

都市高速道路における臨界速度の自動設定法の開発とボトルネック容量分析への適用

Development of a Method for Automatically Setting Critical Speeds and an Analysis of Bottleneck Capacities of an Urban Expressway Network

赤羽研究室 0624068 岡野 慎也

0724283 細野 薫

1. はじめに

都市高速道路における交通集中による定常的な渋滞に関しては、統計的な手法等により旅行時間が一定精度で予測され、利用者にも提供されつつある。一方、交通事故や工事規制等による突発渋滞に関しては、統計的手法による予測が困難であるため、利用者の時間損失の増大や、旅行時間の信頼性低下の主要因となっている。

近年、突発渋滞発生時に、利用者への適切な経路誘導等を実施し、時間損失等を最小にするため、交通状況をシミュレーションにより短期予測する手法が開発されつつある。その際には、突発渋滞の先頭における交通処理能力(交通容量)は車両感知器で実測せざるを得ない。一方で、その他の隘路(ボトルネック)における交通容量も、このシミュレーションの精度に関わる重要なパラメータであり、交通集中による渋滞発生状況に基づいてあらかじめ設定される必要がある。また、ボトルネック箇所やその交通容量は、諸要因により短期的および中期的にも変動することが知られている。しかし、たとえば首都高速道路における車両感知器設置数は3005にもものぼるため、人手によるボトルネック容量の設定および更新は困難である。

本研究では、車両感知器データに基づき、ボトルネックを自動検出し、かつ曜日、降水の有無、昼夜別にボトルネック容量を自動設定および更新する手法を開発した。

2. 使用データ

本研究では、首都高速道路の交通管制システムにより収集される車両感知器データのうち、地点5分間の交通量および速度データを使用する。これは、同一断面に設置された複数の感知器によるデータを道路横断方向に集計したものである。データの収集期間は、平成22年1月1日(金)~2月24日(水)である。

3. 渋滞判定方法

図-1の上図に示すように、横軸に走行速度、縦軸に交通量をとった散布図は、ボトルネックよりも上流区間においては、一般に非渋滞流と渋滞流の境界である臨界状態が観測されないため、ハの字型を示すことが知られている。

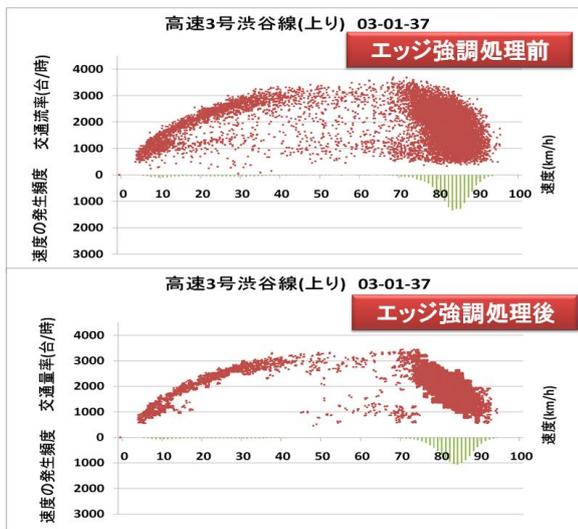


図-1 エッジ強調処理の効果例

本研究では、この散布図において、速度区分毎に交通量の発生頻度を集計し、その最大値の30%以下の速度区分に属する観測データを削除した。これは、画像処理におけるエッジ強調処理に相当する。図-1の下図に、同処理の効果例を示す。エッジ強調処理前と同処理後とを比較すると、低密度の分布領域が消え、高密度領域のみが強調されていることが分かる。

Kittler法とは、対象領域の濃淡値と背景の濃淡値がともに正規分布に従うとの仮定のもとで、平均誤識別率に関する基準を最小とするような閾値選定法であり、本研究では濃淡値を速度に置き換えて適用した。既存研究¹⁾では、同じ画像処理手法の一つである大津法を適用している。この方法では、ある閾値で非渋滞流のクラスと渋滞流のクラスとに分け、それぞれのクラス内分散を最小にし、クラス間分散を最大にするような閾値を求めると。

例として、高速3号渋谷線下り線におけるボトルネックの検出を行った。前述のようにボトルネックよりも上流の地点では一般に非渋滞流と渋滞流の境界である臨界状態が観測されないため、ハの字型を成すことが知られている。またボトルネック付近では、渋滞の発生頻度が少なくなり、臨界速度での交通容量の変動によって生じるCapacity Ballが出現する²⁾。ボトルネックよりも下流の地点では、さらにその下流のボトルネックによる渋滞の影響が及ばなければ、ほとんど渋滞は観測されず、非渋滞流の分布のみが現れる。このように交通特性の異なるそれぞれの箇所において、今回の閾値選定法を適用した。

