

# 事故発生状況分析に向けた勾配を考慮した交通状態推定手法の構築

Traffic state estimator to analysis of traffic accidents considering the road grade

藤井 大地\*

Daichi FUJII

\*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

高速道路上での交通事故は社会的損失が大きいものであるといえるが、日本では高速道路上で発生する交通事故に関して、死者数は減少傾向にあるものの、発生件数自体は減少しているとは言えず、社会に与える影響を考えると、事故発生件数自体が減少することが望ましいといえる。

様々な交通事故の発生要因に関する研究が行われてきた。大口ら<sup>[1]</sup>は高速道路の単路部では順に、臨界領域、渋滞流領域における事故率が高いことを示した。三浦<sup>[2]</sup>らは個別車両の情報が取得可能なパルスデータを用い、事故発生直前の交通流を分析しており、サグ部で発生する減速波が追突事故の原因となっていることを示した。

このように事故発生状況分析は行われているが、交通状態の観測地点と事故発生地点のズレや、交通状態データの集計間隔によって、正確に事故発生時の交通状態が把握できていないと言え難い。そのため、本研究では、追突事故に着目し、影響要因の一つである勾配を考慮した交通状態推定手法を構築し、その事故発生状況分析への有用性を考察する。

## 2. フィードバック型交通状態推定手法

本研究では、フィードバック法である拡張カルマン・フィルタとブロック密度法を組み合わせることでフィードバック型交通状態推定手法を構築する。その概要を図-1に示す。ブロックごとに勾配を設定し、KV関係の形を変化させること、ブロック長を以下の式で表すように設定することによって勾配の影響を考慮する。つまり、各ブロックで決定される自由流走行速度の中で最速の値を用いてブロック長を決定する。

$$dL = \max_{1 \leq i \leq N} (V_{fi} * dt) \tag{1}$$

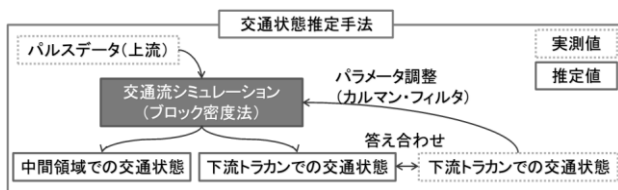


図-1 交通状態推定手法の概要

カルマン・フィルタは次のように定式化される。

$$x_{t+1} = A_t x_t + B_t u_t + w_t \tag{2}$$

$$y_t = H x_t + v_t \tag{3}$$

$$\hat{x}_t = \bar{x}_t + K_G (y_t - H \bar{x}_t) \tag{4}$$

式(2)は状態変数の漸化式であり、式(3)は観測方程式と呼ばれ、観測値と状態変数の関係を表したものである。式(4)は式(2)によって推定された $\bar{x}_t$ に観測値 $y_t$ と推定された観測値 $H \bar{x}_t$ との差にカルマン・ゲイン $K_G$ を乗じたものを足すことによってカルマン・フィルタによる最終的な推定値は算出されることを示している。カルマン・ゲイン $K_G$ は推定値と真値との誤差を最小化するように決める。カルマン・フィルタを交通流モデルと組み合わせると以下のように概要が示される。

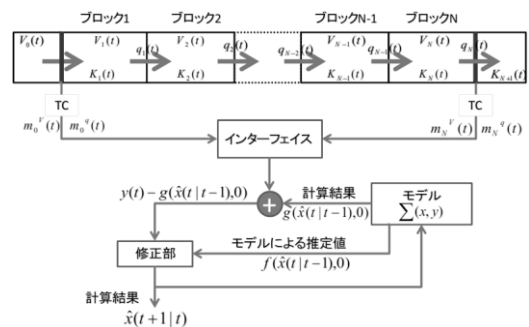


図-2 交通状態推定手法の計算スキーム

交通流モデルにおいて、状態変数はパラメータを含む観測されない状態変数と観測された境界条件をインプット $u(t)$ とすることができる。この時、以下のように状態空間方程式が設定される。

$$x(t+1) = f[x(t), u(t), \xi(t)] \tag{5}$$

インプット変数 $u$ と観測変数 $y$ の分け方で以下の計算スキームに分けられ、本研究では、最上流への流入量も推定値とする。

セル内の変数は交通密度 $K_i$ 、空間平均速度 $V_i$ であり、境界条件は最上流への流入量 $q_0$ 、最上流の速度 $V_1$ と最下流からの $q_{N+1}$ 、流出量最下流の速度 $V_N$ である。観測変数は $m_N^q, m_N^V, m_0^V, m_0^q$ とし、それぞれ最下流の流出量、最下流の走行速度、最上流の走行速度、最上流への流入量を示している。

