

高速道路での交通事故発生予報手法の実用化に向けた取り組み

Efforts for Practical Realization of Method to Forecast Traffic Accident Occurrence on Expressways

下川 裕亮

谷本 智彦

大場 義和

■ SHIMOKAWA Yusuke

■ TANIMOTO Tomohiko

■ OHBA Yoshikazu

高速道路で発生する交通事故は、渋滞などで停止している車両への追突事故が多い。このため、交通事故発生の可能性が高い状況であることを道路利用者（ドライバー）が認識できれば、交通事故を未然に防止できる。

東芝は、交通事故の低減を目的に、交通管制員や道路利用者に対して交通事故発生予報を提供するため、機械学習の一手法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た、高速道路の交通事故発生予報手法の研究開発に取り組んでいる。今回、交通情報を提供する交通管制システムへの実装を想定し、交通事故発生予報手法の実用化に向けた検討を行った。交通事故発生予報モジュールとして構成を定義したうえで、実装上の課題を抽出し、その対応策を明確にした。

Rear-end collisions with vehicles that have stopped at times of traffic congestion account for many of the traffic accidents that occur on expressways. The provision of traffic information to drivers when there is a high probability of accidents occurring can therefore be expected to contribute to the prevention of such accidents.

In order to reduce traffic accidents, Toshiba has been engaged in research and development aimed at the practical realization of a method to forecast the occurrence of traffic accidents on expressways by means of a self-organizing map, which is a type of neural network, and to provide such information to traffic control personnel and drivers. We have now conducted studies on an actual case of applying this method, called the traffic accident occurrence forecast module, to a traffic control system, and have extracted issues and proposed measures for implementation of the module.

1 まえがき

警察庁の「平成28年における交通事故の発生状況」⁽¹⁾によると、高速道路では年間で9千件以上の交通事故が発生している。交通事故を類型別に分析すると、平成28年では車両どうしの事故が全体の91.4%、その中でも追突事故が全体の72.6%を占めている。この追突事故は、走行中のものに比べ、渋滞などで停止している車両に対するものが約2倍の件数発生している。

このようななか東芝は、機械学習の一手法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た高速道路の交通事故発生予報手法を提案し、研究開発してきた。この手法を交通管制システムに実装すれば、交通事故が発生する度合いを交通管制員に通知して、道路利用者への注意喚起や迂回（うかい）経路などの情報提供をすることで、交通事故発生を低減できる。そして、交通事故発生に備えて、パトロールカーの事前待機を指示することで、二次災害の防止につながると考えられる。

今回、交通事故発生予報手法を現在稼働している交通管制システムへ実装することを想定した検討を行った。ここでは、その過程で明らかになった、実用化のための課題とその対応策について述べる。

2 交通事故発生予報手法の概要

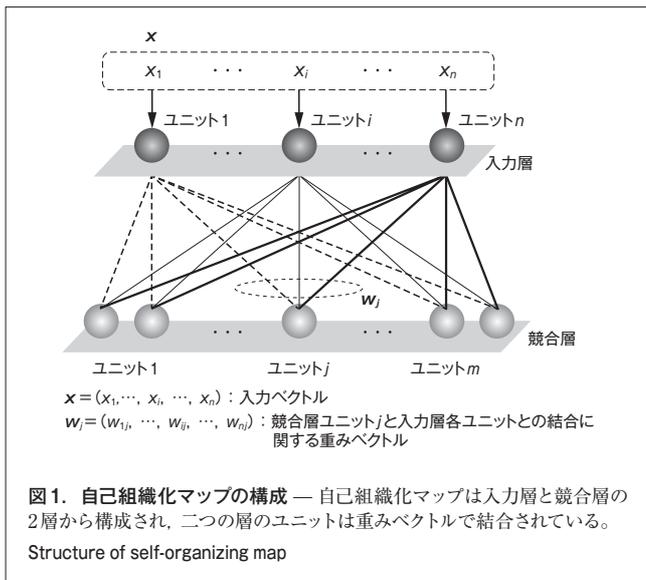
これまで研究開発してきた自己組織化マップを用いた高速道路の交通事故発生予報手法⁽²⁾の概要を述べる。

