

鉄道駅におけるモニターカメラから得られる歩行者挙動データの活用に関する研究 *

A Study on Usage of Pedestrian Behavioral Data from Video Camera in Railway Stations *

日比野 直彦 **, 山下 良久 ***, 内山 久雄 ****

By Naohiko HIBINO **, Yoshihisa YAMASHITA *** and Hisao UCHIYAMA ****

1. はじめに

高齢社会の到来、価値観の多様化等に伴い、鉄道サービスにおいてもその改善が強く要求されるようになってきた。また、大都市圏、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¹⁾、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²⁾。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³⁾。

一方、1995年の地下鉄サリン事件、2001年の米国における同時多発テロ事件、2004年のスペインにおける列車爆破テロ事件等、一般市民を巻き込んだ事件が頻発している。「水と安全はタダ」と言われていた我が国も、そのような社会通念は消えつつあり、“safety”だけでなく“security”に対する関心も高まりつつある。このような背景を受け、特に公共の場において保安を目的とした監視カメラの設置が進んでいる。東京駅、品川駅、新宿駅等の主要なターミナルにおいては、券売機や改札口付近は勿論のこと、通路に沿って高密度に監視カメラが設置されている。プライバシーの侵害にあたるとして異議を唱える声も一部にはあるが、犯罪の抑止や事故・災害時に早急な対応が可能となる等、人々の生命や財産を守るという点で社会的貢献度は大きく、今後さらなる整備が進められると予想される。

先述のとおり、安全かつ快適な空間を目指し、多くの鉄道駅で整備が進められており、エスカレータ、エレベータの設置数、駅構内の商業施設数、監視カメラの設置数等を見る限り、一定の成果は得ていると言えるであろう。しかしながら、今なお発生する混雑や交錯に起因する事故等を鑑みるに、歩行環境における改善すべき課題は多い。その改善策の1つとして歩行者挙動を整備に反映することが考えられる。

そこで、本研究では、歩行環境における歩行者挙動を24時間365日観測可能な監視カメラのビデオ映像に着目する。現時点においては、保安目的で設置されている監視カメラから得られる映像を目的外利用することは困難である。しかしながら、これらの映像より歩行環境の改善を検討するうえで有効となる基礎データが取得できること、基礎データを活用した鉄道駅整備の計画手法が具体的に提案されることにより、監視カメラの社会的役割や設置の目的を拡大するきっかけになるものと筆者らは考える。このような点を踏まえ、本研究では、鉄道駅構内にビデオカメラを設置し、そこから取得する映像から①歩行者挙動データ(4次元パスデータ $P_i(x, y, z, t)$)を取得し、②そのデータから歩行者挙動特性を明らかにし、③鉄道駅における歩行環境整備を念頭においた歩行者シミュレーションモデルを構築することを目的とする。

2. 既往研究の整理と本研究の位置づけ

本研究は、①歩行者挙動データの取得、②歩行者挙動特性分析、③歩行者シミュレーションモデルの構築によって、分析フローが構成されている。ここでは、これらに関連する既往研究を整理し、本研究の位置づけを示す。なお、本研究では、直進、停止、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」とする。

(1) 歩行者挙動データの取得方法に関する研究

歩行者挙動を扱う分析は、土木計画学の分野においても古くから行なわれてきた。そのデータ取得方法は、分析対象エリアをビデオカメラにて撮影し、その映像から手作業により歩行者の軌跡データを作

* Keywords : 鉄道計画, 歩行者交通行動

** 正 員, 博(工), (財)運輸政策研究機構 運輸政策研究所
〔東京都港区虎ノ門3-18-19号 虎ノ門マリビル3F〕
TEL 03-5470-8415, FAX 03-5470-8419

*** 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

**** 正員, 工 博, 東京理科大学 理工学部 教授

成する方法が主流であった。この方法は、歩行者の検出ミス、軌跡の作成ミス等が少なく高精度のデータが取得できるものの、分析者の作業量が多く、狭い空間、短時間、少サンプルの分析にならざるを得ないといった問題点を有していた。

近年、急速なIT、画像処理技術等の発展により、先述の問題点は解決されつつある。例えば、白井ら⁴⁾は、ビデオカメラの設置状態やビデオ画像から得られる背景の状態等の条件別に歩行者の追跡に適応可能な処理方法を整理した論文を発表している。筆者ら⁵⁾は、鉄道駅構内におけるビデオ画像に対してテンプレートマッチングを行なうことにより、歩行者を検出し、その測地座標データを自動取得するシステムを開発している。北澤ら⁶⁾は、鉄道駅構内の歩行者を対象に、レーザーセンサにより連続的にその位置を特定し、移動軌跡を取得する方法を提案している。朝倉ら⁷⁾は、PHSを用いて歩行者の移動軌跡を取得する調査手法を提案している。

