

観光地における街路要素を考慮した歩行経路選択モデルの開発

—浅草を対象とした検証分析—

建築学専攻

持続可能な都市・地域研究

MJ23007 石井 悼貴

指導教員 栗島 英明

1. 研究背景・目的

持続可能な観光と観光体験の質向上という社会的要求の中で、混雑の分散やオーバーツーリズムの解消につながる歩行者の経路選択に関する分析が必要とされている。しかし、観光地における歩行者行動に関する従来研究の多くは、観光客の行動を定性的に捉えたものが多く、定量的な解析やモデル化が十分ではない。経路選択の定量的な分析やモデル化は都市計画における将来的な人流予想やエビデンスとして非常に有用な情報を与える¹⁾²⁾³⁾。そこで、本研究では、観光地における歩行者の経路選択を街路の複数の要素を考慮しながら定量的に分析することで、人々の選好を反映した実践的なモデルを得ることを目的とする。

2. 理論

2.1 経路選択の確率式

歩行者の経路選択機会は、複数のパスの結節点である各ノードにおいて与えられる。ノード*n*においてパス*i*から得る効用 U_{in} は、(1)式で表せる。

$$U_{in} = V_{in} + e_{in} \quad (1)$$

Where: V_{in} は経路属性から決定される確定効用
 e_{in} は観測不可能な確率効用

このとき、あるノードでの歩行者が一つのパスを選択する事象は確率式で表すことができ、効用 U_{in} を得るパス*i*を歩行者が選択する確率 $P_n(i)$ が、二項分布に従うと仮定するとき、(2)の条件付きロジットモデルが得られる。

$$P_n(i) = \frac{\exp(V_{in})}{\sum_{j=1}^k \exp(V_{jn})} \quad (\text{end } j = k) \quad (2)$$

2.2 効用関数

確定効用関数は、近年のナビゲーションアプリ等の発達に伴い、歩行経路は最短経路が選択される確率が最も高く、その他の街路の要素はこれに効用を付加的に与えるものと考え、(3)式とした。

$$V_{in} = \alpha_{im}X_{im} + \sum_l \beta_{il}Y_{il} \quad (3)$$

Where: α, β は各パラメータ、 X_{im} は最短経路を選択(0,1)、 Y_{il} はパス*i*から得られる各推定効用

なお、各パスの推定効用は、(4)式のように各要素の効用を標準化した値 X および値 Y とその重要度 β の積の総和となるが、ある要素の効用が一次式で表せないと考えられる場合、(5)式のように二次式を用いて定義し、二次式に対応する β の符号により評価する。^{注1)}

$$\sum_l \beta_{il}Y_{il} = \beta_{ia}Y_{ia} + \dots + \beta_{iz}Y_{iz} \quad (z = \text{end}) \quad (4)$$

$$\beta_{ia}Y_{ia} = \beta_{ia}Y_{ia} + \beta_{ia^2}Y_{ia}^2 \quad (5)$$

Where: β_l は各要素のウェイト、 Y_l は各要素の標準化値

以上より効用関数は(6)式のように表すことができ、各要素の β を推定することで分析対象地での経路選

択における各要素の重要度を評価する。

$$V_{in} = \alpha_{im}X_{im} + \beta_{ia}Y_{ia} + \beta_{ib}Y_{ib} \dots + \beta_{iz}Y_{iz} \quad (6)$$

3. 検証分析

3.1 分析対象地

分析対象地は代表的な観光地である東京都台東区浅草とした。浅草は浅草寺を代表とする歴史・文化的観光地である。調査対象範囲を Fig.1 に示す。約150,000 m²の平地で327のパスを有している。

