

令和元年 (2019 年)

第 22 回 交通事故・調査分析研究発表会

「衝突被害軽減ブレーキ(AEB)の世代別効果分析」

近藤 直弥
研究部 研究員

1. はじめに

衝突被害軽減ブレーキ(以下 AEB)は交通事故の要因となる人的要因のうち、認知、判断、操作に関するエラーに対し、運転者にブレーキを促す、または運転者の代わりにブレーキ制御を行うことで、事故回避または事故時の被害軽減を期待される運転支援装置である(図 1)。



図 1：AEB 作動イメージ(出典：スズキ HP)

AEB の普及当初においては、センサとしてレーザレーダ(又はミリ波レーダ)を使用した AEB(以下第 1 世代)が主流であり、これは先行する 4 輪車両の後部を検知し、自車速度が 5~30 (5~80) km/h の条件で作動するものが主であった。近年、普及当初より高性能なセンサを搭載した AEB(以下第 2 世代)により、作動速度の向上や歩行者等の検出が可能になりつつある。AEB の主な作動対象である対四輪追突事故と人対車両事故が第 1 当事者(以下 1 当)が四輪車の事故全体に占める割合を考えると、H26~30 年の 5 年間においては死傷事故の 47%、死亡事故の 43%を占めている(図 2, 3)。また最近では四輪車両との正面衝突、右折対直進の事故や、自転車の検出に対応した AEB も実用化され始めており、AEB による事故被害軽減への期待はさらに広がりつつある。

本報告では、AEB の世代別(第 1/第 2 世代)に対四輪追突事故、人対車両事故の事故状況別、運転者特性別の事故被害軽減効果を把握し、更なる効果向上の方向性を提言することを目的とする。

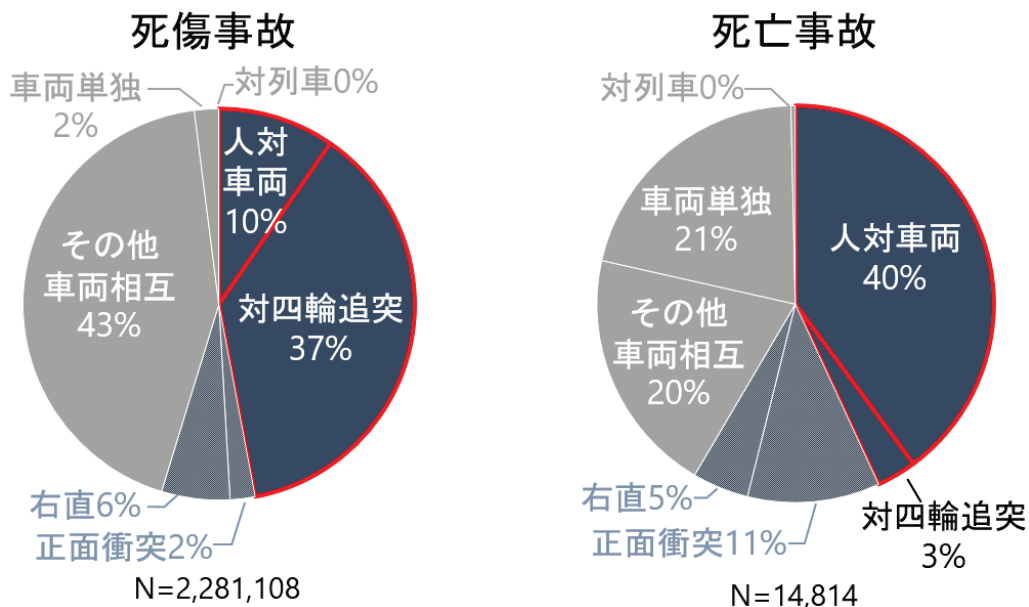


図 2, 3：事故類型別交通事故状況 (H26-30, 1 当: 四輪)

2. 分析方法

2. 1~3 項により、AEB 装備状況別の保有台数 10 万台当たりの事故件数を算出した。

2. 1. 事故件数集計

事故件数を下記要領で集計した。

対象年：H28～H30(3年間)

対象車両：1 当車両が AEB の設定がある自家用軽乗用車(計 69 モデル)

事故類型(事故内容)：対四輪追突事故(死傷事故)、人対車両事故(死傷事故, 死亡重傷事故)

