

歩行者軌跡の取得ならびにその活用方法に関する研究*

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

福田一太**・土岐高弘***・山下良久****・内山久雄*****

By Ichita FUKUDA**・Takahiro TOKI***・Yoshihisa YAMASHITA****・Hisao UCHIYAMA*****

1. はじめに

従来、鉄道駅等の大量の歩行者で混雑する歩行空間の計画は、断面交通量や流動係数等の平均値に基づき画一的に行なわれてきた。そのため、歩行者流動の時間的な変動や歩行者間の相互作用、空間内に配置される施設と歩行者行動との関係性等に十分配慮した計画がなされてきたとは言い難い。交通サービスの質的向上が希求される現状を鑑みるに、時間的・空間的なサービスの変動に配慮した計画が求められていると言えよう。

歩行空間計画が平均値に基づき議論されてきた理由の一つとして、大量の歩行者挙動データの取得・解析が技術的に困難であったことが挙げられる。そのため、近年のIT技術の進展によるコンピュータの高性能化やセンサー技術の進展等は、歩行者行動研究に新たな展開をもたらすものと期待されている。

これまで筆者らは、ビデオ画像から歩行者軌跡データを取得するシステムの開発に取り組んでいる^{1)~5)}。しかしながら、歩行者の追尾に当たって、分析者の目視に頼る部分が多く、効率的なデータ取得には至っていない。画像処理技術を援用し歩行者の自動追尾を検討した研究事例^{6,7)}は幾つか見られるものの、ほぼ真上から撮影された画像を使用しているものが多く、鉄道駅構内等の俯角の浅い撮影条件下での画像を対象に検討されたものはほとんど見られない。

そこで本研究では、鉄道駅構内を対象に、ビデオカメラを用いた歩行者流の連続観測調査を実施し、画像処理技術を援用した効率的な歩行者軌跡データ取得方法について検討する。また、得られた歩行者軌跡データから、時間的・空間的に変動する歩行空間のサービス水準を捉え、これらのサービス水準を再現する歩行者シミュレ-

ションモデルの構築を試みる。なお、歩行者軌跡データ取得方法の検討では、歩行者自動追尾システム構築に向けての最初の段階として、単純な2方向の歩行者流動を対象に、歩行者追尾アルゴリズムを検討する。一方、歩行空間のサービス水準の計測・歩行者シミュレーションモデルの構築に当たっては、複雑な歩行現象も扱うことから、歩行者動線の交錯や滞留が発生している歩行空間を対象に検討を行なう。分析目的に応じて、調査対象を設定していることから、それぞれの分析で扱う対象駅は異なっている。

2. 歩行者自動追尾システムの構築

歩行者の自動追尾を検討するに当たって、最も問題となるのは、歩行者同士が重なるオクルージョンの発生である。これまで筆者ら¹⁾は、オクルージョンの低減を図るため、歩行者の肌色部分をグレー、黒色部分を黒、その他の色を白にする3値化処理を行ない、歩行者の頭部のカラーバランスに見立てたテンプレートを用いて、テンプレートマッチングにより歩行者を自動追尾するシステムの構築を試みている。しかしながら、歩行者の手を誤検出する等の課題を残している。

本研究では、個々の歩行者をより正確に追尾することを目的に、歩行者のみをカラー画像として抽出しテンプレートマッチングすることを試みる。図-1に本システムの処理フローを示す。使用データは、2004年11月19日(金)に東武野田線運河駅構内において実施した歩行者流動調査で得られたビデオ画像である。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、調査にあたっては調査目的、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の適用対象外である。

2.1 背景画像の作成

背景差分法により歩行者を抽出する際、画像上に歩行者が存在しない画像を背景画として用意することが必要である。

得られたビデオ画像から歩行者が写しこまれていない画像を1枚選び、それを背景画像として時間毎の背景

* Keywords : 歩行者交通行動, 交通行動分析

** 学生員, 学(工), 東京理科大学大学院

〔千葉県野田市山崎2641, TEL 04-7124-1501 (内線 4058)
FAX 04-7123-9766〕

*** 学生員, 学(工), 東京理科大学大学院

**** 正員, 博(工), (株)企画開発 技術開発室

***** フェロー員, 工博, 東京理科大学 理工学部 教授

差分を行ない、背景差分画像を2値化処理した結果を図-2に示す。背景画像を一定とすると画像の輝度変化に対応できず、歩行者の抽出が困難になる場合が発生することが見て取れる。

そこで、本研究では、各入力画像と背景画像とのRGBヒストグラムを算出し、入力画像毎に背景画像の修正を行なう。背景画像、入力画像それぞれのRGBヒストグラムを図-3に、修正された背景画像を図-4に、修正された背景画像を用いた背景差分結果を図-5に示す(図-2の右と同一画像を用いた結果例)。図-5より、背景画像を修正することで歩行者の抽出精度が向上していることが見て取れる。

