

# ETC2.0プローブ情報に基づく道路勾配を 考慮した速度低下要因の分析

金崎 智也<sup>1</sup>・安田 幸司<sup>2</sup>

<sup>1</sup>一般社団法人システム科学研究所 調査研究部 研究員

(〒604-8223京都府京都市中京区新町通四条上ル小結棚町428番地 新町アイエスビル)

<sup>2</sup>一般社団法人システム科学研究所 調査研究部 副部長 (同上)

本報告は、速度低下発生箇所抽出にETC2.0プローブ情報を活用することの有用性を検証するとともに道路勾配と速度低下の関係について、道路勾配に起因する顕著な渋滞が発生している区間をケーススタディとして分析を行った。また、ETC2.0プローブ情報に収録されている高度データから道路標高データを作成する手法を検討し、実際に近畿地整管内における道路網の道路標高データを整備し分析への適用を行った。

キーワード ETC2.0プローブ情報, 道路勾配, 渋滞要因

## 1. はじめに

実務において、ETC2.0 プローブ情報を交通状況分析に活用する機会が増えている。走行履歴に基づく平均旅行速度や交通流動分析、挙動履歴に基づく危険箇所の抽出、また、それら結果を踏まえた地域課題の抽出や新規供用路線の整備効果把握など幅広く利用されている。

ETC2.0 プローブ情報は、日々の車両の走行状況を経路も含めて蓄積されたデータであり、様々な状況下での交通特性を捉えることができる。よって、交通特性変化の規則性や他の外的要因との関係等を分析することにより、速度や交通流に与える要因の分析が期待できる。

走行に影響を与える要因としては、気象、沿道状況、ネットワーク構成、道路構造等、様々なものが考えられるが、高速道路の速度低下の主たる要因である勾配もその一つである。(高速道路では上り坂及びサグ部により引き起こされる渋滞は交通集中渋滞の約 58%<sup>1)</sup>を占めている。) この道路勾配に関する情報は、一般的には、道路台帳などと併せて管理されることが多く、道路設計以外で利用されることは少ない。

一方、ETC2.0 プローブ情報に含まれる情報の中には、“高度”データがあり、これを活用することにより比較的容易に道路勾配を計算することができる。

本研究では、ETC2.0 プローブ情報を活用して得られる道路勾配と速度変化の関係性から、勾配が速度変化に与える影響について分析を試みた。高速道路と違い、アクセスコントロールがなく、また交差点の多い一般道路

は、交通流に影響する要因は複雑であり、道路勾配との関係性を捉えることは容易ではないが分析することの意義は大きいと考える。そこで本論文は基礎的分析として対象をアクセスコントロールのある自動車専用道路としてデータ活用の可能性と課題について検討を行った。

## 2. 利用できる道路標高データと課題

道路勾配の把握においては、道路標高データが必要である。これまで道路標高を示した資料の多くは道路台帳や設計図面の値を参照し作図する必要があった。

近年はGISの高度化、計測技術の向上から分析に活用できそうな標高を示すデータがいくつか存在する。以下に、利用可能なデータを紹介する。

### (1) 国土地理院：数値標高モデル (DEM)

航空レーザ測量で計測した高さのデータから、建物、橋等の人工構造物や樹木等の植生を除去し、南北及び東西方向に5m間隔等で標高値を内挿補間により作成されたデータである。無償で利用できる精度の高い標高を得ることができるため地上部に位置する道路では活用可能である。しかし、あくまでも地表面の標高であり、トンネル部や高架部等の標高として活用できない課題がある。

### (2) 国土交通省：道路基準点

国土交通省では、直轄国道のキロポストごとに公共測

量により経緯度・標高を計測し道路基準点を定めている。整備された情報は道路基準点案内システムとしてWEB上で閲覧可能であり、精度の高い情報が容易に無償で利用可能である。しかし、道路基準点の設置場所は統一されておらず、歩道上や建物の屋上などに設置された基準点が混在しており、必ずしも標高値が道路の標高を示すとは限らないことに留意しなければならない。

(3) 民間企業：地図データ（道路網）

民間企業が整備しているデータを活用することも有効な手段である。実際に道路を走行して計測し、精度の高いデータを整備している企業もある。中には、数値標高データの課題であるトンネル内や橋梁部も道路標高として整備が行われているデータもあるが、広範囲で分析を行うにはコスト的負担が大きくなることが懸念される。

3. ETC2.0プローブ情報を活用した道路標高データの作成

本章ではETC2.0プローブ情報の高度データに着目し、分析に必要とされる道路標高データを広範囲にわたり作成できる手法を考案した。

(1) ETC2.0プローブ情報に基づく道路勾配計算の意義

前述したような道路標高データでは、広域にわたって道路勾配と速度低下の分析を行うことは容易ではない。しかし、速度変化と道路勾配の関係性を捉える場合、設計に用いるような道路勾配の精度よりも、速度変化と道路勾配の関係性を捉えられるサンプル数の確保が重要である。多くのサンプルを対象として分析することにより、速度変化に与える規則性を捉えやすくなる。

