

# ETC2.0プローブ情報の活用方法の 体系化に関する研究

牧野浩志<sup>1</sup>・鹿野島秀行<sup>2</sup>・田中良寛<sup>3</sup>・佐治秀剛<sup>4</sup>

<sup>1</sup>正会員 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  
(〒305-0804 茨城県つくば市旭一番地) E-mail: makino-h87bh@nilim.go.jp

<sup>2</sup>正会員 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  
(〒305-0804 茨城県つくば市旭一番地) E-mail: kanoshima-h92ta@nilim.go.jp

<sup>3</sup>非会員 国土交通省国土技術政策総合研究所 道路研究室  
(〒305-0804 茨城県つくば市旭一番地) E-mail: tanaka-y92gf@nilim.go.jp

<sup>4</sup>非会員 名古屋電機工業株式会社 ITS情報装置カンパニー技術本部  
(〒490-1294 愛知県あま市篠田面徳29-1) E-mail: saji@nagoya-denki.co.jp

わが国では財政的・空間的な制約により、真に必要な道路の新設とあわせ、これまで作り上げてきたストックとしての道路ネットワークを賢く使い、ストックの効果を最大化することが道路行政の大きな目標となっている。しかし、道路を賢く使うためには日々の道路の使われ方を可視化し、課題把握→計画→実行→評価→改善という道路行政のPDCAを回していくことが大切であるが、道路交通の実態を24時間365日把握することはこれまでの計測技術や設置コストの制約などから困難な状況であった。

本論文では、国土交通省が導入を始めたETC2.0車載器と路側機から収集されるETC2.0プローブシステムの概要を示し、ETC2.0プローブ情報（車両の経緯度、時刻、加速度等）の特性を整理した上で、道路交通の実態を可視化する手法とそれをを用いた道路のフォーメーション指標について体系的整理を試みた。一部について試算を行い有用性を明らかにした。

**Key Words :** ETC2.0 probe data, Road network operation, Road managemet, Performance Index

## 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一方、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、渋滞や事故等の社会的な損失が生じている。このため、財政的・空間的な制約においてこれに対応するにあたっては、今ある道路の運用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<sup>1)</sup>。

一方、近年の情報通信技術（ICT：Information and Communications Technology）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<sup>2)</sup>。特に、国土交通省が進める「ETC2.0」構想は、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、5.8GHz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をさらに進化させて、

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（車両の経緯度、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車載器は2014年12月現在で50万台に装着されており、2011年から高速道路に配備された1600基のITSスポットに加え、2015年には直轄国道に配備された1800基の経路情報収集装置から情報が収集されている。

本論文では、ETC2.0プローブ情報を活用した道路交通の可視化手法とそれをを用いた道路パフォーマンス指標を提案した。具体的には、ETC2.0プローブ情報の特性を分析し、これまでの道路の実態の把握手法がどのように進化していくのかを体系的な整理を行った。また、それらを活用した道路パフォーマンス指標を提案し、時間信頼性、旅行速度、ヒヤリハット率について試算を行い道路行政の進め方を変革する可能性を明らかにした。

## 2. ETC2.0プローブ情報の特性分析

### (1) ETC2.0プローブシステム概要

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の履歴などの情報で、道路管理者が管理する路側機から収集される情報である。路側機で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、各道路管理者は、プローブ情報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。なお、この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な処理がなされている。

(図-1)

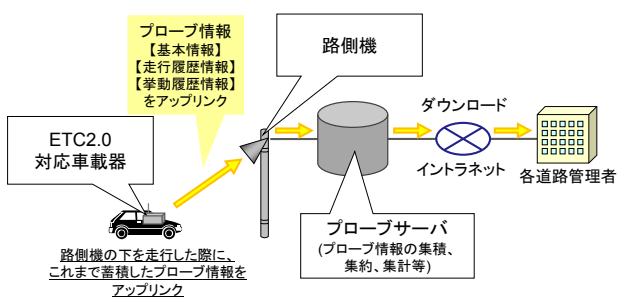


図-1 プローブシステムの概要

### (2) ETC2.0プローブ情報の概要

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

#### a) 基本情報

基本情報は、ETC2.0対応車載器に関する情報（無線機に関する情報（製造メーカー、型番等）、カーナビゲーションに関する情報（製造メーカー、型番等））、車両に関する情報からなる。

#### b) 走行履歴情報

走行履歴情報は、時刻、緯度・経度、道路種別（高速、都市高速、一般道、その他）等のデータで（表-1）、前回蓄積した地点から200m（100m）走行した時点、進行方位が前回蓄積した時点から45度（22.5度）以上変化した時点で蓄積される（図-2）。ただし、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。（（ ）内の数値は「電波ビーコン5.8GHz帯データ形式仕様書 アップリンク編 Rev.1.3」に準拠した対応カーナビの場合）

#### c) 挙動履歴情報

挙動履歴情報は、時刻、緯度・経度、方位、道路種別、前後加速度、左右加速度、ヨー角速度等のデータで（表

-2）、前後加速度、左右加速度、ヨー角速度のいずれかが表-3に示す閾値を越えた時のピーク値（図-3）が蓄積される。0.25G以上の前後加速度は、結構急激な挙動であり、危険回避等の行動が行われた可能性を示す。

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	1sec
緯度経度	10 <sup>5</sup> 度
道路種別	高速、都市高速、一般道、その他
速度（オプション）	1km/h
高度（オプション）	1m

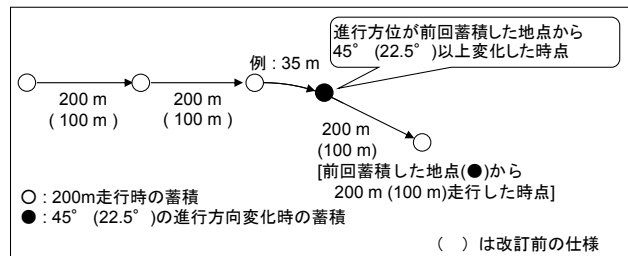


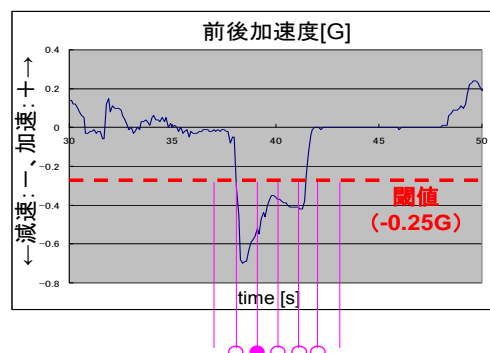
図-2 走行履歴情報の概要

表-2 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	1sec
緯度・経度	1.0秒	10 <sup>5</sup> 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	1km/h
前後加速度	0.3秒以下	0.01G
左右加速度	0.3秒以下	0.01G
ヨー角速度	0.3秒以下	0.1deg/sec

表-3 データを蓄積する閾値

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



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）

図-3 挙動履歴情報の蓄積イメージ

### (3) ETC2.0プローブ情報の特性分析

#### a) 非集計データの特徴

ETC2.0プローブ情報は、車両の時刻、位置、速度および加速度が連続的に観測されており、起終点、利用経路、連続的な速度、急減速等を把握することが可能である。個々のデータについて分析する手法は、時間・距離図、距離・速度図、経路表示図の3つの手法で表記することが可能である。

「時間・距離図」は、横軸に時間、縦軸に距離の図を作成することで、傾きの速度や、旅行時間の幅を視覚的に把握できる。ETC2.0プローブは200m間隔で走行履歴が蓄積されるため、信号交差点での停止状態を正確に把握することはできないが、停止による時間間隔の開きから停止の可能性を把握できる。