本報告では軽自動車 that 1 当となる事故を分析対象にした。AEB 装備情報を使用した事故データベースは、軽自動車については型式発売が H18 年 1 月以降の車両を対象としている。軽自動車の第 1 世代 AEB が本格的に普及し始める、H24 年以降に発売された車両が起こした事故が含まれるため、AEB 世代別の事故分析をしやすい状況にある(普通車、小型車は H27 年 4 月以降に発売した車両が対象であり、そのほとんどは第 2 世代 AEB を装備している状況であった)。

事故内容に関して、対四輪追突は大半が軽傷事故であるため、死傷事故件数から事故発生有無の傾向を見ることとした。人対車両事故は死傷事故の他、被害軽減の傾向を見るために死亡事故件数を対象とするのが望ましいが、死亡事故のみでは分析に十分な件数を得られなかったため、死亡重傷事故件数の傾向を見た。

集計で得られた事故件数を、1 当車両の AEB 装備状況によって、3 群(第 1 世代車両, 第 2 世代車両, AEB 無車両)に分類した。AEB 世代の特定に当たっては、1 当車両の型式と初度検査年月の情報を利用した。他に下記ルールを用い分類した。

- 1) AEB が販売期間の途中から設定されたモデルで、設定以前の期間に届出られた車両が起こした事故は集計に含めない
- 2) 第 1 世代、第 2 世代 AEB を併売していたモデルに関しては、実際は併売開始から徐々に第 1 世代から第 2 世代へ届出台数の割合が移行したと考えられるが、移行の実態を把握するのは困難であるため、第 2 世代 AEB が追加された次月から届出られた車両は全て第 2 世代に切り替わったとみなす(第 2 世代車両が起こした事故の一部に第 1 世代車両による事故が含まれる処理となる)。

2. 2. 保有台数集計

保有台数 10 万台当たりの事故件数の算出に当たり、年央時点の保有台数を用いた。前述の 3 群について分類した H27～30 年末時点の保有台数(表 1)から、H28～H30 の 3 年間の年央保有台数を算出した(表 2)。なお、保有台数の集計、分類にあたり、事故件数集計と同じように下記ルールを用いた。

- 1) AEB が販売期間の途中から設定されたモデルは設定以前の期間に届出られた保有台数は今回の集計には含めない
- 2) 第 1 世代、第 2 世代 AEB を併売していたモデルに関しては、第 2 世代 AEB が追加された次月から届出られた車両は全て第 2 世代に切り替わったとみなす。

表 1：H27～30 各年末の AEB 装備状況別保有台数

AEB	仕様	H27末	H28末	H29末	H30末
有	第1世代	1,894,171	2,280,620	2,603,003	2,781,735
	第2世代	178,978	610,825	1,303,190	2,332,757
無	—	1,722,532	2,159,032	2,475,216	2,623,811

表 2 : H28～30 年央の AEB 装備状況別保有台数(3 年分合算)

AEB	仕様	H28～30年央
有	第1世代	7,221,576
	第2世代	3,169,883
無	—	6,807,420

2.3. 運転者年齢別の保有台数の推定

運転者年齢別に保有台数 10 万台当たりの事故件数を分析するためには、各年齢層が保有する台数を分析に使用すべきだが、該当データの入手は困難である。代替の手段として、交通事故時の無過失第 2 当事者数を使用した交通暴露量を用いて、各年齢層の保有台数を推定する。具体的には H28～30 の 3 年間における無過失の被追突車(第 2 当事者)の台数(表 3 の上段の数字)が交通暴露量に相当するとし、各年齢層の台数の構成率(表 3 の下段の数字)に従って 2.2 項で集計した保有台数を配分した(表 4)。運転者年齢別の保有台数 10 万台当たり事故件数の算出にはこの値を使用する。交通暴露量は、1 台の車両が過失無くして事故に遭う確率は一定であるとする、事故台数が道路交通の利用頻度を示す、との考え方に基づく[参考資料 1]。

表 3 : H28～30 AEB 装備状況別、年齢別、無過失被追突車台数 (上段: 台数、下段: 構成率)

AEB	仕様	～29歳	30～49歳	50～64歳	65～74歳	75歳～
有	第1世代	3,361 20.3	7,482 45.2	4,000 24.2	1,375 8.3	341 2.1
	第2世代	1,397 21.9	2,843 44.5	1,528 23.9	501 7.8	114 1.8
無	—	3,256 20.4	7,425 46.5	3,653 22.9	1,312 8.2	309 1.9

