

人の交通行動を対象としたPHS交通調査システムの開発

我が国の運輸交通統計は、主に交通施設計画を支えるための量的データを収集することを主な目的としてきた。しかし昨今の運輸交通行政では、社会基盤整備の質的評価、TDM施策の評価、利用者視点からのLOS/CS評価、またこれらの迅速な情報公開への対応という問題に直面している。一方、交通調査の実査においては、調査協力者の減少、調査票回収率の低下、調査票の未記入項目の増加、調査員の安全性確保、調査員費用の増加、等の問題点が指摘されている。そのため今後の交通調査手法には、より詳細な交通行動データの取得と被験者負担の軽減が求められる。本研究の目的は、人を対象とした交通調査を対象として、PHS位置情報サービスとWEBアンケートを組み合わせた交通調査システムの開発と実証実験を通じた定性的評価、及び情報通信技術の交通調査の実現における問題点の整理にある。

キーワード | 交通調査手法, PHS, 情報通信技術, 位置情報サービス

有村幹治

ARIMURA, Mikiharu

工博(財)運輸政策研究機構運輸政策研究所研究員

高野精久

TAKANO, Kiyohisa

(株)サーベイリサーチセンター都市交通部

1 はじめに

豊かなモビリティを享受できる社会を構築していくためには、社会資本整備効果の観測と評価、またその公開による広範な視点からの議論が必要であることはいうまでもない。

我が国の交通統計は、拡大する交通需要と社会基盤整備の量的不足という時代的背景により、主に量的なデータが収集されてきた。しかし、現在の交通行政においては、厳正な費用対効果による社会基盤整備評価、TDM等の交通政策の評価、また供給者側からのサービスレベルや顧客満足度の評価等が求められており、より詳細な交通データに対するニーズが高まっている。

しかし、詳細な交通データの収集は、モニターに過度な回答負担を強いる。実際、近年のパーソントリップ(以下、PTと記す)調査においては、調査協力者の減少に伴う調査票回収率の低下、調査票の未記入項目の増加、調査員の安全確保や人件費の増加、等の問題点が指摘されている。

現状のニーズと問題点に対する今後の交通調査の課題と望ましい改善方向としては、サービスレベルデータの把握と活用、ユーザーの行動原理解明、各種統計調査の相互調整、高度情報機器の活用と調査体系への組み込み、情報公開への対応とそのためのプラットフォームの確立、が挙げられている¹⁾。

筆者らは、上記の課題に関して、人の交通行動を対象としたPHS交通調査システムを開発した。本報告は、

開発したシステムの紹介と、実証実験を通じた定性的な評価と今後の発展可能性を整理するものである。

2 開発した調査システムの位置付け

人を対象とした交通調査手法は、訪問方式と非訪問方式に分けられる。訪問方式としては、訪問回収 留置訪問回収 郵送送付訪問回収、非訪問方式としては 電話調査 郵送調査 インターネット調査(Webベース調査)、が挙げられる。現在、PT調査に代表される訪問回収方式調査では、調査協力者の減少や調査票回収率の低下、調査票の未記入項目の増加、調査員の安全保証の必要性、調査員費用の増加、等の問題点が指摘されており、非訪問方式による調査方法の研究蓄積が進んでいる²⁾。

人を対象とした交通調査にITを導入する目的としては、紙アンケートでは得られないモニターの詳細な交通行動の取得、モニターの回答負担の軽減、調査データの電子化によるエディティングコストの軽減、交通政策評価シミュレーションへのデータ供給、調査結果の迅速な公開、等の利点が挙げられるだろう。

現在、PHSを用いた交通調査手法における、モニター位置情報の蓄積方法は、オンラインとオフラインによる方法に別けられる。オフラインの場合、位置情報は端末に付属するメモリに保存され、調査後回収されるため通信コストは発生しない。オンライン調査は位置情報が端末に蓄積されず、コンピュータテレフォニー統合サーバー(以下、CTIサーバーという)に蓄積される。よって、位置

