

道路政策評価における ETC2.0 プローブ情報の活用方法に関する研究

牧野 浩志（元国土交通省 国土技術政策総合研究所（国土交通省 北陸地方整備局），makino-h87bh@milit.go.jp）

井坪 慎二（国土交通省 国土技術政策総合研究所，itsubo-s257@milit.go.jp）

後藤 梓（国土交通省 国土技術政策総合研究所，goto-a92uj@milit.go.jp）

A study of the utilization of ETC2.0 probe data for policy evaluation of road administration

Hiroshi Makino (Hokuriku Regional Development Bureau, Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism)

Shinji Itsubo (ITS Division, National Institute of Land and Infrastructure Management)

Azusa Goto (ITS Division, National Institute of Land and Infrastructure Management)

要約

わが国の道路行政の目標は、財政的・空間的な制約の中で、既存の道路ネットワークを賢く使い、ストック効果を最大限発揮することである。そのためには、日々の道路交通実態を把握し、課題抽出から計画、実行、評価、改善というPDCAを回していくことが大切である。近年国土交通省が導入を始めたETC2.0プローブシステムは、これまで観測技術的・費用的な制約から困難であった道路交通実態の詳細かつ網羅的・広域的な把握を可能とし、今後の道路行政に大きく貢献すると期待されている。そこで本研究では、はじめに、ETC2.0プローブ情報の特性から、経路・旅行時間・ヒヤリハットなどの履歴を常時広域的に収集可能であるという利点を整理した。次に、ETC2.0プローブ情報が今後の道路交通実態分析や性能評価指標算出にどのように活用され得るか検討を行った。これを通じて、道路行政の目指すべき方向として掲げられている「円滑・エネルギー効率」、「環境・快適」、「安全・安心」、「地域活力・国際競争力」に対する各種道路政策の有効性を定量的に評価する際に、ETC2.0プローブ情報が有用であることが整理された。最後に、旅行時間信頼性およびヒヤリハット率についての実例分析を通じて、ETC2.0プローブ情報を用いることで道路交通実態がより具体的に把握可能となることを確認した。

キーワード

ETC2.0 プローブ情報, 道路政策評価, 道路ネットワーク運用, 道路管理, 性能評価指標

1. はじめに

わが国では道路整備が進展し、ようやく高速道路のネットワーク化が概成し始めてきた。しかしながら、これまで作り上げてきたストックとしての道路の機能が十分に発揮されていないこともあり、依然として渋滞や事故等の社会的な損失が生じている。財政的・空間的な制約がより厳しくなる現状においてこれに対応するには、今ある道路の運用方法改善など小規模な改良等により、道路ネットワーク全体としてその機能を時間的・空間的に最大限に発揮させる「賢く使う取組」が重要である（国土交通省社会資本整備審議会，2015）。

一方、牧野他（2005）が述べているように、近年の情報通信技術（Information and Communication Technology; 以降、ICT）の進化は、道路交通に関するデータ収集を格段に飛躍させつつある。特に、国土交通省が進める「ETC2.0」プロジェクトは、道路交通情報の仕組みを大きく変える可能性がある。ETC2.0は、5.8 GHzの周波数帯を使うDSRC（Dedicated Short Range Communication：専用狭域通信）と呼ばれる双方向の通信方式を活用し、ノンストップで料金決済を行うETCをさらに進化させた路車協調システムである。具体的には、対応カーナビに渋滞回避支援、

安全運転支援、災害支援情報を素早く提供するだけでなく、車両の走行データ（車両の緯度・経度、時刻、加速度等）を一定間隔で蓄積し収集する機能を有している。ETC2.0対応車載器は、2016年12月現在で約130万台に装着されており、2011年から高速道路に配備された約1600基の路側機（ITSスポット）に加え、2016年までに直轄国道に配備された約1900基の路側機（経路情報収集装置）から情報が収集されている。これにより得られるプローブ情報が、今後の道路政策に資する役割は大きいと期待される。

そこで本研究では、ETC2.0プローブ情報が、道路の交通実態分析、さらには道路政策評価においてどのように活用され得るかを検討・整理することを目的とする。そのため、まず2章において、プローブ調査の発展経緯と既往研究に関するレビューを行い、本研究で取り扱うETC2.0プローブ情報の位置づけを整理する。次に3章において、ETC2.0プローブ情報の特性について、他の交通調査手法と比較しながら解説する。これらを踏まえ4章では、従来の道路交通実態分析がETC2.0プローブ情報によってどのように進化していくのかを考察するとともに、それらを活用した道路性能評価指標について整理を行う。そして5章では、ETC2.0プローブ情報の活用事例として、時間信頼性およびヒヤリハット率について試算を行い、その有用性を明らかにする。

2. プローブ調査発展の経緯と活用事例の既往研究

本章では、まず今日までのプローブ調査発展の経緯とその活用事例に関する既往研究、そして道路行政におけるプローブ調査の役割と ETC2.0 の位置づけを整理する。

2.1 プローブ調査への期待と試行

石田他 (1998) は、パーソントリップ調査の現状と課題を整理し、交通調査とそれに続く予測・評価技術が転換期になるという認識から、新たな実践的な交通調査、需要予測、PI の方法論について検討を行っている。その中で、新しいデータ収集方法のテストとして、移動体通信技術の利用による非アンケート型の移動軌跡調査などの活用を提案している。

具体的な調査手法に関する研究として、大森他 (1998) は携帯型 GPS 機器を用いて、徒歩・自転車・自動車での移動の比較を行い、朝倉他 (2000) は、PHS を活用した交通行動把握手法を提案し、1998 年の 11 月の 2 週間、大阪地域在住の被験者 10 名を対象に行動調査を行った。この結果、いずれの研究も交通行動の特定のための位置データとしては、十分な精度であると結論づけている。

新しい調査の登場を踏まえ、石田 (1999) は、「交通計画から交通政策へ」という転換期における交通データの課題として、高度情報機器の活用と調査体型の組み込み、それらを活用するためのプラットフォームの欠如により全体像が描けない点を指摘している。

2.2 本格的プローブ調査のはじまり

高度情報機器の開発に関しては、牧野他 (2000) は、GPS と携帯パケット通信を組み合わせたインテリジェントバスロケーションを世界で初めて開発した。このサービスは、1999 年 11 月から岡山市の路線バス 60 台で行われた。特徴は、携帯パケット通信を使うことでデータ量に応じた課金が可能となり低コストでシステムが構築できたことや、インターネットをプラットフォームとして活用することで情報処理が簡易になったことである。

さらに、インターネット ITS 協議会 (2002) は、当時最先端であった IPv6 インターネット基盤を活用したタクシープローブシステムを開発した。2002 年 1 月から約 3 ヶ月間、名古屋市において、1,570 台のタクシープローブ実験を行っており、時刻や位置、速度情報に加え、ワイパーの稼働状況や方向指示器の切り替え状況、実車空車情報等を取得し、インターネット技術を活用した汎用的なアプリケーションで情報提供を行った。

これらの技術開発に伴って、新しい交通情報を活用した評価指標の開発も行われた。Makimura et al. (2002) は、カーナビゲーションシステム (以降、カーナビ) の GPS やマップマッチングなどの技術の進化に着目し、継続的な情報収集により道路の性能を客観的に捉える指標として、リンクや区間、面の旅行速度および旅行時間、渋滞による損失時間および損失額の定式化を提案した。さらに、牧村他 (2004) は、2000 年 5 月から 1 年間、東京区部のタクシー 20 台にメモリカード内蔵カーナビを登載し

てデータ収集を行い、渋滞巻き込まれ時間、渋滞長、渋滞区間通過時間、信号待ち回数の定式化および推計方法を提案した。

民間においても、2003 年頃から、自動車メーカーやカーナビメーカーによる車両の走行履歴情報を活用した渋滞状況や旅行時間提供サービスが開始された。さらには、スマートフォンの普及を背景に、スマートフォンのアプリケーションを活用したプローブ情報による様々なサービスが広まっている。

2.3 道路行政におけるプローブ調査の役割と ETC2.0

道路行政においては、道路行政マネジメント研究会 (国土交通省道路局が設置) が 2003 年 6 月に出した提言 (2003) の中で、成果主義の道路行政を実践するための 5 つの戦略の一つとして「効率的なデータ収集」が掲げられ、情報通信技術等も活用し、低コストで高精度なデータを体系的に収集・分析する手法の開発導入に努めること、月次データ等の速報性のあるデータの収集に注力すること等が必要とされた。この提言を踏まえ、道路局は、全国道路・街路交通情勢調査 (以降、道路交通センサス) をはじめとする交通調査においてプローブ情報を活用することを決定した (井坪・牧村, 2004)。

交通調査にプローブ情報が活用されるとともに、その課題も明らかとなった。具体的には、データ収集コスト (メモリカードの場合は回収コスト、携帯パケット通信の場合は通信コスト) がかかることや、タクシープローブなどのように収集車両が限定されることでデータに偏りが生じること、観測からデータ入手までにタイムラグが生じることであった。

そこで、国土技術政策総合研究所 (2006) では、データ収集コストの低減、多様な車両への登載、24 時間 365 日リアルタイムなデータ取得を目指し、次世代道路サービスを提供する新しい ITS の官民共同研究開発を実施し、路車間通信によりプローブ情報を収集するための技術的仕様を定めた。これによるプローブ情報収集は、2011 年に開始した「ITS スポットサービス」、そしてそれを拡充する今日の「ETC2.0 サービス」において実装されているが、開発当初は、VICS 情報をより広域・詳細な所要時間情報や渋滞情報に充実させるための活用及び安全運転支援情報の提供が主として想定されたものであった。

プローブ情報を道路行政に積極的に活用する方針が示されたのは、2012 年 6 月に公表された「道路分科会建議中間とりまとめ」(2012) である。ここでは、一定の道路の量的ストックが形成された現状を踏まえて、ニーズを的確に反映し道路を「賢く使う」方針等が打ち出されている。施策を進めるに際して、ITS は、道路のサービスレベルを精度よく「見える化」し、低コストで効率的な管理を可能とする重要なツールとされており、プローブ情報の収集によって、従来から行われてきた渋滞状況の把握だけでなく、自転車や歩行者も含めた道路の使われ方に着目するなど、課題把握を高度化することや、ヒヤリハット地図の作成など、面的かつ効率的に交通事故危険

