

## 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

目黒 浩一郎

株式会社三菱総合研究所

我々の生活において近年最も急速に浸透した道具として携帯電話が挙げられる。特に日本においては、GPSやアプリケーション実行環境を標準搭載する等、機能的に見ても世界で最も進んでいると言える。こうした状況のもと、携帯電話は社会の現象を調査するためのツールとしても多大な注目を浴びている。

三菱総合研究所では、様々な行動に関するデータを収集・分析するツールとして PhoneGPS を開発した。本ツールは、GPS 内蔵携帯電話を用いて端末の位置を自動測位し、データをサーバーに自動送信し、WebGIS 上で様々な行動分析を行うものである。本論文では、PhoneGPS の概要および特長、その活用事例を紹介するとともに、今後の行動分析における課題について述べる。

### Total Solution for Traffic Behavioral Survey Using GPS Phone

Koichiro MEGURO

Mitsubishi Research Institute, Inc.

In Japan, mobile phone include not only connection to the Internet but environments that allow using cameras, GPS and execution of applications as standard features.

PhoneGPS is a new service that uses GPS-equipped mobile phones to automatically determine the location and transmit that data to the server where it can be analyzed. This paper will present an overview of PhoneGPS. It will also introduce case studies of the collection and analysis of data as well as examples of the diverse functions made possible by the use of mobile phones for data collection.

## 1. 行動分析調査における携帯電話の可能性

携帯電話の機能を行動分析調査を行うためのツールとしてとらえた場合、携帯電話は、下記のとおり行動分析調査のための優れた機能を多く有することがわかる。これらの特性を効果的に活用することにより、従来では得られなかったような付加価値の高いデータに基づく分析を行うことが可能となることが期待される。

### ①小型、軽量、かつ丈夫である

行動分析調査ツールの最低条件として、小型、軽量、かつ丈夫であるという点が挙げられるが、携帯電話は、そのいずれも十分に満たしているといえる。また、その機能と比して極めて安価であるという点も携帯電話の大きな特長である。

### ②位置と時刻を計測できる

GPS 携帯電話を利用することにより、被験者に負担を与えることなく、行動履歴や現在地点等を詳細に把握することができる。また、行動のエビデンスとして記録することにより、調査自体の信頼性を担保することができる。

### ③画像データや音声データを得ることができる

映像や音声は、被験者の関心事や見た風景等をありのままに映すものとして、行動分析においては極めて高付加価値な情報である。携帯電話にはカメラやマイクが標準的に装備されている。

### ④入力機能を有する

携帯電話は多くのボタンを有している。これらを活用することにより、動態スイッチとして指定した条件（乗り換え時、気に入った風景に遭遇したとき、荷卸しを行った時等）でボタンを押下することにより手軽にデータ収集でき、さらにはタイムスタンプや位置データを付加することも可能である。また、自由なコメント入力等を行うこともできる。

### ⑤データを蓄積・送受信できる

これらのデータを携帯電話内のメモリに蓄積し、送信する機能を有することにより、被験者にデータ保存作業等の負荷をかけることなく、かつタイムリーにデータ収集を行うことができる。

### ⑥Web ブラウザ、メールを利用できる

Web ブラウザを利用できることにより、地図等を用いて行動を指示したり、あるいは Web やメールにより、インターネット上での簡単なアンケートを行うこともできる。

### ⑦アプリケーションをダウンロード・実行できる

携帯電話は、JAVA や BREW といったアプリケーションの実行環境を有することにより、行動分析調査のための独自のプログラムを実行することが可能である。

また、こうしたアプリケーションを自由にダウンロードできるという点も大きな特長である。

### ⑧誰もが持っている

携帯電話は、今や誰もが常時携帯し、使い慣れた生活ツールである。こうしたツールにアプリをダウンロードすることにより、誰もが調査に参加し、かつ操作の不安無く調査機器を保有・操作することができる。

