

IT を活用した交通調査の高度化と課題

Advances and Problems of Traffic Survey by Using of Information Technology

西山 良孝* 牧村 和彦** 中嶋 康博**

By Yoshitaka NISHIYAMA, Kazuhiko MAKIMURA and Yasuhiro NAKAJIMA

1. はじめに

交通現象の把握は、交通施設計画や TDM 等ソフト施策検討の基礎データであるばかりでなく、実施施策の効果検証のためにも必要である。これまで、交通現象の把握は、専らアンケート調査や人手による追跡、及びカウント調査が主流であり、被験者の記憶に頼ったアンケート回答や1日調査に対するデータへの信頼性、また、被験者の調査負荷や調査費用等が課題となっていた。さらに近年は、より詳細な行動データへのニーズが高まるなど、既往の調査手法の限界が指摘されている。

近年の IT (情報技術) の進歩はめざましく、日々の交通現象を正確、詳細に、また被験者への負荷少なく継続的に取得することが可能となっている。

交通行動の基本データである OD (出発地・目的地)、及び経路情報は、時々刻々と移動する位置座標情報として、GPS (Global Positioning System) により把握可能となった。我が国では GPS を用いたカーナビゲーションシステムが広く普及しており、GPS を搭載した自動車そのものを測定機器とみなすプローブカーは、新たな交通流動把握、分析ツールとして道路走行状況や渋滞状況の把握などに利用されている。

一方、歩行者の回遊行動把握に関しては、高層建築物が立地する都心部、地下街、施設内等について GPS が利用できないことから、PHS の利用が提案されているが、その測定誤差は GPS に比較して大きく、歩行者経路の特定が課題となっていた。

本稿では、歩行者系の行動把握を中心に、IBS がこれまで取り組んできた情報機器を用いた交通行動把握の事例を紹介し、それぞれの事例から得られた知見をもとに、調査への適用可能性と今後の課題について考察する。

事例の紹介は、はじめに PHS を用いた歩行者行動の測定手法について、PHS 利用の課題とされる位置測定誤差の補正手法に関する研究結果を示す。次に、行動データとして、OD や経路情報とともに重要な行動目的などの情報を i-mode を用いて把握する研究を示す。最後に、より詳細な歩行者の施設出入りを把握する測定機器として電波タグを用いた研究について示す。

2. PHS による歩行行動把握及び誤差補正手法

GPS や PHS による位置測定誤差に対し、カーナビゲーションでは、自動車の走行空間が道路に限られることから、道路位置データを電子化し自律航法やマップマッチング技術等を用いて誤差の補正を行っている。しかしながら、歩行者系の行動は移動空間に制限が無いことから上記手法の利用は難しい。

PHS を利用した歩行者経路の推定については、岡本他¹⁾は PHS パワーアンテナを使用することによって、また羽藤他²⁾は複数の PHS キャリアを使用することによって位置精度を高めるといった提案がなされている。

本研究では市街地内の施設が個々に設置している PHS 自営アンテナに着目し、商用 PHS 位置特定サービスにより得られる位置データを、自営アンテナ位置情報を用いて補正する手法を提案するものである。また、調査機器携帯者の加速度情報から歩行状態を識別し、PHS 自営アンテナによる補正位置を基準点とした地点間速度に歩行速度閾値を用いることで、位置特定のノイズ点 (建築物による PHS 電波の反射や、他の電波の影響から大きく測定位置に誤差が生じた位置データ) をカットする方法の検討も行った。

* 東北事務所 ** 交通研究室

(1) 測定装置

本研究では、図-1に示す PEAMON (Personal Activity MONitor)³⁾を測定機器として用いた。PEAMONは、加速度センサーで行動状態を識別し、PHSデータ (PHS アンテナ ID 情報と電界強度) とともにメモリカードに記録する機器であり、複数の PHS アンテナキャリア (アステル、NTT、DDI、自営) の電波を同時に測定することが可能である。

