

## 駅空間マーケティングのための移動者の空間行動計測と分析

東京大学・空間情報科学研究センター

北澤 桂

趙 卉菁

柴崎亮介

### 1 研究の背景と目的

今日、駅空間は乗車・降車や乗り換えなど単に交通行動の場にはとどまらず、休憩・時間つぶしからショッピング、飲食、待ち合わせ、広告・販売活動まで様々に利用されている。しかもその形態は朝の通勤ラッシュから夜の酔客の帰宅、ホームレスの夜明かしまで時間と共にダイナミックに変化する。平日・休日の差も大きい。

こうした様々な利用形態が、駅空間のどのような場所においてどのように展開されているのかを、場所（空間特性）別、時間帯別に定量的に把握することができれば、さまざまな利用形態を駅空間の中でうまく共存させることができる。言い換えれば、互いが相乗効果を発揮し不必要な干渉を最小とするように、多様な機能を限られた駅空間に盛り込むことができる。すなわちそのポテンシャルを最大限に発揮させるような駅空間の「マーケティング」を成功させることができると考えられる。

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を明らかにする。
- 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を明らかにする。

前者に関しては、これまで様々な調査が行われてきた。そ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。典型的なパーソントリップ調査では、個人の一日の空間行動は、目的の比較的はっきりした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。新駅の建設や鉄道ダイヤのプランニングなどにおいては、ゾーン単位でのOD表やそれに基づく総移動量の予測が必要であり、トリップを単位とするこうしたアプローチが適している。駅空間のデザインという視点から見ると、条項客数や乗り換え客数の想定といった人の流れの処理能力に関わる調査であったと言える。

いうまでもなく、このようなパーソントリップ調査に代表される大規模なアンケート形式の交通行動調査は、比較的狭い空間を対象とした移動者の利用状況を把握するためには、直接は利用できない。駅構内や駅ビル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、トリップとして分解された際に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。

しかしながら、こうしたミクロスケールの人間流動もその駅を訪れる人々の人数や属性、来訪目的が時間や曜日により変化することで、大きな影響を受ける。人々のミクロ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線調査・解析という形でよく行われてきたが（岸場 1995）、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、近年、CGの分野を中心に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、次第に実際の群衆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、そうしたマイクロシミュレーションモデルに境界条件を与えるために利用されている事例（服部、2000）が登場してきた。これは、調査より得られた移動数データは、鉄道事故発生時の駅ホームにおける移動者の空間行動シミュレーターなどに応用しているものであるが、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。こうした連携が可能となれば、服部らの研究が目指しているように、鉄道事故が発生して沿線の各駅に人が滞留し始めたときに、各駅での人々の誘導や情報提供、それらと連動した出入り口などのオペレーションをどのようにすればよいのかについてより適切な判断の支援ができる。また、イベント時の乗降客のスムーズで安全な誘導から、駅空間の複合利用、例えばホットスポット+カフェ、Kinko'sなど都市的な個人サービスを複合的に展開する際の場所の選定、空間デザインから需要予測までカバーできると期待される。

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、多くの人が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、確かに、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（2000）や岡本（2002）は、PHSをベースとした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。また一般的に用いられているGPSの他、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（小西、2000）。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。

特に、ミクロスケールの行動計測においては、駅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、それぞれの移動者の位置データをレーザセンサにより連続的かつ面的に取得することによってデータ化する。連続した空間座標として得られる移動軌跡データより、人の滞留、移動パターン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する。こうした人々の流動、空間行動を客観データに基づいて把握することで、状況や時間帯に応じて駅空間を複合的、効率的に利用するための空間マネジメントを支援できると考えられる。

## 2 研究方法

### 2.1 方法

JR10000人調査(98年)のトリップデータより、JR恵比寿駅(構内)の利用者を時間帯ごとに分類し、移動者の特性や駅空間の利用目的などを整理した。

#### 使用データ

- トリップデータ(乗車駅・時刻・降車駅・時刻、乗り換えの有無・目的)
- 駅の構内での行動
- フェースデータ

#### 分析の流れ

- トリップデータより、対象駅の利用者を抽出
- フェースシート項目より利用者の属性を整理
- 平日・休日、時間帯別に利用者数を整理
- 平日・休日、時間帯別に、利用者の属性および利用目的を整理

JR恵比寿駅構内にて計測実験を行い、歩行者の移動状況をセンサを用いて計測して歩行軌跡を視覚化した。またこの軌跡データを基に、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。計測実験の内容は次項で述べる。

