

## 高速道路における事故検知の迅速化

信州大学工学部 正会員 奥谷 巖  
 信州大学大学院 ○菅沼 信彦  
 信州大学工学部 柴田 俊

### 1. はじめに

高速道路は出入口が制限されているため、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、深刻な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、交通を管制するために必要な事故による渋滞の発生を、道路に設置された感知器から得られる交通変量の変動から出来るだけ早く正確に検知する方法について検討する。

対象とする高速道路には適当な間隔ごとに車両感知器が設置されているものとし、したがって必要な交通変量は事故発生地点の上下流側それぞれで計測されているものとする。交通変量の変動から事故を検知する手法として、本研究では新たに下流側の交通変量を用いたファジィ推論を行った。この結果と既往の手法である一般化尤度比検定法(GLR法)、ニューラルネットワークを用いた方法(NN法)、従来我々が行っていたファジィ推論の各手法を比較検討し、迅速性の検討を行う。

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隘路が生じた場合、事故発生地点から交通流の衝撃波が上下流に伝播していく。この衝撃波が上下流側それぞれの感知器へ達すると、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変化が生じるので、この現象を利用して事故検知の判定を行おうというのが、基本的な考え方である。

### 3. ファジィ推論の適用

ここでは2つの交通変量を用いた場合におけるファジィ推論の過程を説明する。

まず事故が発生している場合の交通変量 $x_k$ を用いてメンバーシップ関数 $\mu_k(x_k)$ を同定する。入力ファジィ数化した観測値 $X_k(x_k)$ (図1の波線の三角形)を用いる。

ここでmax-min合成法を用い適合度 $\alpha$ を求める。すなわち、

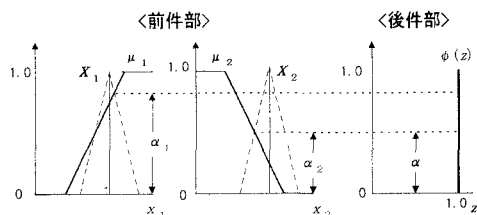


図1. ファジィルールの一例と推論過程

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

である。

この $\alpha$ がある閾値 $\delta$ 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。

従来我々が行ってきたファジィ推論による方法は、主に変化量大きい上流側感知器から得られる変量を用いたものであった。しかし上流側の変量を用いた場合、一般的に衝撃波の伝播に時間がかかり、また、事故地点が上流側感知器から遠い場合や、交通量が少ない場合などは、衝撃波が上流側感知器まで伝わらない場合が発生する。

そこで本研究では、確実にかつ早く衝撃波が伝わる下流側の感知器から得られた情報を用いて検知することを試みた。例として、下流側で得られたオキュパンシのデータのグラフを示す。(図2)下流側の変動を見ると衝撃波が伝わる前後で発生交通量に関わらずデータのばらつき具合が大きく変化していることがわかる。そこでばらつき具合を表す変量である分散値を求め、グラフ化したところ明確に変化が現れている。(図3)

この点から新しく、「M時点分の分散値が、ある値を連続N回下回ったら事故の影響である。」(FR1)というファジィルールを設定し事故検知を行う。

### 4. 各手法の比較検討

この事故検知の有用性を検討するために様々な条件を与えてシミュレーションを行った。

テストで使用したシミュレーションモデルでは、感知器が1km間隔で設置されている片側2車線の高速道路を想定しており、事故の発生は、1車線を閉塞する事によって再現している。また、変量は迅速な事故検知のために10秒単位で計測される観測値を利用して、逐一事故検知の判定を行っ

