

３．単独歩行流動を用いた歩きやすさの評価

前章の評価から公共空間における単独歩行流動を用いた歩きやすさの評価をおこなった。

３.１　公共空間の交通量調査

人の歩きやすさスコアを算出するために調査を行った。

調査地が大阪（日本）の枚方駅周辺の歩道で、13:00～14:00 の 1 時間で写真を撮り、写真の方向から見て同行者と対向者のカウントを手作業でおこない、実際の通行量を調査した。

3.2　歩きやすさの評価設定

前章の結果を参考に人を直径 45cm の流体として捉え、調査結果を基に分析をおこなった。バス停留所でバスを待っている人や滞留者、植栽などは障害物として定義し、歩道内の歩行有効幅を算出した。同行者と対向者は進行方向に滞在する人が多い場合に回避行動などで歩行速度が減速することが考慮されるため、同行者と対向者の交通量から占有率を求め、速度補正をおこなった。友達や家族が形成する集団と単体の人では通行性が変化すると考え、人を流体として捉えた。本章は単体の人の表現として同じ大きさの流体として分析した。まず、人の流体の流量を算出し、歩道内で人が通行することが出来る最大流量と実際の歩道内での歩行者の通行量から算出される同行者と対向者の合計流量を求め、歩きやすさの評価した。

3.3　単独歩行流動による歩きやすさの評価結果

評価の結果、歩道橋が整備された歩道や飲食店の裏道では評価が高く，逆に飲食店の通りなどは低い結果となった（図６）。

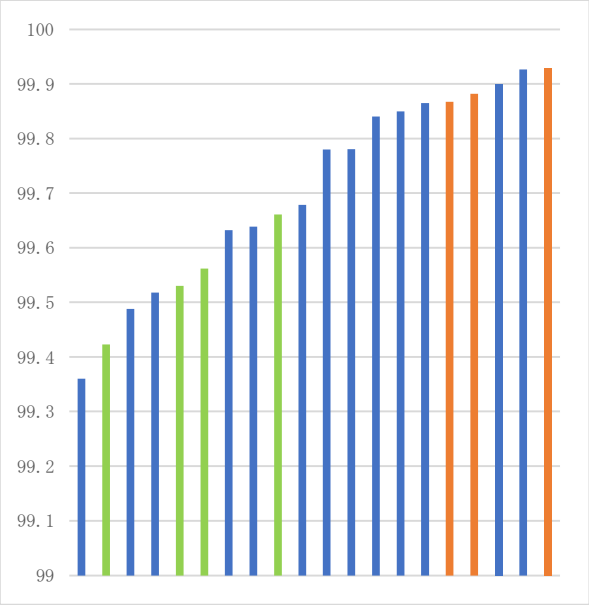


図６　単体表現の歩きやすさの評価
（緑色：飲食店の通り・公共施設前、
橙色：歩道橋・飲食店の裏道）

今回の分析は，全体の通行量が少なかったこともあり、差は比較的に少ないと考えられる。バス停や駅周辺等の公共施設になると全体の人の交通量より多いのもあり、歩きやすさの評価が全体より低い傾向があった。今回の調査地では歩道が整備されておらず、施設を工事中で路上に工事関係の車が駐車しているような場所が存在し、そこでは人の交通量がなく評価が判定できていない。

また，交通量から見た場合には歩きやすさの評価が高くても、他の外的要因の考慮がされていない場合も考えられる。例えば、時間帯がお昼で快晴の熱い時期であった為，昼食や商業施設内での移動を行っていると考え、歩道内の全体の交通量は少なく、通勤時間や帰宅時間など時間帯や気候での交通量の変化比較も行うことも必要である。

この分析では，密度や占有率を算出する際に用いた区間長はデータの道路リンク長を活用したため、区間長の値が大きく面積が広くなることで密度や占有率の値が小さくなる。このことから、流量が小さくなるので、評価が高い状態を維持していることが読み取れた。このため，区間長を障害物などから範囲の分割をおこない、分割した区間長から算出される密度や占有率が鮮明になるため、より詳細な歩きやすさの評価を導出することができると考えた。

4．集団歩行流動を用いた歩きやすさの評価

本章では前章の歩きやすさ評価を拡張し、友人や家族連れなどの集団歩行流動を考慮した歩きやすさの評価をおこなった。

4.1　集団歩行流動による歩きやすさの評価設定

本章では単体表現の歩きやすさの評価の数式を拡張し、形成された集団を考慮した評価をおこなった。

集団は並進歩行や横並び歩行をおこなうことで占有面積が増えることを考慮し、増加するように設定した。また、集団における隊列維持や会話による歩行速度の低下を考慮し、速度補正式を拡張した。さらに大規模な集団になるほどすれ違いが困難になることを踏まえ、集団ごとに占有率を変化させた。

最後に前章の場合と同様に人の流体の流量を算出し、歩道内で人が通行することが出来る最大流量と実際の歩道内での歩行者の通行量から算出される同行者と対向者の合計流量を求め、歩きやすさの評価を算出した。

4.2　集団歩行流動による歩きやすさの評価結果

集団歩行流動による歩きやすさの評価の結果、駅から商業施設に接続する歩道の評価が低く、商業施設に集団で行動していることが読みとれた。また、飲食店の裏道は単独歩行流動と同様にスコアが高かった（図７）。