「距離・速度図」は、横軸に距離、縦軸に速度の図を作成することで、経路上の速度低下地点、速度回復地点を視覚的に把握できる。これらを重ね合わせることで、道路のボトルネック箇所をピンポイントで把握することが可能となる。

「経路表示図」は、地図に走行履歴と挙動履歴をプロットすることで、視覚的に起終点、利用経路、危険挙動の位置を把握できる。高速道路では複数経路の分担状況の把握、一般道では起終点と利用経路を基に、生活道路のトリップが生活交通によるものか、通過交通によるものか等を把握できる。また、挙動履歴の表示は、ピンポイントで危険箇所の把握が可能となる。ただし、カーナビゲーションによってはマップマッチング機能により箇所が変更されている可能性もある点には注意が必要である。(図-4)

#### b) 集計データの特徴

非集計データでは、全体を把握することが困難であるため、集計データ化が不可欠である。集計データ化には、リンク単位集計値、さらにそれを時間単位ごとに並べた時空間速度図化すると路線全体の実態が可視化できる。これらが基本的な道路交通実態の分析基礎データとなる。

「リンク単位集計値」は、非集計データをマップマッチング処理により、道路のリンクに貼り付け車両毎のリンク旅行時間・旅行速度を把握することができる。さらに車両毎のリンク単位別旅行時間・旅行速度から、時間単位毎(15分間等)にリンクを走行した全車両の平均旅行時間・平均旅行速度を把握することができる。

「時空間速度図」は、リンク単位集計値を基に、時間と空間(距離)を軸にした「時空間速度図」を作成することで、渋滞の発生する時間、箇所を容易に把握できる。(図-5)

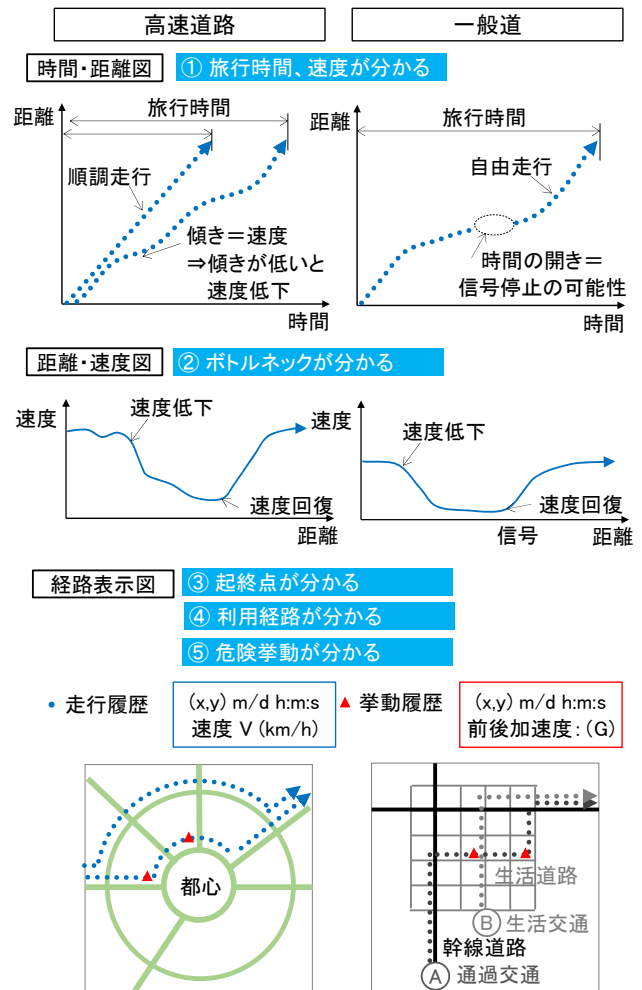


図-4 非集計データの特徴

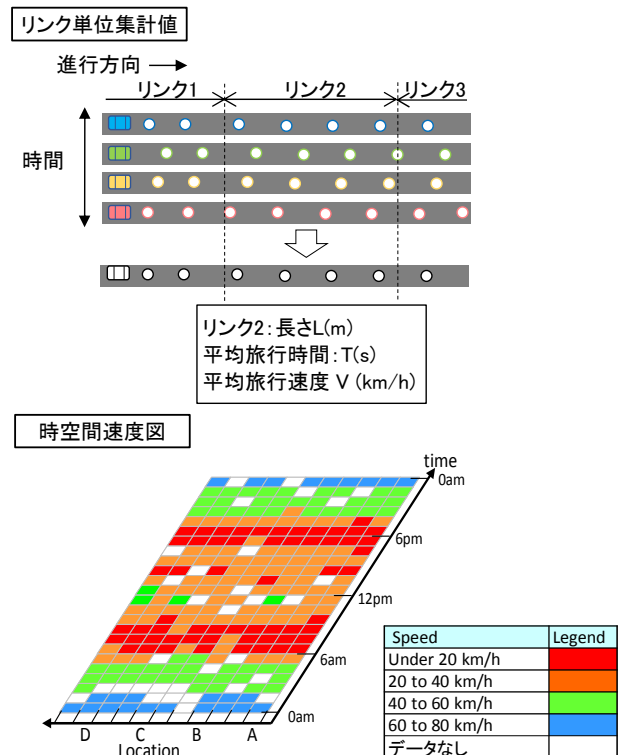


図-5 集計データの特徴

(4) 既往の道路交通調査データとの比較分析

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。

しかし、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。既往の交通調査は、観測技術および費用的制約から、道路交通の一部を抽出し、空間的・時間的に様々な形式に集計化し、拡大・推定して収集するというものであった。

例えば、道路交通センサスは、主要道路約190kmを対象に、5年に1回の頻度で道路交通センサス調査を実施し秋期のある特定の1日の調査結果を、年間の平均的な交通データと仮定し、それをベースに現況把握や将来交通量の予測に用いてきた。また、主要な箇所を設置されたトラフィックカウンタは、交通量および速度の常時観測調査に用いられているが、これらの定点観測調査は、観測地点を通過する車両の全数調査が可能で、高い精度を期待できるものの、予め定められた地点以外での実態

の把握は不可能であった(図-6)。

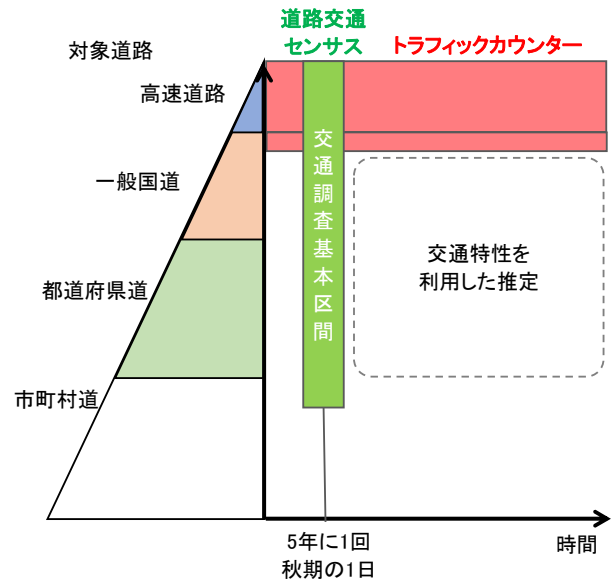


図-6 これまでの道路交通調査データの収集イメージ

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。ICTが可能とした新しい道路交通データについて比較を行った。(表-4)

