

携帯カーナビのプローブ交通情報を活用した 道路交通分析

太田 恒平¹・大重 俊輔¹・矢部 努²・今井 龍一³・井星 雄貴⁴

¹非会員 株式会社ナビタイムジャパン 交通コンサルティング事業
(〒107-0062 東京都港区南青山3-8-38 南青山東急ビル)

E-mail:kohei-ota@navitime.co.jp, shunsuke-oshige@navitime.co.jp

²正会員 一般財団法人計量計画研究所 社会基盤計画研究室
(〒162-0845 東京都新宿区市谷本村町2-9)

E-mail:tyabe@ibs.or.jp

³正会員 国土交通省 国土技術政策総合研究所 高度情報化研究センター 情報基盤研究室
(〒305-0804 茨城県つくば市旭1番地)

E-mail:imai-r92ta@nilim.go.jp

⁴非会員 国土交通省 国土技術政策総合研究所 高度情報化研究センター 情報基盤研究室
(〒305-0804 茨城県つくば市旭1番地)

E-mail:iboshi-y8910@nilim.go.jp

カーナビゲーションシステムから収集したプローブ交通情報（走行軌跡データ等）から算出した旅行速度は、道路交通分析に活用されている。近年のシステム形態の多様化に伴い、各主体で収集されているプローブ交通情報の仕様や種類も多岐にわたり、それぞれのデータ特性を活かした道路交通分析による道路行政マネジメントの高度化が期待される。

本研究は、携帯端末機で動作するカーナビゲーションシステム（携帯カーナビ）から取得された車両の走行軌跡データを用いた道路交通分析により得られる知見を報告する。具体的には、データ量の分布の基本的な特性を把握した上で、取得される速度の特性を既存の民間プローブとの比較分析を行う。続いて、速度等の測定精度を検証すると共に、1台毎の走行特性分析への適用可能性を考察する。さらに、交差点における流入・退出（直進・右左折）方向別の通過時間等を分析し、道路交通の現状把握や道路整備事業の効果測定等への適用可能性を考察する。

Key Words : *analysis of road traffic, probe data, mobile car navigation systems, intersection transit time*

1. はじめに

車載型のカーナビゲーションシステムから収集した走行軌跡等を元に算出した旅行速度（以下、「民間プローブ」という。）は、道路交通分析に活用されている。具体例として、国土交通省では、デジタル道路地図（DRM）¹⁾のリンク単位に集計された民間プローブを道路交通センサスの旅行速度調査²⁾、旅行速度の常時観測²⁾、交通計画³⁾や道路整備の効果計測⁴⁾等に利用されている。また、交差点の交通動向分析⁵⁾や交通円滑性の評価指標の研究も進められている^{6)・7)}。今後、蓄積されるデータ量の増大や高精度化が進展すると、例えば車両1台毎の走行特性の分析や交差点における右左

折方向別の分析等、道路行政マネジメントの高度化が期待される。

最近では、データ量の増大のための新たな情報源として、スマートフォン等の携帯端末機で動作するカーナビゲーションシステムのプローブ交通情報の活用が期待される（以下、「携帯カーナビプローブ」という。）。しかし、携帯カーナビプローブは、基礎研究での活用は見受けられるが⁸⁾、道路交通分析への本格的な活用には至っていない。今後、民間サービスとして持続安定的に運用されている携帯カーナビプローブを道路交通分析に活用していくには、データの量や精度等の検証とともに、データの特長を活かした分析手法を明らかにしていく必要がある。

以上の背景の下、本研究の目的は、携帯カーナビプロ

ープの道路交通分析への適用可能性を明らかにすることとした。具体的には、2章にて、本研究で利用する携帯カーナビプローブの量や取得エリアの分布等の基本特性を明らかにする。3章にて、携帯カーナビプローブ、民間プローブおよび道路交通センサスの調査結果を比較する。最後に、携帯カーナビプローブの特長を活かした分析手法として、1台毎の走行特性の把握(4章)および交差点における右左折方向別の通過時刻の把握(5章)への適用可能性を考察する。

2. 携帯カーナビプローブの基本特性

本研究では、図-1に示す株式会社ナビタイムジャパンの携帯カーナビサービスのプローブ分析システムにて取得された携帯カーナビプローブを用いた。本章は、携帯カーナビプローブの基本特性を述べる。

(1) 携帯カーナビのプローブ分析システムの概要

a) システム構成

本研究における携帯カーナビサービスのプローブ分析システムの構成を図-1に示す。携帯端末機内では、携帯カーナビアプリケーションが携帯端末機OSのAPIを通じて、内蔵GPSが測位した位置情報を一定間隔で位置情報キャッシュに保存する。取得間隔は2~5秒間隔で、端末やアプリケーションによって異なる。位置情報キャッシュに保存された位置情報は、5分間隔で携帯カーナビサーバシステムに転送され、位置情報蓄積データベースに保存される。

3章および4章の分析には位置情報蓄積データベースのデータを用いる。2章(2)および5章の分析にはデータベースに蓄積された位置情報に、株式会社ゼンリンの道路ネットワークデータを用いてマップマッチングを行ったデータを用いる。いずれも、個人が特定されない形式に変換した上で処理する。

b) 取得データ内容

携帯カーナビサービスのプローブ分析システムは、表-2の項目等のデータを取得・蓄積している。携帯カーナビは車載機能に左右されず任意の車種に取り付けが可能であるため、乗用車に加えて大型車や商用車での利用によるプローブ交通情報が含まれていることが特長のひとつである。携帯カーナビサービス上でユーザが車種登録をしている場合、車種によるデータの選別が可能であるが、本研究では車種を問わず全データを分析対象とした。

(2) 携帯カーナビプローブの量と分布

2013年3月の1ヶ月分のデータを用いて、携帯カーナ

表-1 データ分析対象の携帯カーナビサービス

端末	サービス名
スマートフォン	ドライブサポーター, カーナビタイム for Smartphone, au助手席ナビ
フィーチャーフォン	ドライブサポーター, EZ助手席ナビ
専用端末	カーナビタイム

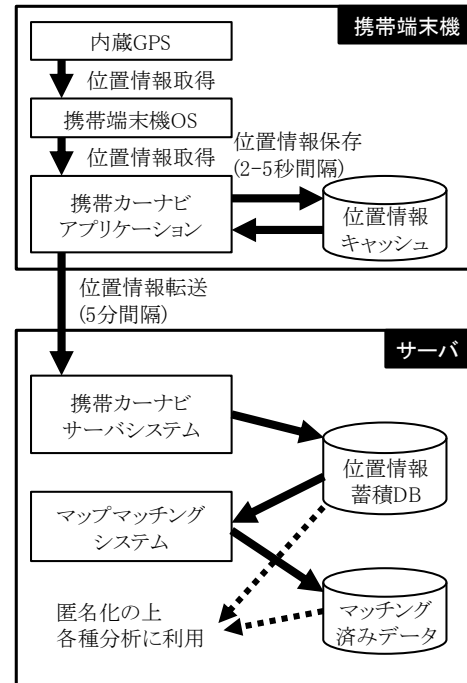


図-1 携帯カーナビのプローブ分析システム構成図

表-2 プローブ分析システムで取得する主なデータ項目

項目	備考
ユーザID	ユーザ別IDは取得しているが、分析の際には匿名化され、個人は特定できない。車種情報等、ユーザ情報が登録されている場合は登録情報との関連付けが可能。
経路ID	カーナビサービスの音声案内開始から終了までを1つの経路とする。案内開始毎に振り直される。
測位日時	秒単位で記録。
緯度・経度	ミリ秒単位で記録。