2.1 自己組織化マップ

自己組織化マップ⁽³⁾とは、与えられた複数種類のデータを反復的に学習してパターンを見つけ出す機械学習の一手法である。また、非線形な関係を学習できるニューラルネットワークの一種でもあり、教師なし学習が可能なのが特徴である。自己組織化マップで使用する複数種類のデータは、ベクトルの形で保持される。自己組織化マップの構成を図1に示す。

自己組織化マップは、それぞれ複数のユニット（ノード又はニューロンとも呼ばれる）から成る入力層と競合層で構成される。入力層には入力ベクトルが入力され、競合層のそれぞれのユニットは、結合の強さを表す重みベクトルを介して、入力層の全てのユニットに結合される。

自己組織化マップの基本的な学習方法は、次のとおりである。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する。この重みベクトルを入力ベクトルに近づくように更新し、更に、類似した重みベクトルを持つユニットを集合させるため、勝者ユニットに近接した近傍ユニットの重みベクトルも入力ベクトルに近づくよう、勝者ユニットとの距離に応じて更新する。



この手順で複数の入力ベクトルを用いて反復的に学習すると、入力ベクトルの関係を競合層の各ユニットに分類した自己組織化マップが構築される。学習の結果、入力ベクトルにもっとも類似したパターンの重みベクトルを持つ競合層のユニットを算出できるようになる。

2.2 交通事故発生予報手法における学習モデル

交通事故発生予報手法は、自己組織化マップの入力ベクトルとして交通事故発生時の状況を表す交通情報データを使用することで、交通事故発生度を推定するものである。

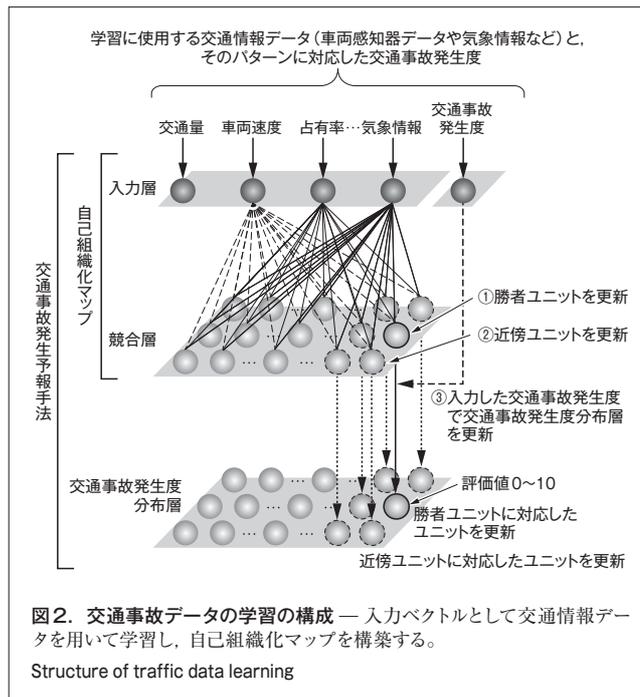
学習時の入力ベクトルには、過去に収集した車両感知器データ（交通量、車両速度、占有率など）や気象情報（雨量、降水検知、路温、風向風速など）といった非線形な関係がある交通情報データを使用する。実際に交通事故が発生した際の交通情報データも併せて学習することで、交通事故発生予報に有効な自己組織化マップが構築される。

また、入力ベクトルである交通事故発生時の状況が分類された競合層の分布と、交通事故が発生する度合いの関係がわかりやすくなるように、入力層と競合層の他に、交通事故の起こりやすさを表す交通事故発生度分布層を設ける（図2）。競合層と交通事故発生度分布層のユニットは、1対1に対応させる。競合層の重みベクトルを更新する際に、同時に対応する交通事故発生度も更新することで、交通情報データと交通事故発生度の相関関係まで学習できる。