このように、歩行者挙動データ取得方法に関する研究は幾つか進められており、現在では比較的容易に高精度のデータが取得可能となっている。

(2) 歩行者挙動に関する研究

歩行者挙動に関する研究は、土木計画学の他にも、人間工学、建築学等、幅広い分野で取り組まれている。この中でも、特に建築学分野においては多くの研究がなされており、様々な状況下における歩行者挙動について分析されてきた。例えば、加藤ら⁸⁾は、横断歩道を対象として、対向流がすれ違う際に、歩行者同士が集団化し、幾つかの層が形成される現象をエントロピー指標により定量的に示している。また、高柳ら⁹⁾は、駅構内および横断歩道を対象として、歩行者が集団化していく様子や集団の形状が変化していく様子を視覚的に表現している。

これらの研究に示されているように、歩行者をある程度まとめた群集流として捉えた歩行者挙動分析が、今までの主流となっている。

(3) 歩行者シミュレーションモデルに関する研究

歩行者シミュレーションモデルは、これまでにも多数構築されている。これらは、目的によって歩行空間の表現方法が異なっており、ネットワーク型モデルとセル型モデルに大別される。

歩行空間をノードとリンクで表現するネットワーク型モデルは、目的地までの経路選択行動を扱う場合に用いられることが多い。金森¹⁰⁾は、鉄道駅のホームから改札口への経路選択を対象として、リンク

毎に移動コストを属性別に設定し、エスカレータ等が設置された際に混雑するリンクを予測している。

一方、細かなセルで歩行空間を分割して表現するセル型モデルとして、磁気モデル、セルオートマトン法を用いたモデルが挙げられる。クーロンの法則を応用した岡崎^{11)~15)}による磁気モデルでは、歩行者と壁、柱等の障害物に正の磁極を、また歩行者の目的地に負の磁極を与え、目的地の吸引力により歩行者は移動する。歩行者に作用する全ての力を計算し、加速度、移動する位置が決定するモデルである。また、セルオートマトン法を用いたモデルとしては、森下ら¹⁶⁾、近田ら¹⁷⁾、筆者ら¹⁸⁾が挙げられる。セルオートマトン法によるモデルでは、局所的な範囲における歩行者挙動を近傍則により規定し、各歩行者はその近傍則に従って移動するセルを決定する。

ネットワーク型、セル型モデルの特徴より、歩行動線の検討にはネットワーク型モデルが、また、歩行空間の検討にはセル型モデルが適していると考えられる。

(4) 本研究の分析フローおよび位置づけ

時間帯、曜日、季節等によって同じ鉄道駅においても歩行者の流動が異なることから、快適な歩行環境に向けた整備を検討するためには、ある一時点のデータではなく連続的に観測されたデータを取得することが望ましい。そのため、本研究では、常時撮影可能な既設の監視カメラに着目し、これらの活用を念頭におきビデオ映像からのデータ取得を試みる。取得には、筆者ら⁵⁾が開発したシステムを援用する。取得した4次元パスデータより、従来の研究のように歩行者を群集流として捉えることに加え、個々の歩行者に着目し、歩行速度、交錯現象等について言及する。これらを通して、歩行者挙動の特性の一端を明示する。歩行者挙動特性分析での知見を歩行者シミュレーションに反映するためには、回避や追い越しといった個々の歩行者挙動を再現できるように空間を表現しなくてはならない。そのため、本研究では、セル型モデルを適用した歩行者シミュレーションモデルを構築する。

以上を踏まえ、監視カメラの活用を念頭におき、「ビデオ映像を有効活用し、そこから得られる歩行者挙動を考慮した鉄道駅整備は、鉄道サービスの向上に繋がる」という一つのコンセプトを提案するとともに、既往研究を応用し、幾つかの分析を組合せることにより、快適な歩行環境整備の実現に向けた計画手法を示すものとして本研究を位置づける。

3. 鉄道駅構内歩行者流動調査

(1) 調査対象駅

東武春日部駅において2003年10月に「鉄道駅構内歩行者流動調査」を実施している¹⁹⁾。春日部駅は、放射状路線の東武伊勢崎線と環状路線の東武野田線の乗換え駅である。平成12年大都市交通センサスによると、1日あたりの乗降客数は約67,000人、朝の通勤・通学時間帯（7：30～8：29）の伊勢崎線・野田線間における乗換え旅客数は約13,400人である。春日部駅の地理的位置を図-1に、横断面図を図-2に、施設概況を表-1に、通勤・通学時間帯の利用者数を表-2に示す。