表-3 道路種別区分と一般幹線道路の定義

道路種別(ゼンリン)	道路種別区分	一般幹線道路として集計
高速自動車国道 都市高速道路	高速道路	
一般国道	一般国道	○
主要地方道	主要地方道	○
一般都道府県道	一般都道府県道	○
主要一般道 一般道	一般道路	
その他	細道路等	

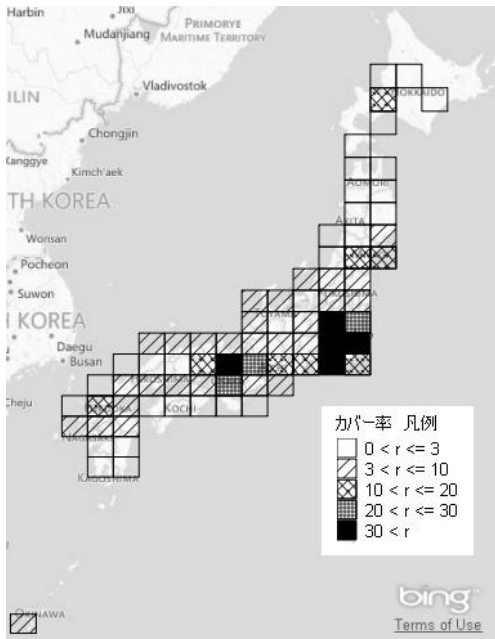


図-2 一次メッシュ別の一般幹線道路カバー率[%]
(日中一日平均3回以上取得)

表-4 一次メッシュ別の幹線道路カバー率上位
(日中一日平均3回以上取得)

順位	メッシュ番号	メッシュ名称	カバー率
1	5339	東京	72.4%
2	5340	千葉	41.3%
3	5239	横須賀	36.1%
4	5469	宇都宮	32.8%
5	5235	京都及大阪	32.4%

ビプロープの量と分布を調査した。文中で日中と記した場合は、昼間12時間(7時~19時)のデータによる分析結果を示している。道路種別区分および一般幹線道路は、ゼンリン社道路ネットワークデータの道路種別を参考に、図-1のように定義した。分析に用いるカバー率という指標は、携帯カーナビプロープが所定頻度取得されたリンクの全リンクに対する割合を道路延長ベースで算出した値である。

a) 地域別の分布

日中の携帯カーナビプロープの取得頻度が1日平均3回以上の一般幹線道路のカバー率を標準一次メッシュ別

表-5 一次メッシュ「東京(5339)」の道路種別区分毎の日中の携帯カーナビプロープ取得頻度別カバー率

道路種別区分	総延長 [km]	月間延べ 走行距離 [台km]	道路延長ベースのカバー率[%]			
			月 1回以上	1日平均 1回以上	1日平均 3回以上	1日平均 10回以上
高速道路	1,538	2,455,804	97.2%	96.4%	94.0%	82.5%
一般国道	3,074	1,987,510	99.8%	97.2%	89.4%	66.8%
主要地方道	5,351	1,626,301	99.0%	87.9%	73.4%	36.2%
一般都道府県道	3,858	630,122	98.6%	77.3%	57.4%	14.4%
一般道路	24,057	992,137	94.3%	36.9%	11.4%	1.1%
細道路等	107,297	197,258	46.8%	0.5%	0.0%	0.0%
全体	145,176	7,889,131	59.6%	14.8%	9.0%	4.2%

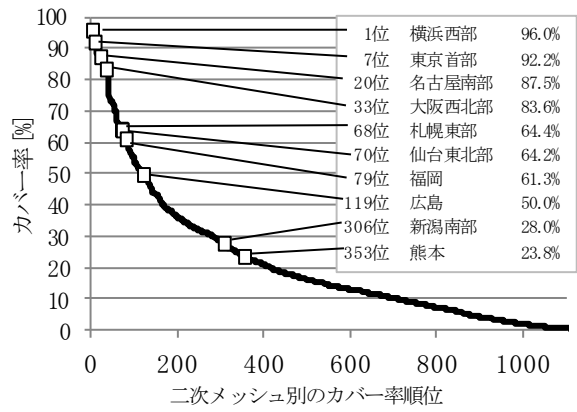


図-3 二次メッシュ別のカバー率(日中一日平均3回以上取得)

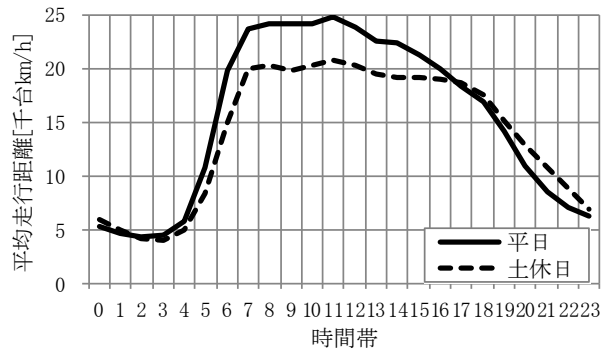


図-4 一次メッシュ「東京(5339)」の
1時間毎の平均走行距離

に集計した結果を図-2 および表-4 に示す。カバー率上位の4メッシュは首都圏が占めている。また、東名阪の三大都市圏では20%を超えているほか、札幌・仙台・福岡付近でもカバー率が10%を超えており、携帯カーナビプロープが全国の主要都市に対して一定規模で分布していることがわかる。

同様の集計を二次メッシュ別に行い、カバー率順に並べた結果を図-3 に示す。図-2 および表-4 の一次メッシュ別の集計値と比較すると、全国の政令市中心部のカバー率は横浜西部 96.0%、名古屋南部 87.5%、札幌東部 64.4%、福岡 61.3%等、一次メッシュ別の集計の値以上に高い傾向が見られる。

b) 日種・時間帯別の分布

データ量の多い一次メッシュ「東京(5339)」の平日

と土休日の1時間毎の平均走行距離を図-4に示す。平均走行距離の時間変動は、平日と土休日ともに昼間の距離が多い傾向が見られる。日種の差は、日中に平日の方がやや多い傾向がある。

c) 道路種別区別の分布

同じく一次メッシュ「東京(5339)」の日中の携帯カーナビプローブの取得頻度別のカバー率を道路種別区別に算出した結果を表-5に示す。上位の道路種別ほど携帯カーナビプローブの取得頻度別のカバー率が高いことがわかる。