### 2.2 計測実験

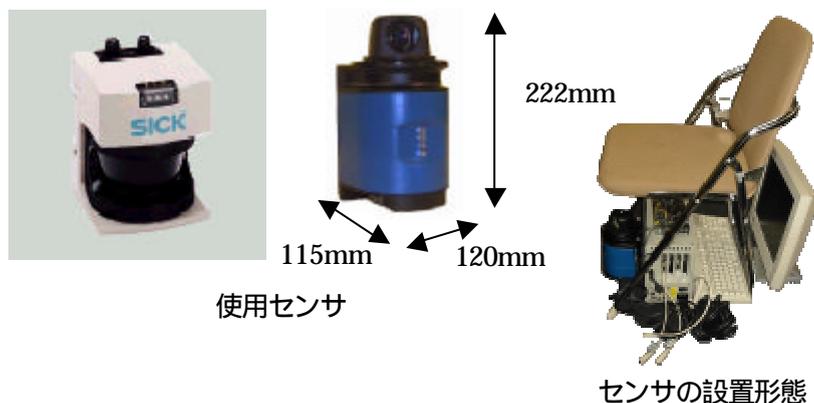
#### 計測時間帯

2003年2月21日始発時刻～2月22日24時

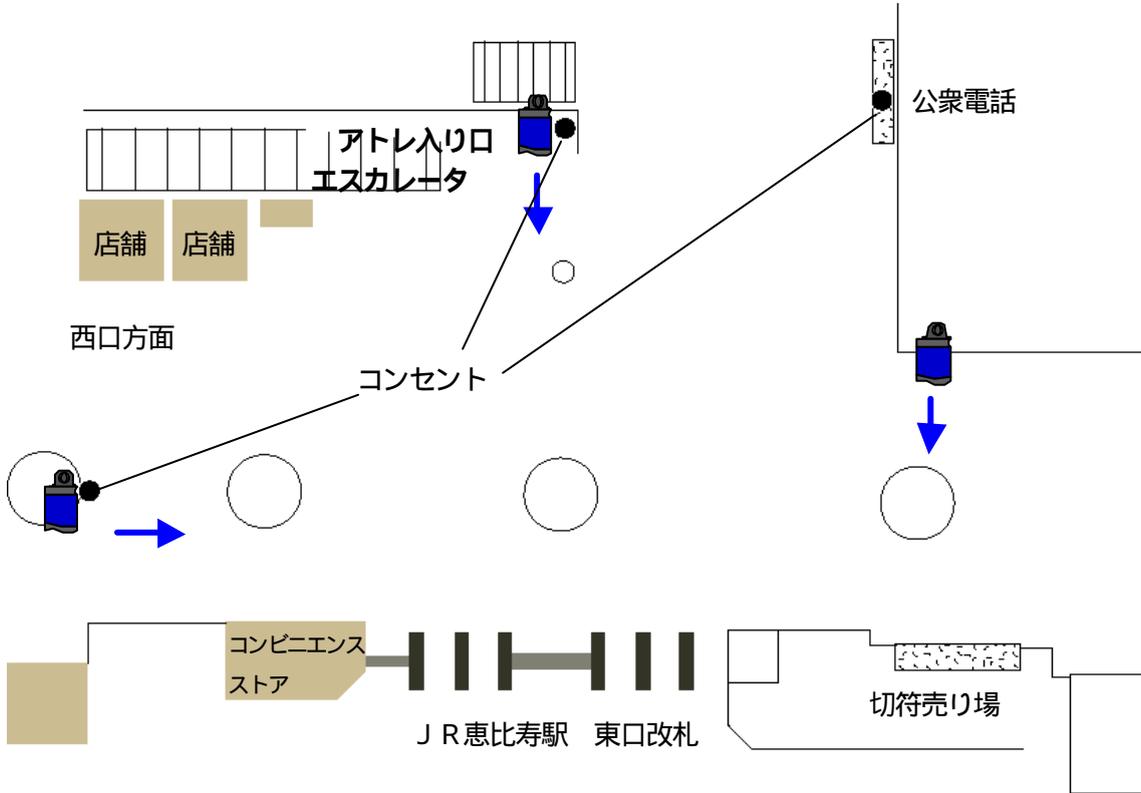
#### 使用センサ

3台のレーザースキャナを用いた。

機種 LD-AMaker: IBEO Lasertechnik、SICK 291  
(10Hz、1080 points/270°、最大到達距離 70m)



実験サイト JR 恵比寿駅東口改札周辺



→  
現地の状況 (改札周辺)



