

神戸大学工学部 学生員 ○小篠 耕平  
 神戸大学大学院工学研究科 正会員 井料 隆雅

1. 研究の背景・目的

交通事故などの突発的な事象が高速道路上で発生した際には、2 次的な事故や著しい渋滞を引き起こす恐れがある。そのため、突発事象発生時に行う交通運用は重要となる。突発事象発生時に適切な交通運用を行うには、過去の突発事象が高速道路利用者の行動におよぼした影響を正確に分析し、そのことを反映した最適な運用ルールを提案するための方法論が必要となる。

本研究は高速道路上における突発事象発生時の流入交通流変動の特性分析を行い、突発事象が流入交通流におよぼす影響を明らかにする。流入交通流変動の特性分析は、流入交通量の変動、本線で発生した突発事象および本線の平均車両速度などの交通データを同時に一つの図として可視化することによるデータマイニング手法を用いておこなう。

2. 分析手法

(1)分析に用いるデータ

阪神高速神戸線を分析対象とする。阪神高速では検知器により 5 分間隔で交通データを計測している。本研究では本線での複数の交通データ変動と入口での流入交通量変動を組み合わせることで分析を行う。

- 対象期間：2011 年 5 月 1 日～6 月 30 日の平日
- 対象区間：阪神高速道路 3 号神戸線上り

月見山(39.6KP)～武庫川入口手前(12.5KP)

(2)突発事象の検出

本研究では「事象が発生した原因に関わらず交通流に影響をおよぼした突発的な事象」を突発事象と定義する。突発事象の検出にはUCB(University of California, Berkeley)アルゴリズム<sup>1)</sup>を用いる。UCB アルゴリズムでは式(1)に示す空間的なオキュパンシの累積差分  $Z(t)$  を用いて突発事象を検出する。

$$Z(t_j) = \sum_{i=1}^j O_u(t_i) - \sum_{i=1}^j O_d(t_i) \quad (j=1,2,\dots) \quad (1)$$

ただし  $O_u(t_i)$  :  $t_{i+1}$  と  $t_i$  間での上流のオキュパンシ  
 $O_d(t_i)$  :  $t_{i+1}$  と  $t_i$  間での上流のオキュパンシ

平常時の交通流において  $Z(t)$  は期待値を 0 としてランダムに変動する。突発事象が発生すると、下流より上流のオキュパンシが大きくなり  $Z(t)$  は増加する。ここで、 $Y(t)$  を式(2)のように定義する。

$$Y(t_{j+1}) = \begin{cases} 0 & (j=0) \\ \max\{0, Y(t_j) + Z(t_{j+1}) - Z(t_j) - \tau\} & (j=1,2,\dots) \end{cases} \quad (2)$$

$Y(t)$  は  $Z(t)$  の増分が  $\tau$  以上大きくなった時に、その量を時刻ごとに累積した値である。UCB アルゴリズムでは  $Y(t)$  がある閾値  $\tau_0$  を超えたとき突発事象が発生したと判断する。本研究では閾値  $\tau_0$  を設けず、 $Y(t)$  を突発事象検出強度と考え、 $Y(t)$  の値を含めた可視化を行った。また突発事象が解消された時、 $Y(t)$  がゼロになるよう修正した。また文献にしたがって  $\tau=0.1$  とした。

(3)交通流変動指標

流入交通量が平均的な値から外れた状況を検出する指標として、UCB アルゴリズムを参考にし、流入交通量減少強度  $Y_{QD}(t)$ 、流入交通量増加強度  $Y_{QI}(t)$  を設定した。 $Z_{QD}(t)$  および  $Z_{QI}(t)$  を

$$Z_{QD}(t_j) = \sum_{i=1}^j \{1 - q(t_i)\} \quad (j=1,2,\dots) \quad (3)$$

$$Z_{QI}(t_j) = \sum_{i=1}^j \{q(t_i) - 1\} \quad (j=1,2,\dots) \quad (4)$$

$q(t)$  : 正規化流入交通量

と定義し、式(1)の  $Z(t)$  を  $Z_{QD}(t)$ 、 $Z_{QI}(t)$  に代えて  $Y_{QD}(t)$  および  $Y_{QI}(t)$  を定義する。ここで  $q(t)$  は、流入交通量をその地点・時刻での対象期間での流入交通量の平均値で除したものである。 $Y_{QD}(t)$  が大きいことは流入量が平均的な値から少ないことを、 $Y_{QI}(t)$  が大きいことはその逆を意味する。 $\tau$  の値は経験的に  $\tau=0.3$  と定めた。

(4)可視化による分析

交通流のような連続的なデータでの微小な変化をデータ全体からとらえるには、連続的なデータをそのまま連続的に可視化することが有効である<sup>2)</sup>。本研究では、継続的に観測された検知器データの時系列的な推

移を可視化することで分析をおこなう。平均車両速度、突発事象検出強度  $Y(t)$ 、正規化流入交通量  $q(t)$ 、流入交通量増加強度  $Y_{QD}(t)$ 、流入交通量増加強度  $Y_{QD}(t)$ を一日ごとに一つの図に同時に可視化する。

