

歩行者の行動特性を考慮した交通結節点整備のための分析方法*

An Analysis Method for Improvement of the Terminal Station Considered Characteristics of Pedestrian Behavior*

山下良久**

By Yoshihisa YAMASHITA**

1. はじめに

鉄道利用者にとって鉄道駅での乗換えに対する抵抗感は大い。既往の調査¹⁾・研究^{2)~4)}における交通機関選択モデル・鉄道経路選択モデルでは、不効用関数を構成する一要素となっており、また意識調査においても鉄道駅における乗換えに対する不満は多い⁵⁾。

近年、高齢化問題や地球環境問題、国民の価値観の多様化等を背景に、鉄道サービスの改善に対する社会的要請が高まっている。特に首都圏においては都市化の進展による空間的制約や運賃収入の低迷による財政的制約により、これまでのような新線建設等の大規模整備を行なうことは困難な状況であり⁶⁾、新たな視点での整備が必要不可欠となっている。このような中、鉄道事業者は、利用者の潜在的なニーズを見出し、新たな価値観を創造するという視点から鉄道駅整備に重点をおいた施策を展開している⁷⁾。例えば、鉄道駅構内のユニバーサルデザイン化や「エキナカ」の再整備等が行なわれ、交通結節点としてのみならず地域の拠点としての「駅」に向けた鉄道駅リフォームが現在進行している⁸⁾。

しかしながら、このようなリフォームは駅構内の歩行者流に変化をもたらしている。駅構内が多目的化したことにより歩行者の歩行速度に顕著な差が生じていること、商業施設付近やエスカレータ・エレベータの乗り込み口付近で歩行者の滞留が発生していること、これらに起因する動線交錯が新たに発生していること等が挙げられる。このような現象は個々の歩行者挙動に影響を及ぼし“歩きにくさ”として新たな乗換え抵抗の要因となっている。また、駅構内に導入される様々な施設への立ち寄り行動は、乗換えのみを目的とする旅客の動線に影響を及ぼしている。そのため、歩行者挙動や立ち寄り行動の特性を把握し、それらを考慮した整備を行なっていくことは乗換え環境を改善するうえで非常に重要であると考える。

本研究は、このような問題認識のもと、鉄道駅構内における歩行者挙動と施設への立ち寄り行動に焦点をあて、これらの特性を把握するための分析方法について検討する。歩行者挙動特性として、歩行者が進行方向を意思決定する要因に着目し、その要因を見出すための分析方法を交差現象を対象に検討する。また、施設への立ち寄り行動については、立ち寄りパターンの規則性を見出すための分析方法について検討する。

2. 歩行者挙動分析

(1) 分析データ

2003年10月20日(月) 6:30~20:00に東武春日部駅構内において実施した鉄道駅構内歩行者流動調査で得られたビデオ映像を用いる。なお、当調査は、東武鉄道株式会社の許可を得て研究目的で実施しており、調査に当たっては調査目的、調査主体を利用者に明らかにしている。そのため、個人情報保護法⁹⁾の適用除外の対象となり法律に抵触するものではない。

図-1は、春日部駅構内図を示したものである。四角で囲まれたエリアにおいて、西口改札から入場し野田線ホームへ向う歩行者と西口改札へ向う歩行者間で図-2に示すような交差現象が発生している。ビデオ映像(動画)を0.5秒毎のビデオ画像(静止画)として分割し、それらの画像より歩行者軌跡を取得し分析データとして用いる。なお、当エリアにおいて228回の交差現象を観測している。

(2) 分析方法

交差現象において対向流を横断する歩行者(ここでは西口改札から入場し野田線ホームへ向う歩行者)の行動は、「横断方向に進行するか」、「横断を見送りそのまま直進するか」という選択を時々刻々と行ないながら歩行していると捉えることができる。そのため、二肢択一の意味決定問題として記述することで歩行者の進行方向意思決定要因を把握することが可能であると考えられる。本分析では横断者の進行方向意思決定を表現するモデルに非集計モデルを適用する。