4.3　単独歩行流動と集団歩行流動の比較

前章の単独歩行流動の歩きやすさの評価と本章の集団歩行流動の歩きやすさの評価に関して比較をおこなった（図８）。横軸の各歩道の区間に番号を割り振った。

区間番号 18 の飲食店の裏道では、単独歩行流動の評価は数値が高くなっていたが、集団歩行流動の結果を比較

すると会社の同僚たちと昼休憩だと推察される集団が存在しており、評価が低くなっていた。

また、区間番号 8，11，13，19 のバス停や駅周辺では交通量は多いが、集団歩行もまた多いため、さらに評価の値に差が開いていることがわかった。

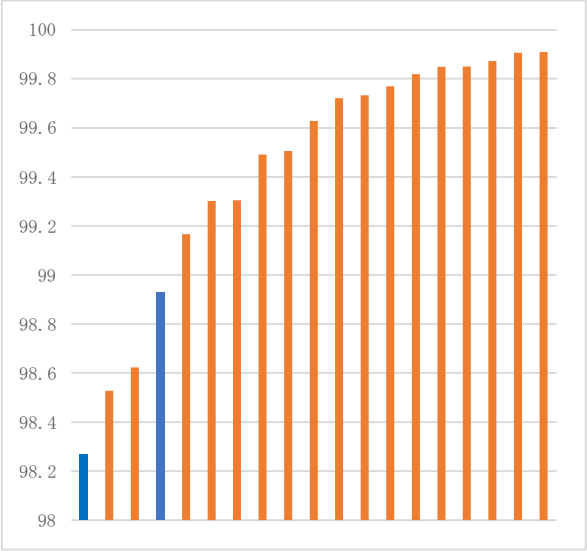


図 7　集団表現の歩きやすさの評価
（青色：駅から商業施設に接続された道路）

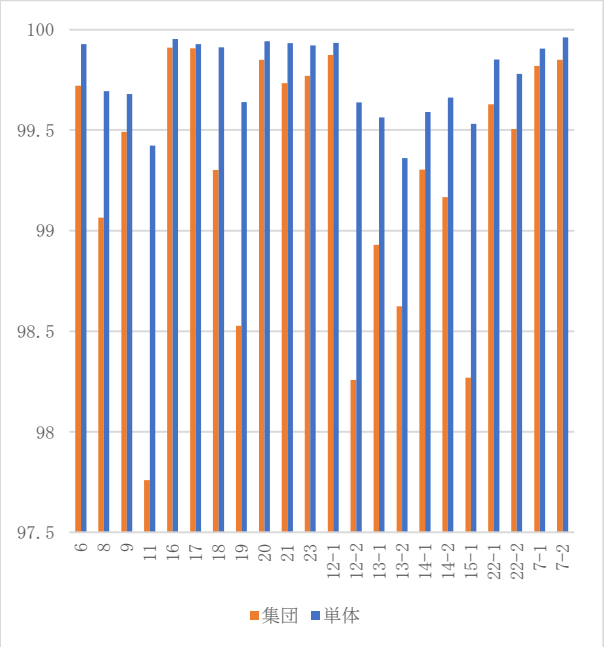


図 8　歩きやすさの評価比較

5．まとめ

本研究では小規模群衆流動に関して密度で形状が変化していることから、多重リングバッファとカーネル密度推定を用いて定量的な評価をおこなった。多重リングバッファでは 45cm 以上の値で対向者が回避することがわかり、カーネル密度推定では 0.6 の値以上になる一般的に歩行できず、回避する歩行行動をした。

実際の人の交通量を求め、人を流体として捉え歩きやすさの評価をおこなった。実際の交通量の流量と公共空間の最大の流量から歩きやすさの評価を算出した。

単独歩行流動の場合では、飲食店の通りや公共施設周辺で評価が低く、逆に飲食店の裏道では評価が高いことがわかった。

集団歩行流動の場合では、商業施設に繋がる歩道の評価が低いことから、集団の移動が多いことが読みとれた。

これらの評価を比較すると公共施設周辺は全体と集団の交通量が多いため、差がさらに大きくなっていた。また、時間帯が昼のため飲食店の裏道を利用していた昼休憩時の社会人の集団がいたこともあり、単独歩行流動と集団歩行流動の歩きやすさの評価に差が発生した。

本研究では時間帯や気候といった外的要因は今回考慮しておらず、今後は時間帯や天候別の比較が必要である。さらに、密度や占有率の算出に用いた区間長が長い場合、評価が高く出やすいことが示唆されたため、障害物などによる区間分割を行うことで、より精緻な評価が可能になると考えられる。

今後は、速度補正式などで用いた各係数の詳細な値の定義や、外的要因の考慮、区間を分割した方法や時間帯や気候での交通量の変化を考慮した上での歩きやすさスコアの算出をおこない、比較検証をする。

参考文献

総務省統計局（2023）住所基本台帳人口移動報告、
<https://www.stat.go.jp/data/idou/2023np/jissu/youyaku/index.html>
国土交通省（2024）道路移動等円滑化基準、
<https://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/barrierfree/content/001400936.pdf>
地震調査研究推進本部（2025）海溝型地震の長期評価、
<https://www.jishin.go.jp/evaluation/long_term_evaluation/subduction_fault/>
警察庁交通局（2024）令和５年における交通事故の発生状況について、
<https://www.npa.go.jp/publications/statistics/koutsuu/jiko/R05bunseki.pdf>

歩行環境の整備は小売業の売上増加に寄与するか？
－Google Street View を用いた全国分析－

富樫陸斗*・中谷友樹**

Does Improving the Walkability Contribute to an Increase in Retail Sales?
- A Nationwide Analysis Using Google Street View -

Rikuto Togashi*, Tomoki Nakaya**

Abstract: This study aims to verify whether improving the walking environment contributes to sales growth for retailers through a comprehensive quantitative analysis of commercial districts across Japan. By leveraging time-series images from Google Street View and an image segmentation model, we identified sidewalk widening projects implemented between 2014 and 2021. This data was combined with annual retail sales figures from the Economic Census, and a Propensity Score Matching-Difference in Differences (PSM-DiD) method was applied to estimate the causal effect. The results showed no statistically significant increase in sales on a national average. However, when analyzed by the type of commercial district, a uniquely significant positive effect was observed only in roadside commercial districts. This outcome suggests that the effectiveness of pedestrian environment improvements is not uniform, but is highly dependent on the context, including the urban structure and shifts in consumer behavior under the COVID-19 pandemic.

