

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*

A Study on Methods of Acquisition and Usage of Pedestrian Transferring Data*

日比野 直彦** ・ 中山 泰成*** ・ 内山 久雄**** ・ 高平 剛***

By Naohiko HIBINO**, Taisei NAKAYAMA***, Hisao UCHIYAMA**** and Takeshi TAKAHIRA***

1. はじめに

現在、首都圏における大規模な鉄道整備は、都市化の進展による空間的制約、運賃収入の低迷による財政的制約により困難である¹⁾。このような制約の中で、鉄道サービスを向上させるために、バリアフリーや乗換え抵抗の軽減の観点から、乗換え駅の整備が着目されている。

これらの計画に用いられるものとして、平成12年大都市交通センサスでは、主要ターミナルの水平・垂直移動距離や、ピーク時の乗換え時間などのデータが新たに整備されている。また、自動改札機の入出場記録の活用も期待されている。

しかしながら、これらのデータは、駅構内での交錯や滞留によるサービスレベルの低下の解消を目的としたものではない。また、群集流動の観点からサービスを捉え、ビデオ撮影データを用いて歩行動線の形成過程を分析した例²⁾はあるものの、歩行者の行動データの取得に手作業を有しているため、駅構内での局所的なデータを扱った分析に留まっている。

このように、乗換え経路全体を通した歩行者の行動は、ほとんど把握されておらず、施設整備に依存しない乗換え環境のサービス改善策は、検討されていないのが現状である。そこで、本研究では、駅構内での全数調査および長期間のデータ取得が可能なシステムを提案することを目的として、歩行者データの効率的な取得方法の検討を行う。

2. データ取得方法の検討

歩行者データの取得方法として、マニュアルカウンタや自動改札機による人数計測、調査員による歩行者の追跡、移動体通信やビデオ映像からの位置情報の取得などが挙げられる。各手法の特徴は、表1の通りである。しかしながら、全数調査や長期間の調査を行う場合、マニュアルでのデータ取得は、膨大な労力が伴うため実用的でない。また、移動体通信は、地下駅での電波の受信が困難であると同時に、サンプル調査であるため、歩行環境を十分に知ることができない。自動改札機は、階段やコンコースでの歩行者データや、同一事業者の路線間での乗換えにおける情報を収集できない。自動取得化が期待されるこれらの手法においても、歩行者の行動に関する情報量が不足しているため、汎用性が低い。

一方で、画像処理を用いたデータ取得方法が近年報告されており、いくつかの適用事例³⁾も見られる。この方法は、歩行者の行動を捉えるのに要求される条件を満たしているだけでなく、歩行者の挙動を空間的に捉えることが可能な点、全数調査が可能な点、ITの発展により容易に画像処理技術の適用が可能な点、将来的に監視カメラの活用が期待される点などの利点を有している。

したがって、本研究では、ビデオ映像の画像処理を用いた取得方法を適用する。

表1 各手法の特徴

	調査規模	歩行速度	空間エンコード	位置情報	歩行者属性	労力
マニュアルカウンタ	全数	×	×	×	×	×
自動改札機	全数	×	×	×		
移動体通信	サンプル		×			
調査員の追跡	サンプル		×			×
画像処理	全数				×	

...適用可能 ...精度悪, 不十分 x...適用不可能

* キーワード：鉄道駅，乗換えサービス，歩行者，ビデオ映像

** 正員，工修，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)
E-mail: hibino@rs.noda.ac.jp

*** 学生員，東京理科大学 大学院 理工学研究科

**** 正員，工博，東京理科大学 理工学部 教授

3. 調査概要

以上のデータ取得方法の検討結果を踏まえ、本研究では、表2に示すビデオ映像を用いた歩行者流動調査を実施している。将来的に監視カメラが使用されることを想定して、これに近い撮影条件を設定し、図1および図2に示すように、調査対象駅のほぼ全域で歩行者流動を撮影している。また、既存の調査手法であるマニュアルカウンタによる人数計測や、調査員の追跡による歩行時間の計測なども、補完調査として行っている。