### 3. 分析結果

可視化による交通流変動の分析結果例を以下に示す。

#### (1) 平常時の交通流変動

図-1 に突発事象が発生していない日の交通流を可視化した図を示す。平常時の交通流には  $Y(t)$  は発生せず  $Y_{QD}(t)$  と  $Y_{QD}(t)$  には大きな変動は見られない。

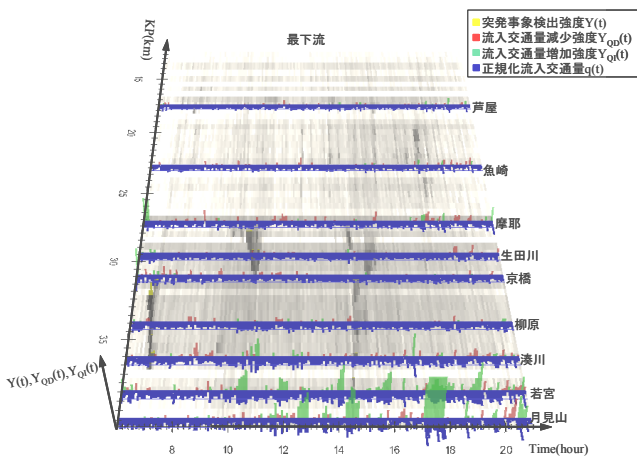


図-1 平常時の交通流変動 (2011年5月6日)

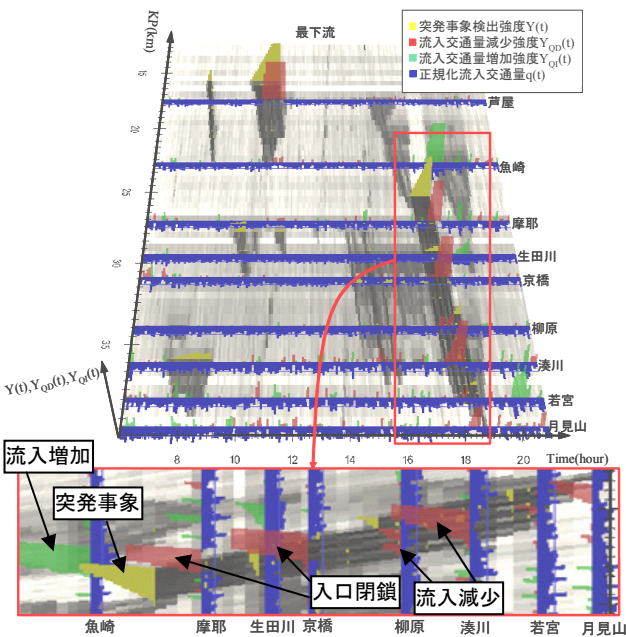


図.2 突発事象時の交通流変動(2011年6月13日)

#### (2) 突発事象時の交通流変動(摩耶~魚崎間)

図-2 に 2011 年 6 月 13 日の摩耶~魚崎間で突発事象が発生した時の交通流変動を可視化した図を示す。図-2 の赤線枠内をみると、摩耶~魚崎間で突発事象が発生し、その後上流に混雑が延びている。突発事象が発生した後上流の流入交通量は減少し、下流では増加していることから、上流で渋滞情報を得て下流の入口を利用したドライバーが存在した可能性があると考えられる。摩耶と京橋では  $q(t)$  がゼロとなっており、入口が閉鎖していることが分かる。湊川と柳原では突発事象が発生した後に流入交通量が減少しているのに対して生田川では流入交通量の減少がみられない。このことから入口ごとに突発事象に対する感度が異なることが考えられる。考えられる理由の1つとして情報板の設置状況がある。生田川入口付近の一般道には情報板が設置されているが、ドライバーからの視認性が低く、情報がうまく伝達されていないのかもしれない。

### 4. まとめ

#### (1) 突発事象発生時の経路変更

突発事象発生時に、上流では流入交通量が減少し、下流では増加していたことから、渋滞情報を得ることで経路変更を行っているドライバーが存在している可能性があることが分かった。

#### (2) 情報板の視認性による流入交通量への影響

特定の入口では渋滞に気づかず高速道路を利用しているドライバーが存在している可能性があることが分かった。情報板の視認性が低く、情報入手がうまくできなかったことが原因のひとつとして推測される。

### 5. 謝辞

本研究で用いたデータは阪神高速道路株式会社より提供いただいたものである。本研究は高速道路関連社会貢献協議会研究助成の援助によりなされた。この場を借りて感謝の意を表す。

### 参考文献

- 1) Lin, W. H. and Daganzo, C. F., A simple detection scheme for delay-inducing freeway incidents, *Transportation Research Part A*, **31**(2), pp.141-155, 1997.
- 2) 日下部貴彦, 井料隆雅, 朝倉康夫, 車両検知器データを用いた交通流可視化技術の開発, *交通工学*, **43**(5), pp.59-68, 2008.