

駅構内における移動者の空間行動計測と分析 *

A Study on Measurement Systems and Basic Patterns of Pedestrian Movement in Railway Stations

北澤桂**・趙 卉菁***・柴崎亮介****

By Kay KITAZAWA**・Huijing ZHAO***・Ryosuke SHIBASAKI

1. はじめに

今日の駅空間の利用法は乗車・降車や乗り換えなど単に交通行動にとどまらず、休憩やショッピング、飲食、広告・販売活動まで様々である。またその利用形態は時間と共にダイナミックに変化し、平日・休日の差も大きい。こうした利用形態の特性を場所別、時間帯別に定量的に把握できれば、実際の利用状況により適した駅空間の設計が可能となる。

駅空間の利用特性の把握にあたっては、以下に挙げる2つの段階をふまえた調査が必要である。

1) 駅を訪れる移動者の人数や特性及び来訪目的が、一日の時間帯や曜日によってどのように変化するか

2) それぞれの時間帯における中心的な移動者が、個々の駅空間の中でどのように振る舞うのか

前者に関して行われてきた調査の大半は都市圏レベルでの交通需要予測に関連したものである。典型例であるパーソントリップ調査において、個人の一日の空間行動は目的の明確な活動に付随して派生するトリップを単位として計測される。後者のようなミクロスケールの人間流動を把握するために、大規模なアンケート形式の交通行動調査を利用することは難しい。駅構内といった限定された空間内での移動行動を把握するためには、トリップの分解能では捉えきれないミクロな空間行動をデータ化し、移動経路や滞在時間などについてより詳細な分析を行う必要があるからである。このスケールでの空間行動は、建築学などでも特定施設内の人の流れ調査・解析という形で行われてきたが¹⁾、きわめて多数の人々が入り出る空間で行われている事例は希であるし、またその施設を訪れる人々の人数や属性変動と結びつけて解析しているものはほとんどない。しかし、群衆の動きなどをマイクロシミュレーションとして表現する手法が開発され、次第に実際の流動パターンを説明しようとするモデルも増えて来るにつれ、

そうしたモデルに境界条件を与えるために利用されている事例が登場してきた²⁾。駅来訪者のいわばネットワークレベルの変動や流動パターンと、駅空間における人々のミクロな空間行動をつなぐものとして注目できる。

しかし、このスケールにおける従来のデータ収集は観察を主体としており、多くの人を訪れる駅のような空間を対象に調査することは、手間やコストがかかるほか、膨大なデータのハンドリング、解析が困難であった。近年、こうした比較的狭い空間における移動者の行動をセンサによって計測する手法が開発されている。朝倉ら³⁾や岡本ら⁴⁾は、PHSベースのPEAMONシステムを用いて、中心市街地や商業施設などにおける買い物客の行動を計測する手法を提案している。またGPSや携帯電話の受信電波の電界強度や電子杭を利用した位置計測技術も検討されている⁵⁾。しかし、これらは特定の被験者の動きを追跡するものであり、来訪者を網羅的にトラッキングし、場所や時間帯に応じた特性が見えるような形で計測した例はない。

そこで本研究では、JR1万人調査データからネットワークレベルでの駅の来訪者特性の時間帯変動を把握すると同時に、駅構内における移動者のミクロスケールの空間行動を計測する手法を開発・適用することで、両スケールを連携させながら移動者の行動を時間的、空間的に再現し、行動特性を明らかにすることを試みる。

*キーワード：歩行者，レーザースキャナー，トラッキング

**学生員，環修，東京大学新領域創成科学研究科

(東京都目黒区駒場4丁目6番地1号 Cw-501,
TEL:03-5452-6417, E-mail:kitazawa@iis.u-tokyo.ac.jp)

