

スマートフォンを活用したプローブ情報収集システムの開発

渡部 大輔¹・金澤 文彦¹・澤 純平¹

¹国土技術政策総合研究所 高度情報化研究センター 高度道路交通システム研究室
(〒305-0804 茨城県つくば市旭1番地)

国土技術政策総合研究所高度道路交通システム研究室では、道路における広域的な情報収集や、より詳細な道路区間の車両速度変化、渋滞長の変移把握を行うことを目的として、民間での技術進歩が著しいスマートフォンを用いたプローブ情報（車両の挙動履歴や走行履歴等）収集を行うためのプロトタイプシステム（以下、「スマホプローブシステム」という。）を開発した。また、スマホプローブシステムを用いて簡易走行試験を実施し、プローブ情報収集における位置・速度情報等の精度確認や渋滞先頭・末尾把握サービスの実現可能性の確認を行った。

キーワード スマートフォン、プローブ情報、道路管理、速度把握、渋滞検知

1. はじめに

平成 24 年度の総務省の通信利用動向調査において、世帯あたりのスマートフォン保有率は平成 23 年度の 29.3%から平成 24 年度の 49.5%と大きく増加している。また、平成 25 年の 4 月～6 月におけるスマートフォンの出荷台数は、前年同期比 4.0%増の 681 万台を維持しており、更なる保有率の伸びが予想されている。また、スマートフォンにより道路における情報を収集し、その情報を解析することにより、ルート案内や道路混雑状況の情報をユーザーに提供するスマートフォンアプリも数多く開発されている。

今回、技術進歩が著しいスマートフォン端末を利用して、プローブ情報を効率良く収集し、活用するために、スマホプローブシステム（車載スマートフォンから送信するプローブ情報を収集するシステム）の開発を行った上で、簡易走行試験を実施し、収集される位置・速度情報等の精度確認や、渋滞の先頭末尾把握サービスについて実現性の確認を行った。本稿で、その内容を報告する。

2. スマホプローブシステムの検討

(1) スマートフォンによるプローブ情報収集の意義

現在の一般的な道路状況の情報収集においては、トラフィックカウンター等の路側設備を利用しているが、これらの設備は主要な幹線道路を中心に整備されているため、他の比較的交通量の少ない道路における情報を広域的に収集することが難しい。また、各道路区間における走行車両の平均速度について、速度計測用トラフィック

カウンター等では、設置されている約 300m 区間ごと（都市内高速道路の場合）の速度は把握できるが、より詳細な区間の速度変化や渋滞長の変移把握することが難しい。（図 1 参照）

これらの課題に対して、スマートフォンセンサー等を活用したプローブ情報収集を行うことにより、課題の改善を行うことを目的として検討を行った。道路における詳細な区間の車両速度変化や渋滞長の変移把握については、スマートフォンセンサーを用いることにより、図 2 のようなイメージで情報収集を行うことができると考えている。

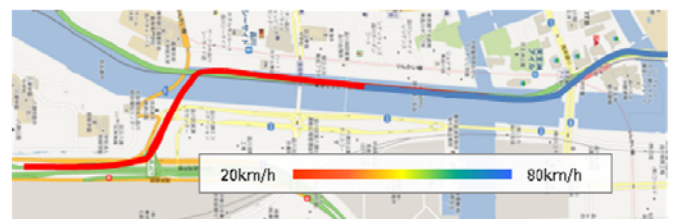


図 1 現状の車両速度把握イメージ



図 2 スマートフォンセンサーによる車両速度把握イメージ

(2) スマートフォンで収集可能な情報の調査

スマートフォンを利用してどのような情報収集ができるのかを確認するために、スマートフォンのセンサーで取得可能な情報や通信機能の調査を行った。まず、AndroidOS 及び iOS に対応しているセンサー情報項目を調査し、表 1 のように整理した。

表 1 取得可能センサー情報一覧

OS 種別	取得可能センサー情報
Android 4.1	位置、加速度、温度、重力、角速度、線形加速度、地磁気、電子コンパス、大気圧、相対温度、相対湿度、近接、回転ベクトル
iOS6.0	位置、加速度、重力、角速度、地磁気、電子コンパス、相対温度、近接、回転ベクトル

