

ファジィ推論による高速道路における事故検知法の有効性

信州大学工学部 正会員 奥谷 巖
信州大学大学院 学生員 ○原田 正隆

1. はじめに

高速道路で交通事故などの車線閉塞を伴う突発事象が発生すると、交通容量が減少し、交通渋滞を引き起こす。こうした交通渋滞の解消や拡大防止のためには、事故の発生を迅速かつ正確に検知し、適切な交通管制を行う必要がある。

そこで本研究では、高速道路における適当な間隔ごとの車両感知器の設置を前提とし、事故発生地点の上下流側それぞれの感知器で計測される交通変量（交通量、オキュパンシ、平均速度）の変動から、事故を出来るだけ早く正確に検知することを目的とする。その方法としてファジィ推論を用いた手法を提案し、有効性の検討を行う。なお交通変量のデータは、車両一台一台の動きを区別してモデル化した交通流シミュレーションにより得ることとする。

2. 事故発生後の交通現象

事故発生などにより道路上に陥路が生じた場合、事故発生地点の前後で特徴的な交通現象が現れる。この現象は、次のような交通流の衝撃波理論により解析されている。¹⁾

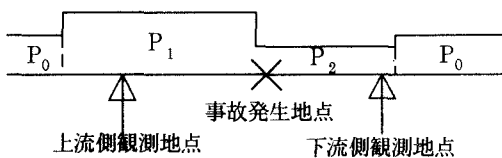


図1 事故発生後の交通状態の推移

まず、事故発生前の交通状態を、一様な状態 P_0 と仮定する。ここである地点で事故が発生し、陥路が生じた場合を考える。すると事故発生地点を境に、上下流側それぞれに事故発生前と異なる新しい定常状態 P_1 （密な状態）、 P_2 （疎な状態）が生じる。この新しい状態 P_1 , P_2 は、衝撃波となって時間の経過とともにそれぞれ上下流側へ拡大していき、やがて事故発生地点をはさむ二つの観測地点（感知器設置地点）に到達する（図1参照）。

ところでこの衝撃波の到達により、感知器で計測される交通量、オキュパンシ、速度といった交通変量は、大きな変動をとることになる。つまり衝撃波到達の前後で、観測される交通変量の値に差が生じるわけで、このことを利用して事故検知の判定を行うおうというのが、基本的な考え方である。

3. 事故検知問題へのファジィ推論の適用²⁾

ファジィ推論は、多少あいまいな事実とルールから、命題の正しさの度合いを 0（偽）から 1（真）の間の値（適合度）で表すという論法である。本問題においては、例えば上流側の感知器で計測される速度に着目すれば、「速度が時速約 50km である」といった事実と、「速度が時速約 30km 以下ならばそれは事故の影響である」といったルールから、適合度を求めるファジィ推論が可能である。その他の交通変量や、下流側の交通変量を用いた場合も、同様なファジィ推論が可能である。この他に、交通変量の変化量（前の時点との差）に着目したルールも設定し、精度の向上を図った。

なお交通変量の値は、一定の時間長の観測により得られるものであり、迅速な事故検知のために 10 秒単位の観測値を利用して、10 秒ごとの時間間隔で刻々と検知の判定を行っていくものとする。