表 4 : H28～30 年央の AEB 装備状況別、年齢別推定保有台数

AEB	仕様	～29歳	30～49歳	50～64歳	65～74歳	75歳～
有	第1世代	1,465,772	3,262,989	1,744,447	599,654	148,714
	第2世代	693,769	1,411,872	758,825	248,803	56,614
無	—	1,389,217	3,167,978	1,558,603	559,783	131,839

3. 結果と考察

3.1 対四輪追突(死傷事故)

図 4 に保有 10 万台当たりの対四輪追突死傷事故件数を群別に示した。水色は AEB 無車両、黄色は第 1 世代、オレンジは第 2 世代の事故件数で、グラフ上の数字は第 1 世代および第 2 世代の、AEB 無に対する減少率を示す。グラフ上のアスタリスク 2 つ(1 つ)は 2 群の比率の差の統計検定において、有意水準 1%(5%)以上を確保していることを示す。有意性が得られなかったグラフについては、灰色で表示する。以降のグラフにおいても減少率、有意水準の記載は同じ基準である。エラーバーは平均値の分布が F 分布と等しいと仮定した場合における 99%の信頼区間を表す。事故件数は第 1 世代、第 2 世代と

もに AEB 無に対し有意に減少していることが分かる。減少率は第 1 世代より第 2 世代の方が高い。

図 5 に事故時の昼夜別における保有 10 万台当たりの死傷事故件数を示した。第 1 世代、第 2 世代ともに有意に減少しており、昼、夜ともに第 1 世代より第 2 世代の方が減少率が高い。

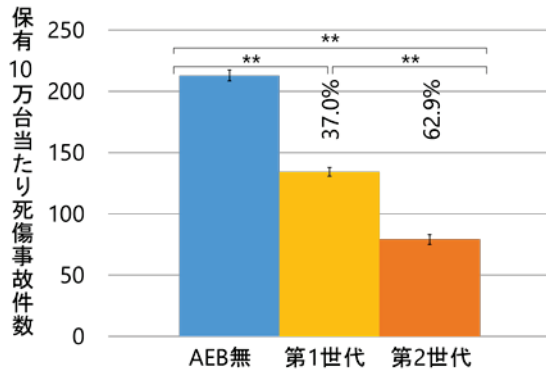


図 4：保有 10 万台当たり死傷事故件数

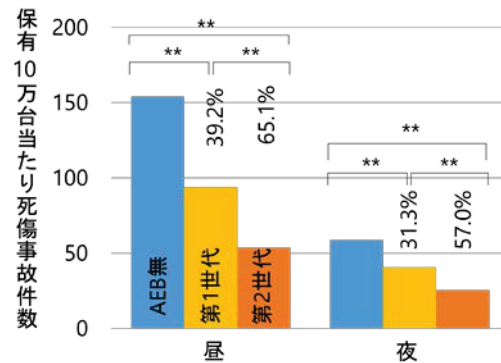


図 5：昼夜別

図 6 に 1 当車両の危険認知速度別における保有 10 万台当たりの死傷事故件数を示した。第 1 世代は主に 0～30km/h の速度域で、第 2 世代は 0～30km/h, ～60km/h, 61km/h～の速度域で減少が見られた。第 1 世代の軽自動車は全モデルでレーザレーダ(作動速度域:5～30km/h)を装備しているため、第 1 世代、第 2 世代ともに作動速度の仕様と概ね合致する結果を得た。

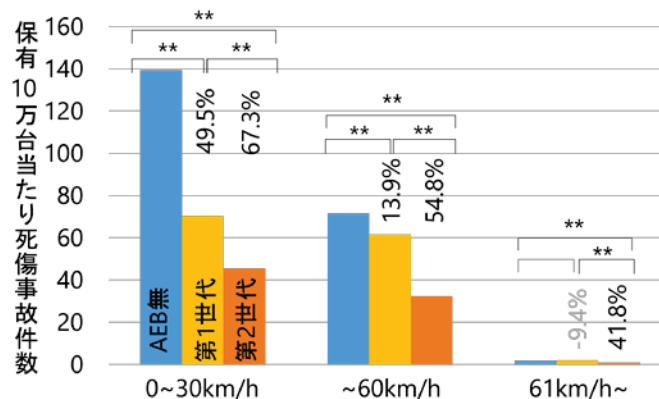


図 6：1 当危険認知速度別

1 当の行動類型別に分類した保有 10 万台当たりの事故件数では、AEB 有無、仕様違いにかかわらず、事故時の行動類型はほぼ直進と発進で占められていることが分かった(図 7)。次に事故時の運転行動(直進時、発進時)とその時の人的要因(ヒューマンエラー)を関連づけ分析する。

