

# 先進安全自動車による生活道路での歩行者・ 自転車事故の削減効果の推定に関する研究

謝 振宇<sup>1</sup>・山本 俊雄<sup>2</sup>・小嶋 文<sup>3</sup>・久保田 尚<sup>4</sup>

<sup>1</sup>非会員 埼玉大学大学院 理工学研究科 (〒338-8570 埼玉県さいたま市桜区下大久保255)  
E-mail: xie.z.954@ms.saitama-u.ac.jp

<sup>2</sup>正会員, 交通事故総合分析センター 研究部 研究第二課 調査役員  
E-mail: t\_yamamoto@itarda.or.jp

<sup>3</sup>正会員 埼玉大学大学院 理工学研究科 准教授 (〒338-8570 埼玉県さいたま市桜区下大久保255)  
E-mail: akojima@mail.saitama-u.ac.jp

<sup>4</sup>フェロー会員 埼玉大学大学院 理工学研究科 教授 (〒338-8570 埼玉県さいたま市桜区下大久保255)  
E-mail: hisashi@mail.saitama-u.ac.jp

近年,日本の生活道路における事故件数は減少傾向が鈍く,死亡者数の中でも歩行中と自転車乗用中が約半数を占めており,こうした高齢者や歩行者に代表される交通弱者が被害者となる事故の発生は深刻な問題といえる.これに対し,官民ITS構想2020は自動運転の普及を推進することで,事故の防止を期待している.しかし,生活道路のような,幅員が比較的狭く,交通インフラが十分に備わっていない道路で発生している事故は,先進安全車両であっても回避が困難な事故があると想定される.そこで,本研究では従来の車両が先進安全車両に代わった場合,自動運転技術による事故削減効果を事故のマクロデータを用いて推定を行った.その結果,生活道路においては先進安全自動車を活用することで,事故の削減効果を確認できた一方で,車両だけでは防ぐことが難しい事故も存在しており,今後はそれらの場合に対応するための施策を考えていく必要があることが分かった.

**Key Words :** Automated Driving, Traffic Accident, Traffic Safety, Residential Streets

## 1. はじめに

### (1) 研究背景

近年,日本における幹線道路での交通事故の発生件数は減少傾向にあるものの,生活道路における事故件数は減少傾向が鈍い<sup>1</sup>,その中でも状態別の交通事故死者数を見ると歩行中と自転車乗用中での死者数が約半数を占めており,こうした高齢者や歩行者などに代表される交通弱者が被害者となる事故の発生は近年の交通事故の深刻な問題といえる<sup>2</sup>.歩行者は,自動車乗員とは異なり衝突安全装置などに守られていないため,衝突した場合,負傷は必至であり,特に高齢者の場合は死に至る確率も高い.それゆえ,歩行者の事故死者数を低減させるには,対歩行者事故そのものを未然に防ぐことが重要となってくる.

これに対し,日本政府は「官民 ITS 構想 2020」<sup>3</sup>において,2030年までに,「世界一安全で円滑な」道路交通社会を構築することを目標に自動運転の普及を推進しようとしており,その普及の大きな期待の一つとして,自動運転

による事故防止が掲げられている.

実際,安全運転システムによる事故削減効果に関してこれまでもいくつかの研究がなされてきた.田中ら<sup>4</sup>は衝突被害軽減ブレーキの性能と事故削減効果の関連性を明確にし,AEBの普及により低速域では衝突が回避されるケースが増え死者数を鈍減させる可能性があると言及した.松井ら<sup>5</sup>は車両衝突速度と歩行者被害の関係を調査し,40 km/h以上の衝突速度を10 km/h低減させるだけで,重傷率・死亡率が大幅低下することを明確にした.そして,広瀬ら<sup>6</sup>は生活道路における自動運転技術により抑止可能な交通事故パターンを整理し,追突事故の約6割が衝突被害軽減ブレーキにより抑制可能であることを明らかにした.

