

≡ ≡ ≡ 総 説 ≡ ≡ ≡

自動車の安全技術の今後の展望

Automotive Safety Technology Outlook

栗山雄治 *¹

1. はじめに

自動車の安全性能は「パッシブセーフティ（衝突安全）」から普及が進んだ。事故が起こった際の被害を最小に抑えるのが「パッシブセーフティ」なら、その逆に、事故を未然に防ぐ安全性能が「アクティブセーフティ（予防安全）」だ。

また、「プリクラッシュセーフティ」とは、衝突が避けられない状況になった場合に被害を最小限に抑えるための技術で、アクティブセーフティとパッシブセーフティの中間に位置する技術とも言える。これらの技術は、欧米を中心とした各国の法規や第三者機関による情報公開試験（アセスメント）の要求強化（評価基準の強化、試験の追加等）、また、乗員の傷害レベルを評価するための人体を模擬した計測装置（ダミー）の変遷とともに、進化、普及してきた。

今回は、これら法規・アセスメント、ダミーの変遷と社会環境の変化から、安全技術の今後の展望について述べたい。

2. 法規・アセスメント

2-1. 法規・アセスメントの変遷（概要）

自動車安全法規は、1971年に米国運輸省の道路交通安全局（NHTSA：National Highway Traffic Safety Administration）が FMVSS No. 208（Federal Motor Vehicle Safety Standards）として前面衝突（前突）に関する法規を世界で初めて制定した。アセスメントについても、同じく米国で1979年 NCAP（New Car Assessment Program）が初めて導入された。表—1に各国の法規・アセスメント変遷概要を示す。

米国の自動車安全法規変遷の歴史の中で特筆すべきことは、一つは、1996年のFMVSS No. 208改訂により、前突用エアバッグが標準装備化に向けたことである。その後、エアバッグ展開による乗員への加害性が問題になり、1997年に暫定処置としてインフレーター（ガス発生器）の出力を下げる法規改訂（デパワー化）が行われた後、2003年に、LRD（Low Risk Deployment）技術の進歩をねらってOOP（Out of Position）の評価が追加された。

FMVSS No. 208の最大の特徴は、シートベルト未装着乗員の安全保護性能を評価することであり、米国アセスメント及び米国以外の法規・アセスメントがいずれもシートベルト装着乗員の安全保護性能を評価するのと一線を画する。

これら、米国の異なる安全性能要求に応えるため前突用エアバッグにはデュアルインフレーター（2段出力）が開発され、更に様々なエアバッグ展開制御技術が開発された。このように、米国の法規・アセスメントの変遷はエアバッグをはじめ安全装置が飛躍的に進化してきた要因の一つと言える。

側面衝突（側突）も同様に、米国で1991年に側突に関する法規 FMVSS No. 214が制定され、アセスメントでは、1996年にNCAPに側突追加、2003年に米国道路安全保険協会IIHS（Insurance Institute for Highway Safety）が米国で広く普及しているSUV（Sports Utility Vehicle）との側突を模擬したSUV側突が制定され、側突エアバッグの普及と技術の進歩に大きく寄与している。