***正会員，工博，東京大学空間情報科学研究センター，
(東京都目黒区駒場4丁目6番地1号 Cw-501,
TEL:03-5452-6417, E-mail:chou@skl.iis.u-tokyo.ac.jp)

****正会員，工博，東京大学空間情報科学研究センター，
(東京都目黒区駒場4丁目6番地1号 Cw-501,
TEL:03-5452-6412, E-mail:shiba@skl.iis.u-tokyo.ac.jp)

2. 研究方法

(1) 方法

JR10000人調査(98年)のトリップデータ及びフェースデータより、JR恵比寿駅の利用者を時間帯ごとに分類し、鉄道ネットワークレベルでの移動者特性や駅空間の利用目的などを整理した。ミクروسケールの行動に関しては、恵比寿駅構内のコンコースという多様な活動パターンが複合的に存在する状況を計測した。計測は、それぞれの移動者の位置データをレーザーセンサにより連続的かつ面的に取得することによって行われる。詳しい内容は次項で述べる。計測データにより再現された軌跡を基に、歩行状況とその時間変化を整理した。具体的には、時間帯別の歩行者数、歩行スピード、滞留者の発生する場所を特定した。両者から得られた空間行動データより、人の移動の変化を時空間的にとらえ、頻出する移動-活動パターンを抽出した。

(2) 計測実験

(a) 概要

2003年2月21日始発時刻～2月22日24時にかけて、JR恵比寿駅構内の東口コンコースにてレーザーセンサ3台による計測実験を行い、歩行者の移動状況を調べた。センサにより移動体の空間座標を取得し、そこから歩行者を抽出してその歩行軌跡を視覚化した。

(b) 使用センサ

機種 LD-AMaker: IBEO Lasertechnik 2台
SICK 291 1台

仕様 10Hz、1080 points/270° 到達距離 70m
センサの形状・設置形態は図1に示す。センサは床置き式で、歩行者の安全確保のため、操作用のコンピュータと共に折り畳み式のイスの下に設置した。

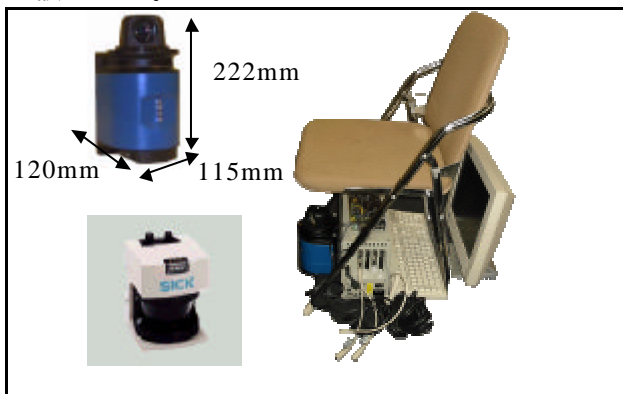


図 - 1 センサの形状と設置形態

(c) センサの配置

JR恵比寿駅東口改札前のコンコースに3台のレーザーセンサを配置した(図2)。それぞれ改札横、駅ビル商業施設の入り口前、切符売り場前を計測しており(図3)、3台のセンサからのデータを同期させることでコンコースの8割以上のエリアをカバーできる。ただし、柱など障害物の存在の他に、人がセンサの前に立ったりすることによって一時的に隠蔽部が増加する可能性がある。

