道路の幾何構造および利用状況と自転車事故対策効果の関係性分析

白木　輝[1]・鈴木　弘司[2]

[1]学生会員　名古屋工業大学大学院　工学研究科（〒466-8555 名古屋市昭和区御器所町）
E-mail:h.shiraki2000@gmail.com

[2]正会員　名古屋工業大学大学院教授（〒466-8555 名古屋市昭和区御器所町）
E-mail:suzuki.koji@nitech.ac.jp

自転車事故対策効果が発現する交差点の幾何構造および利用状況の条件を明確化することで，より効果的な自転車事故対策を実施できると考えられる．本研究では，国土交通省中部地方整備局名古屋国道事務所が取り組んでいる「事故ゼロプラン」により実施された愛知県内の自転車事故対策箇所について，対策工種毎の自転車事故対策効果と交差点の幾何構造および利用状況の関係を分析した．

自転車事故発生状況分析により，歩道および横断歩道の通行者の保護を目的とする対策箇所と，右折車の誘導を目的とする対策箇所の両方で事故抑止効果を確認した．また，事故抑止率を目的変数，交差点の幾何構造や利用状況を説明変数としたロジスティック回帰分析により，同じ目的の対策工種に共通して対策効果に影響を及ぼしている幾何構造や利用状況の特徴を把握した．

Key Words: *traffic safety, bicycle, intersection, geometric features of roads*

1. はじめに

近年，わが国における自転車関連交通事故件数は減少傾向にあるものの，自動車や歩行者等，他の種別と比較するとその減少率は低い[1]．2022 年中の全交通事故に占める自転車関連交通事故の割合は 23.3%であり，2003 年以降で最も高くなっていることから，自転車事故対策の必要性は高いといえる．

一方，「歩車境界の視認性改良」「交差点コンパクト化」等の様々な工種による交差点および交差点付近での自転車事故対策が近年各所で実施されているが，対策効果が発現する交差点の幾何構造および利用状況の条件を明確化することで，より効果的な自転車事故対策を実施できると考えられる．

自転車事故に関する研究として，幸坂ら[2]は，自動車交通量の多い道路 3 区間における自転車レーン整備前後の交通事故発生状況を分析し，自転車レーン導入後に自転車が車道を通行することによる自転車関連事故の増加を確認した．松本ら[3]は，自転車事故死傷者数を説明するモデルを構築した上で自転車事故の要因分析・自転車交通安全対策検討を行い，自転車走行環境整備および自転車交通安全教育の推進が自転車事故低減に効果的であることを示した．対策前後比較により事故対策効果を分析した事例や，事故の要因を分析した事例はあるものの，多くの事故対策箇所のデータを用いて事故対策効果が発現するメカニズムを詳細に分析した研究事例は少ない．

本研究では，国土交通省中部地方整備局名古屋国道事務所が取り組んでいる「事故ゼロプラン[4]」により実施された愛知県内の自転車事故対策箇所について，対策工種毎の自転車事故対策効果と交差点の幾何構造および利用状況の関係を分析する．

2. 調査概要

(1) 事故ゼロプランの概要

事故ゼロプランとは，交通事故が起こりやすい危険箇所を「事故危険区間」として選定し，安全で円滑な交通の確保や交通事故の撲滅に取り組む計画である．愛知県では，愛知県内の直轄国道において，過去の死亡事故発生箇所だけでなく，事故の特性，道路の性格，関係機関および道路利用者に対するアンケート結果を通じて事故危険箇所を選定することで，効果的な対策を進めている．

本計画を通じて，愛知県では 2008 年から 2021 年にかけて 967 箇所の交差点で自転車事故対策が実施された．自転車事故の対策工種を**表-1** に示す．対策工種には，歩道および横断歩道の通行者の保護を主目的としている対策と，右折車の誘導を主目的としている対策が多く含ま

