

大規模店舗駐車場における 駐車マス間の通行に着目した 歩行者の経路選択モデルの改良に関する研究

江刺 宏紀¹・山田 稔²

¹学生会員 茨城大学大学院 理工学研究科都市システム工学専攻
(〒316-8511 茨城県日立市中成沢町四丁目12-1)
E-mail:13nm805t@hcs.ibaraki.ac.jp

²正会員 茨城大学 工学部都市システム工学科 (〒316-8511 茨城県日立市中成沢町四丁目12-1)
E-mail:yamada@mx.ibaraki.ac.jp

近年、郊外型の大規模店舗が数多く出店しており、自動車で来店する利用者の需要を収容するために大規模な駐車場を整備する機会が多い。大規模な駐車場では、自動車と歩行者の動線が交差する箇所が多く見受けられるため、自動車の利便性だけでなく歩行者の安全性も考えて駐車場レイアウトを設計する必要がある。この課題に対して、歩行者が好んで通る経路を把握できれば、安全性を考えた歩行空間の整備を効果的に行うことができる。そこで本研究では、既存研究では調査されていない駐車マスに面した通路において観測された「駐車車両の間を通り抜ける」行動に着目し、それを表現できる経路選択モデルを構築した。さらに駐車場所と店舗入口の位置関係による行動の違いを考察した。

Key Words :parking lot, pedestrian, route choice model, parking vehicles, improvement

1. はじめに

近年、郊外型の大規模店舗が数多く出店している。店舗では自動車で来店する利用者の需要を収容するために大規模な駐車場を整備する機会が多い。大規模な駐車場内には、自動車の動線と歩行者の動線が交差する箇所が多く存在する。そのため駐車場内のレイアウトを設計する際は、自動車の利便性や回遊性を確保するだけでなく、歩行者の安全性も考慮する必要がある。

駐車場における歩行者の安全に関して、国土交通省が示した駐車場設計・施工指針¹⁾では、利用者の歩行動線と自動車の交通動線の交錯を少なく設計することが必要とされている。しかし郊外型の大規模店舗では、店舗の一階部分にあたる平面駐車場の容量が大きく、店舗から遠い位置にまで駐車マスが整備されていることが多いため、互いの動線を物理的に分離することは自動車の利便性の低下や整備費用が増大する可能性があり、現実的な整備方法とはいえない。これに対して、歩行者にとって好まれる経路の特徴を把握することができれば、それを安全対策の実施箇所の検討や駐車場レイアウトの設計に反映させることが可能であり、安全性を考えた歩行空

間を効率的に整備できると考えられる。駐車場の歩行者を対象とした著者らの既存研究^{2,3)}においても、歩行者の意識や行動を分析し、歩行者の安全対策を検討している。

駐車場内の歩行者の行動に関しては、歩行者の経路選択モデルを構築し、歩行者は自動車が周回する交通量が多い車路を横断する際に、多少の遠回りとなっても自動車の存在しない経路や横断歩道のある経路を好んで通行することを明らかにした。さらに、歩行者の属性別に行動の違いを分析し、高齢者や子供連れの方が、より安全性の高い経路を好むことを明らかにした³⁾。

しかし以上の研究では、自動車の交通量が多い車路の横断箇所における歩行者の行動を表現したものであり、それ以外の箇所での行動の表現に適したものとはなっていない。駐車場で歩行者と自動車が交錯する箇所は、自動車の交通量が多い車路だけでなく、来店する自動車の駐車や発車が行われる駐車マスに面した通路にも多く見受けられる。そのため、これらの通路における歩行者の行動特性も考慮した上で、安全性が確保されるような駐車マス配置などを検討することが重要である。

そこで本研究では、駐車場内の歩行者の動線データから、駐車マスに面した通路における行動を表現できる歩

行経路選択モデルを構築し、既存研究では明らかにされていない歩行者の経路選択特性を明らかにする。さらに、駐車場所と店舗入口の位置関係による歩行者の行動の違いも考察する。