3 PHS交通調査システムの概要

情報取得方法により、通信コストの問題が発生する。どちらの方法であっても、調査専用端末を用いる場合、モニターへの端末の配布回収作業が必要となり、サンプル数は調査主体が準備できる端末数に依存してしまう。なお、交通観測にPHS位置情報検索技術を用いた研究としては、朝倉・羽藤による研究事例³⁾、⁴⁾がある。ここでは、PHS連続位置情報をGIS上の移動経路に変換するマップマッチング技術、及びトリップデータに変換するアルゴリズムが提案されている。また、岡本らは加速度計付きPHS調査専用デバイスの開発⁵⁾を行っている。デバイスの位置が自動的に記録され、モニターに特別な操作を強いることがない点、またオフラインで得られる加速度計記録より利用交通機関の推定が可能な点が特長になる。海外では、M.WermuthがGSMベースの移動データ収集方法を提案している⁶⁾。

本研究で開発したシステムと、既存研究で開発されたシステムと異なる点としては、調査用デバイスとして一般に普及したPHS端末を用いた点、CTIサーバーによるオンライン型Webアンケート調査が可能な点、モニターがWebアンケートに答えた位置情報と、モニターの連続した位置情報を組み合わせて移動データとする点、が挙げられる。の普及した端末を利用した理由は、将来的な調査モニターの一般募集を想定したことである。これにより、配布回収作業とモニターのデバイス紛失に関する問題が回避できるものと考えた。、に関しては商用PHS端末のインターネット接続機能と位置情報検索機能を組み合わせ、一端末上で動作させるように工夫したものである。

3.1 システム構成

開発したPHS交通調査システムは、PHS端末、PHS位置検索サーバー、Webアンケート送受信サーバー、トリップデータ受信サーバー、から構成されている(図1)。、は、商用のPHS位置検索サービスを用いている。のWebアンケート送受信サーバーに実装したメールアンケート送受信プログラム及び表示用GISが本研究で開発した部分となる。PHSの位置検索機能により、PHS位置情報と移動時間情報がPHS位置検索サーバーに収集される(図1:)。Webアンケートからは、滞在施設、移動目的、及び移動手段、が収集され、Webアンケート送受信サーバーに蓄積される(図1:)。これらの情報は、トリップデータ受信サーバー(図1:)にPHS毎に記録される。

3.2 位置情報の取得方法

使用したPHSで利用可能な位置検索機能は、モニターからの位置検索要求による自己起動型(Location Information: 以下LI機能と呼ぶ)、第三者からの位置検索要求による遠隔操作型(トラッキング機能)、の2通りの方法がある。本研究では、LI機能に関してはDDIポケット(株)、トラッキング機能に関しては東芝ロケーションインフォ(株)の位置情報サービスを利用している。使用機種はSANYO RZ - J90である。

