

# 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 -

A Study on Some of Usages of Pedestrian Behavioral Data from Video Camera \*

日比野 直彦 \*\* · 山下 良久 \*\*\* · 関口 岳史 \*\*\*\* · 内山 久雄 \*\*\*\*\*

By Naohiko HIBINO \*\*, Yoshihisa YAMASHITA \*\*\*, Takashi SEKIGUCHI \*\*\*\* and Hisao UCHIYAMA \*\*\*\*\*

## 1. はじめに

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, 本年のスペインにおける列車爆破テロ事件等, 近年, 一般市民を巻き込んだ事件が頻発している. 一昔前までは, 「水と安全はタダ」と言われていた我が国ではあるが, そのような社会通念も消えつつあり, safetyだけでなくsecurityに対する関心も高まりつつある. このような社会背景を受け, 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. 監視カメラの設置は, 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, 犯罪率の低下や, 事故, 災害発生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視点では社会的貢献度は大きく, 今後さらなる整備が進められることが予想できる.

監視カメラから得られるビデオ映像の特長として, 時々刻々と変化する現象を空間的状況も含めて観測できる点が挙げられる. そのため, 交通計画分野においても車両挙動や歩行者挙動を分析する際のデータ取得に, 従来からビデオ映像を用いることが多かった. 今後の監視カメラ整備を考えると, さらに様々な分析・研究への活用が期待でき, 特に公共施設における安全対策への活用には有効なデータ取得ツールであると言える.

これまで交通安全対策に関する研究として, 交通

事故データを基に危険箇所の抽出や, 事故の要因分析が行なわれてきた. 最近では, 交通事故データとアンケート等により取得された「ヒヤリデータ」を組み合わせて, 事故に至る発生過程を把握する試みが見られる. しかしながら, ヒヤリデータの取得においては, 主観的な回答であるが故に, サンプル数が少ないと正確に計測できないことや, 多数のデータを取得するためには被験者への負担が大きくなってしまふこと等, 今後の安全対策を検討するには, やや限界があると言わざるを得ない. このような問題点に対し, 連続的に撮影されたビデオ映像を用いれば, 心理的な要因は分析できないにしても, ありのままの状況を視覚的に捉えることが可能なことから, より多くのデータを用い, 客観的な評価が可能になると考えられる.

本研究では, ビデオ画像データを安全対策に活用する一つのケーススタディとして, 鉄道駅構内における歩行者交通を取り上げ, 危険箇所の抽出並びに改善策を検討する際のツールとなる歩行者シミュレーションシステムの開発を試みる.

## 2. 既往研究の整理

本研究に関連する研究としては, 歩行者挙動データの取得方法に関する研究, 交通安全対策に関する研究, 歩行者シミュレーションに関する研究が挙げられる. 以下では, これらについて整理する.

### (1) 歩行者挙動データの取得方法に関する研究

歩行者挙動データを取得する方法としては, 画像処理技術を活用したもの<sup>1)-4)</sup>やレーザーセンサを活用したもの<sup>5)</sup>がある. 白井ら<sup>3)</sup>は, 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適応可能な処理方法を整理している. また, 筆者

\* *Keywords*: 保安用監視カメラ, 交通安全, 歩行者交通行動

\*\* 正 員, 博(工), 財団法人 運輸政策研究機構 運輸政策研究所

(東京都港区虎ノ門3丁目18番19号  
TEL 03-5470-8415, FAX 03-5470-8419)

\*\*\* 正 員, 修(工), 東京理科大学 理工学部 土木工学科 助手

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

\*\*\*\* 学生員, 学(工), 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 土木工学科 教授

ら<sup>4)</sup>は、鉄道駅構内におけるビデオ画像から、テンプレートマッチングにより歩行者を検出し、歩行者の測地座標データを取得するシステムを開発している。本研究においても、このシステムの適用を検討している。北澤ら<sup>5)</sup>は、レーザーセンサからパルスを発射させ、物体に当たって戻ってくる反射パルスを検知し、反射時刻と反射された点群の位置情報をもとに歩行者を抽出する方法を採用している。