## 2. GPS 携帯電話を活用した行動分析ツール、PhoneGPS の開発

### 2-1. 行動分析調査ツールとして必要な機能と PhoneGPS の特長

#### (1) 小型、軽量、かつ丈夫である機能

従来の調査機器は、カーナビや専用の調査機器を改造したものを用いることが多く、比較的大型で重量のあるものが多かった。また、PDA を使用した機器等も存在したが、稀にフリーズする等の問題がある。こうしたツールと比べて、PhoneGPS は GPS 携帯電話にアプリケーションをインストールしたものであるため、小型・軽量・丈夫という携帯電話の特長を十分に生かしている。安価であり、自動車等の行動調査を行う場合に取付工事等の負担が小さいという利点もある。

#### (2) 高精度な測位機能

PhoneGPS は、通常の GPS 機器と同様に GPS のみで自律測位する方法を用いているため、測位誤差は 10m 程度と、通常の GPS 機器と同程度の精度を有している。明らかなエラーデータを除去した後のマップマッチング成功率は 100%に近い結果が得られている。

携帯電話の GPS の場合、測位開始時に基地局から衛星の航行情報等を取得して効率よく測位を行うため、完全に GPS 単独で測位する場合と比べて起動から測位開始までの時間が短い（10～20 秒程度）が、一方で通信圏外では測位開始できないという欠点がある。一方で完全自立測位の場合は測位開始まで 60 秒程度の時間がかかり、調査に必要な行動開始時のデータを取得しにくいといった問題がある。

#### (3) 画像撮影機能

携帯電話ならではの機能として、カメラを用いた画像撮影機能を有する。本機能は、従来の調査機器には存在しない機能であり、こうしたデータを調査ツールとして効率的に取得できる機能として有している点で PhoneGPS は極めて特長的である。

#### (4) ボタン・テキスト入力機能

PhoneGPS は携帯電話の 15 種のボタンを用い、さらに各ボタンに名前付け（出発、到着、乗り換え、作業開始等）を行うことを可能としている。これらを活用することにより、時刻・位置データに付加情報を追加することができる。加えて、上記の画像撮影と加えてテキスト入力機能を有することにより、移動中のコメント入力等を行うことができる。

#### (5) データ蓄積・送受信機能

従来の調査機器では、メモリーカード等の外部メモリ媒体を有するが通信機能を持つものが少なく、蓄積したデータを収集・利用するためには外部メモリ媒体を持ち運ぶ必要があった。そのため、手作業で媒体を回収する負担があるほか、蓄積時には外部メモリの書き込みエラーや、持ち運び時のデータの取り違え等のヒューマンエラーが生じる可能性があった。

PhoneGPS は、携帯電話の内蔵メモリを使用し、データを自動あるいは手動でサーバーに送信する機能を有するため、人的な負担はほとんど無く、データ欠損のリスクも極めて少ない。また、通信定額の料金体系を適用することにより、低コストで大量のデータ取得が可能である。

#### (6) Web ブラウザ、メール利用機能

従来の調査機器では、こうした機能を使用するという概念自体が存在しなかったが、PhoneGPS ではモニター募集やダウンロード前の機能告知、調査後のアンケートの手段として、また、自己位置を他者に知らせる機能として Web ブラウザとメール送受信機能を活用している。

#### (7) アプリケーションダウンロード・実行機能

本機能についても、従来の調査機器では概念自体が存在しなかったが、PhoneGPS は携帯電話の BREW 実行環境を活用することにより、プログラムを実行している。このため、プログラムの改修が容易であり機能を随時バージョンアップすることが可能である。

また、個人が保有している携帯電話にアプリケーションを自由にダウンロードすることもできる点が極めて特長であり、ダウンロード機能は、調査ツールとしては PhoneGPS が国内初の機能となる。

具体的には、これまでの調査機器では、調査を実施するにあたっては、予めアプリケーションをインストールした端末を準備し、調査員や調査モニターに配布する必要があった。このため、調査実施にあたっては物理的な制約から 300~500 サンプル規模の調査が限界であったが、ダウンロード機能の実現により、物理的な制約無く、対応する携帯電話を保有しているユーザーであれば誰でも参加できることとなり、格段に大規模で低コストな調査実施が可能となる。