本報告で扱う人的要因の内容を表 5 で補足説明する。なお、本報告にて扱わない人的要因項目に関して記載を省いた。

直進時における人的要因別の保有 10 万台当たりの事故件数のグラフを示した(図 8)。人的要因の構成率の高い 3 項目(直進時においては内在的前方不注意、外在的前方不注意、動静不注視)および直進時合計の事故件数を示した。直進時合計を上回り減少している人的要因については減少率を赤字で記載した。いずれの人的要因においても、第 1 世代に比べ第 2 世代の方が減少率が高い結果が得られた。直進時の車両の速度域は低速から高速まで広範囲に分布するため、作動速度域が広い第 2 世代の方が効果大きいことを示していると考えられる。特徴的なのは、同じ前方不注意でも外在的前方不注意の方が内在的前方不注意より大きく減っている点である。前方不注意の原因が内外にあるかに関

わらず、AEBによる自動的なブレーキ作動による制動距離に差は出ないため、この違いは自動ブレーキ作動の前段階でAEBが発した警報に対し、運転者がブレーキを踏むまでの時間が外在的前方不注意の方が短く、事故を回避しやすい（ヒエラーのカバーが容易である）ことを示していると考えられる。

発進時における保有10万台当たりの人的要因別の事故件数(図9)では、外在的前方不注意、動静不注意、操作不適の構成率が多くなっており、第1世代も第2世代に迫る減少率が得られた。発進時の速度は低速域であることが多く、第1世代、第2世代ともに効果を得やすかったと考えられる。

表5：人的要因補足説明

人的要因		定義	状況例
認知エラー	内在的前方不注意	心理的生理的な要因による前方不注意	居眠り 考え事 漫然運転
	外在的前方不注意	動作を伴う前方不注意	脇見 物を取ろうとする
	安全不確認	確認が可能な速度に減速しながら、可能な確認を尽くさなかった	安全確認無 安全確認不足
判断エラー	動静不注意	相手当事者を発見（認識）したが、相手当事者の動静に対する注視を怠った	相手が止まってくれる と思いい目を離す
操作エラー	操作不適	操作を誤ったり、驚いて操作をためらった	ペダル踏み間違い ブレーキ踏み遅れ

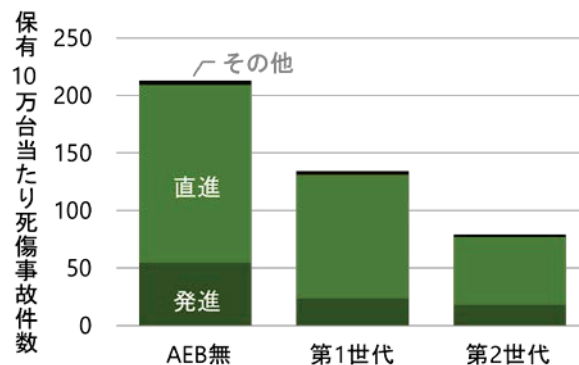


図7：1当行動類型別

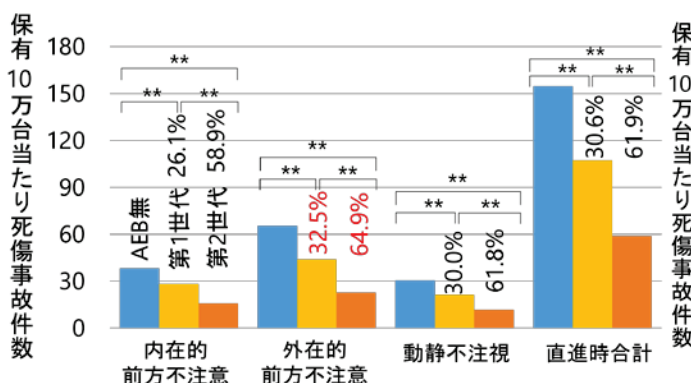


図8：直進時人的要因別

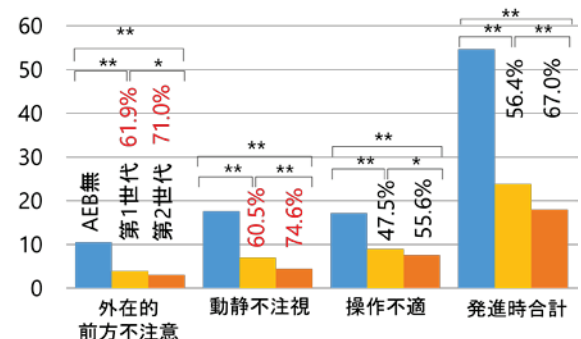


図9：発進時人的要因別

運転者年齢別の保有10万台当たりの事故件数では、これまで示した結果とは異なり、保有台数として2.3項で得た運転者年齢別保有台数を使用した(図10)。AEBの有無を問わず全体の傾向として、29

