Vol.2009-ITS-37 No.5
2009/6/12

移動軌跡データを活用した鉄道利用者の交通行動把握

鯉渕正裕† 加藤勲†

携帯電話型のプローブデータ収集機器『PhoneGPS』を用いて鉄道利用者を対象にプローブパーソン調査を実施し，鉄道利用者の交通行動把握におけるプローブデータの活用の可能性について検討した．

調査の結果，混雑回避のための列車選択行動や輸送障害発生時の迂回行動，駅へのアクセス・駅からのイグレス経路の選択行動，帰宅途中の立ち寄り・買い物行動について，移動軌跡データより把握することが可能であることが検証できた．

Traffic Behavioral Survey Using Probe Data

Masahiro Koibuchi† and Isao Kato†

This paper presents an overview of the probe-person survey. The purpose of this survey is to study the possibility of using probe data collected by “PhoneGPS” that is a GPS-equipped mobile phone in order to observing railway passengers behavior.

The survey results that the location data collected by PhoneGPS shows railway passengers behavior such as taking a detour route for trains delay, accessing to station and stopping-off points on the way home.

1. 研究の背景と目的

鉄道の運行計画や施設整備計画，駅周辺を含めた都市開発を考える上で，鉄道旅客の旅行実態を把握し，個々の駅の利用者数や OD（乗車駅と下車駅），移動経路，駅へのアクセス方法や駅から目的地までのアクセス方法等を把握することはきわめて重要である．以前より，こうした鉄道旅客の旅行実態を把握するための調査は，各種行政機関や鉄道事業者により行われており，代表的な調査としては，パーソントリップ調査をはじめとするアンケート調査や駅別乗降人員調査，列車別乗降人員調査などの調査員による実測調査が挙げられる．しかし，これらの調査の実施にあたっては，多数の調査員による多大な労力を必要とすること，調査コスト，調査から集計とりまとめまでのタイムラグ，取得したデータの信頼性など，問題点も少なくない状況にある．

近年，IC カード型の乗車券が急速に普及し，駅別乗降人員等のデータは従来よりも比較的容易に取得できるようになってきている．しかしながら，乗車駅から降車駅までの利用経路や出発地から駅までの交通行動，駅から目的地までの交通行動については，未だに把握することが困難となっている．

こうした中，人々の移動履歴を把握する手法として，GPS 技術を用いたプローブパーソン調査が近年注目されている．プローブパーソン調査は，数秒から数分間隔で緯度経度情報等（プローブデータ）を連続して取得することで，人や自動車の移動軌跡を把握することが可能であり，道路行政分野においては，渋滞発生状況の分析や旅行時間の算出等に用いられている．また，プローブデータ収集機器については，従来は GPS データを取得するための専用の端末が必要であったが，2007 年 4 月以降，第 3 世代（3G）携帯電話への GPS 機能の搭載が義務付けられており，今や「ひとり 1 台」という普及状況である携帯電話がプローブデータ等の収集ツールとして活用できる状況になっている．

本調査では，㈱三菱総合研究所が開発した携帯電話型のプローブデータ収集機器“PhoneGPS”を用いて鉄道利用者を対象にプローブパーソン調査を実施し，鉄道利用者の交通行動の実態把握におけるプローブデータの活用可能性に関する検討・検証を行った．

† 株式会社三菱総合研究所 社会システム研究本部
Mitsubishi Research Institute, Inc

ⓒ2009 Information Processing Society of Japan

表 1　各種調査手法の特徴比較

調査手法	調査頻度	1 回あたりの調査期間	データ集計期間	調査負荷	調査費用	取得可能データ	データ信頼性
アンケート調査	年に数回	基本的に 1 日	数ヶ月	大	高い	OD 経路	実際の行動との乖離は把握不可能
調査員による実測調査	年に数回	基本的に 1 日	数週間～数ヶ月	大	高い	駅別・列車別乗降者数	ほぼ全数把握
プローブパーソン調査	通年実施が可能	数日～数ヶ月	数日～数週間	小	安い	OD 経路	実際の行動をほぼ把握

2. 調査実施概要

本調査の実施にあたっては，東京急行電鉄㈱のご協力を得て，2007 年と 2008 年にそれぞれ調査を実施した．

(1) 調査実施期間

調査実施期間は以下に示すとおり，2007 年と 2008 年にそれぞれ約 1 か月間実施した．

①2007 年調査：2007 年 11 月 5 日（月）～11 月 30 日（金）
②2008 年調査：2008 年 10 月 20 日（月）～11 月 21 日（金）