個所を把握することの必要性が示されている。

ETC2.0は、上記のような経緯のもと2014年からスタートしている。ETC2.0プローブ情報は、当初想定されていた渋滞状況の把握やヒヤリハット分析以外にも、既存ストックを「賢く使う」ためのデータとして様々な観点から活用し得る。ただし、データを活用する際には、路車間通信システムの制約によるデータ特性を踏まえる必要がある。本論文は以上を考慮し、データ特性を踏まえた上で、道路政策評価におけるETC2.0プローブ情報の活用方法を、従来想定されていた渋滞状況やヒヤリハットの分析以外にも含めた多様な観点から具体的に検証するものである。

3. ETC2.0 プローブ情報の特性

3.1 ETC2.0 プローブシステムの概要

ETC2.0プローブ情報とは、対応カーナビに記録された走行位置履歴などの情報で、道路管理者が管理する路側機から収集されるものである。ETC2.0プローブ情報の流れを概略化すると、図1のようになり、路側機において各車両から収集されたプローブ情報は、プローブサーバで集積・集約・集計され、各道路管理者に提供される。各道路管理者は、これを道路交通情報や安全運転支援情報の提供など、ドライバーへのサービス、道路に関する調査・研究、道路管理の目的に利用することとされている。ただし、後述の通り、プライバシー保護の観点から、プローブ情報から車両又は個人を特定することはできないよう

に処理されている。

3.2 ETC2.0 プローブ情報の概要

ETC2.0プローブ情報は、①「基本情報」、②「走行履歴情報」、③「挙動履歴情報」から構成される。

3.2.1 基本情報

基本情報は、ETC2.0対応車載器に関する情報と車両に関する情報からなる。車載器に関する情報は、さらに無線機の製造メーカーや型番等の情報と、カーナビの製造メーカーや型番等の情報に大別される。

3.2.2 走行履歴情報

ETC2.0プローブ車両からは、走行履歴情報として、時刻、緯度・経度、道路種別（高速、都市高速、一般道、その他）等のデータが表1に示す分解能で得られる。これらのデータは、図2に概略化されるように、前回蓄積した地点か

表1：走行履歴情報のフォーマット

データ項目	分解能
時刻	1 sec
緯度・経度	10 ⁻⁵ 度
道路種別	高速、都市高速、一般道、その他
速度 (オプション)	1 km/h
高度 (オプション)	1 m

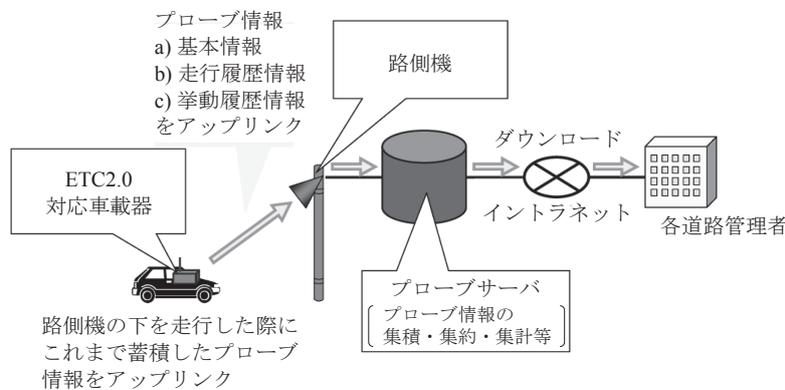


図1：プローブシステムの概要

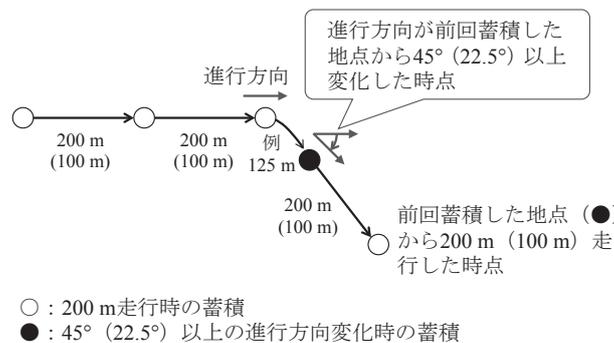


図2：走行履歴情報の概要

注：() 内は改訂前の仕様。

ら 200 m 走行した時点、および進行方向が前回蓄積した時点から 45 度以上変化した時点で蓄積される。データ時点の設定に関しては、2010 年の改訂前の仕様に準拠した車載器も存在し、その場合それぞれ 100 m と 22.5 度で記録される。

なお、プライバシー保護の観点から、ID、走行開始地点や走行終了地点などの個人情報に関わる情報は収集されない。また、起終点（以降、OD）についても、エンジンオン・オフの前後約 500 m が車載器で自動的に削除される。

3.2.3 挙動履歴情報

挙動履歴情報は、急減速、急ハンドル等による危険回避等を記録するため、前後加速度、左右加速度、ヨー角速度のいずれかが表 2 に示す閾値を越える場合に蓄積さ

表 2：挙動履歴情報を記録する基準となる閾値

データ項目	閾値
前後加速度	-0.25 G
左右加速度	± 0.25 G
ヨー角速度	± 8.5 deg/sec

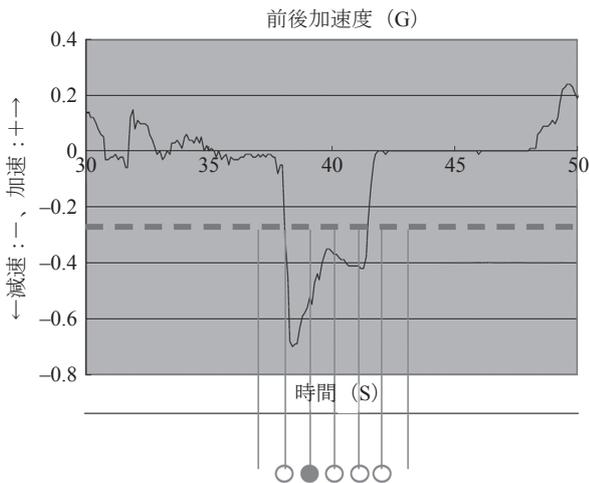


図 3：挙動履歴情報の記録時点

注：一定周期でセンシングし、閾値を超えた場合の最大ピーク値だけを選択して記録（上図で●を記録）

表 3：挙動履歴情報のフォーマット

データ項目	センシング周期	分解能
時刻	1.0 秒	1 sec
緯度・経度	1.0 秒	10 ⁻⁵ 度
方位	1.0 秒	16 方位
道路種別	1.0 秒	高速、都市高速、一般道、その他
速度(パルス)	0.3 秒以下	1 km/h
前後加速度	0.3 秒以下	0.01 G
左右加速度	0.3 秒以下	0.01 G
ヨー角速度	0.3 秒以下	0.1 deg/sec

れる。閾値を連続して超過する場合には、そのピーク値の時点のデータが蓄積される(図3)。蓄積されるデータは、表 3 に示す通りである。

3.2.4 プローブ情報の蓄積上限と路側機の設置状況

車載器に蓄積されるデータ量は最大 4kB で、走行履歴情報が約 3kB（約 80 km 分のデータに相当）、挙動履歴情報が約 1 kB（31 事象分に相当）を超えると、それぞれ古いデータから順次上書きされる。

プローブ情報を収集する路側機は、このようなデータ蓄積上限を考慮し、概ね 80 km 間隔で通過されるように、高速道路上に約 1600 基、直轄国道上に約 1900 基が配置されている。しかしながら、路側機の設置間隔が広い地域や高速道路・直轄国道までのアクセス距離が長い地域では、路側機通過までの走行延長が 80 km を超過してしまい、走行履歴の一部が得られない状況も発生する。また、挙動履歴についても、路側機から遠方の地域ほど収集できる可能性が低くなる点に留意する必要がある。

3.3 ETC2.0 プローブ情報の特性

3.3.1 非集計データの特性

ETC2.0 プローブでは、上述の走行履歴情報によって、個々の車両の時刻と位置が連続的に観測されており、これらをもとに、個々のトリップの①経路や②時間・距離・速度の関係を分析することが可能である。また、挙動履歴情報は、急減速、急ハンドル等の③ヒヤリハットが発生した時刻と地点を表している。

①経路は、図 4 の①のように、地図上に走行履歴をプロットすることで、OD とともに視覚的に示される。ただし、OD については、3.2.2 で述べた通り、エンジンオン・オフの前後約 500 m が自動的に削除されるため、Bゾーンレベル（概ね市町村を数個に分割した大きさに相当）の情報にとどまる。これにより、例えば、OD や高速道路 IC と利用経路の関係や、生活道路の通過交通等を把握することができる。ただし、車載器が緯度・経度を記録する際に、マップマッチング機能による誤差が生じる可能性があり、例えば車載器のカーナビに登録されていない新規路線の走行履歴を分析する際には十分な注意が必要である。

②時間・距離・速度の関係は、図 4 の②のようにグラフ化することで、個々の車両の時空間的な動きを表すものである。また、これによりその時の道路の交通状況を推察することが可能である。例えば、図 4 ②の左上図のような時間-距離図において、複数のプローブ車両を比較することで、自由走行なのか/何らかの遅れや速度低下が生じているのかを把握できる。ETC2.0 プローブ情報による走行履歴は 200 m 間隔での記録であるため、信号交差点での停止状態などを正確に把握することはできないが、停止が生じた場合、図 4 ②の右上図のように走行履歴の時間間隔に開きが生じるためその可能性を推察できる。また、①経路の情報と併せることで、右左折による影響も把握できる。さらに、図 4 ②の下図のように、