2. 歩行者の行動調査の概要

本研究では、実際の駐車場を歩行している利用者動線の観測データを用いた分析を行うためビデオ調査を行った。ビデオ調査の概要を表-1に、対象とした駐車場の調査範囲を図-1に示す。調査場所は駐車容量が約4000台の大規模店舗Aを選定し、撮影範囲は収容台数100台の平面駐車場とした。撮影した映像から、経路選択に影響すると考えられる要因として、利用した経路が歩行者通路や横断歩道であるか否か、駐車車両間であるか否か、または経路選択をすると考えられる地点での自動車との位置関係を読み取った。さらに映像から読み取れる範囲で歩行者グループ内の同行者の属性も確認した。図-1に示す各入口の利用者の動線データを集計した結果、入口1は89人、入口2は191人であった。

3. 経路選択モデルについて

(1) モデルの概要

調査対象範囲である駐車場内の交通量が多い車路および駐車マスに面した通路において、どのような経路が歩行者に好まれるかを表現する経路選択モデルを構築する。そのために、歩行者が店舗入口までの距離や安全性に違いがある複数の経路を選択できる地点（以下、経路選択地点）と、そのときの経路選択肢を設定し、経路選択地点に歩行者が到達した瞬間において、選択肢ごとにその時点での情報およびそこから目的地までの間に歩行者が予測し得る情報をモデルの説明要因とする。

(2) 経路選択地点と経路選択肢の設定

交通量が多い車路を歩行する際の経路選択地点は、予め図-1に示す5地点とし、各地点で2つの経路選択肢を設定した。実際の利用者の行動は図-1に示した経路と必ずしも一致はしないが、ビデオの映像から確認できる大多数の行動が図-1の経路に近似できるようにした。なお向かう店舗入口によって、交通量が多い車路における経路選択地点の位置が異なるため、図-1のように利用する店舗入口ごとに経路選択地点と経路を設定した。

一方、駐車マスに面した通路では利用者によって駐車場所や分岐が多様であるため、次のように経路選択地点を定義することとした。駐車場所を一つの経路選択地点とする。そこから行動を開始して図-2の赤色で示したゾーンに沿って移動するか、横断するかを経路選択肢

表-1 ビデオ調査の概要

調査日	平成25年11月23日(土), 11月24日(日)
調査場所	大規模店舗A, 平面駐車場
調査方法	ビデオ調査 (ビデオカメラ3台)
調査時間	23日:14:00~17:00 24日:13:00~17:00
調査項目	・歩行者の動線データ ・歩行者属性

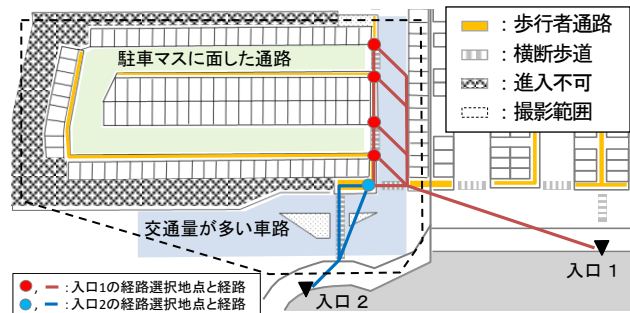


図-1 調査対象範囲と交通量が多い車路の経路選択地点

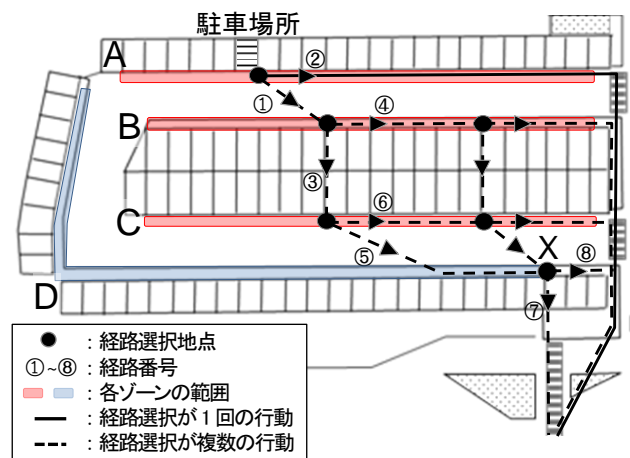


図-2 駐車マスに面した通路における経路選択地点と経路の例

とした。横断した場合には、次の赤色で示したゾーンに到達した地点を次の経路選択地点とした。その後も、ゾーンに沿って移動するか、あるいはゾーンから出るかを経路選択肢とし、ゾーンから出た場合にまた次のゾーンに到達した地点を次の経路選択地点とした。ここで駐車場所または到達した地点が図-2のゾーンDである場合、選択可能な経路が歩行者通路に沿って移動する経路しか存在しないため、そこは経路選択地点として扱わない。その後、図-2の点Xでは、どちらの入口を利用する場合も駐車車両の間を通り抜ける歩行者が観測されたため点Xを経路選択地点とした。

