

ロバスト・ポアソン回帰による交通事故リスクモデルの同定と適用

Identification and application of traffic accident risk models using robust-Poisson regression

坂本尚基**・赤羽弘和***

高松誠治****・南部繁樹*****・堀口良太*****

By Naoki SAKAMOTO**・Hirokazu AKAHANE***

Seiji TAKAMATSU****・Shigeki NANBU*****・Ryota HORIGUCHI*****

1. はじめに

近年、交差点において交差道路から接近中の車両の存在を警告し、出会い頭事故を防止するなどの安全運転支援システムが開発されつつある。これまでは、詳細な幾何形状データや事故データが整備されている幹線道路や高速道路への適用が中心である。

本研究では、生活道路や細街路も含めた地域全体にそれらを効果的に導入・展開する方法の開発を目的とし、効率的に事故を抑制できる交差点を抽出するために、事故リスク推定モデルを構築した。

事故リスクモデルに関しては、例えば各種交通流データと交差点特性のマイクロなデータを用いて事故リスクを算定し、問題要因の除去による事故削減効果を算出する手法¹⁾や、そのGISへの適用²⁾、高速道路の単路部の事故リスクを交通量、縦横断線形により説明する手法³⁾等を挙げることができる。

本研究が提案するモデルは、各所の事故発生件数を道路状況および交通状況に関する指標値により説明するものである。その特徴は、第一に道路ネットワークを幾何的な繋がりで捉えるスペースシンタックス指標⁴⁾を、交通量の代替説明変数、および各道路区間に対するドライバーの認知や使い方の説明変数として用いていることである。第二に、回帰モデルの残差分布として正規分布を仮定する通常の重回帰分析に加え、事故件数の分布への適合度が高いとされるポアソン分布を残差分布と

して仮定したモデルを同定したことである。第三は、スペースシンタックス指標を含む交通状況、道路状況に関する巨視的な説明変数には含み得ない局所的状況が交通事故の発生に影響を与えている交差点を検出するとともに、それらをリスクモデルのパラメータ同定から除去するために、ロバスト回帰を採用したことである。

図-1において、実事故件数と当該リスクモデルによる推定事故件数とが直線上及びその近傍に分布する交差点においては、現状より事故件数を減少させる方策の効果も、対応する説明変数値の変更により一定の精度で予測できることが期待できる。一方で、ロバスト回帰により、リスクモデルの同定過程から除去された交差点に関しては、推定事故件数よりも事故件数が著しく多くしている局所的な状況を改善することが効果的であると想定される。そのような方策のひとつとして、安全運転支援システムの導入が挙げられる。

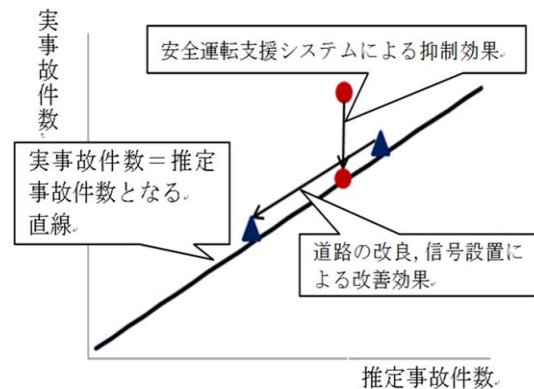


図-1 実事故件数と推定事故件数との関係のイメージ

2. 事故リスク推定モデルの同定

千葉県鎌ヶ谷市において整備されている、H7～H18年までの表-1「詳細事故データベース」中の事故件数を被説明変数とする。また、信号交差点からの距離、駅からの平均距離や本研究の特徴であるスペースシンタックス理論により得られる近接性指標・媒介性指標(道路の幾何形状から交通量の大小を推定し、交通量の代替変数

*キーワード：交通安全、リスクモデル、ロバスト回帰

** 千葉工業大学大学院工学研究科

***正員、工博、千葉工業大学

(千葉県習志野市津田沼2-17-3、TEL:047-478-0444、E-mail: akahane@ce.it-chiba.ac.jp)