走行する自動車内のスマートフォンからセンサー情報を収集して現場状況の把握を正確に行うためには、位置情報や時刻情報の精度がある程度高く確保されていることが重要である。このような理由から、スマートフォンによる位置情報や時刻情報の取得方法や精度についての調査を行った。スマートフォンの時刻情報取得については、4 種類 (NTP、NITZ、GPS、PC 同期) の方法があり、GPS の電波を十分に受信できる状況においては、GPS 時刻情報の精度 (±5ms 程度の誤差) が一番優れていることが分かった。また、スマートフォンの位置情報の取得方法については、3 種類 (GPS 測位、WiFi 測位、基地局測位) の方法があり、その中で GPS 測位の精度 (3~100m 程度の誤差) が一番優れていることが分かった。

よって、今回作成するプロトタイプシステムにおいて、一番精度が優れている GPS 時刻情報と GPS 位置情報を採用することとした。

(3) スマホプローブシステムの開発

スマホプローブシステムについて設計・開発を行った。今回、開発したスマホプローブシステムは、スマートフォン搭載センサーで取得できる GPS・加速度等の情報を定期的にプローブ情報集約サーバにデータ送信するとともに、情報集約サーバで情報の蓄積、分析を行うことができるシステムである。システムの概要は図 3 のとおりであり、収集可能な情報については、表 2 のとおりである。

今回のシステムでは、OBD II スキャンツールを車両に接続することにより、CAN 情報を収集し、WiFi でスマートフォンに情報を送信する。スマートフォンにおいては、スマートフォンセンサー情報と CAN 情報を一括してプローブ情報集約サーバに送信することができる。

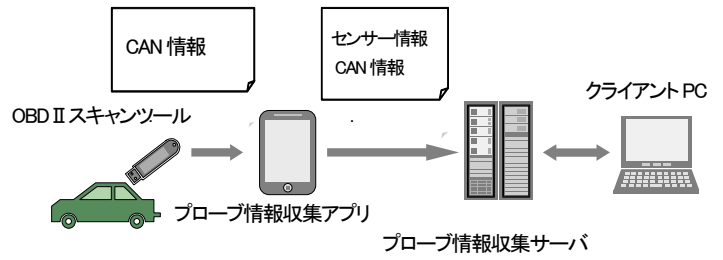


図 3 スマホプローブシステムの概要

※OBD II とは、車両の点検を行うために車両に組み込まれている故障診断システムである。スキャンツールを車内の故障診断コネクタに接続することにより、CAN 情報 (速度等の車両情報) を抽出することができる。

表 2 システムによる収集可能な情報一覧

種別	取得可能情報
スマートフォン	日時、緯度経度、標高、速度、方位、位置測位精度、加速度、角速度、地磁気、傾き、照度、大気圧
CAN 情報 (車両情報)	日時、速度、回転数、冷却水温、距離、燃料、スロットル、ブレーキ ON/OFF、イグニッション

今回開発したスマートフォンアプリの画面については、図 4 のとおりである。

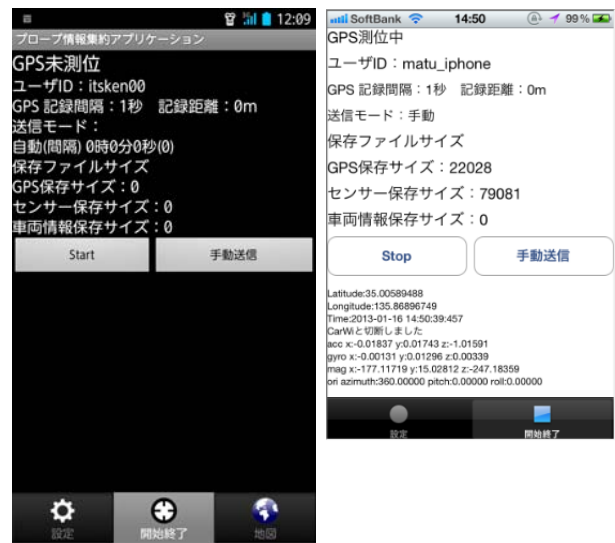


図 4 プロブ情報収集アプリ画面
(左: Android 版, 右: iOS 版)