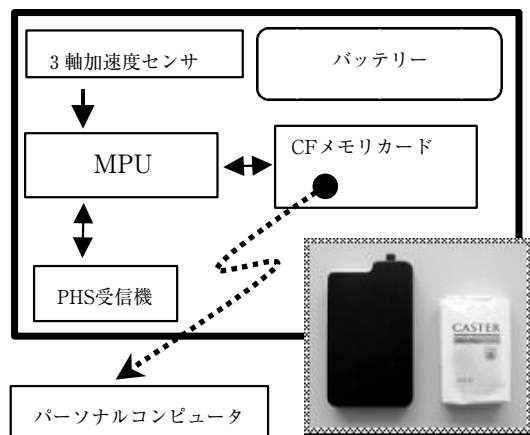


図-1 PEAMON の機能と外観

(2) 位置補正手法について

①商用 PHS 位置特定サービスの問題点

PHSによる位置測定は、PHS 商用キャリアが設置したアンテナごとの ID と電界強度を測定し、アンテナ位置座標データから、いわば三角測量の要領で、位置座標を特定するものであるが、PHS 商用キャリア電波は、街中の構造物により影響を受ける。

図-2は、商用 PHS 位置特定サービスを利用して変換された被験者の位置 (緯度、経度、施設名) を示したものである。図に示すように、地下街、駅構内などの施設内では、アンテナの設置数が少ないため、ある代表点 1箇所 に集約されるという問題がある。また、沿線建物による PHS 電波の反射 (マルチパス) の影響で、図-3のように位置データが飛ぶ (ノイズ点) 現象が生ずる。

②自営アンテナ位置データベース

ここで、我々が着目したのは自営アンテナである。自営アンテナとは、構内電話など個々の施設内のみで使用する目的で設置された PHS アンテナであり、商用の PHS アンテナに比べてパワーは弱く、自営アンテナの電波が届く範囲は狭小範囲に限られる。このことは、事前に自営アンテナの位置が把握され

ていれば、自営アンテナ電波が取得された場合の被験者の位置特定は非常に精度高く把握することが可能となることを意味する。



図-2 商用 PHS 位置特定サービスによる位置解析例 (天神地下街回遊)



図-3 商用 PHS 位置特定サービスによる位置解析例 2 (中州川端地区回遊)

本研究では、自営アンテナの PHS データをあらかじめ測定して自営アンテナ位置データベースを構築し、そのデータと歩行実験により PEAMON で取得した PHS データをマッチングすることで位置を推定することを試みた。今回測定した自営アンテナ位置データベース例を表-1に示す。ここで CSID とは、PEAMON で取得された PHS アンテナの ID 番号である。

表一 自営アンテナ位置データベース例

場所	CSID
地下街（ブティックホラヤ前）	4FAED620000、4FDBCC10404
地下街（西 W-4、ソラリアステージ方面出口）	4C7F4588C08、4FDBCC10404、4F43E5E0000
地下街（西 W-8、天神ビル方面出口）	4C888C38000
地下街（スタンドグラス前）	50787210108、4C888C38000

③歩行速度閾値

機器で取得した位置座標の異常値を検出する方法として、連続的に位置座標が補足されることから、測定地点間の移動速度を算定し、速度異常値を示す測定値を削除することも行った。

PEAMON に内蔵された加速度センサーから識別された歩行状態のデータについて、連続する 2 地点間ごとに直線距離と移動時間から地点間速度を算出し、速度が閾値以上の地点を異常値としてカットすることとした。この場合、2 地点とも位置座標が不正確では地点間速度は信頼できないが、精度の高い位置特定が可能となる PHS 自営アンテナによる補正点を真値と考え、これを基準点として速度算定を行った。なお、速度閾値は、人間の平均歩行速度が 3~5 km/h であることから、10 km/h を設定した。