****正員、工修、スペースシンタックス・ジャパン(株)
(TEL:03-3294-3335、E-mail:s.takamatsu@spacesyntax-japan.com)

*****正員、(株)トラフィックプラス
(TEL:092-532-2118、E-mail:nanbu@trafficplus.co.jp)

*****正員、工博、(株)アイ・トランスポート・ラボ
(TEL:03-5283-8527、E-mail:horiguchi@transportlab.jp)

として機能させる)等の事故発生に影響があると考えられる指標を説明変数として採用し、それらを用いて事故類型(追突・出会い頭・右折)毎に重回帰分析を行った。使用した説明変数の一欄を、表-2に示す。ここで、近接性とは、ある道路を基準として対象範囲内のすべての道路との到達のしやすさを表す指標である。媒介性とは、中心的な場所の道路の経路としての使われやすさを表す指標である。表-2中の①および②の説明変数は、特定の属性旅行者の行動が事故発生に影響を与えることを考慮するものである。説明変数③および④は、近接性指標や媒介性指標のばらつきが事故発生に与える影響を考慮したものである。なお、本論文ではスペース制約のために追突事故に関する結果のみを示すが、出会い頭事故および右折事故に関する分析結果もほぼ同様である。

表-3に、重回帰事故リスク推定モデルの同定結果を示し、図-2に残差と実事故件数の関係を示す。重回帰モデルでは決定係数 R^2 値は0.53、説明変数のp-値は0.01未満となった。後者は、高度な有意性を示していると評価される。

表-1 「詳細事故データベース」中の事故類型毎の事故件数

	右折事故	追突事故	出会い頭事故
交差点	1584	3175	3595
単路	283	2349	428
計	1867	5524	4023

表-2 説明変数一覧

説明変数	内容
主要交差点指標	広域媒介性と広域近接性を合成した組み合わせ指標
信号交差点からの距離指標	最寄りの信号交差点からの距離を表す指標
広域近接性	半径5000m範囲内の近接性
広域媒介性の自然対数	半径5000m範囲内の媒介性の自然対数
近隣媒介性の最大値	交差点に接続する道路の近隣媒介性のうち最大のもの
商業的土地利用からの接続角度の累計	一定規模の商業的土地利用からの対象交差点への接続角度の累計
① 駅からの距離指標	対象交差点からの最も近い駅への距離の逆数
② 学校からの平均距離	対象交差点から鎌ヶ谷市内にある学校までの平均距離の逆数
③ 標準偏差 (広域近接性や近隣媒介性など)	対象交差点に接続する道路の広域近接性や近隣媒介性の標準偏差
④ 変動係数 (広域近接性や近隣媒介性など)	標準偏差を広域近接性や近隣媒介性などの平均値で除したもの

表-3 追突事故リスクモデルの重回帰結果

説明変数等	偏回帰係数値	p-値
定数項	-21.77	<0.01
広域媒介性	1.06	<0.01
広域近接性	25.97	<0.01
信号交差点からの距離	-594.62	<0.01
主要交差点指標	1.74	<0.01
変動係数(近隣近接性)	-11.30	<0.01
駅からの距離(逆数)	0.31	<0.01

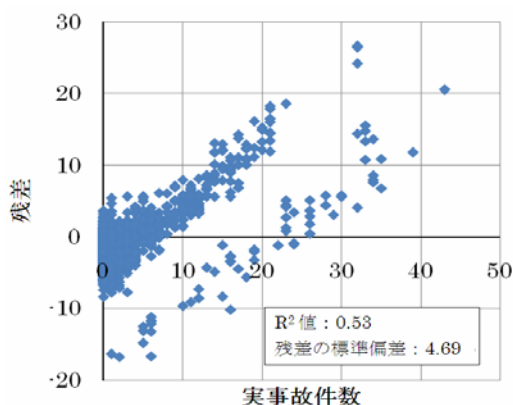


図-2 重回帰事故リスク推定モデルの残差分布

3. ポアソン回帰の導入

事故発生件数の分布がポアソン分布に合致することから、回帰の残差分布として同分布を仮定して、リスクモデルを同定した。表-4に追突事故のポアソン回帰結果を示し、図-3に、追突事故リスクモデルの残差分布を、ポアソン回帰と重回帰とについて示す。

