

高速道路の交通事故発生予報手法

Method for Forecasting Traffic Accident Occurrence on Expressways

村野 剛教

■ MURANO Takenori

代田 孝広

■ SHIROTA Takahiro

桑原 雅夫

■ KUWAHARA Masao

大口 敬

■ OGUCHI Takashi

高速道路で発生する交通事故には、渋滞時の追突が多い。交通事故が発生する可能性が高い状況であることをドライバーが認識できれば、交通事故の防止につながる可能性がある。

そこで東芝は、東京大学と共同で、ニューラルネットワークの一種である自己組織化マップを用いて高速道路の交通事故発生予報を行う手法の開発を進めている。この手法を用いて、過去の交通データから交通事故発生確率の指標である“交通事故発生度”を求めたところ、実際に交通事故が発生したタイミングに高い値を示すことを検証できた。当社が開発した“ミクロ交通流シミュレータ”と組み合わせることで、交通事故の発生を予報することが可能になり、交通事故の回避に貢献すると期待できる。

Rear-end collisions caused by congestion are a major factor leading to traffic accidents on expressways. Therefore, providing information about the probability of traffic accidents to drivers is expected to significantly reduce such accidents.

In cooperation with the University of Tokyo, Toshiba has been developing a method for forecasting the occurrence of traffic accidents on expressways by means of a self-organizing map that is a type of artificial neural network. We have evaluated the accident occurrence ratio, which is an indicator showing the possibility of accident occurrence, using past traffic information, and have shown that this ratio reaches a peak at the moment when traffic accidents actually occur. By combining this method with our microscopic traffic simulator, it is expected that traffic accidents will be able to be forecast and thereby prevented.

1 まえがき

警察庁「平成23年中の交通事故の発生状況」⁽¹⁾によると、高速道路では年間に1万件以上の交通事故が発生している。事故類型別に分析すると、車両どうしの事故が全体の87.3%を占めており、その中でも追突事故が全体の69.2%を占めている。この追突事故は、渋滞などにより停止している車両に対して発生することが多い。そのため、対象路線で交通事故が発生する可能性が高いことを予報できれば、情報板やVICS (Vehicle Information and Communication System) ビーコンなどを用いてドライバーに注意を喚起することで交通事故の発生を事前に回避したり、万一交通事故が発生してしまった場合に備えてパトロールカーを待機させたりすることが可能になると考えられる。

そこで東芝は、東京大学と共同で、道路交通管理業務を支援し、交通事故を減少させることを目的として、交通事故発生予報を行う手法の開発を進めている。

ここでは、交通事故発生予報手法の概要と、実際の交通データを用いて予報性能を検証した結果について述べる。

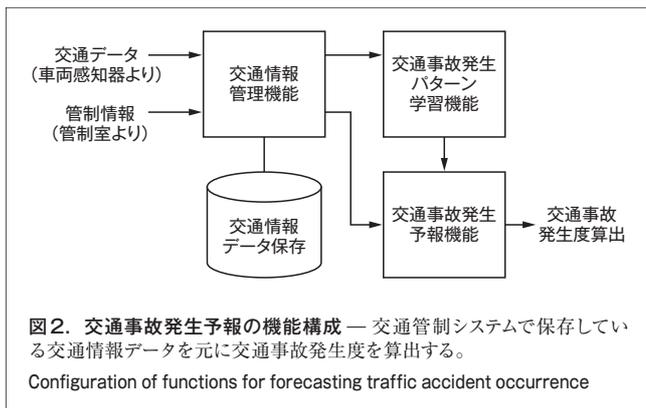
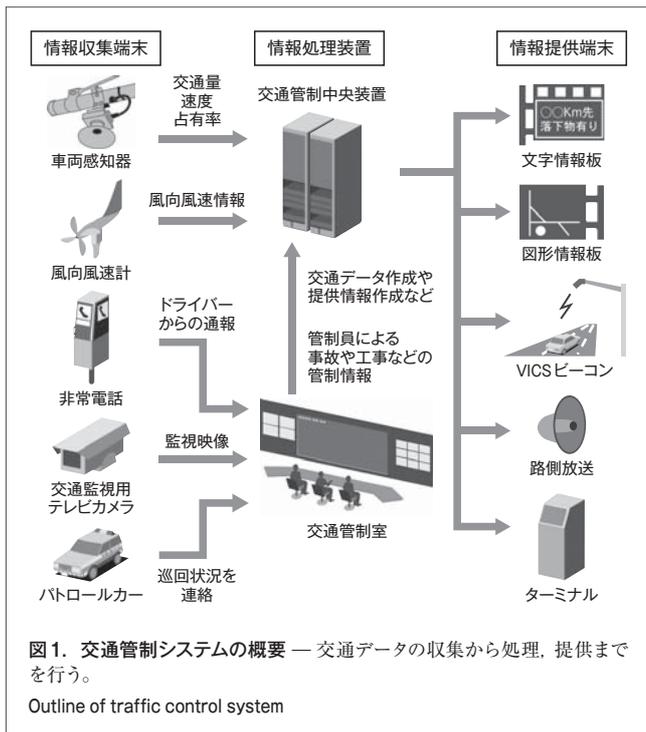
2 交通管制システムとの連携

