

事故の深刻度を考慮した幹線道路における自転車事故のリスク分析*

Risk Analysis for Bicycle Accidents along Trunk Roads *

亀井省吾**・吉田長裕***日野泰雄****

By Syougo KAMEI **・Nagahiro YOSHIDA ***Yasuo HINO****

1. 研究の背景と目的

自転車が安全に走行できる道路空間を提供するためには、客観的な安全評価に基づいた問題点の把握や安全対策の立案が不可欠である。自転車事故に関しては、事故統計データを用いた分析事例や現地観測に基づいた報告がされている。特に、交通量の変化に伴う影響や自転車走行施設のタイプ別の道路空間に関わる危険の潜在性を発生させる事故リスクの違いについては、海外では分析事例が報告されているものの、国内では利用可能な統計データも少なく事例もほとんどないのが現状である。

道路空間の安全性を客観的に評価する方法の1つとして、道路リンクを単位とした事故分析モデルの構築がある。交通事故は、道路ネットワーク上で点として発生する現象であり、これまでは交差点などの特定の事故発生箇所を対象とした統計分析が対策立案上も効果的であった。しかし、近年は特定の箇所における事故件数が少なく、年々の変化が著しい場合もあり、点よりもむしろ道路リンクを単位とすることで、マクロ的な分析が可能と考えられる。

そこで、本研究では、兵庫県下の自転車事故を対象に一般化線形モデルを適用することで、自転車事故リスクの変化要因について把握することを目的とする。

2. 研究方法

(1) 事故リスクの定義

事故が起こるには様々な原因があり、ハードウェア、人間、システムがあげられる。これらを自転車事故に当てはめると、事故の原因は交通具、運転手、走行環境と考えられ、具体例をあげれば以下のようなになる(表1)。

*キーワード：自転車事故リスク分析、交通安全、交通情報

**学生員、大阪市立大学工学研究科

(大阪市住吉区杉本 3-3-138 大阪市立大学大学院工学研究科
都市基盤計画分野 TEL (06) 6605-2731 FAX(06) 6605-3077

E-mail : kamei@plane.civil.eng.osaka-cu.ac.jp)

***正員、工博(工学)、大阪市立大学大学院工学研究科

****正員、工博(工学)、大阪市立大学大学院工学研究科

事故が起こるのは、暴露量(試行回数)とは独立で、暴露量では説明できない潜在的な危険がある。そこで、「事故リスク」は、この潜在的な危険(事故)を発生させる確率を意味し、発生した事故が事故当事者に与える被害の程度も含むものとする。事故リスクに作用するものに、事故の原因となる交通具、運転手、走行環境があげられるが、交通具や運転手に関するデータは入手できないので、走行環境が原因になったものを本研究では扱う。

表1 事故リスクに作用するもの

原因	ハードウェア	人間	システム
	交通具	運転手	走行環境
具体例	・自動車故障 ・自転車故障 etc	・運転ミス ・信号無視 ・不注意 etc	・交差点数 ・自転車通行施設 ・幅員 etc

(2) モデルの概要

交通事故現象を確率事象と見なすために道路空間の危険度(事故リスク)と暴露量(試行回数)とにわけ、それらの積によって事故が顕在化すると考える。

本研究では、事故件数と交通量を独立した変数として取り扱い、交通量との非線形関係を表現できる式1のような乗数モデルを用いる。この式中の α は、暴露量とは独立した事故リスクを表す未知のパラメータで、各道路状況における事故を顕在化させる危険度を表す。 β は事故と交通量との線形、非線形関係を表し、 $\beta=1$ 、 $\beta>1$ 、 $\beta<1$ の時にそれぞれ線形、指数、対数関係となる。

$$\mu = \alpha \times Q^\beta \cdots (\text{式1})$$

この両辺を対数にとり、事故リスクの変化を表す説明変数、誤差項を加えたものが式2となる。これは、誤差項にポアソン分布を仮定した対数線形モデルで、一般化線形モデルの1つである。

$$\log u = \log \alpha + \beta \log Q + \sum \beta X + \varepsilon \cdots (\text{式2})$$

u_i : 事故件数(件/年) α : 事故リスク Q : 交通量

X : 事故リスクの変化要因 ε : 誤差項

モデル全体の精度を表す指標として、対数尤度 (log likelihood) と赤池情報基準 (AIC) を用いた。対数尤度に説明変数の数の影響を考慮した AIC の値が小さいほど、モデル全体の精度が向上したと判断できる。

