

道路交通分野におけるプローブデータの 特性に関する基礎的研究

形屋 陽一郎¹・高山 純一²・山口 裕通³

¹正会員 株式会社 日本海コンサルタント (〒921-8042 石川県金沢市泉本町二丁目126番地)

E-mail: y-kataya@nihonkai.co.jp

²フェロー 金沢大学教授 理工研究域 環境デザイン学系 (〒920-1192 石川県金沢市角間町)

E-mail: takayama@se.kanazawa-u.ac.jp

³正会員 金沢大学特任助教 大学院 自然科学研究科 (〒920-1192 石川県金沢市角間町)

E-mail: hyamaguchi@se.kanazawa-u.ac.jp

交通量や渋滞状況などの道路交通情報は、主に幹線道路上に設置された車両感知器による観測や、道路交通センサスのように短時間で実施される調査に基づくものであり、時空間的に限定的な情報であった。一方、移動情報を連続的に取得するプローブデータは、これまでの交通状況調査に比べて時空間的に解像度の高い情報取得が可能であり、道路交通分野において様々な活用が期待されている。

本研究では、道路交通分野で活用されているプローブデータについて、時空間的解像度や情報の継続性といった観点からその分解能を整理した。その上で、経路情報や車両挙動、道路上の交通状態など、より詳細な情報の把握に向けたプローブデータ活用の方向性について一例を示した。

Key Words : probe data, traffic conditions and behavior, resolution, continuity of information

1. はじめに

(1) 研究の背景・動機

従来、交通量や渋滞状況などの道路交通情報は、道路整備を進める上で重要な情報として扱われており、今後も道路の利用状況を把握する上で重要な指標である。また、近年では橋梁やトンネルなどを主とする道路施設の維持管理においても、路線の重要度や利用状況を把握する指標の一つとして用いられており、これらの情報を収集するため、主要な幹線道路上には車両感知器が設置され、時間的に連続した交通情報が収集されている。

しかし、これらの車両感知器による情報は、特定地点における交通情報の取得が可能であるものの、その設置間隔には一定の開きがあるため、区間の旅行速度や渋滞状況など空間的情報を得ることはできない。

空間的に連続する交通情報を取得する場合、調査体制を整え、多くの調査員を動員して交通量調査や渋滞長調査、旅行速度調査が実施されている。これらの調査は調査員の確保や予算の制約といった点から年間のある一日を抽出した限定的な調査であることがほとんどであり、調査範囲にも限界がある。

都道府県や一団の都市圏を対象とする調査として、道路交通センサスやパーソントリップ調査が実施されてい

るが、これらの調査についても調査期間やサンプルが限定的となっている。これまで道路交通分野では、現状の交通状況の把握や道路整備計画の検討において、上記のような限定的なデータを使わざるを得なかった。

これに対して、2010年頃からGPSの位置情報を用いたプローブ情報が実用化されはじめ、情報通信技術の発達やプローブ情報取得に対応する車両の普及により、年々情報取得件数が増加している。移動情報を連続的に把握できるプローブデータは、これまでの交通状況調査に比べて時空間的に解像度の高い情報取得が可能であり、道路交通分野において様々な活用が期待されている。

(2) 研究の目的

現在、わが国の道路交通分野において活用が進むプローブデータとして、国が普及に取組むETC2.0や、カーナビゲーションシステムなどの情報を基に民間企業が提供するプローブデータ、スマートフォンのGPSによる位置情報を活用したデータなど、様々な種類が挙げられる。そのような中、これまでに、プローブデータを活用した研究報告が数多くなされており、それぞれの研究の中で使用するプローブデータの特性が述べられている。しかし、異なるプローブデータとの比較により、その特性の違いを述べた研究は少ない。

本研究では、道路交通分野で活用されている様々なプローブデータについて、それぞれの特性を踏まえ、時空間的解像度や情報の継続性といった観点から各種プローブデータの分解能を整理する。その上で、経路情報や事故危険箇所、道路上の交通状態などの把握に向けて、他の道路交通情報と組み合わせながら、プローブデータの有効活用の方向性を探ることを目的とする。