2.1 交通管制システムの概要

交通管制システムは、ドライバーの安全性と快適性、及び交通の円滑性を確保するために、非常事態や、渋滞、所要時間などの交通情報を提供することを目的として導入されている⁽²⁾。道路上に設置されている車両感知器や交通監視用テレビカメラなどの情報収集端末から交通状況を収集し、情報処理装置に送信する。情報処理装置はその情報を元に、渋滞区間の判定や所要時間の算出を行い、提供情報を作成する。作成された情報は、高速道路の本線及び出入口の文字情報板やVICS ビーコンなどの情報提供端末で、24時間365日最新のものが提供される(図1)。

2.2 交通データの利用

交通管制システムでは、車両感知器から収集される車両の交通量や、速度、占有率などの交通データ、及び管制室で管制員によりシステムに登録される事故情報や工事情報などの管制情報を交通情報データとして保存している。交通事故の発生には交通状況が影響していると考えられるが、従来は、交通データと交通事故発生は定量的に関係付けられていなかった。現在開発を進めている交通事故発生予報手法は、これらの交通データと交通事故発生パターンの相関関係を学習

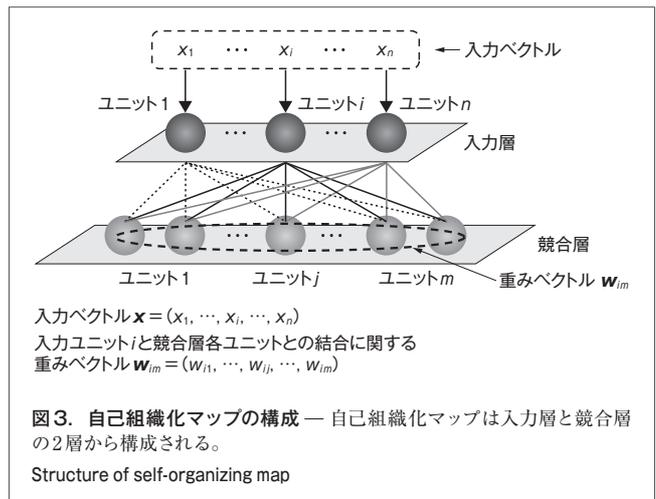


し, “交通事故発生度”を算出するものである(図2)。ここで交通事故発生度とは, 交通事故の起こりやすさを表す確率の指標として定めている。

3 交通事故発生予報手法の開発

3.1 自己組織化マップの概要

自己組織化マップはニューラルネットワークの一種であり, 入力層と競合層の2層から構成され, 競合層には複数のユニット(ノード又はニューロンとも呼ばれる)が直列若しくは格子状に並んでいる。入力層へは入力ベクトル \mathbf{x} が与えられる。入力層のユニットは, それぞれが競合層全てのユニットと結合しており, 入力層のユニット i と, 競合層のユニット $1, 2, \dots, m$ との結合の強さは, 重みベクトル $\mathbf{w} = (w_{i1}, w_{i2}, \dots, w_{im})$ で表される(図3)。