表2 歩行者流動調査の概要

調査駅	東武鉄道野田線 柏駅
実施日	平成14年9月18日(水),19日(木)
調査時間	両日とも6:45~12:00
調査範囲	7,8番ホーム ラッチ 東西自由通路
調査方法	ビデオカメラによる画像取得 マニュアルカウンタによる人数計測 ストップウォッチによる歩行時間計測

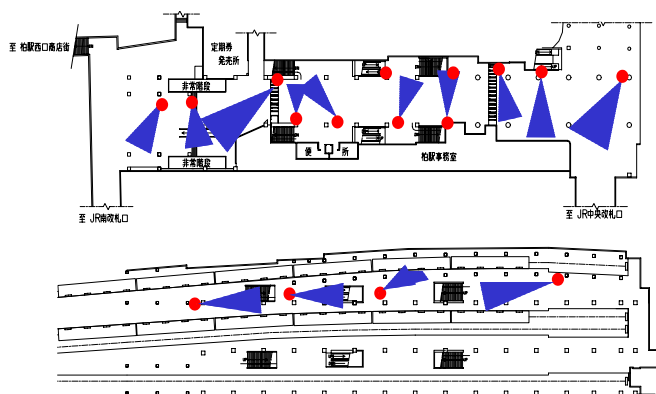


図2 調査風景

4. 歩行者データの自動取得方法の開発

(1) 鉄道駅で適用可能な画像処理方法

画像処理を用いた歩行者データの取得方法に関する研究では、鍛ら³⁾が背景差分法と全身のテンプレートマッチングを組み合わせた手法により、人物検出のみならず個人の追跡においても成功率77%を達成している。しかしながら、多くの鉄道駅は、天井高が低いためにビデオ撮影時の俯角が浅いことと図3に示すような極端な密集状態であることから生じるオクルージョンに対して、全身を認識するアルゴリズムでは対応しきれない。そこで、本研究では、歩行者の頭部が目視においても容易に確認できることに着目し、オクルージョンの低減を図るべく、図4に示す頭部へのテンプレートマッチングを用いた手法を提案する。



図3 ビデオ映像(南口改札)

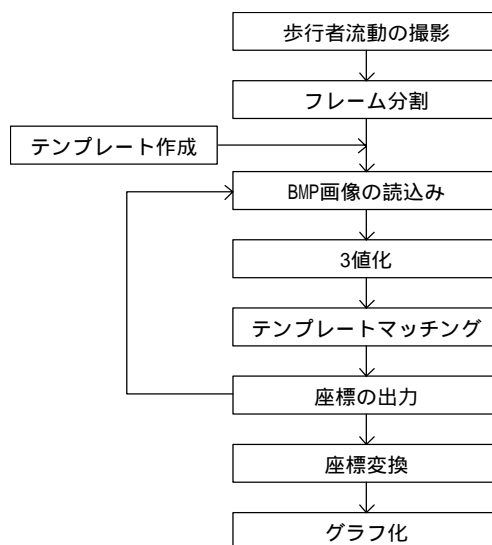


図4 歩行者検出・追跡のアルゴリズム

(2) 歩行者の認識方法

ビデオ映像からの歩行者データの取得に当たり、処理速度の向上と個々の歩行者の細かな特徴を統一する目的から、画像の単純化を行う必要がある。しかしながら、2値化処理ではオクルージョンが発生した場合に人物の分離が不可能となり、本調査で得られるようなビデオ映像には適用できない。一方、グレースケールでは、テンプレートが複雑化して、逆にマッチングが困難となる。そこで、本研究では、人間の頭部色が主として黒と肌色により形成されていることに着目し、黒・肌色・その他の色を、それぞれ黒・灰・白に変換し、画像を3値化する。これにより、オクルージョンの問題の低減と画像の単純化が両立できる。

さらに、3値化した画像から人間の頭部のみを抽出するために、図5のような人間の頭部のテンプレートを作成する。マッチングの判定は、黒が60%以上、灰色が20%以上80%以下の適合率であった場合とし、このとき図6に示されるマッチング枠の中心座標を出力する。