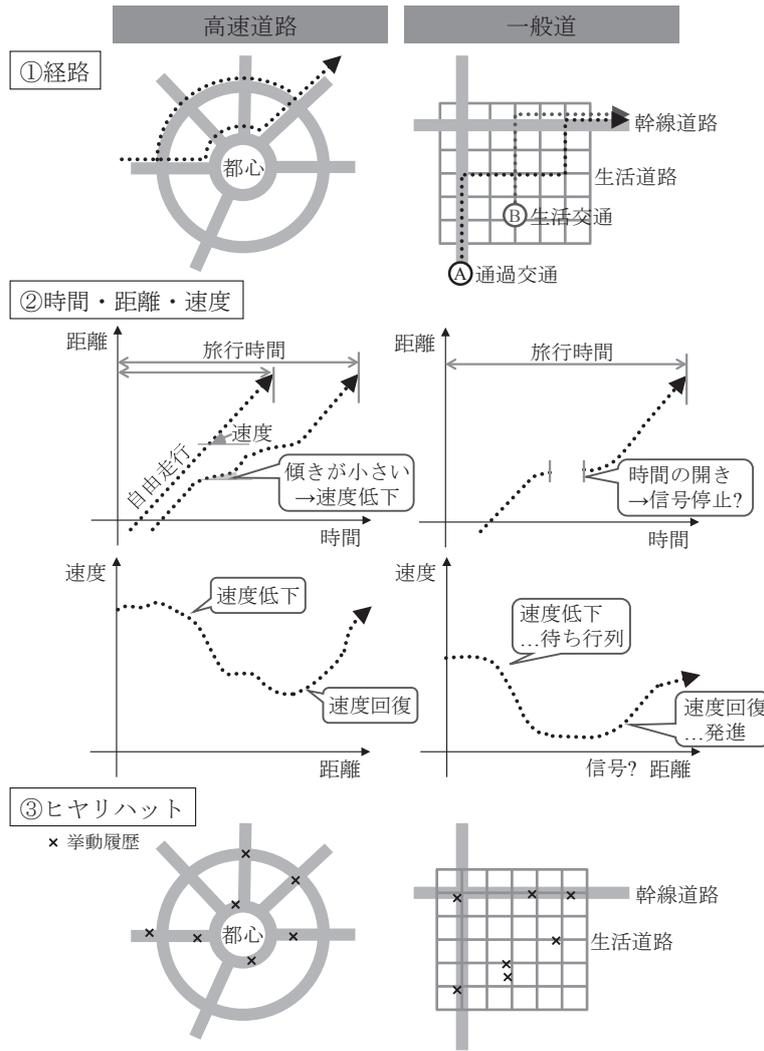


図4：非集計データの取得イメージ

距離-速度図をみることで、経路上の速度低下地点と速度回復地点を把握できる。これらを①の経路図と合わせて分析することで、道路ネットワーク上のボトルネックや遅れ発生箇所をピンポイントで把握することが可能となる。

③ヒヤリハットは、図4③のように、地図上に挙動履歴をプロットすることでピンポイントに表される。このデータが蓄積されれば、ヒヤリハットの多発地点を特定することができる。

3.3.2 集計データの特性

このような非集計データをもとに道路の交通状態を把握するため、ETC2.0プローブシステムでは、プローブサーバ上でのデータの集計も行われている。これは、②時間・距離・速度の非集計データを DRM (デジタル道路地図; Digital Road Map) にマップマッチングすることにより、DRM リンク単位での旅行時間および旅行速度を計算するものである。個々の車両のリンク単位の旅行時間・旅行速度を、さらに単位時間 (15分・1時間など) ごとに集計することで、平均旅行時間・平均旅行速度が得られる。

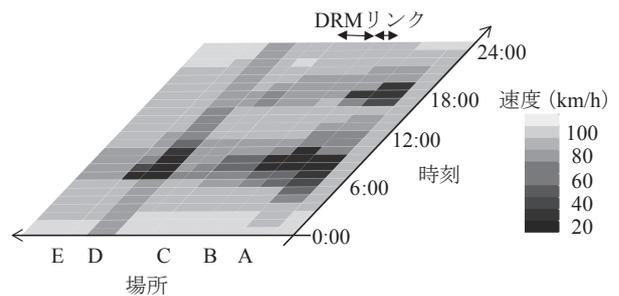


図5：集計データの取得イメージの一例

これにより、例えば図5のような時空間速度図を描くことができ、速度低下の発生・伝搬状況を見ることで渋滞発生箇所と時刻が把握できる。

この他にも、①経路の非集計データについては、特定のODを持つデータを集計すれば経路分担率が求められる。あるいは、特定の断面やエリアを通過したODを集計することで、その断面・エリアを通過する交通のトリップ長分布等が把握できる。これらによって、各道路が実態としてどのような機能で使われているかを把握するこ

とが可能となる。これについては4.3節に後述する。

③ヒヤリハットについても、②同様に DRM リンクにマップマッチングすることで、リンク単位でのヒヤリハット発生件数が集計可能である。さらに、式(1)のように、ヒヤリハット件数をETC2.0プローブ走行台キロで除すことによってヒヤリハット率を計算することもできる。

$$\text{ヒヤリハット率 (件/台キロ)} = \frac{\text{ヒヤリハット件数}}{\text{プローブ走行台キロ}} \quad (1)$$

これにより、ヒヤリハットの発生頻度を視覚的に表現する「ヒヤリハットマップ」が作成できる。ただし、生活道路ネットワークを対象に分析を行う場合には、DRMリンクのない区間が存在することが多いため、ゾーン単位での集計を行うなどの対応が必要である。

3.4 既往の道路交通調査データとの比較

時間的・空間的に偏在する交通需要に対して、既存の道路ネットワークを最大限活用していくことが道路を「賢く使う」ポイントである。そのためには、道路交通の実態を高い精度で観測し、現状および課題を分析した上で施策を立案・実行し、施策の評価を行うことが不可欠である。

現実の道路交通は個々の車両の起点から終点までの走行の集合体であり、時々刻々と変化し、空間的に広範囲に及ぶものである。しかしながら、既往の道路交通調査手法は、観測技術的および費用的な制約から、道路交通の一部を抽出収集し、空間的・時間的に様々な形式に集計し、拡大・推定するものであった。

例えば、道路交通センサスは、主要道路約19万kmを対象に5年に1回の頻度で実施され、秋期のある特定の1日の調査結果が、年間の平均的な交通データと仮定して、現況把握や将来交通量の予測に用いられている。また、主要な道路断面に設置されたトラフィックカウンタ（以降、トラカン）は、交通量および速度の常時観測調査に用いられている。しかしながら、センサスデータでは、季節や時間帯による変動をはじめとした道路交通の詳細な状況の把握が困難であることは明らかである。また、トラカンでは、設置断面以外の交通状況の把握は不可能である。

これに対してICTの進化は、道路交通に関する情報収集能力を飛躍的に高めることとなった。既往の道路交通センサス、トラカンによるデータと、ICTが可能とした新しい道路交通データである画像センサおよびETC2.0プローブデータについて、それぞれの特徴を表4で比較する。

最先端の画像処理技術を活用した画像センサは、これまでの交通量、走行速度の把握に加え、車両軌跡や異常事象の把握までもが可能である。特に注目すべきは、カメラを普段の監視作業にも使用できることである。既設のカメラ映像を処理することでトラカン機能を持たせるということも可能である。ただし、ズームや旋回機能との組み合わせには配慮が必要である。

ETC2.0プローブ情報は、全車が装着することはないためサンプル調査データとみなせる。そのため調査精度は

取得されたサンプル数に依存するものの、車両が通行した全ての道路の走行データをほぼリアルタイムに収集可能である。特に、旅行速度については、ETC2.0プローブ車両が周囲の交通の流れに乗って走っている場合が多く、サンプルが少なくとも代表性を持つ可能性が高いことから、普及当初から活用できる点は大きな利点である。加えて、ETC2.0プローブ情報は最大約80kmの走行履歴を収集できることから、一つの路側機で広範囲な情報収集ができる点も大きな利点である。

ETC2.0プローブ情報は、路車間通信でアップリンク可能な情報量に限りがあることから、走行履歴、挙動履歴とともに、取得可能な情報は前節で解説した項目に限定されているともいえるが、他のデータと組み合わせることによって、より高精度に交通実態を分析できることへの期待は大きい。例えば、挙動履歴だけでは車体の揺れや傾きなどまで考慮してヒヤリハットの実態を把握することはできないが、スマートフォンなどの携帯センサと組み合わせて分析可能と考えられる。また、泉ら(2012)は、画像センサから収集できる単路の断面交通量や交差点の方向別交通量と組み合わせることで、道路ネットワーク全体の交通実態が可視化できる可能性を述べている。このような他データとの組み合わせや、車載器・路側機の普及によって、24時間365日の網羅的な交通状態モニタリングが実現すると期待される。

4. ETC2.0 プローブ情報による道路交通実態分析手法の進化と性能評価指標

道路事業は、政策目標に基づき実施し、事前・事後評価によってその達成状況をチェックことが重要である。政策目標を設定するためには、道路の交通実態を定量的に表す性能評価指標が必要であるが、これまでは、予算的・技術的な制約から、時空間的に断片的なデータしか取得できず、道路のネットワーク効果やストック効果などの包括的・継続的な評価が困難であった。

これに対して、ETC2.0プローブ情報は、3.4節(表4)で示した通り、既往のデータに比べて時間的・空間的に密なデータといえる。これにより、従来把握が困難であった道路交通実態を表す性能評価指標が算出可能となり、道路のネットワーク効果やストック効果を考慮した政策評価に役立つことが期待される。本章では、以上の観点から、ETC2.0プローブ情報による道路交通実態分析の進化について考察するとともに、それらを活用した道路性能評価指標について整理を行う。

本論文では、我が国の道路政策として、2014年7月に開催された社会資本整備審議会第15回道路分科会(国土交通省, 2014)を参考とする。この中では、道路事業の目指すべき方向として、「円滑・エネルギー効率」、「環境・快適」、「安全・安心」、「地域活力・国際競争力」の4つが挙げられている。