モデルの構築に当たって、横断者が横断を開始する時

* Keywords: 歩行者行動分析, 交通結節点整備

**正 員, 修(工), 東京理科大学 理工学部 助手

千葉県野田市山崎2641, TEL 04-7124-1501 (内線 4018)
FAX 04-7123-9766

点，横断意思を決定する時点，横断を見送る時点を定義する．そのため，まず横断者が横断を開始する時点，横断者の姿勢が横断方向に傾いた時点と定義し目視により判断する．

横断意思を決定する時点についてはカメラ画像より特定することは困難であるが，この時点においては横断を開始するのに適当な環境が整いつつあり，このような現象は横断者の歩行速度等の諸特性に表れるものと考えられる．図-3 は，観測された 228 回の交差現象について，横断開始の時点から 0.5 秒単位で遡り，それぞれの時点における横断者の平均歩行速度をグラフ化したものである．また，図-4 は，横断者の位置と目標地点で囲まれる矩形エリア（以降，意識エリアとよぶ）内の歩行者の数を 0.5 秒単位で計測し，その平均をグラフ化したものである．横断者の歩行速度，意識エリア内歩行者数ともに横断開始の 1.0 秒前あたりを境に変化が大きくなっていることが見て取れる．このことより，横断開始の 1.0 秒前あたりにおいて横断意思を決定しているものと解釈する．そのため，モデル構築に当たっては，横断開始の 0.5 秒前～1.0 秒前を横断意思決定時点，1.5 秒前～2.0 秒前を横断を見送る時点と定義する．

（３）進行方向意思決定モデル

横断開始 2.0 秒前，1.5 秒前における選択結果を「直進方向への進行を意思決定」，横断開始 1.0 秒前，0.5 秒前における選択結果を「横断方向への進行を意思決定」とする．例えば，横断開始 2.0 秒前のデータセットは，直進方向については 1.5 秒前における実データをセットし，横断方向については 2.0 秒前の歩行速度を用いて横断方向へ進んだときの仮想データをセットする．

4 時点全てのデータを用いたケース，0.5 秒前と 1.5 秒前のデータを用いたケース，1.0 秒前と 2.0 秒前のデータを用いたケース，0.5 秒前と 2.0 秒前のデータを用いたケース，1.0 秒前と 1.5 秒前のデータを用いたケースと複数のデータの組み合わせならびに諸説明変数の組み合わせについてモデル推計を行なっている．最も統計的に有意となったモデルを表-1 に示す．このモデルは 0.5 秒前と 1.5 秒前のデータを用いて推計されたものである．サンプル数は 247 サンプルである．本来であれば 228 回の交差現象が観測されているため，モデル推計に用いる総サンプル数は 456 サンプル（228 回×2 時点）となるが，横断者の横断開始位置がカメラ奥側のため 1.5 秒前の座標が取得できていない等の理由から 247 サンプルとなっている．ここで，「最近接対向者との間で生じる抵抗」とは水理学における層流時の流体粒子間で生じるせん断応力の式を参考に歩行者間で生じる抵抗を式(1)のように表現した変数である．

パラメータより，最近接対向者との間で生じる抵抗

が横断者の進行方向の意思決定に大きく影響していることが読み取れる．また，意識エリア内の状況が横断方向への意思決定に影響していることも読み取れる．駅整備後の横断者の横断意思決定時点におけるサービス変数を当モデルへ代入することにより，横断方向への意思決定確率がどの程度向上するのかを検証することは，駅構内の“歩きやすさ”の改善度合いを見るひとつの目安になると考えられる．