Keywords: 歩行環境（walkable environment），商業集積地区（commercial districts），因果推論（causal inference）

１．はじめに

近年，歩きやすいまちづくりが世界的に推進されており，日本でも「まちなかウォーカブル推進事業」として，自動車中心から人中心の空間への転換が図られている（国土交通省，2020）．この施策はまちなかの賑わい創出を目的とし，実際に歩行環境の整備が地域経済に好影響をもたらす可能性も示唆されている（Deng et al., 2020）．しかし，こうした都市の歩行者空間化は，ほぼ例外なく商業者の反発を招いてきた（Nello-Deakin et al., 2024）．その背景には，自動車で来店する顧客の減少が売上低下に直結するのではないかという根強い懸念が存在する．

こうした懸念を背景に，歩行環境の整備が小売業の売上に与える影響については，これまで多くの研究が蓄積されてきた．例えば，Yoshimura et al. (2022) は，スペインの 14 都市を対象とした因果推論により，歩行者空間の整備が立地に関わらず小売店の売上を有意に増加させたと報告した．Volker and Handy（2021）のレビュー研究では，歩行者・自転車空間の整備は近隣店舗にプラスの経済的影響を与えるか，統計的に有意な影響を及ぼさないと結論付けている．

このように，歩行者空間の整備が近隣小売店の売上増加に寄与するという一定のエビデンスは存在するものの，これまでの研究はいずれも特定の地域を対象とした事例分析に留まっている．日本全国を対象として，その効果を網羅的に検証した研究は未だ存在しない．そこで本研究では，日本全国のデータを用いて，歩きやすい空間の整備が近隣小売店の売上増加に寄与するのかを，因果推論の手法によって明らかにすることを目的とする．

２．方法

２.１　対象地域

本研究では，日本全国の商業集積地区を対象とする．商業集積地区は，用途地域のうち近隣商業地域及び商業地域であって，商店街を形成している地域を定めたものである（経済産業省，2007）．データ上には構成店舗数が少なすぎてほぼ実態を伴っていない地区も記録されているため，構成店舗数が 30 以上の計 1825 地区を対象とした．

２.２　使用データ

売上高に関するデータは，経済センサス活動調査で集計されている商業集積地区別年間商品販売額を用いる．また歩道の整備状況を確認するため，Google Street View（以下 GSV）の時系列画像を取得して用いる．GSV 画像は多くの場合，2010 年近辺以降の画像を閲覧できる．以上のことから，活動調査が実施されている 2014 年から 2021 年までの売上高を分析に用いる．

また，後述する商業集積地区（以下集積地区）のゾーニングに 2015 年の電話帳データと広島県の商業集積地区

*　学生会員　東北大学大学院環境科学研究科（Tohoku University）
〒980-8572　仙台市青葉区荒巻字青葉 468-1　Email: togashi.rikuto.s5@dc.tohoku.ac.jp
**　正会員　　東北大学大学院環境科学研究科・理学研究科 (Tohoku University)

位置図を利用したほか，GSV 画像を取得するポイントの位置を定めるためオープンストリートマップ（以下 OSM）の道路情報を用いた．

２.３　手法

多くの集積地区について，その詳細な位置は一般には公開されていないため，各集積地区の名称からその範囲を特定した．代表点は，Google Geocoder を利用して施設名から緯度経度を得た．集積地区の情報が例外的に公開されている広島県の 42 集積地区を参考に，地区の範囲を簡易推定した．具体的には，(1) GIS 上に広島県集積地区のポリゴンをデータ化し，それぞれの面積を求め，(2) 店舗密度が大きい中心市街地ほど一つ一つの集積地区は小さくなる傾向にあるため，電話帳から小売店の位置をプロットし，小売店の点密度を説明変数，集積地区の面積を目的変数として線形回帰を行い，(3)このモデルを全国の集積地区に当てはめ，中心点からのバッファ距離を定めることで円状の集積地区を作成した．

GSV 画像を取得する地点については，対象集積地区の範囲内に存在する OSM の道路データ上に 50 m 間隔で作成した．OSM の道路セグメントにはその道路種別に応じたタグ付けがなされているが，今回は自動車専用道を除く主要な道路である「trunk」「primary」「secondary」「tertiary」のタグが付与されている道路を用いた．このポイント上で取得した 2014 年・2021 年のパノラマ画像を補正して歪みを取り除いたうえで，画像セグメンテーションモデルである Segformer（Xie et al., 2022）を用いて歩道の区域を推定した．2021 年時点で画像全体に占める歩道の割合が 3%未満である地点は歩道が整備されていない，もしくは障害物に隠れて目視での確認が困難であるとして取り除いた．このセグメンテーションされた画像群について，目視で歩道の拡幅が行われているかどうか確認した．具体的には，期間内に歩道が新設された，もしくは歩道の幅員が増加するような変化が見られた地点を歩道拡幅地点とした．この確認作業ののち，1 点以上歩道の拡幅が見られた集積地区を処置群，1 点も拡幅が見られなかった集積地区を対照群と設定した．この操作により，目視で確認できる地点が存在した 1693 の集積地区のうち，232 の集積地区において歩道の拡幅が行われていることがわかった．

統計分析については，傾向スコアマッチングと差分の差分法を組み合わせた手法である PSM-DiD を用いた．商業集積の規模を示す 2014 年度の年間商品販売額を共変量として処置群と対照群のマッチングを行った．処置開始前である 2002 年，2004 年，2007 年の年間商品販売額データを用いて平行トレンド仮定を満たしていることを確認したのち，以下のモデル式に従って処置効果の有意性を検証した．

$$Y_{it} = \alpha + \theta D_i + \pi T_i + \beta D_i T_t + \varepsilon_{it}$$

Y_{it}:年次 t における地区 i の売上高
D_i:地区 i の処置群ダミー（歩道拡幅がなければ 0，あれば 1）
T_i: 地区 i の時間ダミー（2014 年なら 0, 2021 年なら 1）
β:平均処置効果