(3) 人数の計測

ケーススタディとして、8:05に到着した列車の降車客流動に対し、およそ2分30秒にわたり本システムによる通過人数の計測を実施し、図7の結果を得ている。真値とみなせる手動による計測結果490人に対して、システム出力結果は560人(+13%)であり、このうち、頭部を正確に検出している人数は、403人(-16%)である。

本計測において生じたシステム出力人数に対する誤差の内訳を表3に示す。検出漏れの原因は、歩行者が密集していることに起因する頭部のオクルージョンが多い。また、過剰検出の原因は、手足の肌色と暗色系の服の重なりを誤検出したことによるものであり、これがシステム出力人数を全体的に増加させる原因となっている。これらの問題の解決策として、適切な計測範囲の設定、マッチング条件の変更、鍛ら³⁾の追跡アルゴリズムの適用などが挙げられる。

(4) 時系列の位置座標の計測

本システムでは、アフィン変換を用いて画像上で取得したビデオ座標を測地座標へ変換することによ

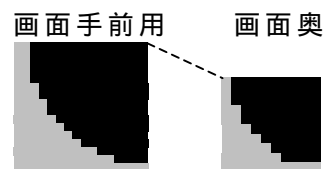


図5 頭部のテンプレート(南口改札用)



図6 マッチング画像(南口改札)

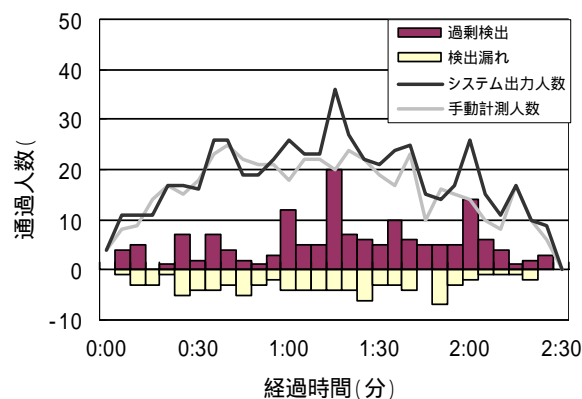


図7 通過人数の推移

表3 誤差の内訳

		誤差の原因	件数
検出漏れ		・頭部のオクルージョン	48 (9%)
		・頭髪色とテンプレートの不一致(帽子、白髪、金髪等)	23 (4%)
		・マッチング部の重複	16 (3%)
過剰検出		・手足の肌色を感知	157 (28%)
システム出力人数		560	(100%)

り、歩行者の時系列の位置座標を出力している。位置座標の集約により歩行者の軌跡が得られ、駅構内における歩行者の行動を捉えることが可能となる。本システムで取得した軌跡の出力結果を図8に示す。画面奥では俯角が浅いために、誤差の変動が大きくなっているが、画面手前については高い精度で軌跡を取得している。さらに、個人の動的な歩行速度の算出も可能である。これらのデータを蓄積することで、歩行行動のモデリングや、交錯、合流、滞留などの歩行者が相互に干渉する行動の評価を駅全体について行うことが可能となる。さらに、歩行速度や空間モデルの情報も取得することが可能であり、

例えば筆者ら⁴⁾が提案するような歩行者サービス指標との互換性も保たれる。このように、ビデオ映像の画像処理による歩行者データの取得は、汎用性が高く、今後の分析に有用であると考えられる。

また、本研究では、同時撮影された複数のビデオ映像から、乗換え経路全体の歩行者流動を捉えている。手作業にて歩行者の追跡を行い、図9に示すホームから南口自由通路までの軌跡図を取得している。これらのデータから図10のような混雑に応じて変化する乗換え時間が取得でき、例えば、このケースでは乗換え時間に2分以上の較差が生じていることが見て取れる。将来的には、画像処理の適用を念頭においた流動調査を計画的に行うことによって、時刻別の乗換え時間の算出などが期待できる。