スマートフォンセンサーによる各種情報収集時において、収集情報のデータサイズや各種センサー情報の計測値がリアルタイムで画面に表示されるようになっている。収集した各種センサー情報を、プローブ情報集約サーバに送信する方法は、自動送信と手動送信の 2 種類がある。自動送信の場合は、送信する日時を設定する方法と一定間隔の時間ごとに送信する方法の 2 種類の方法から選択

することができ、各時間については任意の数値を設定することができる。手動送信を行う場合は、設定画面で手動送信設定を行い、手動送信ボタンを押すと送信することができる。

各種センサー情報については、図5の設定画面において、センサーの使用の有無、センサー情報記録間隔(秒)、設定した閾値を超えた場合に記録、全ての取得情報を記録等の設定を行うことができる。

GPS位置測位については図6の画面において、「独立する」を選択した場合は、GPS情報を取得する間隔(秒)若しくは距離(m)を任意の数値で設定することができる。「連動する」を選択した場合は、間隔(秒)と距離(m)のどちらかが設定数値に達した場合に情報収集を行うことになる。



図5 各種センサー情報取得の設定



図6 位置測位情報取得の設定

プローブ情報収集サーバに蓄積された情報については、計測数値が記載されたCSVファイルをダウンロードできる。また、図7のような電子国土地図に計測した情報を

重畳表示した形で確認することもできる。

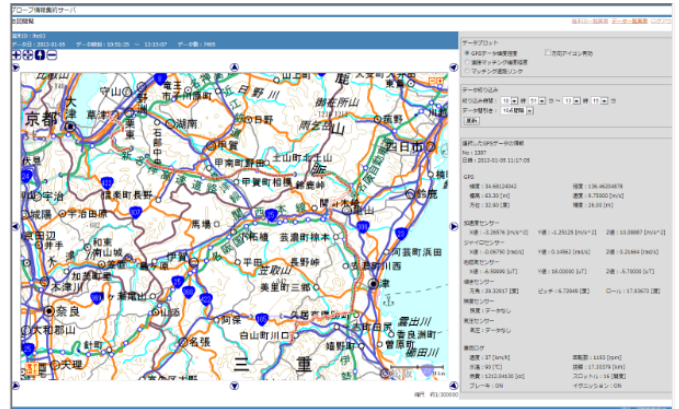


図7 電子国土地図への重畳表示

3. スマホプローブシステムの簡易走行試験

(1) 簡易走行試験の実施概要について

2. (3)で作成したスマホプローブシステムにおける収集データの精度確認を行うために、首都高速道路及び東名高速道路において、4種類の携帯電話キャリアのスマートフォンを用いた簡易走行試験を行った。簡易走行試験の確認項目、確認方法及び評価指標については表3のとおりである。

表3 簡易走行試験の確認項目と方法

確認項目	確認方法	評価指標
位置情報の精度	簡易走行試験により、緯度経度情報が地図の道路上にプロットされることを確認。DRMリンクとのずれにより位置のずれを定量評価。	緯度経度情報のDRMリンクからの垂直距離。
速度データ生成可能性	簡易走行試験により得られる緯度経度情報をマップマッチングし、速度データに変換できることを検証。	マップマッチング成功率、速度平均値、分散値(CAN情報より得られる速度値を真値とする。)
渋滞の先頭末尾把握の可能性	緯度経度情報の取得間隔等を用いて渋滞の先頭と末尾を検知できるかどうかを検証	VICS情報の渋滞先頭末尾との比較を行う。

※DRM(Digital Road Map)とは、カーナビや道路管理用のコンピュータが道路や交差点を認識するために位置などを数値化したデジタル道路地図。

※DRMリンクとは、デジタル道路地図における道路の座標点を直線で結んだもの。

※マップマッチングとは、道路ネットワーク上の移動した経路(道路)を特定するため、GPS等により取得した

位置座標を道路ネットワーク上に補正する技術。

走行経路については、首都高速道路および東名高速道路において様々な走行条件や位置取得条件におけるデータ取得を行うことを目的として、渋滞の発生する区間、高速定常走行の可能な区間、測位環境の良好な区間や遮蔽物（ビル、トンネル）のある区間を含むルートを選定した。走行車両および使用端末については、試験車両1台により走行中のデータを取得した。試験に使用する端末とその設置位置については、表4のとおりとした。試験端末の基本的な設置位置はダッシュボード上とするが、1機種のみ座席に設置し、設置場所による取得情報の精度の違いを確認できるようにした。