一方で,事故発生の大きな原因として,「発見の遅れ」があり,これはドライバーの不注意や漫然運転によるだけでなく,歩行者側の見通しの悪い交差点や周辺車両からの飛び出し,車両直前での突然の進路変更など,衝突に対する事故リスクの顕在化するタイミングが遅い場が

存在する。このような場面に對し、従来の運転支援または自動運転システムでは、センサーの検出性能と作動領域が限定されているため、対向車や構造物による死角からの飛び出し場面では衝突事故を防ぐのは難しいと思われる。実際、広瀬ら<sup>9)</sup>は四輪車対自転車への出会い頭事故について、ドライブレコーダのヒヤリハット映像と実事故映像の比較により、事故に至る過程を分析した結果、理想的なセンサーを搭載した車両でも回避困難な自転車の飛び出し事故が存在することがわかった。

以上のことを踏まえて、現状ではこうした生活道路での歩行者や自転車に関わる事故について、その検証が十分になされているとは言えず、自動運転による歩行者事故・自転車事故の特性を踏まえて事故軽減効果を適正に評価すると共に、現在想定されている自動運転技術では回避が難しい事故について、それらに対応するための方策を検討する必要がある。

そこで、本研究ではこれまでに発生している四輪車対歩行者、自転車事故について、交通事故統計データを活用して、従来の車両が先進安全車両に代わった場合、自動運転技術による事故削減効果を推定し、目指しているレベル5の自動運転を実現するに当たり、事故対策が必要な場所や状況の優先順位付けと必要な環境整備について検討し提案を行う。

## 2. 研究概要

### (1) 使用データ

本研究では、埼玉県警から提供された事故原票データを用いて、平成29年、30年に埼玉県内の生活道路において発生した死亡重傷事故のうち、全ての自動車対自転車・歩行者事故1,665件を分析対象とした。埼玉県は平成30年中の県内における交通事故死者数は175人であり、全国ワースト3位であった。そして、自転車乗用中での交通事故死者数は50人で、全国ワースト1位<sup>7)</sup>である。こうした事故が多発する背景には、人口密度が高く交通量が多い事や東京のヘッドタウンとして人口が急激に増加していった中で、道路の整備が遅れたことが考えられる。その結果、埼玉県では未だに狭い生活道路が多く、しっかりした歩道が整備されていない道路も多い。こうしたことから、今後、先進安全車両が普及していく中で、事故への影響が大きいと考えられる。なお、本研究では一般市町村道を生活道路として定義する。また、分析対象事故の1,665件のうち、対歩行者事故が665件、対自転車事故は1,000件であった。

### (2) 想定される先進安全車両

本研究では、想定する先進安全自動車両として、「官民ITS構想2020」<sup>3)</sup>で用いられる定義を参考にして、将来、市街地で走行すると考えられる自動運転レベルのレベル4

に相当する技術が最大限効果を発揮した場合を想定する(図1)、主な性能を以下の様に定める。

- 視野：360°(天候や時間帯による性能差はなし)
- 路車間通信や車車間通信は考慮しない。
- 交通ルールを遵守しながらハンドル、アクセル、ブレーキ操作を自動操縦する。

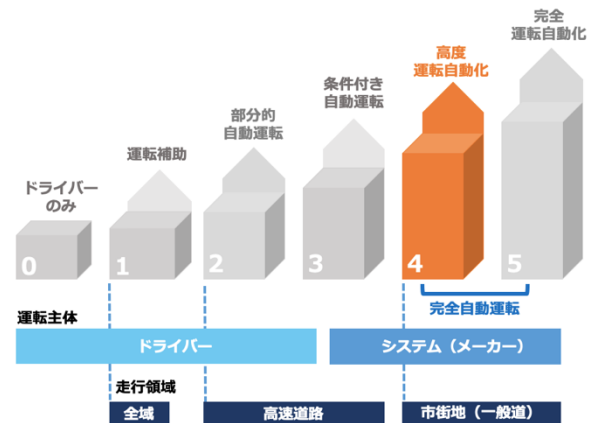


図-1 自動運転レベル

### (3) 分析手法

研究は以下の順番で分析を行う。

#### a) 対象事故の現状把握

平成29年、30年に生活道路で起きた車両対自転車・歩行者事故の内訳を集計し、分析することで、自転車事故、歩行者事故の傾向について把握する。

#### b) 事故削減効果の推計

事故の発生に起因する回避可能、または回避困難と判断できる項目を抽出し、回避判断を行う。それにより、先進安全車両に代わった場合の事故削減効果を定量的に推計する。

衝突被害軽減ブレーキの機能が十分に機能しない場合として、自動車事故対策機構<sup>8)</sup>から以下六つの指標が出されており、回避判断を行うにあたって参考した。