こうした調査を実施するにあたってはモニター募集のスキームを確保し、モニターのデータを適切に管理する必要がある。PhoneGPS のビジネスモデルにおいては、GPS 携帯電話を保有するモニターを多数確保しているインターネット調査会社と連携することにより、迅速なモニター募集と厳正なデータ管理、加えてモニターの参加インセンティブ確保を実現することができた。

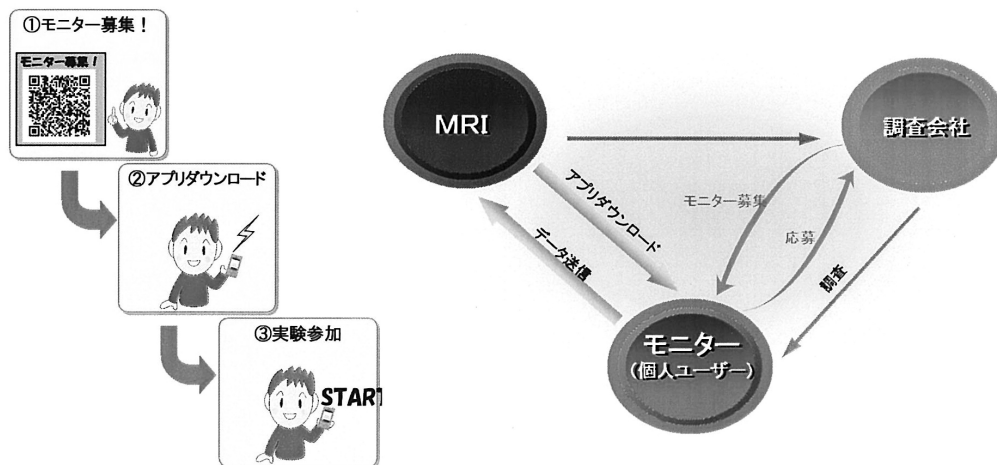


図1 PhoneGPS のビジネスモデル（アプリダウンロード型サービスの場合）

## 2-2. トータルサービスの確立

行動分析においては、データの収集から蓄積・集計を経て価値ある情報に加工して始めて利用可能なサービスとして成立する。PhoneGPS は、前節で説明した様々な機能に加えてデータを Web 上で修正する Web ダイアリー機能、データを分析加工するためのマップマッチング機能、成果を美しく表現し、かつ調査モニターが楽しく調査に参加するための WebGIS 機能を構築し、収集から提供までの一貫したサービスを確立した。

### (1) Web ダイアリー機能

データ収集面でのさらなる工夫として、Web ダイアリー機能を開発した。

Web ダイアリーとは、東京大学羽藤准教授の提唱により開発された「プローブパーソン調査」のツールである。プローブパーソン調査は、パーソントリップ調査を補完するものとして GPS 携帯電話を用いて人のトリップ（行動履歴）を把握するものであり、GPS 携帯電話により収集した移動履歴データを Web 上で閲覧し、Web ダイアリー上で移動目的や利用交通機関等を入力することにより、従来のパーソントリップ調査ではアンケート票により実施していた移動履歴調査を、実証データをベースに実施しようというものである。

プローブパーソン調査においても調査コストが高いこと、調査実施のための物理的な制約が大きく数百サンプル程度の収集が限界であることが指摘されているが、PhoneGPS のアプリダウンロード機能を活用することにより、極めて大規模なサンプル確保が可能となる。



図2 Web ダイアリー機能

### (2) マップマッチング機能

PhoneGPS により取得したデータは、基本的には誤差を有する緯度経度の羅列情報となるが、分析・加工を行うにあたっては、これらのデータに意味を持たせる、具体的には緯度経度情報を



道路のリンク（線）・ノード（点）番号に変換し、誤差の無い分析可能なデータに変換する必要がある。

### （3）WebGIS 機能

収集したデータを表示するにあたっては、分析しやすく、利用者の直感に訴えるデータ表示を行うことが重要である。そこで、GIS を活用したデータ分析スキームを構築した。特に、分析だけではなく利用者がデータを興味を持って閲覧できるよう、WebGIS を開発した。

