

速度低下区間の検出法に関する研究

山本 優樹¹・塚井 誠人²・山本 航³・小山田 哲郎⁴

¹学生会員 広島大学大学院 工学部研究科 (〒739-8527 広島県東広島市鏡山 1-4-1)
E-mail: m175895@hiroshima-u.ac.jp

²正会員 広島大学大学院准教授 工学研究院社会環境空間部門 (〒739-8527 広島県東広島市鏡山 1-4-1)
E-mail: mtukai@hiroshima-u.ac.jp

³非会員 広島大学大学院研究員 工学研究院社会環境空間部門 (〒739-8527 広島県東広島市鏡山 1-4-1)
E-mail: wataruy9@hiroshima-u.ac.jp

⁴非会員 株式会社長大 地域・交通企画部 (〒103-0014 東京都中央区日本橋蛸殻町 1-20-4)
E-mail: oyamada-t@chodai.co.jp

ETC2.0 データは車載器を搭載した各車の走行速度を約 200m 間隔で連続的、かつ大量に取得できる高速道路上で従来機器よりも短い距離間隔で速度データを取得できるという特徴を有している一方で、現在のところ普及率が低く、地方部での活用には難点がある。本研究では速度低下区間の特定とその原因を明らかにするために、暫定 2 車線の高速道路である鳥取自動車道について 1 年間の速度データを収集して、決定木分析による速度低下区間と、その原因抽出が可能か否かを検証した。

Key Words: ETC2.0, speed down, overtaking lane, big data, decision tree, two-lane expressway

1. はじめに

将来的に 4 車線化が予定されているが、現在は片側 1 車線の対面通行で供用されている高速道路は暫定 2 車線道路と呼ばれ、2010 年において日本の高速道路の約 3 割を占めている。2016 年 6 月以降、国土交通省¹⁾は暫定 2 車線道路のうち速度低下が著しい一部の区間に追い越し車線を設ける方針を示した。しかし、具体的にどの区間に追い越し車線を付加するかについて、定量的な根拠は示されていない。追い越しができない暫定 2 車線区間では、4 車線区間と比べて前方の低速車の影響が後方車群に与える影響が大きいと考えられる。しかし、これまで示された追い越し車線を設ける区間やその区間長を決定する指針を示す研究²⁾は、4 車線以上の区間を対象にしており、また線形などが基準として言及されているばかりであった。すなわち、低速車による速度低下の影響を明らかにする研究の蓄積は、ほとんど行われてこなかった。

近年まで、高速道路上の車両の速度は、断面交通量を把握する目的で設置されているトラフィックカウンターを用いて得られているが、同機器の設置間隔はおおよそ 10km であり、いつどこで発生するかわからない低速車による速度低下を捉えることはできない。

ビッグデータとして近年交通分野では、ETC2.0 データが注目を浴びている。ETC2.0 の機器を搭載した車両からはトリップ開始時刻・地点の情報に加えて、各車の GPS 記録として走行経路を連続的に取得できる。さらに ETC2.0 からは、走行中の瞬間速度も得ることが可能であり、その取得間隔は 100m や 200m 間隔である。これは従来のトラフィックカウンターよりもはるかに短い。一方で ETC2.0 データの難点は、データが取得できる車両が限定されることである。以上の点を考慮すると、ETC2.0 の普及率が低い段階では OD の分析には難点があると言わざるを得ない。しかし、瞬間速度は大量に取得することができる。同データから得た経路上の速度情報を活用すれば、暫定 2 車線の高速道路上で速度低下が顕著な区間を抽出し、追い越し車線を設ける区間を特定できる可能性がある。

本研究では、ETC2.0 データを用いて、暫定 2 車線区間の追い越し車線整備区間を特定するために時間別・区間別の速度分布を抽出することを目的とする。

なお単に速度低下区間を抽出するばかりでは地点への様々な速度改善の検討に結び付けることは難しい。そこで本研究では速度分布を目的変数とする決定木を用いることによって、その要因の把握する。これにより、追い越し車線を設けること以外の、料金施策や情報提供など

の対策についても検討できる。本研究の特長は既存の交通計画が重視してきた OD(経路)情報にこだわることなく、ETC2.0 データが豊富に蓄積している情報の活用を図ることである。