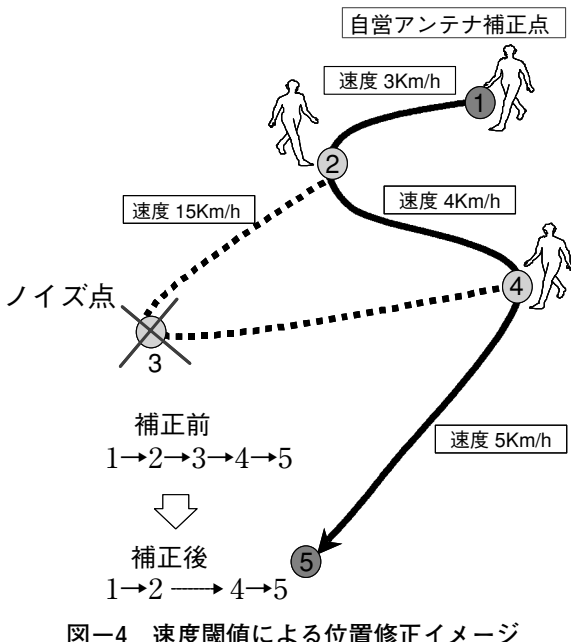


図-4 速度閾値による位置修正イメージ

④位置補正処理の流れ

位置補正処理の流れを図-5 に示す。PEAMON で取得された PHS データ（商用キャリア）は、商用位置特定サービスによって位置、施設情報に変換

され、このデータと、自営アンテナ位置データベースを用いて得られた位置、施設情報は、測定時刻を基準にして融合される。次に加速度情報を用いて、歩行／静止情報を解析し、歩行状態データについて歩行速度閾値を考慮して速度異常点をカットする。

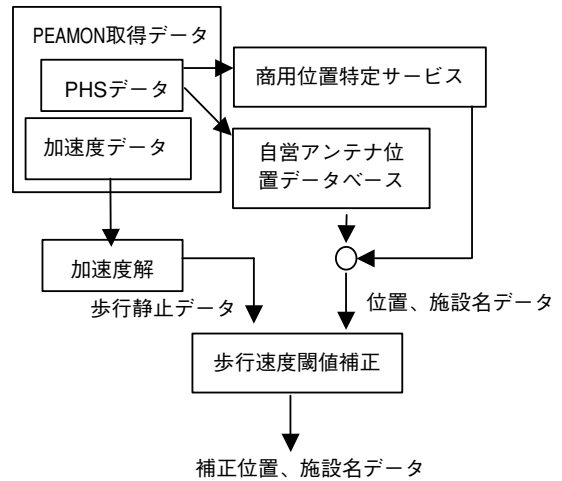


図-5 位置補正処理の流れ

⑤位置補正実施例

自営アンテナ情報を適用して位置補正を行った例を図-6 に示す。補正前は図-2 で示すように地下街での位置情報が 1 箇所のみであったが、本手法によって、歩行経路を推定することが可能となった。



図-6 自営アンテナによる補正例（天神地下街回遊）

歩行速度による位置補正を行った例を図-7 に示す。補正前の図-3 に比較し、スタート地点で 200 m 程

度のノイズ点があったが、補正後は50m程度に納まっていることが確認される。



図-7 速度閾値による補正例
(中州川端地区アーケード街回遊)

(3) 実証試験 (福岡市天神・川端地区)

実証実験は、平成14年2月の土・日(2、3、9、10日)に、福岡市天神・川端地区内6ヶ所の駐車場利用者に対し、入庫時にPEAMONを配布し、駐車場に戻ってきたときにPEAMONを回収することで、データ収集を行った。なお、実験参加者数は全体で643人であった。

補正前後の測定結果の一部を図-8~9に示す。



図-8 補正前の実査測定結果例

地下街での代表点やノイズ点が補正されていることが確認できる。また、回収時に行ったアンケートへの記入データを真値とした場合の施設立ち寄り識別率の比較を表-2に示す。商用PHS位置特定サービスでは識別できない施設での立ち寄りも識別可能となっていることが分かる。



図-9 補正後の実査測定結果例

表-2 施設立ち寄り識別率

立ち寄り施設	識別率	
	補正前 (%)	補正後 (%)
福岡三越	95	97
Z-SIDE	95	98
新天町商店街	0	88
警固公園	0	87

(4) 実験結果の考察

ここで提案したPHSによる取得位置の補正方法の実務への適用性は実証実験の結果からも非常に高いと考えられ、これまで困難であった都心など市街地部の歩行行動把握に有用なシステムと考えられる。

