

ETC2.0 プローブ情報を用いた 都市間高速道路における速度低下要因分析 ～東名高速大和地区を対象に～

Velocity Drop Trigger Analysis on Inter-City Expressways using ETC2.0 Probe Data:

A Case Study in Yamato Section of Tomei Expressway

増本 裕幸*

Hiroyuki MASUMOTO

*交通マネジメント工学講座 交通情報工学分野

1. はじめに

我が国では、高度経済成長期にモータリゼーションが進展し、慢性的な交通渋滞が全国各地で発生するようになった。この交通渋滞の影響は、社会的に見ても不利益な面が非常に多く、交通渋滞を解消する事自体に社会的意義が大きい事は明白である。それ故、1970年代後半からは、渋滞に関する多くの研究がなされてきた。しかし、これらの研究は車両検知器から得られるデータを用いたものが大多数で、空間的に粗なものとなっている。また、これらの研究を経て様々な対策を講じた現在でも、慢性的な渋滞はなお発生し続けている。

本研究では、主要渋滞箇所として指定されており、工事に伴う車線縮小で渋滞の更なる深刻化が想定される大和トンネル（以下、大和TN）を含む、東名高速道路の東名川崎IC～厚木IC（7.0KP～36.1KP）の全長29.1kmの区間を対象とする。分析には従来の車両検知器よりも空間的・時間的に密で、連続的な車両軌跡が追えるETC2.0プローブ情報を用いる。

現在の対策をより効果的なものにする為、対象区間の速度低下の箇所・時間帯・要因を明確にする。更に、速度低下を予測する為に、ベイジアンネットワークモデルを構築し、速度低下を引き起こしやすい条件の組み合わせと、その条件下での速度低下確率を把握する。

2. 対象区間の集計的データ分析

2013年1月～12月のエラー値除去後のETC2.0プローブ情報を用いて、対象区間における速度低下の箇所・時間帯を詳細に把握する。そこで、まずは従来よりも空間的・時間的解像度を高める形で、15分毎・100m毎の速度コンター図を作成した（図1）。但し、本稿では大和渋滞が慢性的な上り線を対象を絞って議論を行う事とする。

図1より読み取れる事項を以下に示す。

- ① 大和 TN と大和 BS を先頭とした速度低下が15:00～21:00 辺りに顕著であり、上流側にも減速波が伝播しているが、それ以外の時間帯では減速波の伝播は見られない（明確な発生起点は24.4KP）
- ② 厚木 IC 付近、及び海老名 SA 付近では時間帯によらず速度低下が顕著である
- ③ 上り坂の頂上付近で速度低下が顕著であり、逆に下り坂では速度上昇が生じている
- ④ 横浜町田 IC を代表として、分流後に一時速度が上昇する傾向が見られる。その速度上昇した車両が続いて合流地点に差し掛かり、合流地点において速度低下が顕著となっている可能性がある
- ⑤ 東京料金所（6.6KP）を先頭とした速度低下が5:30～9:30 と 23:00 台に発生し、23:00 台の速度低下は料金割引を受ける為に駐停車する車の影響である

3. 対象区間の速度低下要因分析

非渋滞時における速度低下に影響を与える要因と、その関係性を明らかにする為、0.01KP 毎の地点速度の年平均を目的変数として重回帰分析を行い、その結果を表1に示す。なお、説明変数はステップワイズ法で抽出した。

①より、その地点での勾配継続距離が最も速度低下に起因しており、上り勾配が長い程速度低下を誘発する可能性がある。

②④より、勾配の連続や蓄積によって速度低下しており、任意の地点に至るまでに経験した勾配が大きい、若しくは継続距離が長い程速度低下を誘発する可能性がある。また、その地点の勾配が大きい程速度低下を誘発する。

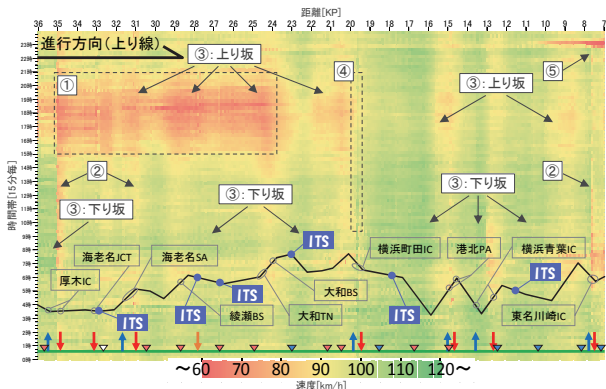


図1 【上】平均速度コンター図（全日）

表1 重回帰分析の結果

	B	標準化係数	t値	VIF	
(定数)	96.086	**	1138.849		
① 1つの勾配継続距離 [±km]	-1.977	**	-0.356	-21.800	1.709
② 上流2kmの Σ(勾配 [%] × 勾配継続距離 [km])	-0.615	**	-0.230	-13.908	1.747
③ 合流地点影響度	-17.348	**	-0.200	-9.241	3.000
④ 勾配 [%]	-0.375	**	-0.156	-8.664	2.066
⑤ 下り勾配サグダミー	2.852	**	0.095	7.475	1.037
⑥ ボトルネック影響範囲ダミー	-1.985	**	-0.114	-8.497	1.158
⑦ 合流可能範囲ダミー	-1.879	**	-0.091	-7.150	1.032
⑧ 分流可能範囲ダミー	-2.073	**	-0.109	-7.109	1.495
⑨ 分流後ダミー	1.120	**	0.061	4.789	1.031
⑩ 右カーブダミー	0.509	**	0.060	4.495	1.128
⑪ 車線数減少区間ダミー	3.164	**	0.055	3.806	1.333
⑫ 分流地点0.3km上流側範囲ダミー	0.689	*	0.039	2.574	1.474
⑬ 合流部視認可能範囲ダミー	1.333	*	0.046	2.275	2.643
R					0.740
Adjusted R-square					0.546
標準誤差					2.872
F値					270.359