- ① 夜間や雨天の場合
- ② 窓の汚れがある場合
- ③ ダッシュボード上に置かれたものが反射している場合
- ④ 検出装置の前に遮断物がある場合
- ⑤ 精度保持のための専門店によるメンテナンスが不足している場合
- ⑥ 歩行者が飛び出てきた場合

今回、事故原票からは主に①、④、⑥の情報を得ることが可能だが、本研究は事故が起こり得る箇所の抽出が目的であるため、①は考慮せず、④と⑥に着目し、事故項目から、歩行者・自転車側を視認し難い状況や飛び出しと考えられるような状況を割り出し、マクロ的な回避判断を行う。回避判断に用いる事故原票の項目を図2に示す。ただし、分析対象事故は僅か1665件であるため、今回の対象事故

	自転車・歩行者 法令違反	自動車 法令違反	進行方向 ・行動類型	道路環境的要因	自動車側 優先/非優先
回避 困難 項目	徐行場所違反（交差点） 指定場所一時不停止等 信号無視 直前・直後横断 飛び出し ・ 全11項目	なし	車両側が停止中の場合 全1項目	見通し不良 進行車両が視界に影響 滞り車両が視界に影響 駐・停車車両が視界に影響 ・ 全6項目	なし
判断 不能 項目	前方不注視 安全不確認 交差点安全進行 通行区分 調査不能 ・ 全26項目	前方不注視 安全不確認 乗車不適當 積載不適當 調査不能 ・ 全9項目	その他の場合 全1項目	その他の場合 全1項目	その他の場合 全1項目
回避 可能 項目	違法なし 全1項目	信号無視 徐行場所違反 指定場所一時不停止 動静不注視 通行禁止違反 ・ 全27項目	同一線上進行中かつ歩行者・自転車直線的な進路を取っている場合 全1項目	なし	車両側道路が狭い 全1項目

図-2 回避判断に用いる項目

では発生していない事故項目もかなり存在する。回避判断する項目を検討するにあたって、今回の事故データで実際に発生した項目のみとした。

また、回避判断の流れとして、まず、先進安全車両は法律を遵守しながら運転を行うことを想定しているため、「先進安全車両が事故を誘発することはない」と考え、自転車・歩行者の法令違反、人的要因が共に認められない事故についてはその時点で回避可能と判断する。次に、回避可能と判断されない事故（自転車・歩行者に何かしらの法令違反、人的要因が認められた事故）については、その他の項目から、事故発生直前に自動車から自転車・歩行者の存在に気づくことが出来たかどうか（主に進行方向、行動類型、道路環境的要因の項目から判断）、交通ルールを順守した走行であれば事故に至るような危険を回避できたかどうか（主に法令違反、車両側の優先/非優先の項目から判断）を総合的に判断する（図3）。

ただし、今回の分析では、先進安全車両が「実際に発生した事故」を回避できるかどうかのみ着目し、回避行動を取った後の現象については考慮しない。例として、自動車の前方を歩行者が飛び出してきた事故を検討する場合、先進安全車両は瞬時にブレーキを踏むであろうが、それによって発生する後続車からの追突事故の発生の危険性などは考慮しない。あくまでも、前方を飛び出してきた歩行者に衝突するか、しないかのみを判断する。

### c) 回避困難事故の特徴についてのマクロ分析と対策

回避困難事故の特徴を把握するため、回避可能事故、判断不能事故と比較、集計を行う。また、マクロ分析で明らかとなった回避困難事故の事故形態に着目し、今後必要とされる事故対策や、先進安全車両開発時の路車間通信技術等について検討する。

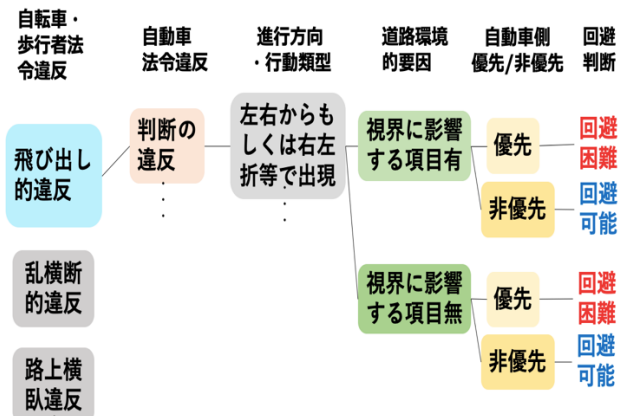


図-3 回避判断の流れ

## 3. 結果及び考察

### (1) 対象事故の内訳

まず、四輪車対歩行者事故 665 件分のデータを事故類型・道路形状ごとの対歩行者事故の内訳を表-1 にまとめた。これを見ると、対歩行者事故のうち割合が高いのは横断中・横断歩道、横断中-その他であり、これらで7割弱を占めている。なお、横断中-その他はおおむね歩行者が乱横断と呼ばれるような横断をした際の事故と解釈してよい。