れている．右折車の誘導を目的としている対策は，右折時の挙動を正すことで自転車との衝突を防ぐ効果が期待できるため，間接的な自転車事故対策であるといえる．

(2) 使用データの概要

本研究では，平成 27 年度全国道路・街路交通情勢調査一般交通量調査結果，名古屋国道事務所から提供された愛知県事故ゼロプランデータベースおよび警察庁が公開している交通事故オープンデータ [5]により得られたデータを用いて分析を行う．平成 27 年度全国道路・街路交通情勢調査一般交通量調査結果より交差点の幾何構造および利用状況のデータを，愛知県事故ゼロプランデータベースより事故対策箇所や対策前後の事故件数のデータを，交通事故オープンデータより事故発生状況のデータをそれぞれ取得する．

なお，本研究では，対策前後 4 年間の自転車事故件数が記録されており，対策前後 4 年間で自転車事故が 1 件でも発生している 4 枝交差点を分析対象とする．自転車事故対策が実施された 967 箇所の交差点のうち 263 箇所がこれに該当する．

(3) 分析の方針

3 章では，対象交差点およびその周辺における事故発生状況の基礎分析を行う．また，対策前後の自転車事故件数を用いて各対策工種の効果検証を行う．

4 章では，交差点の幾何構造と自転車事故対策効果の関係性を明らかにするため，ロジスティック回帰分析を行う．

なお，以降の分析における検定結果では，*：10%有意，**：5%有意，***：1%有意とする．

3. 自転車事故発生状況分析

本章では，対象交差点およびその周辺における事故発生状況の基礎分析を行うほか，対策前後の自転車事故件数を用いて各対策工種の効果検証を行う．

(1) 事故発生状況の基礎分析

2019 年から 2022 年までの間に対象交差点および対象交差点の側端から 30m 以内の道路の部分で発生した自転車事故の発生状況を分析する．

死亡者数，負傷者数ごとの自転車事故件数を**表-2** に示す．これにより，対象交差点の自転車事故 501 件のうち死亡事故が 4 件発生しているほか，ほとんどの事故で死傷者数が 1 人であることがわかる．

相手当事者別の自転車事故件数を**図-1** に示す．これにより，対象交差点において自動車対自転車の事故が全体

表-1 自転車事故の対策工種

右折レーンの設置	右折レーンのカラー化
右折ポケットの設置	防護柵のガードパイプへの変更
区画線処理で右折レーン確保	右折ショートカット防止
右折レーンの反対車線へのシフト	交差点コンパクト化
右折レーンの1車線分シフト	歩車境界の視認性改良
右折レーンのセパレート化（ゼブラ）	巻き込み部の視認性改良
直進・左折車線のカラー化	歩道有効幅員の拡幅
右折時の交差点内停止線設置	

表-2 死亡者数と死傷者数別の事故件数

死亡者数[人]	事故件数[件]	死傷者数[人]	事故件数[件]
0	497	0	0
1	4	1	493
2	0	2	8
計	501	計	501

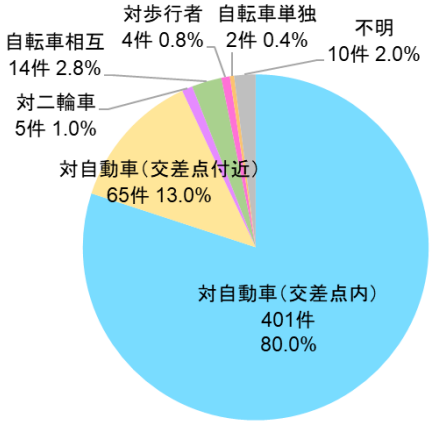


図-1 相手当事者別の自転車事故件数（N=501）

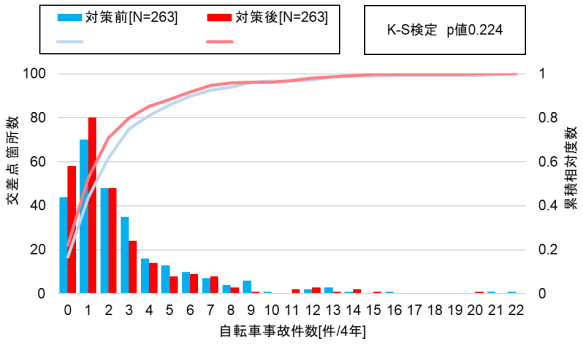


図-2 自転車事故件数の分布

の 93.0%を占めており，その中でも交差点内事故が多いことがわかる．**表-2** に示した死亡事故は全て自動車対自転車の事故であることから，自動車対自転車事故の対策の必要性は特に高いといえる．本計画で実施された自転車対策工種のほとんどが自動車対自転車事故に関連する対策であるため，以降の分析は自動車対自転車事故を想定して行う．