はじめに全集積地区を対象とした分析を行い，次に経済センサスで定義される集積細分（表 1）ごと，および三大都市圏 [1]に属するか否かによる層別分析も実施した．

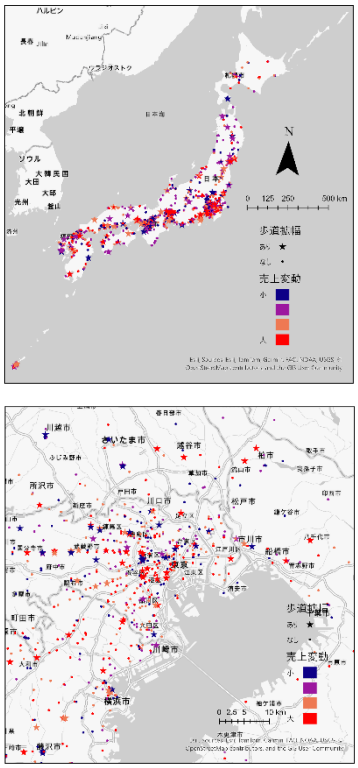


図 1 商業集積地区の歩道拡幅の有無と売上変動
（上：日本全域，下：首都圏）

表 1　商業集積地区の集積細分（経済産業省（2007）より引用）

集積細分	特徴
駅周辺型商業集積地区	JRや私鉄などの駅周辺に立地
市街地型商業集積地区	都市の中心部（駅周辺を除く）にある繁華街やオフィス街に立地
住宅背景型商業集積地区	住宅地又は住宅団地を後背地として立地
ロードサイド型商業集積地区	国道あるいはこれに準ずる主要道路の沿線を中心に立地
その他の商業集積地区	上記の区分に特性付けされない商業地区

3．結果

3.1　歩道の拡幅が行われた集積の分布

図 1 は対象期間内における売上変動を 4 段階の等量分類で区分し，歩道拡幅が見られた集積地区を星型，見られなかった集積地区を丸形の点でプロットした地図である．ここで「売上変動」とは，2014 年から見た 2021 年の年間商品販売額の増加量である．歩道拡幅が行われた集積地区に着目すると，東京都心，特に港区や渋谷区・中央線沿線に売上変動が比較的大きい集積地区が散見される．一方全国を俯瞰すると，東北地方や北陸地方などの地方では，歩道拡幅が行われたのにも関わらず売上が芳しくない集積地区が見られる．

3.2　PSM-DiD の結果

図 2 は処置群と対照群の集積地区それぞれの平均年間商品販売額変化を示したものである．歩道拡幅があった集積地区はそれ以外の集積地区と比べて平均の売上水準は高くなっているが，処置期間後の売上の伸びに関しては対照群に比べてあまり変化がないことがわかる．また表 2 は全国を対象に PSM-DiD を用いて処置効果を推定した結果，表 3 は集積細分と三大都市圏か否かによって層別化して推定した結果である．全国での分析結果は有意にならなかったほか，三大都市圏に属する集積地区に限った分析でも処置効果は表れなかった．また集積細分ごとの分析では，サンプル数こそ少ないながらロードサイド型商業集積地区のみ有意となった．

4．考察

結果 3.1 について，歩道拡幅による売上増加の効果は東京などの大都市圏に集中し，多くの地方都市では限定的であった．しかし結果 3.2 から，三大都市圏に属する集積地区で歩道拡幅の効果は有意に表れなかった．これは，効果が見られたとされる先行研究（Yoshimura et al., 2022）

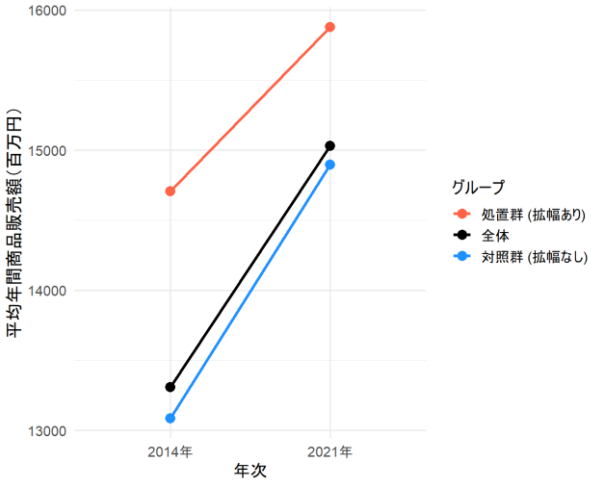


図 2　処置群と対照群の集積地区における売上平均の推移

とは異なる傾向である．

このような相反する結果が表れた原因としては，処置効果が表れた集積地区が大都市圏の中でも一部に偏っていたためだと考えられる．図 1 の首都圏の図を見ても，歩道の拡幅が見られながら売上増加に至っていない集積地区が少なからず存在することがわかる．このことから，公共交通機関が発達し徒歩が基本的な移動手段である大都市圏においても，周辺地域の人口変動や再開発の有無などにより効果が表れない場合があることが考えられる．

一方で地方では歩道拡幅の効果が表れていない集積地区が目立った．東北や北陸などの地方都市では人口減少が著しい地域が多く，歩行環境を改善しても売上の増加には結びつかなかったと考えられる．

続いて因果推論を行った結果 3.2 について，全体としては歩道拡幅が近隣商業地の売上増加に寄与する効果は表れなかった．これは多くの先行研究とは異なる結果である．この最大の要因として，本研究の事後時点である 2021 年が COVID-19 パンデミックの強い影響下にあったことが挙げられる．2021 年当時は緊急事態宣言などにより全国的に人流が抑制されていたことから，歩行環境を

表 3　PSM-DiD による全国での推定結果

変数名	係数	標準誤差	95%信頼区間	p値
歩道拡幅ダミー	-136.0	2762	[-5549.5, 5277.5]	0.961
年次ダミー	2692	2762	[-2721.5, 8105.5]	0.33
交互作用項（処置効果）	-1520	3906	[-9175.8, 6135.8]	0.697

表 3　区分ごとの推定結果

集積細分	都市圏区分	係数	標準誤差	95%信頼区間	p値	サンプル数
駅周辺型		-128	1903	[-3856.9, 3600.9]	0.946	128
市街地型		-4660	4461	[-13404, 4084.6]	0.298	38
住宅背景型		-3434	3016	[-9345.3, 2477.5]	0.257	39
ロードサイド型		4070	1924	[299.3, 7840.3]	0.038*	20
	三大都市圏	-514.6	746.3	[-1977.4, 948.2]	0.491	80
	非三大都市圏	-1954.6	1887.7	[-5654.4, 1745.2]	0.301	152

改善してもその効果を享受する歩行者自体が減少していたため，施策が売上増加という成果に結びつきにくかったと考えられる．つまり，パンデミックという大きな外的要因が，歩道拡幅によるプラスの効果を覆い隠してしまった可能性が高い．