本システムを今後各地域で利用するためには、事前の自営アンテナデータベースの構築が必須であり、データベースの効率的な作成とともに、その更新方法が課題として残る。

3. GPSとi-modeを用いた交通行動の把握

先に示したGPSやPHSでは、OD、経路、及び時刻については、調査機器を携帯するだけで自動的にデータ取得が可能となる。一方、「行動目的」や「移動手段の内訳」などの行動データは別途把握するか推計することが必要となるが、本節ではこれらの付加的なデータ取得をi-modeによりユーザーが入力することで、付加データを把握し、即時にデータの電子化を図る手法の研究を行った。

(1) 機器の取得内容

GPS及びi-modeのそれぞれの取得データの内容は表-3の通りである。両機器が個々に取得するデータの突き合わせは、共通に把握する時刻をキーとすることとした。

i-modeで取得したデータは、Webサーバーへ転送し、サーバー内で、CSVファイルとして蓄積することとした。処理概要を図-10に示す。

表-3 GPS、i-modeの取得データ

	i-mode	GPS
出発地		○
出発施設	○	
出発時刻	○	○
到着地		○
到着施設	○	
到着時刻	○	○
移動目的	○	
移動手段	○	
公共交通混雑状況	○	
運賃、定期利用	○	
移動経路		○

事前準備（ユーザー入力）

- ①個人ID登録 → Webサーバーへ転送
- ②個人属性、施設名称入力 → Webサーバーへ転送

行動データ取得（ユーザー入力）

- ③ID入力 → Webサーバーへ転送
 - ④出発時データ入力 → Webサーバーへ転送
 - ⑤到着時データ入力 → Webサーバーへ転送
- （複数のアンリンクトリップを行う場合には、④、⑤の入力を繰り返す）

行動終了後（サーバー管理者）

- ⑥行動データの確認 → Webサーバーから個人PC

図-10 i-modeの処理概要

(2) 実験実施状況

①実験概要

実験は、仙台都市圏にて、自家用車、JR、路線バス、徒歩を乗継ぐ通勤行動を設定し行った。測定に使用した機器は、市販されている中から携帯性を考慮し、図-11示す機器を用いた。

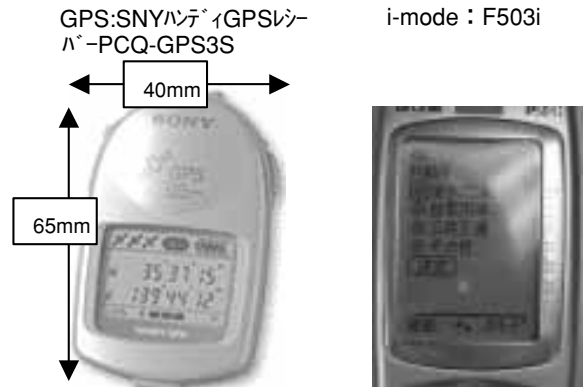


図-11 実験に使用した機器

②GPSによる位置取得結果

実際の移動経路とGPSによる取得位置を図-12に示す。GPSは人口衛星を用いて位置データを取得するため、天空が見えない施設内などの場合には位置取得ができず、天空が見える場所に移動しても、位置データの再取得までには時間を要し、かつ取得位置に誤差が生じた。また、沿道に高層建築物が立ち並ぶ場合にも、電波の反射から取得位置に誤差が生じている。

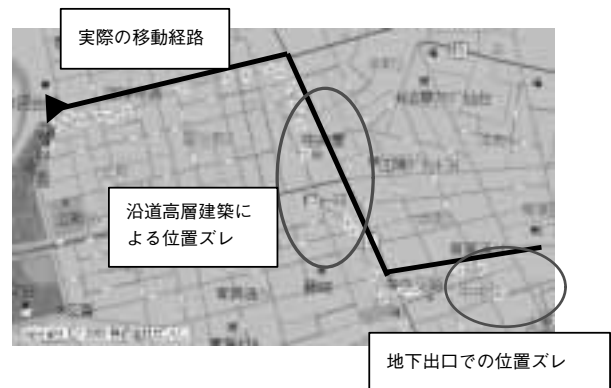


図-12 GPSによる位置ズレ

③i-modeによるデータ取得結果

本実験で作成したi-modeシステムでは、入力したデータの送信は、個々のアンリンクトリップ(手

段トリップ) が終了するたびごとでも、目的地に到着した後で一連のアンリンクトリップを一括して送信することでも可能とした。今回の実験では、データ送信状況を把握するため、アンリンクトリップの終了ごとに送信したが、データは全ての状況において転送が可能であった。サーバー上のデータ蓄積結果(一部)は、図-13のとおりである。