(2) 調査モニター

調査対象者は，2007 年調査では東京急行電鉄㈱の社員及び㈱三菱総合研究所の社員とし，2008 年調査では東京急行電鉄㈱の電車モニターとした．

①2007 年調査：東京急行電鉄㈱社員 23 名，㈱三菱総合研究所社員 8 名　計 31 名
（東急田園都市線利用者）
②2008 年調査：東京急行電鉄㈱電車モニター32 名
（東急田園都市線鷺沼～青葉台，東急東横線武蔵小杉～横浜間に自宅の最寄り駅があり，日常的に鉄道を利用する方）

(3) 検証内容

調査では，鉄道利用者の交通行動のうち，以下に示す点について実態把握可能性の検証を行った．

・混雑回避に向けた列車変更／経路変更の実態
・輸送障害発生時の迂回行動の実態
・駅へのアクセス・駅から目的地までのイグレス経路の選択実態
・帰宅途中における立ち寄り・買い物行動の実態

(4) 調査内容

調査モニターには GPS 機能搭載の携帯電話型のプローブデータ収集機器“PhoneGPS”とインターネット上で移動軌跡データが閲覧可能な“Web ダイアリー”を用いて，移動軌跡データの収集と補足データの入力を行って頂いた．

①PhoneGPS による移動軌跡データの収集

PhoneGPS は，GPS 機能搭載の携帯電話にアプリケーションをインストールしたプローブデータ収集機器であり，一定間隔での緯度経度情報の取得機能に加え，予め設定した移動目的や利用交通機関の選択が可能となっている．また，取得した緯度経度情報は，携帯電話の内蔵メモリに蓄積し，データ取得終了時にサーバに送信する機能を有している．

移動軌跡データの収集は，ある目的を持ち出発地から目的地まで 5 分以上かけて移動した単位を 1 トリップと定義し，このトリップの単位でデータを取得した．データ取得の具体的な操作は，出発，乗換え，到着のそれぞれのタイミングにおいて，調査モニターに以下に示す操作を携帯電話端末上で行って頂いた．

・出発時　：アプリケーションの出発ボタンを押下し，移動目的と利用交通機関を予め設定されている選択肢から番号キーにより選択
・乗換え時：利用交通機関を選択肢から番号キーにより再選択
・到着時　：到着ボタンを押下（到着ボタンを押下した際には取得した移動軌跡データが自動的にサーバに送信されるようになっている）

なお，緯度経度情報は 1 秒間隔で取得した．

②Web ダイアリーによる移動軌跡データの修正や補足データの入力

Web ダイアリーは，Web 上で GPS 携帯電話により収集した移動軌跡データが閲覧でき，携帯電話端末では取得していない出発地や目的地の名称の入力や，誤って取得・入力したデータの修正・削除を行うことが可能なシステムである．移動軌跡データについては，地図上で確認することも可能となっており，出発地や目的地の名称を入力

ⓒ2009 Information Processing Society of Japan

Vol.2009-ITS-37 No.5
2009/6/12

する際に地図上に示された移動軌跡より行動を思い出せるようになっている．さらに，1 回のトリップデータごとにコメントが入力可能であり，移動時の状況や経路選択の理由の補足など自由にコメントが記入できる機能も備えている．

図 1　Web ダイアリー画面

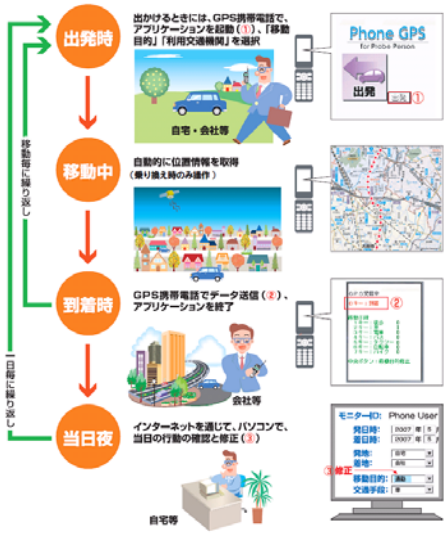

図 2　データ取得に関する一連の流れ

3.　取得データ

3.1　取得したトリップデータの概要

2007 年調査ではのべ 806 人日で 1,229 トリップ，2008 年調査ではのべ 1,013 人日で 2,138 トリップのデータが取得された．

以下，2008 年調査にて取得されたデータの詳細をみてみると，日平均一人あたりトリップ数は 2.1 トリップとなっており，平日は 2.5 トリップ，休日は 1.5 トリップとなっている．また，移動目的別では，帰宅が 39%，出社・登校が 29%，業務が 11%となっている．