最先端の画像処理技術を活用した画像センサは、これ

表-4 道路交通調査データの比較

種別	道路交通センサス			トラフィックカウンタ		画像センサ			ETC2.0プローブ	
計測時間(条件等)	▲5年に1回 (秋期のある特定の1日)			24時間 365日		24時間 365日			24時間 365日 (対象車両が走行した時点)	
	▲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			条件なし		条件なし			条件なし	
収集タイミング	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 ※路側機通過時のタイムラグあり	
データ内容	交通量	旅行速度	OD (出発地、目的地) ▲ゾーン単位	交通量	走行速度	交通量	走行速度	画像、車両軌跡異常事象	走行履歴、挙動履歴、経路	リンク旅行時間
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	5分間/1時間	5分間平均	5分間/1時間	5分間平均	常時	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25kmに1箇所)		▲一部の道路			全ての道路(駐車場や施設内含む)	DRM基本道路(都道府県道以上及び幅員5.5m以上の道路)
集計区間	交通調査基本区間		自宅の出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			非集計(点群)	DRMリンク基本道路
計測箇所・方法	基本区間の代表点	トラカンプローブを活用	オーナーインタビューOD調査 ▲調査票に記入	トラカン設置箇所		画像センサ設置箇所			路側機(高速道路、直轄国道)	
対象車両	全車	—	▲2%程度(130万台) ※家用、事業用	全車		全車			▲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	なし	小型車/大型車	なし	全車	小型車/大型車	なし

▲：課題、弱点



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．特に注目すべきことは，カメラを使っていることから，普段の監視作業に使えることである．既設のカメラ映像を処理することでトラフィックカウンタ機能を持たせるとすることも可能である．

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となる．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・利用可能である．特に，旅行速度については，車両の流れに乗って走っている場合が多く，サンプルが少なくても代表性を持つ可能性が高いことから，普及の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．

また，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の可視化が可能になるという可能性を秘めている点は最大の特徴であるといえよう．トラカン断面交通量に応じた車線利用割合の例を図-7に，画像センサによる交通状況把握の例を図8に示す．<sup>1)</sup>

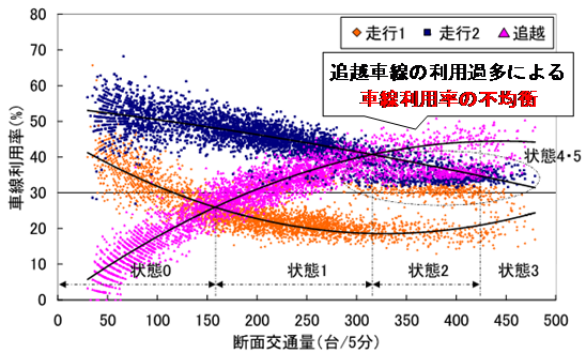


図-7 断面交通量に応じた車線利用割合の例



図-8 画像センサによる交通状況把握の例

### 3. ETC2.0プローブ情報による道路交通実態把握手法の整理

これまで観測されてきた道路交通データに加えてETC2.0プローブを活用することで，限りなく現実に近い道路交通の実態を把握することが可能となる．こういったプローブ情報から把握されるものは，交通渋滞（単路部，交差点部），旅行速度，ヒヤリハット，起終点，利用経路である．

#### (1) 交通渋滞（単路部）の把握

交通容量上のボトルネックに，交通容量を超える交通需要が流入した際，ボトルネックを先頭にして交通渋滞が発生する．また，交通需要が超過した状態が続くと，時間の経過に伴い渋滞末尾は延伸していく．（図-9）

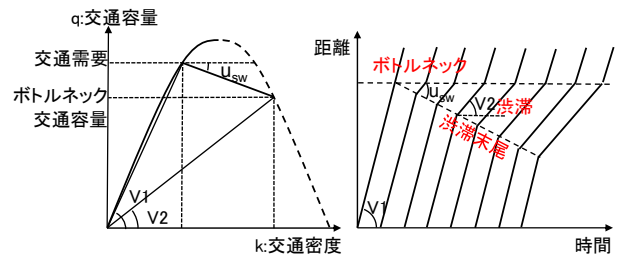


図-9 単路での交通現象

#### a) これまで

渋滞の発生する高速道路では，トラフィックカウンタを設置し，渋滞を検出している．（都市内高速では300m間隔，都市間高速では1~2km間隔等）（図-10）

ただし，トラフィックカウンタの設置箇所での渋滞判定しか行えないため，「渋滞のボトルネック箇所の特定が出来ない」，「渋滞末尾の把握が出来ない」，「詳細な渋滞長の把握が出来ない」といった課題があった．

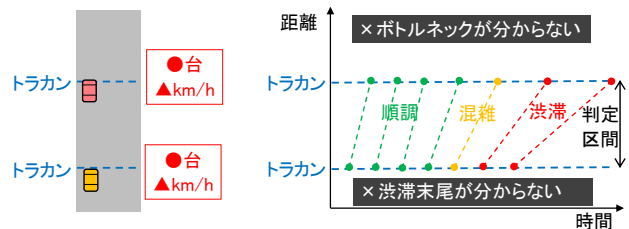


図-10 これまでの渋滞把握方法

#### b) ETC2.0プローブの活用

ETC2.0搭載車は，200m間隔で車両の軌跡が分かるため，トラフィックカウンタの有無にかかわらず，ボトルネック箇所や渋滞長，渋滞末尾の把握が可能である．そのため，正確なボトルネック箇所を踏まえた渋滞対策につなげることができる．（図-11）

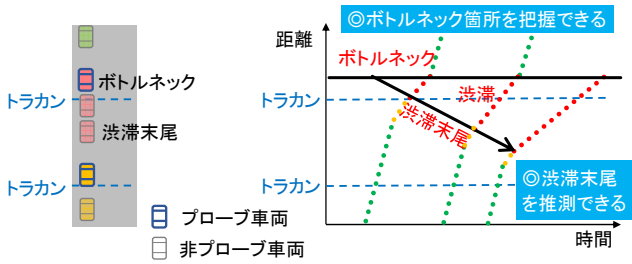


図-11 ETC2.0プローブを活用した渋滞把握方法

(2) 交通渋滞（交差点部）の把握

信号交差点では、交通量に関係なく、赤信号待ちによる滞留車両の待ち行列が形成される。（図-12）

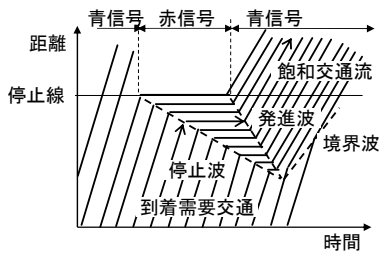


図-12 信号交差点での交通現象

a) これまで

交差点における交通状況把握を目的に、日時や場所を限定し、交差点交通量調査を実施していた。調査内容は、方向別交通量調査や信号交差点の容量に関する調査、信号による遅れ時間調査等からなる。

方向別交通量調査では、交差点の各流入部における右左折直進別の交通量を測定し、時間帯毎に交通流量図を作成する。交差点の交通状況を表す指標としては信号交差点の遅れ、信号待ち行列長、信号待ち回数が用いられる。（図-13）

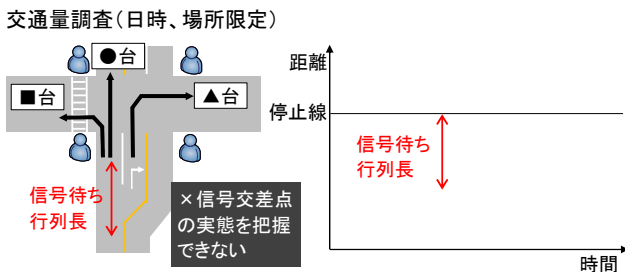


図-13 これまでの渋滞把握方法

b) ETC2.0プローブの活用

ETC2.0搭載車の200m間隔または進行方向が45度以上変化した時点での車両の軌跡が分かるため、右折待ちや左折時の歩行者の影響等を把握できる。（※停止状態は把握不可）