計算スキーム インプット変数なし、勾配影響を表すパラメータも調整

$$x = [K_1, V_1, \dots, K_N, V_N, q_0, V_f, K_c, \alpha, \beta]$$

$$y = [m_N^q, m_N^V, m_0^V]$$

最上流への流入量は以下の式で漸化式を与える。

$$q_0(t+1) = q_0(t) + \xi_0^q(t) \quad (6)$$

### 3. モデルパラメータの道路線形による影響分析

この章では、自由流走行速度やKV直線の傾きが道路線形に影響を受けるかどうか分析する。用いているデータは名神高速道路西宮～八日市、京滋バイパス全線の3年間の車両感知器データである。全72地点の車両感知器について、自由流走行速度とKVの傾きを自由流のKV関係より直線回帰を行うことより決定したが、交通量の少ない地点では、KVの傾きが正値をとるため、これらの地点のデータは次の影響分析には用いないこととする。

このように決定された各地点の自由流走行速度、KV直線の傾きをそれらの地点の勾配、有効曲率、分合流までの距離を説明変数に重回帰分析を行った結果を表-1、表-2に示す。この結果より、道路勾配の影響を加味することとする。

表-1 自由流走行速度の重回帰分析結果

モデル概要・分散分析				
R2乗値	0.154			
修正済みR2乗	0.129			
F値	6.118			
有意確率	0.004			***

係数				
	係数	標準誤差	t値	有意確率
(定数項)	92.91	1.078	86.220	< 2e-16 ***
勾配	-88.19	39.23	-2.248	0.028 **
分合流までの距離	0.001816	0.0006309	2.878	0.005 ***

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.01 '\*\*' 0.05 '\*' 0.1 '.' 1

表-2 回帰直線の傾きの重回帰分析結果

モデル概要・分散分析				
R2乗値	0.155			
修正済みR2乗	0.130			
F値	6.141			
有意確率	0.004			***

係数				
	係数	標準誤差	t値	有意確率
(定数項)	-819.5	77.48	-10.576	0.000 ***
有効曲率	308500	98950	3.118	0.003 ***
分合流までの距離	-0.05732	0.03921	-1.462	0.148

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.01 '\*\*' 0.05 '\*' 0.1 '.' 1

### 4. 事故発生状況分析への適用の検証

事故発生時の速度・密度のコンター図を作成することで、5分集計車両感知器より空間的・時間的に細かい交通状態を把握することが可能であることを示した。

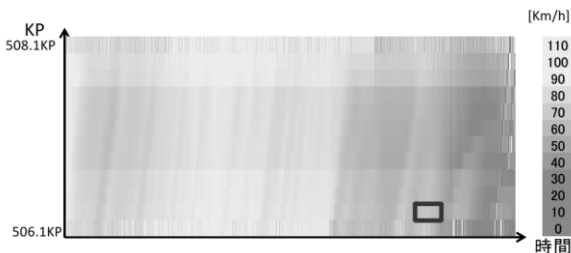


図-3 交通状態推定手法による速度コンター図



図-4 5分集計データによる速度コンター図

図-3より事故が発生後に交通渋滞が発生している様子が見られるが、図-4より事故と渋滞の時間的な前後関係が把握できない。このことより、より細かい事故発生状況の把握が可能であり、事故発生状況分析に有用であることが分かる。

さらに事故発生前後における交通状態パラメータの変動を把握した。その結果、自由流走行速度、KVの傾き、勾配影響パラメータにおいては事故発生前後においてパラメータの変化が大きく表れる事が分かった。

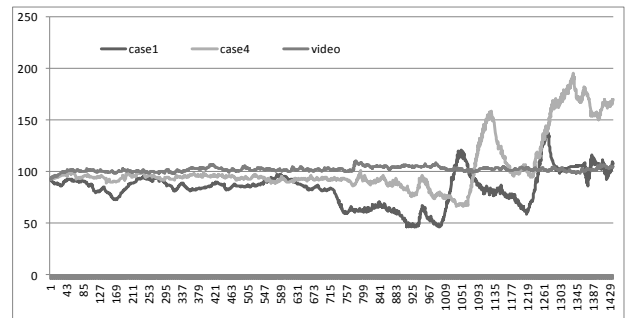


図-5 事故発生前後の自由流走行速度の変化

### 5. おわりに

本研究では道路勾配を考慮した交通状態推定手法の構築を行い、その事故発生状況分析への適用性について考察を行った。その結果、扱った事故件数が少なかったため、定量的には示すことはできなかったが、追突事故分析、インシデント検知への有用性は示された。

#### 参考文献

- [1]大口敬, 赤羽弘和, 山田芳嗣: 高速道路交通流の臨界領域における事故率の検討, 高速道路と自動車, Vol.47 No.5, pp.49-52, 2005.
- [2] 三浦久, 洪性俊, 桑原雅夫, 割田博, 後藤秀典, 高田潤一郎, 川崎洋輔, 田中伸治, 首都高速道路における追突事故リスク予測に関するミクロ的分析, 2010, 第9回 ITS シンポジウム 348-353

#### 修士論文指導教員

宇野伸宏准教授, 嶋本寛講師, 中村俊之助教, 山崎浩気助教