2. ETC2.0 データ

ETC2.0はETCに代わる2011年に本格導入された新しい料金收受システムの規格である。ETC2.0では、対応車載器と対応カーナビを連動させて、車両の速度や位置などの走行情報を200m間隔(機器によっては100m間隔)で機器内のメモリに格納する。この情報は路側に設置されたITSスポットと呼ばれる感知器の下を通過した際に転送され、関東地方整備局のサーバーに集められる。ITSスポットは全国的高速道路や国道を中心に、約1600か所に設置されている。ETC2.0の普及率は2016年9月で約1.18%に留まっている。しかしながら、既往研究³⁾では、普及率は十分ではないものの全国的にデータを収集できること、および他のプローブ情報のように車種や用途の限定がなく、データを大量に取得できる利点が指摘されている。

以下では、ETC2.0データの地方部での活用可能性を探るため、鳥取自動車道(以下、鳥取道)を対象に研究を行った。鳥取道は2009年に最初の区間が開通し、2013年に全線開通した、全長62.3kmの暫定2車線で供用されている高速道路である。そのうち、西粟倉ICと智頭南ICの間の一部区間が一般国道である。全長62.3kmのうち、約30kmがトンネル区間である。

3. 決定木分析

決定木は意思決定ツリーやデシジョンツリーとも呼ばれ、樹形図、またはツリー構造と呼ばれる図によって、着目した目的変数が複数の説明変数の候補集合の中で、どの変数の影響を強く受けているかを明らかにする手法である。決定木分析では、より大きな部分集合に影響する説明変数から順に標本を背反に分割する。この分割を以下、分岐と呼ぶ。決定木において分岐要因を示した点をノード、次の分岐要因または目的変数分布との間を結ぶ線分をリンク、さらに分布の末端部分をリーフと呼ぶ。本分析では分岐数が2に限定された2分木を示しているが、アルゴリズムのパターン設定によっては、分岐数が3以上の結果も得られる。

決定木を求めるアルゴリズムはC5.0やID3、CHAID、CARTなど複数種類存在する。本研究では、CARTを基に作られたRプログラムのパッケージ、rpartを用いて決定木分析を行った。rpartの特長は、最終的なリーフの目的変数分布をグラフ化して出力する点である。本研究では、走行中の周波数によって計測される瞬間速度(以下、GPS速度)を目的関数に設定する。CARTに出力するツリー構造に基づいて、各分岐条件の組み合わせ、すなわち根からリーフへのリンクをたどって得られる条件の下で、リーフごとに異なる速度分布が得られる。説明変数として、以下の6データを設定した。断面勾配などの道路線形はデータの扱いが困難であったため、本分析では扱わない。

- 1 平休(平日, 休日)
- 2 交通量(1時間当たり)
- 3 HVR(大型車混入率)
- 4 天候(雨 or 晴れ)
- 5 キロポスト(0.1km刻みの距離)
- 6 時間帯(朝:7, 8時台, 昼:9~16時台, 夕方:17, 18時台)

鳥取道は多くの区間で最高速度が70km/hだが、一部区間で最高速度が40~60km/hの区間が存在する。同区間の速度は最高速度70km/h区間と比べて遅いため、分析の前提となる母集団条件に違いが生じてしまう。そこで以下では、最高速度が70km/h未満の区間を除き、最高速度70km/hの区間のみのデータを用いて分析を行う。

4. 決定木分析による速度低下区間の特定

前章で述べたように、決定木分析の目的変数はGPS速度とする。ただし、速度情報は結果の視認性を改善すると共に、比較的軽微な速度低下の傾向もとらえるために、観測値そのものではなく、月ごとに得られる全瞬間速度を10%タイルごとに分類した結果を、決定木分析への入力情報とした。この前処理により分割前の全データの速度分布はおよそ一様分布となる。したがって、リーフ(決定木の末端)に現れる速度分布の形状が、パーセンタイル値に対してほぼ単調減少(右下がりの分布)となっていれば、そのリーフに至る道上に現れる条件の組み合わせが、速度低下をもたらすと判断する。