2. 道路交通情報の特性

(1) 道路交通情報の取得

道路交通情報を取得するデータソースとして、車両感知器（トラフィックカウンター）やCCTVなど従来からのデータソースに加えて、近年多用な活用が見られるプローブデータが挙げられる。下表に道路交通情報を取得するデータソースの主な特徴を整理する。

表-1 道路交通情報を把握するための主なデータソース

種類	取得データ	特徴
車両感知器	<ul style="list-style-type: none"> 交通量（大型，小型） 地点速度 道路占有率 	<ul style="list-style-type: none"> 定点で時間的に連続して交通量を観測 機器の設置間隔は粗であり，面的な交通状態の把握には不適
CCTV	<ul style="list-style-type: none"> 交通状況（映像） 	<ul style="list-style-type: none"> 定点で，常時交通状況を監視 映像による状況監視のみであり，量的な情報把握は不可
VICS	<ul style="list-style-type: none"> 所要時間 区間速度または地点速度 	<ul style="list-style-type: none"> 道路管理者及び都道府県警察からの情報を基に，運転者に情報を提供 対象範囲や路線が限定的ではあるが，時間的には連続した情報を提供
ETC-OD	<ul style="list-style-type: none"> ETC ゲートの通過データ 	<ul style="list-style-type: none"> 利用 IC 間の OD 交通量 取得情報は高速道路の利用車両に限定
プローブデータ	<ul style="list-style-type: none"> 旅行時間，速度 経路情報 挙動履歴 	<ul style="list-style-type: none"> 時間的，空間的に連続した情報の取得が可能 サンプルデータであり，量的な情報把握は不可

車両感知器やCCTVは、観測地点においては極めて精度の高い情報を得ることができるが、定点観測であるため、情報の精度を確保できる区間は限定的であり、空間的に連続した情報を把握することはできない。また、VICSも車両感知器やCCTVと同様に、定点での観測データを集計したものであるが、提供されている所要時間や速度の情報には都道府県警察が交通管理のために取得するデータも含まれており、車両感知器やCCTVのみの情報に比べて空間的な精度は高いと考えられる。しかし、次世代マルチモーダルITS研究会報告¹⁾によると、対象とする路線内では情報の精度が高いものの、道路網全体から見ると対象路線は限定的となっている。また、VICSリンクはプローブデータが主に使用するDRMリンクに比べて区間長が長く、定点での観測速度に基づく区間の推定速度には、交差点信号や交通渋滞による誤差が含まれている可能性が指摘されている。

このほか、高速道路では、車両感知器のデータに加えてETCゲートの通過データ（ETC-OD）が取得可能であり、IC間を起終点とするOD交通量を把握することができる。しかし、これは高速道路に限定した情報であり、一般道に関する情報を取得することはできない。

これに対して、個々の車両の旅行時間や速度、経路情報など、動的な情報を取得可能なプローブデータの

活用が盛んになっている。

車両感知器が定点における全数を捉えているのに対し、プローブデータは、対応車載器を搭載した車両等を対象に、範囲を限定せずとその移動情報から交通の状況を捉えるものである。サンプルデータであるため、量的な情報把握は困難なものの、空間的に広範囲かつ、時間的に連続した情報が取得可能であるという利点がある（図-1）。

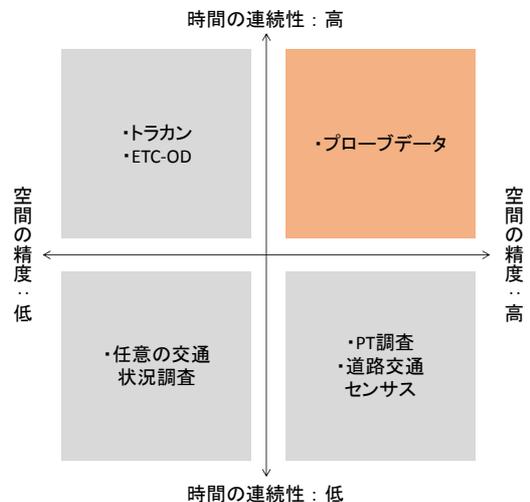


図-1 時空間軸からみた交通データの分類

現在活用されているプローブデータは様々あるが、基本的には位置情報と時間により、サンプルとなる移動体（自動車等）の移動履歴や挙動履歴を収集・蓄積したデータであるということが共通の特徴である。道路交通分野では、国土交通省が取得するETC2.0プローブ情報のほか、民間事業者が提供するプローブ情報も複数活用されており、取得可能な情報やデータ仕様はそれぞれに異なっている。