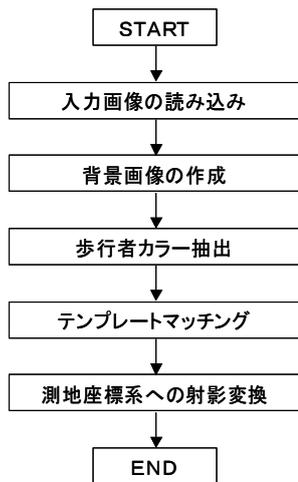


図-1 システムの処理フロー

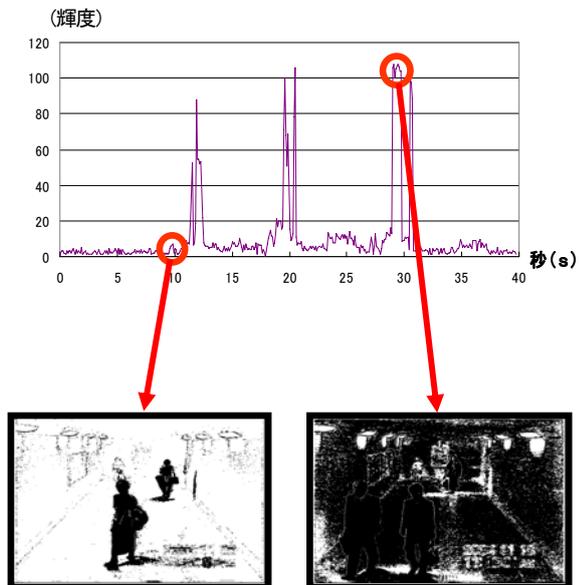


図-2 背景画像を一定としたときの背景差分の結果

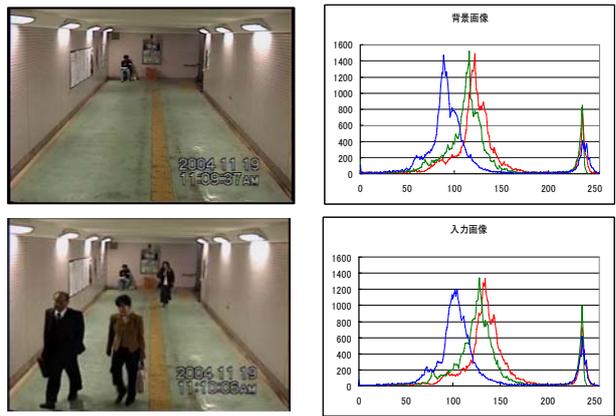


図-3 背景画像、入力画像のRGBヒストグラム



図-4 修正背景画像



図-5 背景差分の結果

2. 2 歩行者カラー抽出

得られた2値化画像の歩行者領域にカラー情報を付加することで、後述のテンプレートマッチングの精度向上を図る。

2値化画像において黒色で抽出された領域に関して、入力画像よりカラー情報を抜き出し、付加することを試みる。図-6は、図-5の2値化画像の黒色箇所カラー情報を付加した結果である。歩行者に対してのみカラー情報が付加されていることが見て取れる。これにより、余計な情報を削除しながらも、歩行者の情報は簡素化されないため、個々の歩行者をより正確に追尾することが可能になる。

2. 3 テンプレートマッチング

本システムでは、歩行者ごとにテンプレート画像を用意してテンプレートマッチングを行なう。このため本システムでは歩行者の頭部の範囲をマウスドラッグにより指定してテンプレートを手動で作成する。作成したテンプレートを画像左上から順番に1pixelずつ移動させ、その都度、処理画像とテンプレートを照合してテンプレートに合致する部分を検索する。テンプレートがマッチングした部分を新たなテンプレートとして自動更新する。なお、テンプレートのサイズは画面の奥行きに合わせ微調整するようにしている。

歩行者追尾の際、0.5秒ずつ時間を逆戻ししながら進行方向と逆の方向に歩行者を追尾する。逆戻しして歩行者を追尾するのは、画面手前ほど画像から得られる歩行者の情報が多いため、より個人の特徴を反映したテンプレ

レート作成が可能であるためである。システムの実行画面を図-7に示す。図-7において赤丸で囲んでいる部分が歩行者の検出された頭部でありテンプレートとなる。歩行者が検出された場合には、マッチングした領域の中心座標を出力し、これをビデオ画像系における歩行者の座標とし、この画像座標を射影変換することにより測地座標を得ており、青枠で示すように自動的に軌跡図が作成されるようになっている。