### (2) 交通安全対策に関する研究

交通安全対策に関する研究は、道路交通を対象に扱ったものが多い。池田ら<sup>6)</sup>は、危険箇所の抽出並びにその箇所における対策立案・実施を検討する際、交通事故データのみでは事故に至る過程や人的要因を正確に把握できないとの考えから、ヒヤリ地図の活用を提案し、ヒヤリ地図を作成する上で課題となる点に対して、その対処方法を検討している。また、古屋ら<sup>7)</sup>はアンケート調査から得られたヒヤリデータと実事故データとの比較を行ない、ヒヤリデータの特性把握を行なっている。実体験に基づくヒヤリデータを活用したこれらの分析は、危険箇所の抽出等においてたいへん有効であると考えられるが、被験者に対して当時の状況を詳細に回答してもらわなければならない、被験者への負担が大きくなってしまいうことから有効なデータの収集に労力を要することが多い。

### (3) 歩行者シミュレーションに関する研究

歩行者シミュレーションに関する研究では、これまで鉄道駅や地下道、商店街等、様々な歩行環境下におけるモデルが検討されている。中<sup>8)</sup>は、駅施設内の旅客流動を対象として、共通の流動パターンに従う旅客群を「種族」と呼び、種族を単位としたシミュレーションモデルを構築している。シミュレーション結果に対する評価として、実態調査データとの比較は行なっていないが、渋滞が起きていることが経験的に分かっている箇所において渋滞が再現できていると評価している。近田ら<sup>9)</sup>は、地下空間を対象としてセルオートマトンを用いたシミュレーションモデルを構築している。はじめに各歩行者の行動規範を定めるために単独歩行シミュレーションモデルを構築し、その結果と実績行動データの比較

から再現性の確認を行なっている。また、再現性が確認された単独歩行シミュレーションを発展させ、群集歩行シミュレーションモデルを構築している。結果の検証では、実績データではなく既往モデルとの比較を行なっている。

このように、様々なシミュレーションモデルが開発されているものの、その再現性の確認は感覚的なものであり、断面交通量等の限られた部分の集計値で行なわれているものが多い。各歩行者についての再現性を確認する必要はないが、滞留が発生する箇所や歩行速度が低下する箇所等が実現象と整合しているかの確認は必要である。

本研究では、セルオートマトン法を用いてシミュレーションモデルの構築を試みる。再現性の確認については、ビデオ画像から視覚的に確認できる歩行者の行動特性や、画像処理を行ない得られる歩行者の座標データを活用して、滞留や速度低下が生じている箇所等の確認を試みる。

## 3. 歩行者データの取得

### (1) 調査概要

#### a) 調査対象駅

本研究では、東武鉄道の春日部駅を調査対象駅とする。春日部駅は、東武伊勢崎線と東武野田線の乗換え駅となっており、朝ピーク時間帯には、野田線から伊勢崎線下り方面へ6,400人が乗換えている。以下に、春日部駅の概要を示す。

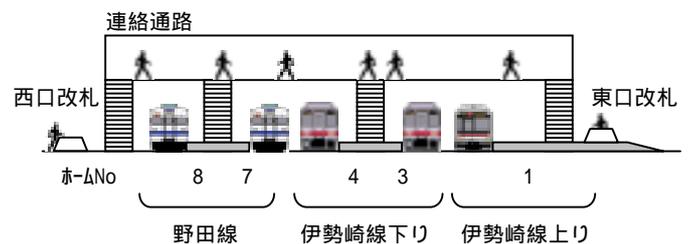


図1 春日部駅の横断面図

表1 春日部駅の施設概要

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

b) 調査方法

平成15年10月19日(日), 20日(月)において歩行者流動のビデオ撮影を実施している。春日部駅には, 保安用監視カメラは設置されていないため, 本調査では, 監視カメラを模して市販の汎用ビデオカメラおよびドーム型カメラを使用している。ドーム型カメラは, 目立ちにくく, また設置場所の制約が比較的小さいことから, 現在鉄道駅に設置されている保安用監視カメラの種類の中でも大勢を占めるものである。以下に, 調査概要, カメラの設置箇所, 使用したビデオカメラについて整理する。

表2 調査概要

調査実施日	2003年10月19日(日)および20日(月)
調査実施時間	6時30分から20時00分まで(両日とも)
調査対象	春日部駅の乗降客および乗換え客
調査内容	28台のHi-8カメラによる歩行者流の撮影 4台のドーム型カメラによる歩行者流の撮影