WebGIS 開発にあたっては、オープンソースのマッピングエンジンである Mapserver を活用し、移動軌跡表示や掲示板機能、blog や SNS との連携機能等を付加し、LOGMAP と名付けてサービスを構築した。

## 2-3. 残された課題

### 1)GPS 精度

PhoneGPS は携帯電話内蔵の GPS を用いて測位しているため、その精度は GPS 衛星に依存する。GPS 誤差は、一般に±20m 程度の誤差と言われているが、建物の影や垂直方向位置、あるいは携帯電話基地局や端末の情報処理エラーによってそれ以上の誤差が生じる場合がある。PhoneGPS は連続測位中に極端にデータが外れる場合は削除する等の対策を行っているものの、GPS 誤差の解消には技術的な限界がある。なお、前述したとおり、PhoneGPS を用いて誤差を実測した結果は±10m であった。

### 2)室内での測位

上と関連するが、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。

### 3)端末の稼働時間

PhoneGPS は、毎秒連続データ取得を行う環境下では、バッテリーの稼働時間は7時間程度となっている。端末の稼働時間を1日程度に延ばすためには、測位間隔を3~5秒程度に広げるか、あるいは自動車等の充電可能な環境下では充電しながら稼働する等の対処が必要となる。

### 4)モニターの参加インセンティブ

PhoneGPS を個人の携帯電話にインストールして利用する場合、携帯電話のアプリケーションが常時起動状態となるために通話やメール利用等を行うことができず、バッテリーの消耗や、定額制に加入していない場合は通信コストがかかるという欠点がある。調査時は、これらのデメリットも考慮したインセンティブ（謝礼）を提供するとともに、デメリットについて十分な説明を行う必要がある。

## 3. PhoneGPS の活用事例

### （1）プローブ情報システム

本サービスは既にプローブデータ収集ツールとして一部地域において活用されている。バスのダッシュボードに端末を固定し、毎秒データを収集し、1日に1回自動的にデータを送信し、サーバーに蓄積している。蓄積されたデータは専用のサイト上でID別日別に整理され、いつでも

ダウンロードおよび走行履歴を地図上で確認できる。また、従来機器と比べて格段に利便性が高く高密度データが得られることが確認されている。高密度なデータを得ることによりマップマッチング精度の向上に寄与し、収集したデータの区間を絞った走行特性分析や区間の旅行時間分析等、従来機器によるデータでは得られなかった分析が可能となっている。

## (2) 観光データ分析

日本では観光流動分析のためのデータ収集にあたって紙によるアンケート調査が中心のため、十分なデータを得ることが困難な上に膨大な作業を必要としている。PhoneGPS を活用することにより、旅行者がデータをダウンロードし、実際の移動履歴データを得られ、さらに、観光ポイント等のコメントや画像を送信できるので、極めてリアルなデータ収集が可能となる。

## (3) 地域コミュニティツールとしての活用

PhoneGPS の画像データ取得機能やテキスト入力機能を応用し、これらのデータを LOGMAP 上に表示することにより、地域コミュニティツールとして活用可能なツールとして開発した。

LOGMAP は、PhoneGPS だけでなく通常の GPS 携帯電話からの投稿や PC からの投稿も可能とし、他者のコメントに返信を行う機能や、テーマ別にマップを設け、かつ閲覧/投稿可能なユーザーを個別設定可能とする等の機能を用意した。

