

鉄道駅構内における歩行者挙動のモデル化に関する研究*

A Study on Modeling of Pedestrian Behavior in Railway Station*

山下 良久**

By Yoshihisa YAMASHITA**

1. はじめに

本年 4 月に発生した福知山線の列車脱線事故は、「安全性」という鉄道サービスの基本を再認識させられた事故であった。高齢化の進展や価値観の多様化等に伴い、鉄道サービスに対する利用者ニーズが複雑化、多様化するなかでも本来の使命を見失うことなく鉄道サービスの改善に取り組んでいく必要がある。一方、近年、特に大都市圏の鉄道駅において、バリアフリー施設の整備、駅設備の改良、商業施設の設置等を一体的に実施する駅構内のリフォームが積極的に進められている。このような整備により、これまで単なる交通結節「点」であった鉄道駅は、様々な機能を有した「空間」へと変わりつつある。

このような鉄道駅構内のリフォームは、利用者の利便性の向上に大きく貢献していると言えるであろう。しかしながら、その一方で駅構内の歩行空間における歩行者同士の交錯や滞留は未だ改善しておらず、大事故に至らないまでもこれらに起因する歩行者同士の接触等は枚挙に遑がない。これは、これまでの鉄道駅における歩行空間整備が、効率的な旅客流動の実現に主眼が置かれ、流動係数（単位時間、単位幅員あたりの歩行者交通量 人/m・分）や空間モジュール（歩行者密度の逆数 m^2 /人）といった平均値を基準に計画されてきたことがひとつの原因であると考えられる。駅構内の歩行空間における安全性や快適性を高めるには、歩行空間内の状況と歩行者挙動との関係进行分析し、そこから得られる知見を整備案に反映させることが重要であり、その際、

シミュレーションモデルを用いた検討が有効であると考えられる。

歩行者シミュレーションモデルに関する研究は、土木計画学の他にも、建築学や人間工学等の幅広い分野で取り組まれている。これまでのシミュレーションモデルは、目的によって歩行空間の表現方法が異なっており、ネットワーク型（歩行空間をノードとリンクで表現）とセル型モデル（細かなセルで歩行空間を分割して表現）に大別される。このうち、個々の歩行者挙動を表現可能なセル型モデルは、国内外を問わず多数構築されている^{1)~7)}。しかしながら、実際に個々の歩行者挙動データを取得し、そのデータより挙動特性を分析しモデル化したものは少なく⁶⁾、特に鉄道駅のような混雑した空間内においては、データ収集の困難さ等からシミュレーションにおける歩行者挙動について実データに基づく裏づけを持つものがほとんど見られない。

本研究は、より安全で快適な駅構内歩行空間整備を実現するために、実データに基づく歩行者挙動特性を取り入れた鉄道駅構内歩行者シミュレーションモデルの構築を最終目標としている。本研究においては、歩行者の直進、停止、横断、回避、追い越しといった一連の歩行動作とこれらに伴う歩行速度の変化等を総称し、「歩行者挙動」と定義している。本稿は、その中の一つである横断挙動を取り上げ、横断挙動プロセスとその際の歩行空間内の状況进行分析し、モデル化への知見を得るものである。

2. データ取得

2003 年 10 月に東武春日部駅において歩行者流動調査を実施し、ビデオカメラによる歩行者流の撮影を行なっている⁸⁾。本分析では、得られたビデオ映像のうち北側連絡通路の西口階段付近に設置された

* Keywords: 鉄道計画, 歩行者交通行動

** 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

カメラによる平日 7:00~7:59 のビデオ映像を用いる。この撮影エリアにおいては、西口階段から北側連絡通路に入場し、東武野田線のホームに向おうとする歩行者が西口階段に向う歩行者流（対向流）を横断する現象が発生している（分析対象時間において、対向流を横断した歩行者数は 97 人である）。

1 時間分のビデオ映像を 0.5 秒単位で静止画化し、画像処理を施すことで静止画内の各歩行者の測地座標を取得している。図 - 1 に駅構造および分析対象エリアを、図 - 2 に分析対象のビデオ画像を示す。