図中



図中

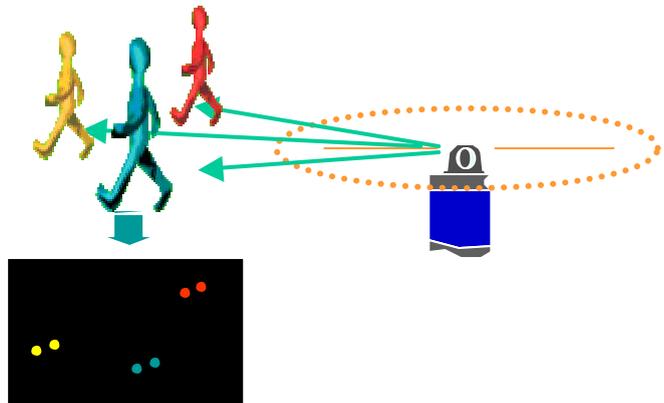


図中

取得されるデータ

レーザのパルスの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。

各歩行者の移動軌跡は、連続した空間座標で表される。



### 3 結果

#### 3.1 恵比寿駅利用者の時間帯別特性

##### 3.1.1 時間帯別利用者数と来訪目的

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2、図3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）の平日合計値と金曜日の値を示す。

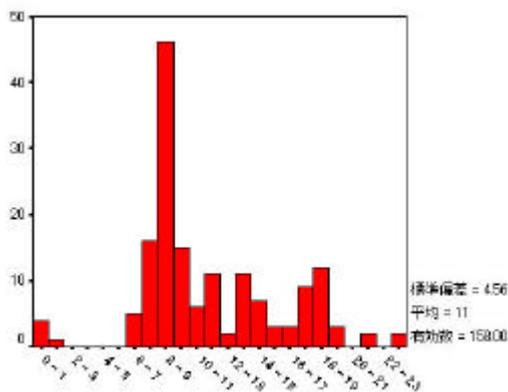


図2：平日合計・時間帯別 恵比寿駅降車人数

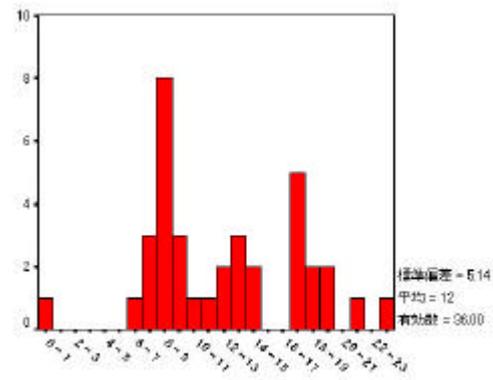


図3：金曜日・時間帯別 恵比寿駅降車人数

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4）。さらに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、金曜日夕方の小ピークは外食目的の来訪者によるものと推測される（図5）。レストランなどの多い恵比寿の街の特性を示すものと言えよう。

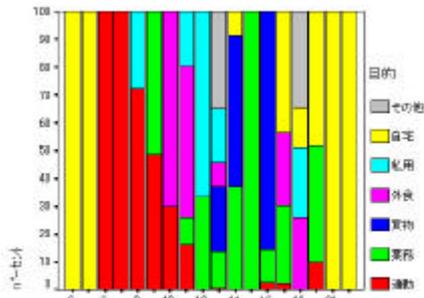


図4：平日・時間帯別 降車目的

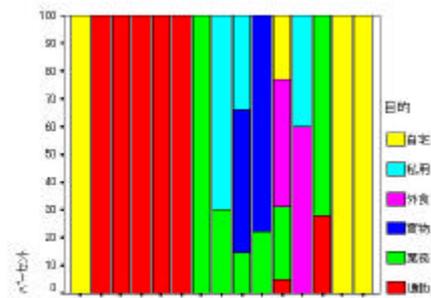


図5：金曜日・時間帯別 降車目的

週末の降車人数は2日間で30人ほどであったため、統計的に有意ではないものの、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6)。週末の降車目的を時間帯別に示したのが図7である。朝方に通勤目的の発生が見られるのは、当日が非休日であった利用者によるものである。