春日部駅を調査対象駅として選定した理由は、①大規模駅においては、バリアフリー施設の整備をはじめ、ある程度の駅整備が進んでおり、今後の整備は郊外部の乗換え駅がその対象になると考えられること、②改札口が2つで、連絡通路には各ホームに直接連絡する階段が設置されていることから、旅客の流動パターンがある程度決定されており、歩行者同士の交錯が発生しやすい箇所を想定しやすく、ビデオカメラの設置において撮影方向等の検討がしやすいことの大きく2点である。

(2) 調査概要

2003年10月19日(日)、20日(月) 6：30～20：00 にビデオ撮影を実施している。春日部駅には、監視カメラが設置されていないため、監視カメラを模した汎用ビデオカメラ28台およびドーム型カメラ4台をモニターカメラとして使用している。図-3に春日部駅の構造およびカメラの設置箇所を示す。このように多数のモニターカメラを設置する理由は、①先述のように本研究は監視カメラの活用が念頭にあり、既に導入されている駅では高密度に監視カメラが設置されていること、②場所により発生しやすい歩行者挙動が異なると考えられること、③シミュレーションモデルで必要となるOD情報を観測する必要があることの3点である。

使用するビデオカメラの画素数は25万画素、ビデオカメラの設置高さは、通路や階段で多少異なるが概ね3.3mである。なお、本調査は、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²⁰⁾の適用除外の対象となり法律に抵触するものではない。また、事業者、利用者に提示した目的でビデオ映像を利用して、目的外利用には当たらない。

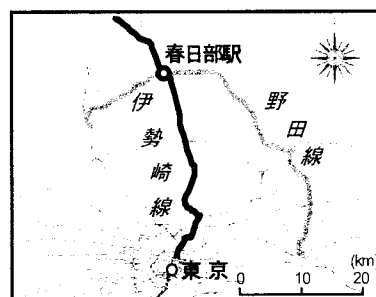


図-1 春日部駅の位置

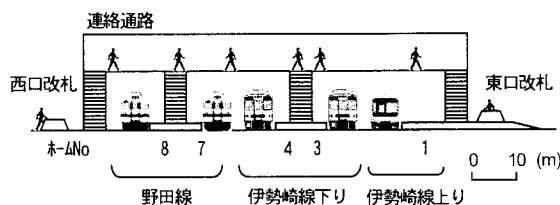


図-2 春日部駅の横断面図

表-1 春日部駅の施設概況

項目	路線名 野田線 (上下線)	伊勢崎線 (下り線)	伊勢崎線 (上り線)
列車本数(本/日)	204	318	302
ホーム数	1	1	1
番線数	2	2	1
改札口数	2		

表-2 通勤・通学時間帯の利用者数(7:30～8:29)

	野田線	伊勢崎線 (下り)	伊勢崎線 (上り)	降車客数
野田線		1,200	6,400	1,400
伊勢崎線 (下り)	3,000		—	1,800
伊勢崎線 (上り)	2,800	—		1,000
初乗り客数	1,100	500	5,400	

4. 歩行者挙動データの取得

本研究では、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の軌跡データの取得を行なう。1台のカメラから得られる映像を用い、図-4～図-7に軌跡データを取得する一連の流れを示す。

また、図-8は、2台のカメラから取得している2人の歩行者の軌跡図である。2台のカメラから個別に取得された同一地点の座標値は、カメラの設置方向やアフィン変換時の誤差を含んでいるため、図-9に示すように