その後、交通事故の起こりやすさを判定した結果を定量的に示すため、学習完了後の交通事故発生度分布層の全ユニットに対して、交通事故が発生する可能性がもっとも低い0からもっとも高い10までの、11段階の評価値を割り当てる。

2.3 交通事故発生予報の出力

交通事故発生予報は、交通情報データを学習後の自己組織化マップの入力ベクトルとし、競合層で勝者ユニットを決定



後、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。

3 交通管制システムへの実装に向けた検討

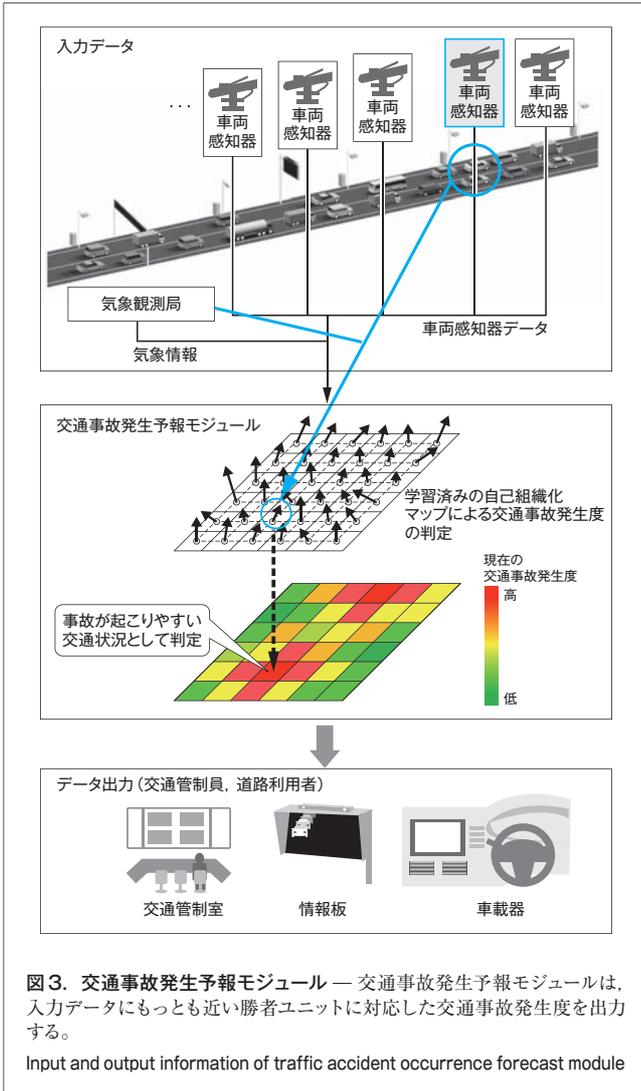
今回、一般的な交通管制システムへの実装を想定して、交通事故発生予報手法をモジュール化した。

3.1 交通管制システムの概要

まず、実装対象の一般的な交通管制システムについて説明する。このシステムは、道路利用者の安全性、快適性、及び交通の円滑性を確保するために、非常事態の発生や、渋滞状況、目的地までの所要時間などの交通情報を提供することを目的としている⁽⁴⁾。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から、一定周期で収集した情報を基に渋滞区間の判定や所要時間の算出を行う。また、道路利用者及び巡回車から連絡のあった交通事故や、故障車、工事情報などの不定期に発生する事象を、交通管制員が随時、システム登録する。リアルタイムに取得した交通情報データを処理及び保管し、提供情報を作成する。作成した情報は、高速道路の本線及び出入口に設置された文字情報板や、道路沿いに設置された通信アンテナと対応車載器間の情報交換を行うVICS（道路交通情報システム）ビーコンなどを介して、24時間365日、最新の状態で道路利用者に提供される。