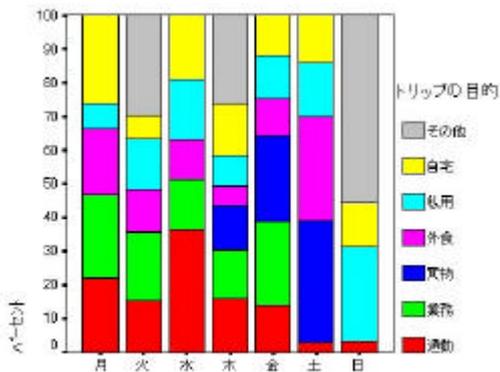


図6：曜日ごと降車目的

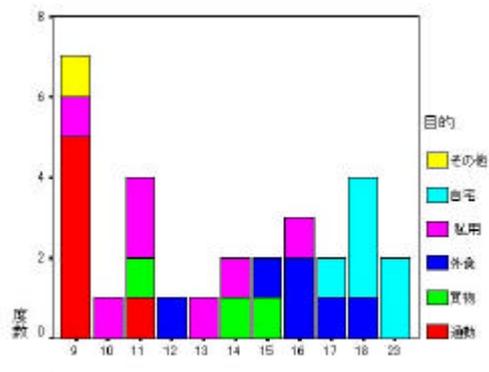


図7：週末・時間帯別 降車目的

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。この際、恵比寿の街から駅に来て電車に乗った人(改札を通った人)のみを選択した。平日5日間を曜日ごとに見ると、図8に示されるたものと同様に、いずれも乗車人数のピークは17時から21時の間にあった。恵比寿から発生したトリップ及びそれ以降のトリップ(乗り換えた先)の目的内訳より、この時間帯に発生するトリップの大半は通勤目的であることがわかった。これは通勤者の帰宅時間に相当する。図9は週末の恵比寿駅乗車数である。乗車目的は買物やその他、乗り換えた後に帰宅するものが多かった。少数サンプルのため、目的の内訳についての統計的検定は行っていない。

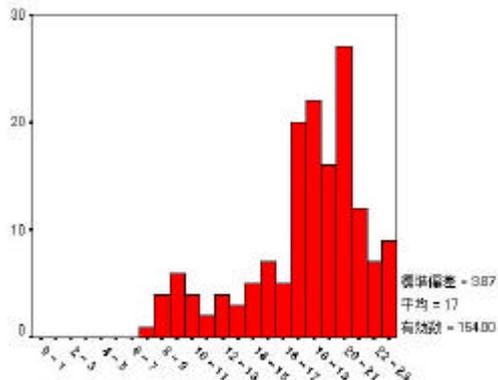


図 8：平日合計・時間帯別 恵比寿駅乗車人数

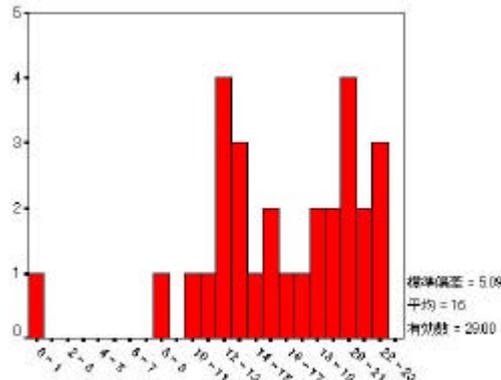


図 9：週末合計・時間帯別 恵比寿駅乗車人数

以上より、恵比寿駅は主に通勤客による平日の利用が多く、平均的な通勤時間帯のラッシュによって特徴づけられる。金曜日の夜や平日午後および土曜日の昼間には、数はそれほど多くないが外食や買い物目的の利用者が見られる。

### 3.1.2 時間帯別利用者属性

まず恵比寿駅の乗降客全てについて、属性を分類した。

恵比寿駅の利用者においては男性の比率が高い（表 1）。

また平日と週末とで、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。

	性別		合計
	男性	女性	
平日	226	86	312
週末	30	29	59
合計	256	115	371

表 1：平日と週末における来訪者性別

利用者の性別を年代ごとに調べたところ、内訳に著しい差が見られた（図 10）。（サンプル数不足のため、統計的に有意とは言えなかった。）

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 代が半数を占めている。

利用者の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。

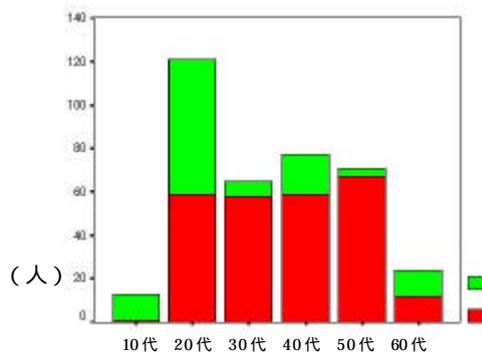


図 10：恵比寿駅利用者の性別年代内訳

次に、恵比寿駅利用者の属性の変化を時系列的に整理した。図 11・12 に平日と週末それぞれの時間帯別性別内訳（降車した人のみ対象）を示す。時間帯による性差は見られなかった。乗車した人の内訳においても、時間帯ごとの比率に大きな差は見られなかった。上述の性別職業比率は恵比寿駅で降車する男性のトリップにおける通勤・業務目的の比率の高さ（表 2）と関連しており、平日と週末における来訪者の性差より、と同様恵比寿駅の利用状況は平日の男性通勤客の多さという点で特徴づけることができる。