3. 民間プローブとの比較分析

(1) 分析対象エリアと分析の考え方

本章では、携帯カーナビプローブと民間プローブの基本特性を比較する。具体的には、同一地域を対象として、道路種類別およびリンク別の平均旅行速度を比較する。分析対象エリアは、政令市中心部の中でカバー率が中位の福岡市中心部(二次メッシュ「福岡(503033)」)(図-5)とする。2012年7月(1か月間)の平日7時~19時のデータをデジタル道路地図(DRM)にマッチングして算定したリンク別平均旅行速度により比較する。また、比較のためのデータ精度を確保するため、対象期間中の走行回数(サンプル数)が5回以上のリンクを対象とする。

(2) 分析結果

各データから算定したリンク別の平均旅行速度を図-6および図-7に示す。両者を比較すると、博多や天神等の市内中心部において、携帯カーナビプローブの平均旅行速度が低い傾向にあることが分かる。ただし、エリア全体的には、概ね平均旅行速度は同じ水準となっている。道路種別に平均旅行速度の傾向をみると、高速道路で15km/h程度の差があるものの、一般国道や主要地方道、

一般県道、市道等およびその他の級種では、両者は非常に近い旅行速度を示している(図-8)。これは、民間プローブが基本的に乗用車のみのデータであるのに対し、携帯カーナビプローブには大型車や商用車のデータが含まれていることに起因していると考えられる。

さらに、リンク別平均旅行速度に関して散布図(図-9)を描いてみると、相関係数は0.824と非常に高く、特に一般国道に限れば0.910となっていることから、両者のデータは概ね同様の傾向を示していると言える。



図-6 携帯カーナビプローブによるリンク別旅行速度



図-7 民間プローブによるリンク別旅行速度

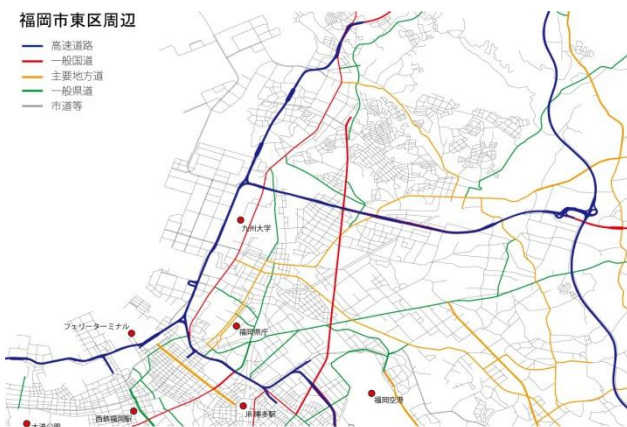


図-5 分析対象エリア(二次メッシュ「福岡(503033)」)

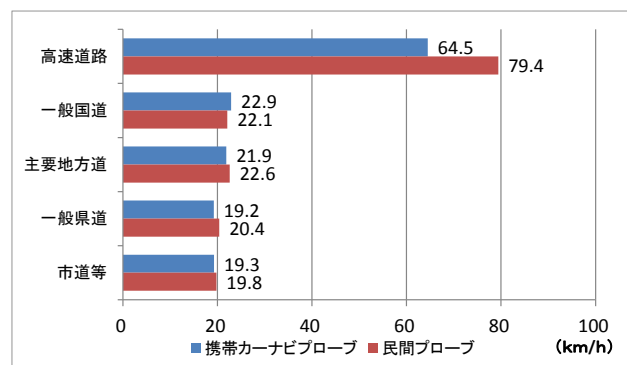


図-8 道路種別平均旅行速度

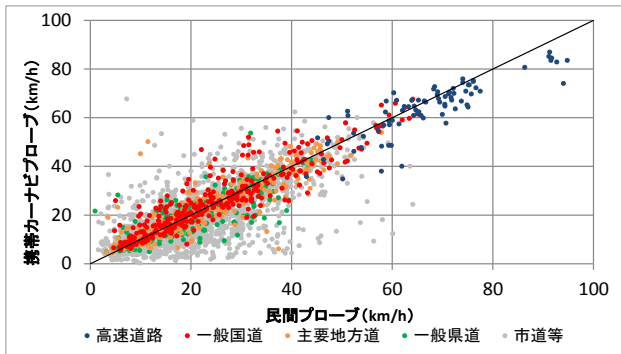


図-9 リンク別平均旅行速度の比較

4. 携帯カーナビプローブの測定精度評価

(1) 概要

本研究で用いた携帯カーナビプローブの速度は、GPS座標を元に算出している。GPS測位の精度が十分に高ければ、リンク単位より細かい測位地点単位で処理することで、携帯カーナビプローブを速度超過や急ブレーキ多発地点の検出、合流・料金所・渋滞による加減速等、車

表-6 測定精度測定条件

実施日	平成 25 年 4 月 22 日		
携帯カーナビ	ドライバサポーター (法人向け)		
GPS 測位間隔	2 秒		
車種	ステップワゴン DBA-RK1 (2012 年ホンダ製)		
評価区間	表-7 の 4 区間		
携帯端末機	機種名	iPhone5	GALAXY SIII
	キャリア名	ソフトバンクモバイル	NTT ドコモ
	メーカー名	アップル	サムスン
	OS 名	iOS	Android
	使用台数	2 台	2 台
CAN	車両接続機	ELM327 OBD2 Bluetooth for Android & PC (TCE)	
	ロガーアプリケーション	DashCommand™ for Android	
	ログ再生アプリケーション	PCMSCAN	

表-7 測定精度評価区間

ID	区間名	起点	終点	通過回数	合計距離
A	高速道路	首都高速 4 号線 初台 IC 付近本線	中央自動車道 八王子 IC 付近本線	1 回	31.7km
B	一般道路	国道 20 号 石川入口交差点付近	国道 20 号 味の素スタジアム西交差点付近	1 回	15.3km
C	高架下	国道 20 号 本町一丁目付近	都道 14 号 富士見ヶ丘小学校交差点	1 往復	15.9km
D	高層ビル街	東京都庁付近の左回り周回コース (図-10)		12 周	16.5km



図-10 区間 D の経路

両 1 台毎の細かな走行特性に着目した分析に活用できる可能性がある。

本章では、測位環境の異なる複数の評価コースにおける複数の携帯端末機から得られた速度の精度を車両から取得した CAN (Controller Area Network) データの速度と比較して評価する。

(2) 測定方法

測定条件を表-6 に示す。携帯端末機は市場普及性を鑑みて、iOS および Android の両 OS において「BCN ランキング」2012 年 10 月の販売台数ランキング⁹⁾ が 1 位のスマートフォンを 2 台ずつ使用した。1 台の車両に携帯カーナビ 4 台と CAN ロガーを配置して同時にデータを取得した。評価区間は、表-7 に示すとおり、GPS 測位環境が良好な区間 A.高速道路と区間 B.一般道路および一般的に GPS 測位環境が劣悪と考えられる区間 C.高架下と区間 D.高層ビル街 (図-10 参照) を選定した。