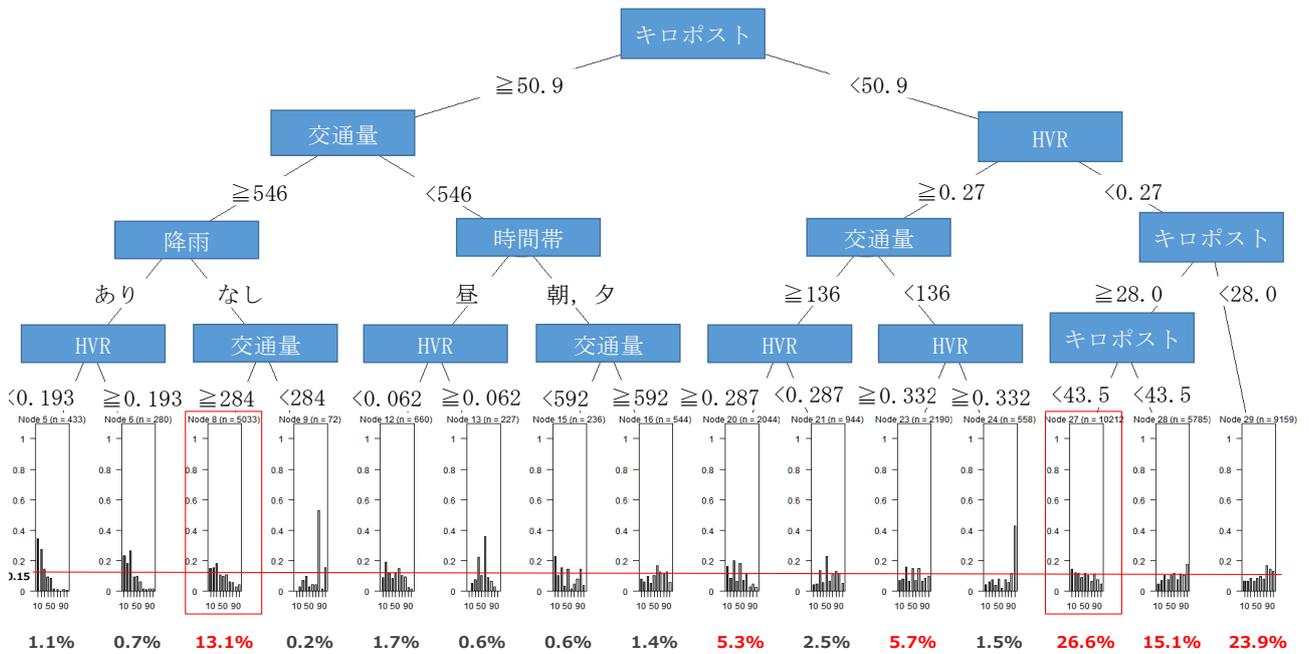


図 1 4月の決定木分析結果(データ数 107951)

(1) 速度低下区間の特定

ETC2.0 データは国土技術総合研究所から提供を受けた。取得期間は 2015 年 4 月から 2016 年 3 月である。本研究では海岸側に位置する鳥取市より中国山脈に向かう鳥取道の上り線に関して決定木分析を行った。上り線を分析した理由は、山陰から中国山地の大域的な地勢より、下り線よりも上り勾配の個所が多く、速度低下が現れやすいためである。予備分析を行ったところ、月別の交通需要特性に大きな差がみられたため、月ごとに決定木分析を行った。

速度低下の判定基準は以下の 3 つである。

- 1 リーフのサンプル数が全体の 5%以上
- 2 10%タイル値の割合が 15%以上
- 3 リーフの目的関数の分布形状が右下がり (目視)

1~3 の条件には統計的な有意性があるわけではないため、今後検討していく必要がある。例として 4 月の決定木分析の結果を図 1 に示す。速度低下が発生していると判断できた 2 リーフであった。いずれのリーフもキロポストのみで分岐しているわけではなく、特定の条件下で速度低下が発生している。

4 月~3 月までの 12 か月間の決定木分析によって速度低下が発生していると判断された区間を図 2 にまとめる。キロポストのみで分岐が行われているリーフは交通量や HVR の大きさに限らず速度低下が生じているため、その区間では慢性的に速度低下が発生していると判断できる。多くの月で速度低下が発生していると判断できた区間は 2 区間あった。その一方は智頭 IC の北側 35~41km の区間である。10 月と 3 月のリーフはキロ