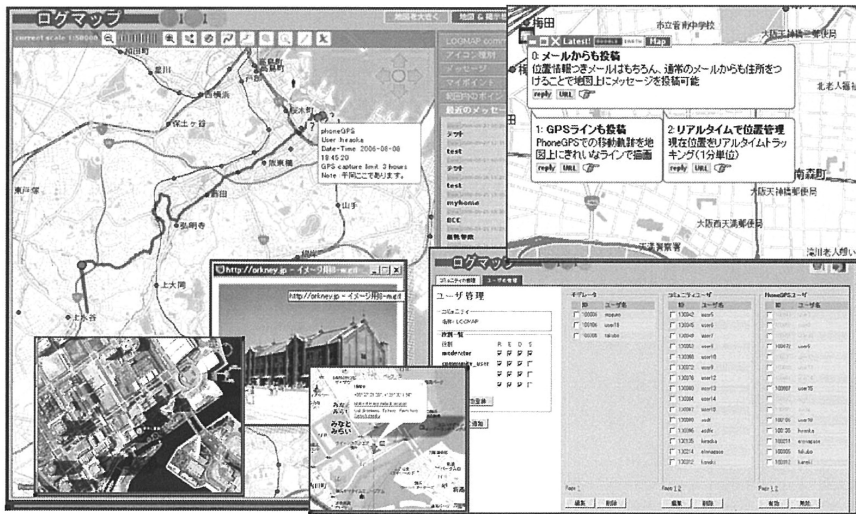


図3 地域コミュニティツールとしての活用

## (4) 渋滞情報生成

得られたプローブデータをマップマッチングにより旅行時間データとすることにより、区間毎の渋滞情報に加工することが可能となり、VICS システムのような路側センサーが存在しない区間についても情報収集・提供を行うことができる。そのため、従来の渋滞情報よりも格段に情報量が増えるほか、区間毎の渋滞状況を曜日別時間帯別に表示し旅行者の旅行計画を支援できる。そのほか、高齢者のデータのみを抽出して彼らに優しいルートのみを案内する等のきめ細かなサ

ービスが可能となる。

## 5. おわりに

本研究では、行動分析ツールとしての携帯電話の特性を考察するとともに、実際にツールを開発した。また、行動分析に関わるトータルソリューションの事例としてPhoneGPSおよびWebGISを活用し、人や車の移動情報を容易に収集し、精度高くそのデータを分析することを可能とした事例についても紹介した。今後も、一層活用の幅を広げるべく様々なシーンでの活用を試みていくとともに、データの信頼性等の特性を見極めていきたい。

PhoneGPSは、商用サービスとして既に運用中であり、その機能については特許出願済みであるが、当面は学術利用に限り、論文等において成果を公表することを条件として、短期間の小額での利用を許可している。本サービスに興味を持たれた方は、是非筆者までお声かけいただきたい。

### 参考文献

- [ 1 ] 松本修一、貞廣雅史、熊谷靖彦、川嶋弘尚、GPS携帯のプローブパーソン調査への適応性に関する基礎的研究、『土木計画学研究講演集』、Vol33、2006
- [ 2 ] 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 /IV-48、pp.95-104、2000
- [ 3 ] MEGURO K., PCD Collection and Various PCD based Services by Downloadable Mobile Phone Application, “ Proc. of 13<sup>th</sup> ITS World Congress” , 2006
- [ 4 ] PhoneGPS, <http://www.its-club.net/>
- [ 5 ] 目黒浩一郎、auケータイとWebGISの連携による位置情報管理・分析ソリューション、「PhoneGPS」、KDDI法人ユーザー会セミナー、2007
- [ 6 ] 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』、Vol 34、2006
- [ 7 ] 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
- [ 8 ] 目黒浩一郎、土木計画におけるプローブデータの可能性、第35回土木計画学研究発表会（春大会）スペシャルセッション「プローブパーソン技術の周辺とその展開」、2007
- [ 9 ] プローブパーソン研究会, [http://www.probe-data.jp/rental/sys2\\_index.html](http://www.probe-data.jp/rental/sys2_index.html)
- [ 1 0 ] LOGMAP, <http://demo.orkney.jp/logmap/>
- [ 1 1 ] 渋谷プローブ通信, <http://shibuya-probe.com/>
- [ 1 2 ] 特願2007-141494、「移動履歴システム、サーバ及びそのプログラム」
- [ 1 3 ] 特願2005-199883、特開2007-18314、「交通データ測定システム」