出発	ID	名前	性	年齢	出発日時	手段1	手段2	手段3	運転有無	運賃支払い
到着	ID	名前	性	年齢	到着日時	料金	目的1	目的2	到着地略称	予定・未定場所
出発	1001	対象者A	男	42	3/28/08:39	自家用車	乗用車		いいえ	
到着	1001	対象者A	男	42	3/28/08:50		移動途中		多賀城駅	予定場所
出発	1001	対象者A	男	42	3/28/08:52	公共交通	鉄道	J R		運賃支払い
到着	1001	対象者A	男	42	3/28/09:14		移動途中		青葉通駅	予定場所
出発	1001	対象者A	男	42	3/28/09:15	徒歩/二輪車	徒歩			
到着	1001	対象者A	男	42	3/28/09:17		移動途中			予定場所
出発	1001	対象者A	男	42	3/28/09:21	公共交通	車	バス		運賃支払い
到着	1001	対象者A	男	42	3/28/09:32		移動途中			予定場所
出発	1001	対象者A	男	42	3/28/09:32	徒歩/二輪車	徒歩			
到着	1001	対象者A	男	42	3/28/09:36		通勤/通学	勤務先	officeA	予定場所

図-13 i-mode によるデータ取得結果

(3) 実験結果の考察

本実験では位置取得にGPSを用いたが、街中で多少の取得位置ズレがみられるものの、概ねの経路把握は可能なレベルである。天空が見える場所という制約はあるものの、PT調査等で設定されるゾーン単位での移動に関する補足には充分適用可能である。

i-modeで取得する付加データに関しては、本実験では、手段、施設などの標準的なPT調査項目に加え、TDM評価に必要と考えられる公共交通の混雑状況や利用料金など、網羅的な設問項目を準備した。実験後の被験者からは、入力作業が面倒であったとの感想もあり、実際の調査にあたっては、調査目的に添った設問項目の絞り込み、選択式項目の設定などの工夫が必要となる。また、情報機器への入力に対しては、高齢者や児童などが扱いやすい工夫も必要となろう。

調査への適用としては、移動目的や手段のみを複数日にわたって把握するダイヤリー調査、公共交通の待ち時間や乗り継ぎ時間の把握調査、時差出勤やパークアンドライドなどのTDM施策の評価が考えられる。

なお、本実験時にはGPSと携帯電話の2種類の機器を携帯したが、実験後に両機能が統合されたGPS携帯電話も一般に販売が開始され、より小型化した調査機器が利用できることを付記する。

4. 電波タグを用いた都心歩行回遊行動の把握

都心部などでの歩行回遊行動を理解するには、施設外の歩行行動とともに、施設内などでの滞在時間の把握も重要と考えられる。本節では、特定施設の入り状況を把握するために、電波タグシステムを用いた実証実験について紹介し、その有効性を示す。

(1) 実験機器

電波タグシステムは、調査被験者が携帯するタグ部分と、タグ携帯者が通過した情報(時刻とタグID)を補足するアンテナ部分からなるが、今回の実証実験では、図-14に示す非常に小型のタグと、施設出入口へ敷設するマット型のアンテナを用いた。実証実験は、2.で紹介した福岡市天神地区でのPHSの実験に合わせて行った。アンテナの設置は、商業施設Z-SIDEの出入口部、及び新天町商店街の通路部に設置した。タグは、今回用いたアンテナの補足範囲が概ね70cm以内であることから、被験者の靴やズボン折り返しに装着している。