図6は、ETC2.0プローブ情報による道路交通実態分析手法の進化と、それにより算出可能となる性能評価指標が、上記4つの政策目標にどのように関係するかを

表 4：道路交通調査データの比較

種別	道路交通センサス		トラカン		画像センサ		ETC2.0 プロローブ				
	計測時間 (条件等)	収集 タイムミング	データ内容	集計時間 単位	対象道路	集計区間	計測箇所	計測方法	対象車両	車両分類	
計測時間 (条件等)	▲ 5 年に 1 回 (秋期のある特定の 1 日)	▲ 豪雨等の異常天候、イベント等の通常と異なる交通状況の予想される日は除く	▲ 5 年以内 (秋期のある特定の 1 日)	▲ 1 時間毎集計	都道府県道・指定市の一般市道以上	▲ 5 年以内 (秋期のある特定の 1 日)	▲ 24 時間 365 日 (対象車両が走行した時点)	▲ 24 時間 365 日 (対象車両が走行した時点)	▲ 24 時間 365 日 (対象車両が走行した時点)	▲ 24 時間 365 日 (対象車両が走行した時点)	▲ 24 時間 365 日 (対象車両が走行した時点)
収集 タイムミング	秋期の調査結果を年間の平均的な交通データとして利用		リアルタイム	リアルタイム	リアルタイム	リアルタイム	リアルタイム	リアルタイム	リアルタイム	リアルタイム	リアルタイム (※路側機通過時までのタイムラグあり)
データ内容	交通量	旅行速度	OD (出発地、目的地) ▲ゾーン単位	トリップ単位	▲ 出発地、経由地、目的地と高速道路の利用有無のみ	交通量	交通量	交通量	走行履歴、挙動履歴、経路	走行履歴、挙動履歴、経路	走行履歴、挙動履歴、経路
集計時間 単位	▲ 1 時間毎集計	混雑時/非混雑時		トリップ単位	▲ 出発地、経由地、目的地と高速道路の利用有無のみ	5 分間/1 時間	5 分間/1 時間	5 分間/1 時間	非集計 (真値の絶対時間)	非集計 (真値の絶対時間)	15 分間平均
対象道路	都道府県道・指定市の一般市道以上				▲ 出発地、経由地、目的地と高速道路の利用有無のみ	▲ 直轄 (平均 25 km に 1 箇所)	▲ 一部の道路	▲ 一部の道路	全ての道路 (駐車場・施設内含む) (※データ蓄積上限による制約あり)	全ての道路 (駐車場・施設内含む) (※データ蓄積上限による制約あり)	DRM 基本道路 (都道府県道以上および幅員 5.5 m 以上の道路)
集計区間	交通調査基本区間		自宅の発発から帰宅までのトリップ ▲経路把握不可			観測地点	観測地点	観測地点	非集計 (点群)	非集計 (点群)	DRM リンク基本道路
計測箇所	▲ 基本区間の代表点		全城			▲ 設置箇所のみ	▲ 設置箇所	▲ 設置箇所	路側機 (高速道路、直轄国道) (約 80 km のデータを蓄積)	路側機 (高速道路、直轄国道) (約 80 km のデータを蓄積)	
計測方法	トラカン ナンバリングプレート調査 実走行調査 現地調査 ▲コストと時間		オーナリーインタビュー調査 ▲調査票に記入、回収率の低下			自動	自動	自動	自動	自動	
対象車両	全車	-	▲ 2%程度 (130万台) ※自家用、事業用			全車	全車	全車	▲ ETC2.0 搭載車のみ	▲ ETC2.0 搭載車のみ	
車両分類	小型車/大型車	なし	乗用車/貨物車等			小型車/大型車	小型車/大型車	小型車/大型車	小型車/大型車	小型車/大型車	なし

注：▲：課題、弱点

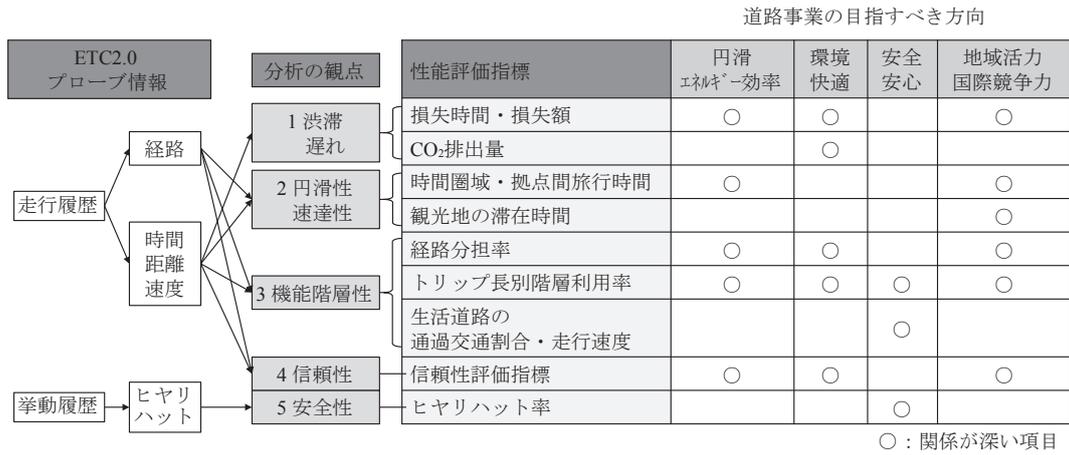


図 6：ETC2.0 プローブ情報により算出可能となる性能評価指標と道路事業の目指すべき方向

整理したものである。本論文では、図 6 に示すように、ETC2.0 プローブ情報を活用する際の分析の観点を、ボトルネックにおける渋滞・遅れ (4.1 節)、道路ネットワークの円滑性・速達性 (4.2 節)、機能階層性 (4.3 節)、信頼性 (4.4 節) および安全性 (4.5 節) の 5 つに分類し、それぞれの分析の進化により得られる性能評価指標について次節以降にて詳説する。

大枠として特筆すべき点は、これまで道路事業の評価は、個々の路線単位で行われるのが一般的であったのに対して、ETC2.0 プローブ情報の活用により、ネットワーク全体として実現される円滑性や機能階層性、信頼性なども考慮したより総合的・網羅的な評価が可能となる点である。図 6 中の「○」は、各性能評価指標が、各道路事業の目指すべき方向 (政策目標) に対して関係性が深いことを表している。ネットワークとしての評価が可能になったことにより、従来評価の主眼であった「円滑」や「安全」だけでなく、「地域活力・国際競争力」への貢献度なども考慮することが可能となると期待される。

4.1 渋滞・遅れ発生状況の分析

交通渋滞は、円滑な道路交通に求められる最も基本的条件である「交通需要を適切に捌くことのできる交通容量を確保」できていない状態を意味し、渋滞発生箇所すなわちボトルネックに対策を講じることは、道路事業のうち最も基礎的なものの一つといえる。また、特に一般道路の信号交差点などにおいて著しい遅れが生じる状況は、道路交通の円滑性・快適を大きく低下させるものであり、適切な対策が望まれる。

4.1.1 ETC2.0 プローブ情報による分析手法の進化

一般に、高速道路の渋滞は、道路上に設置されたトラカンで速度低下を検知することにより把握されている。しかしながら、トラカンの設置間隔は、都市内高速道路で約 300 m、都市間高速道路では約 1 ~ 2 km となっており、図 7 に示すように、トラカンの間にあるボトルネックの正確な位置を把握することは不可能である。また、渋滞末尾の特定や渋滞長の計測ができないといった課題がある。

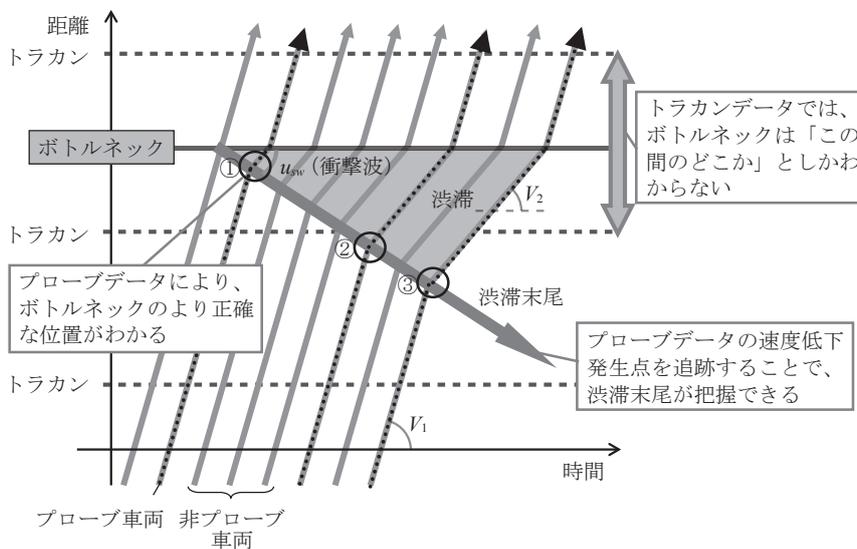


図 7：ETC2.0 プローブ情報による単路部渋滞の分析の進化を表す模式図

ETC2.0プローブ情報を活用すると、図7に示すように、200 m 間隔でプローブ車両の軌跡がわかるため、これを蓄積することで、ボトルネック箇所をトラカンデータより詳細に把握することが可能である（木村他, 2014；国土交通省, 2015；高速道路サグ部等交通円滑化研究会, 2015）。また、図7の①→②→③に示すように、全車両ではないもののプローブ車両の速度低下発生地点と時刻を追跡することにより、渋滞末尾を把握することもできる。これらにより、情報提供をはじめとしたボトルネックへのピンポイントの対策が可能となり、より効率的な施策の検討に繋がると考えられる。

一方、一般道路の交差点遅れは、従来、交差点交通量調査によって把握されている。交差点交通量調査では、主に方向別交通量や信号時間長、遅れ時間、信号待ちの滞留長、停止回数などを計測する。個別交差点についての詳細な情報を収集できるが、基本的に人員による調査であるため、実施できる交差点や日時は限定されることが課題である。

これに対し ETC2.0 プローブ情報は、対象交差点や調査日時を限定することなく、3.3.1 で解説したように個別車両の信号遅れが把握可能である。例えば、太田（2014）による携帯電話のカーナビシステムのプローブ情報を用いた手法などを適用することで、右左折方向別の交差点通過時間の推定などが可能である。さらに、大畑・桑原（2013）は、限られたプローブ車両データのみを用いて、信号交差点の停止領域（待ち行列長および待ち時間）を推定する手法を検証している。これらにより、右左折車線設置等の対策や時間帯に応じた動的対策を検討でき、対策前後の比較評価も可能となることが期待される。

4.1.2 性能評価指標：損失時間・損失額

上述の通り、ETC2.0プローブ情報により、渋滞や遅れの発生状況をより詳細かつ広域・面的に把握でき、さらに、24時間365日のモニタリングが実現する。これとトラカン（画像センサ）やセンサによる交通量データ（原単位算出のための車種構成を含む）を組み合わせることにより、損失時間や損失額を算出することができる。損失時間や損失額は、「円滑」な道路という政策目標を測る代表的な指標であるとともに、「快適」な道路交通、ひいては「地域活力」を評価する上でも重要といえる。なお、従来以上に網羅的なデータが得られるため、個別信号交差点、区間、路線、都市内ネットワーク全体といった様々な単位での集計が可能となる。

ETC2.0プローブ情報の特徴である24時間365日のリアルタイム情報という特性を踏まえ、事業実施直後（例えば、バイパス開通後の1週間等）の渋滞損失額も算出でき、タイムリーな事前事後の比較評価が可能となる。さらに、交通量データが継続的に取得できれば、渋滞損失額も継続的にモニタリング可能となる。道路の供用開始から現時点までの損失額が、供用前と比較してどの程度削減されたかは、道路整備のストック効果を示すものであるといえる。道路は適切にメンテナンスされれば半世紀以上

も機能するもので、通常、供用開始後は空気のように意識されなくなってしまうが、損失額の削減額を積み上げて示すことで、莫大な国富を生み出していることが可視化できるのである。