*¹ Yuji Kuriyama SS第1技術部

表-1 各国の法規・アセスメント変遷の概要

年代	70年	80年	90年	00年	10年～	
北米	法規	●1971年 208(世界初)		●1996年 208改訂 エアバッグの標準化 ●1997年 208改訂(テ'ァ'ー) 加害性低減 ●1997年 214(側突DOT-SID)	●2003年 208(フェーズ'1) OOP評価追加 ●2006年 208(フェーズ'II) 【特徴】衝突速度77'p'(30→35mph) ●2007年 新214(ES-2,SID2s,ホ'ル側突)	●2013年 226 R/O ●2017年 THORダミーの採用
	レイティング	●1979年 NCAP 56kFRB(世界初)		●1995年 IIHS 64kODB ●1996年 NCAP 側突	●2003年 IIHS MDB側突	●2012年 IIHS SOL World-SIDダミーの採用 ●2017年 ●2018年 MDB斜突(THOR)後席乗員保護
欧州	法規		●1997年 56kODB、側突(ES-1)	●2005年 歩行者保護	●2013年 歩行者GTR ●2016年 50kFRB	
	レイティング (EURO-NCAP)		●1997年 64kODB、歩行者保護		●2013年 AEB加点点追加 ●2015年 斜めポール & World-SIDダミーの採用 ●2018年以降 THORダミー採用 ・AF05 FWRB	
日本	法規		●1994年 50kFRB ●1998年 50k側突	●2004年 歩行者保護、56kODB		
	レイティング (JNCAP)		●1996年 56kFRB ●1999年 側突	●2000年 64kODB ●2003年 歩行者保護		
中国	法規			●2003年 50kFRB ●2006年 側突		
	レイティング (CNCAP)			●2007年 56kODB	●2012年 56→64kODB	
ASEAN	レイティング				●2012年 64kODB	
LATIN	レイティング				●2010年 64kODB	

2-2. 今後の法規・アセスメント動向

安全法規の各国動向は、欧州法規を主体とした国連法規が米国以外で採用推進、米国は一部国連法規を採用するものの基本は米国法規の継続である。すなわち、無拘束乗員の安全保護性能評価が継続される。米国では、法規の要求強化とともにアセスメント強化も独自に進んでおり、より高度な技術が必要になる。例を以下に述べる。

法規では自動車横転（ロールオーバー）時の乗員の車外放出防止（FMVSS No. 226改訂、'13年フェーズイン）と'18年に導入が検討されているMDB（Moving Deformable Barrier）斜突評価があり、より人体に近いダミー（THOR：次頁で説明）の導入も計画されている。これらに対応する安全装置として、ロールオーバー対応カーテンエアバッグ（CAB）等のエアバッグの機能向上、新規エアバッグ開発、要素技術としては、可変技術（容量、排気等）、頭部の回転抑制等、より優しく乗員を保護する技術が必要になるであろう。

次にアセスメントでは、NCAPはMDB斜突評価+Thor ダミー、IIHSは側突の要求強化（乗員同士の衝突緩和：ファースイド乗員）、NCAPの斜突評価衝突形態は、衝突角度とラップ量が異なるOblique（斜め前突）とSOI（Small Overlap

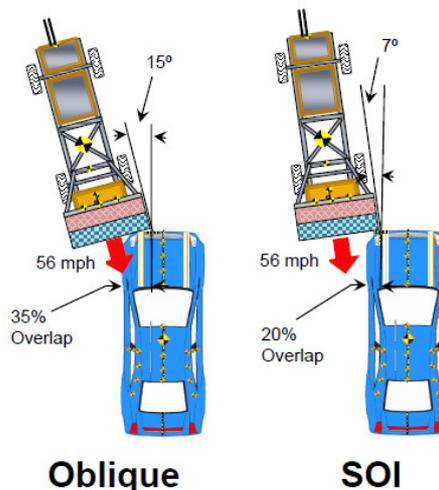


図-1 斜突形態

Impact) が検討されており、Obliqueの導入が有力である。

ObliqueとSOIの衝突形態を図-1に示す。いずれの要求も車両での対応が必要で、車両特性から来るエアバッグへの要求に適合かつ両者要求を同時に適合するエアバッグ開発が必要である。

欧州も米国同様、Euro-NCAPの要求強化、ダミーの進化による計測項目の追加・評価基準の強化が進んでいる。更に歩行者保護、AEB（Autonomous Emergency Braking）の加点点追加等、新たな安全