モニターがWebアンケートに回答した時点の時刻と位置はLI機能により取得され、e-mailに添付されてWebア

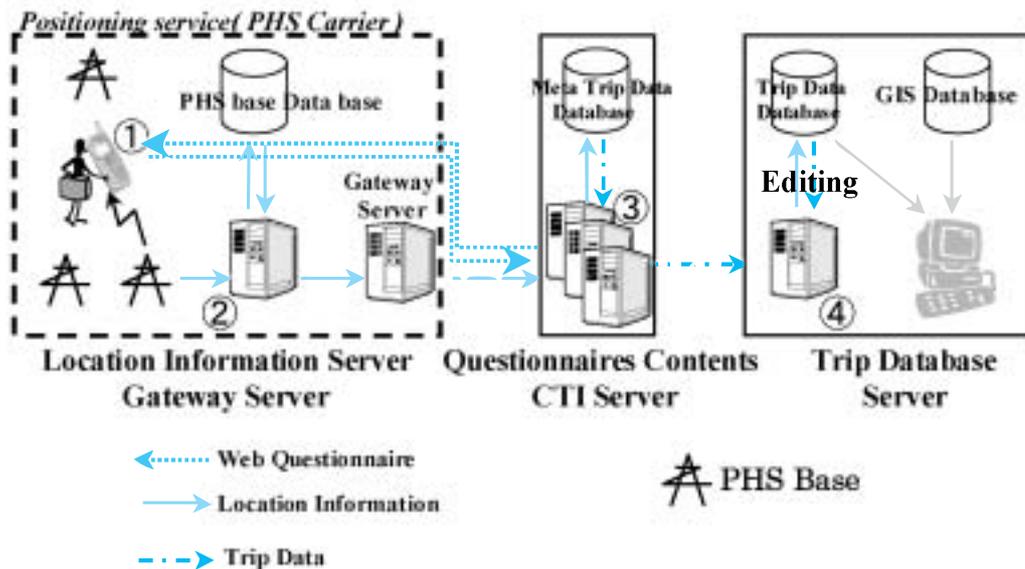


図 1 PHS交通調査システムの概要

アンケート送受信サーバーに送られる。トリップエンド等、モニターの意志により決定される位置情報は、トラッキング記録のみからの判断では難しいため、LI機能により取得される。ただし、LI機能はモニターの入力操作に依存するため、モニターがWebアンケートに入力しなかった場合、その時点のモニターの位置情報取得は不可能となる。

一方トラッキング機能では、任意の位置情報取得間隔、もしくは任意の時刻にCTIサーバーが自動的に位置情報を取得する。トラッキング機能の位置検索間隔を短くすることで高密度な連続位置情報を得ることができる反面、その取得コストが問題となる。

開発したシステムでは、上記2つの方法を1つのPHS端末で同時に行うことができるため、モニター心理に依存して決定される交通施設情報や移動目的地情報等に関してはLI機能を用い、移動履歴に関してはトラッキング機能を用いることになる。

3.3 PHSによるWebアンケート

Webアンケートは調査対象に合わせて作成可能であるが、本研究では、Webアンケートの設問項目は紙アンケート票との比較のため、PT調査の調査票に準ずるものとした。PT調査の交通実態調査票では、モニターは 調査日の最初にいた場所名 出発地 到着地 目的 交通手段 荷物の有無 自動車利用方法、について尋ねられる。

Webアンケートでは、簡便のため、施設種類 目的 交通手段、について、モニターが移動した都度、PHSへの入力作業を行うものとした(図2, PHS入力画面)。

Webアンケート結果と、Webアンケートに答えた位置検索結果が、メール機能によりサーバーに送信される。図3は、モニターの移動に伴い取得される位置情報とWebアンケートの送信内容について示している。縦軸が時間軸、横軸が空間を示す。Webアンケートの回答結果とLI機能による位置情報が、トリップ開始時、乗り換え時、トリップ終了時に送信される。トラッキング位置情報は任意の時間間隔で取得される。



図 2 交通手段入力画面



図 3 取得されるモニター位置とWebアンケートの送信内容

4 実証実験

4.1 東京都市圏の事例

開発したシステムを用いて、2001年1月31日～2月1日までの2日間、参加モニター6名により、PHS8台を用いて東京都内において、LI機能による位置情報システムの動作確認、Webアンケート調査のモニター負担ヒアリング、を目的として実施した。ヒアリング結果、入力操作の煩雑さ、PHSのディスプレイ面積の狭さから、回答頻度が高い交通手段とトリップ目的に関する設問項目が最初に表示されるようにWebアンケートの構成変更を行い、操作を簡便化した。これによりアンケート入力に要する時間がサーバー接続時間を含めて1分弱に短縮された。

プレテストによるシステム作動を確認後、2001年3月1日～11日までの11日間、モニター36名により、PHS8台を用いて東京都周辺を対象地域として実証実験を行った。位置情報取得方法はLI機能とトラッキング機能を同時に用いた。トラッキングの位置情報検索間隔は10分に設定し、8時から22時までの14時間取得した。