その一方で，ロードサイド型地区で唯一効果が見られたという結果は示唆に富んでいる．自動車利用を前提とするロードサイド型地区は，元来，歩行環境の整備が重視されてこなかった．しかし，だからこそ歩道が整備されることによる効果が他の地区よりも大きかったと考えられる．まず考えられるのが，パンデミック下の消費行動の変化が追い風になった可能性である．小売業の売上高は周辺の滞在人口と強く相関することが指摘されている（Iwata and Kondo, 2025）．パンデミックにより人との接触を避ける行動が推進され，消費活動は中心市街地から郊外へとシフトした．そのため，郊外への立地が多く広大な敷地を有しているロードサイド型地区は，地元住民にとって重要な消費の受け皿となった．そこに安全で快適な歩行空間が整備されたことで，これまで自動車でしかアクセスできなかった近隣住民が徒歩で訪問あるいは店舗間を回遊するようになるなど，新たな需要を掘り起こすことに成功した可能性が指摘できる．

加えて，歩道拡幅の実施が歩行の促進にとどまらず，様々な集客効果を付随して発生させた可能性も考えられる．歩道拡幅のような歩行環境の整備を実施している地域では，周辺の開発事業や来客を促進するような施策が同時に実施されていることもある．特にロードサイドの商業地は歩行環境が整備されていない区画が多いことから，周辺の土地開発に伴って歩道が拡幅し，結果として売上の増加とともに歩行環境も整備された可能性がある．

５．結論

本研究では，歩行環境の整備が商業地の売上に与える影響について，因果推論の手法である PSM-DiD によって全国規模で分析した．その結果，全体としては有意な関係は見出されなかったものの，自動車での利用が主であるロードサイド型店舗に関しては，売上増加をもたらしていることが明らかになった．

本研究では COVID-19 による人流減少の影響により，歩行環境の整備効果が不明確となっていることも想定される．また今回は歩道の幅員が増加したケースをすべて歩道拡幅としているが，実際は小規模なものから車線の減少を伴うような大規模なものもあり，そのような規模の違いを考慮できていない．よって今後は，歩行環境の整備状況についてさらに詳細に観測するとともに，商業集積地区の人流減少分を補正したうえで処置効果を測定する予定である．

注

1） 東京都市圏（東京都・神奈川県・埼玉県・千葉県），大阪都市圏（大阪府・京都府・兵庫県・滋賀県・奈良県・和歌山県），名古屋都市圏（愛知県・岐阜県・三重県）の 3 都市圏 13 都府県を三大都市圏とした．

参考文献

経済産業省 (2007) 別表　立地環境特性の区分及び定義. <https://www.meti.go.jp/statistics/tyo/syougyo/result-2/h9/kakuho/ritch/chu-4.html>.

国土交通省 (2020) まちなかウォーカブル推進事業. <https://www.mlit.go.jp/toshi/toshi_gairo_tk_000092.html>.

Deng, Y., Yan,Y., Xie, Y., Xu, J. and Jiang, H. (2020) Developing Shopping and Dining Walking Indices Using POIs and Remote Sensing Data. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, **9**-6, 366.

Iwata, S. and Kondo, K. (2025) Assessing the Impact of Human Mobility on Retail Performance during the COVID-19 Outbreak in Japan. *RIETI Discussion Paper Series*, 25-E-073.

Nello-Deakin, S., Vallvé, C.S. and Akinci, Z.S. (2024) Who's afraid of pedestrianisation? Residents' perceptions and preferences on street transformation. *Habitat International*, **150**, 103117.

Volker, J.M.B. and Handy, S. (2021) Economic impacts on local businesses of investments in bicycle and pedestrian infrastructure: a review of the evidence. *Transport Reviews*, **41**, 31-45.

Xie,E. Wang, W., Yu, Z., Anandkumar, A., Alvarez, J.M. and Luo, P. (2021) SegFormer: Simple and Efficient Design for Semantic Segmentation with Transformers. *Computer Vision and Pattern Recognition*.

Yoshimura,Y., Kumakoshi,Y., Fan, Y., Milardo, S., Koizumi, H., Santi, P., Arias, J.M., Zheng, S. and Ratti, C. (2022) Street pedestrianization in urban districts: Economic impacts in Spanish cities. *Cities*, **120**, 103468.

利用者特性と混雑状況を考慮したスポーツツーリズム支援システムの構築

野邉田 龍将*・山本 佳世子**

Development of a Sports Tourism Support System Based on User Characteristics and Crowd Conditions

Ryusho Nobeta*, Kayoko Yamamoto**

Abstract: During sporting events, surrounding areas often become heavily congested with both local spectators and visitors from distant regions, making it difficult to enjoy a comfortable tourism experience. In response to such an issue, this study aims to develop a web-based system that facilitates efficient sports tourism by incorporating two key factors: spot recommendations based on user characteristics and crowd conditions. The system assists users in creating personalized tourism plans by suggesting sightseeing spots that can be effectively visited before and after sporting events. It also includes a feature that allows users to share their plans with others. By visualizing crowd conditions at tourist destinations using visitor data, the system enables users to select less congested locations and adjust their itineraries accordingly. Moreover, the system recommends tourist spots tailored to individual preferences and residential backgrounds—whether local residents or long-distance travelers—thereby offering customized tourism experiences that align with each user's unique needs.