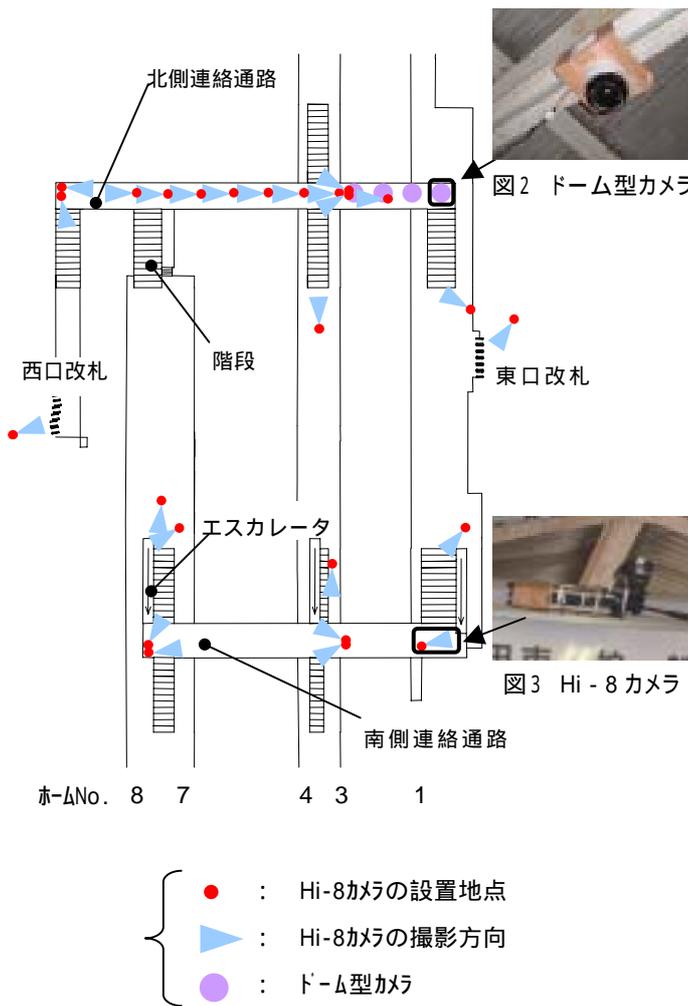


図4 ビデオカメラの設置箇所

(2) 歩行者軌跡データの取得

本研究では, ビデオ映像(動画)を1/15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。データの取得に当たっては, 筆者ら<sup>4)</sup>が開発した歩行者データ自動取得システムの適用を試みたが, 春日部駅の連絡通路の左右は直接日光が差し込むガラス張りとなっていることから, 画像の輝度, 明度に变化の生じる箇所が多数存在し, 多くの検出漏れが発生した。そのため, それらに対応した複雑な設定を必要とする全自動処理よりも, 人物の抽出に関してのみ各歩行者の頭部に手動でマーキングを行なう半自動処理の方が効率的であると判断し, その方法を適用している。マーキングにより得られたビデオ座標をアフィン変換し測地座標系に変換することにより, 各歩行者の軌跡データの取得を行なっている。また, 調査では連絡通路のほぼ全域を網羅できるように複数のカメラを設置したため, 近接するカメラの軌跡図を接合していくことで, 長区間にわたる軌跡図が取得可能である。ここでは, 一つのカメラから得られた測地座標にあわせて, 他のカメラから得られた座標を回転・平行移動することで長区間にわたる軌跡図を作成する。



図5 マーキング画像

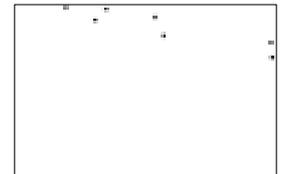


図6 マーキング抽出画像



図7 ビデオ座標系の軌跡

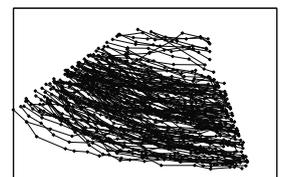


図8 測地座標系の軌跡

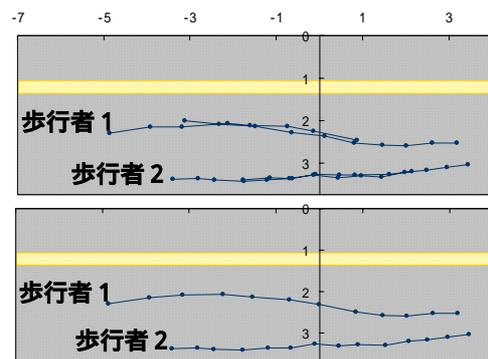


図9 隣接区間にわたる軌跡図の作成例

#### 4. 歩行者挙動特性と危険現象の整理

軌跡データを基にして、滞留や速度低下が発生する箇所の抽出を試みてきたが、データ取得が半自動であることから、長時間にわたる多数の歩行者軌跡の取得にまでは、時間制約上至っていない。そのため、本稿では、処理を終えた一部のデータとビデオ映像の観察により、「歩行者挙動特性」および「危険と考える現象」についての確認・整理を行なう。既往研究<sup>10)</sup>の整理も踏まえ、以下に代表的な「歩行者挙動特性」、「危険と考える現象」を示す。