ポストのみで分岐が行われているなど、慢性的に速度低下が発生している可能性がある。この区間の区間長は 6km と短く、追い越し車線設置区間を特定しやすい。ただし、この区間には複数のトンネルが存在しており、トンネル外で 1km 以上の区間が存在しない。トンネルは施工後に断面形状の変更が困難なため、速度低下の対策ではトンネルそのものを追加する方法しかない。また、一般的に追い越し車線の長さは 1~1.5km 必要である。すなわち同区間で複数ヶ所に分散して存在するトンネル外区間に追い越し車線を設置することは困難である。

他方は河原 IC の北側 52km~60km である。この区間を指定するリーフには、キロポスト以外の条件 (HVR や交通量) も含まれており、一定の条件下でのみ速度低下が起きる。同区間ではほとんどトンネルがないため、追い越し車線を設ける区間が十分にある。以上より本分析から、追い越し車線は 52~60km 地点に設置すべきであると判断する。

(2) 繁忙期の決定木分析の結果の考察

図 2 からわかるように 5 月や 9 月では速度低下区間を限定できなかった。これは 5 月と 9 月にはゴールデンウィークとシルバーウィークという連休があり、この期間には交通量が大きくなり、大きな速度低下が発生する。しかし、1 か月で考えるとその期間の影響は小さく、条件 1 を満たすことができなくなることが多くなり、図 2 において速度低下区間としては抽出されなかった。