Keywords: スポーツツーリズム（sports tourism），観光支援システム（tourism support system），Web-GIS，混雑状況（crowd condition），推薦システム（recommendation systems）

１．序論

近年の旅行者の観光目的として，スポーツを見に行くための旅行およびそれに伴う周辺観光，スポーツを支える人々との交流など，スポーツと旅行を融合させたスポーツツーリズムが注目されている．スポーツツーリズムは，スポーツ庁が 2017 年に策定した「第 2 期スポーツ基本計画」でスポーツを通じた地域活性化の施策として提案され，2023 年に策定した「第 3 期スポーツ基本計画」においても，地方自治体と地域住民が連携したスポーツによるまちづくりやインバウンドニーズに向けたコンテンツ開発が推進されている．このように，これからの観光振興政策として，スポーツツーリズムは大きな効果をもたらすことが期待されている．

しかし，スポーツイベント開催時の周辺地域は，地元の観戦客に加えて遠方から訪れる観戦客により著しく混雑するため，快適な観光体験を得られないことがある．また，観戦客の居住地域や嗜好はそれぞれ異なるため，一人ひとりのニーズに応じた効率的な観光計画を作成することは困難である．したがって，より高い満足度を伴うスポーツツーリズムを推進するためには，周辺地域の混雑状況を把握しつつ，各スポーツ観戦客に対して適切な観光情報を提供することが求められる．

本研究は，以上の社会的・学術的背景を踏まえ，混雑状況を考慮しながら，居住地域や嗜好などの利用者特性に応じて個別最適化された観光スポット推薦を行うことで，スポーツイベント前後の時間を有効活用し，効率的なスポーツツーリズムを支援する Web システムの構築を目的とする．

２．関連分野の先行研究と本研究の位置付け

本研究の関連分野の先行研究は，(1) スポーツツーリズムに関する研究，(2) 観光支援システムに関する研究，(3) 推薦システムに関する研究に分類することができる．

(1) の研究では，和田（2021），Pedauga et al. (2022)，Peric (2010) は，スポーツツーリズムがもたらす地域経済効果を明らかにした．また，三宅ほか（2018），Liang et al. (2022) は，ICT の活用による利便性向上について言及しているが，観光客の行動を支援する具体的なシステム開発には至っていない．(2) の研究では，前川ほか（2023），Hidaka et al. (2020)，Aoike et al. (2018) は，混雑状況の把握と分散化を目的としたシステムを構築しており，Kurata et al. (2015)，Ito et al. (2018) は，Web-GIS を活用した支援システムを構築した．しかし，これらのシステムは利用者の個別特性を十分に考慮していない．(3) の研究では，上原ほか（2012），Tarui (2011)，Kato & Yamamoto (2020) は，訪問履歴や観光地の類似度に基づく観光スポ

* 学生会員 電気通信大学大学院情報理工学研究科（The University of Electro-Communications）
〒182-8585 東京都調布市調布ヶ丘 1-5-1 E-mail：n2430100@edu.cc.uec.ac.jp
** 正会員 電気通信大学大学院情報理工学研究科（The University of Electro-Communications）

ット推薦システムを構築したが，利用者の包括的な観光計画作成の支援まではしていなかった. 井上・徳丸（2020），Kotkov et al. (2016)，Chen et al. (2019) については，セレンディピティに着目した推薦手法を提案していたが，対象は商品などに限定されており，様々な要素を含む観光計画への応用はなされていなかった.

本研究では，以上の先行研究で個別に開発された Web-GIS，観光支援システム，推薦システムを統合し，利用者の特性に応じたスポーツツーリズムの計画を，デジタル地図を参照しながらシームレスかつ効率的に作成可能な Web システムの構築を目指す．さらに，（1）人流データを活用して観光スポット周辺の混雑度情報を提供し，混雑を避けた観光計画を作成できること，（2）居住地域や嗜好といった利用者特性に基づく個別最適化された観光スポットの推薦を行うこと，（3）観光計画の作成から利用者間での共有までを同一システム上で可能にすることで利便性を高めることの 3 点において，本研究の独自性を示す.

３．システムの設計

３.１　本システムの設計

本システムは Web-GIS，観光計画作成システムから構成される（図 1）. Web-GIS には Web サイト上でアクセス可能な ESRI 社が提供する ArcGIS API for JavaScript，デジタル地図には無料公開されている OpenStreetMap を用いる．利用者は，本システムを利用する時には，システム上で用いるアカウントを作成し，データベースに利用者情報を登録する.

システムの利用については，Web-GIS のデジタル地図上では，利用者は混雑を避けながら観光スポットを選定し，観光計画を立案することが可能となる．観光計画作成システムでは，まず参加予定のスポーツイベントを設定し，その前後に訪問したい観光スポットを選択することで，複数ヶ所を巡回する計画を作成できる．観光スポット設定時には，観光スポット推薦機能を用いて，利用者の特性に応じた観光スポットの効率的な推薦を受けることができる．さらに，作成された観光計画は他の利用者と共有することができ，すべての計画はデータベースに蓄積される．これにより，利用者間での情報共有と計画の再利用が促進され，システムの利便性と拡張性が高まる.

３.２　推薦システム

Jannach et al. (2010) および Aggarwal (2016) によると，膨大な情報の中から利用者の嗜好に応じた推薦を行う手法には，協調型推薦，内容ベース型推薦，知識ベース型推薦の 3 種類がある．本研究では，遠方から訪れる観光客や運用対象地域に関する知識が乏しい観光客に対しては知識ベース型推薦，運用対象地域に居住している人や観光頻度の高い利用者に対しては内容ベース型推薦を採用する.

知識ベース型推薦は，利用者に嗜好を明示的に尋ねることで，訪問意欲の高い観光スポットを的確に推薦できる点が利点である．一方，内容ベース型推薦は，過去に訪問した観光スポットとは異なる意外性のある観光スポットを提示することで，利用者の飽きを軽減する効果が期待できる.

知識ベース型推薦では，利用者の嗜好条件の特徴量として，スポーツ関連度，混雑度，アクセスの容易さ，コスト，自然，歴史・文化，ショッピング，フードの 8 項目を設定する．利用者は各項目について重要度を 1〜5 の 5 段階で入力し，その数値に基づいて利用者プロファイルを作成する．このプロファイルは，観光スポット推薦時の特徴ベクトルとして用いる.