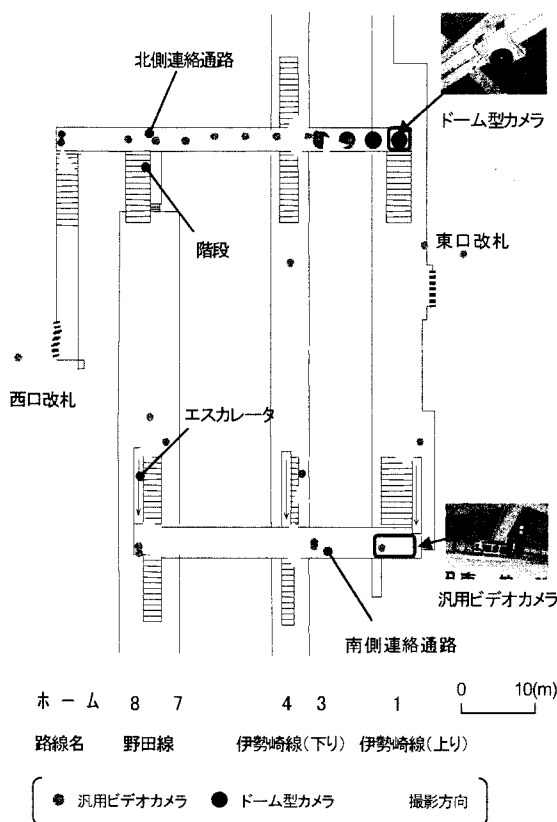


図-3 駅構造とビデオカメラの設置箇所



図-4 頭部へのマーキング

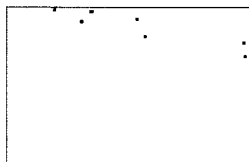


図-5 マーキング箇所の抽出



図-6 ビデオ画像座標

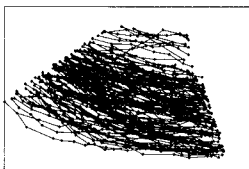


図-7 測地座標への変換

両者の座標系を移動，回転する必要がある。さらに図-10 に示すように，2 台のカメラにより座標値を取得している領域では，両座標値の中点を採用することで，連続した軌跡図を作成することは可能である。しかしながら，このような複数のカメラから得られる移動軌跡を接合する標定作業については，人的な作業によるところが多い。そのため，長区間にわたる移動軌跡を大量に取得できるよう，現在，自動処理システムを開発中である。

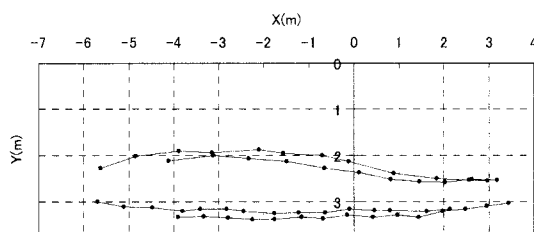


図-8 2 台のカメラにより取得される軌跡図

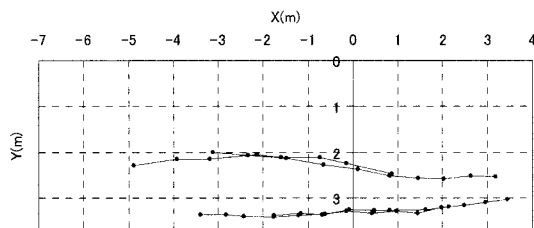


図-9 座標軸回転後の軌跡図

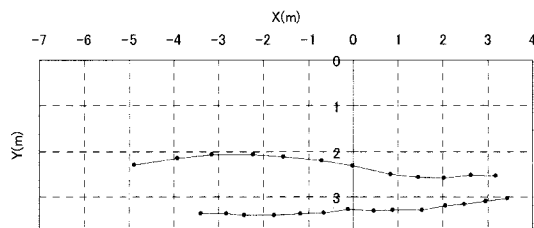


図-10 統合後の軌跡図

5. 歩行者挙動特性分析

ビデオ映像の観測および4次元パステータより，春日部駅構内における歩行者挙動特性について整理する。なお，本分析では，混雑時の通路区間における歩行者挙動に着目することから，混雑現象が多く観測される北側連絡通路の西口階段と野田線ホーム連絡階段間の平日7時台のビデオ映像を使用する。また，この時間帯においては，立ち止まり，逆戻り，回遊等の特殊な歩行者挙動は観測されていない。

(1) 歩行者流の特性

図-11 より，歩行者が少ない閑散時には各自が比較的自由に歩行しているが，歩行者が多くなるにつれて左側を通行するようになる傾向がある。さらに，混雑時の軌跡を示した図-12 より，歩行者の多い流れの方が広く歩行スペースを占有していることが見て取れる。

(2) 歩行速度

4次元パステータより，各歩行者の歩行速度を算出

することが可能である。対象エリアにおけるデータより平均歩行速度を算出し、図-13に示す。なお、サンプル数は313人、平均歩行速度は2.00 m/s、標準偏差は0.55 m/sである。これらより、通勤・通学時には、かけ足程度の速い速度で歩行しており、その分布は正規分布のようになっていることが確認できる。なお、ここで得られる平均歩行速度分布を後述する歩行者シミュレーションモデルにおいて各歩行者に設定する初期値として利用する。