図-3より、重回帰時よりもポアソン回帰時の残差の方が、分布範囲が狭まっていることが分かる。残差の標準偏差は、重回帰では4.69であるのに対し、ポアソン回帰では4.54と、やや小さくなっている

表-4 追突事故リスクモデルのポアソン回帰結果

説明変数等	偏回帰係数値	p-値
定数項	-3.71	<0.01
近隣媒介性	2.56×10^{-5}	<0.01
広域近接性	2.74	<0.01
商業土地利用からの接続角度の累計	-0.16	<0.01
変動係数(広域近接性)	33.11	<0.01
学校からの平均距離	2.20	<0.01
広域媒介性の自然対数	0.22	<0.01
信号交差点からの距離指標	-294.37	<0.01
主要交差点指標	0.10	<0.01
標準偏差(広域近接性)	-4.19	<0.01

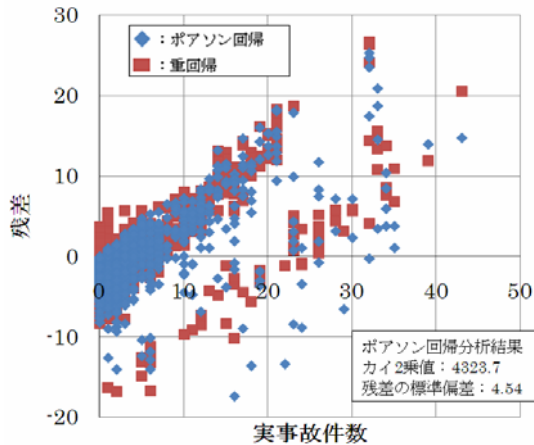


図-3 ポアソン回帰と重回帰との残差分布の比較

4. ロバスト回帰の導入

説明変数には取り込めない局所的で特異な状況によって、推定事故件数よりも実事故件数が大幅に上回っている交差点を回帰分析の対象から除去することを主目的として、ロバスト回帰法を適用する。これにより残差が大きな交差点を除外し、パラメータ同定において局所的な状況の影響を排除することができる。さらに、ロバスト回帰により、実事故件数にリスクモデルによる推定事故件数を近づけることで、信号の設置、障害物の排除といったインフラ整備、あるいは交通規制の変更などによる事故抑制効果の事前評価の精度を向上させることも期待される。逆に、特異地点に安全運転支援システムを導入することで、その機能を効果的に発揮させることにも適用可能であろう。

残差の標準偏差 σ を算定し、 3σ より残差が大きな交差点を除外して回帰する過程を除外交差点がなくなるまで繰り返す。同過程では、 p -値が0.01以上となる説明変数を、その都度除外するものとする。

表-5 に通常の回帰とロバスト回帰の比較結果を示し、図-4 にロバスト回帰による重回帰モデルの決定係数とポアソン回帰モデルの χ^2 乗値と、除外交差点率との関係を示す。また、図-5 に重回帰分析、図-6 にロバスト回帰の最終結果における残差分布を示す。

表-5 より、重回帰モデルおよびポアソン回帰モデルともに、ロバスト回帰によって精度が向上している。しかし、これはサンプルを除外していることを勘案して、慎重に評価する必要がある。また、図-5 および6 からは、

表-5 ロバスト回帰の効果

		重回帰	ポアソン回帰
通常の回帰	決定係数/ χ^2 乗値	0.51	4323.7
	残差の標準偏差	4.69	4.54
ロバスト回帰	決定係数/ χ^2 乗値	0.72	2104.6
	残差の標準偏差	2.81	2.52
	除外サンプル率 (%)	8.2	9.9