図-3は、ボトルネック下流地点である図-2の地点Cに大津法を適用した例である。渋滞領域の分布が疎で、非渋滞領域のみの単峰性に近い分布のため、同法の単独適用では閾値が非渋滞流側に偏って設定されてしまう。エッジ強調処理と組み合わせた場合には、渋滞領域の分布がさらに疎となるため、非渋滞領域の中心部に閾値が設定されてしまう。

図-4の上図は、Kittler法を単独適用した例である。この例では、大津法の単独適用により、僅かではあるが、渋滞側のより適切な位置に閾値が設定されているが、非渋滞側の分布に引き寄せられている状況に本質的な差は見られない。同図下図には、エッジ強調処理を併用した場合を示す。渋滞および非渋滞の各領域の中央付近のかなり適切な位置に閾値が設定できている。

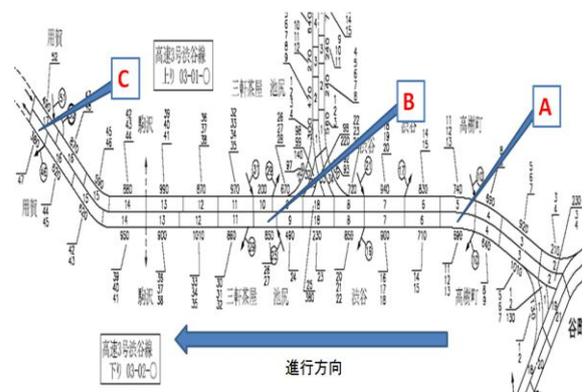


図-2 高速3号渋谷線全体図

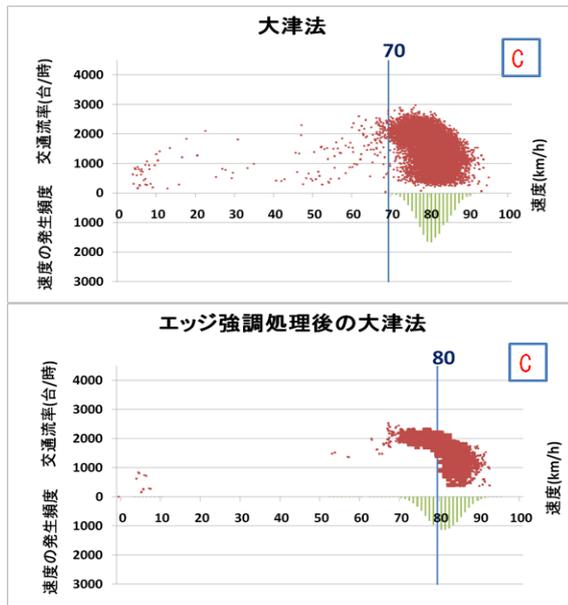


図-3 ボトルネック下流における大津法の適用例

図-5および図-6には、ボトルネック上流地点Aおよびボトルネック近傍地点Bに Kittler 法を適用した場合の、それぞれエッジ強調処理前と処理後の状況を示す。地点Aでは、エッジ強調処理前より後の閾値が、非渋滞流側と渋滞流のそれぞれの分布の中央より近い位置に設定されている。Kittler 法の二つの分布の頻度格差の影響を受け難い特徴を、エッジ処理がさらに改善していることが分かる。