実験の結果、通勤トリップ時の鉄道利用や、買い物行動等が、Webアンケート結果とLI、トラッキングデータによる移動履歴から確認できた。図4に通勤トリップの事例を示す。出発地、乗換駅、到着地がLI機能により取得され、移動経路がトラッキング機能により取得されていることが確認できる。また実験では、PHSのサービスエリア間の移動事例として、LI機能による上野駅～仙台駅間の長距離トリップが観測された。

実証実験では、実験の予算制約からトラッキング間隔を10分と設定した。鉄道に関しては10分間隔でも地図情報とモニター経路から利用交通機関は判断可能な場合が多い。反面、自動車等に関しては、位置情報だけから推定することは困難であった。経路情報が得られやすい公共交通に関しては、その運行ルートやダイヤグラム等を用いてトラッキングデータを補正することで、モニターの利用交通モードを特定できる可能性があるだろう。

観測される位置情報は既存研究でも指摘されるように、位置取得地域により平均誤差は異なる。そこで、アンケートに記入された滞在施設位置とトラッキング、LIで取得された位置について、主要乗換駅であるJR新宿駅周辺と、乗降客数が比較的少ないと思われるJR信濃町駅周辺をサンプルとして比較した。駅周辺に立地する施設で長時間滞在したモニターを選択し、真のモニター位置を滞在施設位置の中央と仮定し、その時間帯に検索されたLIとトラッキング位置との差を比較した(図5)。トラッキングに関しては、真位置との差を位置検索回数で平均した。比較的基地局が整備されている新宿駅周辺では、LI機能とトラッキング機能により取得された位置データの誤差は少ないが、信濃町ではLIと比較してトラッキング位置情報が最大で700m近い誤差で観測された。

上記の精度差は、両地点のPHS位置局数の差が関係するものと考察される。現在、PHS位置検索方法は単一基地局方式と複数基地局方式に分けられ、複数のPHS基地局からの電界強度差を利用して位置を割り出す複数基地局方式の方が、より高精度に位置情報を取得でき

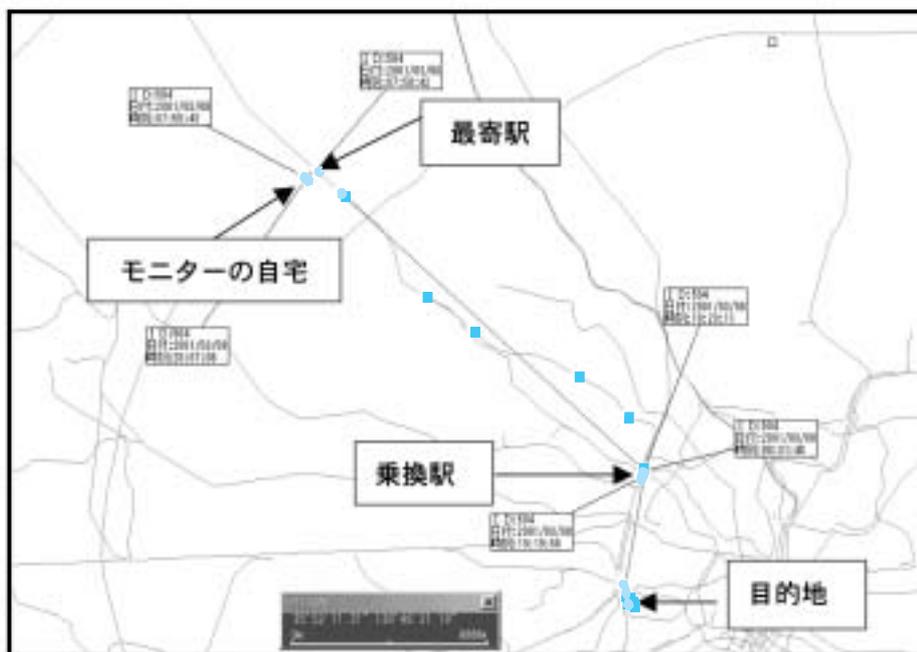


図4 通勤トリップ

注) トラッキング: ●で表示・LI: ■で表示。鉄道利用と乗換駅が確認できる

る。そのため、PHS位置局が多く設置された新宿駅の誤差が小さく観測されたものと考えられる。また、LIとトラッキングの差に関しては、位置情報サービスの違いによりPHS位置推定アルゴリズムが異なるため、発生したものと考えられる。