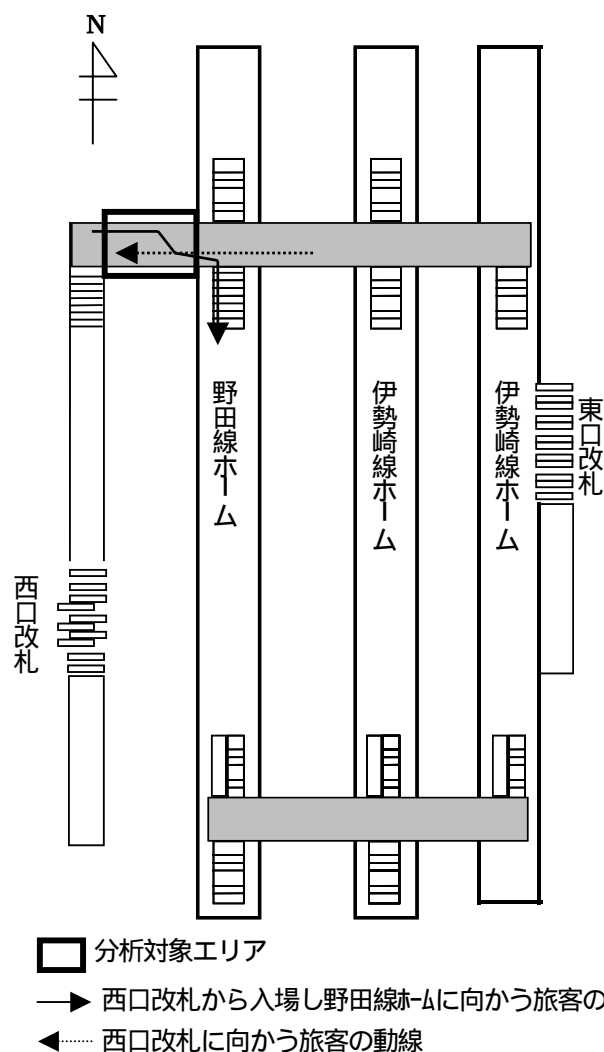


図-1 東武春日部駅構内図および分析対象エリア



画像左上：西口階段
画像左下：野田線への連絡階段
○：横断者の例

図-2 分析対象エリアで見られる交差現象の例

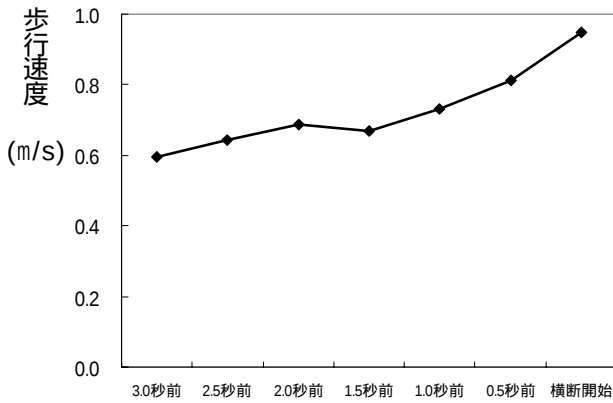


図-3 横断者の平均歩行速度

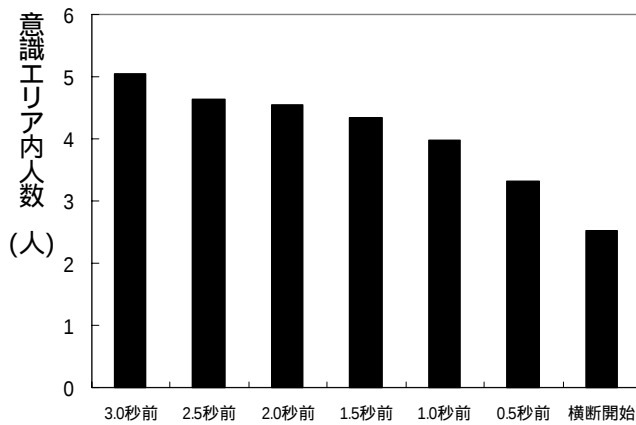
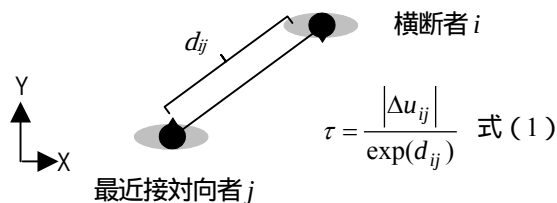