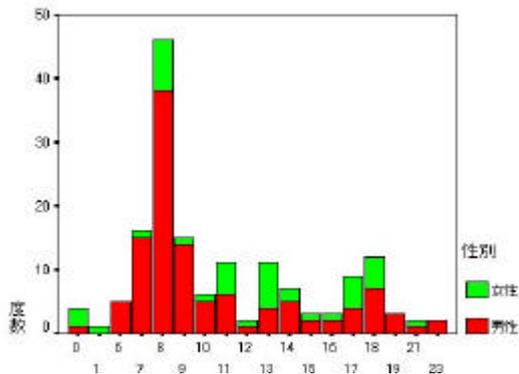


図 11：平日・時間帯別 利用者（降車）性別内訳

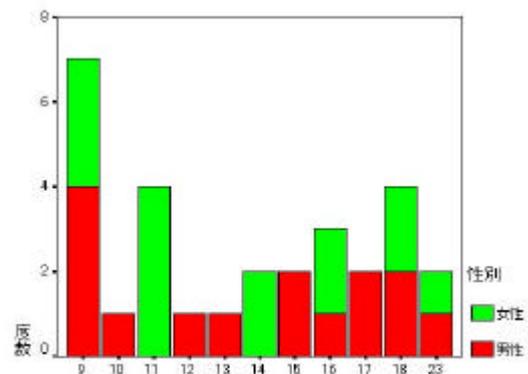


図 12：平日・時間帯別 利用者（降車）性別内訳

度数	性別		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
外食	5	13	18
自宅	11	15	26
その他	1	2	3
合計	130	58	188

表 2：恵比寿駅利用者（降車）における性別トリップ目的の内訳

サンプル少数のため、カテゴリ間の独立性は検証できなかった。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。

### 3.2 駅空間内滞在時間および滞在可能性

駅利用者が駅空間内にどの程度長く滞在するかを2種類に分けて抽出し、その傾向を調べた。

#### 3.2.1 乗り換え

ホーム上もしくは改札内での滞在、路線から路線への移動に関しては、トリップデータより鉄道利用者のうちの乗り換え客に着目し、駅到着時刻と出発時刻の差を乗り換え時間として抽出した。各鉄道や路線ごとのダイヤの影響を排するため、JR 山手線の主要3駅（新宿・渋谷・品川）と恵比寿駅のみに対して分析を行った。また、分析の際には負の値のみ不良データとして除外した。乗り換え時間の非常に長いデータも見られるが、近年の駅構内施設の充実を考慮し除外しなかった。表3に乗り換え時間の概要を示す。いずれの駅においても乗り換え時間のモードは5分間であった。また乗り換えの大半（95%）が20分以内に行われている。恵比寿以外の駅は大規模なターミナル駅であるが、歩行速度を考えてもこの値は妥当であろう。本研究で用いたデータはトリップを単位としているため、乗車前及び降車後の駅滞在の詳細まではわからない。しかし20分を越える乗り換え時間に関しては、待ち合わせなどを含む駅構内での滞在を行っていると考えられることも可能である。

駅名	最大	最小	平均	標準偏差	95%	99%
新宿	617	0	8.96	20.84	20	60
渋谷	340	0	6.98	13.68	15	30
品川	360	0	7.70	16.90	15	40
恵比寿	40	1	8.07	16.90	15	30

表3：JR 主要ターミナル駅と恵比寿駅における乗り換え時間

#### 3.2.2 一般的な待ち合わせ利用傾向

駅構内やホームでの行動に関して「待ち合わせをする」と答えた人を抽出し、その行動パターンや属性を分類した。まず一般的に「駅を待ち合わせに使う」人は全利用者中の約27%であった。次に待ち合わせをする人とならない人との間に、調査期間中のトリップにおいて差が見られるかどうかを以下の項目について調べた。

### トリップの時間帯

内訳にほとんど差はなかった。

### トリップ目的の内訳

トリップに占める目的比率はほぼ同じであった。(図13)  
外食や買い物目的のトリップと「待ち合わせ」をよくすることとは無関係と言える。

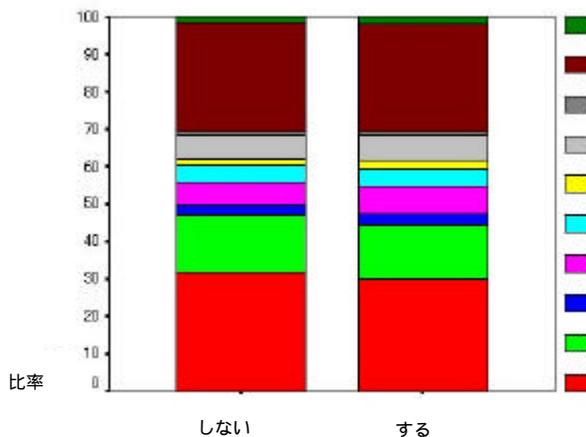
### 属性

年代別に見たところ、「待ち合わせをする」と答えた人の比率が20代において高かった(20代の回答者全体の26%が「待ち合わせをする」待ち合わせをすると回答した人の30%が20代)。またクロス表をもとに行った検定の結果、有意水準1%(両側)で有意な差が見られた。