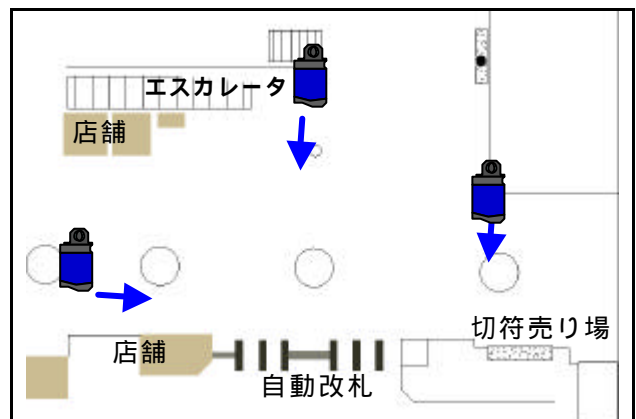


図 - 2 センサの配置



図 - 3 計測エリアの状況

(d) データ取得

各レーザの頭部が回転しながらパルスを発射する。物体に当たって戻ってきた反射パルスをセンサ部が検知し、反射時刻と反射された点群の位置情報をもとに、点群のクラスタリングを行い、歩行者を抽出する(図4)。一組の足とみなされる点クラスタの連続した空間座標を一人の歩行者の移動軌跡としてトラッキングする。

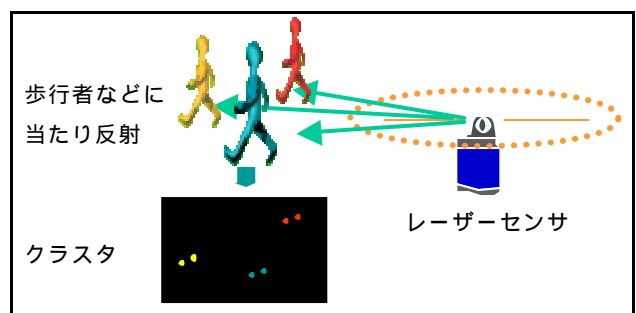


図 - 4 レーザーセンサによるデータ取得

3. 結果

(1) グローバルな空間行動パターン

10000人データより、平日と週末、休日と非休日、曜日ごとに分けて0時から24時まで1時間刻みの時間帯別にJR恵比寿駅利用者（乗車・降車とも）を抽出した。降車した人の抽出の際、トリップの目的が「乗り換え」である人は改札を出ていない可能性が高いため除外した。本研究では、駅構内でも改札口周辺の人動きを対象としているためである。その結果、平日の降車人数において朝8時から9時の間にピークがあることがわかった。5日間のいずれにおいてもこのピークが見られる。また金曜日のデータにおいては17時から18時の間の小ピークが特徴的であった。図5に、時間帯別恵比寿駅降車人数（改札を出て目的地に向かった人）の平日合計値を示す。

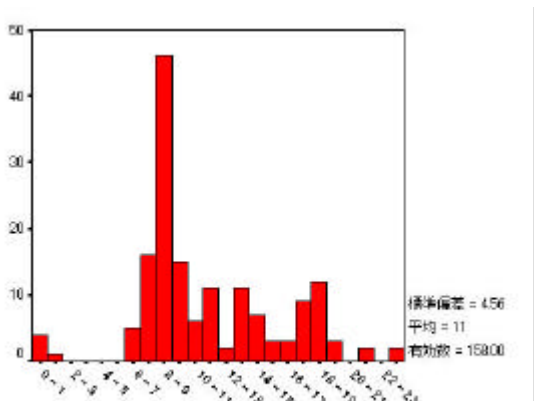


図 - 5 恵比寿駅降車人数（平日合計）

時間帯別に来訪目的を調べたところ、この第一のピーク周辺の時間帯には通勤目的の降車が多いことがわかった（図6）。

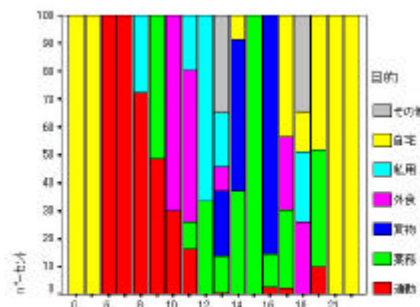


図 - 6 平日・時間帯別 降車目的

サンプル数が少ないため統計的検定は行えなかったが、この時間帯に降車した人の大半が定期所持者であったため、平日朝7時～9時の利用者の多くは通勤客と考えられる。当日が各移動者にとって休日か非休日かによる違いは見られ