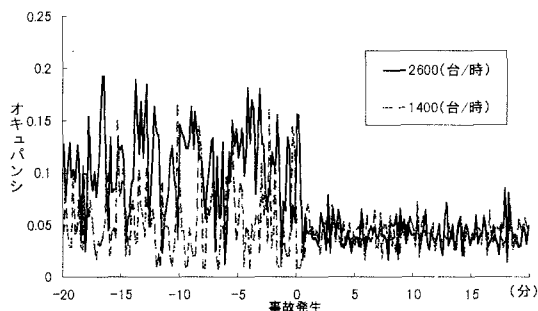


図2. オキュパンシの変化

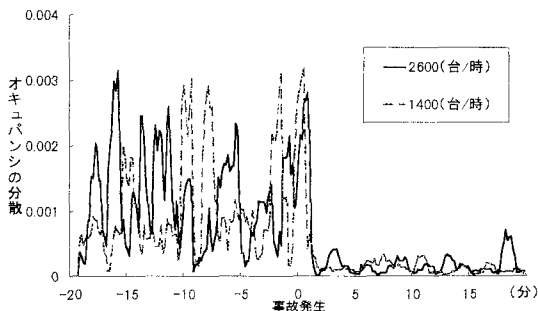


図3. オキュパンシの分散

表1: FR1による結果

| M    | 3 |    |    | 6  |    |    | 9  |    |    |
|------|---|----|----|----|----|----|----|----|----|
| Q\N  | 3 | 6  | 9  | 3  | 6  | 9  | 3  | 6  | 9  |
| 3400 | * | *  | 28 | *  | *  | 18 | *  | 18 | 21 |
| 3000 | * | *  | 17 | *  | 17 | 19 | *  | 20 | 21 |
| 2600 | * | 28 | 31 | *  | 31 | 26 | 25 | 27 | 29 |
| 2200 | * | 20 | 23 | 20 | 20 | 19 | 17 | 19 | 22 |
| 1800 | * | 36 | 39 | 38 | 39 | 17 | 21 | 18 | 21 |
| 1400 | * | 12 | 24 | 12 | 15 | 16 | 17 | 15 | 18 |

\* ... 誤検知

表2: 各手法による総合的結果

|        | FR1 |    | FR2 |    | FR3 |    | GLR |    | NN |    |
|--------|-----|----|-----|----|-----|----|-----|----|----|----|
| Q\CASE | 1   | 2  | 1   | 2  | 1   | 2  | 1   | 2  | 1  | 2  |
| 3400   | 18  | 23 | 7   | 16 | 7   | 16 | 6   | 10 | 11 | 12 |
| 3000   | 19  | 15 | 6   | 22 | 7   | 22 | 7   | 15 | 9  | 11 |
| 2600   | 26  | 16 | 8   | 30 | 7   | 30 | 7   | 22 | 11 | 14 |
| 2200   | 19  | 15 | 23  | 33 | 23  | 33 | 9   | 35 | 27 | 37 |
| 1800   | 17  | 22 | 17  | 54 | 14  | 54 | 16  | 61 | 22 | 44 |
| 1400   | 16  | 15 | 51  | -  | 51  | -  | 26  | 99 | 65 | 96 |

- ... 事故検知せず

CASE1 ... 事故発生地点が上流側感知器から0.3km

CASE2 ... 事故発生地点が上流側感知器から0.7km

ている。

本研究で新しく提案したファジィ推論 (FR1) の結果は表1のようになった。このテストは、上流側感知器から0.5kmの地点で事故が発生した場合において、発生交通量Qを変化(6ケース)させて検知を行っている。最も良い結果が得られたのは(M=6,N=9)と設定した場合であった。なお、表中の値は事故発生から何時点後に事故を検知したかを示している。

従来我々が用いていたファジィルールは、各交通変量に対して「変量がある水準以下(以上)になったら事故によるものである」(FR2)というものと、「数時点分の変量の平均値との変化量がある水準以上になったら事故によるものである」(FR3)というものであった。

以上3種のファジィルールに基づく事故検知を行い、GLR法、NN法と比較した総合的な結果は表2のようになった。このテストでは、上流側観測地点から0.3kmの地点で事故が発生した場合(CASE1)と、上流側観測地点から0.7kmの地点で事故が発生した場合(CASE2)の2ケースについて、FR1の場合と同様に発生交通量を変えて検知を行った。

各手法で用いた交通変量は、FR1では下流側感知器から得られたオキュパンシ、FR2では上流側感知器から得られたオキュパンシ、FR3では上流側感知器から得られたオキュ

パンシの前5分間平均との差を用いている。また、NN法では上流側感知器で得られた速度、GLR法では上下流両方のオキュパンシと入出車両台数のデータを用いている。

以上から総合的に判断すると、本研究で提案したFR1では、交通量が少ない場合や、事故地点が下流側に近い場合に良い結果を残している。つまり、従来我々が行っていたファジィ推論において結果が悪かった部分が改善されている。以上からこの3種のファジィルールを併用すれば、他の方法より、迅速で正確な検知が可能であるといえる。

## 5. 今後の課題

この研究に用いた交通変量は、シミュレーションから得られたものであり、誤差が全くない場合である。しかしながら現実問題としてデータには誤差が必ず入るものである。よってその点を考慮し検知の迅速性と頑健性を今後検討する必要がある。

## 参考文献

奥谷巖, 原田正隆: 高速道路における自動的事故検知手法の比較検討, 第16回交通工学研究発表会論文報告集 pp.21~pp.24, 1996