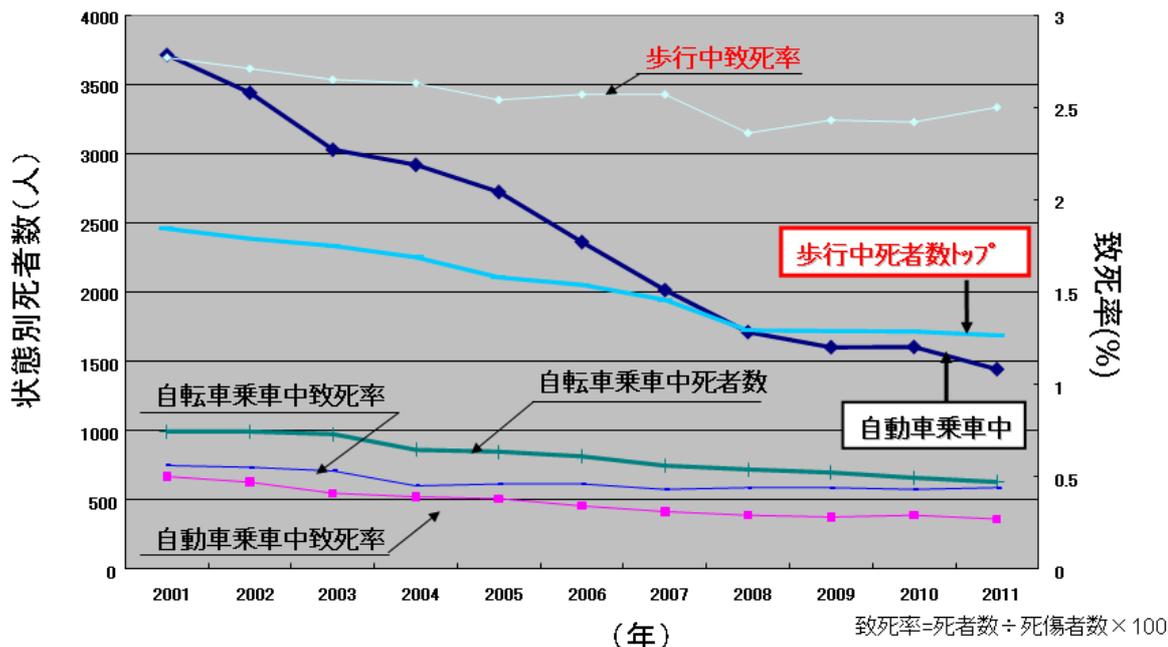


図-2 交通事故致死率

装置ニーズもでてきている。その背景には、先進国ではエアバッグの普及により交通事故時の乗員の死亡者数が激減したが、反面、図-2に示すように、歩行者の事故による死亡者比率が乗員死亡者比率を上回っている状況がある。新興国については国連の今後10年間の取組で、

- 1) 2020年までに新興国で自動車安全の国際法規採用の推奨
- 2) 新興国にグローバルNCAP制定（ベースはEuro - NCAP）

この国連の取組が後押しになり、今後前突エアバッグの普及に続き、側突評価のNCAP導入により側突エアバッグも急速に普及していくものと予測される。

3. ダミー変遷

3-1. 前突ダミー

前突試験用ダミーの歴史は古く、1950年代までさかのぼり、それ以前に実施されていた死体実験データを元に開発が進められた。しかし、ダミー計測データと人体傷害特性との整合性が取れていなかったため、改良が繰り返され、HYBRIDダミーが1970年代初頭に登場した。HYBRIDダミーもI→IIへと改良が進み、米国安全法規（FMVSS

No. 208）に適用された。その後、より多くの傷害値計測を行うことができるダミーとして1976年にはHYBRID-IIIへと進化を遂げた。

HYBRID-IIIダミーは、以降長年に渡り米国で使われ続け、1989年までに小柄女性体格（AF05）、大柄男性体格（AM95）とバリエーションを増やし、日欧にも展開された。また、人体忠実度を飛躍的に向上させた（首や胴部の柔軟性向上、脳傷害リスク判定のための計測項目追加）THORが近い将来完成される予定である。THORの出現により胴部の複合的な変形、頭部の回転角速度等を抑制するエアバッグ展開技術が必要になり各社開発競争になっている。