表4 走行試験における使用端末一覧

タイプ	OS	キャリア	機種	設置位置
スマートフォン	iOS	SoftBank	iPhone5	ダッシュボード上
	Android	NTT Docomo ※	SC-03E (GalaxyS III α)	ダッシュボード上
	Android	e-mobile	GS03	ダッシュボード上
	Android	Au	ISW13HT (HTC-J)	ダッシュボード上
	Android	Au	ISW13HT (HTC-J)	座席
タブレット	iOS	SoftBank	iPad2	ダッシュボード上

※NTT Docomo 端末については、GPS 速度と比較を行うための CAN 速度（車両の計測速度）を計測するため OBD II スキャンツールを接続した。

(2) DRM リンクを用いた精度確認手法について

図8に DRM リンクからの距離の計測イメージを示す。

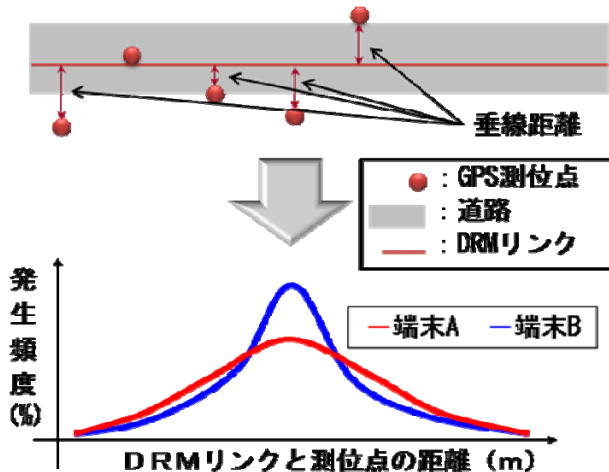


図8 DRM リンクから測位点までの距離計測イメージ

GPS 測位点の位置精度検証において、DRM リンクの位置が正しい道路の位置と仮定して、GPS 測位点から直近の DRM リンクに対する垂線の長さ（距離）を計算することにより誤差の値を算出した。また、使用する DRM リンクの座標は、日本測地系を採用しているため、GPS 測位点の座標を世界測地系から日本測地系へ変換した上で計算を行った。

(3) 測位点から DRM リンクまでの垂線の計算方式

図9のとおり、GPS 測位点から DRM リンクへの垂線の交点の位置を求める。また、各座標については、X 座標：経度、Y 座標：緯度と定義する。

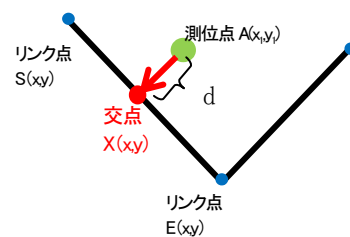


図9 GPS 測位点と DRM リンクとの垂線距離

交点 X (x, y) と測位点 A(x₁, y₁) の垂線距離 d については、ヒュベニの公式¹⁰⁾ (式1) を用いて値を求めた。

$$d = \sqrt{(d_y M)^2 + (d_x N \cos \mu_y)^2} \dots (式1)$$

$d_x = x - x_1$: 経度の差 $d_y = y - y_1$: 緯度の差

$\mu_y = \frac{y - y_1}{2}$: 緯度の平均値

$M = \frac{a(1 - e^2)}{W^2}$: 子午線曲率半径

$N = \frac{a}{W}$: 卯酉線曲率半径 $W = \sqrt{1 - e^2 \sin^2 \mu_y}$

$e = \sqrt{\frac{a^2 - b^2}{a^2}}$: 第一離心率

a : 長半径（赤道半径）

b : 短半径（極半径）

なお、GPS 測位点の直近にある DRM リンクに対して、図 9 に示すような垂線が引けない場合は、図 10 に示すように DRM リンクの直線の中で最短の距離を求めて、距離 d とする。