4.1.3 性能評価指標：CO2 排出量

同様に、ETCプローブ情報により365日24時間の平均旅行速度が得られれば、CO₂ 排出係数原単位を用いてCO₂ 排出量を算出することも可能となる。これにより、渋滞対策などの各種施策の効果を「環境」の面からもモニタリングすることができる。

4.2 道路ネットワークの円滑性・速達性の分析

道路交通実態は、個別リンクや路線の性能だけでなく、それらがどのように接続しネットワークが構成されているかによって大きく影響される。このような道路ネットワーク全体としての円滑性・速達性を評価するためには、あらゆるリンク/路線が経路となり得るOD間旅行時間を分析することが求められる。

4.2.1 ETC2.0 プローブ情報による分析手法の進化

図8の下図に灰線で例示するように、実際のOD間旅行時間は、交差点での右左折遅れやJCTでの合流遅れ等による速度低下が含まれる。しかしながら、従来、OD間

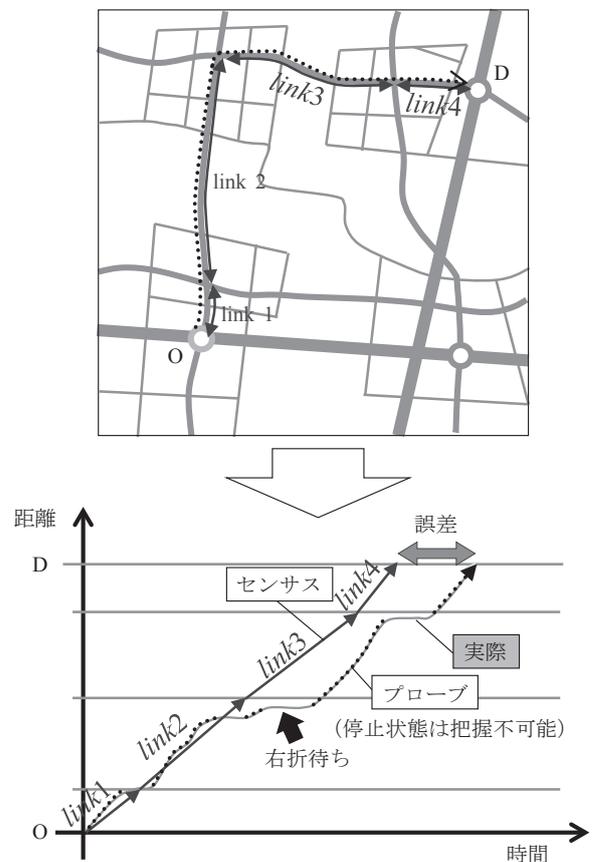


図8：ETC2.0プローブ情報によるOD間旅行時間の分析手法の進化を表す模式図

旅行時間の分析は、道路交通センサによる混雑時旅行速度等でリンク距離を除いて求めたリンク旅行時間を積み上げることで算出する場合が多い。このようにして求めるリンク旅行時間には、右左折遅れ等が考慮されないため、図8下図のようにOD間旅行時間にも誤差が含まれると考えられる。

これに対してETC2.0プローブ情報は、実際の走行経路の位置および時刻が記録されるため、より正確にOD間旅行時間を把握することができる。さらに、道路交通センサデータのないリンクを含む経路のOD間旅行時間についても網羅的に把握することができる。3.3.1に既述の通り、ETC2.0プローブ情報では、停止状態を正確に把握することはできないが、走行履歴の時間間隔の開きと経路を比較することで、右折待ち時間の影響等についても、より詳細な分析が可能となる。

4.2.2 性能評価指標：時間圏域・拠点間旅行時間

OD間旅行時間をより正確かつ網羅的に分析可能となったことにより、これまで重要性が認識されながらも把握が困難であったネットワークとしての速達性を表す性能評価指標が計測可能となる。

その代表が、都市拠点（行政施設・大規模商業施設・文化施設等）、生活拠点（ショッピングセンター・医療施設等）、物流拠点（高速道路IC・港湾・空港・物流センター等）、観光拠点などの時間圏域、およびそれらの拠点を相互に連絡する拠点間旅行時間である。「国土のグランドデザイン2050」（国土交通省、2014）には、都市生活や日常生活に必要な各種施設・サービスをコンパクトに集約し、ネットワークで連絡することの重要性が示されている。この実現に向けて、交通工学研究会（2015）では、都市機能や生活機能を持つ施設が集積した「拠点」に対して、周辺地域からの拠点までの到達時間や拠点間旅行時間の目標値を設定し、これと現状を比較しながら道路ネットワークの改良・再編を進める性能照査手法を提案している。

ETC2.0プローブ情報を用いて、「拠点」を終点とする各起点への旅行時間を集計することで、図9のように拠点の時間圏域を示すことが可能である。これはまさに、「国土のグランドデザイン2050」に描かれるコンパクト化の状況を定量的に示すものとなる。さらに、連絡すべき各

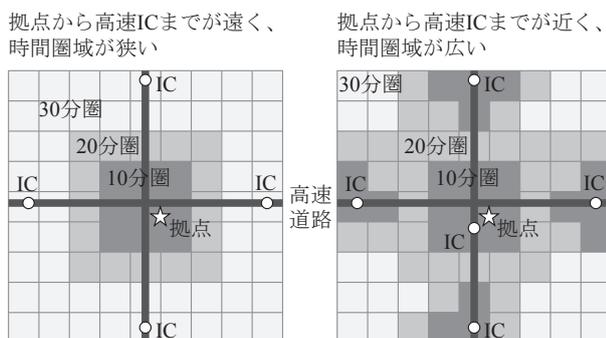


図9：時間圏域図の模式図

種拠点をODとする旅行時間をみることは、ネットワークとしての速達性を評価することに繋がる。これらの指標は、「円滑」という目標だけでなく「地域活力・国際競争力」にも繋がる重要なものである。

4.3節に後述する機能階層性の分析によって拠点間でのような経路が利用されているかを、拠点間旅行時間と併せて評価することで、ネットワークとしての道路の整備状況を確認し、路線の重要度に応じて必要な対策を検討することが可能となる。

4.2.3 性能評価指標：観光地の滞在時間

杉野他（2005）や竹隈他（2008）はGPS携帯電話などを用いたプローブパーソン調査で、観光地での行動分析を行っている。これと同様に、ETC2.0プローブ情報からも、観光地等への出入りを基準として、OD旅行時間に占める滞在時間を算出することで、その地区の魅力等を測る目安とすることが可能である。また、走行履歴のうち同じ日のあるODと次のODの時間間隔から、立ち寄りの有無等を推測、分析することもできる。すなわち、観光地までの旅行時間から「アクセス性」を、観光地内の滞在時間や立ち寄り箇所数から「魅力」を、滞在時間の移動範囲や渋滞・待ち時間の発生状況といった詳細な分析から「周遊性」を評価できると期待される。これもまた、「地域活力・国際競争力」の評価に大きく貢献するものである。なお、得られたETC2.0プローブ情報の移動特性に応じて、単独エリアでの評価や周遊観光を考慮した複数エリアでの評価等、大きさの異なる様々な観光地の評価が可能である。

4.3 道路ネットワークの機能階層性の分析

Buchanan Report（1963）では、道路を通過交通のための主要幹線道路・幹線道路と居住環境地域内の補助幹線道路・区画道路に分類し、階層的なネットワークを整備することを主張している。これは、道路の交通機能であるトラフィック機能（交通を円滑に流すための機能）とアクセス・滞留機能（沿道出入や駐車のための機能）がトレードオフ関係にあることから、各路線の機能分化を図ることで、トラフィック機能優先の道路では高速移動を確保すると同時に、アクセス・滞留機能優先の道路では通過交通を排除して安全・快適な空間を形成し、ネットワーク全体としての性能を最大化するためである。このような道路ネットワークの機能階層性の評価は、ストック効果を高めるためにも極めて重要である。

4.3.1 ETC2.0 プローブ情報による分析手法の進化

機能階層性を評価するためには、各道路がどのような使われ方をしているか、言い換えれば、OD間の利用経路を分析する必要がある。

しかしながら、これまでOD間の利用経路は、道路交通センサにより得られるOD表を用いて、利用者最適基準（Wardrop第一原則）、システム最適基準（Wardrop第二原則）等の仮定のもとでの配分計算や、高速道路利用の転換率曲線等により推定するしかない状況であった。

時々刻々と変化する交通状況を把握するため、動的シミュレーションの活用も行われてきたが、パラメータの設定等の煩雑な作業が必要であり、推定結果の妥当性を検証することも困難であった。

一方、ETC2.0プローブ情報は、OD間の利用経路をダイレクトに収集するものである。これにより、3.3.2に述べたように、OD間の経路分担率や、特定の道路やエリアを通過する交通のトリップ長分布などを分析可能となる。当面は、路側機が高速道路上および直轄国道上に限定されるため、都心内々交通に関する詳細な分析は難しい場合もあるが、都心を通過する交通とアクセスする交通の判別等には有効である。

4.3.2 性能評価指標：経路分担率

太田他（2015）は携帯端末機で動作するカーナビゲーションシステムから取得された車両の走行軌跡データ（携帯カーナビプローブデータ）を用いて、広域交通における経路選択の変化等について分析している。

ETC2.0プローブ情報でも、経路情報を集計することで、特定の拠点をODとする経路分担率等が算出できる。牧野ら（2016）は、外環状／内環状道路を通過する交通について、都心へのアクセス交通分担率と通過交通分担率に分け、それぞれの占める割合を示すことで、環状道路が都心通過交通を分散する機能を適切に果たしているかどうかの評価を行っている。通過交通を適切に迂回させることは、都心へのアクセス性の改善、都心内部の混雑解消や、さらにはそれによる道路空間再配分（歩きやすい空間づくり、LRT等の導入など）を促すものであり、まちづくりや都市計画の観点からも重要である。

また、環状道路のような複数経路を持つネットワークでは、図10のように、交通状況や所要時間に応じて弾力的な料金施策や情報提供を実施した場合の事前事後の交通流動状況について評価することも重要である。これは、「時間の最小化・道路空間利用の最大化」を図るための効果的な対策立案に貢献する。

以上のような評価は、「円滑」で「エネルギー効率」の高い道路ネットワーク運用に寄与すると期待されると同時に、道路利用者や周辺居住者の「環境・快適」や「地域活力・国際競争力」の観点からも重要である。