なかった。また曜日別にトリップの目的の内訳を調べた。週末の降車人数は2日間で30人ほどであったため、統計的に有意とは言えないものの、降車目的のうち通勤や業務の占める割合において平日と週末との間に著しい差が見られた（図7）。週末にかけて外食や買い物目的の来訪者が増えている点は、商業施設などの多い恵比寿の街の特性を示すものと言えよう。

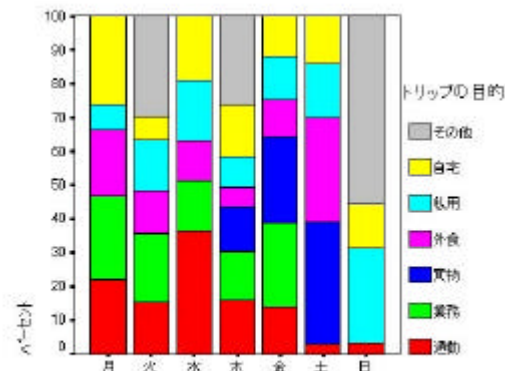


図 - 7 曜日別降車目的

次に恵比寿駅から乗車した人をトリップデータより抽出した。平日を曜日ごとに見ると、いずれも乗車人数のピークは17時から21時の間にあり、この時間帯に発生するトリップの大半は通勤（帰宅）目的であることがわかった。

表 - 1 性別トリップ目的の内訳

目的	性別		(人) 合計
	男性	女性	
通勤	85	14	99
業務	18	4	22
買物	1	5	6
外食	9	5	14
自宅	5	13	18
その他	11	15	26
合計	1	2	3
合計	130	58	188

次に、利用者の属性について整理した。恵比寿駅の利用者においては男性の比率が高く、平日と週末とで、利用者の性別の内訳に統計的に有意な差（有効水準5%、両側検定）が見られた。年代を調べたところ、男性は20代から50代までほぼ均等に分布しているのに対し、女性は20代が半数であった。職業を性別に分類したところ、男性では勤め人が半分以上を占めており、女性では学生、パート、無職等の比率が高かった。性別の恵比寿来訪目的の内訳として、男性では通勤・業務比率が高く（65%）、女性では通勤・外食が20%ずつという点に特徴が見られる（表1）。

(2) ローカルな空間行動パターン

計測実験で得られた空間データを時系列的に整理した。軌跡データの他、実験エリアを 10cm メッシュに区切り各メッシュの被通過回数を算出した。その際データ取得時間の開始後 5 分間の値を代表値として用いた。図 8 は金曜日の抽出軌跡数の時系列変化である。青は計測軌跡の総数、赤は 1 分間で 5 m 以上移動していない（滞留）状態が含まれる軌跡の数を示す。

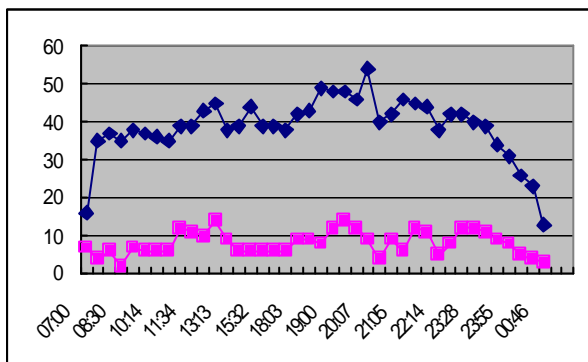


図 - 7 計測された軌跡 (総数・滞留)

金曜日の実験で得られた軌跡数・滞留者数の計測値を、手動人数カウント値と比較したところ、実際の人数に比べ少なくとも 30% 程度の計測もれがあることがわかった。これは、今回の計測実験ではセンサ間の無線通信の障害により各センサのデータをマージすることができなかつたためである。その結果、計測エリアに生じる隠蔽部分が多くなってしまった。そのため、移動者人数や滞留者の発生の時系列的増減はこのデータのみでは正確に捉えられず、セルを対象とした平均値検定などを行うことはできない。そこで本研究では計測できた範囲で、隠蔽比率を考慮した各セルの被通過回数と軌跡データとを可視化した。この画像を用いて、時間帯・曜日の比較を通じて行動傾向を調べた (図 8)。