自己組織化マップでの処理は, 学習フェーズと出力フェーズに分けられる⁽³⁾。

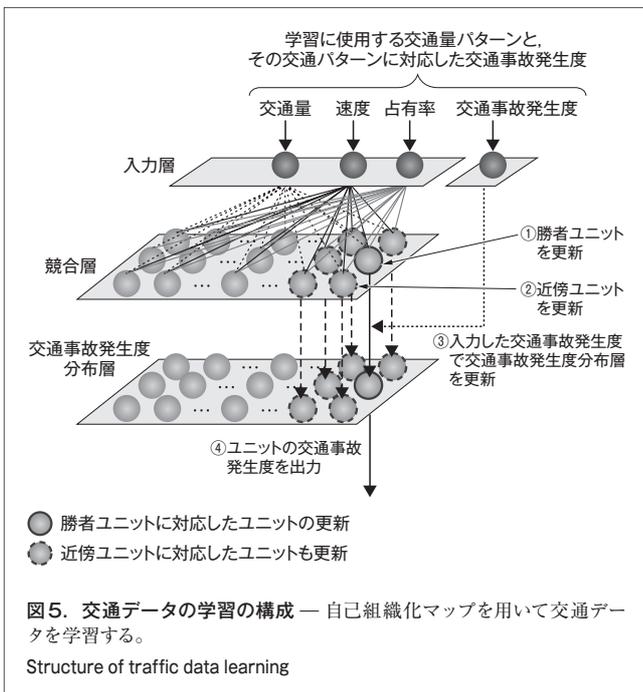
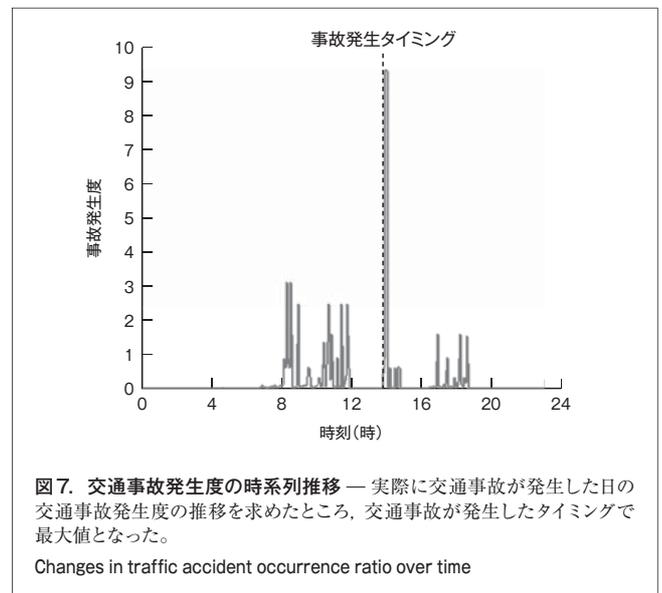
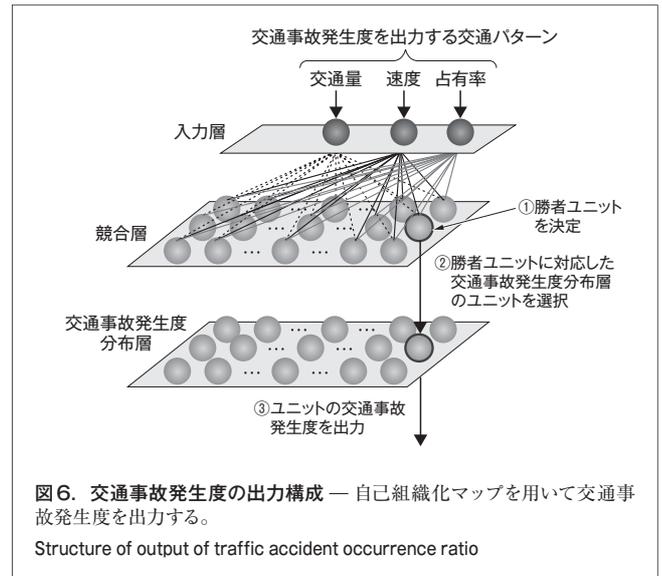
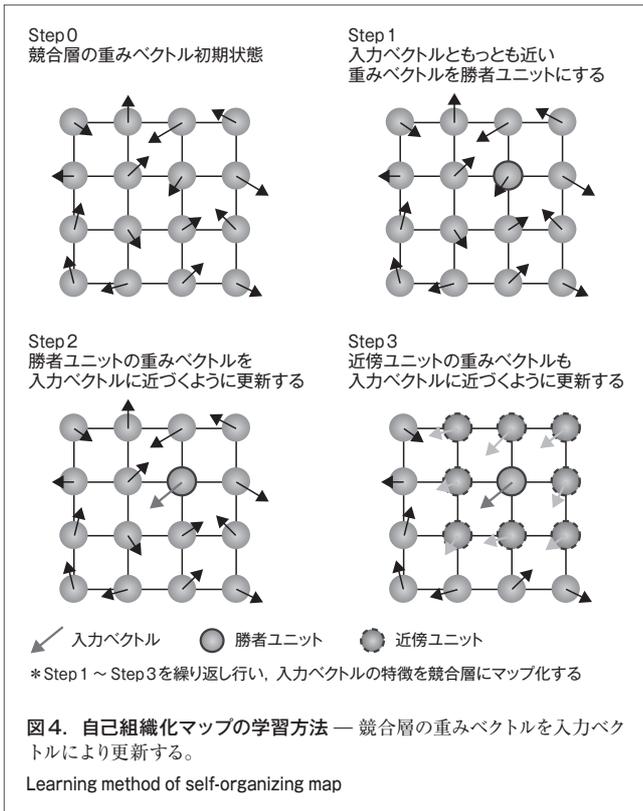
学習フェーズでは, 入力ベクトルの相関関係を学習する。入力ベクトルともっとも類似した重みベクトルを持つ競合層のユニットを決定し, それを勝者ユニットと呼んでいる。この勝者ユニットの重みベクトルが, 入力ベクトルに近づくように更新(学習)する。また, 勝者ユニットに隣接したユニットを近傍ユニットとし, この近傍ユニットの重みベクトルについても入力ベクトルに近づくように更新する。こうした処理の結果, 競合層の近接したユニットには類似した重みベクトルが集まるようになり, この処理を繰り返し実施することで, 入力ベクトルの各要素間の相関関係が競合層に分類されたマップとして算出される(図4)。また出力フェーズでは, 学習フェーズで算出された結果を元に, 入力ベクトルの特徴を出力する。