性別で見ると、女性の方が駅空間を待ち合わせに使うことが示された(表4)。こちらも有意水準1%(両側)で有意な差があった。今回のデータではわからないが、一般的に女性の外出機会において友人などと複数で出掛けることが多い傾向との関連が考えられる。

### 乗り換え時間の長さ

乗り換え時間の分析で用いた主要3駅と恵比寿駅、東京駅、池袋駅の利用者に対して、待ち合わせ(する・しない)と乗り換え時間の長さの関連性を調べた。T検定及び長時間の乗り換え時間(30分以上・60分以上)の有無についての対数線形分析を行ったが、統計的に有意な差は見られなかった。



度数	性別		合計
	男性	女性	
しない	71677	42628	114305
する	17270	13479	30749
合計	88947	56107	145054

表4：性別 待ち合わせ利用の有無

図13：待ち合わせ利用の有無別 トリップ目的比

### 3.3 空間データ

計測実験で得られた空間データを時系列的に整理した。まずセンサデータより各移動者の歩行軌跡と、実験サイトエリアを 10cm メッシュに区切り、メッシュごとの被通過回数（どれだけその場所を人が通ったか）を算出した。今回の計測実験では完全に連続的な計測ができなかったため、各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 15・16 は、それぞれ計測が 3 月 21 日（金曜）・3 月 22 日（土曜）の抽出軌跡数の時系列変化を示している。青線で示されているのが軌跡の総数である。赤線は、1 分間で 5 m 以上移動していない（滞留していると考えられる）状態が含まれる軌跡の数を示す。