また、道路形状別で見た場合、約 6 割が交差点、約 3 割が単路で事故が発生していることがわかる。事故類型別で占める割合の高かった横断中・横断歩道はほとんどが交差点で発生しており、乱横断と解釈できる横断中-その他は、交差点での発生が多いものの、単路での発生も見受け

られた。

次に、四輪車対自転車事故 1,000 件分のデータを事故類型・道路形状ごとの対自転車事故の内訳を表-2 にまとめた。これを見ると、自転車事故のうち事故類型では出会い頭の割合が最も高く、全体の 7 割弱を占めている。

また、道路形状別で見た場合、約 8 割が交差点、約 2 割が単路で事故が発生していることが分かった。割合の高い出会い頭事故は交差点で多発していることが分かった。

表-1 事故類型・道路形状ごとの対歩行者事故

	交差点	交差点付近	単路	その他	計(件)	割合(%)
対面通行中	7	3	12	1	23	3%
背面通行中	2	1	33	0	36	5%
横断中-横断歩道	214	2	11	0	227	34%
横断中-横断歩道付近	17	4	4	0	25	4%
横断中-横断歩道橋付近	0	0	0	0	0	0%
横断中-その他	124	13	85	0	222	33%
路上遊戯/作業停止/横臥	12	4	28	0	44	7%
人対車両-その他	30	6	48	4	88	13%
計(件)	406	33	221	5	665	100%
割合(%)	61%	5%	33%	1%	100%	

表-2 事故類型・道路形状ごとの対自転車事故

	交差点	交差点付近	単路	その他	計(件)	割合(%)
正面衝突	5	1	10	0	16	2%
追突	3	4	16	0	23	2%
出会い頭	605	5	40	0	650	65%
追越追抜時	10	5	28	0	43	4%
すれ違い時	1	1	7	1	10	1%
左折時	56	1	15	1	73	7%
右折時-右折直進	45	2	8	0	55	6%
右折時-その他	43	4	5	0	52	5%
車両相互-その他	15	6	57	0	78	8%
計(件)	783	29	186	2	1000	100%
割合	78%	3%	19%	0%	100%	

(2) 当事者別の事故削減効果

今回、1,665 件の事故データについて、回避判断を行った。結果は図 4 に示す通り、全 1,665 件の事故のうち 64%(1060 件)が回避可能であった。先進安全車両が普及することにより、約 6 割の事故削減効果が期されることが分かった。また、歩行者事故と自転車事故を比較した場合、先進安全車両に変わることによって歩行者事故がより事故の削減率が高いことがわかった。比率の差の検定を行ったところ、P 値が 0.02439 であり、統計的に有意な差が示された。