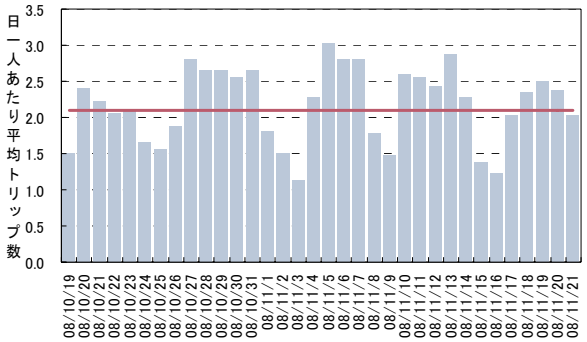

図 3　日一人あたり平均トリップ数

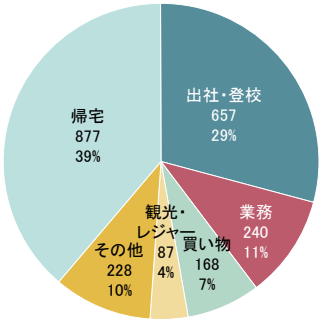

図 4　移動目的

ⓒ2009 Information Processing Society of Japan

3.2 移動軌跡データ取得状況

移動軌跡データ（GPS データ）は，建物内や地下等，GPS 衛星からの電波を受信できない位置では測位不可能である．鉄道利用時は，乗車位置によっては車両の屋根の影響で GPS 衛星からの電波を受信し難い環境となるため，データの安定的な取得が懸念されたが，本調査で取得されたデータについては，概ね鉄道利用時においても連続的に移動軌跡データが取得されていることが確認できた．ただし，前述の通り，都内の地下鉄利用区間においては，GPS 衛星からの電波が受信できないため，移動軌跡データが取得不可能となっている．

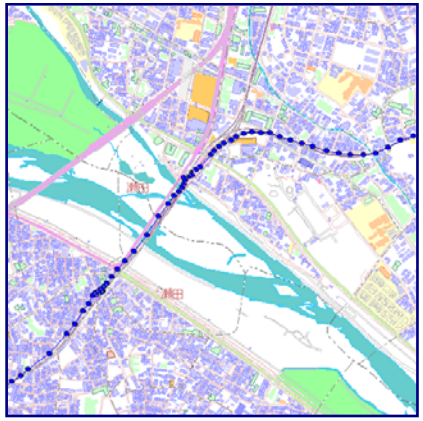

図 5　取得した移動軌跡データ例

4. 交通行動分析結果

3.で示した移動軌跡データを用いて，混雑回避行動，輸送障害発生時の迂回行動，駅へのアクセス・駅から目的地までのイグレス経路の選択行動，帰宅途中における立ち寄り・買い物行動について分析を行った．

4.1 混雑回避行動の実態把握

朝のラッシュ時における首都圏の都心方向に向かう鉄道は，多くの路線で混雑率が100%台後半となっており，依然として高い混雑率が示されている状況にある．今回の調査モニターの多くが日常的に利用している東急田園都市線及び東急東横線においても混雑率は依然として高く，特に急行列車等の優等列車の混雑率は一段と高くなっている．このような状況下において，混雑を回避するための行動の有無について分析を行った．

分析の結果，始発列車が存在する駅の近隣駅を利用する利用者の一部に特異な行動がみられることが判明した．具体的には，東急田園都市線の郊外側始発駅である中央林間駅の隣に位置するつきみ野駅（急行通過駅）を最寄り駅とする利用者が，通勤先となる都心（渋谷）方面の列車には乗らず，一度，反対の郊外（中央林間）方向の列車に乗車し，中央林間駅に行った上で始発の急行列車に乗車するという折返し乗車の行動がみられた（図 6）．一度始発駅に行き，始発列車に乗車することで，通勤時間は若干長くなるものの着席乗車が可能であることから，このような行動をとっているものと推察される．なお，時間帯によっては，折り返し乗車を行い，急行列車を利用することで，最寄り駅から普通列車を利用する場合よりも通勤時間が短くなるケースも存在することが分かっており，速達性の面からも折り返し乗車が行われていることが考えられる．