(2) 道路交通分野におけるプローブデータ

ここでは、道路交通分野で活用されているプローブデータの特徴を概説する。道路上において位置情報を取得可能なプローブ情報として、ETC2.0プローブ情報、民間プローブ、商用車プローブ、混雑統計[®]が主に活用されており、これらのデータソースが提供する情報を下表に整理する。

表-2 各プローブが提供する情報

情報の内容	ETC2.0	民間 プローブ	混雑統計 [®]	商用車 プローブ
経路情報	●		●	●
挙動履歴	●	●		●
DRM 区間別旅行速度	●	●		●
交通調査基本区間別旅行速度	●	●		
走行車別旅行時間	●			●
地点間の所要時間	●		●	
測位地点データ	●			●
OD データ				●

表-3 各プローブが提供する情報の特徴

情報の内容	主な特徴
経路情報	<ul style="list-style-type: none"> ETC2.0 プローブ情報と商用車プローブは GPS の測位情報から DRM リンクベースで経路を記録。 混雑統計[®]は、最短 5 分ごとの GPS の測位情報より経路を推定。
挙動履歴	<ul style="list-style-type: none"> ETC2.0 プローブ情報と民間プローブでは、0.25G 以上の減速度を記録。 商用車プローブは秒間 10km/h 以上の減速発生地点の情報を記録。
DRM 区間別旅行速度	<ul style="list-style-type: none"> ETC2.0 プローブ情報、民間プローブは、15 分単位、1 時間単位、月単位の平均速度を集計。 商用車プローブは 15 分単位の平均速度を集計。
交通調査基本区間別旅行速度	<ul style="list-style-type: none"> ETC2.0 プローブ情報、民間プローブにおいて集計。
走行車別旅行時間（速度）	<ul style="list-style-type: none"> ETC2.0 プローブ情報、商用車プローブでは個別車両の旅行時間（速度）を記録。
地点間の所要時間	<ul style="list-style-type: none"> ETC2.0 プローブ情報や混雑統計[®]では、GPS 観測地点の時間情報から地点間の所要時間を把握可能。
測位地点データ	<ul style="list-style-type: none"> GPS 観測地点の経緯度と時刻を記録。 →ETC2.0 プローブ情報：200m に 1 カ所または 45° 以上の進行方向の変化地点 →商用車プローブ：1 秒単位の点列データ
OD データ	<ul style="list-style-type: none"> 商用車プローブでは、センサス B ゾーンレベルでの OD データを取得。

3. プローブデータの分解能

道路交通分野の実務においては、主に速度と経路、挙動履歴の情報が多く利用されており、いずれも各プローブにおいて取得される位置情報により情報が整理されている。ここでは、上記で整理したプローブデータの特徴を踏まえ、各プローブから取得可能な情報の分解能を整理する。

プローブデータは、業務等での車両の運行管理やナビゲーション等の目的がある限り、継続的、かつ自動的に収集されるデータであり時間的にはデータが充足している(図-2)。

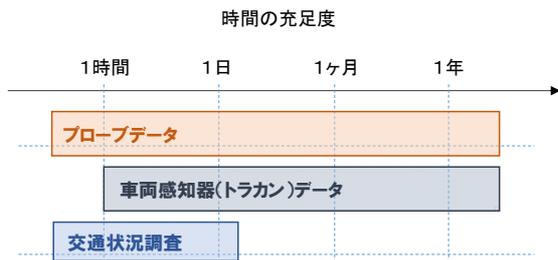


図-2 交通データの時間充足度

(1) 時間解像度と情報の継続性による分解

プローブデータにより得られる情報の継続性を時間解像度の軸で見た場合、ETC2.0プローブ情報や商用車プローブは、走行車両それぞれに固有のIDが与えられており、移動の情報を継続的に把握することが可能である。ETC2.0プローブ情報では数秒間隔で、商用車プローブでは1秒間隔でGPSの観測点情報(経緯度・観測時間)を取得している(図-3)。