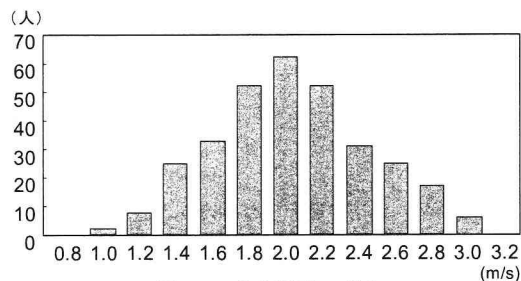


図-13 歩行速度の分布

(3) 交錯現象

先述のように、連絡通路において混雑時には歩行者流が、二方向の対向流となる。そのため、西口改札から入場し、野田線のホームに行く場合等においては、図-14に示すような交錯が発生する。ビデオ映像による観測では、対向流を横断する歩行者は、対向者との距離等から横断するタイミングを判断していると考えられ、歩行者同士の接触や対向者の停止等は見られない。図-14における横断者と対向者の相対距離と速度の関係の一例を図-15に示す。両者とも歩行速度が平均歩行速度の半分程度になっていることが見て取れる。また、この例においては、対向流を横断する歩行者は、対向者との距離が短くなるにつれ速度を上げ、逆に対向者は速度を下げているという関係が見て取れる。横断者と対向者との関係はその時々状況によって異なるが、交錯時には各歩行者が共に速度調節を行ない、接触を避けていることが読み取れる。



図-11 歩行者流の特性(左:閑散時 右:混雑時)

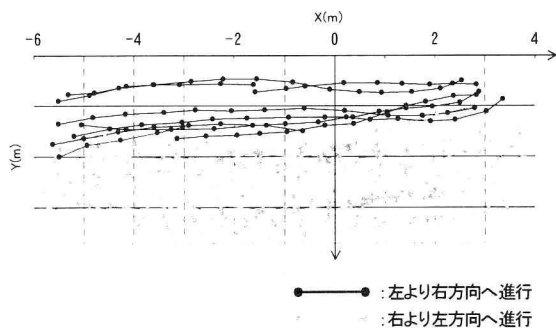


図-12 混雑時における軌跡図の一部

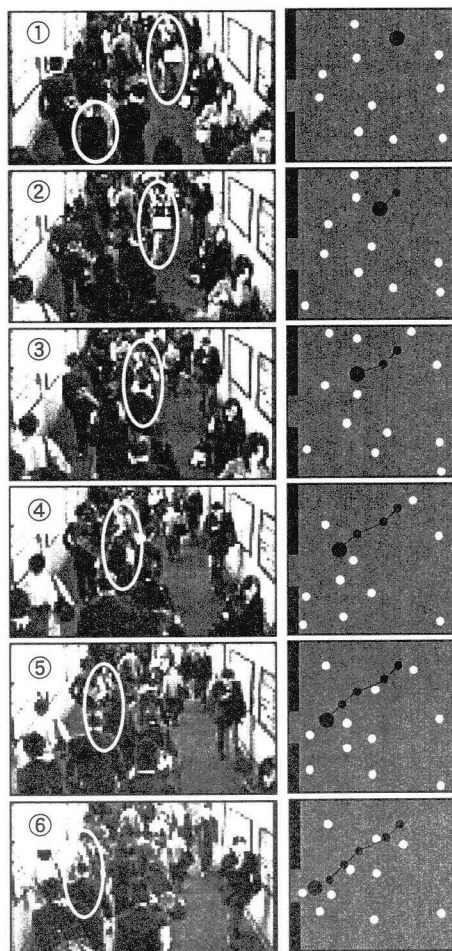


図-14 交錯時の軌跡図

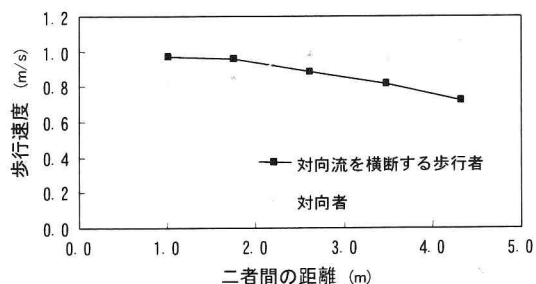


図-15 交錯時における二者間の距離と速度の関係

6. 鉄道駅構内歩行者シミュレーションモデルの構築

歩行者挙動特性は、磁気モデル^{11)～15)}とセルオートマトン法^{6)～18)}の長所を組合せることにより表現する。各歩行者の設定および歩行者挙動のアルゴリズムを以下に示す。また図-16にシミュレーション実行画面を示す。

(1) 各歩行者の設定

- ① 図-13に示す午前7時台の歩行速度分布に基づき、各歩行者に初期速度を設定する。
- ② ビデオ映像より各階段からの流入・流出歩行者数を観測し、流入歩行者数を階段別流出率で按分することによりOD表を作成する（流入出口である階段が5箇所あるため、ODパターンは20パターン）。OD表に基づき各歩行者に出発地、目的地を設定する。なお、本シミュレーションでは、7:30～7:40に北側連絡通路を通行する1,513人を対象とする。