評価指標の概要を表-8 に示す。本評価では走行時間 (CAN の速度が 0 より大きい場合) のみを対象時間とする。速度は、CAN データと、携帯カーナビプローブとともに測定値をそのまま用いると誤差が非常に大きくなるため、平滑化を行った上で比較した。具体的には、CAN の速度は、概ね 0.7 秒間隔で出力されており、バンド幅 2 秒のガウシアン関数によるカーネル平滑化を行った。携帯カーナビプローブの速度は、ネットワークデータにマッチングしてリンク上の移動距離を算出し、異常値を除去した上で、8 秒間 (5 地点・4 区間) の移動平均速度を算出した。

表-8 測定精度評価指標

評価指標	定義
測位率[%]	走行時間を測位間隔 (2 秒) で除した値 (レコード数期待値と呼ぶ) に対する実際に測位されたレコード数の割合。
マッチング率[%]	レコード数期待値に対するリンクにマッチングされたレコード数の割合。
速度算出率[%]	レコード数期待値に対する速度の移動平均を算出可能なレコード数の割合。
速度標準誤差[km/h]	プローブの移動平均速度と、CAN データの平滑化済み速度との標準誤差。

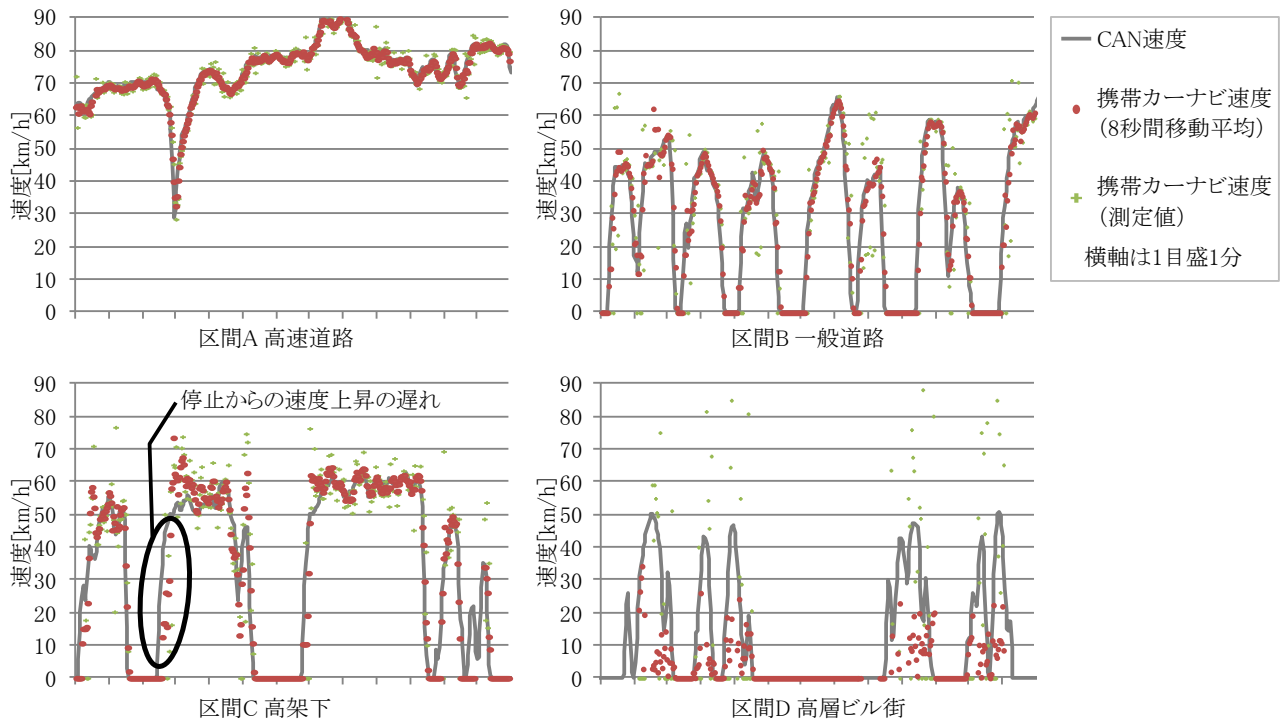


図-11 CANと携帯カーナビの測定速度の時系列分布 (携帯端末機: GALAXY-1, 各区間の一部を抜粋)

表-9 測定結果

区間	携帯端末機	測位率	マッチング率	速度算出率	速度標準誤差 [km/h]
A 高速 道路	iPhone-1	99.9%	99.9%	99.0%	1
	iPhone-2	97.7%	97.7%	95.2%	2
	GALAXY-1	99.9%	99.9%	99.2%	2
	GALAXY-2	99.6%	99.6%	98.9%	2
	平均	99.3%	99.3%	98.1%	2
B 一般 道路	iPhone-1	99.6%	99.6%	99.0%	2
	iPhone-2	99.7%	99.6%	99.0%	2
	GALAXY-1	100.0%	99.9%	99.2%	3
	GALAXY-2	99.9%	99.7%	99.1%	3
平均	99.8%	99.7%	99.1%	3	
C 高架 下	iPhone-1	96.3%	96.2%	91.9%	4
	iPhone-2	99.2%	99.0%	96.7%	6
	GALAXY-1	99.8%	99.2%	97.5%	6
	GALAXY-2	96.4%	96.2%	94.6%	7
平均	97.9%	97.7%	95.2%	6	
D 高層 ビル 街	iPhone-1	85.1%	77.9%	68.5%	10
	iPhone-2	83.2%	74.9%	61.0%	8
	GALAXY-1	87.5%	72.2%	62.7%	10
	GALAXY-2	89.7%	80.5%	73.1%	12
平均	86.4%	76.4%	66.3%	10	

(3) 測定結果

測定結果を図-11 および表-9 に示す。区間 A および区間 B では速度の波形が CAN データとほぼ一致しており、

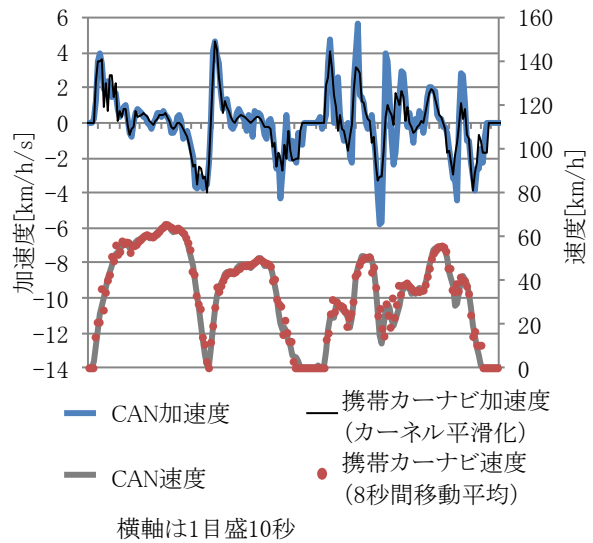


図-12 CANと携帯カーナビの加速度の時系列分布 (携帯端末機: GALAXY-1, 区間 B 一般道路の一部を抜粋)