また、変数の有意性の精度を表す指標として、t 値を用いた。t 値の絶対値が 2 を超えると統計的に有意となり、変数は有意であるといえる。

(3) 対象データ

本研究で取り扱ったデータは、H17 道路交通センサスに記録のある兵庫県下の幹線道路延長 6,292km のうち、一般国道、地方主要道の 2053.5km (幹線道路全体の 33%) で、自転車通行施設延長別では自転車歩行者道のある道路 832.7km (構成率 27%)、歩道あり道路 250.9km (9%)、歩道なし道路が 969.9km (63%) である (表 2)。道路ネットワークの分割方法は、道路交通センサスの区間をそのまま用い、分析区間数は 467 (平均区間長 : 3.5km) である。モデルの暴露量にあたる変数については、道路交通センサスでは車種別交通量と区間長を乗じた台キロが候補となる。通常、事故分析では、周期的な影響をのぞくために 1 年間分のデータを用いるため、交通量にも年間の値を用いることが適切ではあるが、該当するデータがないため、道路交通センサスにある 24 時間自動車類交通量と 12 時間自転車交通量を代用した。

一方、事故データについては、H17 道路交通センサスにも区間の事故件数等の項目があるが、事故類型を問わず H11~H16 年の 6 年間の平均値を用いて、さらにリンクによると事故件数のデータがないものも見られた。そこで本研究では、GIS を用いて自転車関連事故数のカウントを行った。

まずは、GIS の地図上に H17 道路交通センサスの道路リンク毎にラインを引き、各リンクの道路を作成する。そして、県下 H17 年の事故データから各々の事故発生箇所を地図上にプロットを行う。そして、各ライン上にあるプロット数により、各リンクの自転車関連事故数を集計した (表 3)。

モデル式に代入する説明変数は以下の考え方により選定した。まずは、暴露量を表すものとしては、各種交通量、区間延長があげられる。そして、単路部と交差点部を考慮するために、単路部では歩道あり延長、歩道なし延長などの自転車通行施設、交差点部では、幅員を考慮した信号有無別交差点数により表した。そして、道路交通センサスには、各交通手段の速度に関するデータがないので、歩道代表幅員、指定最高速度などにより、自転車、車両の走行条件を表した。これらに当てはまるデータを道路交通センサスの中から選定した。

表 2 使用したデータの内訳

	区間延長	自転車通行帯延長	自転車歩行者道延長	歩道あり道路延長	歩道なし道路延長
一般国道	1465.1	0	608.7	162.9	693.5
地方主要道	588.4	0	224.0	88.0	276.4
幹線道路全延長	6292.8	1.7	1724.2	581.5	3985.4
全延長に占める割合(%)	33	0	48	43	24
自転車通行施設の構成率(%)		0	27	9	63

表 3 研究対象とした事故類型別件数

	車両関連事故			自転車関連事故		
	車両相互	歩行者×車両	車両単独	自転車×車両	自転車相互	自転車×歩行者
一般国道	7319	511	513	1508	113	16
地方主要道	2564	289	197	564	41	6
計	9883	800	710	2072	154	22

表 4 分析に用いた変数

暴露量	単路部	交差点部	走行条件
・平日自動車類自転車交通量 ・区間延長	・歩道なし ・歩道あり ・自転車歩行者道 ・自転車通行帯	・信号有無別交差点数 (W<5.5、W≥5.5)	・路肩幅員 ・歩道代表幅員 ・指定最高速度 ・車道幅員

*自動車類は24時間、自転車類は12時間交通量

(4) モデル式の構築

モデル式を構築するにあたり、以下のことを行った。本研究では、幹線道路における自転車事故を対象とするので、H17 道路交通センサスにおいて、自転車交通量が観測されなかった 65 リンクは、分析の対象外とした。

また、モデル式に変数を代入する際に、道路空間に縦断面に存在するものと横断面に存在するもので以下のように考えた。

まずは、縦断面に存在するものとして、自転車通行施設延長、交差点数があげられる。通行施設に関しては、各種通行施設延長を区間延長で除することにより、リンクの区間延長あたりの通行施設率にしてモデル式に代入した。また、交差点数に関しては、信号有無別交差点数を各リンクの区間延長で除することにより、単位区間あたりの交差点数、すなわち交差点密度にしてモデル式に代入した。

次に、横断面に存在するものとして、自転車走行を表す路肩幅員と歩道代表幅員、車両走行を表す指定最高速度、車道幅員があげられる。これらは、ダミー変数に変換して、モデル式に代入した。

