

ベイジアンネットワークを用いた都市間高速道路における速度低下要因分析

京都大学大学院工学研究科 学生員 ○谷口 知己
 京都大学大学院工学研究科 正会員 塩見 康博
 京都大学経営管理大学院 正会員 宇野 伸宏
 京都大学大学院工学研究科 正会員 嶋本 寛

1. はじめに

従来、高速道路単路部ボトルネック（以下 BN）における交通渋滞はある一定以上の交通量が流入することによって発生するとされてきたが、渋滞を引き起こす交通量レベルは必ずしも一定ではなく広く分布するところが確認されている¹⁾。その要因として、車群の形成が走行速度変動、及び交通渋滞の発生に影響を与えることが考えられているが²³⁾、その定量的な因果関係については十分に把握されているとは言えない。

そこで本研究では、都市間高速道路において車両感知器により得られた個々の車両の走行データを用いた速度変動予測モデルを構築する。具体的には、非渋滞流を対象として、単路部ボトルネック直上流地点で観測される交通状況とボトルネック地点での速度変動の因果関係を記述したベイジアンネットワークを構築する。そのベイジアンネットワークに基づいて、速度低下に影響を与える要因について考察を行う。

2. 分析対象区間とデータ

本研究では、中国自動車道上り線 25.20kp~17.39kp 間において、車両感知器により取得された車両 1 台 1 台の断面通過時刻、車頭時間、走行速度、及び車長に関するデータを用いる。対象区間の概要を図 1 に示す。2010 年 3 月 16 日~23 日、4 月 20 日~30 日、5 月 1 日~18 日、7 月 15 日~31 日、9 月 1 日~14 日の計 99 日間のうち、事故・規制のない平日 30 日間の 9 時~19 時において観測された交通流データを用いる。また、図 2 に示す地点別の交通量-平均速度関係より、当該区間では主に 20.32kp の宝塚西トンネル付近より渋滞が発生していることが確認される。そこで 20.32kp をボトルネック（以下、BN とする）とみなし、その直上流の 20.90kp の交通状況と BN での速度変動との関係を分析する。

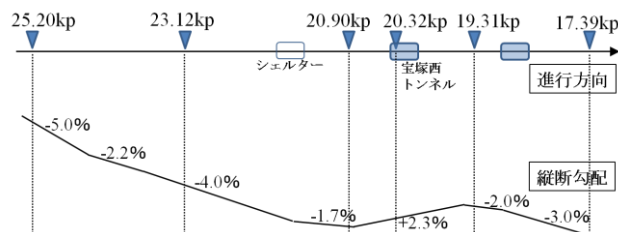


図 1 対象区間概略図

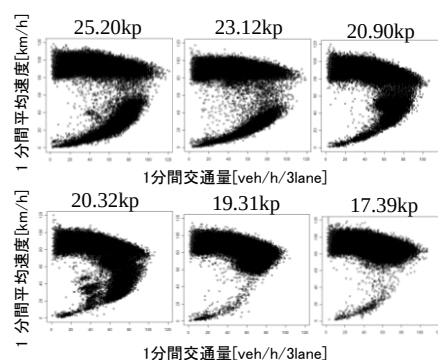


図 2 地点別 QV 関係

3. 分析方法

20.32kp における速度変動と 20.90kp で観測される交通状況に関連づけるにあたり、20.90kp 地点での観測データを 1 分間隔のタイムウィンドウに分割する。各タイムウィンドウにて観測される交通流に対し、その 1 分間平均速度 V と地点間距離 L に基づいて算出される時間 L/V だけシフトさせた 20.32kp 地点での 1 分間タイムウィンドウ内で観測される交通流が近似的に一致すると考えた。そこで、図 3 に示すように、20.90kp における隣接したタイムウィンドウ A, B と、それぞれに対応した 20.32kp でのタイムウィンドウを A', B' とした場合、B' における 1 分間平均速度と A' における 1 分間車両平均速度の差を速度変動量と定義する。その上で、速度変動量と B で観測された交通状況を対応づけることで、速度変動要因を分析する。なお、先行研究⁴⁾を踏まえ、平均車頭時間、車頭時間 2.0 秒以下の最大連続台数、車頭時間 4.0 秒以上の台数、隣接走行車線の平均車頭時間、大型車混入率を説明変数として考慮する。

キーワード 交通渋滞、ボトルネック、ベイジアンネットワーク

連絡先 〒615-8540 京都市西京区京都大学桂 C クラスター438 号室 交通情報工学研 TEL:075-383-3237

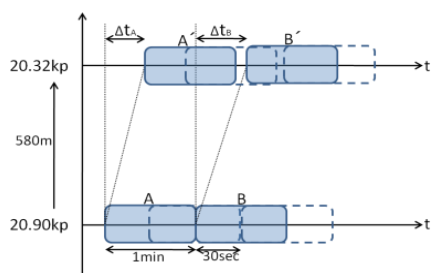


図3 データ分析方法の概要

4. ベイジアンネットワークによる要因分析

本研究ではベイジアンネットワークを用いて、上流の交通状況から(20.90kp)からBN地点(20.32kp)での速度変動を予測するモデルを構築し、その関係より速度低下に影響を与える要因について考察する。