なお，列車種別の判別については，取得した 1 秒単位の移動軌跡データについて，駅周辺における移動速度から判別を行った．

図 6　折返し乗車の移動軌跡

4.2 輸送障害発生時の迂回行動の実態把握

輸送障害が発生した際に人々がとる迂回行動については，輸送障害に巻き込まれた地点や輸送障害発生からの経過時間，運転再開見通し等により，同じ路線で輸送障害

ⓒ2009 Information Processing Society of Japan

が発生した場合においても迂回行動が異なることがあるため，その行動を正確に把握することは容易ではない．しかし，本調査では移動中に連続的な移動軌跡データを取得することで，迂回行動をとったタイミングや，利用した経路について把握することができた．以下に迂回行動の事例を示す．

(1) 他路線を利用した迂回

1 つ目のケースでは，東急田園都市線の鷺沼方面から東急大井町線，東急東横線，東急多摩川線を利用して下丸子まで行く通勤経路に対し，東急東横線が不通になった際のケースをとりあげる．このケースでは，当該モニターは東急田園都市線の溝の口駅で JR 南武線に乗換え，平間駅で下車の後，徒歩にて目的地に向かっており，通常利用している東急大井町線・東急東横線・東急多摩川線の経路に並行する形で存在する JR 南武線を利用するという迂回経路を選択している（図 7）．なお，このケースでは出勤トリップを開始する前の段階で運行障害が発生しており，予め迂回経路を決めて行動していたことが考えられ，この迂回行動をとった結果，通常の所要時間と比較しても大幅な遅れを生じることなく通勤していることが確認できた．

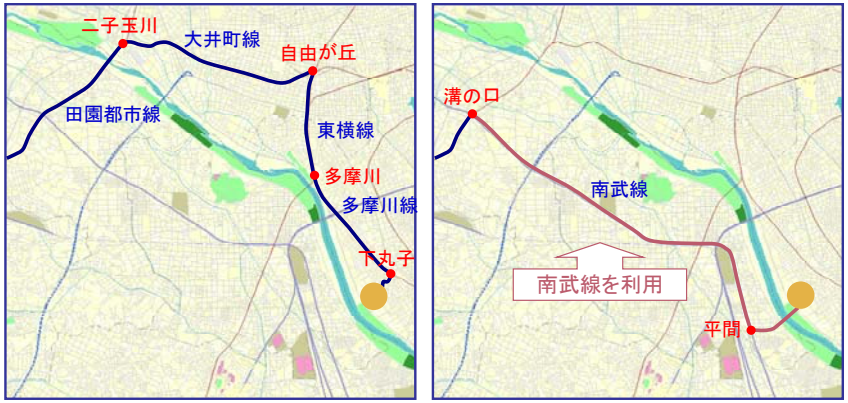

図 7　輸送障害発生時の迂回行動（他路線を利用して迂回したケース）

(2) 徒歩による迂回

2 つ目のケースでは，東急東横線の都立大学駅から東急東横線・東急大井町線を利用して二子玉川方面へ移動する経路に対して，東急東横線が不通になった際のケースをとりあげる．このケースでは，当該モニターは徒歩で約 1km 程度の距離を移動し，東急大井町線の緑が丘駅から東急大井町線を利用して目的地に向かっており，通常の経路の代替となる鉄道路線が存在しないため，徒歩により別の路線にアクセスするという迂回行動を選択している（図 8）．この迂回行動の結果，通常の経路よりは所要時間を要したものの，東急東横線の運転再開まで待った場合と比べて大幅に早く目的地にたどり着くことができている．