いずれにしろ、実証実験における誤差観測は2地点のみで実施したため、地域的な精度差、及びトラッキングとLI方式の精度差に関する一般的傾向を述べることはできない。厳密にはPHSの位置を固定し、十分な回数位置観測を行い、誤差分布を得るべきであるが、調査エリア全体を実施するのは現実的には難しいものと考えられる。誤差の存在に対する実用上の対策としては、利用する位置情報サービスの基地局位置と位置検索アルゴリズムから、調査対象地域の近似的な誤差分布マップをあらかじめ作成することが考えられる。

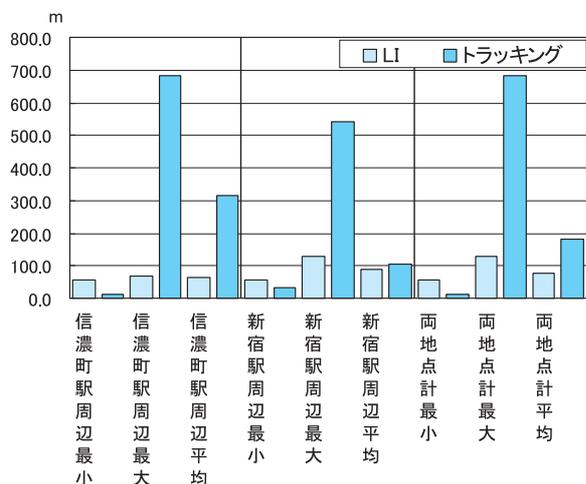


図 5 LIとトラッキングによる平面誤差

4.2 イベント交通を対象とした実証実験

局地的なイベント交通調査に対する実証実験として、国土交通省国土交通政策研究所が主体となり、2001年7月1日札幌市で開催されたキリンカップサッカー2001に本システムを適用した。内容は、イベント参加モニターのトリップ観測、イベント時の臨時交通機関(シャトルバス)の運行状況の観測、の2点であり、今後の交通情報提供を含めたシステム開発に資するための基礎的実験として位置付けられた。はモニターのトリップ発生時刻やアクセス経路、イベント終了時の会場内での滞留時間、イベント終了後行動等についての、札幌市内での観測可能性の検証、は会場アクセス交通機関の運行データ取得可能性の検証が目的となる。

実験はモニター数に限りがあったことから、事前に実験の趣旨を説明したモニター10名にPHSを配布し、会場へのアクセス手段をモニター毎に分散させた。位置情報検索については、東京都市圏での実験と同様に、LI機能・トラッキング機能の2つを用いた。トラッキング間隔は5分と設定した。またシャトルバス運行状況の観測のために、当日運行予定のバスにSony製Handy-GPSを取り付けた。位置情報取得間隔は15秒と設定した。

実験日のイベント会場の状況としては、入場時の混雑は時間的に分散したため、特に問題は発生しなかったものの、イベント終了時に一斉に帰宅トリップが発生したために会場退出ルート上で混雑が発生した。図6に実験当日の全モニターの移動履歴、図7にはモニターの移動推移状況を示す。図6からは、札幌地域全域から