24時間365日の状況が分かるため、交差点の交通需要率（飽和度）、滞留長の確認が行えるようになり、時間帯に応じた対策や、抜本対策の判断が可能となる。加えて事後評価もプローブで把握が可能となる。（図-14）

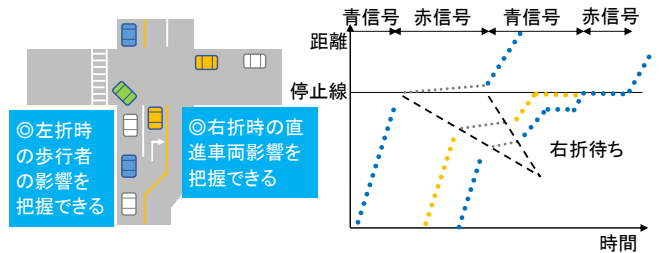


図-14 ETC2.0プローブを活用した渋滞把握方法

(3) 旅行時間の把握

直進/右折や、JCT合流等の経路に応じて旅行時間は異なる。（図-15）

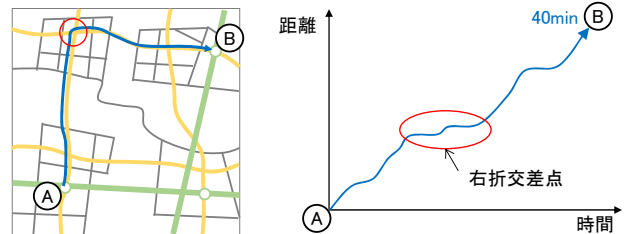


図-15 経路旅行時間

a) これまで

道路交通センサスの5年に1度の秋期の平均的なある1日の混雑時旅行速度等を活用し、区間距離から旅行時間を算出する方法がある。

また、最近では民間プローブ情報を用いたリンク旅行時間を利用することも可能である。

ただし、民間プローブ情報は、リンク毎の旅行時間データのため、経路の旅行時間を把握する場合、リンクデータの積み上げとなり、右折による信号待ちや、JCT合流渋滞等が考慮されず、経路の旅行時間には誤差が含まれることが多い。（図-16）

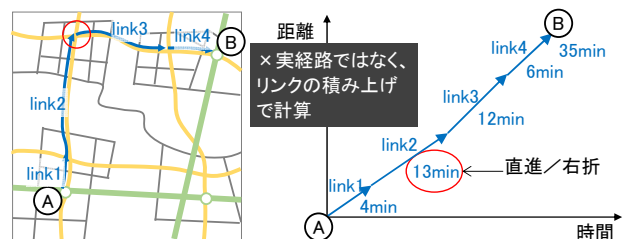


図-16 これまでの旅行時間の把握方法

b) ETC2.0プローブの活用

ETC2.0プローブでは、右折交差点による影響等を考慮した、実経路での旅行時間の把握が可能となる。(図-17)

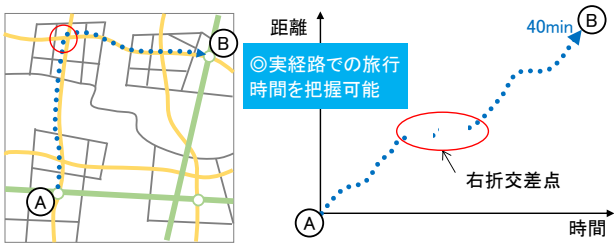


図-17 ETC2.0プローブを活用した旅行時間の把握方法

(4) ヒヤリハットの把握

交通事故は様々な要因によって発生する。ハインリッヒの法則では、ひとつ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。(図-18)

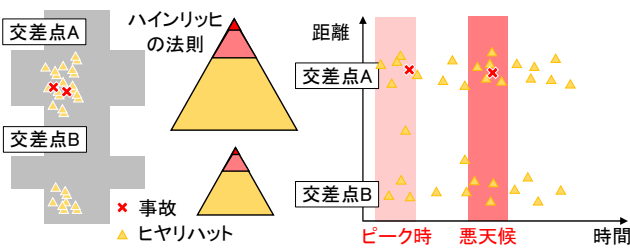


図-18 現実の道路交通現象

a) これまで

実際に発生した事故の事故調書にもとづき、分析を実施していた。しかし、事故調書を整理するまでには時間がかかり、かつタイムリーに把握することは出来ない。(図-19)

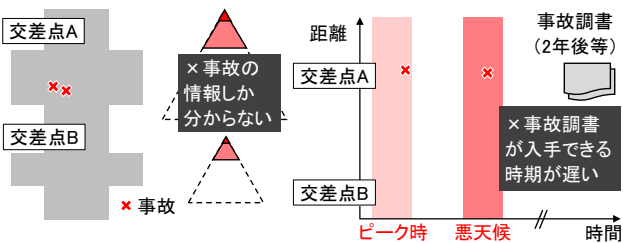


図-19 これまでの事故の把握方法

b) ETC2.0プローブの活用

ETC2.0搭載車の急な前後加速度、左右加速度、ヨー角速度の情報が把握でき、かつ事故が発生する前の日々の潜在的危険箇所を把握できる。(カーナビ連携型車載器は前後加速度、左右加速度、ヨー角速度の情報を取得できるが、発話型ETC2.0車載器は前後加速度のみ取得)

24時間365日の急挙動が分かるため、事故要因が気象条件によるものかといった要因分析にも活用できる。また、ヒヤリハットの原因に応じた対策が可能となり、加えて事後評価もプローブで把握が可能となる。(図-20)

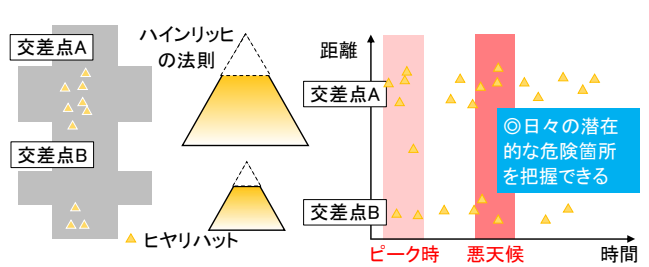


図-20 ETC2.0プローブを活用した事故の把握方法

(5) 起終点・利用経路の把握

a) これまで

全国道路交通情勢調査(道路交通センサス)の一環として、自動車交通の起終点、運行目的等を把握するため、5年ごとにアンケート調査を実施し、地域間OD表を作成している。サンプル抽出率は概ね2%程度(約130万台)で、5年に1度の秋期の平均的なある1日の交通データとして、交通需要予測や事業評価に活用している。

しかしながら、起終点は、市区町村を幾つかに分割したゾーン単位(Bゾーン)のレベルで把握し、経路の把握はできないといった課題があった。結局、経路の把握は、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)等で推定し、高速道路の利用は転換率曲線等で推定されていた。

また、ピーク時/オフピーク時の時々刻々と変化する交通状況を把握するには、動的シミュレーションの活用が必要となり、パラメータの設定等の複雑な作業が必要であり、推定されたデータの妥当性を検証することも困難であった。

b) ETC2.0プローブの活用

24時間365日の走行経路データを収集できるため、ピーク時/オフピーク時の時間別や、異常気象時等、時々刻々と変化する交通状況を容易に把握可能となる。結果として、①起終点分かる、②実際の走行経路分かる、③生活道路の状況分かる、④ピーク時/オフピーク時の時々刻々と変化する交通状況分かる、⑤観光地等での立ち寄り箇所、滞在時間が分かるといった特徴がある。

しかしながら、起終点に関してはプライバシーへの配慮のため、エンジンオン・オフの前後500mのデータを車載器が消去する仕様となっている。OD表等の作成に関しては、何らかの補完調査や予測モデルの組み込みなどの工夫が必要となる。(図-21)