歳以下の若年層と75歳以上の後期高齢者層の事故件数が多い傾向にあるが、第1世代、第2世代ともに全ての年齢層で減少が見られた。

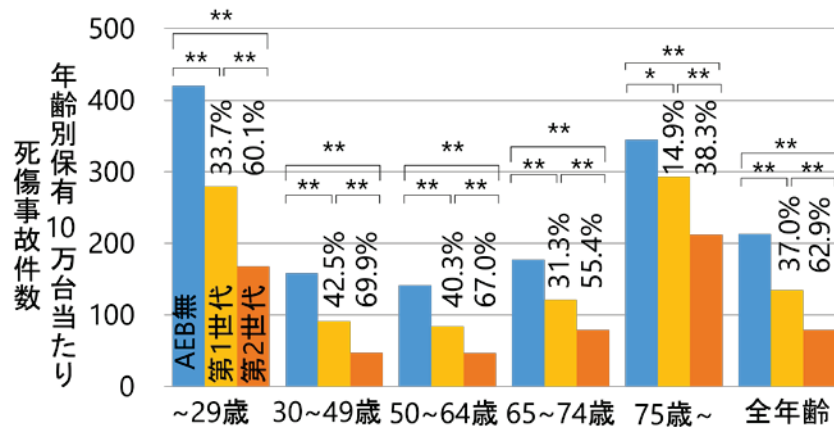


図10：1当年齢別

対四輪追突に関して、AEBの効果が見られた主なケースをAEB世代別に表6にまとめた。第2世代は確認したいずれの事故状況においても第1世代より事故被害軽減効果が大きい結果だった。特に危険認知速度別の~60km/hの速度域において、減少率の差が顕著だった。人的要因別では第1世代、第2世代が主にカバーするエラーは同じであった。

表6：主に効果が見られたケース_対四輪追突

仕様	第1世代		第2世代
昼夜	昼、夜		⇐
危険認知速度	0~30km/h		0~30km/h ~60km/h 61km/h~
行動類型×人的要因	直進時	外在的前方不注意	⇐
	発進時	外在的前方不注意, 動静不注視	⇐
運転者年齢	全年齢層		⇐

対四輪追突事故に関して、AEBの効果を更に向上させるために必要なことを考えると、構成率の高い事故状況において現状で効果が見られたため、AEBの基本的な性能を向上することで、更なる効果を得られると考えられる。基本的性能向上の案として、79GHzミリ波レーダの採用による先行車両の検出精度向上や、ブレーキシステム電動化による制動効率向上が挙げられる。

3.2 人対車両事故(死傷事故, 死亡重傷事故)

図11, 12に保有10万台当たりの死傷事故件数および死亡重傷事故件数を群別に示した。水色はAEB無車両、オレンジは第2世代AEB車両の事故件数である。第1世代に関しては歩行者の検出に対応しておらず、分析結果もAEB無車と同等の傾向を示すため省略した。死傷事故、死亡重傷事故ともに第2世代はAEB無に対し有意な減少が見られた。なお、人対車両事故の中には、歩行者の飛び出しなどの要因で、仮にAEBによる歩行者検出がどんなに早くても、物理的に制動が間に合わない事故が含まれることに注意が必要である。これらの事故を切り分けることは困難であるため、本報告では分類を行わなかった。

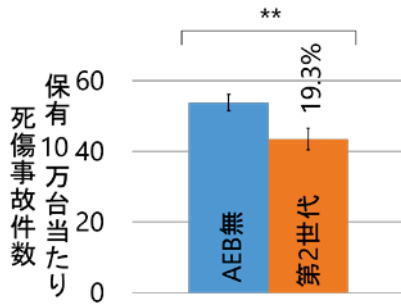


図 11：保有10万台当たり死傷事故件数

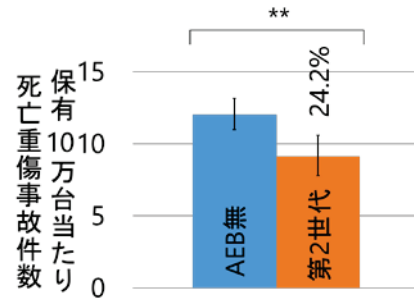


図 12：保有10万台当たり死亡重傷事故件数

図 13, 14 に事故時の昼夜別における保有10万台当たりの死傷事故件数、死亡重傷事故件数を示した。死傷事故は昼、夜ともに減少した一方で、死亡重傷事故は夜のみ有意に減少がみられた。夜の事故における街灯等明るさの状況はマクロデータには情報が無いが、現在の軽自動車では夜間の歩行者を検知できるモデルは限られるため、AEB以外の、夜間に作動するオートハイビームが夜間の事故減少に寄与している可能性も考えられる。