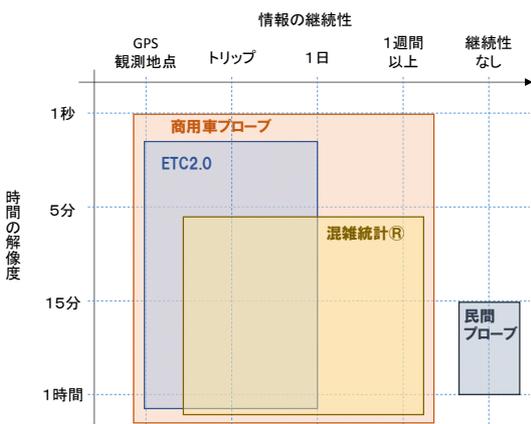


図-3 時間解像度と情報継続性による分解

ETC2.0プローブ情報は、概ね200mごと、または45°以上の方向転換があった場合に位置情報を記録しており、商用車プローブは1秒ごとに位置情報を記録する仕様となっている。この位置情報の把握と継続的

な移動情報の記録がプローブデータの分解能となる。

この分解能を活かして、特定の経路における走行履歴を集計し速度を算出することで、時間信頼性指標の算出や詳細な速度情報の分析といった活用がなされている。具体的な活用事例として、加藤ら²⁾は、ピーク時間帯の渋滞状況の把握を目的として、サンプル数が十分に確保できない場合の地点情報の補間方法を提案しており、サンプル数の確保が難しい状況での交通状況の把握や分析の可能性を示している。

混雑統計[®]も商用車プローブと同様に、習慣的な移動の流れや平均旅行時間を把握することができる。ただし、位置情報の取得間隔が最短5分間隔であり、移動経路や所要時間はその位置情報から推定されるため、経路上の速度などの情報の精度は商用車プローブやETC2.0プローブ情報に比べてやや劣ると考えられる。

これに対して、民間プローブは、15分及び1時間単位でのデータ集計による平均旅行速度が提供されている。ただし、民間プローブは、商用車プローブやETC2.0プローブ情報とは異なり固有のIDを持たないため、経路やトリップを通じての連続的な情報を得ることはできず、DRMリンク単位や地点間ごとの情報が分解能となる。データの活用としては、各リンクの平均旅行速度をつなぎ合わせることで、特定区間における時間帯別の平均所要時間が算出可能となるほか、交差点部など路線におけるボトルネック箇所の把握が挙げられ、橋本ら³⁾は道路区間間の渋滞と非渋滞との関係を利用し、渋滞の起点となるボトルネック交差点とその影響範囲の特定方法を提案している。

(2) 空間解像度による分解

ETC2.0プローブ情報や商用車プローブなどのように個別車両の位置情報を把握可能なプローブデータでは、移動における位置情報の空間解像度(経路や地点などの情報)を図4、図5のように整理することができる。