図-21 ETC2.0プローブを活用した起終点・利用経路の把握方法

#### 4. ETC2.0プローブ情報を用いた道路パフォーマンス指標算出方法の体系化

道路事業は政策目標に基づき実施し、事前・事後評価を行い、政策目標の達成状況をチェックする必要がある。道路事業の目指すべき方向として、「円滑・エネルギー」、「環境・快適」、「安全・安心」、「地域活力・国際競争力」が挙げられているが、こういった方向性の政策目標を設定するためには、道路の実態を把握するパフォーマンス指標が必要である。このパフォーマンス指標は、道路行政そのものであるともいえるが、これまでこの指標を作成するには前述のようにデータ取得に大きな困難があった。そのため、断片的な調査となってしまう、継続的な効果の評価ができないため、道路のネットワークやストックとしての効果を評価することができないという大きな課題があった。

表-5に示すようにETC2.0プローブ情報は、パフォーマンス指標の算出を大きく改善することが可能である。つまり、これまでトラフィックカウンタデータを用いて算出していた従来の指標は、ETC2.0プローブを用いることでより細かく、リアルタイムに、かつ効率的に指標を作成することが可能となる。さらに、従来は把握できていなかった経路データを利用した新たな指標で表すことが可能で、ほぼ全体のネットワークの状況を継続的に把握でき、道路のネットワークやストックとしての効果を把握することが可能となる点は革新的であるといえよう。

例えば「円滑・エネルギー効率」では、現状は道路整備率を政策目標として掲げているが、本来は整備率が上がったことによる利用の変化が道路のパフォーマンスである。利用率や分担率の変化から渋滞損失削減効果を算出し、経年的に積み上げれば、道路が完成してから使われている間の道路のストック効果の一つとなる。

また、これまでには個々の路線で評価していた内容について、今後はネットワークや道路の階層構成を総合的に評価していくことが重要となる。具体的には、より安全性の高い高規格な道路に交通を分担させ、ネットワーク全体としての円滑性、安全性向上を図る、通過交通を排

除することで都心のアクセス性を改善する等の道路全体の段階構成の最適化により、都市や地域の活力を評価することが大切なのである。

渋滞箇所や事故多発箇所などの問題箇所については、渋滞ワースト10やヒヤリハットワースト10等の個別ランキングを公表し、優先して対策すべき箇所を明示することで課題を関係者の連携により効率的に克服していくことも期待される。

表-5 ETC2.0プローブによる道路パフォーマンス指標の例

目指すべき方向	ETC2.0プローブによる新たな指標の可能性	自動車専用道路	一般道	
			幹線道路	生活道路
円滑・エネルギー効率	・損失時間・損失額	●	●	
	・経路分担率	●	●	
	・都心への通過交通割合	●	●	●
	・体系的道路利用率	●	●	●
環境・快適	・時間信頼度	●	●	
安全・安心	・ヒヤリハット率	●	●	●
地域活力 国際競争力	・時間圏域	●	●	
	・都市間速達性	●	●	
	・滞在時間	●	●	

##### (1) 円滑・エネルギー効率

###### a) 損失時間・損失額

渋滞等による影響を把握するため、渋滞損失時間・渋滞損失額を指標として表す。渋滞損失額の算出は、トラフィックカウンタやセンサスの交通量（原単位算出のための車種構成を含む）を用いた集計が必要となる。

集計単位は、ETC2.0プローブで得られる面的なデータから、交差点毎、バイパス等の開通による区間、路線、都市といった集計が可能となる。

ETC2.0プローブ情報の特徴である24時間365日のリアルタイムデータ（民間プローブは2カ月遅れ）の特性を踏まえ、事業実施直後（開通後の1週間等）の渋滞損失額の算出が可能となる。（図-22）

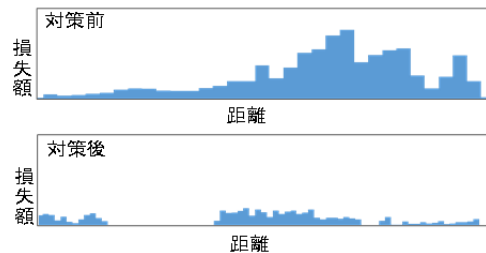


図-22 対策実施前後での渋滞損失額の算出イメージ

また、継続的なモニタリングも可能となり、道路の供用開始から利用されている時点までの渋滞損失額の削減額の積み上げが、道路整備のストック効果の一つである



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ある。通常は供用開始されてしまえば、空気のように意識されなくなる道路であるが、ETC2.0プローブと画像センサ（トラフィックカウンタ）で24時間365日モニタリングし、それを積み上げる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。（図-23）

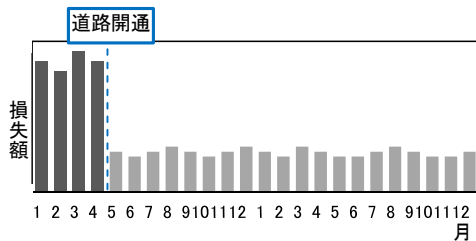


図-23 継続的な渋滞損失額の算出イメージ

### b) 経路分担率

道路が適切に利用されているか判断するため、各々の経路の交通容量、交通状況（渋滞、混雑、順調）、所要時間に加えて、経路分担率を指標として表す。（図-24）

ETC2.0プローブで得られる走行経路データから、特定の地域間、地点間の経路データを抽出・加工・集計することで、地域間、地点間の経路分担率を算出する。

交通容量と交通状況と所要時間に応じて、弾力的な料金施策や情報提供により、「時間の最小化・空間の最大化」を図るための対策立案、効果把握が可能となる。

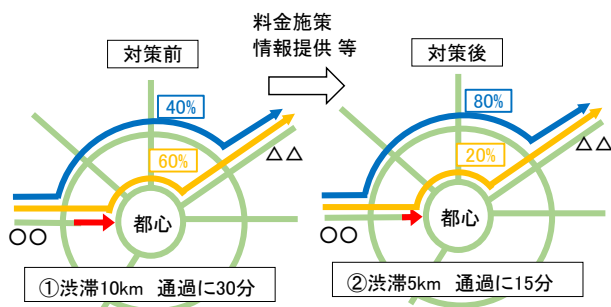


図-24 経路分担率の加工・集計イメージ

### c) 都心への通過交通割合

都心及びその周辺の道路の整備状況や、渋滞発生状況に応じて、道路が適切に整備・利用されているか判断するため、都心への通過交通割合を指標として表す。

ETC2.0プローブで得られる走行経路データから、都心交通に着目し、起終点が都心の内外か加工・集計することで、都心内の道路の使われ方（都心への通過交通割合）を算出する。（図-25）

なお、路側機は、当面は高速道路及び直轄国道に整備予定のため、都心内々交通の十分な把握はできない可能

性が高いが、都心を通過する交通の把握は可能である。

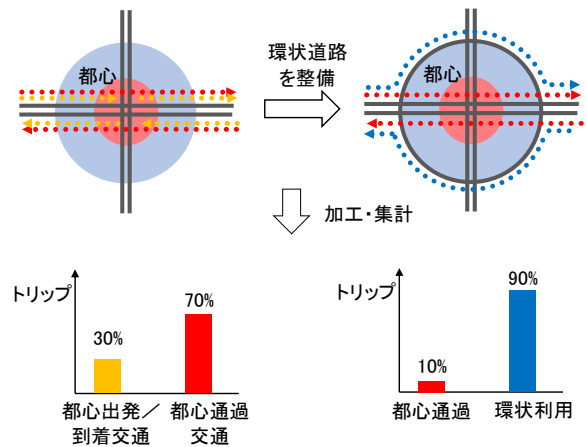


図-25 都心への通過交通割合の加工・集計イメージ

### d) 体系的道路利用率

ブキャナンレポート<sup>3)</sup>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・区画道路に分け、段階的に整備することを主張している。このように整備された道路が、適切に利用されているか判断するため、体系的道路利用率を指標として表す。