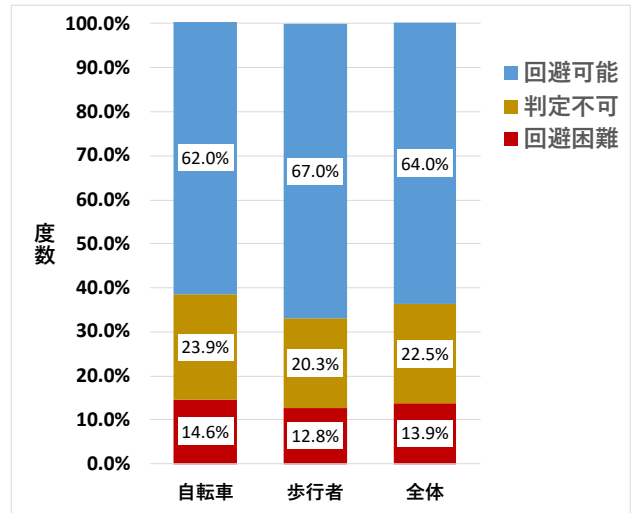


図-4 当事者（自転車・歩行者）別回避判断結果

(3) 回避困難事故の特徴についてのマクロ分析結果

回避困難事故の特徴を把握するため、回避可能事故、判断不能事故と比較、集計を行う。

まず、図 5 を見ると、回避困難事故がより多く発生している箇所として、交差点内（その他）と第一通行帯が高い割合を占めていることが見て取れる。また、回避可能事故と比較して、第一通行帯がより高い割合を占めていることが分かった。比率の差の多重比較検定を行ったところ、P 値が  $P < .001$  であり、統計的に有意な差が示された。そして、図 6 を見ると、回避困難事故における出会い頭、横断中-その他の割合が回避可能事故と比較して高いことが分かった。検定を行ったところ、P 値が  $P < .001$  であり、統計的に有意な差が示された。図 5 と図 6 を総合して考えると、先進安全車両に変わった場合でも、交差点内での出会い頭事故と単路での横断中の事故は防ぐことが難しいと考えられる。さらに、図 7 を見ると、単路の狭い道路における回避困難の割合が交差点に比べて高い傾向にあることが分かった。13m 以上の道路での回避困難の割合が高くなっている理由としては、サンプル数がかかなり少ないことに起因する。

次に、図 8 を見ると、回避困難な事故における信号機が無い箇所の割合が高く、信号機のない交差点では、先進安

全車両の恩恵を受けにくいことが考えられる。検定行ったところ、P 値が  $P < .001$  であり、統計的に有意な差が示された。また、図 9 を見ると、回避困難事故における区分無し、路側帯の割合が回避可能事故と比較して高いことが分かった。図 8、図 9 を総合して考えると、信号施設がなく、また、柵など車道と歩道を区分するデバイスもなく、容易に車道に出やすい箇所では、先進安全車両に変わった場合でも、全ての事故を回避することは難しいことと考えられる。検定を行ったところ、P 値が 0.08044 であり、10%水準で統計的に有意な差が示された。

続いて、図 10 を見ると、40km/h 以下、50km/h 以下での回避困難事故の割合が 30km/h 以下と比較して高いことが分かった。検定行ったところ、P 値が  $P < .001$  であり、統計的に有意な差が示された。この理由としては、図 11 にあるように、40km/h 以下、50km/h 以下における指定場所一時不停止等及び横断歩道外横断の法令違反の割合が高いことが要因と考えられる。

以上の分析結果から、先進安全車両に変わった場合でも事故が防ぎにくい箇所として以下の基準が挙げられる。

- ① 車道幅員が狭く、交差点や、横断行動の多い場所
- ② 歩道や自転車レーン等がなく、横断しやすい場所
- ③ 飛び出しや一時不停止の法令違反が多い児童や高齢者が多くいる場所（公園、学校、公民館等）の付近

