

プローブパーソンデータを用いた歩行経路選択モデルの構築とシナリオ評価 ー神戸市都心部を対象としてー

Modeling Pedestrian Route Choice Behavior with Probe Person Data and Evaluation of Spatial Planning Scenarios -Case Study in the Central Area of Kobe City-

東京大学工学部都市工学科 増田泰知

It is important to consider pedestrian behavior when spatial plans are made today. The purpose of this study is to analyze pedestrian behavior in central area. In this study, the model that describes pedestrian route choice behavior is proposed, and evaluation of some spatial planning scenarios using this model is done. It is revealed the influence of land use and spatial structure of street on pedestrian route choice behavior through this study.

1. 研究の背景と目的

近年、環境への配慮や健康・福祉の観点から、まちづくりにおいて歩行者を考慮する傾向が強まっている。歩行者を中心に考えた、歩いて楽しめるまちづくりは、従来から都市計画・交通計画の分野で用いられてきたゾーンやメッシュよりも詳細な単位で考える必要がある。また、その際に利用可能なデータも登場してきている。スマートフォンのGPSによって取得される位置情報や携帯電話の基地局データ、Wi-Fi アクセスポイントへの接続データなどがそれである。

上のような背景から、歩行者の行動データに基づいた即地的で詳細な計画策定の手法が必要とされている。すなわち、行動データを活用して施設配置や街路空間の再配分といった施策の効果をシミュレーションにより検証し、客観的に示すことで関係主体が共通認識を持ちやすくする計画手法である。

このような計画手法は、歩行者の行動に関する知見に裏打ちされている必要がある。そこで本研究は施策の検討や計画立案に資する歩行者の行動モデルを構築することを目的とする。

2. 既往研究のレビュー

市街地における歩行者の行動や活動を扱った研究はこれまでも行われており、回遊行動のモデル化

は行わずに分析した研究と、モデルの構築を行った研究の2種類に大別できる。前者として、辰巳・堤¹⁾は福岡都心部を4地区に分類した上で、博多駅における大型商業施設の開業が各地区への来街頻度や消費金額などに与える影響を、休日の自由目的の回遊行動を対象として分析した。小谷・寺山²⁾は訪問施設と訪問目的の組み合わせパターンを分類し、このパターンや個人属性が回遊時間や訪問店舗数、消費金額などの指標に与える影響を分析した。

回遊行動自体のモデル化を行った研究として、荒木ら³⁾は回遊継続・帰宅選択、活動選択、店舗選択を記述する3段階のNested Logitモデルと、店舗滞在時間選択を記述する生存期間モデルからなる時空間回遊行動モデルを構築した。また、大山・羽藤⁴⁾は歩行者の行動を時間構造化ネットワーク上での状態遷移と捉えて、移動経路、活動場所、活動時間の選択を一体的に記述する活動経路選択モデルを構築した。

このように、歩行者の行動を規定する様々な選択行動に関して研究が行われているが、本研究では経路選択を特に重要な選択行動と考え、これに着目した。その上で、街路の空間構成要素が経路選択に与える影響を明らかにするため、街路タイプと沿道店舗の種類を分類してモデル構築を試みた。

3. 回遊行動データの概要

本研究ではスマートフォンのGPSによって取得される時々刻々の位置情報であるプローブパーソンデータ（以下 PP データ）を用いる。本研究で利用する PP データは、神戸市が実施した「スマートフォンを使った人の移動実態に関する詳細調査」によって収集されたものである。本調査は神戸市から委託を受けた復建調査設計株式会社が神戸市都心部を対象に 2013 年 11 月 1 日から 11 月 30 日の期間で実施した。取得された PP データはモニター 52 名、860 トリップ分である。

上記の調査の対象範囲のうち、下図に示す神戸市都心部の三ノ宮地区が本研究における対象範囲である。黒線で表されているのが本研究で対象とした街路ネットワークである。



図 1 対象範囲図（ベース：Open Street Map）

対象範囲は商業面での中心的な地区であり、中心駅の三ノ宮駅前にはデパートや複合商業ビルが立地している。商店街エリアには 2 本、その西側にも 1 本のアーケードが線路と平行方向に通っている。

本研究では、前述の調査で収集された PP データのうち、図 1 の範囲内を経由するトリップデータのみを用いた。移動手段は徒歩のみ、移動目的は通勤・通学、帰宅、帰社・帰校、業務、買い物、観光、飲食、散策、娯楽、レジャー、イベントへ参加、その他の 12

目的のうち、義務的な移動である通勤・通学、帰社・帰校、業務の 3 目的を除いたデータであり、モニター 45 名、211 トリップ分である。

4. モデルの定式化

本研究で構築したモデルはあるリンクから次に進むリンクのみの選択を表す逐次的な経路選択モデルであり、出発地から目的地に至る過程で交差点に到達するたびに逐一次的の進路を選択することを仮定している。そのため、あるリンクに直接繋がるリンクのみが当該リンクに対する選択肢集合となる。なお、モデルの構造は一般的な離散選択モデルである多項ロジットモデルである。