本論文で提案するETC2.0プローブ情報に基づく道路勾配の計算は、効率的に道路勾配と速度変化の関係性を分析することを可能にするものである。

(2) ETC2.0プローブ情報の概要と活用上の留意点

道路標高データの作成に用いるETC2.0プローブ情報は、ETC2.0対応車載器を搭載した車両が蓄積した走行履歴等の情報を収集し処理したデータであり、いくつかの様式が提供されている（表1）。そのうち、本研究では測地点ごとの“高度”が収録されている様式1-2を主に活用する（表2）。ETC2.0対応車載器の普及状況（図1）をみると2018年2月末時点で約338万台のETC2.0車載機がセットアップされている。また、再セットアップも含めたセットアップ件数は毎年100万台を越え、近年データ量が著しく増加している状況である<sup>2)</sup>。

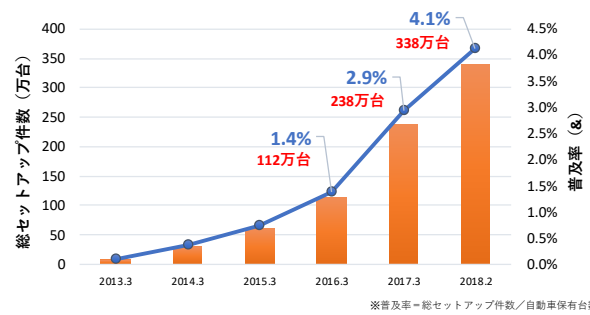


図1 ETC2.0対応車載器の普及状況<sup>2)</sup>

膨大なデータが日々蓄積されており2017年12月のデータでは日単位運行IDが約1037万ID/月に達している。このうち高度データの値が存在するのは約28万ID/月（全体の約3%程度）にすぎない。しかし、道路の標高は道路事業が行われない限りは変わることはないため、これまでに蓄積されてきたデータの時点を考慮することなく集約して活用することが可能である。すなわち、ETC2.0対応車載器を搭載した各車両を計測車両としてみなし、全国の道路の標高を計測できる環境が整っているものと考えられる。さらに、ETC2.0プローブ情報ではあらかじめDRMリンクへのマップマッチングが行われておりDRMリンク番号と流入ノードからの距離を知ることができる。これらを活用することにより、理論上は全国のDRM道路ネットワークに対して1m間隔の道路標高データが整備可能となる。ただし、データ活用上、懸念事項も多い。

1つ目は現行の道路ネットワークへのマッチング技術では高架道路での精度が悪くなってしまうことが懸念されるため、本来走行した道路とは異なる道路へ対応付けられている可能性がある点。また、測位点に対してDRMリンクの1m間隔に対応付けが行われているため、厳密には測位された地点との平面上のズレが生じている。2点目はGPSによる標高の計測において根本的に大きな誤差が発生しうることである。ただし、GPSで測位された値をカーナビ内でそのまま採用しているか、あるいはカーナビ内でジャイロセンサー等により加速度等の指標を組み合わせて推定しているかはメーカーにより異なり、詳細を把握することはできない。

以上のことを踏まえた上でデータ作成時にはクリーニング処理を行う必要がある。

表1 ETC2.0プローブ情報で提供される情報項目

情報項目	様式	内容
基本情報	様式1-1	個車の基本情報 ※日単位の運行IDベース
走行履歴情報	様式1-2	走行履歴情報(個車の点列データ)
トリップ詳細情報	様式1-3	トリップ詳細情報
挙動履歴情報	様式1-4	挙動履歴情報
DRM単位集計結果	様式2-1	DRMリンク単位車両別旅行時間(個車の経路データ)
	様式2-2~2-4	DRMリンク単位に整理された平均旅行時間及び旅行速度(15分単位・時間帯別・月平均)
交通調査基本区間単位集計結果	様式2-4~2-6	交通調査基本区間単位に整理された平均旅行時間及び旅行速度(15分単位・時間帯別・月平均)
プローブデータ受信情報	様式3-1	プローブ成功率
	様式3-2	ASL-IDプローブデータ詳細情報

表2 ETC2.0プローブ情報 様式1-2に含まれる主なデータ項目

情報項目	主なデータ項目
運行情報	運行日、運行ID等
車種情報	自動車の種別や用途
測位点に関する情報	GPS時刻、緯度、経度、速度、 <b>高度</b> 2次メッシュコード、流入ノード、流出ノード 流入ノードからの距離