(2) 事故対策の効果

対象交差点の対策前後 4 年間の自転車事故件数を用いて，複数の指標から事故対策の効果検証を行う．初めに，自転車事故件数の分布および累積相対度数を**図-2** に示す．

図-2 より，対策前後ともに，自転車事故件数が 0[件/4

年]～4[件/4 年]の区間が全体の 80%以上を占めていることがわかる．また，K-S 検定より，対策前後で分布形状に有意な変化は見られない．

a) ポアソン分布を用いた事故発生頻度の検定

自転車事故は発生確率が極めて小さい事象であるため，自転車事故発生確率はポアソン分布に従うと考えられる．そこで，各対象交差点の対策前後 4 年間の自転車事故件数を用いて，事故対策前後で自転車事故の発生頻度が変化したかについて，有意水準$\alpha = 0.10$でポアソン分布を用いた両側検定を実施する．

確率変数Xがポアソン分布$P_0(\lambda)$に従うとき，期待値$E(X) =$ 分散$V(X) = \lambda$が成り立つ．そのため，検定統計量Zは式(1)で算出される．

$$Z = \frac{(\bar{x} - \lambda)}{\sqrt{\lambda}} \quad (1)$$

ここで，λ:対策前 4 年間の自転車事故件数[件/4 年]，$\bar{x}$:対策後 4 年間の自転車事故件数[件/4 年]

式(1)より検定統計量Zを算出し，有意水準$\alpha = 0.10$のときの$Z(\alpha)$により設定された棄却域と比較することで事故発生頻度が変化したか否かを結論づける．対策工種別の検定を行い，それぞれ頻度低下，変化なし，上昇およびエラーの割合を算出した結果を**図-3** に示す．なお，事故対策前 4 年間の事故件数が 0 件であると検定統計量が算出できないため，その場合はエラーと判定している．

図-3 より，全体の 18.6%の交差点で事故発生頻度が低下し，8.4%の交差点で事故発生頻度が上昇していることがわかる．対策工種別にみると，多くの工種で全体の 20%程度の交差点で事故発生頻度が低下していることがわかる．

b) 事故抑止率

警察庁と国土交通省が合同で取り組んでいる「事故危険箇所」対策では，第 5 次社会資本整備重点計画において「令和 7 年度末までに幹線道路の事故危険箇所における死傷事故件数を令和元年比で約 3 割抑止」という目標を掲げている [6]．このように，事故対策による事故件数や死傷者数の抑止率を対策効果の基準としている例は多い．そこで，各対象交差点の事故対策前後での自転車事故件数抑止率を算出し「抑止率 0.3 以上」「抑止率 0 以上 0.3 未満」「抑止率 0 未満」に分類する．抑止率は式(2)のように算出する．ただし，対策前 4 年間の自転車事故件数が 0[件/4 年]の場合は「抑止率 0 未満」に分類する．

$$D = 1 - \frac{\bar{x}}{\lambda} \quad (2)$$

ここで，D:抑止率，λ:対策前 4 年間の自転車事故件数[件/4 年]，$\bar{x}$:対策後 4 年間の自転車事故件数[件/4 年]