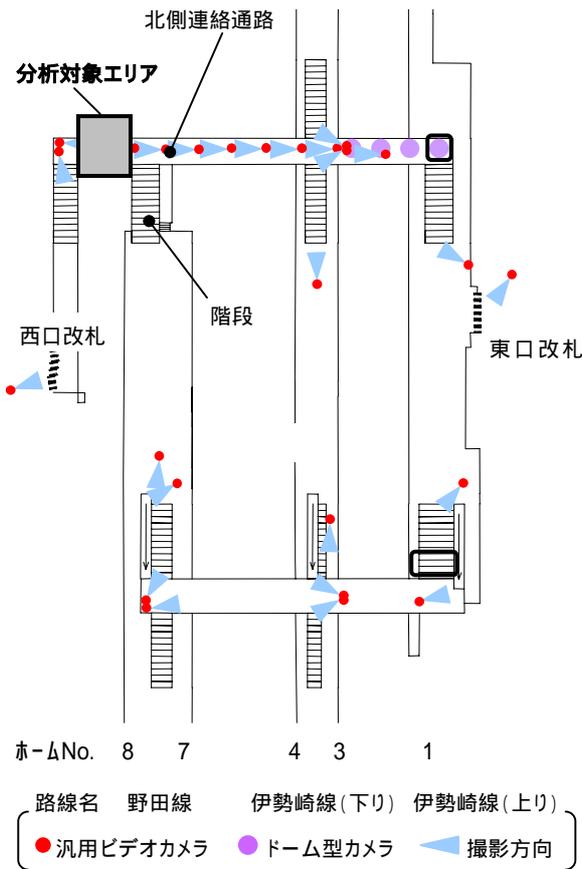


図 - 1 駅構造および分析対象エリア



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 分析対象のビデオ画像

3. 分析方法

本分析では、対向流を横断する歩行者が横断の意思を決定する条件に着目する。そのため、分析対象時間内に見られた横断者 97 サンプルを対象に、その横断プロセスを 横断意思決定前、横断意思決定、横断開始の 3 つのポイントに分けて考え、各ポイントにおける歩行空間内の状況等について分析する。なお、横断開始後については、対向者を回避する等の現象も含まれてくることから、別途検討する。

3 つのポイントは、目視により判断する。最も判断しやすい横断開始ポイントを横断者の姿勢が横断方向に傾いたときと定義し、その 0.5 秒前を横断意思決定ポイント、さらに 0.5 秒前を横断意思決定前ポイントと定義する。図 - 3 ~ 図 - 5 に各ポイントの例を示す。



図 - 3 横断意思決定前ポイント



図 - 4 横断意思決定ポイント



図 - 5 横断開始ポイント

4. ポイント別状況分析

ここでは、横断者の横断プロセスにおける3つのポイントでの歩行空間内の状況について分析する。

(1) 空間モジュール

a) 分析対象エリアを基準とした場合

分析対象エリア床面積(25.08m²)をもとに、各ポイントにおける空間モジュールを算出する。ここで算出される空間モジュールは、分析対象エリア内において1人の歩行者が占有できる平均床面積を表す。算出された空間モジュールをFruin⁹⁾によるサービス水準(表-1参照)にならないそのレベル別発生割合を表したのが図-7である。

どのポイントにおいてもサービス水準C、Dにより全体の60%以上を占めており、ポイント別の空間モジュールの発生割合に大きな差は見られない。

b) 意識エリアを基準とした場合

ここでは、各ポイントにおける横断歩行者の位置座標と野田線連絡階段入口部の測地座標によって構成される矩形エリアを横断者の意識エリアと定義(図-6参照)する。このエリア内の空間モジュールを算出し、それらのサービス水準別発生割合を表したのが図-8である。

分析対象エリア床面積を基準とした場合と比較するとサービス水準A、Bの占める割合が高くなっている。特に横断意思決定ポイントおよび横断開始ポイントにおいては、50%以上を占めており、比較的自由に歩行できる状況になって横断していることが見て取れる。また、分析対象エリア基準と意識エリア基準で算出した空間モジュールの相関関係を見ると、横断意思決定および横断開始ポイントにおいて相関関係が弱くなっており、平均的な空間モジュールだけで歩行環境のサービス水準を評価するには限界があることが読み取れる(表-2参照)。