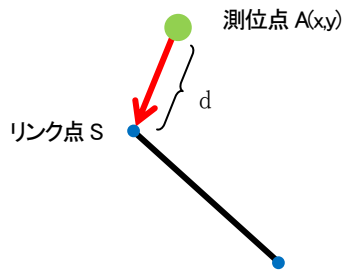


図 10 DRM リンクに対して垂線が引けない場合

図 11 に示すとおり、対象となるルート全体の全ての DRM リンクに対し図 9、図 10 のパターンを踏まえた計算処理を行い、距離 d が最短になる DRM リンクの距離を採用する。

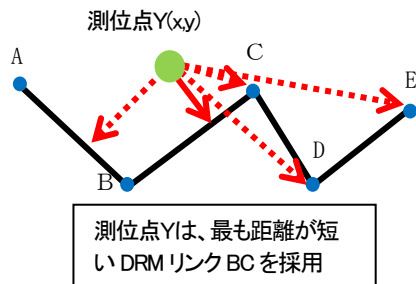


図 11 各 DRM リンクに対して距離を計算

機種毎の集計結果は表 5 のとおりであり、図 12 には、機種毎の DRM リンクの距離を頻度分布で示した。DRM リンクと GPS 測位点の距離のとりまとめの結果、機種や設置位置による差異はあまり見られず、全端末の平均値においては、DRM リンクへの垂線距離は 3.9m、最頻値は 1m、標準偏差 4.0m、90%以上のデータが垂線距離 7m 以内に収まっており、おおむね良好な結果となった。

表 5 DRM リンクと GPS 測位点の距離

端末種別	DRM 距離平均 (m)	標準偏差	取得データ数
au_htcj_dashboard	3.7	3.6	50,316
au_htcj_seat	3.7	3.5	49,905
docomo	3.8	3.6	47,691
emobile	4.1	4.6	51,068
iPhone5	4.0	4.1	27,352
ipad2	4.1	4.6	29,039
全体	3.9	4.0	255,371