**p<0.01 *p<0.05

⑨⑫より、分流地点前後で速度上昇の傾向がある事、③より合流地点までの距離が速度低下に影響している事、⑦⑧より、分合流地点が速度低下に影響している事が確認出来る。これらをまとめて言える事としては、分流地点前後で一時的に加速する車両が、合流地点での車線錯綜中の車群に到達する事で、合流地点において速度低下が引き起こされる可能性があるという事である。また、合流地点までの距離が近い程度速度低下を誘発する可能性も示唆された。

4. 大和地区の個車走行速度低下に関する確率分析

分析対象を、深刻なボトルネック区間となっている大和地区へと限定し、渋滞に至る予兆である自由流状態から速度低下を引き起こす条件の組み合わせと、速度低下に至る確率について、ベイジアンネットワークを用いて明らかにする。その際、上流側で観測可能な変数を用いて確率を求めることで、上流側において大和地点(大和 TN・BS)に到達する前の段階で対策を施すことが可能となる。

また、自由流状態からの速度低下を予測する為、ベイジアンネットワークモデルに学習させるデータは非渋滞時に限定し、尚且つ上流側(A地点:26.4KP)での速度が80~109[km/h]のものに限定している。

モデルの目的変数には、上流側から大和地点までの速度変化量を用い、変化量が-10[km/h]を超える場合に“速度低下”とする。説明変数は図2に示す通りに設定し、離散化を行った。特に、重回帰分析では組み込む事が出来なかった交通条件の要因も説明変数として設定した。ここで、構築したモデルの結果を図2に示す(本稿では条件付確率表は無記載)。

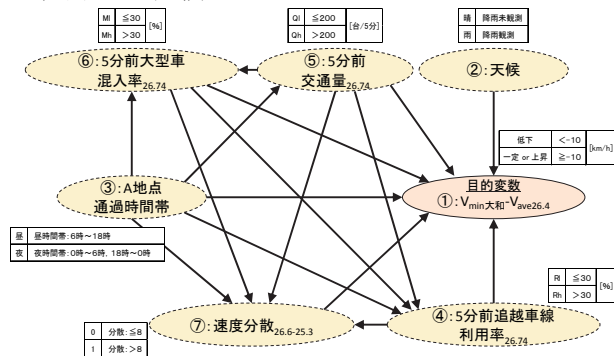


図2 ベイジアンネットワークモデル：有向グラフと離散化基準

図2より、②~⑦までの全ての変数が目的変数に影響を与え、③:A地点通過時間帯と⑤:5分前交通量_{26.74}が他の説明変数の親変数となり、影響を及ぼしている事が示された。また、モデルによって算出した条件付確率表と、それを用いた確率推論によって、速度低下を引き起こしやすい条件の組み合わせと、その速度低下確率を算出した。ここで、条件は次の様に表記する(変数名は略称)。

<天候, 時間帯, 追越車線利用率, 交通量, 大型車混入率, 速度分散> 条件が与えられていない場合は“-”

まず、最も速度低下を引き起こしやすい条件としては <晴, 昼, Rh, Qh, MI, 1> と <雨, 昼, Rh, Qh, MI, 1> の場合であった。更に、確率推論を行うと <- , 昼, Rh, Qh, -, 1> の場合にも大和地点で速度低下を引き起こしやすいことが示された。つまり、昼に追越車線利用率と交通量が高い状態で、個車の速度分散が高くなった時に、速度低下を引き起こしやすいという事である。単一条件では、速度分散が大きい際に速度低下する確率が0.470であり、全変数中で最も高い値となった。また、速度が平均速度に対して超過している場合も速度低下しやすいことも示された。

次に、非渋滞時において-10[km/h]の速度低下を引き起こした車両が、後続車群全体の速度低下に影響を与えるかどうかを検証を行った。その結果、速度低下した車両が通過した際には、通常車両が通過した際に比べて、5分後には2.23[km/h]、30分後には2.57[km/h]、60分後には3.24[km/h]の差があり、影響を与えている事が示された。

同時に、A地点から大和地点までの平均的な速度低下は-6.09[km/h]であり、25%タイル値では-13.79[km/h]であった。つまり、-10[km/h]の速度低下は出現頻度として低い事象である事も確認出来た。

最後に、構築したモデルの検証を行った。まず、正解率は0.740と比較的予測精度が高い結果となった。また、速度低下に関する適合率は0.762で、速度低下と予測した車両のうち、76.2%の車両が実際に速度低下を引き起こしていた。更に、速度低下に関する再現率が0.432で、実際に速度低下した車両のうち、43.2%は大和地区通過前に予測出来るという結果となった。

5. おわりに

本研究では、ETC2.0プローブ情報を用いて、東名高速道路大和地区における速度低下の箇所・時間帯を詳細に特定する事が出来た。この事で、対策を施すべき箇所が明確になり、従来の対策をより効果的なものにする事が出来る。また、非渋滞時の速度低下に影響を与える要因と、その関係性も明らかにする事が出来た。更に、上流側で観測可能な変数を用いて、非渋滞時の速度低下を予測できるベイジアンネットワークモデルを構築し、大和地点で速度低下を引き起こしやすい条件の組み合わせと、その時の確率を明らかにすることが出来た。

修士論文指導教員: 宇野伸宏准教授, Jan-Dirk Schmöcker 准教授, 中村俊之助教, 山崎浩気助教