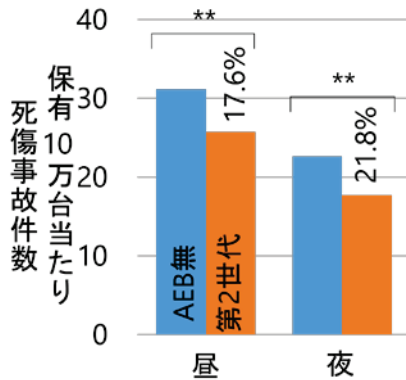


図 13：昼夜別_死傷事故

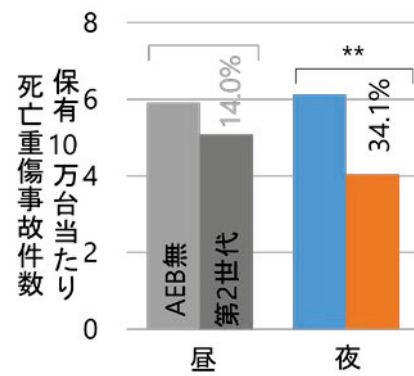


図 14：昼夜別_死亡重傷事故

1 当車両の行動類型別に分類した保有10万台当たりの事故件数(図 15, 16)では、AEB有無にかかわらず、死傷事故、死亡重傷事故ともに大部分が直進と右折で占められており、直進時、右折時について人的要因を関連づけ分析した。

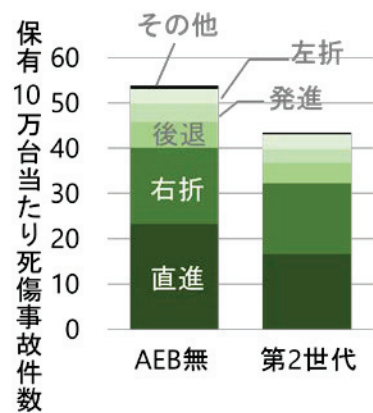


図 15：1 当行動類型別_死傷事故

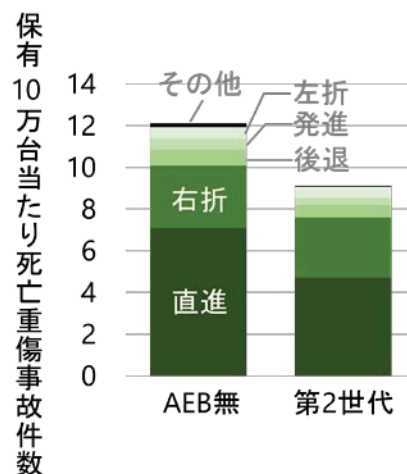


図 16：1 当行動類型別_死亡重傷事故

直進時における人的要因別の保有 10 万台当たりの事故件数では、死傷事故、死亡重傷事故ともに構成率の多い 3 項目（内在的前方不注意、外在的前方不注意、安全不確認）および直進時の合計を示した（図 15, 16）。内在的、外在的前方不注意が要因の事故は直進時の合計を上回る減少率であった。これはセンサや運転者の視野内に人がいる状況で、運転者が人を見落とすエラーを、AEB がカバーできていることを示唆していると考えられる。一方で、安全不確認が要因の事故については比較的減少率が低い結果となり、これは安全不確認が要因の事故においては、歩行者の飛び出し等、歩行者がセンサの視野外から視野内に移動したり、または歩行者が視野外において事故に至る等、現状で AEB がカバーできない事故が含まれるため、効果が得られにくかったと考えられる。

右折時における人的要因別の保有 10 万台当たりの事故件数では、死傷事故および死亡重傷事故ともに構成率の多い 3 項目は内在的前方不注意、外在的前方不注意、安全不確認で、大半を安全不確認が占めたが、いずれの人的要因においても AEB 有無による有意な差が見られなかった。これは直進時と同じく、車両のセンサ視野と歩行者の位置にミスマッチがあり、歩行者を検出できていないことが考えられる。