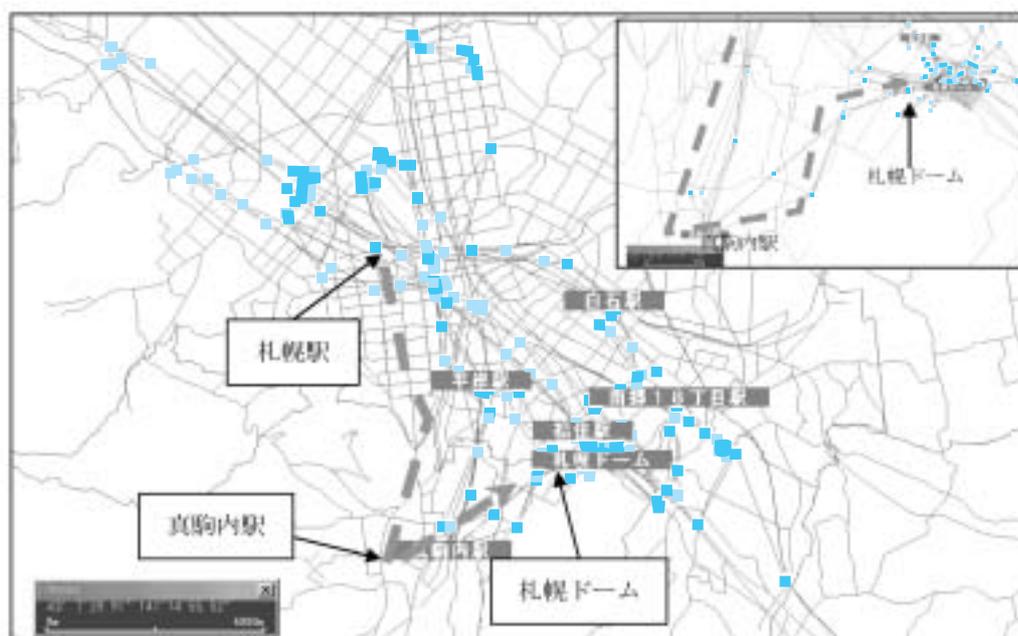


図 6 札幌市での全トラッキング調査結果

注) 矢印は真駒内駅経由でのシャトルバスアクセス例

イベント会場である札幌ドームまでのモニターの移動状況が確認できる。図 7 の移動推移状況は、縦軸は時間経過、横軸は緯度を示し、実験対象エリアをカバーしている。図中の点は時間経過とともに、イベント会場(札幌ドーム: 図中の縦線上に位置する)に移動するモニターを意味する。実験日は休日であったことから、イベント開始時刻(図中: Kick off)に合わせて、早めに会場に到着するように余裕を持ったトリップが発生していること、また、イベント終了時(図中: Game over)から約1時間程度、会場周辺から移動できていないことが把握できる。

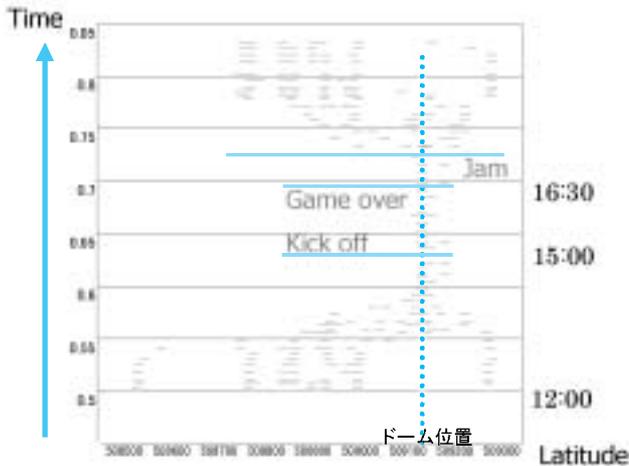


図 7 モニターの移動推移

5 PHS交通調査システムの定性的評価

以上、開発したPHS調査デバイスによる2回の実証実験によりシステム動作は確認された。実証実験を通して得られた知見から、PHS位置情報を活用した交通調査の今後の方向性を考察する。

まず、PHS交通調査手法の適用対象としては、サーバーが処理できるPHS数に限りがあることと、現状での位置情報取得コストの高さ、モニターの無作為抽出の困難さを考えると、一時点での大量な交通調査に適するものではなく、小サンプルの経路選択行動の観測や、イベント交通や観光交通等、時間・予算的な制約を受ける交通行動の観測に適する調査となるものと考えられる。また、携帯端末保有者をモニターとする場合、単純にモニター募集を行うとサンプルにバイアスが発生するため、年齢・性別、居住地域等の利用できる母集団属性から、階層別に抽出してサンプル構成を行う等の工夫が必要となる。また、調査可能なエリアは、PHS位置情報サービスエリアとなることから、基本的には、都市内交通が調査対象となる。ただし、東京圏での実証実験の結果から、サービスエリアを超える都市間交通の場合であっても、トリップエンドの観測が可能な場合、システムを適用できる可能性がある。