5. おわりに

本研究は、これまでデータ取得方法が確立されなかったために深く検討されてこなかった研究課題に対し、最新の情報処理技術を適用することで新たな分析が可能になることを示したものである。また、画像処理が困難であった鉄道駅でのビデオ映像に対して、適用可能なアルゴリズムを提案している。これにより、サンプリング調査では得られない時刻別の通過人数や空間モデル、歩行速度、歩行動線の交錯状況の把握も可能にしている。さらに、監視カメラとの互換性を考慮したことで、汎用性が高まったと言える。

今後は、交通行動モデル開発の基礎データとなる時刻別の乗換え時間算出を始め、これらのデータの蓄積により導出される歩行シミュレーションモデルを用いて、歩行動線の制御策の検討に取り組む必要がある。これらの研究は、鉄道整備における空間的制約が取り沙汰される中、設備投資に頼らないサービス改善策として有用であるし、ひいては、乗換え抵抗の低減策として確立させ、鉄道ネットワークの有効活用に向けた一手段となる可能性を秘めている。

謝辞

本研究での歩行者流動調査に際し、東武鉄道(株)の皆様には多大なるご協力を賜った。ここに記して、感謝の意を表す。

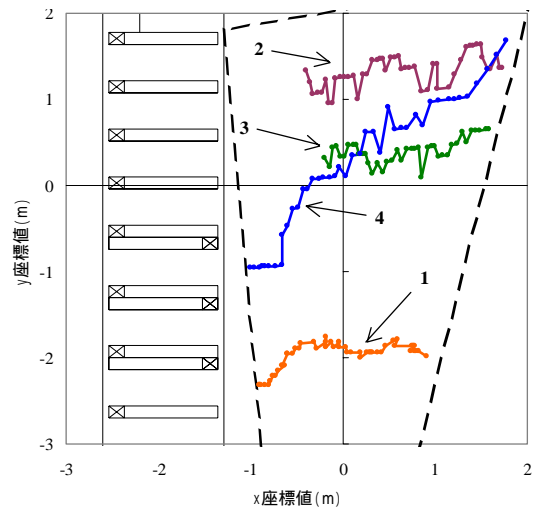


図8 出力結果例

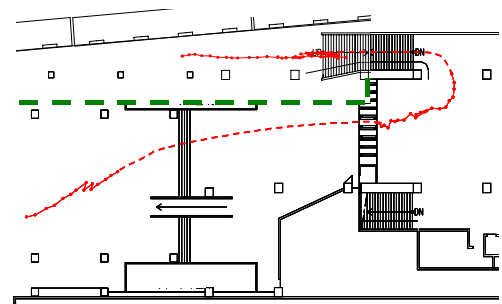


図9 歩行者の追跡結果の一例

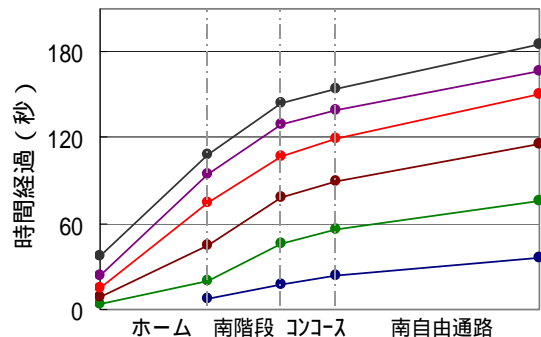


図10 主な駅施設までの移動時間

参考文献

- 1) 森地茂：東京圏の鉄道のあゆみと未来，運輸政策研究機構，2000
- 2) 高柳英明,佐野友紀,渡辺仁史：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集,第549号,2001.11
- 3) 鍛佳代子,内田恭輔,三浦純,白井良明：交差流動の発生する街路空間における複数歩行者の自動追跡,日本建築学会技術報告集,第14号, pp.359-364, 2001.12
- 4) 鈴木雄高,日比野直彦,毛利雄一,兵藤哲朗：ビデオ映像を用いた歩行者挙動分析に関する考察,第21回交通工学研究発表会論文報告集,pp153-156,2001
- 5) ジョン・J・フルーイン：歩行者の空間，鹿島出版会，pp45-91，1974