(3) データの作成手法

道路標高データの作成フローを図2に示す。まず、ETC2.0プローブ情報 様式1-2から“高度”データを含むレコードのみを抽出する。次に、抽出したレコード群から各DRMリンクの流入ノードからの距離別に高度の平均、標準偏差、情報件数を算定し、クリーニング参照表を作成する。そして、再びETC2.0プローブ情報様式1-2からレコードを抽出する。その際、先のクリーニング参照表をもとに、情報件数が3件未満または高度が平均±標準偏差÷2の範囲を越える場合は測位誤差あるいはマッチング誤差が発生しているものとして除外する。クリーニング後のレコード群からDRMリンク別に流入ノードを起点として10m間隔に作成した代表点に標高を付与する。付与する標高は代表点を起点として道路ネットワーク上の距離が±5m以内に位置する点を参照対象として逆距離加重平均法(式1a、式1b)により算定される値を採用する。

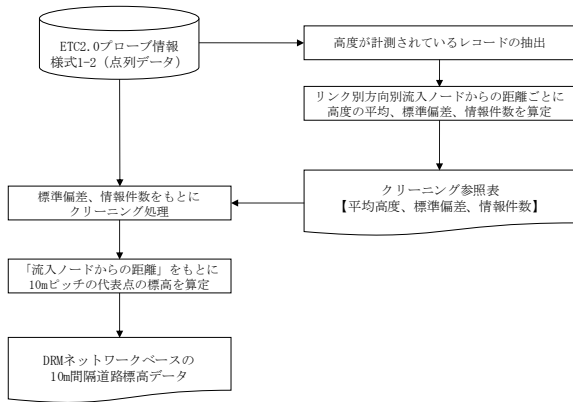


図2 道路標高データの整備フロー

$$h(s) = \frac{\sum_i^n w_i(s) h_i}{\sum_j^n w_j(s)} \quad (1a)$$

$$w_i(s) = \frac{1}{d(s, s_i)^p} \quad (1b)$$

- $h(s)$  : 代表点  $s$  の推定値
- $n$  : 集計計測点数 ※最大 10 点
- $h_i$  :  $i$  番目の計測点の平均標高
- $d(s, s_i)^p$  : 代表点と計測点との距離 ※ $p=1$ とした
- $w_i(s)$  : 代表点における計測点の重み

4. 速度低下発生状況の分析と道路標高データの活用

本章では具体的に渋滞発生が顕著な区間をケーススタディとして速度軌跡図を用いて速度低下箇所の抽出を行い、前章で作成された道路標高データとの関係性について考察を行う。

(1) 湖西道路：真野IC→坂本北IC

湖西道路(真野IC→坂本北IC)の2017年4~6月休日の速度状況について分析を行った。湖西道路は2車線区間であり、交通集中による渋滞が発生している区間である。13時台では湖西道路区間は概ね60~80km/hで走行可能であるが仰木雄琴IC合流部と上り坂が重なる地点において速度低下が一部発生していることが確認できる。また、坂本北IC以南は4車線区間であり、2車線から4車線へ交通容量が増加することにより速度向上の様子も確認できる。14時台では先の速度低下箇所から北側に速度低下地点が移動している状況である。また、坂本北IC北側で上り坂を終える地点から速度が向上している状況も確認できることから上り坂が速度低下に影響を与えていることが把握できる。