自己組織化マップに交通データを適用し交通事故の発生を予報する処理について, 以下に述べる。

3.2 交通データの学習モデル

学習フェーズでは, 過去に車両センサーから収集された交通データを入力ベクトルとして, 入力層に入力する。競合層では勝者ユニットと近傍ユニットを決定し, 更新する。入力ベクトルが, 実際に交通事故発生時の交通データの場合には, 学習用の交通事故発生度も併せて入力する。競合層では, 入力ベクトルとして入力された交通データを元に重みベクトルを更新し, 相関関係をマップとして算出する。交通データと異なる種類のデータである交通事故発生度を併せて学習することはできない。そこで入力層と競合層の他に, 競合層と同じ次元を持つ交通事故発生度分布層を構成した(図5)。

交通事故発生度分布層では競合層で決定した勝者ユニットと同じ位置のユニットを更新する。この処理を繰り返すことにより, 交通データにおける相関関係だけではなく, 交通データと交通事故発生度の相関関係も学習できる。学習完了後には交通事故発生度分布層の交通事故発生度の最大値と



3.3 交通事故発生度の出力

交通事故発生度出力フェーズでは、学習フェーズで交通データの学習が完了した自己組織化マップを使用して、交通事故発生度を算出する。

まず交通事故発生度を算出するタイミングの交通データを入力層に入力し、競合層で勝者ユニットを決定する。この勝者ユニットと同じ位置にある交通事故発生度分布層のユニットが持つ評価値を交通事故発生度として出力する(図6)。

3.4 交通事故発生度のデータ検証

過去の交通データを使用して学習を行い、実際に交通事故が起こった日を選んでその日の交通事故発生度を試算した。

対象とした日の交通事故発生度の推移を時系列で表すと、実際に交通事故が発生したタイミングで交通事故発生度が最大値となった(図7)。これは、交通事故発生の可能性が高く

最小値を探索する。それを元にして交通事故発生度分布層の全てのユニットを、評価値0から10までの11段階評価に変換する。ここで、交通事故が発生する可能性がもっとも高い交通データのパターンを評価値10、もっとも低いパターンを評価値0と判定する。

なる道路交通状況を捉えているものと考えられる。交通事故34件のケースについて同様に交通事故発生度を算出したところ、評価値7以上が16件、4以上7未満が9件、4未満が9件という結果であった。交通事故発生度を算出するための学習データには、対象の交通事故時の交通データは含めていないので、この結果は実際に事故が起こったか否かには影響を受けていない、客観的な指標であると言える。

交通事故発生度は交通データを学習した結果を用いて算出しているため、交通状況に相関のない突発的な交通事故は算出できない。このため、交通事故発生時の評価値が4未満のケースが交通事故全体の約26%になったものと思われる。また、今回は交通事故が発生したタイミングでの交通事故発生度を算出したが、今後は交通事故が発生していないタイミングでの交通事故発生度も算出し、検証する必要がある。評価値が高いときは、実際には交通事故が発生していない場合でも、発生する危険性が高い交通状況にあると考えられ、その割合が全体のどのくらいあるかを認識することが、交通事故発生予報には重要であるためである。