モデルの説明変数のうち、各リンクに固有の属性としては街路長、幅員、各種店舗数、公園ダミー変数、駐車場・空地長さ、アーケードダミー変数を準備した。このうち駐車場・空地長さは駐車場または空地がリンクに面している部分の長さである。店舗の種類は娯楽店、喫茶店、居酒屋、飲食店、コンビニ・ドラッグストア、書店・文房具店、家電店、衣料品店、食料品店である。

なお、上記の属性データは株式会社ゼンリンの Zmap TOWN II（2013/14 年度 Shape 版）兵庫県データセット、及び座標付き電話帳 DB テレポイント（P1A42_2014 年 2 月）を基にしている。いずれも PP 調査の実施時期に近いものを利用した。

また、上記の固有属性以外に、直進ダミー変数と目的地方向角度の 2 つを説明変数として準備した。直進ダミー変数はあるリンクに対して直進方向に当たるリンクのみが 1 をとる変数である。なお、リンク間のなす角が 20 度以下の場合を直進方向とした。

目的地方向角度は、あるリンクの終点ノードとトリップの最終目的地とを結ぶ線分が各選択肢リンクとなす角である。すなわち、最終的な目的地の方向に向かうリンクほど値が小さくなる。

5. モデルの推定結果

モデルの推定結果を以下の表に示す。

表1 モデル推定結果

説明変数	推定値	t 値
街路幅員 (m)	-0.066	-2.264*
歩道幅員 (m)	0.011	0.465
娯楽店	-0.521	-2.488*
喫茶店	0.455	2.635**
飲食店	-0.191	-1.735
書店・文具店	-0.653	-2.150*
食料品店	-0.332	-1.915
アーケードダミー	0.771	3.913**
目的地方向角度 (度)	-0.024	-26.321**
直進ダミー	1.117	14.589**
サンプル数	1955	
初期尤度	-2127.721	
最終尤度	-883.586	
尤度比	0.585	
修正済み尤度比	0.580	

* : 5%有意 ** : 1%有意

上の表において、街路幅員は物理的な歩車道の区別がない街路の幅員、歩道幅員は物理的に区別された歩道がある街路の歩道部分のみの幅員をそれぞれ表している。前者は一般に比較的小さく細い街路であり、特に自動車が通行していない時、道路空間全体が歩道として機能すると考えられる。そのため、ここでは街路のタイプに応じて実質的に歩行者が通行する部分の幅員を別々に考慮している。

各種店舗に関しては、街路長 1km 当たりに換算した店舗数の値を用いている。

推定結果より、街路幅員は有意に負の値をとっている。前述のように、街路幅員は歩道のない比較的小さな街路の幅員である。このような街路では幅員の増加と共に自動車の通行量も増加し、歩行者にとっては歩きにくくなるためと考えられる。

この他に、アーケードが設置されている街路が選択されやすいこと、目的地の方向に向かっており直進方向にある街路の選択確率が高くなることが読み取れる。

6. シナリオ評価

推定したモデルを用いてシナリオ評価を行うに当たり、まず用いる指標値について説明する。

本モデルの前提は逐次的選択のため、算出される選択確率はそれぞれが独立であり、実際にある OD 間を移動していく際の理論的な選択確率とは異なる。

しかしながら、理論的な選択確率を求めるには、出発地からあるリンクに至る全ての経路に関して、その途中で通過する各リンクの選択確率の積を算出する必要があり、計算量が膨大になる。

そこで、ここでは本モデルで算出される OD ペアごとの選択確率の和を、理論的な選択確率に代わる指標値として用いることを考える。以下に PP データから集計した観測通行量を指標値で回帰分析した結果を示す。

表2 回帰分析の結果

	推定値	t 値
パラメーター (傾き)	0.9416	80.833**
切片	0.0812	2.696**
決定係数	0.8074	

** : 1%有意

上の結果より、決定係数は十分高く指標値として用いることは妥当であると言える。以下でこの指標値を用いてアーケード改変のシナリオ評価を行う。

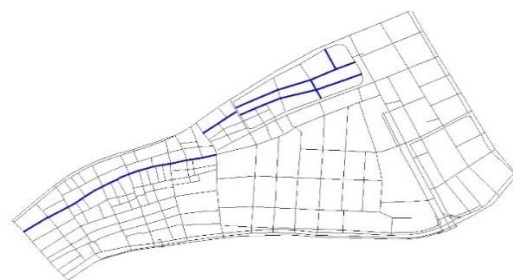


図2 現状 (アーケード)