速度算出率が平均 98%以上、速度標準誤差が 1~3km/h と高精度に測定ができています。区間 C では速度算出率は平均 95.2%と比較的高い一方で、速度標準誤差が 4~7km/h と大きくなっており、区間 A および B に比べると精度がやや落ちています。とくに、停止からの速度の上昇が遅れるパターンが多く見られた。区間 D では、携帯カーナビ速度の波形が大きく乱れ、測位率・マッチング率・速度算出率が他区間に比べ大きく落ち込んだ。速度標準誤差も平均 10km/h と大きくなっている。これらの区間別の傾向差は、携帯端末機を問わず同様であった。

以上の結果から、区間 A.高速道路および区間 B.一般道路、区間 C.高架下においては、速度超過多発地点の検出等、車両 1 台毎の細かな走行特性に着目した速度の分析に、携帯カーナビプロブの適用が可能であると考えられる。

(4) 加速度推定の検討

GPS 測位環境が良好な区間では、加速度もある程度の精度で算出可能であると考えられる。図-12 は、区間 B.一般道路において、携帯カーナビプロブの座標値の 2 階差分を元にした加速度に対し、バンド幅 4 秒のガウシアン関数によるカーネル平滑化を行った例である。CAN データよりも加速度の絶対値が小さくなっている箇所は一部見られるが、概ね CAN データと近い波形が得られている。2 階差分のため技術的な難易度は高いが、平滑化処理方法が確立されれば、携帯カーナビプロブの加速度を用いた急ブレーキ多発地点の検出が可能と考えられる。さらに、スマートフォンに搭載されている加速度センサとの併用による精度向上も期待される。

(5) 測定精度低下の要因分析と解決策の検討

本節は、外部要因である遮蔽物の多さ以外の測定精度低下の要因を分析する。高架下における停止からの速度上昇への追従の遅れや、高層ビル街における速度誤差増大の要因の一つは、同座標の位置情報が連続し、その差分による速度がゼロとなっているレコードが多かったことにある。携帯カーナビの位置情報の記録は、OS からの位置情報更新通知をきっかけに行われるが、この更新通知は同座標値であっても定期的に送られてくるため、このような現象が発生する。この際同座標値の原因が停車と測位不良のどちらであるか、GPS 座標だけではアプリケーションからの厳密な判定は難しい。また、未補正の GPS 座標は常に誤差を伴って揺らぐが、停止時に OS から通知される座標値は、同一値が連続するケースが多いため、OS やファームウェア等による停止補正済みの値と考えられる。この補正により、停止からの速度上昇への追従が遅れている可能性も考えられる。

解決策としては、座標値とともに取得可能な測位精度情報や、加速度センサの測定値の利用が考えられる。測位精度が低い場合や、座標値から算出した加速度が加速度センサの値と大きく異なる場合に測位不良と見なす等の処理により、信頼性の高いデータのみを抽出できる可能性がある。

携帯端末機から取得される携帯カーナビプロブの座標値には以上のような特性があると分析することができた。これらの特性を把握した上で、さらに GPS の精度情報や加速度センサの測定値を併用することで、異常値の除去や補正等を経て、測定精度をより上げていくこと

ができると考えられる。

5. 携帯カーナビプロブを用いた右左折方向別の交差点通過時間推定

(1) 概要

都市内で発生する交通渋滞には、交差点がボトルネックとなっていることが多い。このうち、交差点構造の変更（右折車線の延長等）や信号制御の見直し等により、渋滞を緩和することが可能となる例も多く存在する。これらの措置を講ずるには、右左折等の方向別の所要時間や交通量を把握することが重要となる。

本章では、携帯カーナビプロブをゼンリン社ベースのネットワークデータにマッチングした上で、リンク単位等に集計せず、経路毎の通過リンク列データの状態（表-10）で用いることで、交差点通過時間の右左折方向別分析を行う。分析対象のエリアは、交通量およびデータ量が豊富な東京西部（二次メッシュ 533934,533935,533944,533945）とし、期間は 2012 年 9 月（1 か月間）の平日 7 時～19 時とする。

(2) 交差点通過時間推定の方法

a) 評価区間の生成方法

分析対象とした評価区間は、信号の手前 200m から信号までの共通区間と、信号の先 50m の延長区間の計 250m とした（図-13）。共通区間は、ネットワークデータの信号ノードを起点に進行方向と逆方向に道なりリンクを辿ることで事前に生成した。道なりリンクを辿る際、複数リンクから進入可能なノードにおいては、道路種別およびリンク種別（本線・側道等）が同一で、ノードにおける角度差が 45 度未満のリンクを道なりリンクとし、道なりリンク数が 1 以外の場合は道なり判定不能とした。

表-10 通過リンク列データのイメージ

経路 ID	通過 順	リンク 番号	進入日時	退出時刻
A	1	1000	2012-09-01 10:00:00	2012-09-01 10:00:05
A	2	1100	2012-09-01 10:00:05	2012-09-01 10:00:12

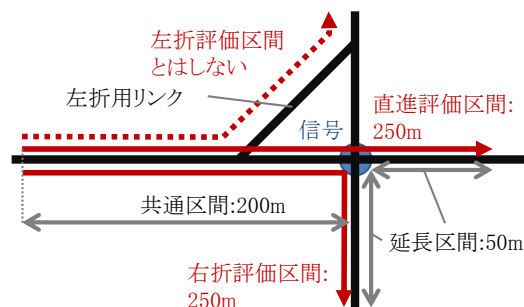


図-13 評価区間の概要図

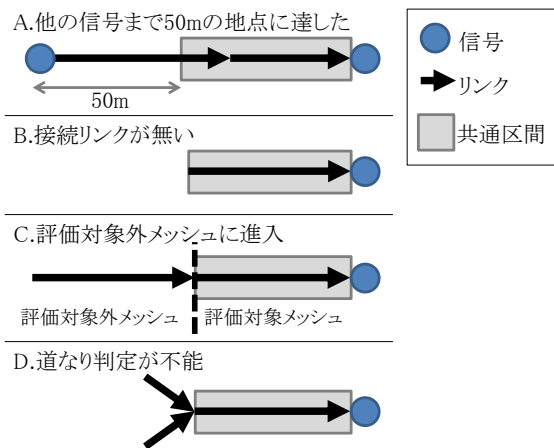


図-14 共通区間の打ち切り条件

表-11 方向判定方法

角度差[度] (右回りに -180~179)	方向	備考
$-30 \leq \theta \leq 30$	直進	同一共通区間からの直進区間が複数あった場合、通過数が最大でない区間は直進(従)とする
$30 < \theta \leq 170$	右折	
$-170 \leq \theta < -30$	左折	
$\theta < -170$ or $170 < \theta$	Uターン	