(1) ベイジアンネットワークの構築

本研究で構築したベイジアンネットワークを図4に示す。各ノードの括弧内はその変数が観測された地点と車線を示している。なお、本ネットワークにおいて各変数は離散化して扱う。各変数のカテゴリ分類の定義は図4に記載の通りである。このネットワーク構造に観測データを学習させることにより速度予測モデルを構築する。

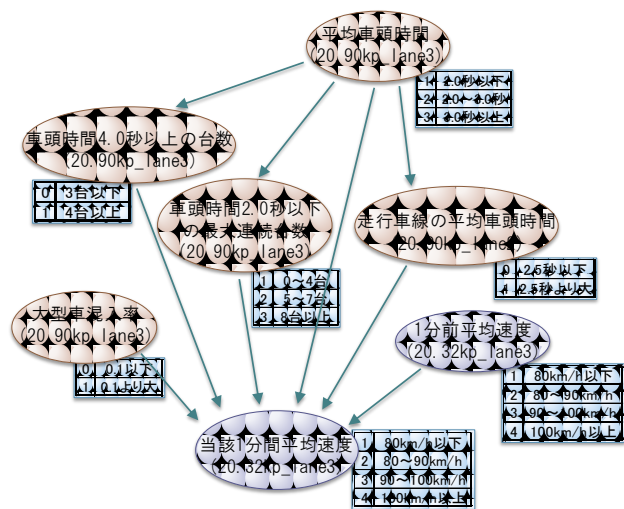


図4 ベイジアンネットワークモデル

(2) 速度低下要因の考察

速度低下要因を分析するため、ベイジアンネットワークに基づく確率推論を行った。これは観測結果を証拠状態として設定し、それ以外の変数の事後確率分布を計算することにより各変数の評価を行う手法である。図4のモデルに関して確率推論を行った結果を表1に示す。1列目は平均車頭時間が2.0秒以下で、BNにて速度が80～90km/hから80km/h以下へ低下した場合、2列目は平均車頭時間が2.0秒以下で、BNで速度が90～100km/hから80km/h以下へ低下した場合に各変数がそれぞれの

Stateに属する確率を記したものである。いずれの場合でも、「大型車混入率」はレベル1(0.1以上)、「車頭時間2.0秒以下の最大連続台数」はレベル2(5～7台連続)、レベル3(8台以上連続)、「車頭時間4.0秒以上の台数」はレベル0(3台以下)、「走行車線の平均車頭時間」はレベル0(2.5秒以下)である確率が高いことが読み取れる。

これより、速度低下が生じる際には、従来指摘されていた通り、比較的大きい車群が形成されていると共に、大型車の混入や隣接車線の交通量なども影響する可能性が示唆される。

表1 確率推論の結果

name	state	value	value
大型車混入率	0	0.349	0.294
	1	0.651	0.706
車頭時間2.0秒以下の最大連続台数	1	0.021	0.054
	2	0.154	0.200
	3	0.825	0.746
車頭時間4.0秒の台数	0	0.898	0.891
	1	0.102	0.109
走行車線の平均車頭時間	0	0.847	0.813
	1	0.153	0.187

5. まとめと今後の課題

本稿では、パルスデータを用いた分析から得た知見に基づいて、BN上流地点の交通状況とBN地点での速度変動の因果関係を表現するベイジアンネットワークを構築した。さらに構築したベイジアンネットワークに基づく確率推論を通して、速度低下が発生する際には、車頭時間2秒以下の大きい車群が形成されている可能性が高いこと、減速波を吸収すると考えられる大きい車頭時間で走行する車両の存在割合が極めて少ないことが示された。

今後は、より詳細にベイジアンネットワークの構造について検討し、予測精度を高めるための改善を行っていく必要がある。

謝辞

本研究を進めるに当たり、住友電気工業(株)、西日本高速道路(株)には多大なご支援を賜ると共に、貴重なデータを提供いただいた。ここに記して謝意を表します。

参考文献

- 岡村, 渡辺, 泉: 高速道路単路部の交通容量に関する調査研究(下)高速道路と自動車, Vol.44No.3, pp.30-40, 2001.
- 越: 高速道路のボトルネック容量, 土木学会論文集, 第371号/IV-5, pp.1-7, 1986.
- 石田, 邢, 鶴, 村松: 渋滞を引き起こす交通流の車群特性分析, 第42回土木計画学研究発表会・講演集 CD-ROM, 2010.
- 谷口, 塩見, 宇野, 嶋本: 車両感知器パルスデータを用いた高速道路単路部ボトルネックにおける速度変動要因の分析, 平成23年度土木学会関西支部年次学術講演会概要集 CD-ROM (掲載予定), 2011.