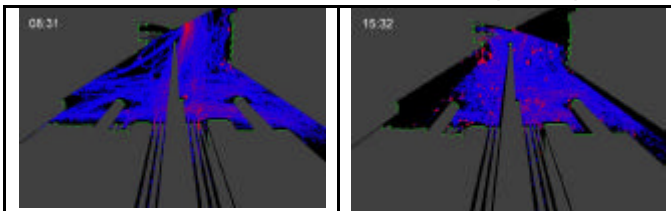


図 - 8 各メッシュの被通過率 (平日、早朝・午後)

時間帯で見ると、早朝は東口正面出口と改札間に乗降客の流れが見られる。午前中はエリア全体に人が多いが、通勤時間の 8 時半時点では平日には改札口付近と東口正面付近に集中した流れが見られる。主要な動線としては東口と改札、改札とガーデンプレース出口を結ぶ線があ

る。午後からは商業施設入り口周辺が混雑する。グローバルな空間行動傾向で示された通勤ラッシュと午後の買い物客の来訪を示すものと言える。また平日・休日共通の傾向として、滞留人数が少ないうちは壁や柱沿いに滞留が見られた。滞留人数が多くなっていくにつれ、中央部への滞留が発生する。図 9 は平日朝 8 時の駅構内での歩行速度の分布である。改札から出てくる高速度の人の流れや、柱周辺の低速度帯、東口へ向かう動線などが見られる。

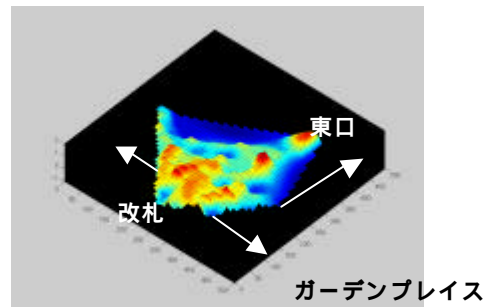


図 - 9 計測された軌跡 (総数・滞留)

4. 結論と今後の課題

本研究では、JR1万人調査データから駅への来訪者の人数や特性の時間変動を把握するとともに、駅構内における移動行動を計測し、空間行動全般の時間的、空間的な再現を試みた。データ不備により、空間データについては画像視認に基づく傾向抽出のみを行い、行動特性を明らかにするには至らなかった。今後の課題は正確なデータを取得できるように計測手法を改善し、計測空間における被通過率の分布や歩行速度の場の分布に関して分析を進めることである。

参考文献

- 1) 岸場正時、今井正次、中井孝幸：図書館の配架方法と館内行動 - 動線からみた図書館計画に関する研究 - , 日本建築学会大会学術講演梗概集 E-1, PP439-440, 1995
- 2) 服部正太, 木村香代子, 西山直樹：ターミナル内における移動シミュレーション, 構造計画研究所ワーキングペーパー No. 8 2003/06/05現在、<http://www2.kke.co.jp>より入手可能
- 3) 朝倉康夫, 羽藤英二, 大藤武彦, 田名部淳：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 / I V-48, pp.95-104, 2000
- 4) 岡本篤樹, 朝倉康夫, 内田敬, 近藤勝直, 田名部淳：PHS システムを用いた狭域での消費者回遊行動追跡のための位置特定手法, 土木計画学研究・講演集 Vol. 26, CD-ROM .
- 5) 小西勇介：自律方式による歩行者用ポジショニングシステムの開発, 東京大学工学系研究科社会基盤工学専攻 2000年度修士論文