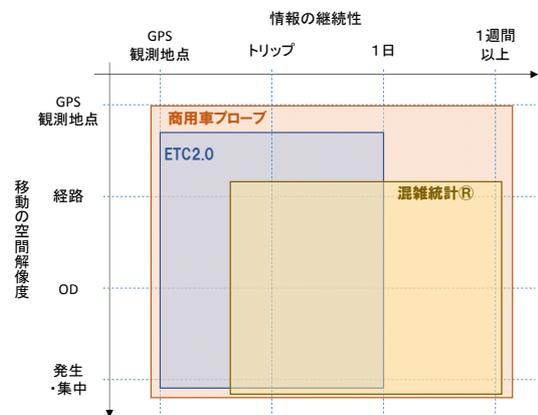


図-4 移動の空間解像度と情報継続性による分解

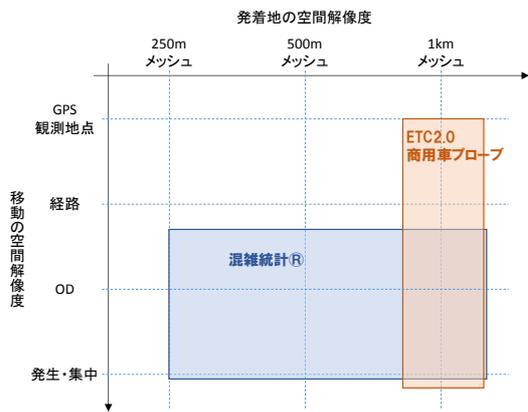


図-5 移動の空間解像度と発着地の空間解像度による分解

商用車プローブとETC2.0プローブ情報は、ともに個別車両のID情報よりトリップ単位、さらに1日のうちの複数の移動までの位置情報を継続的に取得することができる。しかし、ETC2.0プローブ情報は、日付の変更とともに個別車両のIDが更新されてしまうため、1日を超える移動情報を取得することはできない。これに対して、商用車プローブは車両ごとに固有IDが割り当てられており、週や月といった単位での移動情報の把握も可能である。これにより、日付を跨ぐトリップや習慣的な移動及びその頻度といった観点からのデータ利用が可能である。

また、図-5に示すように、移動経路の把握に関して、商用車プローブやETC2.0プローブ情報は、車両別に移動中の位置情報を取得しており、混雑統計®に比べて精度の高い経路情報を得ることができる。一方、発着地の空間解像度では、個人情報や企業情報の保護の観点から車両エンジンのON・OFFの前後500mの経路情報が

秘匿化されているため、概ね1kmメッシュの範囲内での情報取得となる。

これに対して、混雑統計®は、最小250mメッシュ範囲で取得される地点情報から発生・集中の状況やOD情報を得ることが可能である。しかし、OD情報を用いた移動経路の推定も行われているが、市街地などで道路網が複雑なエリアでは地点間の移動経路を完全に把握することは困難である。

ETC2.0プローブ情報の分解能を活用した事例として、平井ら⁴⁾は、個々の車両の休憩行動を含むトリップ行動のデータベース構築手法の検討において、休憩行動抽出に際しての走行履歴情報の特性や定量的な休憩行動を把握するとともに、基礎分析を通じて車種編成の偏り（普通乗用車への偏り）や日跨ぎトリップの不生成など、ETC2.0プローブ情報利用の留意点に関する知見を整理している。また、商用車プローブのように、長期にわたって情報の継続性が確保されているデータの活用に関して、紀伊ら⁵⁾は、訪問頻度分布パラメータへの空間精度、観測期間の影響を分析し、交通行動モデルと訪問頻度分布頻度から示唆されるモーダルシフト策に必要な施策を考察している。

一方、混雑統計®では、任意の時点における位置情報よりメッシュ単位での発生・集中やODといった情報を取得しており、そこから推定される地点間の経路やその利用台数により、路線の利用動向を把握しようとする試みがある⁶⁾。

(3) プローブデータの分解能の整理

これまでに述べたプローブデータの分解能について、下表に整理する。

表-4 プローブデータの分解能

プローブの種類	時間の解像度	情報の継続性	空間の解像度		データの分解能における問題点
			発着	移動	
ETC2.0 プローブ情報	数秒	1日	1kmメッシュ	GPS地点	・詳細な起終点を把握できない ・情報の継続性が限定的であり、日跨ぎや習慣的な移動を把握できない
商用車プローブ	1秒	継続※	1kmメッシュ	GPS地点	・詳細な起終点を把握できない
混雑統計®	5分	継続※	250mメッシュ	250mメッシュ	・他のプローブに比べて時間解像度が粗であり、詳細な経路や速度状況を把握できない
民間プローブ	15分	—	—	—	・取得情報が15分単位で集計、平均化されており、固有情報や経路情報を把握できない

※：車体の更新や運行路線の見直しなど、外的要因がない限り継続

現状では、道路上における移動経路や速度状況などの交通状況を詳らかに把握できる万能なプローブデータは存在せず、データの取得や活用において、それぞれに問題を有している。これらの問題は、個人情報や企業情報の開示に関する要素を多く含んで