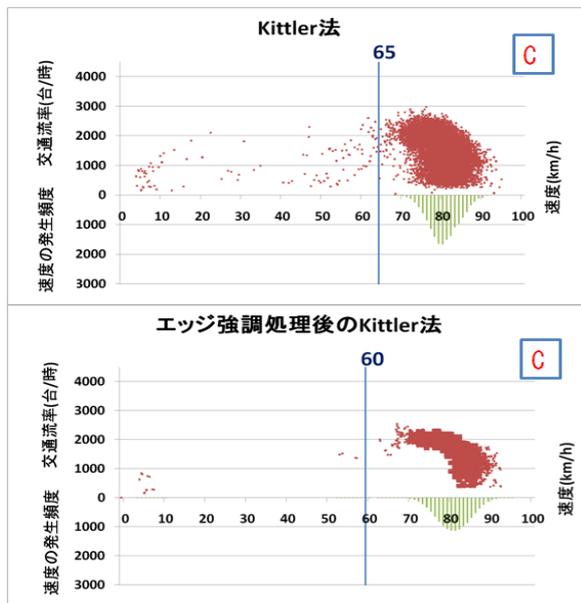


図-4 ボトルネック下流における Kittler 法の適用例

ボトルネック近傍の地点Bへの適用結果は、図-6の上図のエッジ強調処理前では、渋滞流の分布域に偏った設定となった。これに対してエッジ強調処理後の図-6の下図では、臨界状態と非渋滞状態の境界に閾値が適切に設定されている。図-7では、図-6の下図の閾値を越えるサンプルを除去して、再度本閾値設定法を適用し、臨界状態と渋滞状態を識別できる閾値の設定を行っている。それに加え、新たに設定した閾値を下回るサンプルを除去し、臨界状態のみの分布を抽出している。さらに、臨界状態のみの分布から交通量の平均をとることで、ボトルネック容量を設定することが可能である。

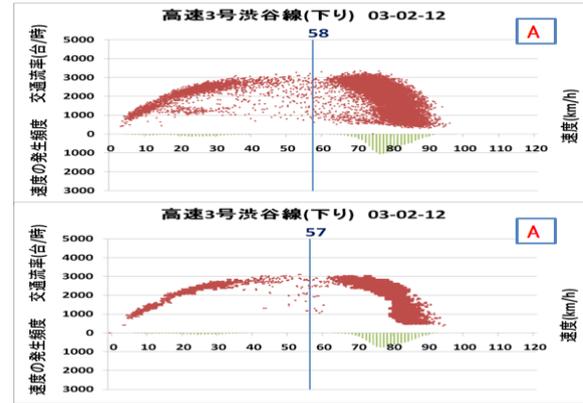


図-5 ボトルネック上流における Kittler 法の適用例

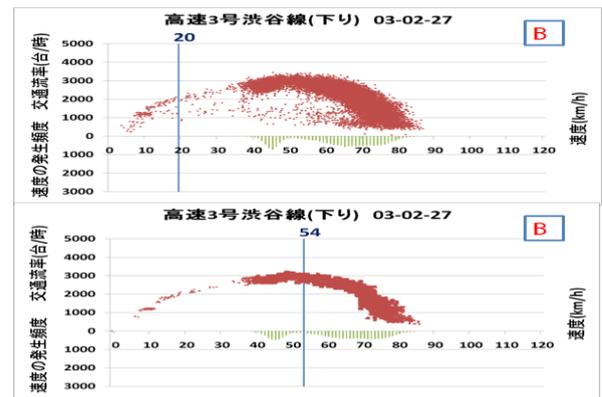


図-6 ボトルネック近傍における Kittler 法の適用例

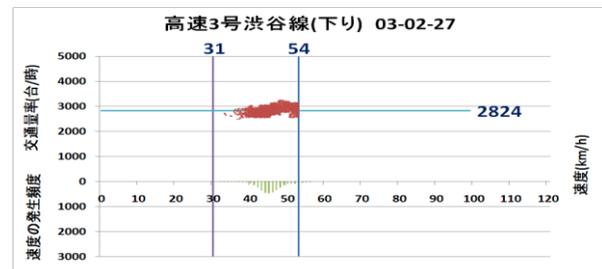


図-7 臨界状態の抽出とボトルネック容量の設定例

4. まとめと今後の課題

大津法に比べ、エッジ強調処理を施した Kittler 法を適用した方が、臨界状態に近い箇所に閾値を設定できた。また、Kittler 法を用いると速度の頻度分布の谷に閾値が設定されるようになり、非渋滞流と臨界状態という異なる状態の変化点が閾値として得られることがわかった。本研究では、さらにこの特徴を利用して、閾値よりも渋滞側のデータのみを用いてエッジ強調処理を施した Kittler 法を適用することにより、臨界状態と渋滞流の閾値も得られることを確認した。これによって抽出した臨界状態データから、ボトルネック容量を設定することができた。

今後の課題としては、調査対象区域及び期間を拡大し、より多くのデータを基に、より信頼性の高い検証結果が得られるようにしたい。

参考文献

- 1) 赤羽弘和、越正毅：「渋滞検出閾値のオンライン設定法」、土木学会第 42 回年次学術講演会概要集、第四部門、pp.70-71、1987.
- 2) 割田博、赤羽弘和、船岡直樹、岡村寛明、森田緯之：首都高速道路におけるキャパシティボールの抽出とその特性分析