図-4 横断者の意識エリア内歩行者数



- τ : 横断者*i*と対向者*j*間で生じる抵抗(1/s)
 u_{ij} : 横断者*i*と対向者*j*の相対速度(m/s)
 d_{ij} : 横断者*i*と対向者*j*の相対距離(m)

図-5 横断者と最近接対向者間で生じる抵抗の表現

表-1 横断者の進行方向意思決定モデル

説明変数		パラメータ	t値
共通変数	最近接対向者との間で生じる抵抗 (1/s)	-9.566	-4.666
	横断者速度 (m/s)	1.728	3.852
	意識エリア内歩行者数 (人)	-0.1359	-2.429
	意識エリア内平均歩行速度 (m/s)	-0.3954	-1.421
固有変数			
サンプル数		247	
尤度比		0.1557	
的中率(%)		70.04	

3. 施設立ち寄り行動分析

(1) 分析データ

本分析では、東海道新幹線品川駅における在来線から新幹線への乗換え旅客を対象に、調査員が実際に旅客を追跡し、立ち寄り行動と旅客属性を記録する旅客行動追跡調査を実施している。309サンプルについて追跡調査を実施しており、そのうち189サンプルが何らかの施設に立ち寄り行動を行なっている（立ち寄り率61.2%）。図-6、7に調査エリアの概要を、図-8に立ち寄り行動を行なっているサンプルの内訳を示す。

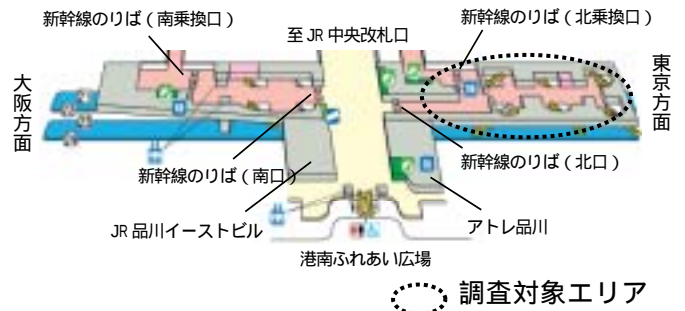


図-6 調査対象エリア



図-7 対象エリア内施設

待ち時間	10分未満	10～20分	20～30分	30分以上
曜日	平日			休日
時間帯	午前		午後	夕方
座席種別	指定席		グリーン席	自由席
服装	スーツ		私服	
日本人・外国人	日本人			外国人
同行者	有	無		
荷物サイズ	小	中	大	
年齢層	若年層		中年層	老年層
性別	男性			女性

0% 20% 40% 60% 80% 100%

図-8 立ち寄り行動を行なっているサンプルの内訳

(2) 分析方法

データマイニング手法の一つであるマーケットバスケット分析¹⁰⁾を採用する。マーケットバスケット分析は、POS(point of sales)データ等の取引データを分析して、一緒に買われる商品の組み合わせを発見する探索的データ分析手法であり、店舗内レイアウトや棚割り、陳列の計画等を検討する際に用いられている。

この分析で見出されるアソシエーションルールは、「もし弁当屋に立ち寄ったら待合室に立ち寄る」というように条件部と結論部から構成される。ルールの評価は、サポート率、信頼率、改善率により行なわれる。サポート率とは、データ内でルールに当てはまるサンプルがどの程度あるかを示すものである。信頼率は、条件部が真実であるときに結論部がどの程度真実であるかを示すものである。改善率は、ルールが結論部を予測するのに何のルールもない場合と比べてどの程度良いものなのかを示す値であり改善率が1.0より大きいルールは意味のあるルールであると評価される。

ここでは、マーケットバスケット分析を旅客の施設への立ち寄り行動に適用し、その規則性を見出すことを試みる。

(3) 立ち寄り行動パターン分析

表-2は、性別、年齢層、時間帯についてサポート率が10%以上、信頼率が50%以上、改善率が1.0より大きいアソシエーションルールを抽出したものである。なお、施設の組み合わせでは、改善率の高い方を示している。