一例として、図-2の「駐車場所」から駐車マスに沿って直進し、交通量が多い車路へ到達した歩行者は、駐車場所において一度だけ経路の選択を行う。一方、「駐車場所」から駐車マスに面した通路を横断した直後に駐車車両の間を通り抜けてゾーンCに到達し、そこから駐車マスに面した通路を横断して点Xを直進した場合、計4つの経路選択地点で経路選択を行ったことになる。このときの歩行者の行動は、図-2の「駐車場所」から順に経路①、③、⑤、⑧で表される。

(3) 説明変数の概要

図-1,2の経路選択に影響すると考えられる要因として、表-2に示す説明変数を設定した。表-2の説明変数の設定に関して、交通量が多い車路では既存研究²⁾のものを用いた。さらに、通路の種類を「横断歩道・歩行者通路」「歩行者通路(駐車マス直前)」「駐車マス直前の歩行者通路への横断」「駐車車両間の通行(B-C間)」「駐車車両間の通行(点X)」とそれ以外の6つに分類し、進もうとする方向がこれのどれに該当するかを示す5つの0-1の説明変数を設定した。

4. ロジットモデルのパラメータ推定

(1) 交通量が多い通路におけるパラメータ推定

入口1の利用者は、交通量が多い通路で設定した経路選択地点において既存研究²⁾と同様の経路選択をされると考えられる。そこで入口1に向かう歩行者について、図-1の範囲内のデータのみを用いてパラメータ推定を行い検証する。パラメータ推定には、前述の89人の行動データを用いるが、一人の利用者が店舗までの経路で複数の経路選択地点を通過することもあるため、図-1で設定した4地点のすべての歩行者通過数である103データを分析に用いた。このデータを、式(a)のロジットモデルに当てはめて最尤法によりパラメータ推定を行う。

$$P_{it} = \frac{\exp(V_i)}{\sum_{r=1}^j \exp(V_r)} \quad (a)$$

$$V_i = \beta_1 Z_{1i} + \beta_2 Z_{2i} + \dots + \beta_k Z_{ki} + \dots + \beta_m Z_{mi}$$

P_i : 経路選択確率	V_i : 効用の確定項	i : 経路選択肢番号
j : 選択肢の個数	t : 個人番号	β_k : パラメータ
Z_k : 説明変数	k : 説明変数の番号	m : 説明変数の数

パラメータ推定では、表-2に示した説明変数の中で図-1で登場しない通路種類に関する変数を除いた「進行方向」「直進」「経路距離」「車接近までの余裕時間」「横断歩道・歩行者通路」の5つを用いた。しかし、5つの説明変数でパラメータ推定を行った結果、「進行方向」と「横断歩道・歩行者通路」に強い相関があることがわかったため、「進行方向」を除いた4変数を用いて、再度パラメータ推定を行った。その結果を表-3に示す。さらに変数減少法により、すべての説明変数が有意水準5%で統計的に有意となるまで変数を除いたところ、表-4に示すように「経路距離」と「横断歩道・歩行者通路」が除外された。表-4から「直進」のパラメータが正であるため、歩行者は進入方向に依存して直進しやすしいといえる。また「車接近までの余裕時間」のパラメータが正であるため、車を避ける経路を好むといえる。既存研究²⁾においても表-4の2変数について同様の結果が得られたことから、調査対象範囲が異なっても、既存の経路選択モデル²⁾を用い