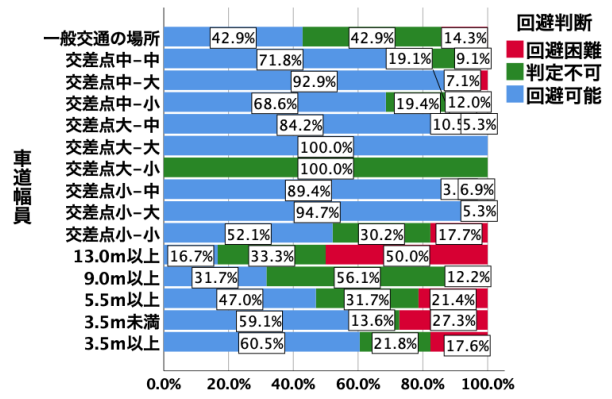


図-7 車道幅員別の回避判断結果

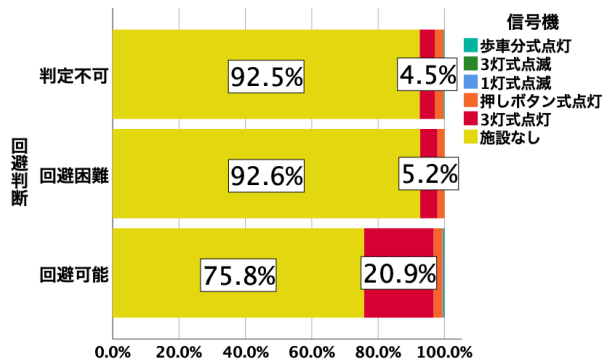


図-8 信号機別の回避判断結果

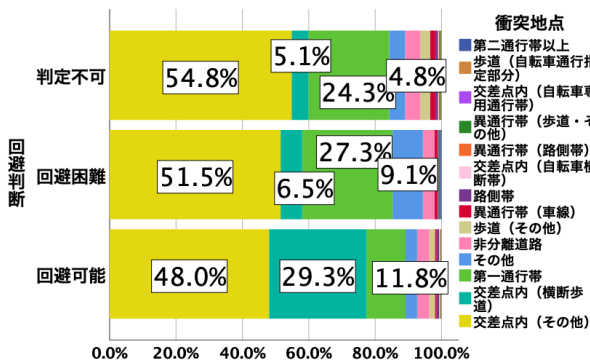


図-5 衝突地点別の回避判断結果

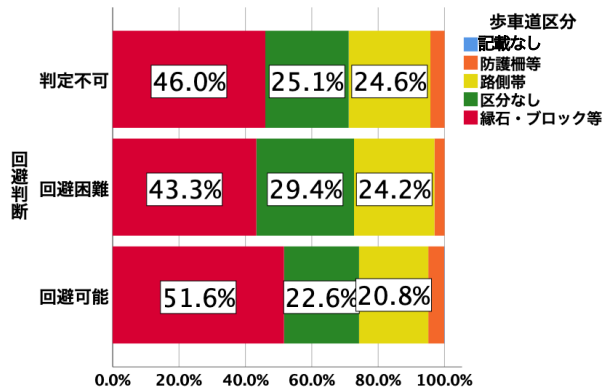


図-9 歩車道区分別の回避判断結果

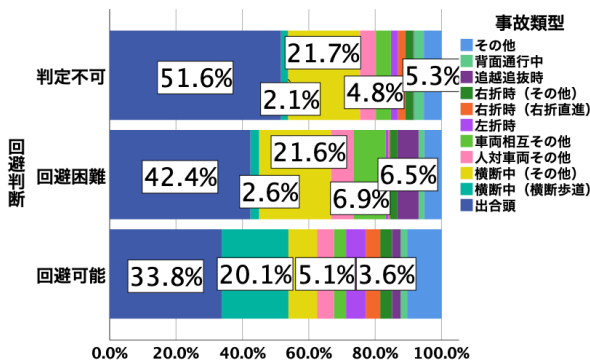


図-6 事故類型別の回避判断結果

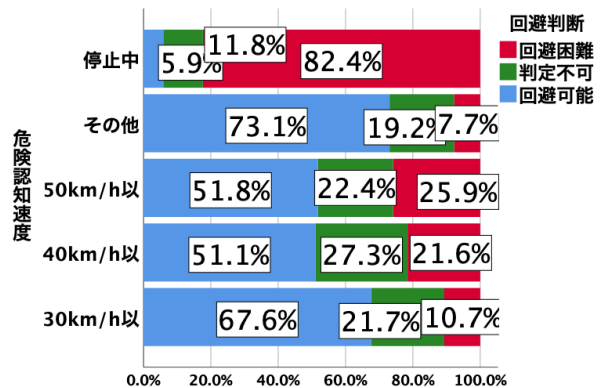


図-10 危険認知速度別の回避判断結果

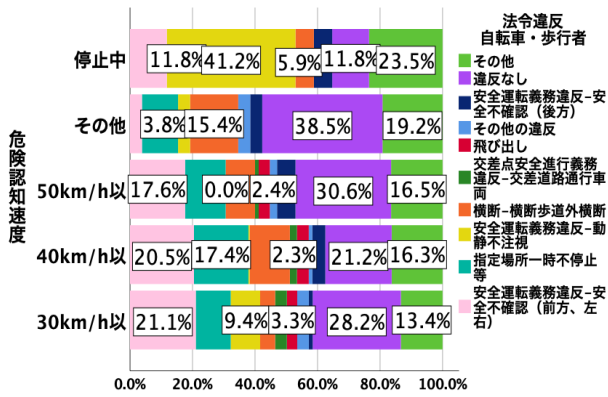


図-11 危険認知速度別法令違反（自転車・歩行者）の内訳

これらの特徴を踏まえ、今後起こり得る先進安全車両の事故を防ぐためにも、信号の設置や車両の視認性を増すための路車間通信デバイスの設置することが重要であると考えられる。一方で、人側の安全確認が不十分による事故の割合も高い状況にあり、車両側の機能だけでは削減することが難しいそのような事故を回避するには、人側にも車両が来ている情報が伝わるような通信デバイスを持たせること望ましいと考える。