検証には72の歩行経路サンプルを用いた。分析に用いる歩行経路サンプルは歩行者への簡単なインタビュー調査により入手した。^{注2)}

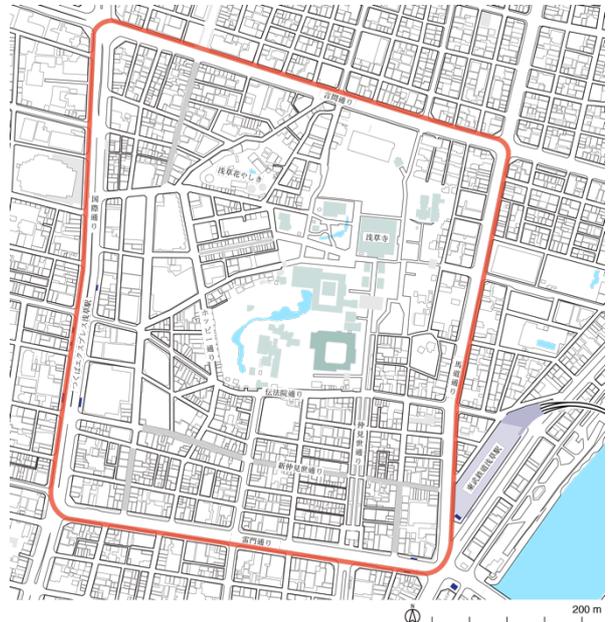


Fig1 分析対象地地図

3.2 街路要素の選択

浅草が観光・商業のエリアであることを考慮し、以下の街路要素を選択した。「飲食店舗数」、「土産物店舗数」、「街路幅員」、「高低差」は、パス毎の絶対数を要素の値とし、「車道隣接」、「オープンスペース」、「アーケード」(オーニング等も含む)は、ダミー変数(0,1)を要素の値とする。「歩行者密度」は、ノードからの一見性に着目し、静止面に写る歩行者数を街路幅員で除した値を要素の値とする。なお、歩行者密度については、あまりに密度が高い(混雑度が高い)場合には、効用が負となる可能性があるため、(5)式のように二次式の推定効用も検討する。

3.3 要素の標準化

要素間の重要度の違いを相対比較するために(7)式のように要素の値の標準化を行う。まず対象地に含まれる全てのパスの各要素を標準化する。次にこの値を用いて、歩行者が通過したノードに結節する各

パスにおいて標準化した値を各要素の標準化値として分析に用いることでノードにおける各パスから得られる効用を定義する。

$$Y_{ia} = (Y'_{ia} - \bar{Y}'_i) / \sigma_i \quad (7)$$

$$Y'_{ia} = (y_{ia} - \bar{y}_{all}) / \sigma_{all}$$

Where: y_{ia} は要素値、
 $\bar{Y}'_i, \bar{y}_{all}$ は各値の平均値、 σ_i, σ_{all} は各値の標準偏差

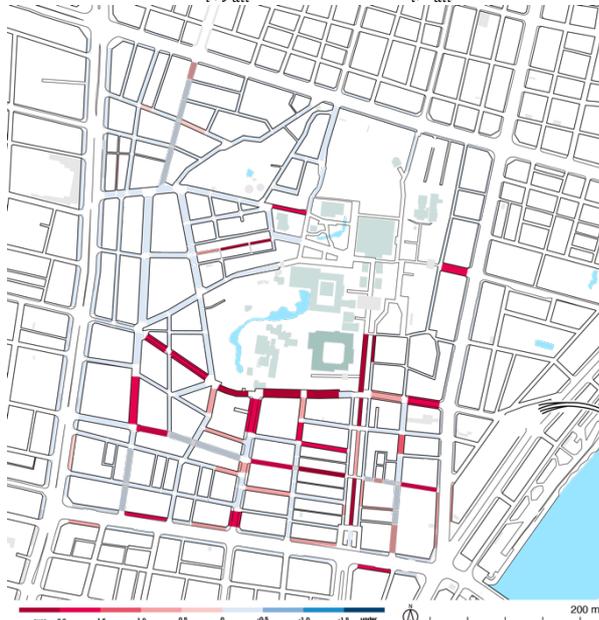


Fig2 標準化値-土産物店舗数

4. 分析結果

4.1 要素の標準化値

飲食店舗数の標準化値の偏りなく全体的に分布している方、土産物店舗数の標準化値の偏りは大きい結果となった。歩行者密度に関しては仲見世通りのように街路幅員が狭く、歩行者数が多いパスの標準化値が高くなっている。