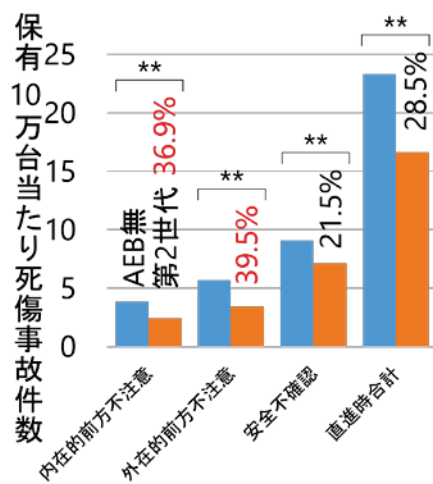


図 17：直進時人的要因別_死傷事故

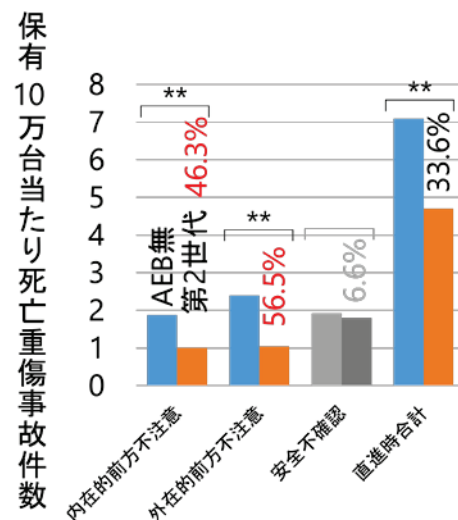


図 18：直進時人的要因別_死亡重傷事故

人对車両の事故類型別(車両と人との相対位置, 人の動く方向で分類)に保有 10 万台当たりの事故件数(図 19, 20)では、死傷事故においては対面通行中や背面通行中等、車両の前方に人がいる、つまりセンサの視野内に人がいることが多い状況では事故の減りが大きいことが分かった。一方で死亡重傷事故では横断中の事故の減りが死傷事故に比べ大きく、事故回避にまでは至らないものの、軽傷事故に被害軽減できている事故も一定数あることがうかがえる。

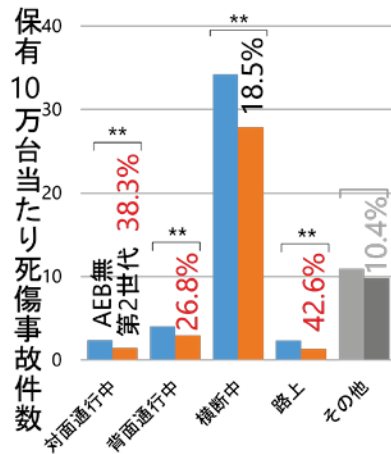


図 19： 事故類型詳細別_死傷事故

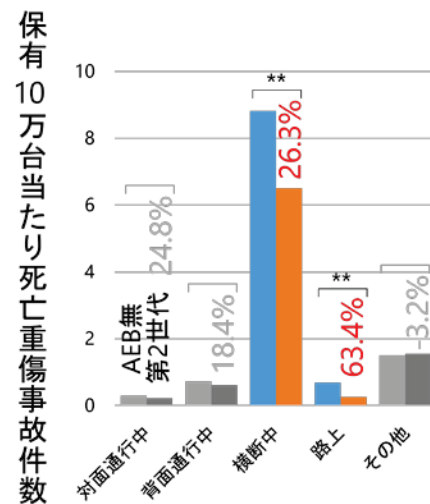


図 20： 事故類型詳細別_死亡重傷事故

運転者年齢別の保有 10 万台当たりの事故件数では、死傷事故、死亡重傷事故ともに、AEB の有無を問わず高齢者になるほど事故件数が多い傾向がある(図 21, 22)。事故件数が少なく有意差がみられない年齢層もあるが概ね全ての年齢層で減少傾向が見られた。