実際の適用方法としては、例えば、イベント交通においてモニターの位置情報を用いたイベント向けWebコンテンツを作成し、調査参加者に配信すると同時に全体の移動傾向を把握する等の方法が考えられる。また観光交通に関しては、空港等にカウンターを設置し、外国人観光客向けに継続的に端末を貸出することで、インバウンド観光の観光周遊ルートや、その季節変動等を観測する等が考えられるだろう。

次に開発したPHS交通調査手法の適用方法上の課題を概観すると、位置情報検索コストの削減、ユーザーインターフェースの改善、調査参加インセンティブとプライバシー保護、がキーワードとして挙げられる。

5.1 位置情報検索コストの削減

LI機能では、Webアンケート入力時に自己位置を検索することから、入力忘れにより欠損データが生じる。トラッキング調査はサーバー側よりモニター位置を検索することから、入力忘れは発生しないが、検索回数が多くなることから、現行の位置検索コスト(1回の検索あたり5-10円程度)を考慮すると高価な調査手法となる。

この問題に対しては、少ない位置検索回数によりモニター位置を推定するアルゴリズムの開発や、モニターの習慣的な交通行動に対応させて位置検索回数を動的に変動させる等の方法が考えられる。

5.2 ユーザーインターフェースの改善

Webアンケートに関しては、モニターの自発的な入力に依存するため、通勤の乗り換え時等、入力を忘れる事例も多く見られた。また、普段携帯電話を利用しないモニターからの入力方法に関する質問も散見された。

ユーザーインターフェースの改善に関しては、可能な限り入力回数を減らすことが求められる。移動目的等の入力項目に関しては、滞在地点の地理的特性から推定し、予想される回答項目を優先的に表示させる等の工夫も考えられる。また、札幌実証実験の事例では、GPSによりシヤトルバスの運行状況を取得している。このような他デバイスから観測されたデータを用いて、利用交通モードの推定を行うことや、モニター位置と任意の位置・時刻を変数としてWebアンケートを動的に生成することは、モニターの回答負担を軽減するに役立つものと考えられる。

5.3 調査参加インセンティブとプライバシー保護

調査期間中、モニターは自分の位置を第三者の調査主体から観測される。またPHS交通調査の実査において、操作方法の質問や苦情等への対応により、管理上必要最小限の個人情報が収集される。これらの理由により、調

査に参加するモニターのプライバシーに関する心理的負担は大きく、調査への参加インセンティブを考慮することが必要となる。

参加インセンティブとしては、調査参加者の増加が調査結果の向上に繋がること、またその結果として交通行政が効率化されていくことが、モニターに十分理解され、調査への参加意識に働くことが望ましい。そのためには、調査結果を、モニターと一般市民に理解しやすい形に編集し、PRしていくことが重要になると思われる。

なお、本システムの利用に関しても、プライバシー保護の観点から、調査実施時には、調査目的の説明とモニターへの調査内容に対する事前同意が必要となる。

6 おわりに

本研究では、人を対象とした交通行動データ収集を目的としたオンラインPHS交通調査システムを開発した。2回の実証実験ではシステム動作の確認に留まっており、十分なサンプル数による定量的なシステム評価はまだ行われていない。また、効率的なデータ加工方法、調査結果の整理と公開の方法、また、取得されたデータから交通現象を記述する方法論の構築が、今後の課題となる。

謝辞：本研究の遂行において、実証実験及びアンケートシステム開発には、武蔵工業大学環境情報学部学部長今西由美さん（現（株）建設技術研究所）、府川敏治君（現（株）荏原製作所）、にご協力頂いた。システム開発費の一部については、武蔵工業大学産官学交流センター（財）国土開発技術研究センター、国土交通省国土技術政策総合研究所からご支援をいただいた。国土交通省国土交通政策研究所からは、次世代交通フォーラム実証実験の一環として実証実験実施の機会を頂いた。ここに感謝の意を記す次第である。