内容ベース型推薦では，過去に訪問した観光スポットの特徴量の平均値を用いて利用者プロファイルを作成する．観光スポットも同様の 8 項目について事前に特徴量を算出し，観光スポットの特徴ベクトルを作成する．これらのベクトル間の類似度は，式（1）により算出され，推薦の根拠として活用される.

$$Sim_i = \frac{\sum_j^n \frac{U_j}{2} \times S_{i,j}}{\sqrt{\sum_j^n \left(\frac{U_j}{2}\right)^2} \times \sqrt{\sum_j^n \left(S_{i,j}\right)^2}} \quad (1)$$

Sim_i：類似度，　U_j：利用者の項目jに対する重要度
$S_{i,j}$：観光スポットiの項目jの特徴量
i：観光スポット番号，　j：項目番号

３.３　観光客数推計に基づく混雑度

混雑度の表示にあたっては，観光客の位置情報の収集が理想的であるが，位置情報は個人情報に該当するため，取得には制約が伴い，実用上困難である．そこで本研究では，観光客数の推計に基づく混雑度表示手法として，運用対象地域の総滞在人口から昼間人口を差し引く方法を提案し，式（2）により算出する．この推計により，住民や通勤・通学者を除いた一時的な滞在者，すなわち観光客数を間接的に把握することが可能となる.

$$N_{t,i} = P_{total,i} - P_{day,i} \quad (2)$$

$N_{t,i}$：メッシュ番号iにおける観光客数
$P_{total,i}$：メッシュ番号iにおける総滞在人口
$P_{day,i}$：メッシュ番号iにおける昼間人口

本研究では，ある地域の総滞在人口データとして，G 空間情報センターが提供する全国人流オープンデータおよび NTT ドコモのモバイル空間統計を利用する．昼間人口データについては，2020 年国勢調査の「人口等期

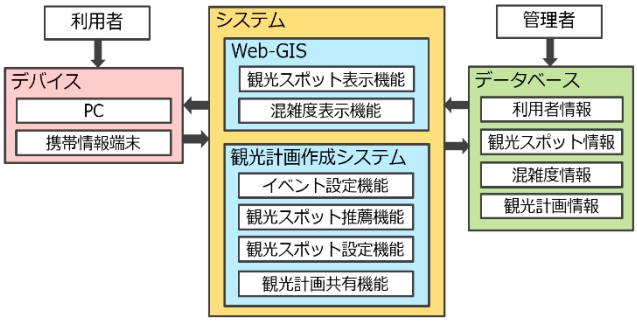


図 1. システムの設計

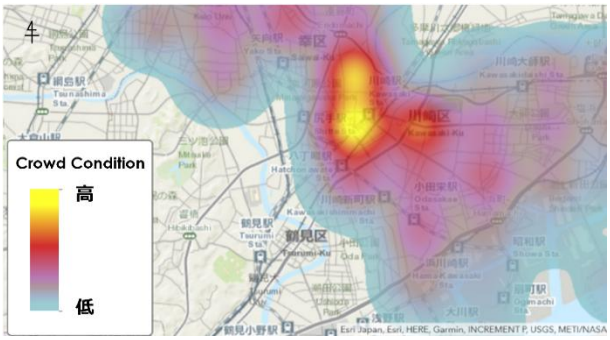


図 2. 混雑度表示の例

本集計結果」および「従業地・通学地による人口・就業状態等集計結果」を利用する．総滞在人口データはメッシュ単位，昼間人口データは町丁目単位で提供されるため，国土数値情報の位置参照情報を用いて町丁目の中心点を緯度経度に変換し，各町丁目が属するメッシュを判定することで，空間単位の統一を図る．なお，本研究で用いるデータは 2020 年時点の静的な統計情報に基づくため，本システム上で表示される混雑度も静的な情報として提供される．図 2 に，本システムにおける混雑度表示の例を示す．

３.４　システムの有用性

本システムの有用性は以下の 3 点である．

(1) 収集が困難な情報の可視化と取得の容易化

インターネット上には膨大な観光情報が存在するが，利用者が必要とする情報を効率的に収集することは容易ではない．本システムでは，周辺地域の混雑状況，意外性のある観光スポット，スポーツ関連の観光情報など，従来収集が困難であった情報を統合的に取得することが可能である．

(2) 土地勘や事前知識のない利用者への支援

土地勘や事前知識の乏しい利用者にとって，スポーツイベントの開催時間に合わせた効率的な観光計画の立案は困難である．本システムでは，デジタル地図上に表示されたスポーツイベント会場と観光スポットの位置関係を視覚的に把握できるほか，嗜好に応じた観光スポット推薦機能や他の利用者の観光計画の参照機能により，計画作成を容易にする．

(3) 時間制約下での観光計画作成の支援

スポーツイベントの前後という限られた時間を活用した観光計画の立案は，実現性の面で課題が多い．本システムでは，イベントの開始・終了時間を初期設定し，その後デジタル地図を参照しながら訪問可能な観光スポットを選定することで，現実的かつ効率的な観光計画の作成が可能となる．

４．システムの構築

４.１　フロントエンド

フロントエンドの主要機能は以下のとおりである．

(1) 観光スポット表示機能

デジタル地図上に観光スポット情報を表示する．観光スポットは観光地，飲食店，ホテル，ショッピング施設などのカテゴリーに分類されており，アイコンの色分けによりカテゴリーの判別が容易となる．

(2) 混雑度表示機能

運用対象地域の観光混雑度を段階別にヒートマップとして地図上に表示する．利用者はこの情報を参照することで，混雑を避けた観光計画の立案が可能となる．

(3) 観光計画作成機能

観光計画の作成にあたっては，まずスポーツイベントの名称，開催日時，開始・終了時間を入力し，イベント予定を設定する．次に，イベント前後の空き時間に訪問可能な観光スポットを選択し，各観光スポットの名称および訪問時間を入力する．これを繰り返すことで，複数の観光スポットを含む観光計画を構築することができる．

(4) 観光スポット推薦機能

利用者の特性に応じて，観光スポットを推薦する．知識ベース型推薦では，利用者が入力した嗜好条件に基づき，類似度の高い観光スポット上位 5 ヶ所を提示する．内容ベース型推薦では，過去の訪問履歴に基づき，類似度の高い観光スポット上位 3 件に加え，意外性のある観光スポット 2 件を推薦することで，新規性と満足度の両立を図る．

(5) 観光計画共有機能

作成した観光計画は，他の利用者と共有することが可能である．共有された計画は，他の利用者が自身の観光計画を作成する際に参照でき，計画立案の負担軽減と情報共有の促進に寄与する．

４.２　バックエンド

バックエンドで行う主な処理は以下のとおりである．

(1) 観光スポット表示および混雑度表示に関する処理

データベースから観光スポット情報と混雑度情報を抽出し，これらの情報に含まれる緯度経度の位置データをもとに，観光スポットをアイコン，混雑度をヒートマップとして Web-GIS のデジタル地図上に表示する．