対策工種別の抑止率の分類結果を**図-4** に示す．

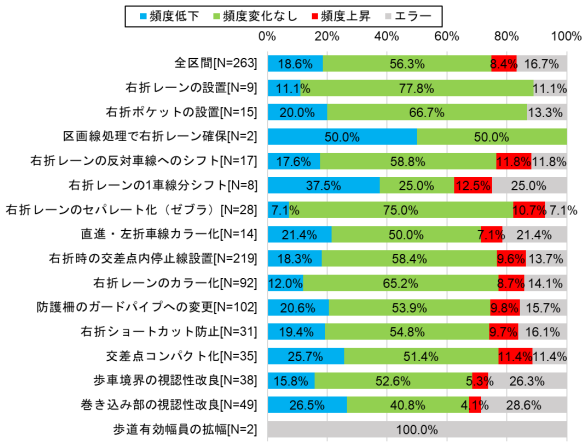


図-3 ポアソン分布を用いた事故発生頻度の検定

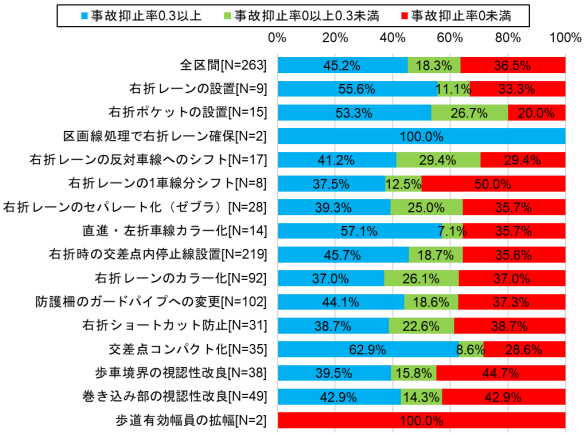


図-4 対策工種別の事故抑止率

図-4 より，多くの工種で「抑止率 0.3 以上」「抑止率 0 未満」の交差点が全体の 40%程度ずつ存在しており，交差点によって対策効果の有無が分かれていることがわかる．また，歩道および横断歩道の通行者の保護を主目的としている対策実施箇所と，右折車の誘導を主目的としている対策実施箇所の両方で「抑止率 0.3 以上」の交差点が多数含まれており，どちらの目的においても交差点によっては対策効果が発現していることがわかる．

4. 交差点の幾何構造と自転車事故対策効果の関係性分析

本章では，交差点の幾何構造と自転車事故対策効果の関係性を明らかにするため，ロジスティック回帰分析を行う．

(1) 分析手法

分析では対象交差点を標本とし，**図-4** で算出した事故抑止率が 0.3 以上の場合は「1」，0.3 未満の場合は「0」にダミー変数化したものを目的変数に，交差点の幾何構造や利用状況を説明変数にそれぞれ用いる．説明変数の候補および目的変数を**表-3** に示す．また，ロジスティッ

ク回帰分析を行う前にステップワイズ法で有意な変数を選択する．変数増減の閾値の p 値は 0.2 とする．

(2) 各工種実施交差点における関係性分析

対策実施交差点が 30 箇所以上の工種について，対策工種別に変数選択および分析を行う．「右折時の交差点内停止線設置」実施交差点における分析結果を**表-4** に，「防護柵のガードパイプへの変更」実施交差点における分析結果を**表-5** に，「右折ショートカット防止」実施交差点における分析結果を**表-6** に，「交差点コンパクト化」実施交差点における分析結果を**表-7** に，「歩車境界の視認性改良」実施交差点における分析結果を**表-8** に，「巻き込み部の視認性改良」実施交差点における分析結果を**表-9** にそれぞれ示す．分析結果において，パラメータ推定値の符号が正の場合，対策により自転車事故削減効果が発現する傾向が強い変数であることを意味する．