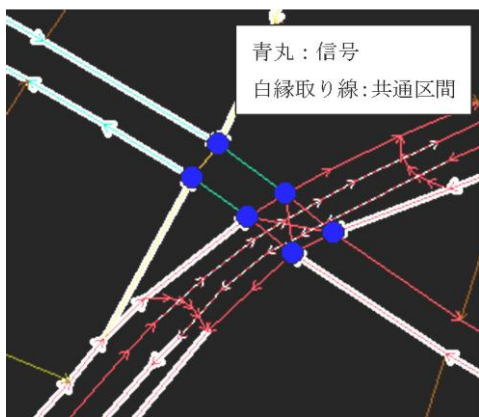


図-15 1つの交差点の信号がネットワークデータ上の6ノードに存在する例(瀬田交差点)

なお、評価対象の信号から 200m 以内に図-14 のいずれかの条件に該当した際には共通区間を打ち切り、その距離が 50m に満たない場合は共通区間として不採用とした。さらに実際の携帯カーナビプロップの共通区間通過後の通過パターンごとに延長区間を生成し、両区間を合わせて評価区間を設定した。各評価区間は、信号への進入角度と評価区間の最終リンクの角度の差から、表-11



図-16 1日平均1回以上取得可能な直進以外の評価区間(表参道交差点付近)

の判定方法により簡易的に方向を付与している。

信号の手前だけでなく先の区間も評価区間に組み入れた理由は次の二つである。一つ目は、図-15 のように、1 交差点の信号がネットワークデータ上に複数存在する箇所において、評価区間を交差点内リンク等を含めて正しく生成できるようにするためである。二つ目は、右左折中に交差点内で停止した場合に、信号前後のどちらのリンクにもマッチングされる可能性があることを考慮し、両リンクを評価区間に組み入れるためである。

b) 交差点通過時間の計算方法

まず、携帯カーナビプロップから共通区間を通過する経路を抽出し、評価区間を生成しながら、評価区間の所要時間を算出した。評価区間の最初と最後はリンクの途中で終わるため、リンクの所要時間を線形補間して評価区間の所要時間に算入している。続いて、評価区間の通過時間から、自由流(30km/h)の通過時間を差し引いた値を交差点通過時間とした。

なお、長時間の停止を含むデータや、リンクにマッチングしたが評価区間の入出時刻が不明なデータは除外している。

c) 結果表示方法

オープンソースの GIS "Quantum GIS"を用いて、角度差毎にオフセットし、交差点通過時間により色分けした例を図-16 に示す。評価区間毎の統計は、GIS 上で表示しやすいうようにリンク列形状を持たせて出力している。

表-12 方向別のデータ量

方向	総通過回数	通過頻度別の評価区間数			
		月1回以上	1日平均1回以上	1日平均3回以上	1日平均10回以上
直進	1,613,334	7,657	4,819	3,338	1,742
直進(従)	15,365	646	80	46	12
左折	143,003	7,657	1,127	290	42
右折	142,833	7,067	1,087	310	42
Uターン	1,529	570	3	1	0
合計	1,916,064	23,597	7,116	3,985	1,838

表-13 方向別の交差点通過時間の平均値

方向	通過ベース			評価区間ベース (n>=30のみ対象)		
	総通過回数	平均[s]	標準偏差[s]	評価区間数	平均[s]	標準偏差[s]
直進	1,613,334	16	38	4,819	20	22
直進(従)	15,365	18	40	80	21	24
左折	143,003	39	53	1,127	42	30
右折	142,833	48	58	1,087	53	33
Uターン	1,529	59	76	3	46	38

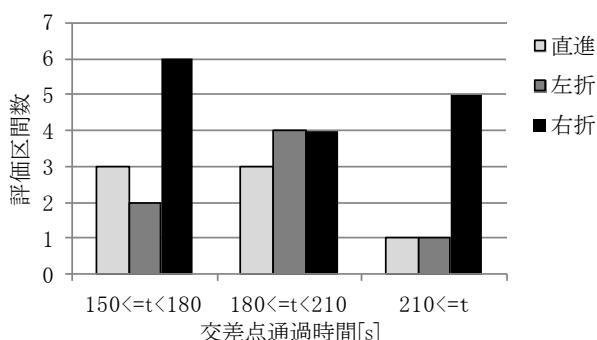


図-17 平均通過時間の長い評価区間数

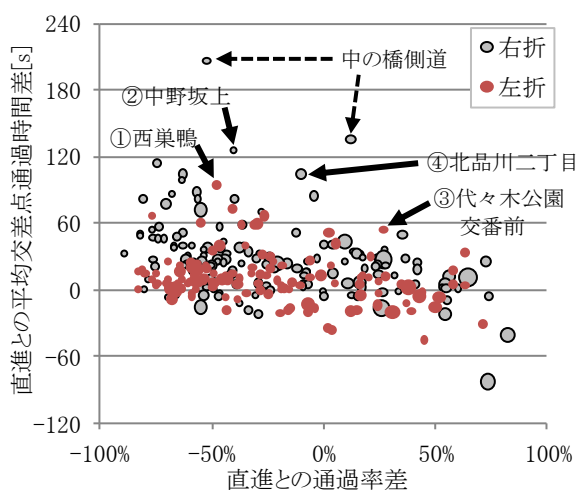


図-18 直進との通過率差と平均交差点通過時間差の関係 (円の面積は通過数に比例する)

(3) 全評価区間の傾向分析

a) データ量

方向別の通過回数と通過頻度毎の評価区間数を表-12に示す。右左折の総通過回数は直進の 1/11 程度である。右左折の評価が可能な区間数は、月 1 回以上の通過頻度であれば直進と同程度であり、通過頻度の基準を高めるにつれ直進よりも少なくなる。図-16 は、1 日平均 1 回以上通過可能な直進以外の評価区間の例を示している。

b) 方向別の交差点通過時間

右左折方向別の交差点通過時間の通過ベースと、通過回数が 30 回以上の評価区間ベースの平均時間を表-13に示す。どちらの平均通過時間も、右左折が直進の 2 倍以上要している。1 サイクル以上の待ちが恒常的に発生していると考えられる平均交差点通過時間が 150 秒以上の評価区間数は、右折が特に多くなっている (図-17)。

(4) 同一交差点の右左折における直進との比較分析

a) 分析の概要

方向別の交差点通過時間に大きな差がある場合、右左折車線や方向別信号制御の見直しにより、平均的な交差点通過時間を短縮できる可能性がある。右左折の交通量の割合が高いにもかかわらず、その通過時間が直進に比べて非常に長い箇所は、他の流入方向からの交通状況は別途考慮が必要ではあるが、短縮の余地が大きいと考えられる。方向別の交通量の網羅的な把握は容易ではないが、携帯カーナビプローブの通過数をその代用とすることが可能である。