4.2 要素間の相関

要素間の相関分析では、相関が比較的高い歩行者密度と土産物店舗数、歩行者密度とアーケードの相関係数がそれぞれ0.15と0.14であるため、特に共線性に留意する必要はない。

Table1 要素ごとの分析結果

街路要素	β	有意確率	期待値
最短経路	2.44	<0.001	88.7
飲食店舗数	0.008	0.900	72.3
土産物店舗数	0.464	<0.001	72.3
高低差	-0.367	<0.001	72.3
街路幅員	0.250	<0.001	72.3
車道隣接	-0.204	0.038	72.3
オープンスペース	37.4	0.998	72.7
アーケード	0.657	<0.001	72.1
歩行者密度	0.776	<0.001	71.2
歩行者密度二乗	0.675	<0.001	71.4

4.3 要素ごとの分析結果

要素ごとに回帰分析を行った結果、Table1に示すように8つの要素で有意な結果となった ($p < 0.1$)。特に最短経路は、 β が2.44と高い値となり、経路選択に強く影響を与えていた。一方、高低差と車道隣接は、

経路選択に負の影響を与えていた。また、歩行者密度および二乗の β が共に正となったことから、浅草においては歩行者の密集はその度合いに関わらず、他の歩行者を惹きつけることがわかった。

Table2 要素を組み合わせたモデルの分析結果

	街路要素	β	有意確率
ステップ 1 期待値 88.7	最短経路	2.444	<0.001
	定数	-1.654	<0.001
ステップ 2 期待値 89.1	最短経路	2.476	<0.001
	歩行者密度	0.904	<0.001
	定数	-1.764	<0.001
ステップ 3 期待値 89.6	最短経路	2.554	<0.001
	歩行者密度	0.875	<0.001
	アーケード	0.985	<0.001
	定数	-1.834	<0.001

4.4 要素を組み合わせたモデルの分析結果

経路選択の要素をステップワイズ法により選択した結果を Table2 に示す。ステップ3では、最短経路に加えて歩行者密度、アーケードの3つの要素が選択された。4つ以上の要素を選択したモデルの期待値がほとんど上昇しなかったことから、ステップ3のモデルを浅草の経路選択モデルとして選択した。

5. 考察

選択されたモデルより、浅草における歩行者の経路選択は、目的地までの最短経路の影響が大きく、付加的にアーケードと歩行者密度が影響を与えていることが分かった。特に最短経路に関しては、近年のナビゲーションアプリ等の普及により、多くの歩行者が自ずと最短経路を選択していることが理由と考えられる。アーケードに関しては、浅草駅の入出口がアーケード内である点や経路サンプル調査時の気温が高かったことに留意する必要がある。

6. まとめ

本研究のモデルと分析手法は、観光地における歩行者の歩行経路選択に関して一定の説明力があることが示唆された。今後は、経路選択における連続性の反映、浅草以外での適用可能性、他の要素の検討などが課題となる。

注釈

- 1) 参考文献4を参照⁴⁾
- 2) 調査は8・9・10月の週末10時から14時の間に行った。

参考文献

- 1) Zhan Guo ,Becky P Y Loo [2013] Pedestrian environment and route choice: Evidence from New York City and Hong Kong, Journal of Transport Geography 28(1):124-136
- 2) Cheng-Jie Jin ,Yuanwei Luo ,Yhenyang Wu ,Yuchen Song ,Dawei li [2024] Exploring the Pedestrian Route Choice Behaviors by Machine Learning Models , ISPRS International Journal of Geo-Information 13(5):146
- 3) Andres Sevtsuk [2022] The role of turns in pedestrian route choice: A clarification , Journal of Transport Geography, 102,
- 4) 栗島英明・瀬戸山春輝・田原聖隆・玄地裕 [2006] LCA 手法と住民選好調査を利用した地方自治体のまちづくりの環境効率評価, 環境システム研究論文集, 34, p.21-p.28