3.2 実用化における課題

これまで、主に理論的な検討を進めてきたが、実用的なモジュール（図3）として定義する場合、以下のような課題があることがわかった。



3.2.1 入力データ取得タイミングの違いによる不安定性

まず、入力データと入力ベクトルの違いを明確にする。入力データは図1における $x_1 \sim x_n$ であり、車両速度や交通量のことである。入力ベクトルは、それらを組にしたもの (x_1, x_2, \dots, x_n) を表す。数学的にはベクトルとして扱うほうが便利であるが、実装する場合はその入力データそのものが重要になる。理論的な検討段階では、入力データも理論的な仮定を含む場合が多い。例えば車両速度と言っても、実際にどのタイミングで計測するかなどは明示されていない。交通事故発生予報手法及びそのモジュールには、多くの入力データがあるが、それぞれのデータの性質が異なるため、取得できる頻度もタイミングも異なる。このようなデータを使用すると、その出力は安定しない。

3.2.2 車両感知器データのばらつきによる不安定性

3.2.1項で述べた実フィールドで発生するデータを検証していくと、交通量や、車両速度、占有率などデータそれ自体のばらつきも問題となることがわかった。

車両は、実際には速度の速いものや遅いものが走行している。車間距離も刻々と変わっていく。そのため、交通量や占有率も極めて短時間に大きく変化し、計測された値は変動幅が大きいものとなる。このまま交通事故発生予報モジュールに入力すると、その出力も大きく変動する。

3.3 課題対応策

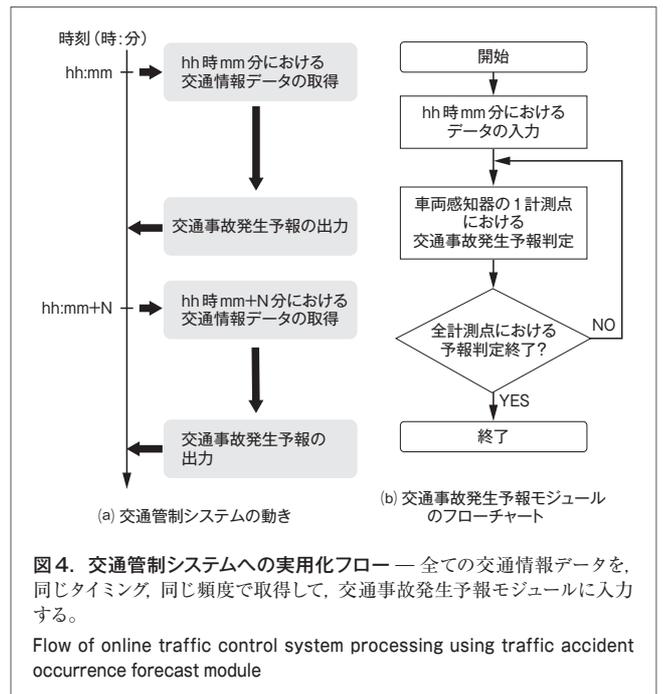
3.2節の二つの課題は、いずれも出力の安定性に関係する。理論的なベクトルで考えていたときは、それぞれのデータのタイミングは考慮されていないが、実フィールドでは、入力データに適切な対応策をとらなければ、その出力、つまり、予報値は、大きく変動する。

そこで、課題ごとに次のような対応策を考えた。

3.3.1 入力データ取得タイミングの違いへの対応策

- (1) 車両感知器データ 車両感知器データは、3.1節に示したように、渋滞や所要時間を算出するために定期的に計測されている。交通事故発生予報手法を実用化するうえで、時間軸上で離散的な情報であることに懸念があったが、予報を出す頻度から考えて、現状のままで十分であり、問題ないことがわかった。
- (2) 気象情報 情報収集端末である気象観測局から取得されるデータは、車両感知器データより高い頻度で提供されている。気象情報の入力タイミングをどうするかを検討した結果、気象情報も車両感知器データに同期させて、入力することにした。これは、入力データを全て同期させることで、その出力を安定化させることを狙ったものであり、デジタル回路でよく使われる手法である。