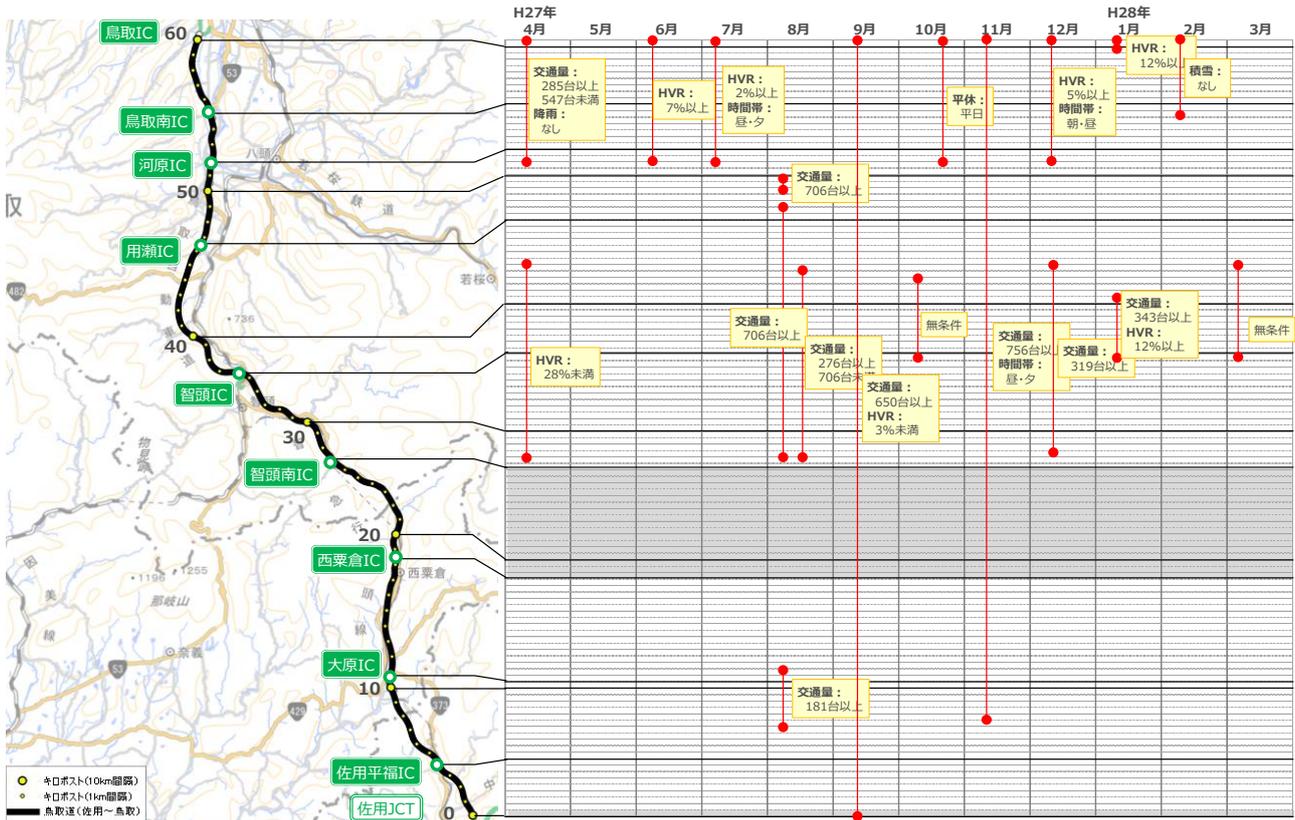


図 2 速度低下区間のまとめ(2015年4月～2016年3月, 上り線)

しかし、条件 1 を除外すると両月の決定木分析の結果には非常に顕著な速度低下を示すリーフが現れていた。地方の観光道路における繁忙期の顕著な速度低下は、その地方の観光産業に大きな影響を与える。そのため、繁忙期の速度分布に与える要因を考察するに当たっては条件 1 を除外することとした。本稿では代表して 5 月の決定木分析の結果を図 3 に示し、5 月や 9 月などの繁忙期の速度に与える要因を考察する。

リーフ 3~8 では交通量が 900~1000 と、平常時の交通量は 400 であるので、非常に大きな交通が発生していることがわかる。リーフ 20,21 はキロポストが 7.1km 以下で交通量が大きいとき、速度分布が上昇している。これらのリーフでは、車両が自由流で走行可能な状態だったと考えられる。このように決定木分析では、追い越し車線設置区間を検証するだけでなく、速度分布の偏りの影響の要因を明らかにすることができる。冬季の速度データを用いれば、積雪時の速度分布の偏りの要因も分析できると期待されたが、図 2 において積雪可能性のある 12~3 月の 4 か月間で、冬季のみに現れるような速度低下区間は得られなかった。

6. 結論と今後の課題

本研究では ETC2.0 より得られる瞬間走行速度が、従来の路側に設置されているトラフィックカウンターよりも、短い距離間隔で車両の速度を連続的に、かつ大量に取得できるという特性に着目して速度低下が顕著な区間の抽出を図った。提案手順により、鳥取自動車道の追い越し車線設置区間を特定できた。また、本研究では、複数の要因の組み合わせを議論できる決定木を用いたため速度低下区間の抽出と共に速度低下要因が明らかとなった。分析によって得られた速度低下条件を考察することにより、追い越し車線を設置する以外の料金施策や情報提供につながる可能性が示唆された。

今後の課題を以下にまとめる。決定木分析の結果、鳥取道の 52~60km の地点間のいずれかに追い越し車線を設けるべきことが明らかとなったが、他方で一般的な追い越し車線の長さは 1~1.5km である。今回の分析では、特定した 8km 内のどの区間に追い越し車線を設置すべきかを厳密に特定するには至らなかった。これは 2 分木の決定木を用いたことによる情報損失の可能性がある。今後の検討において、3 分岐以上を許容する決定木分析を行えば、より短い追い越し車線設置区間を特定できる可能性がある。また、決定木分析では、