本節では、直進と右左折方向との交差点通過時間および通過数の差分に着目し、見直し対象候補を抽出する。分析の信頼性を担保するため、右左折の通過数が 100 以上かつ直進の通過回数が 30 以上の評価区間のみを対象とする。また、側道から信号に進入する評価区間は分析対象外とする。

b) 分析結果

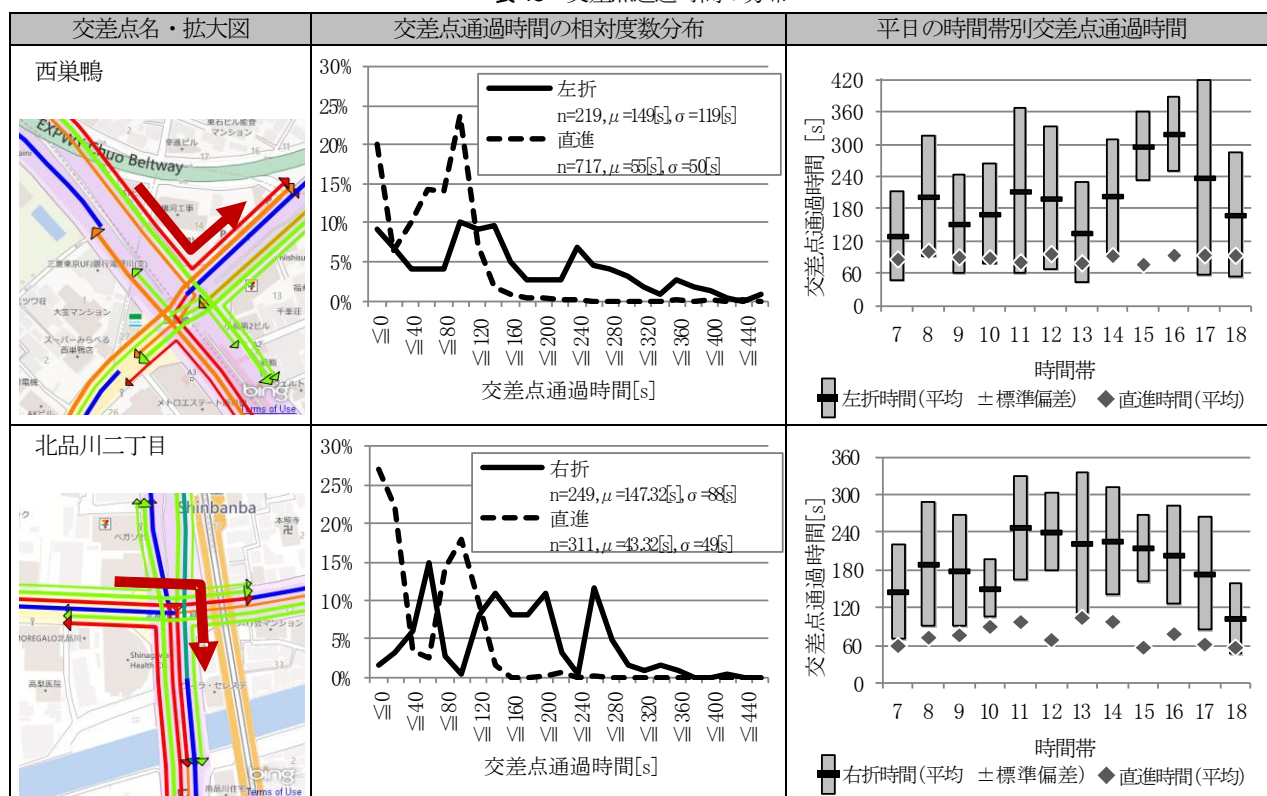
同一の共通区間 (流入方向) における、評価区間 (退出方向) 別の通過数の比率を通過率と呼ぶこととする。右左折評価区間と直進評価区間との通過率差および平均交差点通過時間差の関係を図-18 に示す。左折・右折ともに直進に比べて、通行率が高いほど交差点通過時間差は短くなる弱い相関 (左折 : $R=-0.25$, 右折 : $R=-0.35$) がある。

直進との交差点通過時間差が最大の評価区間を表-14に示す。通過率差が-20%以上の評価区間に絞ると、③代々木公園交番前交差点における井の頭通りの左折や、④北品川二丁目交差点における山手通り内回りから国道 15 号下りへの右折のように、直進と比べて通過率は大きく変わらないが通過時間が長くなっている箇所も存在する。これらは見直し対象候補と考えられる。

表-14 直進との交差点通過時間差が最大の評価区間

対象	方向	番号	交差点名	経路	通過数			平均交差点通過時間[s]		
					該当方向	直進	通過数率差	該当方向	直進	差
全て	左折	①	西巣鴨	進入：中山道上り 退出：明治通り外回り	219	717	-48%	149	55	+94
	右折	②	中野坂上	進入：山手通り外回り 退出：青梅街道上り	123	346	-40%	163	38	+125
通過率差 -20%以上	左折	③	代々木公園交番前	進入：井の頭通り下り 退出：井の頭通り下り	105	58	+27%	90	36	+54
	右折	④	北品川二丁目	進入：山手通り内回り 退出：第一京浜下り	249	311	-10%	147	43	+104

表-15 交差点通過時間の分布



c) 分析上の課題

直進との平均交差点通過時間差が上位 1,2 位の区間は、いずれも中の橋交差点における東八通り側道からの右折であった。側道から直進方向の平均交差点通過時間が7秒以下だったために上位に来ている。これは、立体交差の本線を走行する車両のプロープデータが側道にマッチングされたために、側道の直進方向の交差点通過時間が短く算出されたものと考えられる。同様のケースは、直進との平均交差点通過時間差の上位 20 区間には存在しなかったが、一定量混入していると考えられるため注意が必要である。同側道区間はネットワークデータの属性としては本線とされている。したがって、接続関係、角度、名称等の各属性を用いて側道判定を行い、本線走行車両が側道にマッチングされにくくするロジックの追加が、本課題の解決には有効と考えられる。

表-16 信号現示調査結果 (手動計測 3 回の平均値)

交差点名	サイクル長[s]	退出方向別青時間[s]
西巣鴨	139	直進・左折 36
		右折 17
北品川二丁目	151	直進・左折 58
		右折 18

(5) 詳細分析

a) 分析の概要

直進との交差点通過時間差が大きく、また通過数が 200 を超えていた①西巣鴨交差点の左折および④北品川二丁目交差点の右折には、信号待ち回数や時間帯別の分析を行った。交差点通過時間の相対度数分布および平日の時間帯別の交差点通過時間を表-15 に、2013 年 5 月 1 日 (水) の 15:00~16:30 に行った現地調査の結果を表-16