交通事故発生予報の全体的な流れを図4に示す。



3.3.2 車両感知器データのばらつきへの対応策

モジュールへの入力データになる車両感知器データは、3.2.2項で述べたようにばらつきが大きい。3.2.1項の対応策をとったとしても、出力が変動する要因になる。

そこで、出力を安定させるため、車両感知器データに、移動平均や、単純平均、調和平均などの平均化処理を行った。車両感知器データは、端末設置位置の断面ごと（車線が複数ある場合）の5分間の集計データを平均化処理したものとし、5分周期で入力する。気象情報の入力タイミングは、車両感知器データと同一時点（5分ごと）の情報とした。

一般に、過度な平均化は応答性の劣化につながるが、今回のシステムでは出力の安定化と応答速度のバランスが取れており、上記の対応策が適切である。

4 今後の検討項目

今後は、自己組織化マップの学習時の入力ベクトルとして実際の交通情報データを用いて、交通事故発生度の出力結果を評価検証し実用化する。

また、交通事故発生度予報手法の更なる改善を進めるうえで、入力データにカーブ、上り坂、及び下り坂といった道路形状や、季節などによって変化する環境情報などを追加する検討を含めた複数のケースについても検証を行う。

更に、出力である交通事故発生度を交通管制員に正確に伝え、道路利用者に対して注意喚起や迂回経路情報としてわかりやすく提供するためのユーザーインターフェースを検討する。

これらの評価検証及び検討を行い、実用化を目指す。

5 あとがき

自己組織化マップを用いた高速道路の交通事故発生予報手法を、交通管制システムへ実装することを想定し、交通事故発生予報モジュールの構成を定義した。その中で、データの取得タイミングなど実用化するうえでの課題を抽出し、出力を安定化させる対応策を提示した。

将来は、少子高齢化や車両に対する好みの変化で車両台数が減少するとともに、車両の安全装置の進化及び自動走行車両の登場により、交通事故発生件数も減少すると言われている。しかし、高齢化に伴い、逆走事故やアクセルの踏み間違えなどによる交通事故が相対的に増加し、しかも一度交通事故が起きた際には重大化する懸念もある。今後は、少子高齢化社会特有の交通事故に注目し、誰もが安全に安心して高速道路を通行できることを目指して、これに応えるシステムの検討を進めていく。

文献

- (1) 警察庁交通局. “平成28年における交通事故の発生状況”. 警察庁. <<https://www.npa.go.jp/news/release/2017/20170322002.html>>. (参照2017-05-19).
- (2) 村野剛教 他. 高速道路の交通事故発生予報手法. 東芝レビュー. 67, 12, 2012, p.23-26.
- (3) Kohonen, T. Self-organized formation of topologically correct feature maps. *Biological Cybernetics*. 43, 1, 1982, p.59-69.
- (4) 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.



下川 裕亮 SHIMOKAWA Yusuke

インフラシステムソリューション社 社会システム事業部 道路ソリューション技術部。交通管制システムのエンジニアリング業務に従事。電気学会会員。
Social Systems Div.



谷本 智彦 TANIMOTO Tomohiko

エネルギーシステムソリューション社 電力・社会システム技術開発センター システム制御・ネットワーク開発部。道路や鉄道など交通インフラシステムの研究・開発に従事。日本機械学会会員。
Power and Industrial Systems Research and Development Center



大場 義和 OHBA Yoshikazu, Ph.D.

エネルギーシステムソリューション社 電力・社会システム技術開発センター システム制御・ネットワーク開発部主幹。博士(工学)。道路や鉄道など交通インフラシステムの研究・開発に従事。電気学会、計測自動制御学会、交通工学研究会会員。
Power and Industrial Systems Research and Development Center