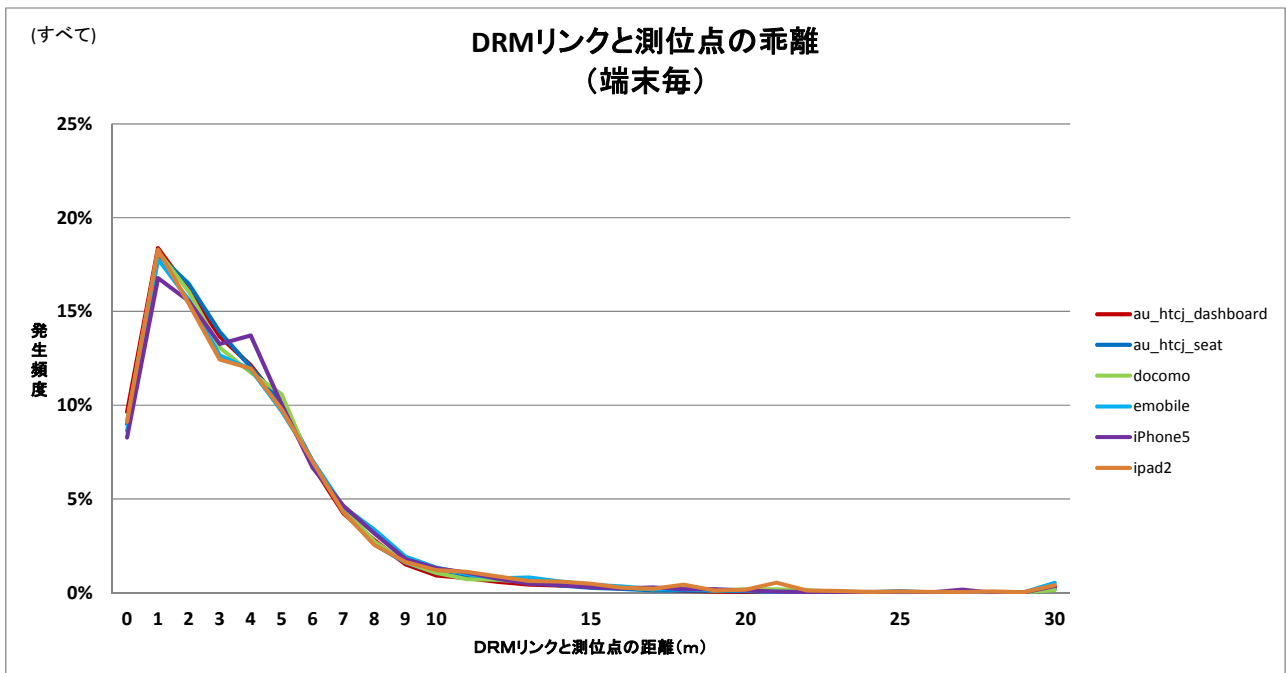


図 12 DRM リンクと GPS 測位点の距離 (頻度分布)

(4) GPS 速度データの精度確認

走行試験により得られた GPS 速度データの精度確認を行った。車両の速度を直接的に収集しているため、比較的、精度の高いと考えられる CAN 速度データを正しい値と仮定して、GPS 速度データと比較するという方法により、誤差の確認を行った。CAN 速度と GPS 速度の差の発生頻度分布を計算すると、平均速度差-0.9km/h、標準偏差 4.6km となり、GPS 速度がおおむね高い精度で速度を計測できているとみなすことができる。

(5) 渋滞先頭末尾把握の可能性の確認

渋滞の先頭末尾把握について、サービスの実現可能性を確認するために、簡易走行試験により得られた VICS 情報と GPS 速度データにより検知した渋滞発生・解消箇所の差異を比較する。図 13 において、比較結果を地図上に示す。

VICS 渋滞表示に対して GPS 速度情報で検知した渋滞発生地点（速度 20km/h 以下になった地点）と渋滞解消地点（速度 20km/h 以上になった地点）を比較すると、GPS 速度情報の方が、より精緻に渋滞箇所を把握できていることが分かる。



図 13 VICS 情報と GPS 速度との渋滞検知精度比較

4. おわりに

本研究では、道路管理に有効なプローブ情報を効率的に収集するために、スマホプローブシステムを構築し、道路における車両の位置、速度情報等の精度確認や渋滞の先頭末尾把握サービスの実現可能性の確認を行い、おおむね良好な結果を得ることができた。今後は、スマホプローブシステムについて、複数台の車両による走行試験、トンネル区間等の電波不感地帯における位置補正や路線判定を行う仕組みや渋滞先頭末尾の判定の統計的処理に必要なデータ数等の詳細検討を行い、実運用に向けた研究を進めていく予定である。

参考文献

1. 総務省:平成 23 年度通信利用動向調査,
http://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/statistics/data/120530_1.pdf (アクセス:2013 年 5 月 6 日)
2. JEITA/CIAJ: 携帯電話国内出荷実績,
<http://www.jeita.or.jp/japanese/stat/cellular/2012/06.html> (アクセス:2013 年 5 月 6 日)
3. MM 総研: スマートフォン市場規模の推移・予測
(アクセス:2013 年 5 月 6 日),
<http://www.m2ri.jp/newsreleases/main.php?id=010120120313500> (アクセス:2013 年 5 月 6 日)
4. Nomura Research Institute, Ltd.: 全力案内!
<http://www.z-an.com/ubiquink/business/index.html> (アクセス:2013 年 5 月 6 日)
5. Google:Android Developer
<https://developer.android.com/intl/ja/index.html> (アクセス:2013 年 5 月 6 日)
6. APPLE:Developer
<https://developer.apple.com/jp/> (アクセス:2013 年 5 月 6 日)
7. 前田久昭:時刻基準としての GPS 受信,Position 社:
<http://www.posit.co.jp/mission/pdf/1998.6.pdf> (アクセス:2013 年 5 月 6 日)
8. @IT:: 位置情報を取得する仕組み
<http://www.atmarkit.co.jp/fnetwork/rensai/ichijouhou01/01.html> (アクセス:2013 年 5 月 6 日)
9. 株式会社テクトム: CAR~Wi, ()
<http://www.techtom.co.jp/CAR-Wi.html> (アクセス:2013 年 5 月 6 日)
10. 二地点の緯度・経度からその距離を計算する
<http://yamadarake.jp/trdi/report000001.html> (アクセス:2013 年 5 月 6 日)