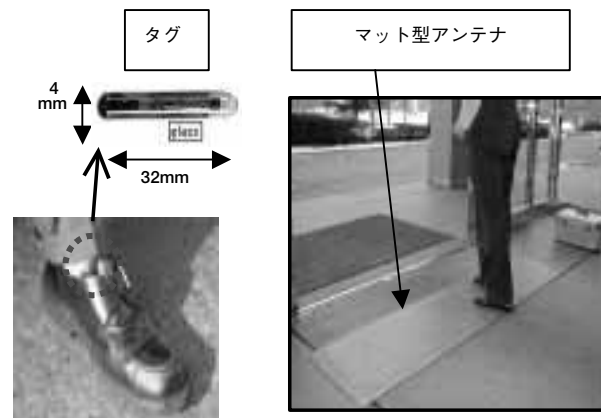


図-14 タグシステム

(2) 実証実験結果の概要

以下に、実験終了時のアンテナ敷設箇所への立ち寄り状況ヒアリング結果と、アンテナ補足結果との比較を紹介する。

Z-SIDEでは、アンケートで「立ち寄った」と回答してもタグによる捕捉を確認できなかった人が多かったのに対し、新天町商店街では逆にタグの捕捉数がアンケートの立ち寄り回答数を超えるという結果となった。

この原因は、Z-SIDEでは地下道経由で施設外に出る通路にアンテナを設置していなかったことによる捕捉漏れと考えられ、新天町商店街については沿道商店に立ち寄りなかつたため「商店街に行った」という認識をせずに通過している人が多かつたためと推察される。

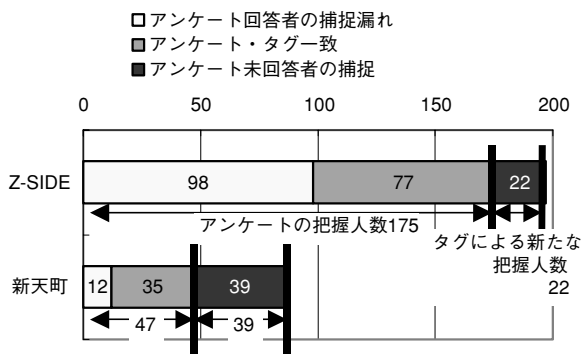


図-15 アンケート回数とタグ捕捉数の関係

Z-SIDE、新天町商店街ともに、アンケートで「立ち寄った」と回答した人以外に、タグにより立ち寄った被験者が多数確認され、被験者の記憶に頼ったアンケート回答を上回る機器による捕捉の正確性が確認されたと考えられる。

このように、電波タグはピンポイントでの位置取得の確実性から、都心などの比較的限定された地区内の移動はもちろん、ターミナル駅での乗り継ぎ行動把握、イベント時の会場内やレクリエーション施設内での回遊、立ち寄り行動、休憩施設の利用状況などの把握に適用性が高いと考えられる。

5. IT を活用した交通調査の展望と課題

(1) IT を活用した交通調査の展望

現在、全国で中心市街地の再生やバリアフリーの視点から、中心市街地に着目した事業の計画立案、評価が行われているが、歩行者行動を十分には把握されていないのが現状であり、そのため、事業の評価を定量的に行うことも困難と思われる。中心市街地といった限られた空間での歩行者行動の把握には今回紹介した PHS や電波タグを用いることで、歩行の詳細な移動経路や歩行圏域、立ち寄り施設や施設数、立ち寄り施設の回遊パターン、都心の滞留時間や施設内滞留時間と施設外歩行時間、さらには休憩場所や休憩時間などの指標が把握可能である。当

然ながらこれら指標は、来街手段別や個人属性別に計測可能である。このような都心歩行回遊指標は、既往のアンケート調査やヒアリング調査、追跡調査などでは調査労力や調査精度などから計測困難な指標であった。計画の立案段階における問題点の把握や事業の実施前後における評価への活用として、これら都心歩行回遊指標の適用性は高いと考えられる。