(2) 歩行者挙動のアルゴリズム

- ① 歩行空間を20cm×20cmのセルに分割し、歩行者の人体は60cm×60cm（セル9個分）で表現する。これは、Fruin²¹⁾による人体楕円を参考としている。また、高柳ら²²⁾によって指摘されているように、歩行者には、障害物や他の歩行者によって干渉されるとストレスを感じる干渉領域があると考えられる。本研究においてもこの干渉領域を考え、歩行者の周りに設定する。領域の設定を図-17に示す。
- ② 歩行者の中心が1ステップ（0.5秒）で移動可能な領域を歩行領域として設定する。（n+1）ステップ目の歩行領域は、nステップ目の歩行速度で決定される。例えば、nステップ目の歩行速度が2.00m/sのとき、（n+1）ステップ目の歩行領域は、図-17のようになる。
- ③ 各セルに初期値として一定の磁荷を設定する。歩行者流の特性より、左側通行になる傾向が確認されているため、進行方向に対して通路左側の磁荷を右側よりも相対的に小さく設定している。また、セルが壁や柱等の障害物や他の歩行者の場合は、相対的に磁荷が大きくなるよう計算される。歩行者は、歩行領域内のセルを中心とする9つのセルにおける磁荷の合計が最も小さいセルに進むよう近傍則を設定している。歩行領域、干渉領域の混雑状況により各セルの磁荷は変化する。

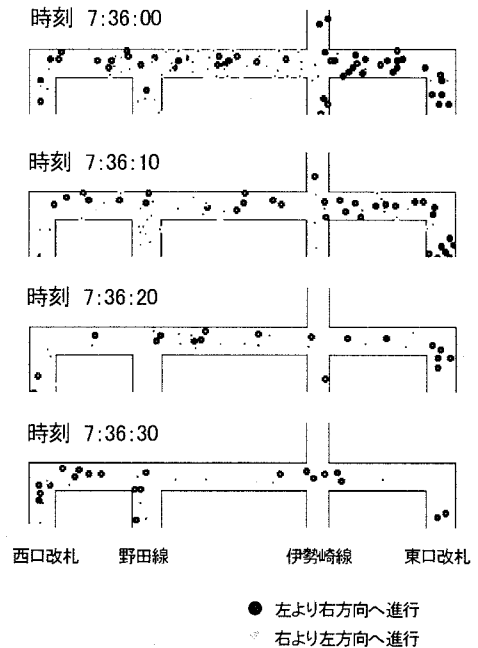
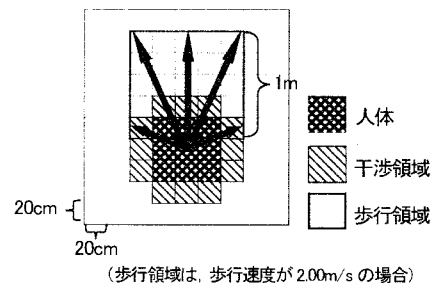


図-16 シミュレーション実行画面



（歩行領域は、歩行速度が2.00m/sの場合）

図-17 歩行者の設定

7. モデルの検証

本研究では、10回のシミュレーションを実行している。モデルの検証に際しては、10回のシミュレーション結果の平均値と実測値を比較する。

(1) 位置座標による再現性の検証

西口階段と野田線ホーム連絡階段間の通路を対象として、表-4に示されるFruin²¹⁾による空間モジュールが「D」となる状況下での各歩行者の1ステップ毎の位置座標を確認する。シミュレーション実行時間7:30～7:40のうち、複数の列車の発着が集中する7:35～7:38に着目すると空間モジュールが「D」となる時間が31秒間発生している。この対象区間を通行している歩行者数は103名である。対象区間においてこれ

表-3 移動パスによる再現性の検証

許容誤差	再現性
0 セル	2.1 %
± 1 セル (±20cm)	14.1 %
± 2 セル (±40cm)	41.4 %
± 3 セル (±60cm)	67.5 %

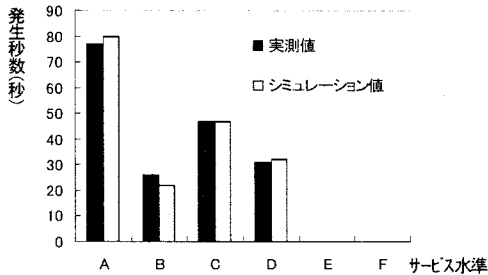


図-18 集計量による再現性の検証

らの歩行者を0.5秒単位で追跡すると、延べ916サンプル（位置座標）が取得される。このサンプルをもとに、nステップ目の位置座標の実測値をモデルに入力し、計算される(n+1)ステップ目の位置座標と実測値を比較した結果が表-3である。完全に再現するまでには至っていないものの、前後左右±3セル（60cm：1人の歩行者の大きさに相当）までを許容誤差とすると67.5%の再現性が得られている。