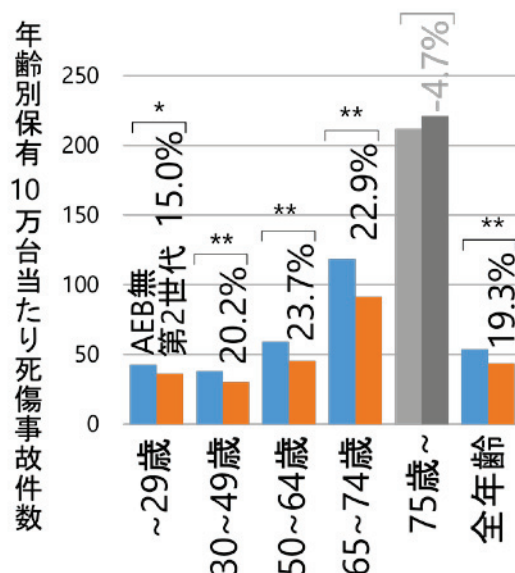


図 21： 1 当年齢別_死傷事故

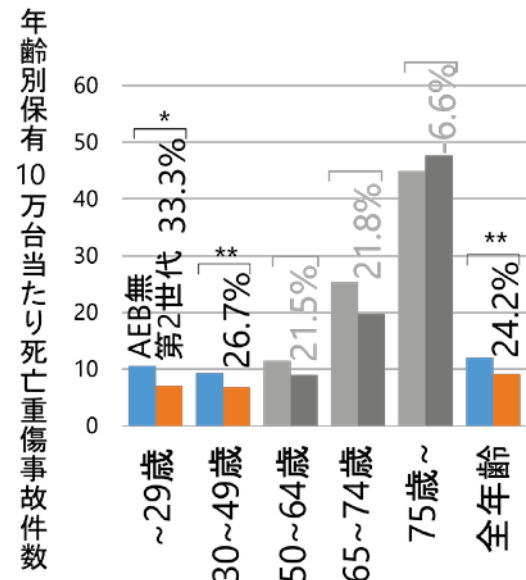


図 22： 1 当年齢別_死亡重傷事故

人対車両事故に関して、主に効果が見られたケースを表 7 にまとめた。第 2 世代は人対車両事故の死傷事故、死亡重傷事故ともに減少効果が見られた。状況別に見ると、センサの視野内に人がいる場合が多い状況で効果が見られた。夜間の事故に関してはオートハイビーム等他の ASV 装置による被害軽減効果の可能性も考えられる。

表 7：主に効果が見られたケース_対四輪追突

事故内容	死傷事故		死亡重傷事故
昼夜	昼、夜(※1)		夜(※1)
行動類型× 人的要因	直進時	内在的前方不注意, 外在的前方不注意	←
運転者年齢	全年齢層(※2)		←
事故類型 (人の位置、 動き)	横断中, 対面通行中, 背面通行中, 路上		横断中, 路上

人対車両事故に関して、AEB の効果を更に向上させるために必要なことを考えると、現行車両のセンサ視野外にいる歩行者を検出できるよう、LiDAR(Light Detection and Ranging)の採用等で歩行者の検出範囲(特に角度)を拡大することが有効と考えられる。一方で AEB の歩行者検出がどんなに早くても、物理的に制動が間に合わない事故は AEB で防ぐのは不可能なので、歩行者事故ゼロのためには、ITS 等[参考資料 2]、AEB より早い時間帯で作動する事故予防システムとの組み合わせが必要になると考えられる。

なお、今回の分析条件では、人対車両事故は追突事故に比べ AEB の作動状況にある程度合わせた状況における効果分析をすることができず、AEB の効果が見にくくなっている面があったと考えられる。AEB をはじめとした、ASV の効果を詳しく分析できる事故分析環境の整備も今後必要であると考えられる。

4. まとめ

本報告で AEB 仕様別の対四輪車追突、人対車両事故の事故被害軽減効果を把握した。

1) 対四輪追突に関しては

事故被害軽減効果は 第 1 世代より第 2 世代のほうが高い効果を得られた

AEB のセンシング、制動効率向上によりさらなる効果向上が望める

2) 人対車両に関しては

歩行者検知が可能な第 2 世代 AEB は事故被害軽減効果がみられた

更なる効果向上のために現状のセンサ視野外の歩行者を対象とした AEB とする必要がある

歩行者事故ゼロ達成のためには、AEB より早い時間帯で作動する予防安全システムとの組み合わせが必要

[参考資料]

- [1] 西田 泰、他、2012 年、「交通事故分析に基づく交通行動特性の把握手法に関する研究」 (公社) 日本交通政策研究会
- [2] 大久保 義行、2019 年、「歩行者事故低減歩車間通信技術を用いた安全支援システムの開発」
於 2019 自動車技術会春季大会フォーラム「SIP 第 1 期『自動走行システム』の研究開発成果—SIP-adus 成果報告—」発表資料
パナソニック株式会社 コネクティッドソリューションズ社