

**科学研究費助成事業 研究成果報告書**

平成 29 年 6 月 22 日現在

機関番号：12608

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2013～2016

課題番号：25420535

研究課題名(和文)都市高速道路を対象としたリアルタイム交通事故予測・回避システムの構築

研究課題名(英文)Development of a real-time crash prediction and prevention system for urban expressways

研究代表者

室町 泰徳 (Muromachi, Yasunori)

東京工業大学・環境・社会理工学院・准教授

研究者番号：40251350

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,300,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、リアルタイムに交通事故に至りやすい交通状況を検知し、交通状況の改善効果の高い回避手段を選択、実施することを可能とする都市高速道路を対象としたリアルタイム交通事故予測・回避システムの開発を行った。交通事故予測システムに関しては、動的ベイジアンネットワークの導入によりリアルタイム交通事故モデルの予測パフォーマンスの向上、期待値最大化アルゴリズムと適応アルゴリズムを用いたモデルの頑強性の向上を図った。交通事故回避システムに関しては、交通事故予測システムとシミュレーションを用いて、具体的に車両制御による交通状況の改善効果を路線全体で検討できるシステムの開発を行った。

研究成果の概要(英文)：In this research, we develop a real-time crash prediction and prevention system for urban expressways that can detect traffic conditions that are likely to occur in real time in traffic accidents, and can select and implement prevention measures highly effective in improving traffic conditions. With regard to the crash prediction system, we introduced Dynamic Bayesian Network to improve the prediction performance of the real-time crash prediction model, and the expectation maximization algorithm and adaptive algorithm to improve the robustness of the model. With regard to the crash prevention system, we developed a system that can examine the effect of improving traffic conditions by vehicle control on the whole route, using the real-time crash prediction and prevention system and simulation.

研究分野：都市交通計画

キーワード：交通事故 都市高速道路 リアルタイム

### 1. 研究開始当初の背景

高速道路、特に首都高速道路などの都市高速道路は、大都市における大量の人、モノの輸送を担う重要なインフラとして国内外で整備されており、その安全性、信頼性を高めるための技術開発が進められている。その中でも交通事故は、死傷者の発生などの直接的な被害のみならず、これに伴う渋滞による時間損失などの間接的な被害をもたらすことから、これを削減するためハード、ソフト両面からの対策が検討され、一部は実施に移されてきた。

最近では、時々刻々と変化する高速道路の交通状況をモニタリングする感知器から交通量、速度などのデータをリアルタイムに得て、交通事故に至りやすい交通状況を検知し、これに何らかの回避手段を施すことにより交通状況を改善し、交通事故の発生を未然に防止しようというリアルタイム交通事故予測・回避システムの開発に関する研究が進められている。

### 2. 研究の目的

本研究は、都市高速道路を対象としたリアルタイム交通事故予測・回避システムの開発を行い、リアルタイムに交通事故に至りやすい交通状況を検知し、交通状況の改善効果の高い回避手段を選択、実施することにより交通事故の発生を未然に防止し、交通事故による死傷者の発生などの直接的な被害、交通事故を原因とする渋滞による時間損失などの間接的な被害を大幅に削減することを目的としている。

### 3. 研究の方法

本研究では、既存のベイジアンネットワークを用いたリアルタイム交通事故予測システムを改良してシステムの予測パフォーマンスを向上させ、かつ、このフレームワークに整合するようにリアルタイム交通事故回避システムの開発を行う。また、両システムを連動させて、都市高速道路の研究対象路線（首都高速道路ネットワークの一部）のデータに適用し、システムを用いて車両制御による交通事故の防止効果の評価を行う。

### 4. 研究成果

(1) リアルタイム交通事故予測システムにおける予測モデルとして、ダイナミックベイジアンネットワークを用いた方法を検討した。まず、これまでのリアルタイム交通事故予測モデルでは明示的に扱われてこなかった交通量などの変数のダイナミックな特長を確認し、これに対応するためにダイナミックベイジアンネットワークの導入可能性に関して検討した。首都高速道路4号新宿線を対象として、2014年3月から8月までの1分ごとの交通状態に関する膨大な量の質の高いデータ、および当該期間中の交通事故データを処理して、データベースを構築した。

首都高速道路では、高性能な交通感知器を多数、かつほぼ一様に設置していることから、対象路線はリアルタイム交通事故予測モデルの開発に最適な環境を有している。設置されている感知器からは、交通量、速度、オキュパンシ、大型車交通量などのデータが1分ごとの集計値として得られている。交通事故データからは、各交通事故ケースの発生日時、場所、事故タイプなどの情報が得られている。交通状況を的確に表現する変数としては、感知器から直接得られる交通量などの他、複数の感知器データを加工して作られる変数、例えば、上流感知器と下流感知器の交通量差、速度差、あるいは同じ感知器の時間差データから作られる変数、例えば、交通量変化、速度変化なども検討の対象とした。