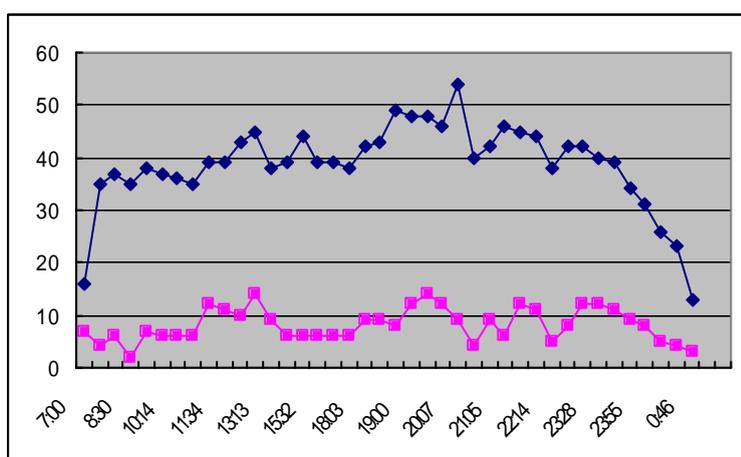


図 13：金曜日の歩行軌跡

金曜日の計測では、計測値より抽出された移動者数の最大値は午後 8 時過ぎの 54 人である。

また滞留者数の最大値は正午過ぎ（12:39）と午後 7 時過ぎの 14 人であった。

早朝（7 時）の滞留者は実験者がセンサのチェックをしたため発生した。

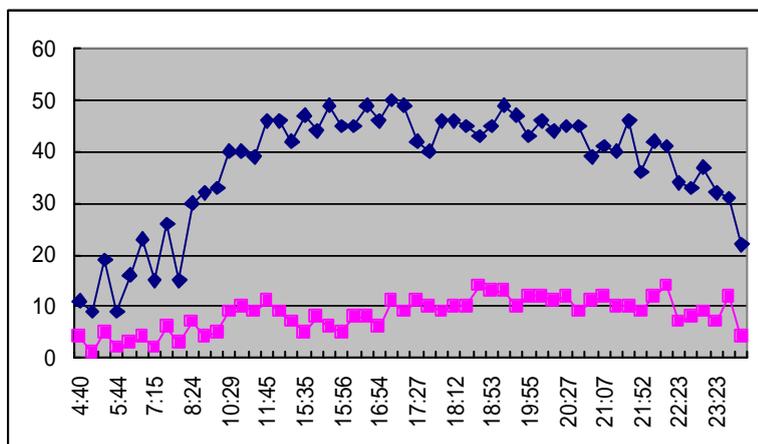


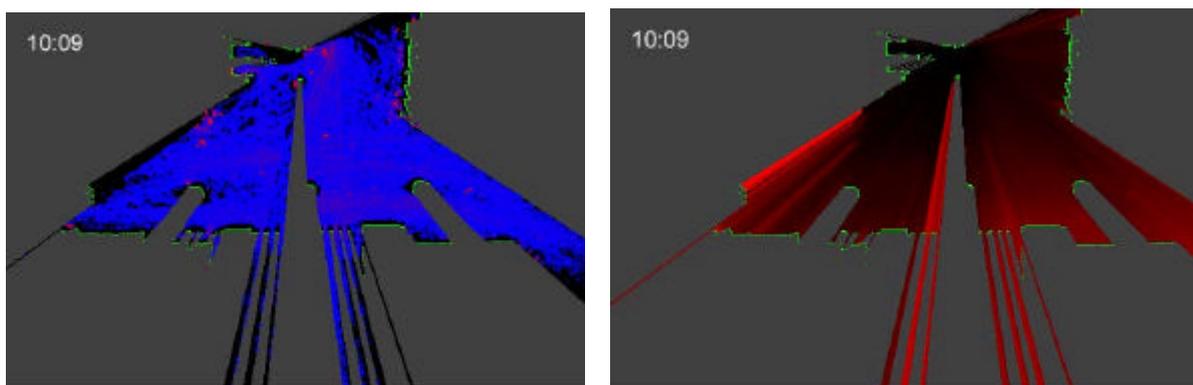
図 14：土曜日の歩行軌跡

一方、土曜日の計測でも、それほど際立った違いは見られない。移動者数は 17 時頃に 50 人というピークに達する。滞留者は夜 10 時にかけて徐々に増加している。

この計測値を、目測による手動人数カウントから得られた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。

この理由として次のことがあげられる。今回の計測実験では、3 台のセンサによる同時計測によって、移動者の数が多い場合でも実験サイトエリアの 9 割以上をカバーできる予定であった。しかし、実験中に無線通信の障害が生じたため、3 台のレーザーセンサがそれぞれ取得したデータをマージ

することができなかった。その結果、計測エリアに生じる隠蔽部分（計測不能部分）が多くなってしまった（図 15）。こうした隠蔽部分は柱や壁によるものと、移動者そのものの陰になってしまうものとに分けられる。左図は午前 10 時 9 分から 5 分の間に人が通った場所を示している。滞留の見られたセルのみ赤く表示されている。このデータが計測された時間帯における、各セルの隠蔽率を示したのが右図である。柱や壁による隠蔽部は実験を通じて変わらない（右図中、グレーで示された部分）。しかし、移動者そのものの陰になってセンサから見えなくなる部分は、その時々移動者の動きによって変化する。赤色の濃度は 5 分間に対する各セルの被隠蔽時間比率の高さを意味している。滞留者が発生したセル以遠のエリアは、正確に計測できていないことがわかる。



上述の通り、計測空間における隠蔽部の問題より、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ない。そのため、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。そのため、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。それら画像を用いて、時間帯・曜日ごとの比較を通じて利用状況の大きな傾向を調べた（図表 1）。

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 時半時点では平日である金曜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。この周辺は混雑率の高い部分といえる。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。午後からはアトレ入り口エスカレータ周辺に滞留が見られるようになる。