参考文献

- 1) 高度情報研究会・(財)計量計画研究所：高度情報機器を用いた新たな実態調査手法の開発に関する調査研究報告書，2000年5月
- 2) 森川高行・田中小百合：トリップ分析による郵送方式パーソントリップ調査の適用性に関する研究，土木計画学研究・講演集No16(1)，pp305-310，1993年12月
- 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分析手法，土木学会論文集No. 653/IV-48，pp95-104，2000年7月
- 4) 羽藤英二・朝倉康夫：時空間アクティビティデータ収集のための移動体通信システムの有効性に関する基礎的研究，交通工学，Vol.35，No.4，pp19-27，2000年
- 5) 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，土木計画学研究・講演集，23(1)，pp659-662，2000年
- 6) M.Wermuth：Ein GSM-basiertes Verfahren zur Erhebung von Mobilitätsdaten”，Straßenverkehrstechnik，47.Juni. 2001
- 7) 羽藤英二・朝倉康夫・喜村祐二：移動体通信システムを用いた大規模イベント時の交通行動分析，土木計画学研究講演集，No.22(1)，pp409-412，1999
- 8) 中野敦：パーソントリップ調査データへのニーズと活用。都市計画225，pp13-17
- 9) 原田昇：人の動きを捉える都市交通調査のあり方，都市計画No225，2000年Vol. 49/No. 2 pp9-12
- 10) 中野敦：パーソントリップ調査データへのニーズと活用，都市計画No225，2000年Vol. 49/No. 2 pp13-17
- 11) 北村隆一：都市圏交通調査の新たな展開，都市計画No225，2000年Vol. 49/No.2，pp23-25
- 12) 長瀬龍彦：都市圏交通調査の新技术と展望，都市計画No225，2000年Vol. 49/No. 2 pp31-34
- 13) 中野敦：パーソントリップ調査データへのニーズと活用，都市計画No225，2000年Vol. 49/No. 2 pp13-17
- 14) 城山英明：合意形成手段としての都市圏交通調査の制度的課題 - 有効利用，統計法との関係，情報公開に焦点をあてて - ，都市計画No225，2000年Vol. 49/No. 2 pp43-46
- 15) Global Positioning Systems for Personal Travel Surveys Lexington Area Travel Data Collection Test FINAL REPORT A report to Office of Highway Information, <http://www.fhwa.dot.gov/ohim/lextrav.pdf>
- 16) 藤井聡：交通計画におけるシミュレーション手法の適用可能性，土木計画学研究・論文集 No16 1999年9月pp19-34
- 17) 佐藤和彦・福田敦・兵頭哲郎・毛利雄一・菅野祐一・福原健雄：小規模PT調査データを用いた交通量データの更新方法，土木計画学研究・論文集No13 1996年8月，pp543-551
- 18) 石田東生・森川高行・永野光三・毛利雄一・中野敦：パーソントリップ調査の現状と課題，土木計画学研究・講演集No21(1)1998年11月pp601-608

(原稿受付 2002年6月3日)

Development of PHS Traffic Survey System for Human Travel Behaviour

By Mikiharu ARIMURA, Kiyohisa TAKANO

Recently, there are many application development by using IT and ITS for traffic surveys because of necessity of detailed transportation policy evaluation. The purpose of this paper is to develop the data collecting system for human travel behavior in urban area. The developed system consists of Personal Handy Phone System and Computer Integrated Server. The functions of tracking and location information are used for positioning, and test subject's travel behaviors are estimated by using GIS. As the demonstration, developed system was applied in Tokyo urban area and Sapporo city. Finally, actuation of the developed system and its effect for collecting travel behaviour were confirmed.

Key Words ; **Personal handy Phone, Information & Communication Technology, Positioning Service**

この号の目次へ <http://www.jterc.or.jp/kenkyusyo/product/tpsr/bn/no18.html>