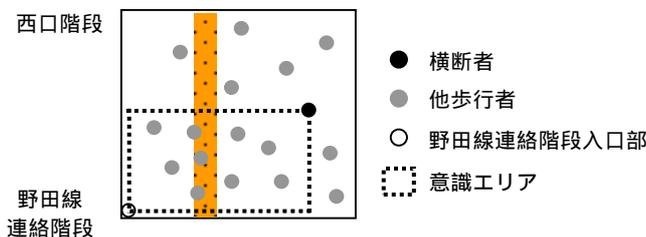


図-6 意識エリア

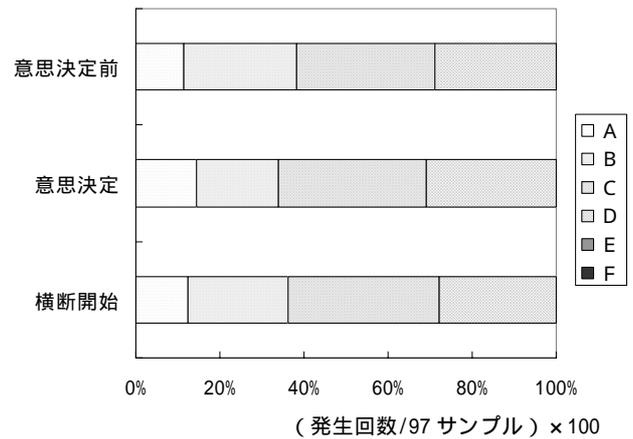


図-7 空間モジュール(分析対象エリア基準)

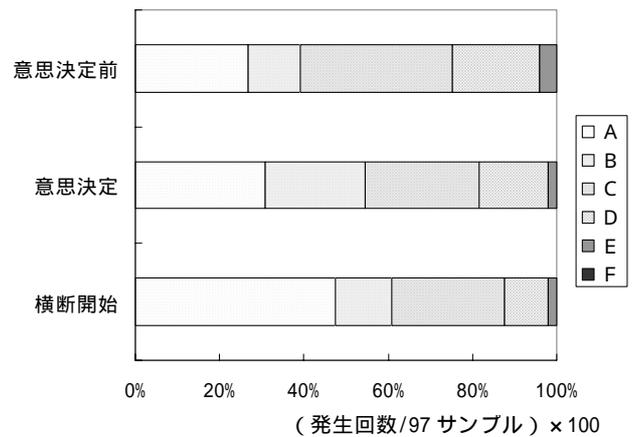


図-8 空間モジュール(意識エリア基準)

表-1 空間モジュールによるサービス水準

サービス水準	空間モジュール (m ² /人)	説明
A	3.5~	遅い人を追い抜いたり、好きな歩行速度を自由に選択できる。
B	2.5~ 3.5	大部分が同じ方向に歩いている流動ならば他人を追い抜くことが可能。対向流や交差流のあるところでは、衝突の可能性がわずかにある。
C	1.5~ 2.5	各自が歩行速度を選択したり、追い抜いたりする自由度は制限される。対向流や交差流の存在する所では衝突の生じる確率が高い。
D	1.0~ 1.5	遅い人を追い抜いたり、衝突を避けることが困難なため、大部分の人の歩行速度は制限され低下する。対向流や交差流にまきこまれると衝突の危険にさらされ、その動きは極度に制約を受ける。
E	0.5~ 1.0	全ての歩行者は自分の通常の歩行速度では歩けず、足ども頻繁に変えなければならない。

表-2 空間モジュールの相関関係

	相関係数
横断意思決定前	0.622
横断意思決定	0.449
横断開始	0.100

(2) 対向歩行者割合

ここでは、横断者にとって対向歩行者となる西口階段に向う歩行者の割合を示す。

a) 分析対象エリアを基準とした場合

分析対象エリアを基準とした場合の対向歩行者割合を図 - 9 に示す。

各ポイントにおける対向歩行者の占める割合には、大きな違いがないことが見て取れる。

b) 意識エリアを基準とした場合

意識エリアを基準とした場合の対向歩行者割合を図 - 10 に示す。

横断者の意識エリア内では当然のことながら対向歩行者の占める割合が高くなっている。横断意思決定および横断開始ポイントは、意思決定前ポイントと比較すると対向歩行者の占める割合が低くなっていることが見て取れる。このことから、横断者と同方向に進行する歩行者が多いほど横断しやすいことが読み取れる。