おり、技術開発によるアプローチだけでは解消が難しいと考えられる。

4. プローブデータ活用の方向性の例示

プローブデータの利用における問題点について、将来的にはさらなる技術開発や取得情報の取り扱いに関する制度の見直しなど、プローブデータを取り巻く環境は変化していくと考えられる。一方で、現状においてもより詳細な交通状況を把握するために、取得可能な情報を上手く組み合わせながら交通状況の把握の精度を高めていくことが重要である。

本稿で整理した各プローブデータの分解能を踏まえ、以下に経路情報の把握、事故危険箇所の把握、路線上の交通状態の把握の視点で、プローブデータ活用の方向性を例示する。

(1) 経路情報の把握

道路交通の整備効果や観光行動の把握において、ETC2.0プローブ情報や混雑統計^⑧の経路及び位置情報が活用されている。しかし、ETC2.0プローブ情報では、目的地付近までの経路を把握することができるが、詳細な起終点が不明である点や日跨ぎのトリップを捉えられないといった課題がある。

これらの課題に対して、混雑統計^⑧による補間を考える。混雑統計^⑧は、最小で250mメッシュでの位置情報の把握が可能であり、ETC2.0プローブ情報に比べて起終点を詳細に把握することができる。加えて、任意の期間の移動を継続的に把握できるなど、ETC2.0プローブ情報を捕捉する情報の取得が可能である。一方で、地点間の経路は推定によるものとなり、経路情報の精度はやや劣る。

立寄りを含む回遊の実態を精度よく把握する方策として、ETC2.0プローブ情報と混雑統計^⑧による移動情報に時間情報を組み合わせて照合することが考えられる(図-6)。これにより、日跨ぎトリップの連続性や地点間の経路情報の精度向上が期待できる。

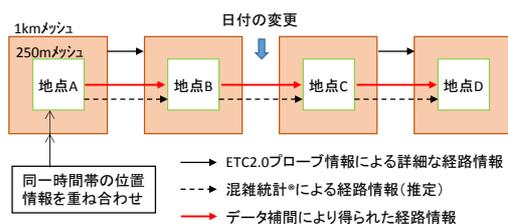


図-6 ETC2.0プローブ情報と混雑統計^⑧による経路情報の補間のイメージ

(2) 事故危険箇所の把握

ETC2.0プローブ情報や民間プローブ、商用車プローブでは、急ブレーキ等の車両挙動を把握することが可能であり、交通安全に関する指標として活用されている。活用の事例として、渋滞区間や交差点内におけるヒヤリハットの把握、通過交通の多い細街路等での交通安全対策における基礎情報としての活用といった事例が挙げられる。

このうち、細街路等での通過交通による急ブレーキと死傷事故の発生状況について、ETC2.0プロ

ブ情報や商用車プローブから抽出される通過交通車両とそれらの車両による急減速挙動、実際の死傷事故の発生状況を組み合わせることで、通過交通による事故の危険性を把握することが考えられる。細街路等における急ブレーキや死傷事故の発生状況だけでなく、通過交通の要素を加えることで、通過交通の影響やそれらの交通転換による安全性向上の効果の予測といった活用が考えられる(図-7)。

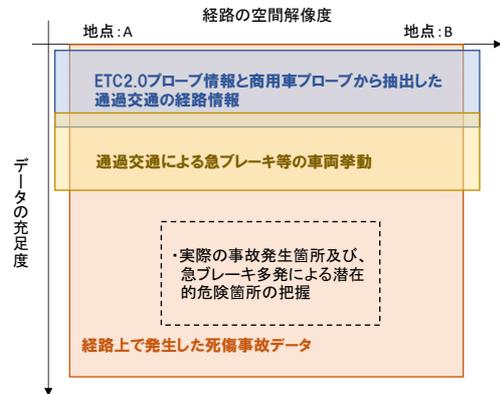


図-7 死傷事故の発生状況と通過交通の車両挙動による危険箇所の把握イメージ

(3) 路線上の交通状態の把握

「2. 道路交通情報の特性」で前述したように、道路交通情報を把握するためのデータソースとして、従来トラフィックカウンターやCCTVが活用されている。これらは、時間的にはデータ充足度が高い一方、空間的な機器の配置は低密であり、機器間の交通状態を高い精度で把握するのが難しい状況である。