表-3 説明変数の候補および目的変数

y:目的変数		
事故抑止率ダミー		0.3以上:1 / 0.3未満:0
x:説明変数		
交差点構造	主道路車線数	主道路の車線数の上下線合計
	従道路車線数	従道路の車線数の上下線合計
	指定最高速度[km/h]	道路標識等により表示されている最高速度
	信号交差点密度[箇所/km]	道路状況調査単位区間における 1km あたりの信号交差点箇所数
	無信号交差点密度[箇所/km]	道路状況調査単位区間における 1km あたりの無信号交差点箇所数
	歩道幅員[m]上下平均	自転車歩行者道の幅員
	青時間比	信号サイクル長に対する青時間の割合
	交差角の最小値ダミー	60°未満:1 / 60°以上:0
	歩道橋，地下道ダミー	あり:1 / なし:0
	バス路線ダミー	あり:1 / なし:0
	出入制限ダミー	あり:1 / なし:0
	中央分離帯ダミー	あり:1 / なし:0
	右折専用車線ダミー	あり:1 / なし:0
	右折可能ダミー	全流入部から右折可:1 / 不可:0
	人口集中地区ダミー	人口集中地区:1 / その他:0
交差点利用状況	昼間12時間交通量[台]	午前 7 時～午後 7 時までに交通量観測地点を通過した自動車類の台数
	昼間12時間ピーク比率	昼間 12 時間交通量に対する ピーク時間交通量の割合
	昼間12時間大型車混入率[%]	昼間12時間交通量に対する 大型車交通量の割合
	混雑度	交通調査基本区間の昼間12時間交通容量に対する昼間12時間交通量の比
	昼夜率	昼間 12 時間自動車類交通量に対する 24 時間自動車類交通量の割合
	混雑時平均旅行速度[km/h]上下平均	昼間 12 時間のうち混雑時の 自動車類平均速度
	昼間非混雑時旅行速度[km/h]上下平均	昼間 12 時間のうち非混雑時の 自動車類平均速度

表-4 右折時の交差点内停止線設置

説明変数	パラメータ推定値	カイ2乗値
切片	1.66	0.41
無信号交差点密度[箇所/km]	0.08	4.37**
歩道橋，地下道あり	0.54	5.57**
中央分離帯あり	-0.60	2.71*
右折専用車線あり	0.60	1.78
右折可能	-1.38	3.58*
昼夜率	-2.39	2.81*
ピーク比率昼間12時間	0.30	2.75*
R2乗(U)	0.067	
誤分類率[%]	0.356	
標本数	219	
p値	0.0052***	

表-5 防護柵のガードパイプへの変更

説明変数	パラメータ推定値	カイ2乗値
切片	3.76	3.05*
主道路車線数	-0.44	4.56**
無信号交差点密度[箇所/km]	0.15	4.98**
青時間比	-0.08	4.66**
歩道橋、地下道あり	0.60	3.34*
混雑時平均旅行速度[km/h]上下平均	0.06	2.49
R2乗(U)	0.149	
誤分類率[%]	0.284	
標本数	102	
p値	0.0009***	

表-6 右折ショートカット防止

説明変数	パラメータ推定値	カイ2乗値
切片	2.49	0.11
指定最高速度[km/h]	0.16	2.50
信号交差点密度[箇所/km]	0.90	4.94**
バス路線あり	-1.26	3.54*
昼夜率	-10.07	2.42
R2乗(U)	0.229	
誤分類率[%]	0.290	
標本数	31	
p値	0.0503*	

表-7 交差点コンパクト化

説明変数	パラメータ推定値	カイ2乗値
切片	-0.06	0.00
従道路車線数	-0.71	4.80**
信号交差点密度[箇所/km]	0.85	3.31*
交差角の最小値60°以上	0.85	2.50
R2乗(U)	0.243	
誤分類率[%]	0.257	
標本数	35	
p値	0.0105**	

表-8 歩車境界の視認性改良

説明変数	パラメータ推定値	カイ2乗値
切片	-16.08	5.96**
歩道幅員[m]上下平均	0.88	3.53*
ピーク比率昼間12時間	1.34	4.25**
R2乗(U)	0.243	
誤分類率[%]	0.237	
標本数	38	
p値	0.0021***	

表-9 巻き込み部の視認性改良

説明変数	パラメータ推定値	カイ2乗値
切片	-24.82	4.34**
指定最高速度[km/h]	0.10	2.23
青時間比	-0.04	5.37*
右折専用車線あり	0.96	2.18*
昼夜率	13.87	3.53
R2乗(U)	0.193	
誤分類率[%]	0.306	
標本数	49	
p値	0.0118**	

a) 右折時の交差点内停止線設置

表-4 より，「無信号交差点密度が高い」「歩道橋，地下道がある」「中央分離帯がない」「右折できない流入部が存在する」「昼夜率が低い」「昼間 12 時間ピーク比率が高い」ときに効果が発現される傾向にあるといえる．