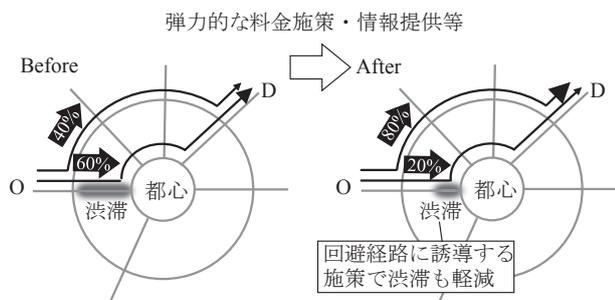


図10：施策前後の経路分担率の評価の模式図

4.3.3 性能評価指標：トリップ長別道路階層利用率

通過交通は高速道路や高規格幹線道路、生活交通は生活道路というように、トリップの性質に応じて道路の使い分けがなされる機能階層性が高いネットワークでは、トリップ長が長いほど規格の高い道路を利用することになる。後藤ら（2011）はこのような観点から道路ネットワークを評価するため、トリップ長別道路階層使用率（利用経路に占める各階層の道路の利用割合）を示すことを提案している。

この指標をみることで、図11のように、生活道路に通過交通が流入していないかなど道路の機能分化の実現状況を確認することができる。機能分化が実現することで、道路ネットワークとしては「円滑・エネルギー効率」が向上する。また、高速道路は高速走行、生活道路は低速走行を希望するドライバーがそれぞれ利用するというように各階層における利用者のばらつきが減少することにより、「安全」で「快適」な道路となると期待される。また、機能階層性が高い道路ネットワークを持つ都市は「地域活力」が高くなることは言うまでもない。

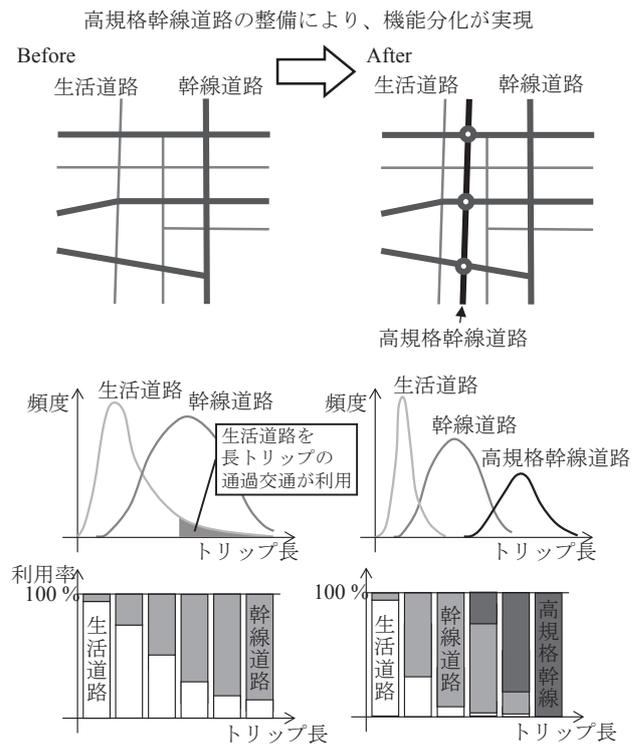


図11：トリップ長別道路階層利用率による機能階層性の評価の模式図

4.3.4 性能評価指標：生活道路の通過交通割合及び走行速度

道路ネットワークの機能階層性が崩れると、通過交通が生活道路を高速で通過するといった問題が生じ、安全性にも大きく影響を与える。稲垣他（2014）は、ナンバープレート調査と走行速度調査を同時に実施し、地区関係者と抜け道利用者別の走行速度分布の比較分析を行っている。ETC2.0でも同様に、生活道路を通過するトリップ

を抽出し、通過交通割合や走行速度を分析することが可能である。

ETC2.0 プローブ情報を活用した見える化により、住民等は地域の実態を適切に把握できるとともに、道路管理者は住民等の理解促進やデータに基づく対策のピンポイント化により対策を進展させることができ、より「安全」な地域づくりへと繋がっていく。

4.4 道路ネットワークの時間信頼性の分析

予想される OD 間旅行時間が短く（円滑性・速達性）でも日変動・時間変動等によるばらつきが大きいと、余裕時間を見て行程を組まなければならない。このように、予測通りの時間に到達できるかという信頼性は、道路の性能を評価する上で重要な観点である。このため、中山・朝倉（2014）は、旅行時間のばらつきによって時間信頼性を評価することを提案している。近年、米国においても、Highway Capacity Manual に旅行時間信頼性を評価する手法を導入するための研究が活発に進められている（Transportation Research Board, 2013 など）。

4.4.1 ETC2.0 プローブ情報による分析手法の進化

かつて交通状況の季節的、時間的変動は、データの制約上、年間 30 番目時間交通量を考慮した K 値やピーク時間係数などによって考慮されるにとどまっていた。

しかしながら、今後は、ETC2.0 プローブ情報により得られる 24 時間 365 日の走行履歴を活用することで、あらゆる時間帯・平日/休日・季節・天候等における旅行時間が収集でき、旅行時間信頼性の評価が可能となる。

4.4.2 性能評価指標：旅行時間のパーセンタイル値等

旅行時間信頼性を表す評価指標には、旅行時間の標準偏差やパーセンタイル値が用いられることが多い。視覚的には、例えば、旅行時間を頻度分布で表し、図 12 のような箱ひげ図で表示するとわかりやすい。

既往研究では、例えば、旅行時間の 95 パーセンタイル値がプランニングタイム（Planning Time; PT）、これと平均旅行時間の差がバッファertime（Buffer Time; BT）、自由走行時間との比がプランニングタイムインデックス（Planning Time Index; PTI）として用いられている。また、諸田ら（2014）は、DRM リンク単位のプローブ旅行時間を用いて、信頼性を評価する手法を「時間信頼性指標値算定マニュアル」にとりまとめている。このような旅行時間信頼性の評価は、「快適」な道路交通を実現する上で非常に重要といえよう。

4.5 安全性（ヒヤリハット）の分析

従来、交通事故危険箇所の抽出や事故対策評価は、実際に発生した事故調査に基づくことが主であった。事故調査書の整理には時間を要するため、対策の効果をタイムリーに把握することは難しいのが現状である。また、交通事故の発生自体が確率的かつ稀な事象のため、潜在的に危険性の高い箇所であるからといって事故が必ずしも

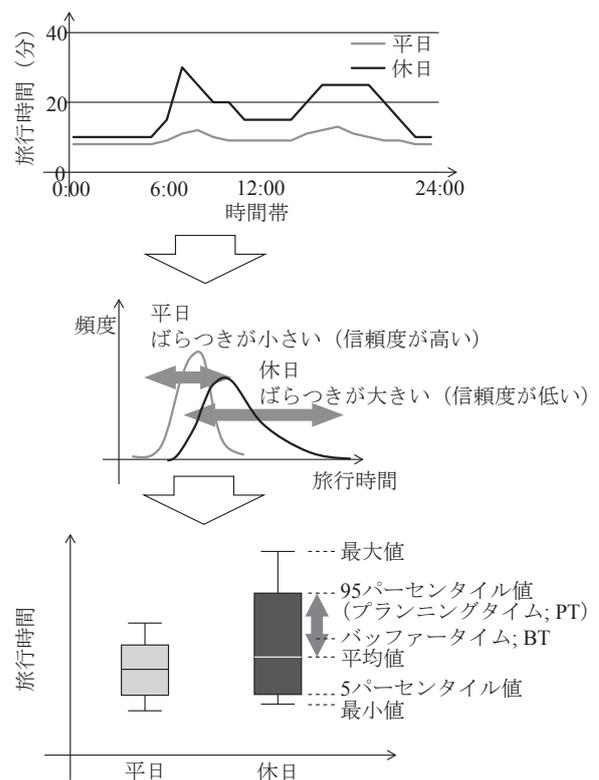


図 12：旅行時間信頼性の評価指標の例

発生するとは限らず、そのような箇所を事故データに基づき事前に把握し対策することは不可能である。

一方、ハインリッヒの法則によると、図 13 のようなピラミッド形概念図に示される通り、1 件の重大事故の背景には 29 件の軽微な事故があり、さらにその背景には 300 件のヒヤリハットがあるとされている。畠中ら（2007）は、ヒヤリハットを「急減速や急ハンドル等の通常とは異なる車両挙動の発生」と定義し、車両のプローブデータである前後加速度、左右加速度の情報から、ヒヤリハットを把握する方法を提案している。また菊地他（2012）は、事故に至る前の潜在的危険箇所の抽出や、事故多発箇所の対策を目的とした要因把握のための指標として、急減速発生回数等のヒヤリハット指標を用いることを提案し、死傷事故件数の代替指標としての可能性も述べている。

これまでは、ヒヤリハットの発生件数等を計測することはデータの制約上難しかったが、3.3 節に既述の通り、ETC2.0 プローブ情報では、挙動履歴情報としてヒヤリハット情報が取得される。これを常時モニタリングすることで、ヒヤリハット発生に対して道路構造要因だけでなく気象条件等との関係についても分析できる。特に、事故発生前に潜在的な危険箇所と思われる場所が把握できる点において非常に意義が大きい。これにより、事故が起こる前に、ヒヤリハットの原因に応じた対策が可能となるのである。加えて、対策後のヒヤリハット発生状況も取得可能であることから、事前事後比較による対策効果の測定も可能である。

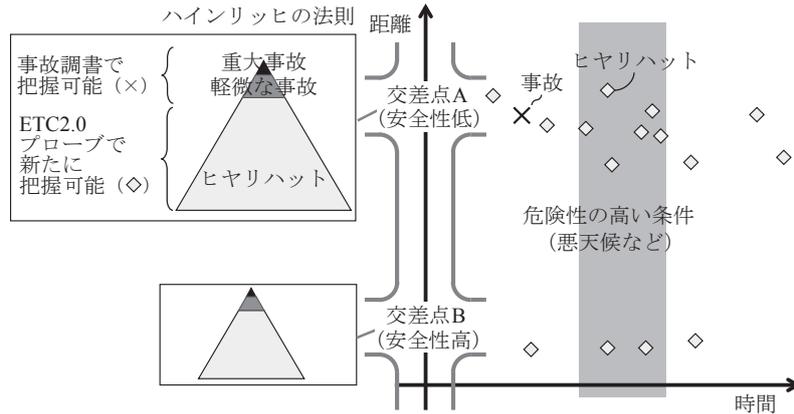


図 13 : ハインリッヒの法則と ETC2.0 プローブ情報による安全性の分析の進化を表す模式図

5. ETC2.0 プローブ情報を活用した分析事例

本章では、ETC2.0 プローブ情報を活用した分析事例として、5.1 節で市街地道路における時間信頼度の分析、5.2 節で高速道路と一般道路のヒヤリハット率の比較分析を紹介する。