表-2 説明変数の概要

進行方向	経路選択地点から目的地までの方向を基準として、進もうとしている選択経路の方向がこれからどれだけずれているかを角度(度)で表現する
直進	進もうとしている経路選択の方向が、その地点までの経路から見て直進であるとき1、そうでないとき0
経路距離	進もうとしている選択経路を通り、それ以降に分岐がある場合は、そこからの最短距離を利用したときの店舗入口までの経路距離(m)
車接近までの余裕時間	進もうとしている区間が、図-1または図-2の通路の横断である場合、次に車がその地点に到達するまでの時間(秒)。車がないとき、横断でないとき等々、いる場合でも上限値として15秒とした。
横断歩道・歩行者通路	進もうとしている区間が、図-1の経路上の横断歩道または色で示された歩行者通路(駐車マス直前(びいも))であるとき1、そうでないとき0
歩行者通路(駐車マス直前)	進もうとしている区間が、駐車マス直前の色で示された歩行者通路(図-2の経路④または⑤)であるとき1、そうでないとき0
駐車マス直前の歩行者通路への横断	進もうとしている区間が、駐車マスに面した通路を横断する経路(図-2の経路①または⑤)であるとき1、そうでないとき0
駐車車両間の通行(B-C間)	進もうとしている区間が、B-C間で駐車車両の間を通る経路(図-2の経路③)であるとき1、そうでないとき0
駐車車両間の通行(点X)	進もうとしている区間が、点Xから駐車車両の間を通る経路(図-2の経路⑦)であるとき1、そうでないとき0

表-3 パラメータ推定結果(交通量が多い通路; データ数:103)

説明変数	パラメータβ	t値
直進	0.592	2.21*
経路距離	-0.177	-1.41
車接近までの余裕時間	0.204	3.44**
横断歩道・歩行者通路	0.577	1.37
的中率(%)		67.0
χ ² 値		243**
R ²		128

(** : 1%有意, * : 5%有意)

表-4 パラメータ推定結果(交通量が多い通路(変数除外後))

説明変数	パラメータβ	t値
直進	0.596	2.49*
車接近までの余裕時間	0.200	3.79**
的中率(%)		68.9
χ ² 値		22.0**
R ²		128

(** : 1%有意, * : 5%有意)

ることで、交通量が多い車路における歩行者の行動を表現することが可能であると思われる。一方、除外された「横断歩道・歩行者通路」に関して、表-3のようにパラメータが正であるため、本研究の対象地においても既存研究²⁾の結果と同様に、横断歩道や歩行者通路が設置された経路を好む可能性がある。変数の有意性が低かった理由として、データ数が少ないことが考えられる。

(2) 駐車マスに面した通路を含めたパラメータ推定

入口1の利用者に関して前節の結果から、交通量が多い通路では既存研究²⁾と同様の経路選択特性があると考えられたため、駐車マスに面した通路における経路選択地点データも合わせてパラメータ推定を行い、各説明変数の影響を確認する。パラメータ推定は、図-1と図-2の範囲のデータを合計した255データを用い、式(a)に当てはめて行う。また説明変数は表-2のすべての変数を用い

て、変数減少法によってすべての説明変数が有意となるまでパラメータ推定を繰り返した。その結果を表-5に示す。表-5から、「直進」と「車接近までの余裕時間」のパラメータがともに正であることから、歩行者は進入方向に依存して直進しやすく、車を避ける経路を好むことがわかった。以上より、交通量が多い車路だけでなく駐車マスに面した通路における歩行者の行動を含めても、既存研究²⁾で設定した「直進」と「車接近までの余裕時間」は、歩行者の行動を表現する有意な説明変数であることが確認できた。

一方、駐車マスに面した通路で設定した説明変数について、「駐車マス直前の歩行者通路への横断」のパラメータが正であることから、歩行者は駐車マスに面した通路の横断を好むといえる。また「歩行者通路(駐車マス直前)」や「駐車車両間の通行(B-C間)」は有意な変数でないため、駐車マスに面した通路から入口1に向かう歩行者にとって、駐車マスに沿って歩く経路と駐車車両の間を通る経路の好まれる度合は同程度であるといえる。これらの結果から、駐車マスに面した通路を横断する歩行者は、歩行者通路に沿って移動する際の安全性よりも、通路を斜めに横断してより短い歩行距離で店舗に到達することを期待しているといえる。