本システムと手動により歩行者座標を取得する方法²⁾~⁵⁾との比較を表-1に整理する。本システムの精度検証や処理時間等については、発表時に報告する。



図-6 歩行者へのカラー情報の付加

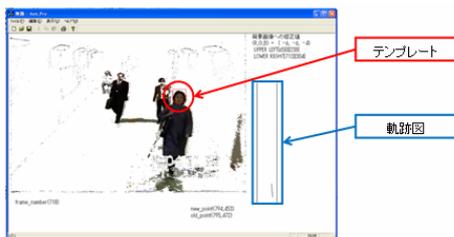


図-7 システム実行画面

表-1 歩行者軌跡データの取得方法の比較

データ取得方法	手動	自動(本システム)
詳細	歩行者の頭部をマウスでポインティングすることにより歩行者の画像座標を取得し、画像座標を射影変換することにより測地座標を取得する	歩行者の頭部のテンプレートを作成し背景差分により歩行者を抽出した画像から歩行者の頭部の画像座標を自動で取得し、画像座標を射影変換することにより測地座標を取得する
長所	・目視によるポインティングのため輝度等の影響なくデータが取得できる ・歩行者の検出漏れが少なくなる	・時間・労力が省ける
短所	・多大な時間と労力を要する ・マウスによるポインティングの時に誤差が生じる	・歩行者の検出漏れや、誤検出の可能性がある ・歩行者の頭部と頭部が近接した場合テンプレートが統合されてしまう

3. サービス水準の計測

3. 1 分析対象

本章では実際に軌跡データを取得し、歩行空間のサービス水準の計測を行なう。使用データには、2003年10月20日(月)に東武春日部駅構内において実施した歩行者流動調査で得られたビデオ画像を用いる。図-8は東武春日部駅構内図を示したものである。北側連絡通路の四角で囲まれたエリア(通路幅:4.0m, 通路長:15.2m)における通勤時間帯7:30~7:40の10分間を対象とする。この時間帯に観測された歩行者は1135人である。2章で構築した歩行者自動追尾システムの適用を試みたが、特に動線交差が発生する場面において検出漏れが多く生じたことから、手動によるデータ取得を行なっている。複雑な歩行行動が発生する場所での適用性を高めることが当システムの課題である。

ビデオ画像を0.5秒単位で静止画として分割したうえでカメラ毎に軌跡データを取得の後、加重平均により各カメラから得られた軌跡を接合する。ビデオ画像ならびに接合された軌跡を図-9に示す。

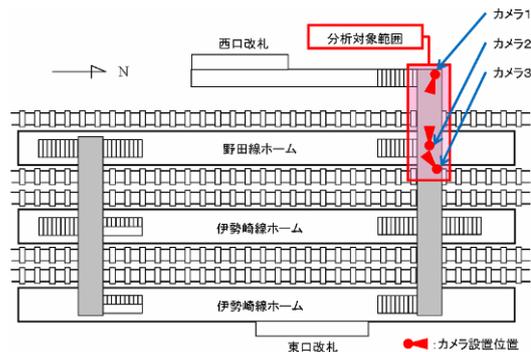


図-8 春日部駅構内図

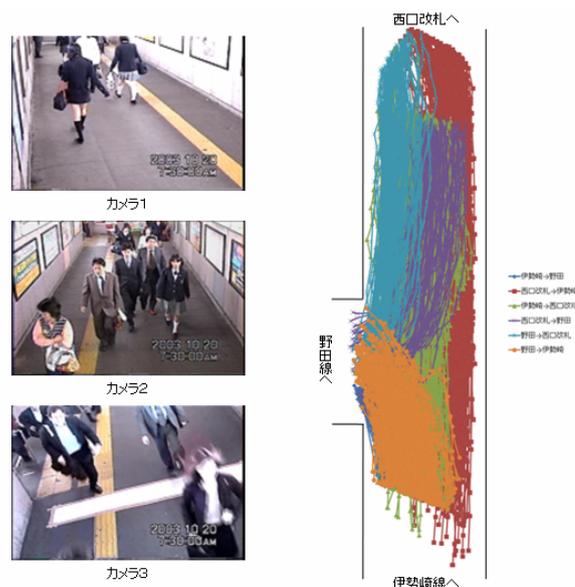


図-9 ビデオ画像と軌跡図

3. 2 歩行時間分布

図-10 は、軌跡データから算出される対象区間の歩行時間分布を示したものである。平均歩行時間 5.6 秒、標準偏差 3.0 秒となっている。10 分間という短い時間間隔ではあるが、歩行時間に幅があることが見て取れる。