5.1 市街地道路における旅行時間信頼性の分析

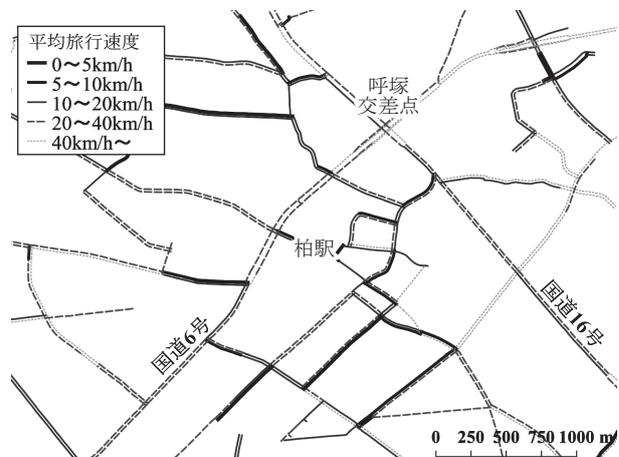
本事例は、千葉県柏市の柏駅周辺の一般道路を対象として、朝の通勤時間帯 (7:00 ~ 9:00) における旅行時間信頼性を評価するものである。ここでは、日変動による旅行時間信頼性を評価するものとし、平均旅行時間に対する 90 パーセント旅行時間の比率を評価指標とする。

ETC2.0 プローブ情報の収集期間は、2013 年 4 月 1 日 ~ 2014 年 10 月 31 日の平日とし、DRM リンク単位に集計した平均旅行速度・旅行時間を用いる。ただし、旅行時間信頼性評価指標の算出に当たっては、統計量である 90 パーセント旅行時間の信頼性を考慮して、10 台以上のサンプルを取得できた DRM リンクのみを対象とする。なお、天候による時間信頼性への影響を把握するため、気象庁 (我孫子観測所) の雨量データを基に集計対象時間帯の時間雨量 1 mm/h 以上の日を雨天日として、降雨なしの日に対する雨天日の平均旅行速度低下量も併せて分析する。

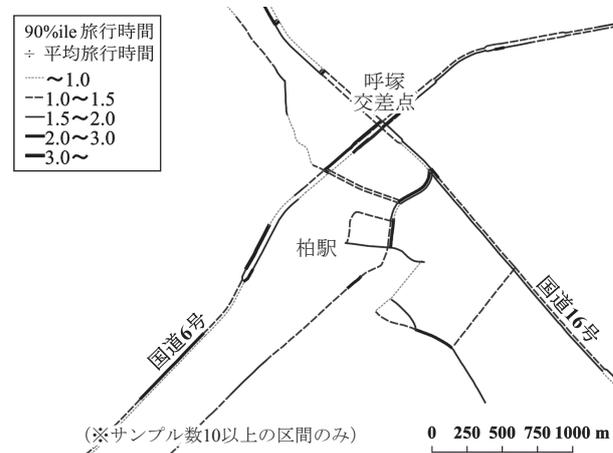
5.1.1 通勤時間帯の時間信頼性の評価

図 14 (a) は対象地域の平均速度を、図 14 (b) は旅行時間信頼性評価指標 (平均旅行時間に対する 90 パーセント旅行時間の比率) を地図上に表示したものである。

特徴的な区間として、国道 6 号、16 号などの幹線道路は、平均旅行速度が高い一方で、信頼性評価指標 (平均旅行時間に対する 90 パーセント旅行時間の比率) が大きい、すなわち日変動による旅行時間信頼性が低い。これより、自動車専用の環状道路を持たない柏市では、幹線道路である国道 6 号、16 号にすべての交通が集中することから、交通量の変動による旅行速度の変動が大きいという特徴が読み取れる。原因として通過交通が 50 % 近く混入していること (牧野, 2012) などが考えられるが、より詳細な調査の必要性が理解できる。



(a) 平均リンク旅行速度



(b) リンク旅行時間のばらつき

図 14 : 柏駅周辺道路の交通状況

注 : 平均旅行時間に対する 90 パーセント旅行時間の比率。

一方で、柏駅周辺の非幹線道路においては、平均旅行速度は幹線道路に比べて低いが、旅行時間信頼性が高い区間が存在する。これは、朝の交通集中による慢性的な渋滞 (速度低下) が発生しているという特徴をうまく表現できているといえよう。

5.1.2 雨天日の平均旅行速度の低下状況の評価

降雨なしの日に対する雨天日の平均旅行速度低下量を図 15 に示す。柏駅周辺で降雨により 20 km/h 以上の速度低下が発生していることがわかる。これは、雨天日の通勤時間帯には柏駅への送迎車両が多くなり、駅に向かう路線・区間で著しい速度低下が発生することを反映している。このような問題箇所がピンポイントでわかるのも ETC2.0 プローブ情報の特徴であるといえる。問題箇所を特定して詳細な分析を行うことで、改善策の検討、実施、評価という PDCA に繋がる。

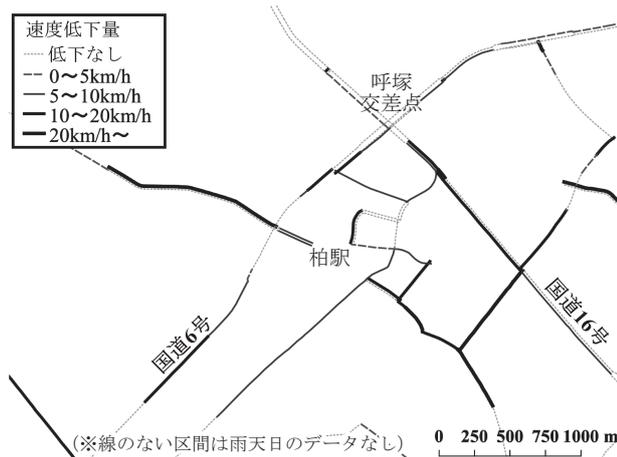


図 15：柏駅周辺道路の雨天日の平均旅行速度低下量

5.2 高速道路と一般道のヒヤリハット率の比較分析

本事例は、ETC2.0 プローブ情報の走行履歴情報と挙動履歴情報を用いてヒヤリハット率の試算を行い、高速道路と一般道路が並行する区間を対象に、両路線の走行安全性を評価・比較するものである。ヒヤリハット率は、3.3.2 に示した式 (1) で算出する。なお、式 (1) におけるヒヤリハット件数は、対象期間中の対象路線における挙動履歴情報の急減速 (前後加速度)・急ハンドル (左右加速度) の発生件数とする。

分析対象路線を図 16 に示す。この区間では、高速道路である山陰自動車道 (米子 JCT ~ 宍道 JCT) と一般道路である一般国道 9 号 (二本木交差点 ~ 国道 54 号交差点) が併走しているため、地形や気象などがほぼ同一の条件下で、ヒヤリハット率の違いが比較可能である。分析対象期間は 2014 年 10 月 1 日 ~ 10 月 31 日の 1 か月間とする。

対象路線の方向別・IC 区間別 (国道 9 号は交差点区間別) のヒヤリハット率の試算結果を図 17 に示す。松江市内の高速道路区間は無料区間であり IC 間隔が細かくなっているが、自動車専用道路の安全性を確認するため IC 区間毎に比較を行った。上り線、下り線ともに概ね全ての区間で高速道路より一般道路のヒヤリハット率が高い状況にあり、その比率は上り線で 10 倍前後、下り線で 5 倍前後の区間が多い。

以上より、交通事故を減らすためには、自動車専用道路の利用率を増やしていくことが大切であることがわかる。

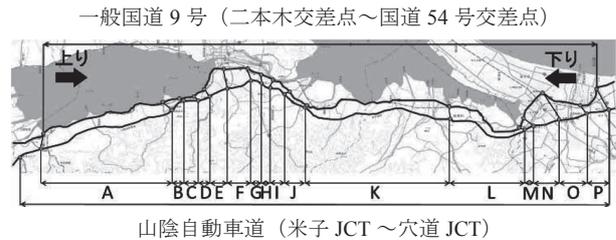


図 16：分析対象路線

このヒヤリハット率は道路の線形や沿道環境等と強い相関があると考えられることから、ヒヤリハット率から道路の問題点をさらに細かく分析していくことも可能である。

6. おわりに

本研究では、ETC2.0 プローブ情報のデータ特性を踏まえた上で、これによる道路交通実態分析の進化について考察するとともに、道路を「賢く使う」政策を評価するための活用可能性について整理を行った。これを通じて、ETC2.0 プローブ情報を活用することで、渋滞・遅れ、道路ネットワークの円滑性・速達性、機能階層性、信頼性、安全性など様々な観点において、既往のデータと比べて詳細かつ網羅的、継続的な分析が可能となることが示された。また、従来把握することが困難であった性能評価指標を用いて、道路行政の目指すべき方向である「円滑・エネルギー効率」、「環境・快適」、「安全・安心」、「地域活力・国際競争力」と、各種道路政策との関連性を考慮した定量的な評価が可能であることを整理した。さらに、時間信頼性やヒヤリハット率の評価の実例分析を通じて、道路交通実態をより具体的に把握可能であることを確認した。

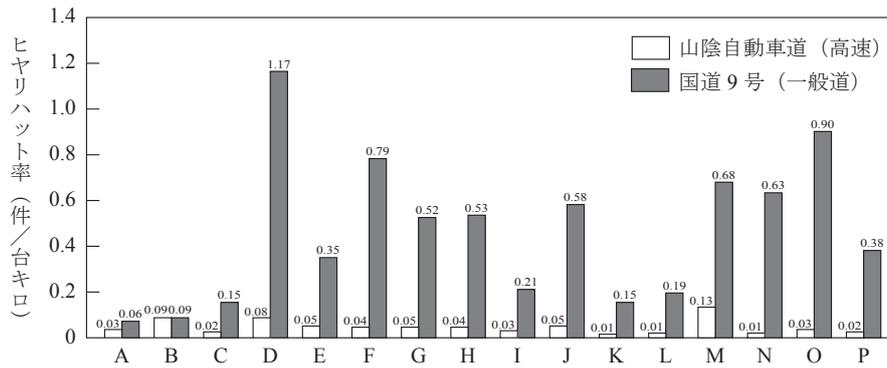
現状では、ETC2.0 車載器の普及台数および路側機の設置数が限られているため、本論文で述べた全ての分析・指標の算出が実現可能とは言い切れないが、今後、車載器の普及および路側機の展開が進むにつれて、分析結果や指標の精度も確実に向上すると期待される。