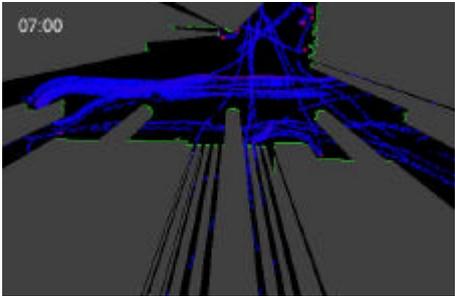
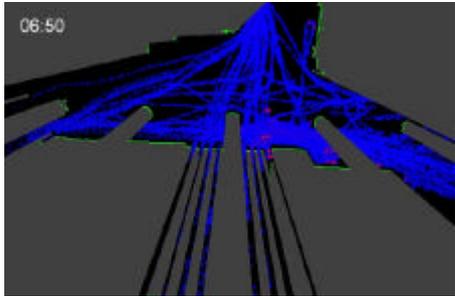
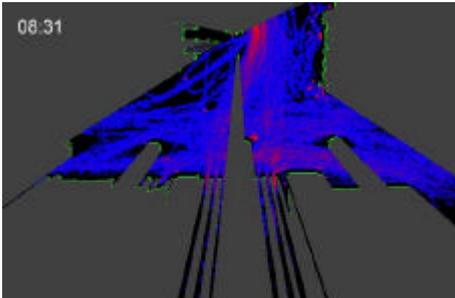
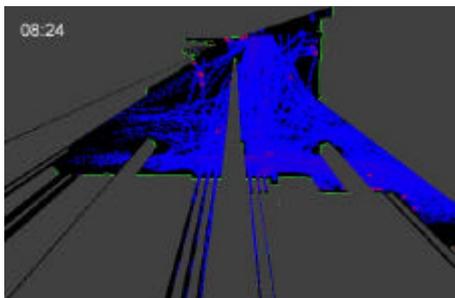
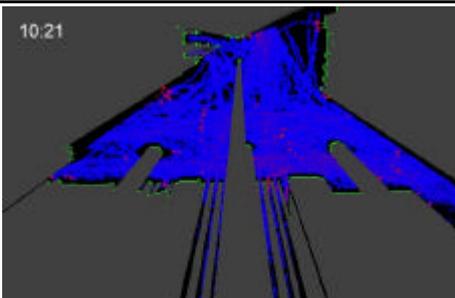
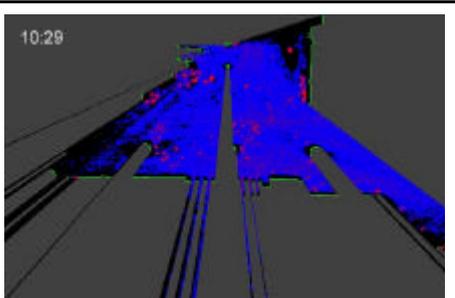
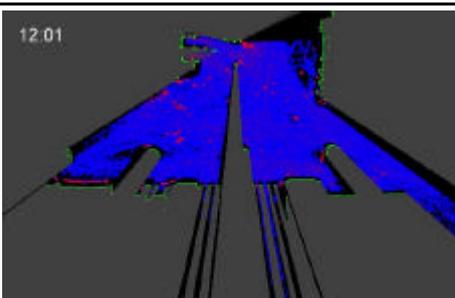
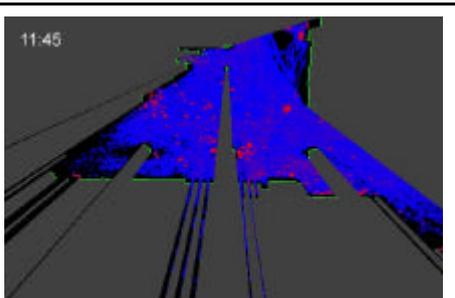
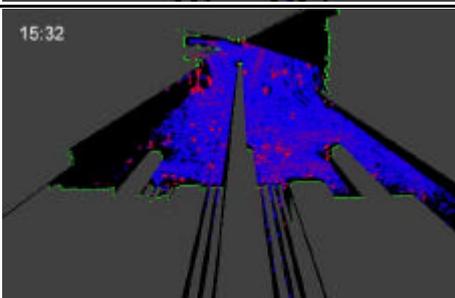
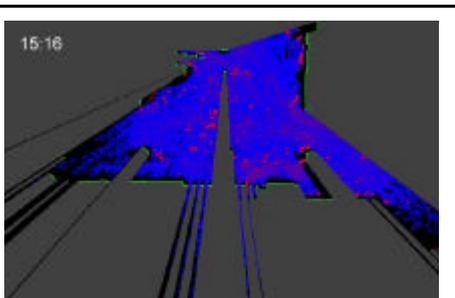
共通の傾向として、滞留人数が少ないうちは壁や柱沿いに滞留が見られる。滞留人数が多くなっていくにつれ、徐々に柱や壁から離れてエリアの真ん中に出ていくようになり、従って改札に近づいている。

#### 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の来訪者特性の時間変動を把握し、滞留者の発生可能性について考察した。また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し時間的、空間的な再現を試みた。データ不足のため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することである。将来的な分析としては計測空間における移動者の分布や歩行速度の場の分布などを用いることで、時間・空間特性をより詳細に把握することが必要である。

時間帯	セルの被通過状況（金）	セルの被通過状況（土）
午後 （ 2 ）		
夕方		
夜（ 1 ）		
夜（ 2 ）		
深夜		

図表 1（ 続 ）: 時間帯別・セルの被通過状況（曜日比較）

時間帯	セルの被通過状況（金）	セルの被通過状況（土）
早朝	07:00 	06:50 
午前中 （ 1 ）	08:31 	08:24 
午前中 （ 2 ）	10:21 	10:29 
正午	12:01 	11:45 
午後 （ 1 ）	15:32 	15:16 

図表 1 : 時間帯別・セルの被通過状況（曜日比較）

## 5 参考文献

### [岸場 1995]

岸場正時、今井正次、中井孝幸 (1995)

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, PP.439-440

### [服部 2000]

服部正太, 木村香代子, 西山直樹 (2000)

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

2003/03/24 現在、<http://www2.kke.co.jp> より入手可能

### [朝倉 2000]

朝倉康夫, 羽藤英二, 大藤武彦, 田名部淳 (2000)

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.

### [岡本 2000]

岡本篤樹, 朝倉康夫, 内田敬, 近藤勝直, 田名部淳 (2002)

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 .

### [小西 2000]

小西勇介 (2000)

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

2003/03/24 現在、<http://shiba.iis.u-tokyo.ac.jp/~konishi/res/positioning.html> より入手可能