この結果より、例えば、夕方の旅客で本屋に立ち寄る旅客はキオスクにも立ち寄る傾向にあるというルールが見出される。このような行動特性は、施設配置・動線計画を検討するうえで有用な計画情報になると考えられる。

表-2 立ち寄り行動の規則性

属性	条件部	結論部	サポ 率	信頼 率	改善 率
男性	加I	待合室	15.3%	51.3%	1.60
女性	本屋	加I	12.1%	58.3%	1.25
	本屋	待合室	10.3%	50.0%	1.12
	待合室	加I	24.1%	53.8%	1.16
	トイレ	待合室	15.5%	81.8%	1.83
若年層	本屋	待合室	12.3%	50.0%	1.71
	待合室	加I	21.5%	73.7%	1.92
	トイレ	待合室	10.8%	53.8%	1.84
中年層	待合室	加I	18.3%	51.3%	1.36
午前	待合室	加I	23.7%	57.4%	1.31
	トイレ	待合室	10.5%	63.2%	1.53
午後	加I	待合室	10.9%	50.0%	1.53
夕方	本屋	材ク	12.9%	66.7%	2.30

4. おわりに

本研究では、鉄道駅整備において歩行者の行動特性を考慮することが重要であるとの問題認識のもと、歩行者の挙動特性と施設への立ち寄り行動特性を捉えるための分析方法について検討を行なっている。

これまで、鉄道駅構内の歩行者流を対象としたシミュレーションモデル^{11)~15)}が開発されているものの、本研究で取り上げたような行動特性を考慮したものは見られない。本研究で得られた知見を取り入れたシミュレーションモデルを構築することが今後の課題である。

参考文献

- 1) 運輸省:東京圏における高速鉄道を中心とする交通網の整備に関する基本計画策定に向けての調査 平成11年度報告書。
- 2) 内山ら:鉄道の乗り換え抵抗に関する研究,土木計画研究・講演集 No.12,pp.229-234,1989。
- 3) 加藤ら:都市鉄道駅における乗継利便性向上施策の評価手法に関する研究,運輸政策研究 Vol.3 No.2,pp.9-20, 2000。
- 4) 日比野ら:高密度な鉄道ネットワークへの実適用に向けた非IIA型経路選択モデルの特性分析 - 改良型C-Logitモデルの提案 -,土木学会論文集 No.765/IV-64,pp.131-142,2004。
- 5) 運輸政策研究機構:鉄道駅における他交通モードとの連携方策に関する調査 アンケート調査 利用者アンケート速報版,2006.(<http://www.jtrc.or.jp/sokuho-06.pdf>)
- 6) 森地:東京圏の鉄道のあゆみと未来,(財)運輸政策研究機構,2000。
- 7) 東日本旅客鉄道株式会社:ニューフロンティア2008 - 新たな創造と発展 -,JR東日本グループ中期経営構想 2005-2008,2005.(<http://www.jreast.co.jp/investor/nf2008/pdf/0.1pdf>)
- 8) 家田:「駅の目的地化」をすすめよう,運輸と経済 第64巻 第10号,pp.13-16,2004。
- 9) 内閣府 国民生活局:個人情報の保護に関する法律,2005。
- 10) Michael J.A.Berry. et al.著,江原ら訳データマイニング手法,海文堂,2005。
- 11) 安藤:旅客流動シミュレーション,SUBWAY 第64号,pp.15-21, 1990。
- 12) 中:交錯流動のシミュレーションモデル-鉄道駅における旅客の交錯流動に関する研究(2)-,日本建築学会論文報告集 第267号,pp.103-112,1978。
- 13) 森下ら:セルラオートマトン法による鉄道における人の流れ,日本機械学会第6回交通・物流部門大会講演論文集(鉄道シンポジウム編), pp.539-542, 1997。
- 14) 末松ら:駅構内の旅客流動シミュレーションモデルの基礎的研究,土木計画学研究・講演集 Vol.24 CD-ROM,4pages,2001。
- 15) 下原ら:セルオートマトンを用いた駅ホームでの滞留現象の分析,土木計画学研究・講演集 Vol.28 CD-ROM,4pages,2003