(3) 入口2の利用者のパラメータ推定

駐車場所と目的地点の位置関係による歩行者の行動の違いを検証するため、調査対象範囲から入口2に向かう歩行者について、入口1と同様の方法で説明変数のパラメータ推定を行う。パラメータ推定には、入口2の利用者のすべての経路選択地点データである458データを用いる。様々な変数の組み合わせでパラメータ推定を行ったところ、「進行方向」と「横断歩道・歩行者通路」が他の変数と関連が強いと考えられたため、その2変数を除いてパラメータ推定を行った。変数減少法によって、すべての説明変数が有意となった結果を表-6に示す。表-6から、入口2に向かう歩行者も入口1と同様に、進入方向に依存して直進しやすく、車を避ける経路を好むといえる。

一方、通路種類の変数の係数は入口1の結果とは異なり、「駐車車両間の通行(B-C間・点X)」のパラメータが有意に正であるため、入口2に向かう歩行者は駐車車両の間を通り抜ける経路を好むといえる。これは、駐車車両の間を通り抜ける経路の方が入口2まで短い距離で到達できるためと思われる。また「進行方向」は説明変数から除外したが、この変数との相関が高く、この変数が「進行方向」すなわち目的地の方向からのずれが小さい経路を好む特性を示しているとも考えられる。

以上の入口1と入口2のパラメータ推定結果を比較すると、駐車場所と利用する店舗入口の位置関係の違いによって「駐車車両間の通行」の影響が異なると考えられる。

表-5 パラメータ推定結果(入口1の利用者; データ数:255)

説明変数	パラメータ β	t値
直進	0.346	2.07*
車接近までの余裕時間	0.199	4.42**
駐車マス直前の歩行者通路への横断	1.17	3.84**
駐車車両間の通行(点X)	-1.53	-3.51**
的中率(%)	73.3	
χ^2 値	74.5**	
R ²	200	

(** : 1%有意, * : 5%有意)

表-6 パラメータ推定結果(入口2の利用者; データ数:458)

説明変数	パラメータ β	t値
直進	0.628	4.16**
車接近までの余裕時間	0.232	5.63**
駐車マス直前の歩行者通路への横断	1.29	5.72**
駐車車両間の通行(B-C間)	1.36	3.98**
駐車車両間の通行(点X)	1.15	5.05**
的中率(%)	75.5	
χ^2 値	159**	
R ²	24.1	

(** : 1%有意)

5. まとめと今後の課題

本研究では、駐車マスに面した通路における歩行者の行動も表現した経路選択モデルを構築した。パラメータ推定結果から、駐車マスに面した行動を考えた場合であっても、歩行者は進入方向に依存して直進しやすかったり、車を避ける経路を好むことが明らかとなった。さらに駐車マスに面した通路では、短い歩行距離で店舗入口に到達することを期待して、通路を横断する経路が好まれることがわかった。また各利用入口の分析から、駐車マスに面した通路から見て垂直な方向に店舗入口がある場合、その入口に向かう歩行者の方が駐車車両の間を通り抜ける経路を好むことが明らかとなった。このことから、歩行者通路や横断歩道が設置された経路でも、目的地の位置によって大きな遠回りとなる場合は好まれず、歩行距離が短くなる経路の方が好まれると思われる。

今後の課題は、データ数の追加や他の説明変数の検討を行い、より精度の高い経路選択モデルを構築することである。

謝辞：本研究の調査実施にあたり、茨城大学大学院理工学研究科大学院生赤津典生氏に多大なご協力をいただいた。記して感謝する。

【参考文献】

- 1) 駐車場設計・施工指針, 改正平成6年9月
<http://www.mlit.go.jp/road/sign/kijyun/pdf/19920610tyuusyajou.pdf>
- 2) 山田稔, 赤津典生: 「大規模店舗駐車場における利用者の経路選択挙動と安全意識に関する研究」, 都市計画論文集, vol.47No.3, pp.805-810, 日本都市計画学会, 2012.
- 3) 江刺宏紀, 山田稔: 「大型商業施設駐車場における子供連れ歩行者の経路選択行動と意識の関係に関する研究」, 土木計画学研究発表会・講演集CD-ROM, vol.48, No.138, 2013.

(2014. 4. 25 受付)