(5) 基礎データセット

(4) のモデル構築の手順にしたがい、道路交通センサスのデータを整理した。

分析において用いた基本データセットを、467リンクについて、平均値、最大値、最小値、データが0であるリンク数をまとめたものを以下に示す(表5)。また、自転車・車両の走行条件を表す変数のダミー変数表示したものも以下に示す(表6)。特徴としては、通行施設別に見ると、歩道あり延長が0kmのリンクが多く見られ、歩道なし車道の割合が高いことが分かる。

表5 基礎データセット

	自転車交通量(台)	車両交通量(台)	区間延長(km)	自転車歩行者道延長(km)
平均	313	20935	4.397216	1.8
最大	3042	133069	23.3	9.9
最小	0	270	0.1	0
0のリンク数	65	0	0	101
	歩道あり延長(km)	歩道なし延長(km)	信号交差点数	信号なし交差点数
平均	0.5	2.1	5	19
最大	9	23.1	29	123
最小	0	0	0	0
0のリンク数	255	145	92	64

表6 走行条件ダミー変数表

ダミー番号	自転車走行条件		車両走行条件	
	路肩幅員		最高速度	
	m	該当数	km/h	該当数
1	$W < 1$	98	$v < 40$	158
2	$1 \leq W < 2$	266	$v = 50$	219
3	$2 \leq W$	37	$v = 60$	24
ダミー番号	歩道幅員		車道幅員	
	m	該当数	m	該当数
	1	$W = 0$	11	$W \leq 7$
2	$0 < W \leq 2$	117	$7 < W \leq 8$	101
3	$2 < W \leq 3$	148	$8 < W \leq 11$	63
4	$3 < W$	125	$11 < W$	117

3. 自転車関連事故の事故リスク分析

(1) 自転車通行施設の比較

通行施設によるリスク変化をみるために、基本パターンに各自転車通行施設率を変数に追加し、そのパラメータを比較した(表7)。結果より、基本暴露量の変数は有意であるものの、歩道なし道路、自転車歩行者道あり道

路、歩道あり道路の違いは有意にならなかった。このことから、自転車事故はほぼ暴露量により決まり、通行施設の条件により、事故リスクがほとんど変化しないことが示唆された。

表7 自転車通行施設の比較

	係数	t 値
係数	-9.250	-9.937
区間延長	0.776	7.953
自転車交通量	0.714	14.023
車両交通量	0.595	5.808
歩道なし道路率		
歩道あり道路率	0.059	0.168
自転車歩行者道あり道路率	0.122	0.456
log likelihood		-808.716
AIC		4.063
過剰分散パラメータ		2.726

(2) 自転車事故のリスク変化要因

次に、自転車事故のリスク変化の要因を把握するために、交差点条件、走行条件を表す変数を追加し、分析を行った。なお、事故類型による違いがモデルで表現できるかを検証するために、車両相互、自転車相互、自転車×歩行者についても同様の分析を行った。それぞれ分析を行ったところ、自転車×歩行者の場合のみ暴露量の変数は有意でなかった。このことより、自転車相互の事故に関しても、交通量の影響を大きく受けていることがわかった。暴露量が有意になった中でも車両事故と自転車事故を比較するため、自転車×車両、車両相互の分析結果を以下に示す(表8)。

- いずれの事故類型においても、暴露量、錯綜条件を表す変数の有意性は高く、「各種交通量交通量」、「交差点密度」の影響が高い。
- 「路肩幅員」の影響は有意ではないものの、路肩が広がるほど事故リスクが低減する傾向を示した。これは路肩が広がると、自転車が走行しやすくなり、スピード超過、巻き込みが増加する可能性を示している
- 「歩道幅員」も優位性は低く、歩道幅員2~3mにおける事故リスクが増加する傾向があるが、幅員が広くなりすぎると、自転車運転手が運転しやすくなり、視界も広がるため事故リスクが減少すると考えられる。
- 「指定最高速度」の有意性はそこまで低くはなく、指定速度が上がるほど事故リスクを低減する傾向が確認された。これは、指定速度が上がる程、自転車通行施設による自転車と自動車の分離の割合が高くなるためであると考えられる。
- 自転車×車両、車両相互ともに幅員の広い方が事故リ

スクを増加させるが、車両相互は信号交差点での影響が大きい、自転車×車両は信号なし交差点での影響が大きい結果となった。これは、自転車の方が自動車よりも交差点での飛び出し傾向が強く、車両による巻き込みが考えられるためである。