(2)集計量による再現性の検証

7：35～7：38における空間モジュールのサービス水準別発生秒数を示したものが図-18である。先述のように区間内における歩行者挙動には誤差が残るものの、一定の時間内における空間モジュールはほぼ再現できていると考えられる。また、これまで筆者らがセルオートマトン法のみで構築したシミュレーションモデル¹⁸⁾よりも高い再現性が得られている。

(3)タイムオキュパンシー

シミュレーション結果による10分間の各セルにおけるタイムオキュパンシーを図-19に示す。ビデオ映像の観測で交錯現象が多く見られた野田線ホームへの階段付近のタイムオキュパンシーが高いことが見て取れる。また、西口および東口改札への階段付近には、あまり利用されていないスペースがあることが確認できる。このように、有効に活用されていないスペースや滞留が発生しやすいエリアを視覚的に確認することで有効な空間利用の検討が可能になる。

表-4 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 ~	通り人を追い抜いたり、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	通り人を追い抜いたり、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、足どりで頻りに変えなければならない。
F	~ 0.5	全ての歩行者の歩行速度は極度に制約を受け、前進がわずりでしかできなくなる。

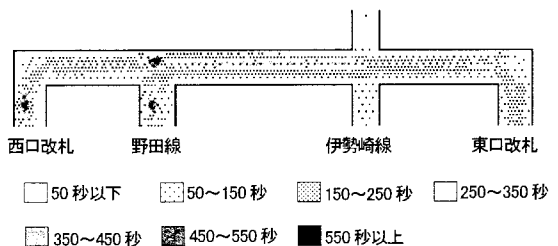


図-19 タイムオキュパンシー(7:30～7:40)

8. おわりに

本研究では、歩行者挙動を考慮した鉄道駅整備を目標とし、そのための分析として、監視カメラを模したビデオカメラにより得られる映像からの歩行者挙動データの取得、そのデータを基にした歩行者挙動特性分析および歩行者挙動のモデル化を試みている。

歩行者挙動特性分析では、現状の春日部駅で見られる基本的な歩行者挙動として、歩行者流の特性、歩行速度、交錯現象における相対距離と歩行速度の関係をビデオ画像や4次元パスデータより分析し、歩行者挙動の傾向を捉えている。しかしながら、毎時、毎時の歩行者挙動とその時の周辺状況との関係について知見を得るには至っておらず、さらに詳細な分析を行なう必要がある。歩行者挙動のモデル化に関しては、混雑時における歩行者の1ステップ毎の位置座標を確認し、歩行者1人分の大きさを許容誤差とすれば、7割程度の再現性が確保できることを示している。また、一定の時間内における空間モジュールの発生秒数はほぼ再現できていることを示している。先述のとおり、個々の歩行者挙動を十分に反映しきれていないため、個々の歩行者の移動軌跡に関しては誤差が残るものの、空間モジュールのような集計量で表現するものに関して

は一定の成果を得ている。また、シミュレーション結果から空間の利用状況を把握することが可能であるため、整備案による空間利用状況の変化を視覚的に捉え、滞留が生じる可能性がある箇所やデッドスペースの存在を計画段階で確認することが可能である。これらの結果をフィードバックすることにより、効果的な整備案の検討が可能になるものと考えられる。なお、本研究では通勤・通学時間帯のある限定的な区間において見られる歩行者挙動の一端をシミュレーションモデルへ反映したに過ぎず、高齢者、身障者、幼児等の挙動特性や立ち止まり、逆戻り、回遊といった特殊な歩行者挙動、時間帯、曜日等による歩行者流の変動等を反映するまでには至っていない。今後、他のカメラや時間帯で得られたビデオ映像を基にこれらについても検討していくことが必要である。また、より効率的に4次元パスを取得できるよう画像処理システムの改良を進めること、長区間にわたる歩行者の移動軌跡を自動処理するシステムの開発を進めること、得られる長区間の移動軌跡によりモデルの検証を行なうことも課題として挙げられる。

駅構造、利用客数、混雑する時間帯、利用客の属性等は、駅により様々である。これまでのような画一的な整備ではなく、各駅の特性を考慮した整備を行なうことが求められている。そのため、各駅における歩行者の動きをより正確に観測し、そこから得られる知見を整備に活かしていくことは必要である。その際、既存ストックを有効に活用することが望ましい。本研究で提案するアプローチを積極的に取り入れ、真の快適空間実現のための検討を続けていくべきである。最後に、本研究における一連の手法は、このことを達成する大きな一歩を示したと結論づける。