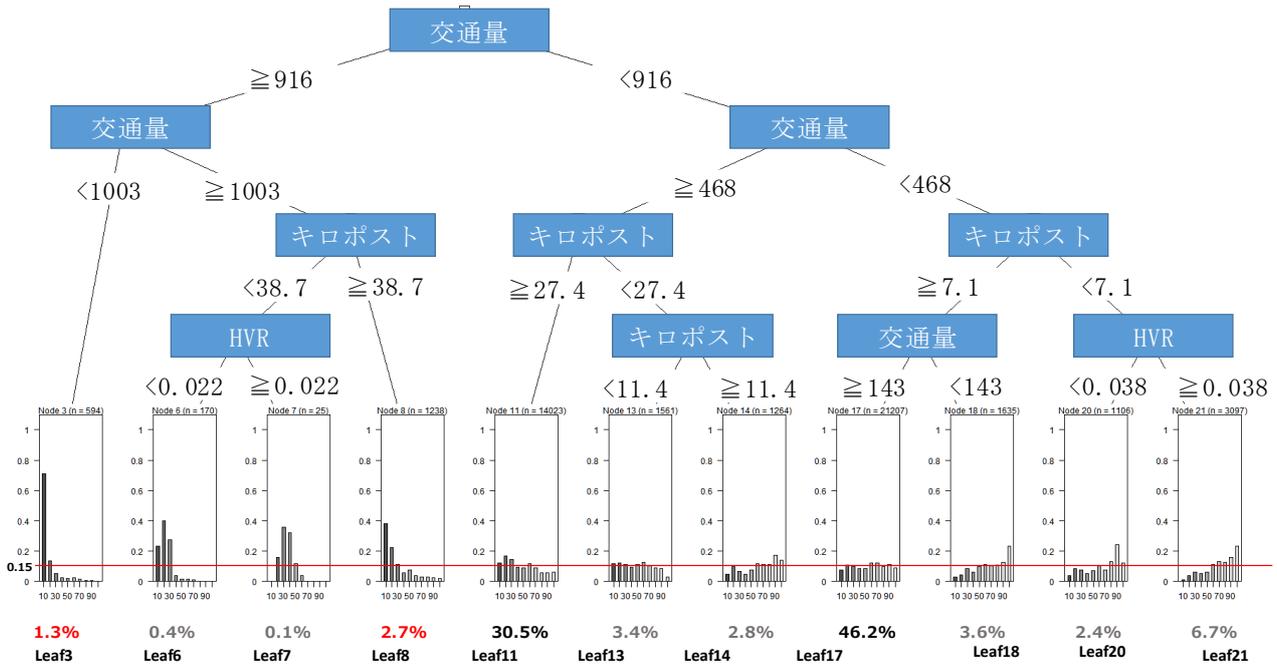


図 3 5月(繁忙期)の決定木分析の結果

リーフのサンプル数の下限や決定木の深さ、および分岐を生成する際の統計的有意水準などの、分析結果を左右する重要なパラメータが存在するが、それらの設定については統計的な根拠は存在しない。本分析の有用性を高めるには、試行錯誤によって、各パラメータの感度分析を行い、より安定な速度低下要因を求める必要がある。

参考文献

- 1) 国土交通省：幹線道路の整備, <http://www.mlit.go.jp/hakusyo/mlit/h26/hakusho/h27/html/n2611000.html>
- 2) Jian XING, 福島賢一, 川崎洋輔, 田中淳：高速道路サグ部における付加車線の効果的な設置方法の検討, 第 29 回交通工学研究発表会論文集, pp.121-124, 2009.
- 3) 末成浩嗣, 田中良寛, 橋本浩良, 高宮進：ETC2.0 プローブ情報から得られる経路データを利用した道路の利用特性把握, 第 53 回土木計画学研究発表会・講演集, pp.635-642, 2016.

(?)

RESEARCH ABOUT THE METHOD OF DETECTION SPEED DETERIORATION SECTION

Yuki YAMAMOTO, Makoto TSUKAI, Wataru YAMAMOTO, Tetsuo OYAMADA

An overtake-lane in Japan is often facilitated to pass by the low speed car on highway with two-lanes heading for opposite direction. However, the quantitative guideline to facilitate the lane is not given in the past case for additional lane facilitation. A low speed car on two-lanes for opposite heading highway has a great influence on the following cars. However, research on speed deterioration caused by low speed car is not yet studied so much. ETC2.0 system gives big data on real-time traffic trajectory and speed data recorded in every 200 meters interval. The purpose of this study is to identify the section needs to add an overtake-lane on two-lanes opposite heading highway by extracting speed deterioration section and other conditions by using ETC2.0 data. As the model to analyze the trip speed distribution, this study adopts decision tree analysis which can output the combination of several factors. Decision tree analysis can successfully give the speed deterioration with the cause factors of it.