(2) 観光計画作成に関する処理

観光計画作成機能を用いて作成された計画データは，

利用者ごとにデータベースに保存される．これにより，計画の再利用や共有が可能となる．

(3) 観光スポットの推薦に関する処理

利用者が入力した嗜好条件と観光スポットの特徴量に基づいて類似度を算出し，推薦候補を抽出する．この処理は，知識ベース型および内容ベース型推薦アルゴリズムに対応しており，利用者特性に応じた柔軟な推薦を実現する．

４.３　インタフェース

利用者用インタフェースにはレスポンシブ Web デザインを採用し，PC および携帯情報端末（スマートフォンやタブレット）など，画面サイズの異なる端末に対応した表示最適化を行う．これにより，端末の種類にかかわらず，同一の機能を快適に利用できる Web システムとして構築する．管理者用インタフェースでは，システム管理者が観光スポット情報の追加・修正を行えるほか，悪質な利用者の管理や不適切な投稿内容の削除など，コンテンツの健全性を維持するための運用管理を行う．

５．まとめと今後の研究計画

５.１　まとめ

本研究では，Web-GIS と観光計画作成システムを統合した Web システムの設計・構築を行った．本システムの有用性は，(1) 収集が困難な情報の可視化と取得の容易化，(2) 土地勘や事前知識のない利用者への支援，(3) 時間制約下での観光計画作成の支援の 3 点にある．本システムには，観光スポット表示機能，混雑度表示機能，観光計画作成機能，観光スポット推薦機能，観光計画共有機能の 5 つの主要機能があり，これらの機能に対してバックエンドで処理を行う．

５.２　今後の研究計画

本研究では，システム構築後に試験運用を実施し，利用者へのヒアリング調査を通じて改善点を抽出したうえで，システムの再構成を行い，本格的な運用に移行する予定である．本システムの運用対象地域としては，神奈川県川崎市を選定している．選定理由は，同市に複数のスポーツチームの本拠地が存在し，スポーツイベントが頻繁に開催されていること，さらにスポーツに関連する観光スポットが多数立地していることによる．また，複数の鉄道路線が乗り入れており，スタジアムや主要観光地へのアクセス性が高い点も，運用対象地域としての適性を高めている．

本運用後は，利用者へのアンケート調査および Google Analytics を活用したログデータのアクセス解析を通じて，本システムの有効性を評価する．これらの結果を踏まえ，さらなる改善策を提案し，スポーツツーリズム支援システムとしての実用性と汎用性の向上を図る．

参考文献

井上聡子・徳丸正孝（2021）セレンディピティ誘発に着目した情報推薦システム．「知能と情報」，**33**(1)，501-505.

上原尚・嶋田和孝・遠藤勉（2012）Web 上に混在する観光情報を活用した観光地推薦システム．「信学技報」，**112**(367)，13-18.

前川丈幸・笠原秀一・馬強（2023）混雑を考慮した観光ルート生成に関する研究．「DEIM Forum 2023」，5b-3-4.

和田崇（2021）スポーツまちづくりがもたらす社会経済効果-徳島県阿南市の「野球のまち推進事業」を事例に-．「経済地理学年報」，**67**(1)，43-57.

三宅正史・藤井彰・大野敬史・吉川正晃（2018）スポーツツーリズムから日常生活まで満足度を高めるプレイスサービス基盤．「FUJITSU」，**69**(2)，42-47.

Aggarwal, C. C. (2016). *Recommender systems*. Heidelberg: Springer.

Aoike, T., Ho, B., Hara, T., Ota, J., Kurata, Y. (2018) Utilising crowd information of tourist spots in an interactive tour recommender system. *Proceedings of the Information and Communication Technologies in Tourism 2019*, 27-39.

Chen, L., Yang, Y., Wang, N., Yang, K., & Yuan, Q. (2019) How serendipity improves user satisfaction with recommendations? a large-scale user evaluation. *Proceedings of the WWW '19: The World Wide Web Conference*, 240-250.

Hidaka, M., Kanaya, Y., Kawanaka, S., Matsuda, Y., Nakamura, Y., Suwa, H., Yasumoto, K. (2020) On-site trip planning support system based on dynamic information on tourism spots. *Smart Cities*, **3**(2), 212-231.

Itou, J., Mori, T., Munemori, J., Babaguchi, N. (2018). Development of a Stroll Support System Using Route Display on a Map and Photograph Sharing Service. *Proceedings of the 29th International Conference on Collaboration Technologies and Social Computing*, 48-55.

Jannach, D., Zanker, M., Felfernig, A., & Friedrich, G. (2010). *Recommender Systems: An Introduction*. Cambridge: Cambridge university press.

Kato, Y., Yamamoto, K. (2020). A sightseeing spot recommendation system that takes into account the visiting frequency of users. *International Journal of Geo-Information*, **9**(7), 411; https://doi.org/10.3390/ijgi9070411.

Kotkov, D., Wang, S., & Veijalainen, J. (2016). A survey of serendipity in recommender systems. *Knowledge-Based Systems*, **111**, 180-192.

Kurata, Y., Shinagawa, Y., Hara, T. (2015) CT-Planner5: A computer-aided tour planning service which profits both tourists and destinations. *Proceedings of the Workshop on Tourism Recommender Systems*, 35-42.

Liang, F., Mu, L., Wang, D., Kim, B. S. (2022) A new model path for the development of smart leisure sports tourism industry based on 5G technology. *IET Communications*, **16**(5), 485-496.

Pedauga, L. E., Pardo-Fanjul, A., Redondo, J. C., Izquierdo, J. M. (2022) Assessing the economic contribution of sports tourism events: A regional social accounting matrix analysis approach. *Tourism Economics*, **28**(3), 599-620.

Peric, M. (2010) Sports tourism and system of experiences. *Tourism and Hospitality Management*, **16**(2), 197-206.

Tarui, Y. (2011) Recommendation system of tourist site using collaborative filtering method and contents analysis method. *Jobu University Bulletin*, **36**, 1-14.