また、PT 調査やセンサス OD 調査などの広域的な移動を把握するに際しては、GPS や PHS を携帯するだけで技術的には把握が可能であるものの、個人属性やゾーン間 OD、移動目的、移手段といった付加的なデータの把握は現段階では、何らかの形で被験者に負荷が発生する。今後ジオコーディング技術（住所情報を地図データ（位置座標データ）とマッチングする技術）や、移手段の判定技術などの開発が進むことで付加的データの自動判別も可能となるかもしれない。しかし現状では、PT 調査やセンサス OD 調査に全てを代替することは困難である。ただし、高度情報機器をこれら調査の補完として活用していくことは十分可能である。

特に近年の社会ニーズに対応した調査を実施していく上で、例えば高齢者の詳細な交通行動調査や観光交通、イベント交通といった特定の交通調査への適用が考えられる。また、従来の OD 調査はある1日の交通行動を把握する調査であるが、1週間や1ヶ月間といったダイアリー調査への適用も有効である。

また、現在、市街地内で交通流動阻害などの面から大きな問題となっている宅配貨物車両の共同化の効果把握、あるいは物資輸送状況の把握など物流系の調査への適用も有効と考えられる。

さらに近年交通行動変容を目的とした交通調査（例えば、トラベルブレンディング調査やトラベルスマート調査等）が成果を挙げている。これら調査は人手によるアンケート調査結果より交通行動の分析や環境排出量を推計し、被験者にその診断結果をフィードバックすることで交通行動の変更を促す施策である。ただし、人手による調査労力は膨大であり、被験者数に限界がある。人手による部分を高度情報通信機器に置き換えることで、上記課題がクリアされる可能性が高い。

(2) IT を活用した交通調査の課題

前述したように IT を活用した交通調査に対する

期待は高く、その可能性も大きいと考えられる。ただし、実務に普及展開していく上では様々な課題が残されている。

まず、詳細に（かつ膨大な量で）得られるデータの一連の処理（集計、分析、評価）に対応したモデルが確立されていないことが挙げられる。そのため施策効果の事前分析や予測などができない状況がある。

また、従来の人手を中心とした調査とIT機器を利用した場合の、調査費用の低廉化、及び調査期間の短縮化がどの程度図られるかの検証が必要である。IT機器を使用する場合の費用として、機器作成に関わる費用が問題となろうが、ある程度大量に開発・製作し、要望のある調査主体にレンタルするなどの体制・組織などIT機器利用方法の検討も必要であろう。

さらに、調査対象者の選定（抽出方法）や、IT機器の配布・回収方法の検討、取得された膨大なデータの管理の検討も必要であろう。

最後に、IT機器を用いた調査、データ管理にあたっては、被験者のプライバシー保護が大きな課題と考えられる。

6. おわりに

本研究をおこなうにあたり、(株)アイ・ティ・リサーチの鈴木明宏氏に機器製作、実査に関し多大な

ご協力をいただいた。またPHSによる位置補正手法についても重要な指摘をいただいた。ここに記して謝意を表す。

なお、本稿は平成14年土木計画学春大会の提出論文をもとに、本特集用に加筆修正を行ったものである。

参考文献

- 1) 岡本篤樹・近藤勝直・朝倉康夫・田名部淳：狭域調査におけるPHSシステムによる位置特定機能の利用可能性について，2001，土木計画学研究・講演集
- 2) 羽藤英二・香川涼子・富島俊宏・岡本篤樹・朝倉康夫：都市内行動モデル検証のための電界基配列に基づく位置特定アルゴリズム，2001，土木計画学研究・講演
- 3) 岡本篤樹・鈴木明宏・李竜煥・田名部淳・朝倉康夫：PEAMON (Personal Activity MONitor) の開発と機能実験，2000，土木計画学研究・講演集，23(1)，659-662
- 4) 鈴木明宏・西山良孝・中嶋康博・牧村和彦・田中利行：PHSと自営アンテナを用いた一補正方法に関する研究，2002，土木計画学研究・講演集
- 5) 中嶋康博・西山良孝・矢部努・牧村和彦・田中利行：移動体通信機器を用いた歩行者交通行動のモビリティ指標化に関する基礎的研究，2002，土木計画学研究・講演集