ETC2.0プローブで得られる走行経路データから、あるエリアを通過する道路種別で分類することで、トリップ長に応じた道路利用状況が分かる。

トリップ長別で、道路種別毎に、トリップ割合を集計することで、トリップ長別の利用道路種別割合を算出する。（図-26）

## (2) 環境・快適

### a) 時間信頼度

予定通りの時間に到達できるか判断できるようにするため、時間信頼度（所要時間のばらつき）を指標として表す。

ETC2.0プローブで得られる24時間365日の走行経路データを集計することで、時間帯や平日/休日、季節、天候等による所要時間の変動が分かる。

所要時間を頻度分布で表し、ばらつきの上位/下位をパーセンタイルで除いた値に加工・集計することで、時間信頼度（所要時間のばらつき）を算出する。中央値、分散、最大値をプローブ箱ひげ図として表示することを提案する。（図-27）

本来、道路の利用は、ばらつきが大きいほど余裕時間を見て行程を組むこととなるため、全体の時間損失を減らすためには、旅行時間の最大値を改善していくことが必要となる。

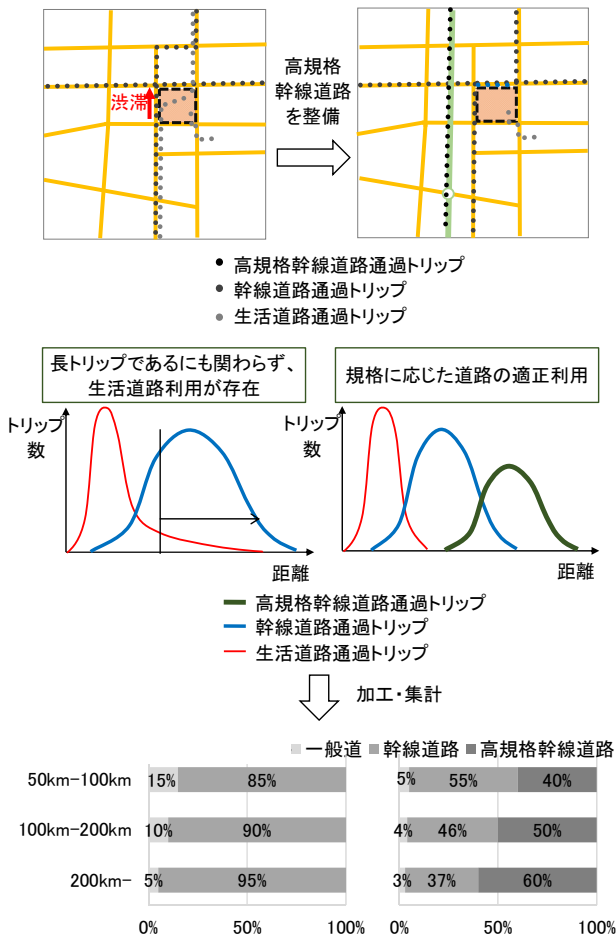


図-26 体系的道路利用率の加工・集計イメージ

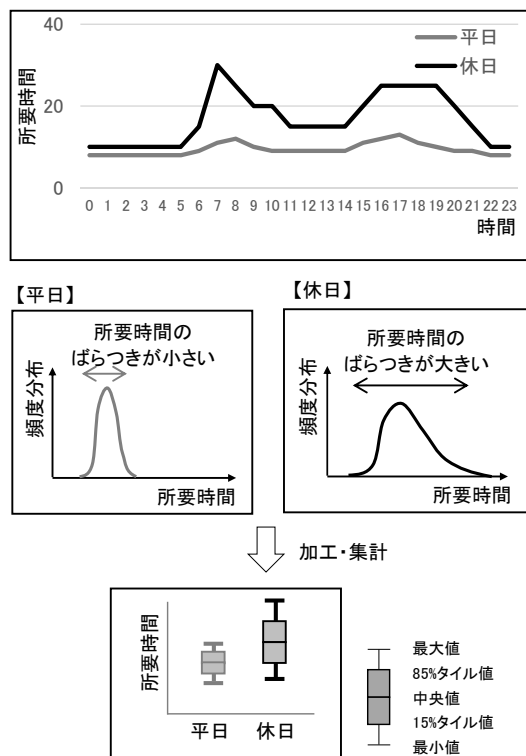


図-27 時間信頼度の加工・集計イメージ

### (3) 安全・安心

#### a) 幹線道路におけるヒヤリハット率

事故に至る前の潜在的危険箇所の抽出や、事故多発箇所対策を目的とした要因把握のため、ヒヤリハット率を指標として表す。

ETC2.0プローブの挙動履歴データをDRMリンクにマッチングし、ヒヤリハット件数として集計し、当該区間を走行したプローブ走行台キロで除することで、ヒヤリハット率を算出する。(図-28)

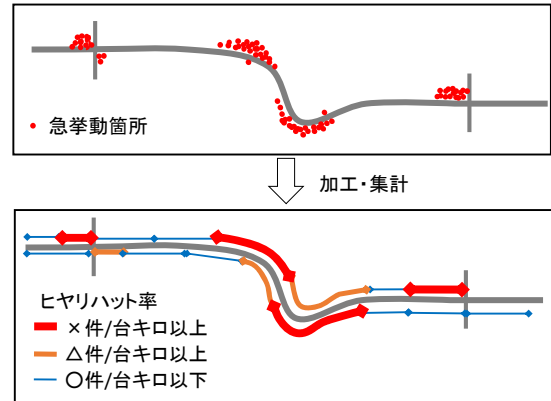


図-28 ヒヤリハット率の加工・集計イメージ

#### b) 生活道路におけるヒヤリハット率

ETC2.0プローブの挙動履歴データを、ゾーン単位でヒヤリハット件数として集計し、当該ゾーンを走行したプローブ走行台キロで除することで、ヒヤリハット率を把握することができる。

指標算出にあたっては、幹線道路のヒヤリハットは除外する必要がある。また、生活道路はDRMリンクがない区間もあり、リンク距離が利用できないため、2点間距離で計算する方法が考えられる。(図-29)

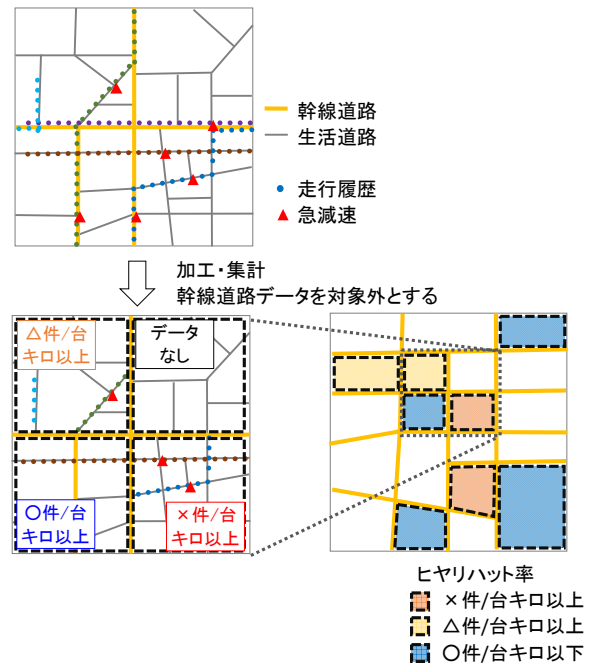


図-29 ヒヤリハット率の加工・集計イメージ

(4) 地域活力・国際競争力

a) 時間圏域

アクセス性の良さを判断するため、時間圏域を指標として表す。

ETC2.0プローブの走行経路データを、高速道路ICや、港湾、空港、物流センター等の物流拠点、ショッピングセンター等の集客拠点、観光エリア等を起終点として、各経路の起終点方向への時間圏域を集計することで、拠点までのアクセス/イグレス時間圏域を算出する。