本データベースを活用して、交通状況を的確に表現する変数を選択し、各交通事故ケースに対し、当該箇所、あるいは関連箇所の変数値を収集した。そして、交通状況を交通事故に至りやすい状況とその他の正常な状況の2つの状況に分類した上で、変数を用いて2つの状況を分類する問題として交通事故を予測する通常のベイジアンネットワーク、およびダイナミックベイジアンネットワークによるリアルタイム交通事故予測モデルを構築した。両モデルによる予測パフォーマンスを評価した結果、ダイナミックベイジアンネットワークモデルは、通常のベイジアンネットワークモデルよりも平均で約6.2ポイント高い83.2%の全体精度でパフォーマンスを発揮できることが明らかとなった。交通事故予測に関しては、ダイナミックベイジアンネットワークモデルは、通常のベイジアンネットワークモデルよりも平均8.7ポイント高く交通事故に至りやすい状況を予測することができることが示された。また、ダイナミックベイジアンネットワークモデルを構築するための変数の組み合わせを24種類試した結果、上流感知器と下流感知器の混雑度差、速度差、交通量差、オキュパンシ差、上流感知器の交通量、上流感知器と下流感知器の速度、混雑度が重要な変数として抽出された。

(2) リアルタイム交通事故予測システムの開発は、都市高速道路に設置された感知器によるリアルタイムな交通状況に関するデータ収集が不可欠である。しかし、感知器の誤動作等により一部のデータが欠損する場合もあり、そのような場合でもリアルタイム交通事故予測モデルは部分的に利用可能なデータに基づいて予測を行うことができる頑強性を備えていることが望ましい。交通状況に関する変数は相関が高いため、この問題に適切に対処できる可能性がある。また、リアルタイムの交通状況に関する新たなデータ収集に対応して、初期レベルからモデルの再構築を行うことなく、モデルの更新を図ることができる柔軟な手法を選択する必要がある。

る。本研究において提案するベイジアンネットワークに基づく方法は、期待値最大化アルゴリズムと適応アルゴリズムという2つのプロセスを備えており、ベイジアンネットワークモデルで必要な統計量を計算した後、尤度最大化により欠損した変数を補填することが可能である。本研究では、このプロセスを用いてベイジアンネットワークを利用したリアルタイム交通事故予測モデルの頑強性に関して検討した。また、ベイジアンネットワークを利用してリアルタイム交通事故予測モデルを構築するには、影響力のある変数を予め特定することが重要であり、本研究ではこの点についても検討した。研究対象都市高速道路、およびデータは(1)と同様である。変数の組み合わせの異なる24のモデルを検討した結果、ベイジアンネットワークに基づく方法はデータの欠損に対してある程度頑強性を備えていることが確認できた。上流と下流のオキュパンシ、速度を変数としたモデルを一例とすれば、すべての変数が存在する場合、モデルは交通事故に至りやすい状況の43.3%、および正常な状況の81.2%を誤警報18.8%で識別し、全体精度79.2%の予測パフォーマンスを示した。また、上流、下流の速度変数が利用できない場合、交通事故に至りやすい状況の46.7%、および正常な状況の78.4%を識別し、全体精度76.8%の予測パフォーマンスを示した。下流のオキュパンシ変数が利用できない場合、交通事故に至りやすい状況の43.3%、および正常な状況の67.9%を識別し、全体精度66.6%の予測パフォーマンスを示した。さらに予測パフォーマンスの低下傾向から、本モデル例の場合、下流のオキュパンシが最も影響力のある変数であることが明らかとなった。

(3) (1)、および(2)において開発したリアルタイム交通事故予測システムを前提として、リアルタイム交通事故回避システムの開発を行った。当該システムは、リアルタイム交通事故予測システムにより交通事故に至りやすい交通状況を検知した後、交通事故の発生を未然に防止するための回避手段を選択して実施するためのものであり、対象とする道路区間を選択し、検知された事故に至りやすい交通状況をシミュレートし、回避手段を選択してこれを適用した場合の交通状況をシミュレートし、回避手段の有無別の交通状況を比較して回避手段の適用効果を評価し選択実施する、という内容である。本研究では、まず、ミクロ交通流シミュレータを使用して、首都高速道路4号新宿線の交通流シミュレーションを実施した。ランプ、および中央道、都心環状線との接続部の交通量入力には、首都高速各地点に設置されている感知器データを用いた。また、本研究では、交通量が多く、かつ4号新宿線上で交通事故等の突発事象が生じていない平成26年4月8日(火)のデータを使用した。全断面の24時間平均

適合指標を算出した結果、シミュレーションは全線・全時間帯にわたって概ね良く現況再現を行っており、以後の研究に十分適用できるものと判断した。下り線に比べて上り線の方がより高い現況再現ができていることから、以後の研究では上り線のシミュレーションを用いることとした。