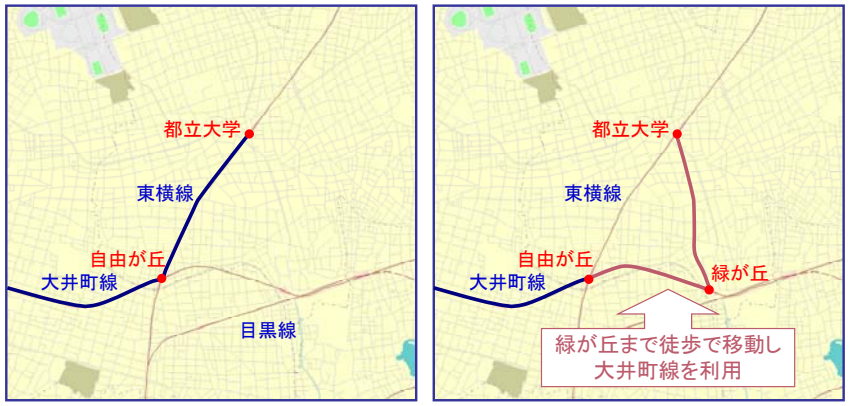

図 8　輸送障害発生時の迂回行動（徒歩で迂回したケース）

4.3 駅へのアクセス・イグレス経路の選択実態把握

駅へのアクセス経路及び駅から目的地までのイグレス経路や利用している交通機関について，地図上に示した移動軌跡データや，そのデータから移動速度を分析することで，様々な経路や交通機関を使い分けている事例を確認することができた．ここでは，アクセス･イグレス経路及び利用交通機関の選択実態の把握結果について示す．

(1) 帰宅時に経路を選択するケース

1 つ目のケースでは，帰宅時に自宅の最寄り駅から自宅まで帰宅する経路について，2 つの経路を日によって選択しているケースをとりあげる．このケースでは，出勤時は自動車による送迎が行われ，毎日同じ経路を利用していることが確認できるが，帰宅時は全く異なる 2 通りの経路にて帰宅していることが移動軌跡データより確認された（図 9）．2 つの経路を利用した移動軌跡データについて，それぞれ利用交通機関の入力結果と移動速度を分析した結果，それぞれの経路において途中までバスを利用した後に徒歩にて帰宅していることが分かった．バスの下車位置より，当該モニターの自宅が 2 つの経路上に存在するそれぞれのバス停からほぼ同じ距離に位置していることが分かるとともに，バスに乗車した時間より，先に出発するバスを選択して乗車し

ⓒ2009 Information Processing Society of Japan

ていることが判明した．

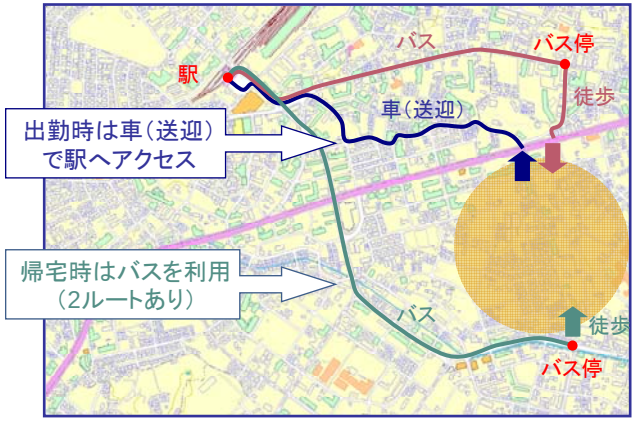

図 9　帰宅時における経路選択行動

(2)　**出勤時に利用交通機関を選択するケース**

2 つ目のケースでは，駅へのアクセスの際に移動経路は同じものの利用交通機関を選択しているケースをとりあげる．このケースでは，当該モニターは，出勤時に最寄り駅までのアクセス交通機関としてバスを利用する場合と徒歩の場合の 2 パターンが存在することが確認できた．

なお，バスを利用した場合と徒歩の場合の違いについては，移動軌跡データを地図上に示した場合に軌跡の間隔が異なることから移動速度が異なる交通手段にて移動していることが確認できる（図 10）．

図 10　出勤経路における利用交通機関選択行動

移動軌跡データを用いて，当該モニターが移動している日時・時間帯や，バスを利用した際のバスの旅行速度を分析した結果，当該経路では通勤時間帯の駅周辺において慢性的な交通渋滞が発生していることが確認できた．具体的には，乗車バス停から駅前交差点までの 600m の区間の平均旅行速度は 21.4km/h であるのに対し，駅前交差点から駅前バス停までの 260m の区間の平均旅行速度は徒歩の速度と同程度の 4.1km/h となっており，路線バスの旅行速度がきわめて低下していることが確認できた（図 11）．