時間圏域を地図によりメッシュ等で表現することで時間圏域図を作成する。(図-30)

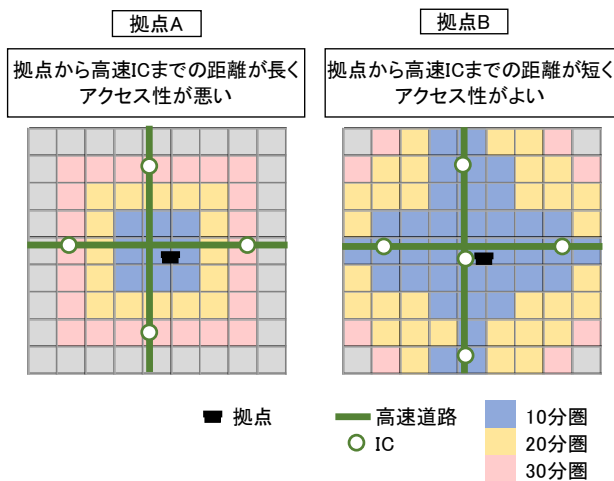


図-30 時間圏域図の作成イメージ

b) 都市間速達性(時間信頼度)

コンパクトな拠点とネットワークの構築による都市圏の機能維持が求められており、都市間の接続性を高める必要がある。そのため、道路整備状況の違いによる都市間の接続性を評価する。「環境・快適」と同様に、都市間、地域間移動の快適性の指標として、時間信頼度を把握する。(図-31)

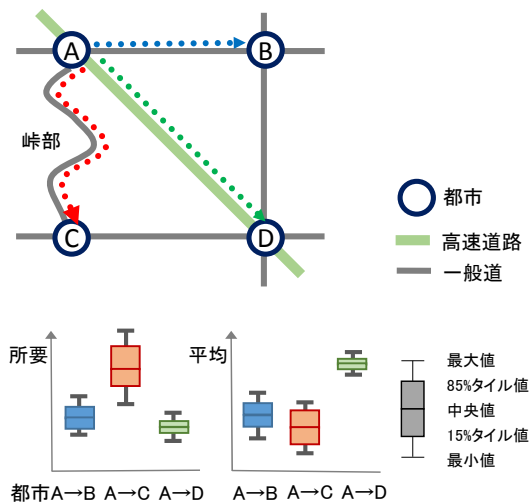


図-31 都市間の接続性の評価イメージ

c) 滞在時間

観光エリア等の魅力を判断するため、滞在時間等を指標として表す。

ETC2.0プローブの走行経路データを、観光エリア内等への出入り時間で集計することで、滞在時間等を算出する。また、観光スポット等で、30分以上等の駐車時間間隔で分割・加工することで、観光スポットへの立ち寄り有無、滞在時間を把握する。

観光エリアまでの移動時間より「観光エリアまでのアクセス性」を、観光エリア内での移動時間より「観光エリア内でのアクセス性(渋滞、駐車場待ち等)」を、観光エリア内や観光スポットでの滞在時間より「観光エリア・スポットの魅力」を、観光エリア内での立ち寄り箇所数より、「観光エリアの魅力(立ち寄り箇所の豊富さ)」を把握できる。(図-32)

ETC2.0プローブの移動特性に応じて、一つのエリアでの評価や、周遊観光を考慮した複数エリアでの評価等、観光エリアの大きさを変えた評価が可能である。

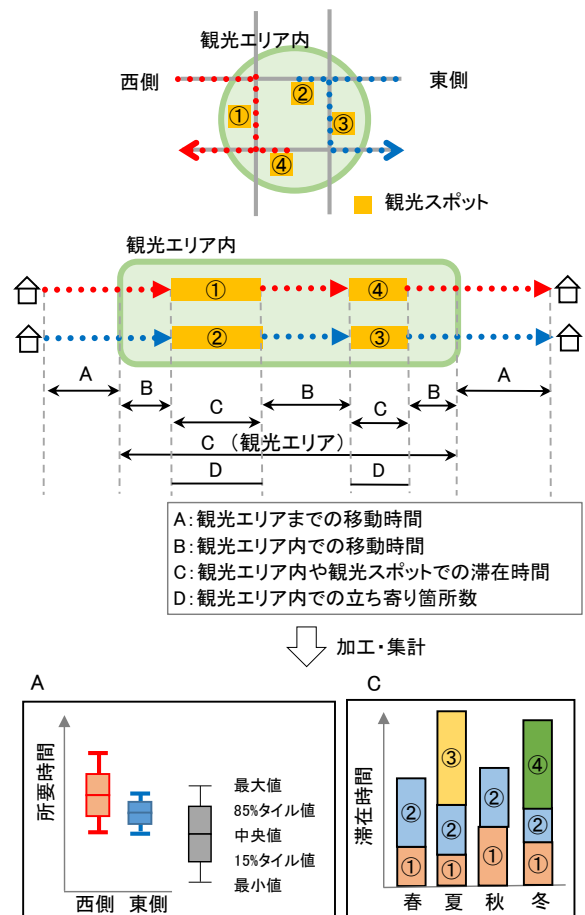


図-32 滞在時間等の加工・集計イメージ



## 5. ETC2.0 プローブ情報を活用した分析事例

### (1) 時間信頼度（市街地道路）の分析

千葉県柏市の柏駅周辺の一般道路を対象に、朝の通勤時間帯（7時～9時）における平均旅行速度の分布や、時間信頼性として日毎の旅行速度のばらつきを標準偏差を用いて評価した。

- ・分析期間：2013年4月1日～2014年10月31日の平日
- ・分析データ：DRMリンク単位の平均旅行速度

また、天候の違いによる時間信頼性の違いを把握するため、降雨なしの日と比較した雨天日の旅行速度の低下状況を分析した。

#### a) 通勤時間帯の時間信頼性の評価

路線・区間毎の通勤時間帯（7時～9時）の平均速度（内側の実線）および標準偏差（ばらつき：外側の破線）を地図上に表示した速度分布図を図-33に示す。なお、標準偏差の算出は、10台以上のサンプルを取得できたDRMリンクを対象とした。

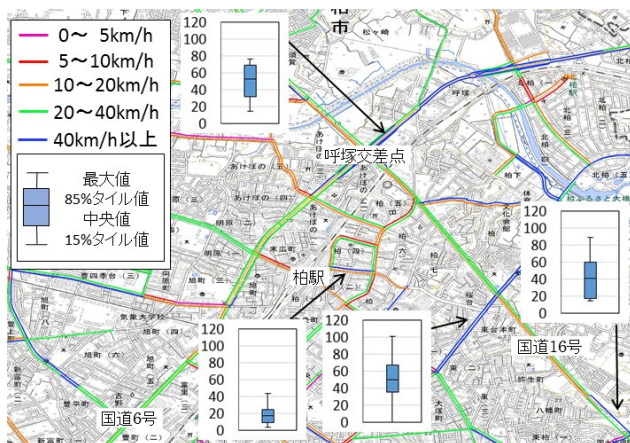


図-33 柏駅周辺道路の平均旅行速度とリンク区間速度

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が、一方で標準偏差（日毎のばらつき）が大きい。これは、自動車専用道路の環状道路機能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、通過交通が50%近く混入している<sup>5)</sup>。そのため、ちょっとした交通量の増加で旅行速度が大きく変動するという、時間信頼性に乏しいという特徴が読み取れる。