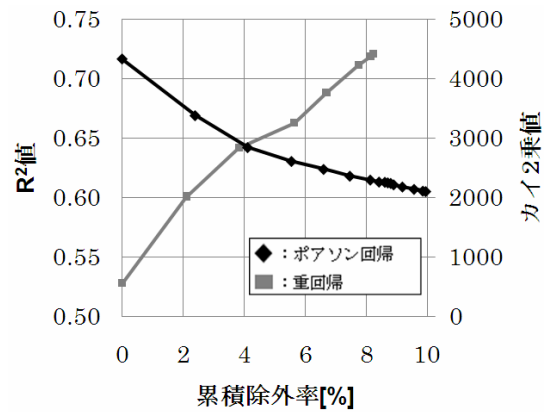


図-4 ロバスト回帰における推定精度と除外交差点率との関係

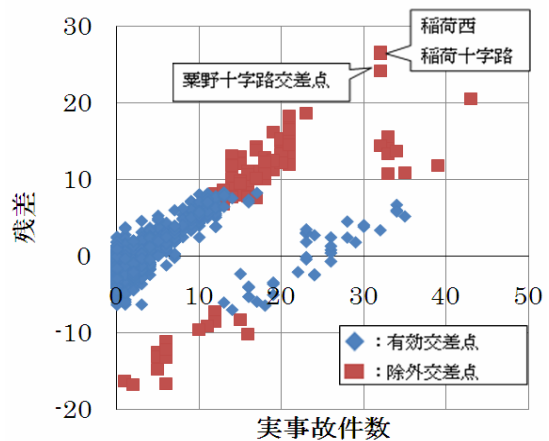


図-5 ロバスト重回帰モデルの残差分布

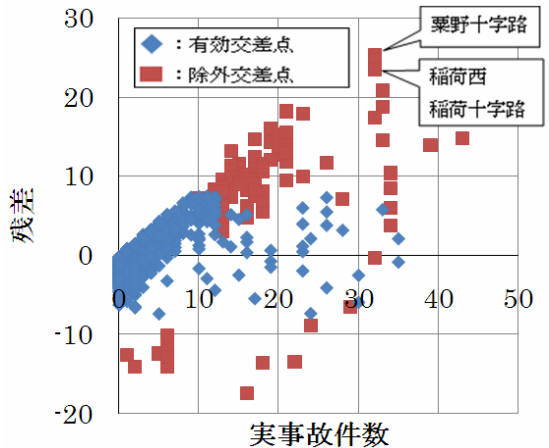


図-6 ロバスト・ポアソン回帰モデルの残差分布

残差の絶対値が大きいサンプルが除外されていること確認できる。しかし、実事故件数がモデル推定値より大きなサンプルのみならず、小さなサンプルも除外されていることは、慎重に検討し改善を図る必要があろう。

5. ロバスト回帰で除外された事故多発地点の実地検証

構築した追突事故リスク推定モデルから除外された交差点のうちで残差の上位3交差点は、図-5、6 に示される栗野十字路口、稲荷西、稲荷十字路口であった。この中

で、この状況の対応した交通安全対策が未施工の栗野十字路を实地検証した。図-7に栗野十字路交差点の構造を示し、図-8に栗野十字路における事故状況別分布を示す。

实地調査の結果、初富方面と自衛隊基地方面からの流入交通の相互の見通しが、交差点直近の店舗により阻害されていることが分かった。また、同交差点の停止線は、交差点中心からかなりセットバックして設置されている。これは、同所においては、片側一車線の道路同士がX字型に交差しており、転回する大型車と信号待ち車両の交錯を回避するためであると推定される。

この幾何構造が、道路幅員からドライバーが期待する全赤時間に対して、実際に設定されている全赤時間がかなり長くなるを得なくしているようである。全赤時間が長いことを認識している運転者が同表示中に停止線を強引に通過する状況と、交差方向の信号待ち車両の運転者が交差方向の灯器が全赤に変わってから通常の表示時間を期待して停止線を通過するフライングが同時に発生すると、いわゆる出会い頭事故が発生しやすくなる。図-9からは、特に同図中の左下に、両流入路からの交通が関わる事故が集中していることがうかがわれる。