したがって，当該モニターは，道路混雑状況等を考慮した上でバスを利用する場合と徒歩の場合を選択していることが伺える．なお，バスの利用状況については，天候の影響が考えられるが，分析対象データが取得された日はいずれも晴れであり，天候の影響は出ていないものと考えられる．

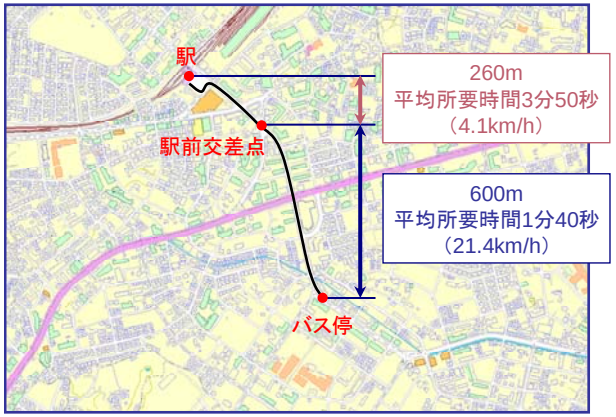

図 11　移動軌跡データより算出した路線バスの区間旅行速度

4.4　帰宅途中における立ち寄り・買い物行動の実態把握

移動軌跡データを分析することで，帰宅途中における立ち寄り・買い物行動を把握することも可能である．以下に，2008 年調査で得られたデータについて，移動軌跡データや移動目的，出発地・目的地データを分析した結果を示す．立ち寄り頻度としては，週 1 回程度が最も多くなっており，立ち寄り先としては，飲食店（38%），量販店（30%）が多くなっている．

ⓒ2009 Information Processing Society of Japan

Vol.2009-ITS-37 No.5
2009/6/12

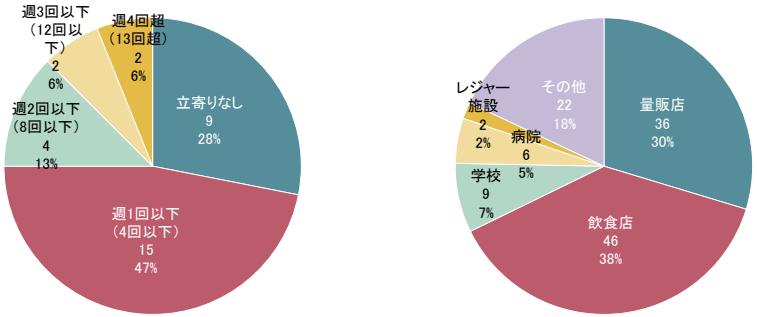

図 12　立ち寄り頻度と立ち寄り先

実際の立ち寄り行動としては，主に，①通勤先の最寄り駅周辺での立ち寄り，②自宅最寄り駅周辺での立ち寄り，③帰宅経路途中の駅での立ち寄り，④その他の駅での立ち寄り，の 4 つのパターンを確認することができた．

特に③のパターンでは，帰宅経路途中で乗換えが発生し，一度列車から下車する必要がある駅で立ち寄り行動をとる場合と，乗換えは発生せず，立ち寄り目的がない場合は列車から下車する必要のない駅で立ち寄り行動をとる場合の 2 パターンが存在することが確認された．