表8 事故類型別リスク分析結果

	自転車×車両		車両相互	
	係数	t 値	係数	t 値
定数	-10.687	-7.993	-8.671	-9.060
区間延長	0.899	8.007	0.728	8.674
自転車交通量	0.608	10.329		
車両交通量	0.703	5.492	1.076	11.971
信号交差点				
W < 5.5m	0.143	1.410	0.152	1.773
密度				
W ≥ 5.5m	0.109	1.687	0.125	2.428
信号なし				
W < 5.5m	0.027	1.157	0.022	1.143
交差点密度				
W ≥ 5.5m	0.089	2.271	0.053	1.623
歩道なし道路延長率	-0.042	-0.130	-0.207	-0.946
歩道あり道路延長率				
路肩幅員 1	-0.301	-1.106	-0.241	-1.058
路肩幅員 2	-0.166	-0.647	-0.107	-0.492
路肩幅員 3				
歩道幅員 1	0.296	0.457		
歩道幅員 2	-0.300	-1.466		
歩道幅員 3	0.121	0.652		
歩道幅員 4				
指定最高速度 1	0.545	1.565	0.320	1.190
指定最高速度 2	0.413	1.297	0.060	0.245
指定最高速度 3				
車道幅員 1	0.229	0.801	-0.179	-0.839
車道幅員 2	-0.040	-0.153	-0.136	-0.721
車道幅員 3	0.324	1.361	0.157	0.841
車道幅員 4				
log likelihood		-793.334		-1484.920
AIC		4.052		7.481

(3) 事故の深刻度のリスク変化の要因

さらに、事故の深刻度を考慮するために、自転車×車両の事故を死亡・重傷・軽傷別に分けてリスク分析を行った。その際、死亡事故件数が少なく分析ができなかったため、重傷事故件数と死亡事故件数の合計と軽傷事故件数に分けて分析を行い比較した。その中でも、各事故深刻度のパターンにおいて、t値の絶対値が1.5以上を超え、変数の有意性が高いものを取りあげた(表9)。この結果の考察を以下に示す。

いずれの事故深刻度に関しても、信号なし交差点の影

響が強かったが、重傷・死亡事故数は幅員の狭いところ、軽傷は幅員の広いところが事故リスクを増加させる結果であった。これより、幅員が狭くなると車両運転者の視界が悪くなり、被害者に気づくのが遅れ事故深刻度の増加につながることを示唆できる。

表9 事故深刻度別t>1.5の変数

事故類型	軽傷	重傷+軽傷
変数	<ul style="list-style-type: none"> ・区間延長 ・自転車交通量 ・車両交通量 ・信号交差点密度 (W ≥ 5.5m) ・信号なし交差点密度 (W ≥ 5.5m) 	<ul style="list-style-type: none"> ・区間延長 ・自転車交通量 ・車両交通量 ・信号なし交差点密度 (W < 5.5m)

5. まとめと今後の課題

本研究では、幹線道路における自転車事故を対象として、事故類型別、事故深刻度別に分けて事故リスクの変化要因を明らかにするために、交通量と事故件数の非線形の関係性を考慮できる一般化線形モデルを用いて考察を行った。事故件数に影響を与えるものとして、暴露量と交差点密度が有意な結果が得られた。しかし、自転車走行施設による事故リスクの違いは見られず、走行条件による違いは明確にならなかった。事故類型に関しては、自転車×歩行者の事故では有意な結果がでなかったものの、それ以外のいずれの事故類型においても暴露量が事故リスクに大きく影響を与えているという結果になった。また、事故の深刻度を表す指標としても、暴露量、交差点密度で有意な結果が得られた。

自転車走行施設により、事故リスクに差は見られなかったが、道路交通センサスでは3パターンと細かい区分がされていなかった。そのため、自転車道や自転車レーンといった細かい区分まで分かるデータを用いることにより、分析の精度が向上するかを検証することが今後の課題にあげられる。また、山間部、海側部などといった地域別特徴が事故リスク影響を与えているのかを検証することも今後の課題にあげられる。

参考文献

- 1) 三浦利章、原田悦子：事故と安全の心理学、東京大学出版会、2008
- 2) RISK ASSESSMENT The Human Dimension : Nick W.Hurst , The Royal Society of Chemistry, 1998 [花井荘輔約、リスクアセスメント、丸善株式会社、2000]