謝辞：本研究を遂行するにあたり、当時東京理科大学の大学院生であり、現東日本旅客鉄道株式会社の中山泰成氏、現東京理科大学大学院の関口岳史氏の寝食を忘れた努力があった。また、春日部駅における調査では、東武鉄道株式会社のご協力をいただいた。撮影に際しては、株式会社道路計画、株式会社NTTデータよりビデオカメラ等の機材を提供していただいた。ここに記して深謝の意を表する。なお、本研究は、文部科学省科学研究費（若手研究（B）15760401）の研究助成を受けて実施されたものである。

参考文献

- 1) 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。
- 2) 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/01.pdf>）
- 3) 家田：「駅の目的化」をすすめよう、運輸と経済、第64巻第10号、pp.13-16、2004。
- 4) 白井ら：複雑背景における人の追跡、情報処理学会論文誌、Vol.43 No.SIG04 (CVIM4)、pp.33-42、2002。
- 5) 日比野ら：鉄道駅における歩行者データの取得および活用方法に関する一考察、土木計画学研究・論文集、Vol.21 No.3、pp.781-787、2004。
- 6) 北澤ら：駅構内における移動者の空間行動計測と分析、土木計画学研究・講演集 No.27、2003。
- 7) 朝倉ら：PHSによる位置情報を用いた交通行動調査手法、土木学会論文集、No.653/IV-48、pp.95-104、2000。
- 8) 加藤ら：群集対向流動の解析、日本建築学会論文報告集、第289号、pp.119-129、1980。
- 9) 高柳ら：群集交差流動における歩行領域確保に関する研究－歩行領域モデルを用いた解析－、日本建築学会計画系論文誌、Vol.549、pp.185-191、2001。
- 10) 金森：移動効用を考慮した駅構内における人間の歩行シミュレーション、中央大学大学院理工学研究科情報工学専攻修士論文、2004。
- 11) 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。
- 12) 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。
- 13) 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経路を選ぶ歩行、日本建築学会論文報告集、第285号、pp.137-144、1979。
- 14) 岡崎ら：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4 群集歩行の透視図による表現、日本建築学会論文報告集、第299号、pp.105-113、1981。
- 15) 岡崎ら：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5 探索歩行及び誘導標による歩行、日本建築学会論文報告集、第302号、pp.87-93、1981。
- 16) 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。
- 17) 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-pp.30、2000。
- 18) 関口ら：乗換え歩行者行動に着目したシミュレーションモデルの構築、鉄道技術連合シンポジウム、pp.265-268、2004。
- 19) Hibino *et al.* : A Study on Passengers' Flow at Railway Station Based on Individual Transfer Behavior, Proceedings of the 10th World Conference on Transport Research, 13 pages, 2004。
- 20) 内閣府 国民生活局：個人情報保護に関する法律、2005。
- 21) Fruin著、長島訳：歩行者の空間－理論とデザイン－、鹿島出版会、1974。
- 22) 高柳ら：時系列領域干渉負荷モデルを用いた歩行者空間の混雑評価に関する研究、第23回情報システム利用技術シンポジウム論文集、pp.163-168、2000。

鉄道駅におけるモニターカメラから得られる歩行者挙動データの活用に関する研究 *

日比野 直彦 **, 山下 良久 ***, 内山 久雄 ****

高齢化社会等の社会的背景により、鉄道サービスの改善が強く求められている。空間的、予算的制約がある中で、これまでのような大規模整備を行なうことは困難であることから、近年、鉄道事業者は、鉄道駅に重点をおいた施策を展開している。しかしながら、駅構内における混雑等、未だ改善されない問題は多く早急な対応が求められている。このような問題に対し、これまで筆者らは、駅構内の歩行者挙動を考慮した駅整備の必要性を指摘し、ビデオ映像から自動的に歩行者の4次元パスデータを取得するシステムを開発している。本研究では、歩行者の4次元パスデータより歩行者挙動の特性を把握し、歩行者シミュレーションモデルの開発を試みる。

A Study on Usage of Pedestrian Behavioral Data from Video Camera in Railway Stations *

By Naohiko HIBINO**, Yoshihisa YAMASHITA*** and Hisao UCHIYAMA****

The level of service in a station is influenced by not only station facilities but also congestion etc. Therefore, railway station improvements in consideration of passengers' behavior are very important. It is, however, difficult to effectively acquire the pedestrian transferring data. On the other hand, the system for automatically obtaining pedestrian 4-dimensionality path data from the video images has been proposed by the authors. This study uses the system in order to obtain the data and tries to model the pedestrians' behavior in the station. The study discusses some of usages of pedestrian behavioral data for better improvement of stations.