これに対して、交通量の把握精度が低下する区間において、プローブデータによる空間的に連続した情報を活用した交通状態の補間が考えられる(図-8)。2000年代前半には、蓄積したプローブデータの活用として、車両感知器のデータとの併用による経路交通量の推定が試みられている⁷⁾。現在では、ETC2.0プローブ情報や民間プローブにより時空間的に充実した旅行速度の把握が可能となっており、ETC2.0プローブ情報の経路情報を活用して交差点部における流出入の要素を加味することで、より交通状態把握の精度が向上すると考えられる。

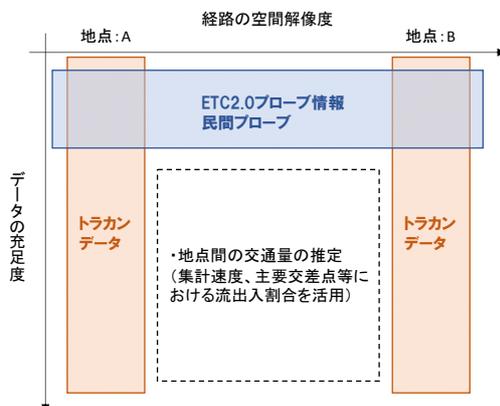


図-8 交通状態推計のイメージ

5. おわりに

本稿では、道路交通分野で活用されているプローブデータを対象に、各種プローブデータの分解能の視点からプローブデータの課題や活用の方向性を例示した。このほか、プローブデータにより道路上の交通状態を把握するには、取得できるデータ量やデータを構成する車両の車種構成についても考慮する必要がある。

今後は、今回例示したプローブデータの活用の方向性をより具体化し、実証的に有効性を検証していくことが考えられる。また、プローブデータ全体の課題として、経路上におけるデータ充足度の向上についても研究を進めていきたい。

参考文献

- 1) 国土交通省国土交通政策研究所 次世代マルチモーダル ITS 研究会報告—プローブデータを活用した交通情報の把握に関する研究, 2005.3
- 2) 加藤哲, 松田奈緒子, 瀬戸下伸介, 瀧本真理, 安居秀政, 中西雅一: 渋滞状況の把握を目的とした ETC2.0 プローブにおける地点情報の補間方法について, 土木計画学研究・講演集, Vol.56, 2017
- 3) 橋本浩良, 水木智英, 高宮進: プローブデータを利用したボトルネック交差点とその影響範囲の特定方法, 土木学会論文集 D3, vol.70, No.5, pp.I_1159-I_1166, 2014.
- 4) 平井章一, Jian XING, 甲斐慎一郎, 堀口良太, 宇野伸宏: ETC2.0 プローブデータを活用した都市間高速道路における休憩行動実態把握, 交通工学論文集, 第3巻, 第4号(特集号A), pp.A_36-A_45, 2017.
- 5) 紀伊雅敦・中村一樹: カープローブデータを用いた訪問頻度のスケーリング則の分析, 土木学会論文集 D3, vol.71, No.5, pp.I_433-I_442, 2015.
- 6) 佐々木卓, 錦戸綾子, 足立龍太郎, 高山敏典: 携帯電話の位置情報を活用した首都高の利用動態把握手法の研究, 交通工学論文集, 第1巻, 第2号(特集号B), pp.B_1-B_9, 2015.
- 7) 堀場庸介, 松本幸正, 松井寛, 高橋政稔: プローブデータに基づく推定経路交通量への観測誤差の影響分析と推定経路交通量の更新手法, 土木計画学研究・論文集, vol.22, pp.495-506, 2005.

(2018. 7. 31 受付)

FUNDAMENTAL STUDY ON CHARACTERISTICS OF PROBE DATA IN THE FIELD OF ROAD TRANSPORTATION

Yoichiro KATAYA, Junichi TAKAYAMA, Hiromichi YAMAGUCHI