歩行者挙動特性：基本的に左側通行である。

非混雑時には、直線的に最短経路を歩行する。

右折する場合は大きく迂回し、左折の場合は最短経路を進む。同一方向に進む歩行者が多くなると横に広がる。追越しをする場合は、前方部分でよりスペースのある側から追越す。

危険と考える現象：右折する歩行者と直進する歩行者との接触。階段を昇ってくる歩行者と降りようとする歩行者の階段頂上部での接触。番線等の確認のための通路中央部における急な歩行速度低下や立ち止り。以上、動線の交錯、速度変化による動線の乱れ等が危険を招くことを確認している。

#### 5. 歩行者シミュレーションモデルの検討

歩行者挙動は、速度が多様であり、また周囲の歩行者の影響を受けながら進む方向を変更することから極めて複雑である。そのため、歩行者シミュレーションモデルでは、複雑現象を扱う場合によく用いられるセルオートマトン法を適用する。シミュレーションモデルが具備すべき条件としては、4章で確認された挙動特性を有し、更に実際に起きている危険な現象が表現されなければならない。このような現象が再現できれば、様々な代替案での歩行者流動の変化を予測し、より安全で快適な歩行空間の創造に向けた改善策を提案、検討可能になる。すなわち、従来の事後的改善から先行的改善へと整備スタイルを移行できる可能性があると言えよう。

なお、近傍則をはじめシミュレーションモデルのフレームについての検討<sup>11)</sup>は行なっているが、データ等の制約からその検証までは至っていない。データ取得を進め、モデルの検証を含めて発表時に提示する予定である。

#### 6. おわりに

本研究は、事故が発生してから安全対策を講じるという従来の事後的施設整備に対し、保安用監視カメラから得られる歩行者挙動データを活用することで、事前に危険な箇所を見出し、先行的に安全対策を講じる先行的施設整備を提案し、その際のツールとなる歩行者シミュレーションモデルの構築を目的としたものである。歩行者挙動データの取得およびシミュレーションモデルの構築に向けた技術的手法については、まだまだ改善すべき点は多いが、保安用監視カメラを安全な施設整備、運用に活用することを提案していることは、本論文の大きな特徴である。

今後、さらに保安用監視カメラの設置は進むと予想されるため、この有用なデータを積極的に活用できる環境整備が必要である。その環境整備に向けて、ビデオ画像から得られるデータを活用することが安全対策に繋がることを世間にアピールすると共に、safetyとsecurityを兼ね備えた本来の安全かつ安心できる快適な空間づくりを目指す意識を育てていくことは極めて重要なことだと考える。

謝辞：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。また、撮影に際し、株式会社道路計画よりビデオカメラ等の機材を提供していただいた。なお、本研究は、日本学術振興会科学研究費若手研究(B)の助成により実施されたものである。ここに記して深謝の意を表する。

#### 参考文献

- 1) 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、第493号、pp.195-200、1997
- 2) 鍛、内田、三浦ら：交錯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
- 3) 白井、三浦：複雑背景における人の追跡、情報処理学会論文誌、pp.33-42、2002
- 4) 日比野、中山、内山ら：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・講演集 No.27、2003
- 5) 北澤、趙、柴崎：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
- 6) 池田、森、高宮：ヒヤリ地図の作成方法及び活用に向けた一考察、土木計画学研究発表会講演集 Vol.27、2003
- 7) 古屋、草野、浜岡ら：ヒヤリデータに関する基礎的特性把握 - 幹線道路交通事故分析を念頭として -、土木計画学研究発表会講演集 Vol.27、2003
- 8) 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
- 9) 近田、廣瀬、城戸：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、2000
- 10) 例えば、高柳、佐野、渡辺：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
- 11) 関口、日比野、内山ら：鉄道駅構内における乗換え歩行者行動モデルの構築、土木学会第59回年次学術講演会講演概要集(CD-ROM)、2 pages、2004