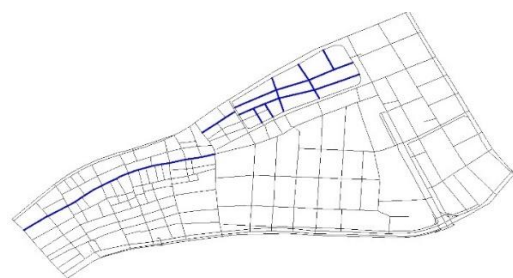


図3 シナリオ1 (アーケード)

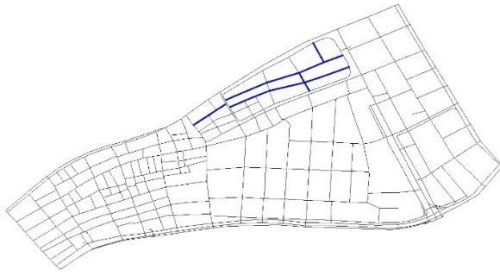


図4 シナリオ2（アーケード）

なお、上の図2～4では青線がアーケードを示している。以下に現状とシナリオの指標値の図を示す。

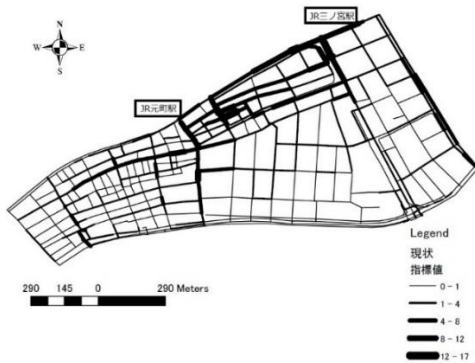


図5 現状（指標値）

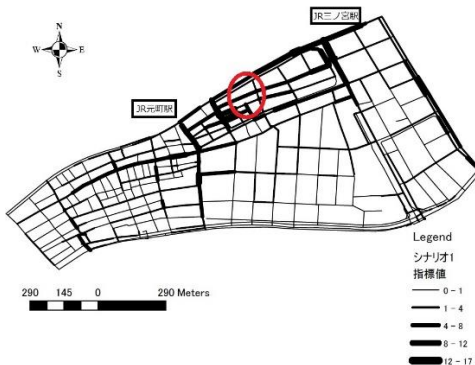


図6 シナリオ1（指標値）

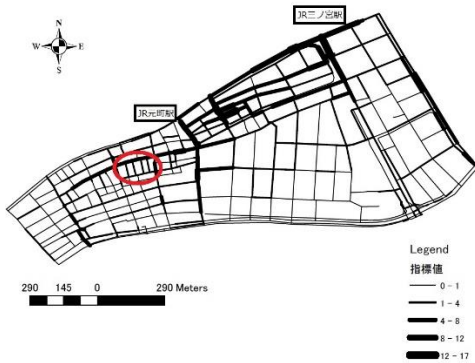


図7 シナリオ2（指標値）

図6と7で、現状と異なる部分を赤丸で示す。シナリオ1では現状のアーケードに対し直交方向にアーケードを増設したことで、既存のアーケードの選択確率が相対的に低下している。シナリオ2では西側部分のアーケード撤去により脇道の選択の増加が見られる。

7. まとめと今後の課題

本研究では逐次的な歩行経路選択モデルの構築とアーケード改変を例としたシナリオ評価を行った。店舗については有意にならないものも多かったが、街路については歩道のある街路の場合その歩道幅員は無関係である一方、歩道のない街路では街路幅員が狭い方が選択されやすいことが明らかとなった。

今後の課題として、シナリオ評価については指標値ではなくシミュレーションによる検討、モデルに関しては個人属性や街路の物的環境に関するより多様な説明変数の導入や、経路選択だけでなく歩行者の活動を包括的に記述できるモデルへの拡張などが挙げられる。

<謝辞>

本研究は東京大学 CSIS 共同研究 (No.799) による成果である。(利用データ: Zmap TOWN II (2013/14年度 Shape版) 兵庫県データセット、座標付き電話帳DBテレポイント (P1A42_2014年2月) (ともに株式会社ゼンリン提供))

【参考文献】

- 1) 辰巳浩, 堤香代子: 福岡都心部における休日の回遊行動に関する研究 - JR 博多シティの開業にともなう回遊行動および意識の変化 -, 都市計画論文集, Vol.48, No.3, pp.951-956, 2013.
- 2) 小谷通泰, 寺山一輝: 都心商業地域における歩行者による回遊行動の実態と要因分析 - 神戸市都心部を対象として, 都市計画論文集, Vol.52, No.3, pp.239-246, 2017.
- 3) 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, No.5, I_323-I_335, 2015.
- 4) 大山雄己, 羽藤英二: 時空間制約と経路相関を考慮した歩行者の活動配分問題, 都市計画論文集, Vol.51, No.3, pp.680-687, 2016.