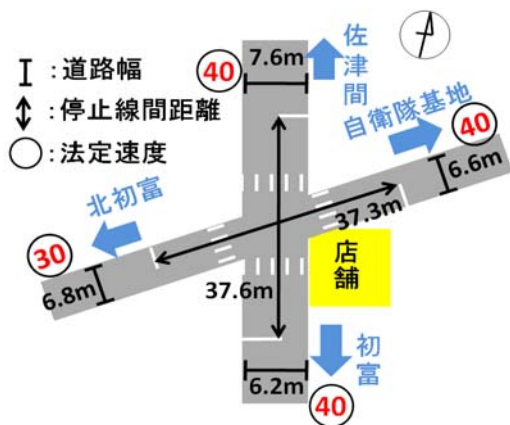
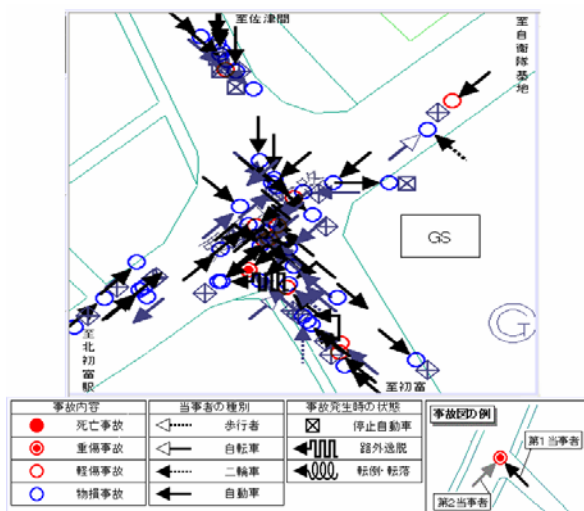


図-7 栗野十字路交差点の幾何構造の概要



出典：<http://www.trafficplus.co.jp/kamagaya/top.html>

図-8 栗野十字路交差点の事故状況図

6. まとめと今後の展開

本研究では交通状況および道路状況に基づいて事故発生件数を推定するモデル（事故リスク推定モデル）を同定した。事故リスク推定モデルを構築するために、「詳細事故データ」中の実事故件数を被説明変数、空間データより得られる数値を説明変数とし、事故類型ごと（追突・出会い頭・右折）に重回帰分析、ポアソン回帰分析を行った。また、事故発生と何らかの関係があると考えられる、単位面積当たりの街路密度、学校や商業施設からの距離、標準偏差、変動係数といったものが考慮されていないので、このような指標も説明変数として導入する必要があると考え新しい説明変数を適用した。重回帰分析、ポアソン回帰分析を行った結果、説明変数には取り込めない局所的で特異な状況によって、モデルによる推定事故件数よりも、実事故件数が大幅に上回っている交差点を重回帰分析の対象から除去することを主目的としてロバスト回帰を行った。ロバスト回帰により除外された地点の栗野十字路交差点の特性を实地調査し、局所的な事故要因の有無等を確認した。

今後は事故リスク推定モデルの説明力を向上させるために、より特にロバスト回帰法の改善を検討する。また、現在のモデルには説明変数として取り込めていない局所的で特異な状況から事故が多発している地点の抽出と分析を行い、可能な場合には説明変数の追加を検討する。

謝辞

本研究において千葉県警察本部、鎌ヶ谷市各位には、多大なる理解と支援をいただいた。ここに記して謝意を表す。

参考文献

- 1) 斎藤 功次, 王 印海, 高橋 清, 家田 仁: 事故発生過程を考慮した信号交差点における右折直進事故の事故リスク算定モデルの構築, 土木学会年次学術講演会講演概要集第4部, Vol.53, pp.476-477, 1998.
- 2) 彦坂崇夫, 中村英樹: 高速道路単路部における交通状況と事故率との関連に関する統計的分析, 交通工学研究発表会論文報告集, 第21回, pp.173-176, 2001.
- 3) コリム・マサド・デワン, 家田 仁, 寺部慎太郎: 出会い頭事故及び進路変更巻き込み事故を対象にした事故リスク分析モデルの構築とその地理情報システムへの適用, 土木計画学研究論文集, Vol.24, pp.751-756, 2001.
- 4) 高松 誠治, 堀口 良太, 赤羽 弘和: 道路網の位相幾何学的評価尺度を導入した交通事故リスク推計モデルの構築, 交通工学, Vol. 44, No. 1, pp.54-62, 2009