4 ミクロ交通流シミュレータを用いた交通事故発生予報手法

4.1 ミクロ交通流シミュレータの概要

自己組織化マップを用いた交通事故発生予報手法は、交通事故発生度を算出するタイミングの交通データがあれば、交通状況の特徴を抽出して予報を行うことが可能である。そこで、当社が開発した“ミクロ交通流シミュレータ”⁽⁴⁾を用いて対象路線の連続した交通データを予測し、これに基づいて交通事故発生度を求めれば、交通事故の発生を事前に予報するのに有用であると期待できる。

ミクロ交通流シミュレータとは、車両1台1台の挙動を模擬するものである。ドライバーは周囲の車両の位置や速度を見ながら、加減速や車線変更を繰り返し、目的地に向けて走行する。このシミュレータでは、実際の車両の挙動により近くなるように分子動力学で用いられるポテンシャルという概念を導入している。ポテンシャルは、分子間の距離が大きい場合には影響を及ぼさず、分子間の距離が小さい場合には反発力や引力を生じさせる状態を数値化したものである。このポテンシャルの概念を導入することで、ミクロ交通流シミュレータは、直前の車両だけではなく、前後数台の車両も考慮でき、より自然に近い交通流を模擬できる。

4.2 ミクロ交通流シミュレータの利用

ミクロ交通流シミュレータを用いて将来のある時点の交通流を模擬して交通データを自己組織化マップへ入力し、任意の時刻の交通事故発生予報を行うことができる。また、ミクロ交通流シミュレータで車線数の変更や路線の延伸などの改

造を行うことで、高速道路での交通規制や工事の実施前に、交通事故発生度の変化を模擬できる。交通事故発生の確率が増えるようであれば、情報提供端末でドライバーに注意を喚起したり、パトロールカーの巡回を増やしたりすることで、交通事故発生の防止につながると期待できる。

5 あとがき

自己組織化マップを用いた交通事故発生予報手法について、実際の交通データにおける交通事故発生度を検証した。その結果、試算に用いた交通データでは、交通事故が発生したタイミングに交通事故発生度が高い値になるという傾向を確認できた。

今後は、交通事故が発生していないタイミングでの交通事故発生度の算出、カーブや、上り坂、下り坂といった道路形状、及び季節や天候という環境も含めた検証、更にはミクロ交通流シミュレータにより模擬した将来時刻の交通データとの組合せなどを行い、交通事故発生予報手法の完成に向けて研究開発を進める。

文 献

- (1) 警察庁交通局. “平成23年中の交通事故の発生状況”. 統計センターホームページ. <<http://www.e-stat.go.jp/SG1/estat/List.do?lid=000001086731>>. (参照2012-11-09).
- (2) 村野剛教 他. 首都高速道路向け 新交通管制システム“システム05”. 東芝レビュー. **61**, 8, 2006, p.16-19.
- (3) Kohonen, T. Self-organizing formation of topologically correct feature maps. *Biological Cybernetics*. **43**, 1, 1982, p.59-69.
- (4) 上野秀樹 他. 交通現象を高精度で再現できるミクロ交通流シミュレータ. 東芝レビュー. **64**, 4, 2009, p.23-26.



村野 剛教 MURANO Takenori

社会インフラシステム社 ソリューション・自動化機器事業部
社会ソリューション技術部主務。交通管制システムのエンジニアリング業務に従事。情報処理学会会員。
Automation Products & Facility Solution Div.



代田 孝広 SHIROTA Takahiro

電力システム社 電力・社会システム技術開発センター 制御システム開発部主務。道路交通システムの研究・開発に従事。
Power and Industrial Systems Research and Development Center



桑原 雅夫 KUWAHARA Masao, Ph.D.

東北大学大学院 情報科学研究科教授, Ph.D。
交通信号制御, 交通容量, 動的なネットワーク交通解析, 交通シミュレーション, 及びITSの研究に従事。
Tohoku University



大口 敬 OGUCHI Takashi, Ph.D.

東京大学 生産技術研究所教授, 博士(工学)。交通制御工学, 道路交通容量, 道路幾何構造, 運転挙動, 交通運用・管理・制御の高度化, 及び交通運用と調和した道路計画・設計論の研究に従事。
University of Tokyo