3. 3 歩行者間の相互作用

図-11 は、ある歩行者に着目し、各時刻の位置を原点として、周囲の歩行者との相対的な位置関係を図示したものである。西口改札から野田線ホームへ歩行する歩行者を対象としており、進行方向(図中の矢印)を X 軸の負の方向とする。この歩行者は対向する歩行者流を縫って進む横断挙動を行なっている。図中の赤色の楕円形は Fruin⁸⁾ の人体楕円を示している。人体楕円内には歩行者が侵入していないことが見てとれる。また、青色の楕円内を見ると、他の歩行者がほとんど進入していないことが見て取れる。このことから、歩行者間の距離が 2.0m 程度になると回避行動を取ると推察される。これは、1 人に着目した分析例に過ぎないが、歩行者シミュレーションモデルの構築において、歩行者サイズや歩行挙動のアルゴリズムを検討する上で、有用な分析であると言える。

3. 4 時間別・空間別空間モジュール

図-12 は、対象区間を 3.8m 間隔で分割し、各エリアにおける時間別空間モジュールを算出した結果である。0m が西口階段付近で、15.2m が野田線階段付近である。これを見ると、通路の中央付近(3.8m~11.4m エリア)が常に混雑していることが見て取れる。

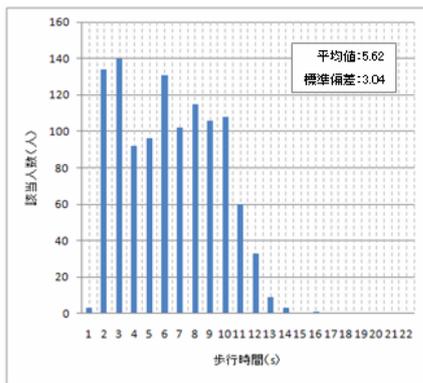


図-10 歩行時間分布

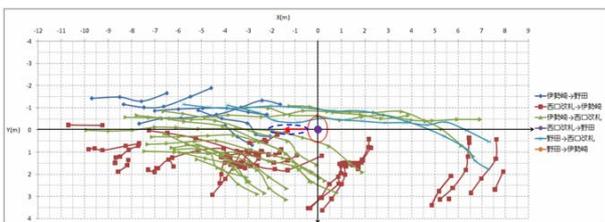


図-11 相対軌跡図

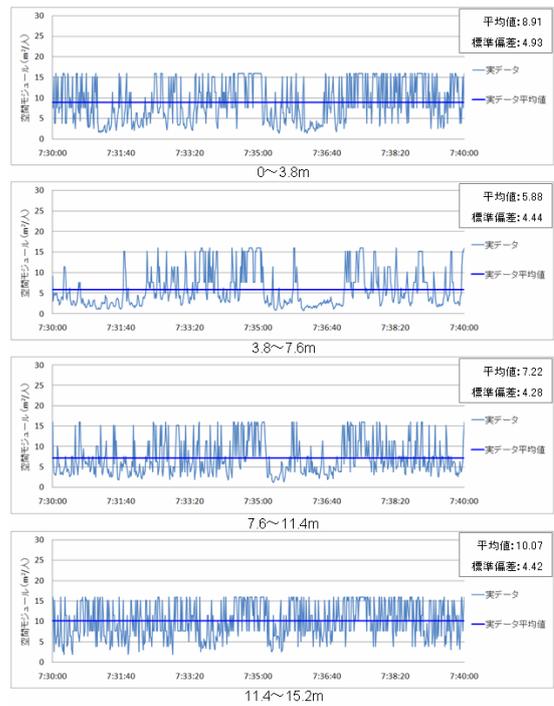


図-12 時間別・空間別空間モジュール

5. おわりに

本稿では、歩行者追尾アルゴリズムの検討ならびに歩行空間のサービス水準の計測について言及した。歩行者シミュレーションについては発表時に報告する。

謝辞：調査の実施に当たっては、東武鉄道株式会社にご多大なるご協力を頂いた。ここに記して深謝の意を表する。

参考文献

- 1) 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.
- 2) 日比野ら：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，土木計画学研究・論文集 Vol.22 No.3, pp.531-539, 2005.
- 3) 山下ら：鉄道駅構内の歩行者空間における交差現象に関する研究，土木計画学研究・論文集 Vol.23 No.2, pp.489-495, 2006.
- 4) 福田ら：交差現象を考慮した歩行者シミュレーションモデルの構築，第 13 回鉄道技術連合シンポジウム・講演論文集, pp.387-390, 2006.
- 5) 土岐ら：複数台ビデオカメラを用いた長区間歩行者動線取得方法の体系化，第 13 回鉄道技術連合シンポジウム・講演論文集, pp.391-394, 2006.
- 6) 鍛：画像処理による歩行者流動の自動追尾手法，日本建築学会計画系論文集 No.493, pp.195-200, 1997.
- 7) 鍛ら：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尾，日本建築学会技術報告集 第 14 号, pp.359-364, 2001.
- 8) Fruin 著，長島訳：歩行者の空間—理論とデザイナー，鹿島出版会，1974.