に示す。

b) 分析結果

西巣鴨交差点は、直進が信号待ち 0 回と 1 回に対応すると考えられる 0 秒未満と 80~100 秒にピークがあるのに対し、左折では 0 秒未満と 80~140 秒に最初のピークがあり、直進に比べて 20 秒程度長めにずれている。これは、歩行者の通行等による慢性的な待ちが発生していることが想定される。また、平均サイクル長の 139 秒と同程度の間隔を空けて、信号待ち 2 回と 3 回に対応すると考えられる 220~240 秒や 340~360 秒にもピークがあり、1 回の青信号で交通流を捌ききれていないと推測される。その原因としては、青時間が 36 秒と比較的短いことに加え、西巣鴨駅や大学・高校が付近にあるため歩行者や自転車が多いことが考えられる。現地調査を行った 16 時頃は下校する高校生の歩行者や自転車が特に多く、そのことが時間帯別のピークが 15~16 時となっている要因の可能性もある。

北品川二丁目交差点においても同様に、最初の 2 つのピークは直進に比べて 60 秒程度長めにずれている。信号 2 回待ちに対応すると考えられる 240~260 秒にもピークがあり、こちらも 1 回の青信号で交通流を捌ききれていないと推測される。その原因としては、交通量に比べて青時間 (18 秒) や右折車線数 (1 車線) が少ないことに加え、大型車の割合の高さが考えられる。現地調査では、貨物車や路線バスが低速度で右折していく様子が多く見られた。経済活動が活発な 11~16 時台が長いピーク時間帯となっていることから、大型車を含む業務車両の増加が右折時間増加の要因であると推測される。

c) 道路交通分析への適用可能性の検討

以上のように、通過数の多い交差点であれば、1 ヶ月間の携帯カーナビプローブを元に、信号待ち回数や時間帯別の交差点通過時間等の分析が可能であることが分かった。したがって、現状把握だけでなく、交差点構造や信号制御の変更後の効果測定も迅速に行うことができると考えられる。

6. おわりに

本研究では、携帯カーナビプローブの有用性として、下記の知見を得た。

1. 民間プローブと同傾向の平均旅行速度が得られた。民間プローブでは分析が困難な面での携帯カーナビプローブの活用や、両データを併用した補完や分析等も可能であると考えられる。
2. 測位環境が良好な区間であれば、2 秒間隔の速度を CAN データと比較して 2km/h 程度の誤差で得られた。速度超過等の 1 台毎の細かな走行特性に着目

したリンク単位より細かい測位地点単位での分析に、携帯カーナビプローブの適用が可能であると考えられる。

3. 経路毎の通過リンク列データを用いることで、右左折方向別の交差点通過時間の算出、直進と右左折との交差点通過時間差や通過率差を踏まえた見直し対象交差点の抽出および信号待ち回数や時間帯別の交差点通過時間等の分析が可能であることが分かった。右左折別の現状把握、見直し対象交差点の抽出や見直しによる効果測定に、携帯カーナビプローブの適用が可能であると考えられる。

一方、明らかになった課題と期待される解決の方向性は下記のとおりである。

1. 高速道路においては民間プローブに比べ平均旅行速度が低い。その原因のひとつとして民間プローブとの車種比率の違いが考えられるため、車種別の分析が期待される。
2. GPS 測位環境の劣悪な高層ビル街や高架下の区間において、速度算出が不能になる、速度の誤差が大きくなる問題があった。携帯端末機から取得される座標値の特性を把握した上で、異常値除去や補正によるデータ精度の改善が期待される。
3. 本線を通る車両のプローブデータが側道にマッチングされ、直進の交差点通過時間が短く算出されることがあった。本線走行車両が側道にマッチングされにくくするロジックをマップマッチングシステムに追加することで改善が期待される。

今後は、本研究で明らかになった課題をシステム改修により改善していくとともに、実際の道路交通分析に携帯カーナビプローブを適用し、分析事例を増やしていく予定である。

参考文献

- 1) 日本デジタル道路地図協会：デジタル道路地図とは、<<http://www.drm.jp/map/>>、(入手 2013.5.5)
- 2) 上坂克巳，門間俊幸，橋本浩良，松本俊輔，大脇鉄也：道路交通調査の新たな展開，土木計画学研究・講演集，Vol.43，2011。
- 3) 例えば，国土交通省関東地方整備局常陸河川国道事務所：平成 24 年度 茨城県の主要渋滞箇所の特長結果，<http://www.ktr.mlit.go.jp/kisha/hitachi_00000135.html>，(入手 2013.5.5)
- 4) 橋本浩良，河野友彦，門間俊幸，上坂克巳：交通円滑化対策のためのプローブデータの分析方法に関する研究，国土交通省国土技術研究会，2010。
- 5) 橋本浩良，水木智英，門間俊幸，上坂克巳，田名部淳：プローブデータを用いた交差点における交通動向分析のケーススタディ，土木計画学研究・講演集，Vol.45，2012。

- 6) 牧村和彦, 中嶋康博, 佐藤弘子, 石田東生: カーナビゲーションシステムを用いた渋滞関連指標に関する基礎的研究, 土木学会論文集, No.758/IV-63, 2004.
- 7) 門間俊幸, 橋本浩良, 河野友彦, 上坂克己: 常時観測データを用いた新たな道路サービスレベル指標に関する研究, 土木計画学研究・講演集, Vol.43, 2011.
- 8) 今井龍一, 佐々木洋一, 内田真一, 越智大介: 新東名自動車道の大縮尺地図を用いたスマートフォン GPS 及び CAN ロガーの走行実験, 地理情報システム学会講演論文集, Vol.21, 2012.
- 9) 株式会社 BCN: 2012 年 10 月の携帯電話ランキング, 「iPhone 5」がシェア約 4 割, 品薄も解消へ, <http://bcnranking.jp/news/1211/121114_24177.html>, (入手 2013.5.5)

(2013.5.7 受付)

ANALYSIS OF ROAD TRAFFIC BASED ON PROBE DATA COLLECTED FROM MOBILE CAR NAVIGATION SYSTEMS

Kohei OTA, Shunsuke OSHIGE, Tsutomu YABE, Ryuichi IMAI and Yuki IBOSHI

Travel speed data calculated from probe data (such as vehicle travel data) collected from car navigation systems are being used in road traffic analysis. With the recent diversification of car navigation systems collecting probe traffic data, specifications and formats of the probe traffic data collected by the navigation service operators also widely vary; advancements in road administration management is anticipated through the analysis of these various attributes.

This research aims to report findings made in road traffic analysis using vehicle travel data acquired from car navigation systems on connected mobile devices (mobile car navigation). Specifically, we have conducted a comparative analysis between attributes of the acquired speed data and private-sector probe data (based on basic characteristics of data volume distribution). Furthermore, we have analyzed the accuracy of measurements such as speed, and will discuss the applicability of the travel attribute analysis to individual vehicles. Finally, we will discuss the applicability of analyzing the time spent by vehicles at intersections by approach and exit directions, in order to understand the traffic situation or as a method to measure the effectiveness of road maintenance projects.