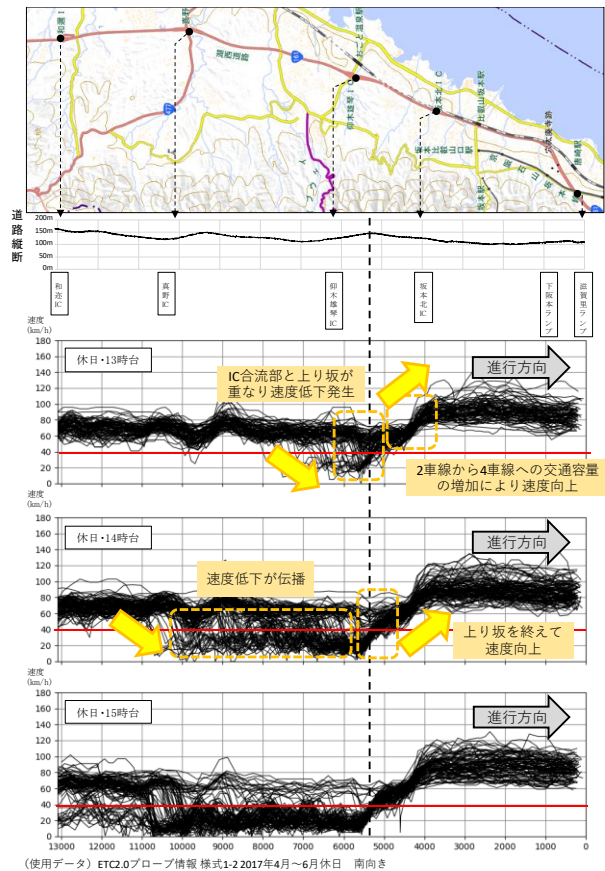


図3 湖西道路(真野IC→坂本北IC)の速度低下箇所の把握

(2) 中国自動車道：神戸JCT→宝塚IC

中国自動車道（神戸JCT→宝塚IC）の2017年5月3日の速度状況について分析を行った。対象区間における渋滞は宝塚西TN手前のサグ部と宝塚西TNの入口が連続するため速度低下が発生しやすい道路構造にある。一般に速度低下状況の把握は区間単位の平均旅行速度を算定して整理することが多いが速度低下の起点を捉えることはできない。そこで、ETC2.0プローブ情報 様式1-2を活用し1台ごとの地点速度をつなぎ合わせた速度軌跡図（図4）を作成し、局所的な速度低下箇所の抽出を試みた。

12時台では概ね80～120km/hの範囲で走行できており、渋滞は発生していない。13時台になると一部の車両が宝塚西TN入口付近で速度が低下しており、宝塚TN通過後は速度が回復している様子がわかる。また、西宮名塩SA通過後に速度低下発生している車両も現れているが速度回復地点は宝塚TN通過後であることから同様の要因により渋滞が伝播し、速度低下発生地点が移動していることがわかる。14時台では顕著に渋滞の伝播が表れており西宮北IC～西宮名塩IC間で速度低下発生し、西宮名塩SA～宝塚西TNではすべての車両が40km/hを下回っている状況である。作成した道路標高をみると西宮山口JCTから宝塚西TNにかけて下り勾配の大きい区間が続く、そして宝塚西TN手前の地点では下り勾配から上り勾配への変化が確認でき、サグ部を認識することができる。

図4の関係性について分析し、道路勾配と速度低下の規則性について分析を行う。

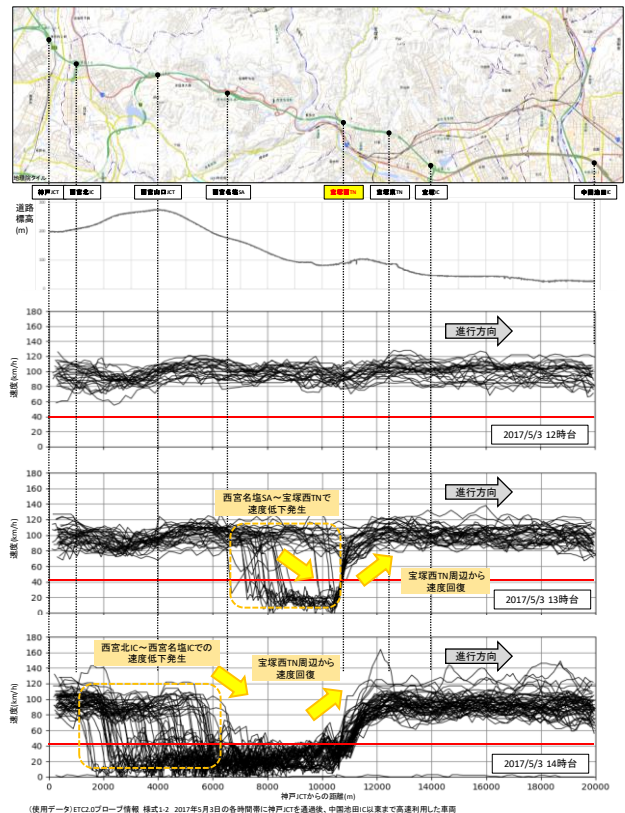


図4 中国自動車道（神戸JCT→宝塚IC）の速度低下発生状況

5. おわりに

本研究では、道路交通流の速度変化要因を捉える基礎的な分析として、中国自動車道と湖西道路を対象とした速度低下箇所と道路勾配との関係性について考察を行った。道路勾配については、道路標高データを ETC2.0 プローブ情報から作成する手法を提案した。これにより、広範囲の道路勾配を効率的に把握することが可能となり、ETC2.0 プローブ情報活用の有用性を示すことができた。また、これら結果を用いた速度低下箇所との関係性については、上り坂区間での速度低下を確認した。

今後は、他の自動車専用道路、一般道路を含め、広範

参考文献

- 1) NEXCO 西日本 HP 渋滞原因解説：[http://www.w-nexco.co.jp/forecast/trafficjam\\_comment/](http://www.w-nexco.co.jp/forecast/trafficjam_comment/)
- 2) ETC 総合情報ポータルサイト GO!ETC セットアップ件数の推移：<https://www.go-etc.jp/fukyu/etc2/index.html>, 2018.6
- 3) (一財)自動車検査登録情報協会 統計情報 自動車保有台数：<https://www.aira.or.jp/publish/statistics/number.html>, 2018.6