#### 4. まとめと今後の課題

本研究では従来の車両が先進安全車両に代わった場合、自動運転技術による事故削減効果を事故のマクロデータを用いて推定を行った。その結果、生活道路においては先進安全自動車を活用することで、約6割の削減効果を確認できた一方で、以下のような箇所では依然として車両だけでは防ぐことが難しい事故が存在していることが分かった。

- ① 車道幅員が狭く、交差点や、横断行動の多い場所
- ② 歩道や自転車レーン等がなく、横断しやすい場所
- ③ 飛び出しや一時不停止の法令違反が多い児童や高齢者が多くいる場所（公園、学校、公民館等）の付近

本研究における課題としては、分析に用いた事故原票

データからは詳細な当事者同士の位置関係や道路環境、正確な走行位置などは判断できないため、今回行った回避判断の根拠がまだ弱いことが挙げられる。今後はさらに明確な判断基準を構築していきたいと考える。これにより、先進安全車両を導入するにあたり、優先的に対策すべき箇所がわかることが期待される。

謝辞：本研究は、一般社団法人日本損害保険協会自賠責運用益拠出事業として、埼玉大学と公益財団法人交通事故総合分析センターが共同で実施した「歩行者・自転車事故の個別の事故分析に基づく自動運転の事故軽減効果計測手法等の研究開発」の成果の一部であり、関係者に深く謝意を表す。

#### 参考文献

- 1) 国土交通省：交通事故の現状，  
<https://www.mlit.go.jp/road/road/traffic/sesaku/pdf/2-2-1.pdf>, (2019年5月6日閲覧)
- 2) 警察庁交通局：「平成29年における交通死亡事故の特徴等について」，平成30年2月15日。
- 3) 高度情報通信ネットワーク社会推進戦略本部：官民ITS 構想・ロードマップ 2020，2020年7月15日。
- 4) 田中信壽，安藤 憲一：「自動ブレーキの性能及び事故低減効果の評価手法」，交通安全環境研究所フォーラム講演概要，71-74，2014。
- 5) 松井靖浩，及川 昌子，安藤 憲一：「歩行者の傷害からみた将来の自動運転技術への期待」，交通安全環境研究所フォーラム講演概要，67-70，2014。
- 6) 広瀬和保，寺奥淳，鶴貴之，森本章倫：「生活道路における自動運転導入による交通事故削減効果の推計に関する研究」，第56回土木計画学会研究発表会・講演集 Vol. 57, CD:全5p, 2018。
- 7) 埼玉県：自転車関係する交通死亡事故の発生状況  
<https://www.police.pref.saitama.lg.jp/f0010/ko-tsu/25gaiyou.html>
- 8) 独立行政法人 自動車事故対策機構  
[https://www.nasva.go.jp/mamoru/active\\_safety\\_search/collision\\_avoidance\\_system.html](https://www.nasva.go.jp/mamoru/active_safety_search/collision_avoidance_system.html) (2019年5月6日閲覧)

(?, 2020)  
(?, 2020)

## A STUDY ON THE ESTIMATED EFFECTIVENESS OF ADVANCED SAFETY VEHICLES IN REDUCING PEDESTRIAN AND BICYCLE ACCIDENTS ON PUBLIC ROADS

ZhenYu XIE, Toshio YAMAMOTO, Aya KOJIMA and Hisashi KUBOTA

In recent years, the number of accidents on public roads in Japan has been decreasing slowly, and about half of the fatalities are caused by pedestrians and bicyclists, which makes the occurrence of accidents in which vulnerable road users such as the elderly and pedestrians are the victims a serious problem. In contrast, the Public-Private ITS Strategy 2020 hopes to prevent accidents by promoting the spread of automated driving. However, it is assumed that some accidents which occur on roads with relatively narrow widths and inadequate traffic infrastructure, such as public roads, are difficult to avoid even if the advanced safety vehicles are used. In this study, we estimate the accident reduction effect of the automatic driving system by using macroscopic data of accidents when the conventional vehicles are replaced by the advanced safety vehicles. However, there are some accidents which are difficult to be prevented by the advanced safety vehicles.