本研究で用いるリアルタイム交通事故予測システムは、感知器データより得られる1分あたり交通量、速度、オキュパンシ、渋滞指標を用いたベイジアンネットワークによるモデルに基づくものとした。そして、リアルタイム交通事故予測システムにより交通事故に至りやすい状況という交通事故リスク判定が出た場合に実施可能な安全対策の提案とその効果分析を行った。安全対策の手法として車両速度制御、および流入車両制御を提案した。それぞれをシミュレーション上で実施して、その影響を分析した結果、第一に、車両流入制御のもつ空間・時間的速度変動を小さくする効果は極めて限定的で、自由流に回復するのを妨げる影響のほうが大きい。ゆえに車両速度制御を行っても、かえって交通事故リスクを高める結果となり得ることが明らかとなった。第二に、流入車両制御については、制御ランプより上流側の空間・時間的速度変動を小さくする効果が認められる。よって流入車両制御を行うことで、制御を行ったランプより上流側区間の交通事故リスクは下がり得ることが明らかとなった。図1は、流入車両制御有無別の急減速回数の比較を示しており、流入車両制御により急減速回数が減少していることが示されている。

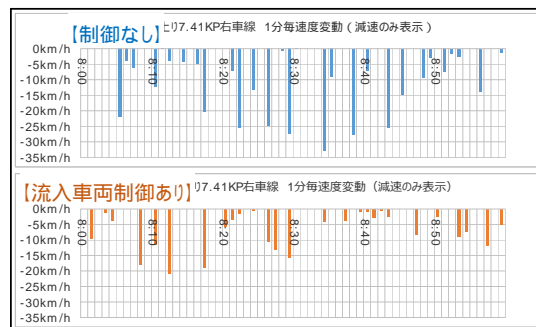


図1 流入車両制御の有無による急減速回数の比較

(4) 本研究では、リアルタイムに交通事故に至りやすい交通状況を検知し、交通状況の改善効果の高い回避手段を選択、実施することを可能とする都市高速道路を対象としたリアルタイム交通事故予測・回避システムの開発を行った。リアルタイム交通事故予測システムに関しては、ダイナミックベイジアンネットワークの導入によりリアルタイム交通事故モデルの予測パフォーマンスの向上、期待値最大化アルゴリズムと適応アルゴリズムを用いたモデルの頑強性の向上を図った。国内外の既存の研究において、このような大

規模モデルの予測パフォーマンスと頑強性の向上に資する研究例はほとんどない。また、リアルタイム交通事故回避システムに関しては、リアルタイム交通事故予測システムとシミュレーションを用いて、具体的に車両制御による交通状況の改善効果を路線全体で検討できるシステムの開発を行った。国内外の既存の研究において、このようなシステム開発に関する研究例もほとんど無いといえる。今後の課題としては、リアルタイム交通事故回避システムにおいて、効果的な車両制御の方法を効率的に見出すシステムの開発などがある。

#### 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

##### [雑誌論文](計2件)

小島俊平、室町泰徳、都市高速道路におけるリアルタイム交通事故予測モデルを利用した安全対策に関する研究、査読有、交通工学研究発表会論文集、No.37、2017  
Roy A., Kobayashi R., Hossain M., Muromachi Y., Real-time Crash Prediction Model for Urban Expressway Using Dynamic Bayesian Network, 査読有, 土木学会論文集 D3 (土木計画学), Vol.72 No.5, 2016, I\_1331-I\_1338

##### [学会発表](計4件)

Roy A., Muromachi Y., Hossain, M., Development of Real-time Crash Prediction Model with Simulated Detectors, 土木計画学研究・講演集, Vol.55, 2017, 愛媛県・松山市

Roy A., Muromachi Y., The Development of Robust Real-time Crash Prediction Models with Bayesian Network, 土木計画学研究・講演集, Vol.53, 2016, 北海道・札幌市

Roy A., Kobayashi R., Hossain M., Muromachi Y., Route Safety Management through Real-time Crash Prediction Model, 土木計画学研究・講演集, Vol.51, 2015, 福岡県・福岡市

小林涼介、室町泰徳、ベイジアンネットワークを用いたリアルタイム交通事故予測モデルの構築、土木計画学研究・講演集、Vol.48、2013、大阪府・大阪市

#### 6. 研究組織

##### (1)研究代表者

室町 泰徳 (MUROMACHI Yasunori)  
東京工業大学・環境・社会理工学院・准教授  
研究者番号：40251350

##### (2)研究分担者

兵藤 哲朗 (HYODO Tetsuro)  
東京海洋大学・流通情報工学部門・教授

研究者番号：40218748

##### (3)連携研究者

( )

研究者番号：

##### (4)研究協力者

HOSSAIN Moinul (HOSSAIN Moinul)