ETC2.0 プローブ情報を活用することにより、今後は、

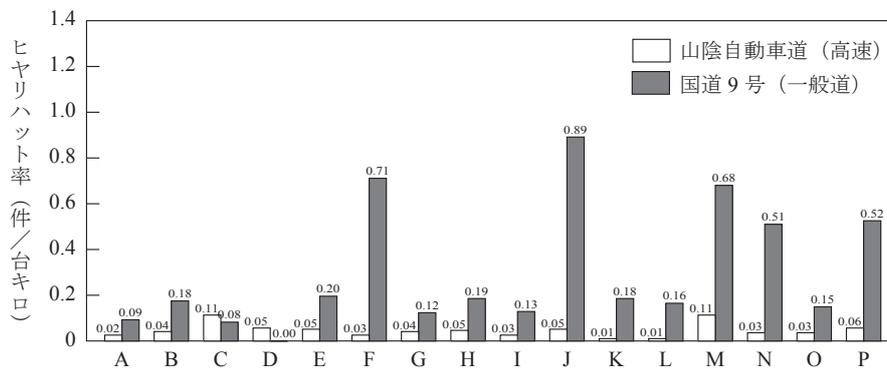
- ・ 渋滞発生箇所やヒヤリハット多発地点の特定とピンポイントの対策
- ・ 信頼性を左右する日変動・時間変動を考慮した動的、弾力的な交通運用施策
- ・ 道路の機能階層性を確保し、ネットワークとしての速達性や安全・快適性を向上させるための包括的な施策

などが検討可能となる。24 時間 365 日交通状況をモニタリング可能である特徴を生かして、このような施策を検討、実施、評価するという PDCA サイクルを回すことができるようになる点は、道路行政の大きな改革に繋がるものと期待する。

さらに今後は、「官民 ITS 構想・ロードマップ 2017」に言及されるように、民間プローブ情報との連携を通じたデータ利活用の促進や、自動運転を見据えたダイナミッ



(a) 上り線



(b) 下り線

図 17: ヒヤリハット率の試算結果

ク・マップへの紐づけ、オープンデータ化による交通政策への活用が求められる。そのためには、ニーズに応じて必要な情報を明らかにし、個人情報及びプライバシーの保護やセキュリティに係る体制に配慮した上で、ルール、方法、システム等に関する検討を行っていくことが重要となろう。

引用文献

- 朝倉康夫・羽藤英二・大藤武彦・田名部淳 (2000). 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, 95-104.
- 後藤梓・中村英樹・浅野美帆 (2011). 階層型道路ネットワーク構成要素に関する最適解の導出方法. 土木計画学論文・講演集, Vol. 44.
- 畠中秀人・平沢隆之・渡邊寧・井上洋 (2007). プローブデータを活用したヒヤリハット検出に関する検討. 交通工学研究発表会論文報告集, Vol. 27, 137-140.
- 稲垣具志・寺内義典・橋たか・大倉元宏 (2014). 生活道路における地区関係者と抜け道利用者の走行速度比較分析. 土木計画学研究・論文集, Vol. 31.
- 一般社団法人交通工学研究会 (2015). 道路の交通容量とサービスの質に関する研究 最終成果報告書.
- 石田東生 (1999). 総合交通データベースに向けて. 交通工学, Vol. 34 増刊号, 3-7.

- 石田東生・森川高行・永野光三・毛利雄一・中野敦 (1998). 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, Vol. 21, No. 1, 601-608.
- 井坪慎二・牧村和彦 (2004). 車の動きに関する観測技術とその展望. 交通工学, Vol. 39, No. 6, 13-18.
- 泉典宏・牧野浩志・上條俊介・田中淳・竹平誠治・後藤秀典 (2012). 画像センサの活用方法に関する提案. 土木計画学講演集, Vol. 45.
- 慶應義塾大学インターネット ITS 共同研究グループ (2002). インターネット ITS 研究開発報告書. <http://www.internetits.org/ja/report.html>.
- 菊地春海・岡田朝男・水野裕彰・絹田裕一・中村俊之・萩原剛・牧村和彦 (2012). 道路交通安全対策事業における急減速挙動データの活用可能性に関する研究. 土木学会論文集 D3 (土木計画学), Vol. 68, No. 5, I_1193-I_1204.
- 木村真也・矢田浩規・近田博之・米川英雄 (2014). ITS スポットプローブによる上社地区ボトルネック分析. 土木計画学研究発表会, Vol. 50.
- 国土交通省 (2003). 道路行政マネジメント研究会提言「成果主義」の道路行政マネジメントへの転換—理論から実践へ—について.
- 国土交通省 (2012). 社会資本整備審議会道路分科会 建議中間とりまとめ.

- 国土交通省 (2014). 国土のグランドデザイン 2050—対流促進型国土の形成—.
- 国土交通省 (2014). 社会資本整備審議会第 15 回道路分科会配布資料 4 新たな国土構造を支える道路のあり方について.
- 国土交通省 (2015). 社会資本整備審議会道路分科会幹線道路部会 高速道路を中心とした「道路を賢く使う取組」の基本方針.
- 国土交通省国土技術政策総合研究所高度道路交通システム研究室. 路車連携した高速道路サグ部等における交通円滑化に関する研究. http://www.nilim.go.jp/lab/qcg/japanese/0frame/index_c.htm. (閲覧日: 2015/4/24)
- 国土交通省国土技術政策総合研究所高度道路交通システム研究室 (2006). 次世代道路サービス提供システムに関する共同研究報告書. 国総研資料第 319 号.
- 高速道路サグ部等交通円滑化研究会 (2015). 高速道路サグ部等の渋滞箇所への効果的な交通円滑化対策の実現に向けて 中間とりまとめ. 5_4-5_15.
- Makimura, K., Kikuchi, H., Tada, S., Nakajima, Y., Ishida, H., and Hyodo, T. (2002). Performance indicator measurement using car navigation systems. *Compendium of Transportation Research Board (TRB) 81st Annual Meeting*, CD-Rom.
- 牧村和彦・中嶋康博・佐藤弘子・石田東生 (2004). 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, Vol. 758, 1-10.
- 牧野浩志 (2012). ITS を活用した環境未来都市づくり—柏 ITS スマートシティの挑戦—. *Traffic & Business 季刊・道路新産業*, Summer 2012, No.100, 財団法人道路新産業開発機構.
- 牧野浩志・井坪慎二・鳥海大輔・水谷友彰・西坂淳 (2016). ETC2.0 プローブ情報を活用した環状道路の機能分析. 土木計画学研究・講演集, Vol. 54, 455-463.
- 牧野浩志・小川文章・高木繁・新枝秀樹 (2000). インテリジェントバスロケーションシステムの開発—地方都市におけるバスの復権に向けて—. *交通工学研究発表会論文報告集*, Vol. 20, 69-72.
- 牧野浩志・大内浩之・高宗政雄・竹中憲郎・井上洋 (2005). DSRC によるアップリンク情報を活用した走行支援サービスの検討. 第 4 回 ITS シンポジウム.
- 諸田恵士・関谷浩孝・高宮進・上坂克己 (2014). 時間信頼性指標値算定マニュアル. 国土技術政策総合研究所資料第 790 号.
- 中山晶一郎・朝倉康夫 (2014). 道路交通の信頼性評価. 25-29, コロナ社.
- 大畑長・桑原雅夫 (2013). プローブ車両軌跡データのみを用いた停止領域の推定手法に関する研究. 土木計画学研究・講演集, Vol. 47, CD-Rom.
- 大森宣暁・室町泰徳・原田昇・太田勝敏 (1998). 交通行動調査への GPS の適用可能性に関する研究. *交通工学研究発表会論文報告集*, Vol. 18, 5-8.
- 太田恒平 (2014). 全国を対象とした携帯カーナビプローブデータを用いた右左折方向別の交差点分析. *交通工学研究発表会論文集*, Vol. 34, 317-320, CD-Rom.
- 太田恒平・梶原康至・野津直樹・清水哲夫 (2015). 交通ビッグデータを用いた圏央道開通の多面的な影響分析—経路変化、渋滞の緩和と発生、商圏拡大の 3 カ年にわたるモニタリング—. *土木計画学研究・講演集*, Vol. 51, CD-Rom.
- 首相官邸高度情報通信ネットワーク社会推進戦略本部・官民データ活用推進戦略会議 (2017). 官民 ITS 構想・ロードマップ 2017—多様な高度自動運転システムの社会実装に向けて—.
- Steering Group and Working Group appointed by the Minister of Transport (1963). *Traffic in towns: A study of the long term problems of traffic in urban areas* (Buchanan Report). Her Majesty's Stationery Office.
- 杉野勝敏・矢野晋哉・羽藤英二 (2005). プローブパーソン調査を用いた観光行動分析. 土木計画学研究・講演集, Vol. 32.
- 竹隈史明・安達誠・羽藤英二 (2008). プローブパーソン調査を用いた観光周遊行動に関する基礎的分析. 土木計画学研究・講演集, Vol. 38.
- Transportation Research Board (2013). SHRP2-LH08: Incorporation of travel time reliability into the HCM, Final Report.
- 財団法人道路新産業開発機構 (2008 (制定), 2010 (改訂)). 電波ビーコン 5.8GHz 帯仕様書集.

Abstract

One of the major challenges on Japan's road administration is to utilize the existing road network and maximize its stock effects under financial and spatial constraints. In order to achieve this purpose, it is important for road administrators to monitor road traffic conditions every time and carry out necessary traffic management under the Plan-Do-Check-Act (PDCA) Cycles. In the past years, such a constant traffic monitoring had been difficult due to some technical and financial limitations. However, ETC2.0 probe system, which has been deployed by the Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism in recent years, is expected to make it possible to observe detailed road traffic conditions constantly in a wide range. Therefore, this paper firstly introduces the overview of ETC2.0 probe system and the characteristics of the probe data. Secondly, it summarizes how to utilize ETC2.0 probe data for analysing road traffic conditions and obtaining the various performance indices in order to quantitatively evaluate the effectiveness of traffic measures for "improving mobility and energy efficiency", "making road traffic more environmentally-friendly and comfortable", "improving safety and security" and "revitalizing local communities and strengthening international competitiveness". At the end, case studies were conducted to demonstrate the analyses of travel time reliability as well as unsafe incidents (near misses). Through the case studies, it showed that road traffic conditions could be assessed more in detail by using ETC2.0 probe data.

(受稿: 2017 年 5 月 1 日 受理: 2017 年 7 月 10 日)