以下、推論の過程を、上流側観測地点におけるオキュパンシ x_1 と、速度 x_2 を用いる場合を例にしながら、具体的に説明する。

(i) 前件部について

事故が発生している場合に交通変量 x_k がとる値についてのメンバーシップ関数 $\mu_k(x_k)$ （図2の

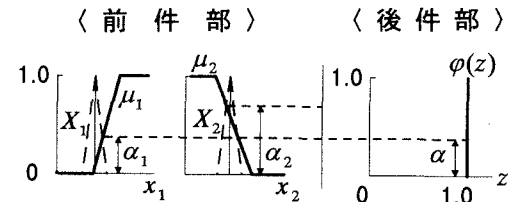


図2 ファジィルールの一例と推論過程

太線に対応)を、シミュレーションによって集められたデータを用いて同定する。

(ii) 後件部について

事故の有無を表す変数を z としたとき、

$$z = \begin{cases} 0 : \text{事故なし} \\ 1 : \text{事故あり} \end{cases} \quad (1)$$

のように定義する。これらをそれぞれ1点からなるクリスプ集合と解釈すれば、事故ありの場合の定義関数 $\varphi(z)$ は、

$$\varphi(z) = \begin{cases} 1 : z = 1 \\ 0 : z \neq 1 \end{cases} \quad (2)$$

となり、推論ルールが確定する。

(iii) 観測値の入力方法

事故検知を行うためには、新たな交通状態に対するシミュレーションを行いながら、10秒ごとに観測値のファジィ数値化情報 $X_k(x_k)$ (図2の破線で示した三角形に対応)を入力し、その時点での事故検知の判定を刻々と行っていく。

(iv) 適合度の求め方と判定

max-min 合成法により、適合度を α を求める。すなわち、

$$\alpha = \min_k \left[\max_{x_k} \{X_k(x_k) \wedge \mu_k(x_k)\} \right] \wedge \phi(z) \quad (3)$$

である。図2の例の場合、(3)式の中の、

$$\left[\max_{x_k} \{X_k(x_k) \wedge \mu_k(x_k)\} \right] \quad (4)$$

は α_k で、 $\alpha_2 > \alpha_1$ であるから、 $\alpha = \alpha_1$ となる。

この α が、閾値 δ に対して初めて $\alpha \geq \delta$ となったとき、事故を検知したと判定する。

4. ファジィ推論による推定結果

こうしたファジィ推論による事故検知の有効性を検討するために、シミュレーション上で様々な条件のもとで事故を発生させ、事故検知を行った。

使用したシミュレーションモデルは、片側2車線の高速道路で、途中に車の出入りはなく、また事故発生は1車線のみが閉塞となる状態を想定している。

与えた条件は、発生交通量を2車線合計で、3600, 3000, 2400, 1800, 1600(台/時)の5ケース、事故発生地点を、0.2km, 0.8kmの2ケースを考えた。車両感知器は、1km間隔で設置する(図3参照)。

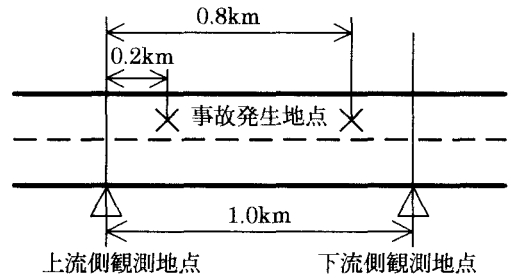


図3 事故検知対象区間

表1に推定結果(事故検知所要時間)を示す。ここでは変量として、上流側の速度を用いた場合と、上流側の速度の変化量(1時点前との差)を用いた場合の2通りについてのみ示す。結果から、上流側のデータを用いた場合は、誤検知(事故を発生させる前の時点で、事故を検知したと判定してしまうこと)はしていないことが分かる。交通量が少なくなると検知に時間がかかるのは、衝撃波の到達に時間がかかるためで、当然のことである。また、変化量を用いた方が、より迅速な検知をしていることが分かる。

表1 ファジィ推論による推定結果

変量	上流側速度		上流側速度の変化量	
Q \ J	0.2	0.8	0.2	0.8
3600	90	250	40	190
3000	90	260	50	200
2400	120	400	50	290
1800	230	620	140	480
1600	420	1010	180	800

※数字は事故発生後、検知するまでの所要時間(秒)

Q: 発生交通量(台/時)

J: 事故発生地点(上流側観測地点からの距離; km)

5. おわりに

GLR法や、ニューラルネットワークを用いた方法と比較した、ファジィ推論の有効性の評価など結果の詳細は、講演時に発表する。

《参考文献》

- 1) I.Okutani and N.Inoue: Estimation of Traveling Time between Ramps and Discharge Control on Expressway, Proc. of JSCE, No.211, March 1973.
- 2) 奥谷 巖, 真鍋 昌彦: ファジィ推論による事故の自動検知, 平成5年度土木学会中部支部研究発表会講演概要集IV-9, pp445-446, 1994