b) 防護柵のガードパイプへの変更

表-5 より，「主道路車線数が少ない」「無信号交差点密度が高い」「青時間比が低い」「歩道橋，地下道がある」ときに効果が発現される傾向にあるといえる．

c) 右折ショートカット防止

表-6 より，「信号交差点密度が高い」「バス路線がない」ときに効果が発現される傾向にあるといえる．

d) 交差点コンパクト化

表-7 より，「従道路車線数が少ない」「信号交差点密度が高い」ときに効果が発現される傾向にあるといえる．

e) 歩車境界の視認性改良

表-8 より，「歩道が広い」「昼間 12 時間ピーク比率が高い」ときに効果が発現される傾向にあるといえる．

f) 巻き込み部の視認性改良

表-9 より，「青時間比が低い」「右折専用車線がある」ときに効果が発現される傾向にあるといえる．

(3) 結果の考察

右折時の交差点内停止線設置や右折ショートカット防止といった右折車の誘導を主目的としている事故対策実施交差点については，対象交差点付近の交差点密度が高い箇所であると自転車事故削減の効果が発現する点で共通している．また，防護柵のガードパイプへの変更や巻き込み部の視認性改良といった，歩道および横断歩道の通行者保護を主目的としている事故対策実施交差点については，青時間比の低さが自転車事故削減の効果発現に影響している傾向にある．

以上より，事故対策目的毎に，共通して自転車事故削減への対策効果に影響を及ぼしている要因を確認できた．

5. おわりに

本研究では，「事故ゼロプラン」により実施された愛知県内の自転車事故対策箇所について，事故発生状況の分析や対策前後の自転車事故件数を用いた対策工種毎の効果検証を行い，対策工種毎の自転車事故対策効果と交差点の幾何構造および利用状況の関係を分析した．

事故発生状況の分析により，自転車事故対策の中でも特に自動車対自転車事故の対策の必要性が高いことを確認できた．また，歩道および横断歩道の通行者の保護を主目的としている対策実施交差点と，右折車の誘導を主目的としている対策実施交差点の両方で事故抑止効果を確認できた．事故抑止率を目的変数，交差点の幾何構造や利用状況を説明変数としたロジスティック回帰分析により，事故対策の目的ごとに，共通して対策効果に影響を及ぼしている幾何構造や利用状況の特徴を把握できた．

今後の課題としては，自転車事故発生状況についてより詳細な分析を行うことや，交差点の幾何構造や利用状況が異なる交差点間において，交差点の利用者挙動や危険事象を通じて対策効果が発現される条件を検証することが挙げられる．

謝辞：本研究を進めるにあたり，国土交通省中部地方整備局名古屋国道事務所に多大な協力を得ました．ここに謝意を表します．

参考文献

1) 自転車は車のなかま～自転車はルールを守って安全運転～｜警察庁 https://www.npa.go.jp/bureau/traffic/bicycle/info.html
2) 幸坂聡洋，宮本和明，前川秀和：自転車専用通行帯整備個所における交通事故分析，交通工学論文集，3 巻，5 号，p.21-28，2017.
3) 松本秀暢，堂前光司：我が国における自転車交通事故の要因分析と自転車交通安全対策の検討，交通学研究，59 巻，p.101-108，2016.
4) 交通事故発生状況と事故ゼロプランの取り組み｜国土交通省中部地方整備局 https://www.cbr.mlit.go.jp/meikoku/activity/safety/content01.html
5) 交通事故統計情報のオープンデータ｜警察庁 https://www.npa.go.jp/publications/statistics/koutsuu/opendata/index_opendata.html
6) 重点的施策：社会資本整備重点計画について｜国土交通省 https://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/point/sosei_point_tk_000003.html

(?.?.?受付)

ANALYSIS OF RELATIONSHIP BETWEEN GEOMETRIC FEATURES AND USES OF ROADS AND EFFECTS OF BICYCLE ACCIDENT COUNTERMEASURES

Hikaru SHIRAKI, Koji SUZUKI