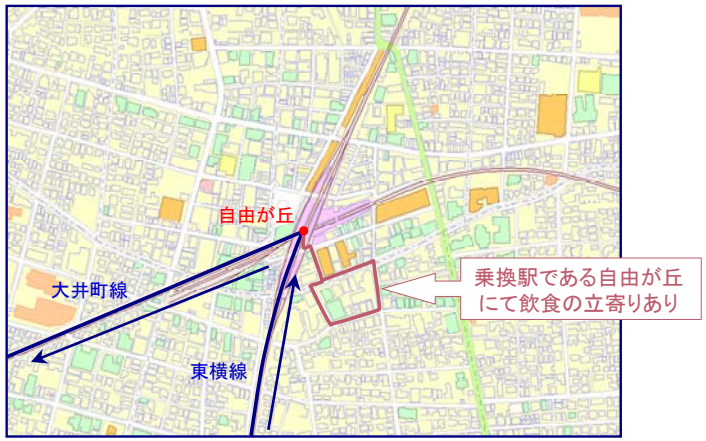

図 13　乗換駅での立ち寄り行動

図 14　非乗換駅での立ち寄り行動

その他主要ターミナルにおいては，多くの調査モニターが立ち寄り行動をとっており，全調査モニターの立ち寄り行動の移動軌跡を地図上に示すことで，“立ち寄り行動圏”を把握することも可能となっている．具体的な事例として，恵比寿，渋谷，銀座の 3 事例を以下に示す．恵比寿及び渋谷では半径 250m 圏内のエリアでの立ち寄り行動が主であり，銀座では半径 150m 圏内のエリアでの立ち寄り行動が主であることが分かる（図 15）．

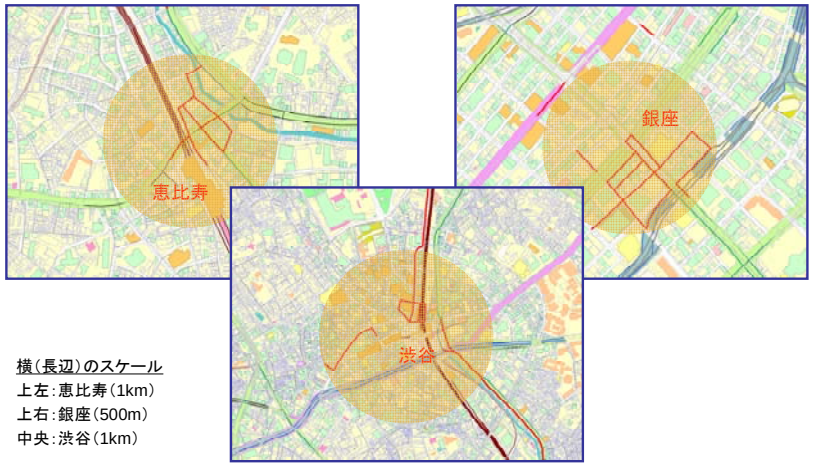

図 15　主要ターミナルにおける立ち寄り範囲

ⓒ2009 Information Processing Society of Japan

Vol.2009-ITS-37 No.5
2009/6/12

5. おわりに

本調査では, GPS 機能を搭載した携帯電話型プローブデータ取得機器と Web ダイアリーを用いて取得した移動軌跡データを用いて，鉄道利用者の交通行動実態の把握可能性を検証した.

分析の結果，混雑回避のための列車選択行動や輸送障害発生時の迂回行動，駅へのアクセス･駅からのイグレス経路及び利用交通機関の選択行動, 帰宅途中の立ち寄り・買い物行動等について詳細に把握できることが検証され，交通行動実態把握を行う上で，プローブデータの有用性が示唆された.

一方，現状のシステムでは，建物内や地下等，GPS 衛星からの電波を受信できない位置では移動軌跡情報を測位することが不可能であり，都心部の地下鉄利用者の移動経路の把握等に課題が残されている.

今後，鉄道・道路の分野を問わず，幅広い分野における移動軌跡データの活用可能性を検討するため，様々な状況において取得された移動軌跡データの特性分析等を行っていきたい.

謝辞　本調査の実施にあたっては，東京急行電鉄㈱鉄道事業本部事業統括部長の太田雅文氏をはじめ，東急急行電鉄㈱の社員の皆様に多大なご協力を頂いた．また，調査モニターとして東急電車モニターの皆様にもご協力頂いた．そして，東京工業大学屋井鉄雄教授には多くのご助言を頂いた．この場を借りてご協力頂いた皆様に，謹んで感謝の意を表する.

参考文献

1)　PhoneGPS，http://www.its-club.net/
2)　目黒浩一郎，佐藤賢，行動分析調査ツールとしての GPS 携帯電話の可能性,『土木計画学研究講演集』，Vol34，2006
3)　目黒浩一郎，佐藤賢，GPS 携帯電話を用いた行動分析のトータルソリューション,『土木計画学研究講演集』，Vol35，2007
4)　目黒浩一郎，GPS 携帯電話を活用した交通行動データ収集処理手法の開発，情報処理学会第 33 回高度交通システム研究発表会，2008
5)　プローブパーソン研究会，http://www.probe-data.jp/rental/sys2_index.html

ⓒ2009 Information Processing Society of Japan