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く、標準偏差も小さい区間がある。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。

#### b) 雨天日の平均旅行速度の低下状況の評価

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1mm/h以上の日を雨天日とし、DRMリンク単位に降雨なしの日に対する旅行速度の低下状況を集計した結果を図-34に示す。

柏駅周辺で降雨なしの日と比べて20km/h以上の速度低下が発生している。雨天日の通勤時間帯、柏駅への送迎車両が多くなり、柏駅に向かう路線・区間で著しい速度低下が発生していることが確認された。こういった問題箇所がピンポイントで分かるのも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い、改善策を検討し、実施、評価というPDCAを回していくことが可能となる。

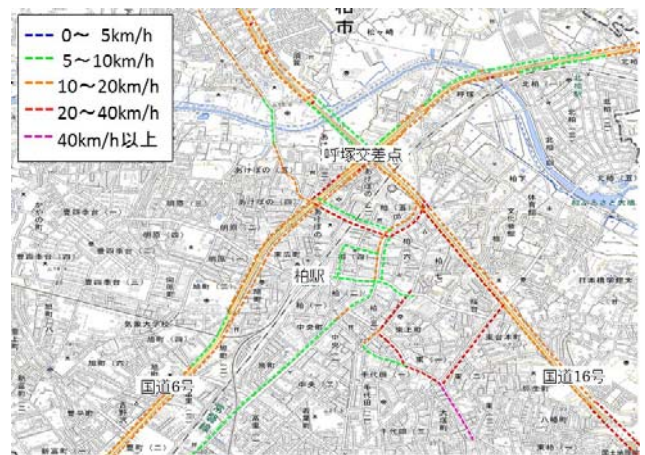


図-34 柏駅周辺の雨天日の速度低下量

### (2) 幹線道路のヒヤリハット率（高速道路と一般道の比較）の分析

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定量的に評価・比較するための新たな評価指標として、ETC2.0プローブの走行履歴データと挙動履歴データを用いて「ヒヤリハット率」の試算を行った。

「ヒヤリハット率（件/台キロ）」

$$= \text{ヒヤリハット件数} \div \text{プローブ走行台キロ}$$

上記算定式の「ヒヤリハット件数」は、対象期間中に対象路線・区間で発生した挙動履歴データの急減速（前後加速度）、急ハンドル（左右加速度）の発生件数である。また「プローブ走行台キロ」は、走行履歴データから算出される走行台キロとし、対象期間中に対象路線・区間で取得されたプローブ車両の走行台キロである。

#### ・分析対象路線（図-35）

高速道路：山陰自動車道（米子JCT～宍道JCT）

一般道路：一般国道9号（二本木交差点～国道54号交差点）

#### ・分析期間 2014年10月1日～10月31日



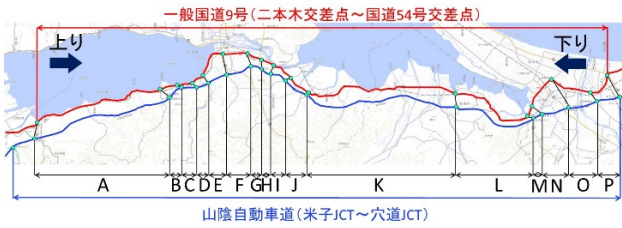


図-35 分析対象路線

山陰自動車道と国道9号の方向別・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-36、37に示す。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。高速道路上にのみITSスポットが設置されている現状では、高速と一般道においてプローブ情報の取得量が異なる路線・区間に対し統一的な指標であるヒヤリハット率で評価することで両者を比較することが可能であることが確認された。ヒヤリハットの箇所は、事故は発生していないが、何らかの危険性が潜んだ箇所かもしれない。そういった箇所をピンポイントで事前に発見できるのもETC2.0プローブ情報の特徴である。

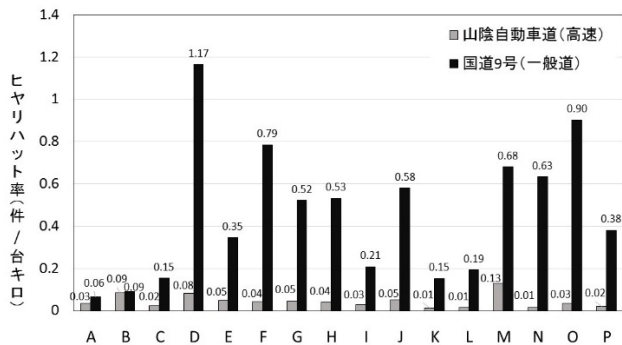


図-36 上り線のヒヤリハット率試算結果

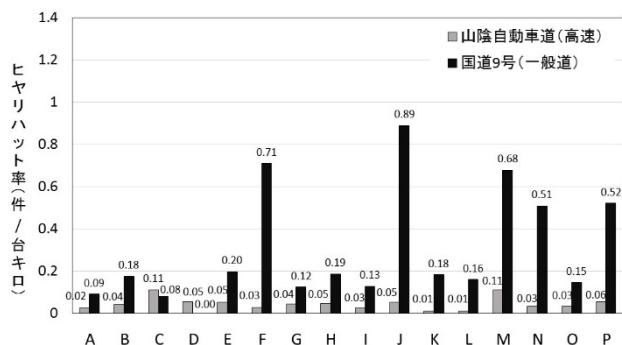


図-37 下り線のヒヤリハット率試算結果

## 6. おわりに

本研究では、国土交通省が導入を始めたETC2.0車載器と路側機から収集されるETC2.0プローブ情報（車両の経

緯度、時刻、加速度等）を活用した道路交通実態の分析手法として単路部の交通渋滞、交差点部の交通渋滞、旅行速度、ヒヤリハット、起終点・利用経路に関する分析手法を提案した。また、その実態分析を活用した道路パフォーマンス評価指標について、道路行政の目指すべき方向性に応じた円滑・エネルギー効率、環境・快適、安全・安心、地域活力・国際競争力に関する指標の算出方法を提案した。

そのうち、時間信頼性、旅行速度について千葉県の上野市において実際に算出し、通勤時間帯の時間信頼性、雨天日の平均旅行速度の低下状況の評価を行った。結果として、時間信頼性の分析を時間毎、特定の日時などで行うことで、道路の使われ方が詳しく理解できることを明らかにした。

また、幹線道路のヒヤリハット率（高速道路と一般道の比較）の分析に関しては、高速道路と一般道のヒヤリハットの発生率の比較が可能であることを明らかにした。

以上から、ETC2.0プローブ情報を活用することで、道路交通の実態把握が飛躍的に進化する可能性を示すことができた。特に、これまで道路のパフォーマンス評価は、交通量や平均旅行速度などで語られることが多かったが、道路利用者目線で見ると一番遅れた場合の旅行時間で評価すべきで、24時間365日のデータからそういったことが分かるようになったのである。さらに、道路交通の実態が明らかになることで、渋滞やヒヤリハットの多い問題箇所を特定して詳細な分析を行い、改善策を検討し、実施、評価するというPDCAを回していくことが可能となる点は、道路行政の大きな改革につながっていくと思われる。

## 参考文献

- 1) 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、2015.1.27
- 2) 牧野浩志、大内浩之、高宗政雄、竹中憲郎、井上洋、DSRCによるアップリンク情報を利用した走行支援サービスの検討
- 3) 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](http://www.nilim.go.jp/lab/qcg/japanese/0frame/index_c.htm)、アクセス日時:2015.04.24
- 4) ブキャナン、(八十島義之助、井上孝 訳)：都市の自動車交通、鹿島出版会、1965年
- 5) 牧野浩志、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、2012.7.20

A study on systematization of utilization of ETC2.0 probe data