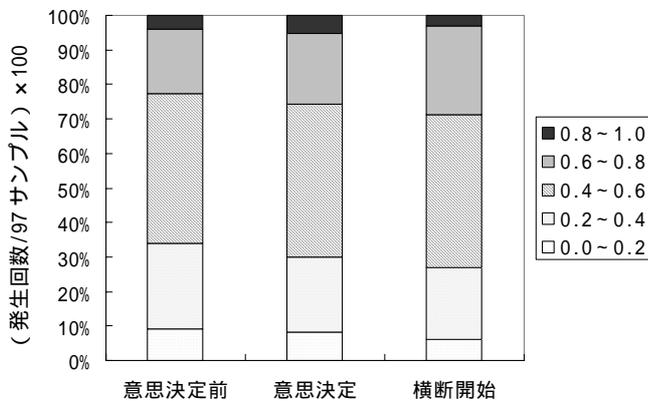


図 - 9 対向歩行者の割合 (分析対象エリア基準)

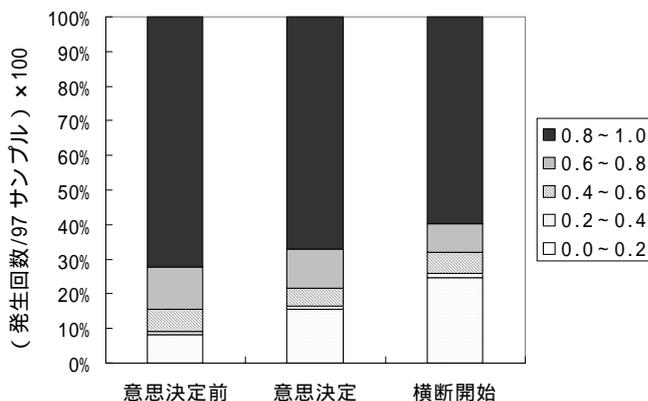


図 - 10 対向歩行者の割合 (意識エリア基準)

5. おわりに

本稿では、鉄道駅構内における横断挙動に着目し、横断者の横断プロセスを3つのポイントに分け、各ポイントにおける歩行空間内の状況を分析している。紙面の都合上、空間モジュールおよび対向歩行者割合についての分析となっているが、2つの分析結果から、同じ歩行空間内であってもサービス水準には偏りがあり、平均値のみで歩行環境を評価するには限界がある。横断意思のある歩行者は、前方エリアにおける空間モジュールが改善されたとき、もしくは次のステップで改善されると予想できるときに横断意思を決定する傾向がある。横断意思のある歩行者と同じ方向に進行する歩行者が多いほど横断意思を決定しやすいという知見が得られた。

今後は、分析の深度化を進めるとともに、横断意思決定モデルの構築に取り組んでいく。

参考文献

- 岡崎: 建築空間における歩行のためのシミュレーションモデルの研究 その1 磁気モデルの応用による歩行モデル, 日本建築学会論文報告集, 第283号, pp.111-117, 1979
- 岡崎: 建築空間における歩行のためのシミュレーションモデルの研究 その2 混雑した場所での歩行, 日本建築学会論文報告集, 第284号, pp.101-108, 1979
- 岡崎: 建築空間における歩行のためのシミュレーションモデルの研究 その3 停滞や火災を考慮して最短径路を選ぶ歩行, 日本建築学会論文報告集, 第285号, pp.137-144, 1979
- 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
- 近田ら: CAを用いた歩行シミュレーションモデルの構築, 土木情報システム論文集, Vol.9, pp.19-30, 2000
- Antonini, G et al: Simulation of Pedestrian Behaviour using a Discrete Choice Model Calibrated on Actual Motion Data, Proceedings of the Swiss Transport Research Conference, 13pages, 2004
- Blue, J, V et al: Modeling Four Directional Pedestrian Movements, Transportation Research Board 79th Annual Meeting, 15pages, 2000
- 日比野ら: 保安用監視カメラから得られる歩行者挙動データの活用に関する一考察 - 鉄道駅整備を対象として -, 土木計画学研究・講演集 No.29, 4pages, 2004
- Fruin 著, 長島 訳: 歩行者の空間 - 理論とデザイン -, 鹿島出版会, 1974