3-2. 側突ダミー

側突ダミーは、1979年前突試験用ダミーHYBRID-IIの部品の一部を用いて米国にてDOT-SIDが開発された。一方、欧州でも開発が進みAM50体格（米国男性の標準体格）のEuro SID⇒ES-2へと進化を遂げた。

また米国ではES-2の胸部変位特性をさらに改良したES-2 reが開発された。

上記及び2項で述べたように、米国、欧州では評価方法とダミーともに独自の考えで行ってきたが、近年 World-SIDダミーへの統一化の動きが

表-2 ダミー変遷

年代	70年	80年	90年	00年	10年
前突	<p>●1976年 HYBRID-II AM50 [特徴] センサー数:11(頭、胸、腰、大腿部) 北米にて開発、各国にて使用。</p>	<p>●1986年 HYBRID III AM50 [特徴] HYBRID IIに対して センサー数が大幅増加 11→50(頭、首、胸、腰、下肢) 北米にて開発、各国で使用。</p>  <p>●1988年 HYBRID-III AF5 (小柄女性ダミー) [特徴] 北米にて開発、各国で使用。</p>			<p>●2013年 THOR AM50 [特徴] 生体忠実度向上</p>  <p>●2014年 THOR AF5 (小柄女性ダミー)</p>
側突	<p>●1979年 DOT-SID AM50 [特徴] 北米にて開発し 北米にて使用。</p> 	<p>●1989年 EuroSID AM50 [特徴] 欧州にて開発した側突ダミー。 欧州、日本、他にて使用。</p>	<p>●1994年 SID II-s AF5 (小柄女性ダミー) [特徴] 北米にて開発、 北米、欧州、日本、他にて使用。</p> 	<p>●2000年 World SID AM50 [特徴] 国際統一ダミーとして開発 世界の人口データをもとに した中柄男性体格</p>  <p>●2000年 ES-2 AM50 [特徴] 欧州にて開発 欧州、日本、他にて使用。</p> <p>●2004年 ES-2re AM50 [特徴] ES-2の胸部を改良 入力に対する応答性 を向上。北米にて使用。</p>	

ある。World-SIDダミーは人体忠実度向上（リブ、関節の柔軟性向上等）から、ダミーに強接触する前にエアバッグを展開する技術が要求されてきている。

4. エアバッグシステム世界市場の動向

4-1. エアバッグモジュールの世界市場動向

図-3にエアバッグ世界生産量予測を示す。エアバッグモジュールの2012年世界市場は、約3億個であり、今後新興国向けの需要が拡大し、2017年には4億5千万個を超えることが予測される。エアバッグ生産量は、多くの機関が予測しており、各々の見方から多少の相違はあるが、いずれにしても2017年には2012年比、1.5~2倍の市場になる。

欧米市場については、アセスメントの強化により2015年までにサイドエアバッグ、カーテンエアバッグの側突系エアバッグがほぼ標準装備になるものと推定できる。日本市場は、欧米と同様にアセスメント強化は進むものの、軽・小型車が占め

る割合が高く、コスト面から側突系エアバッグの普及が進みにくい。更に欧米（特に北米）に比べ道路環境が良く、ガードレールも整備されており横転事故が起こりにくいため、道路環境面からみても軽・小型車への普及が進みやすい環境にある。

新興国市場も、運転席・助手席の前突系エアバッグの普及が優先的に進んでおり、側突系エアバッグの普及が拡大するのは早くとも2017年頃と予測される。しかしながら、側突系エアバッグは左右両方に装着されるため、市場規模としては、前突系とほぼ同じの1億5千万個前後になり、日本市場においても、軽・小型車の側突系エアバッグ装着も徐々に伸びていくと予測されるため、新興国向け前突系エアバッグとともに、魅力ある市場であり、ますます競争が激化していくものと思われる。

4-2. 市場・自動車メーカーのニーズ

エアバッグ市場が伸びる新興国で、エアバッグを普及拡大していくためには、第1に低コスト化である。先進国においても低コスト化はもちろん、2

項で述べた法規、アセスメントの要求強化に応える安全性能の向上との両立が必須である。

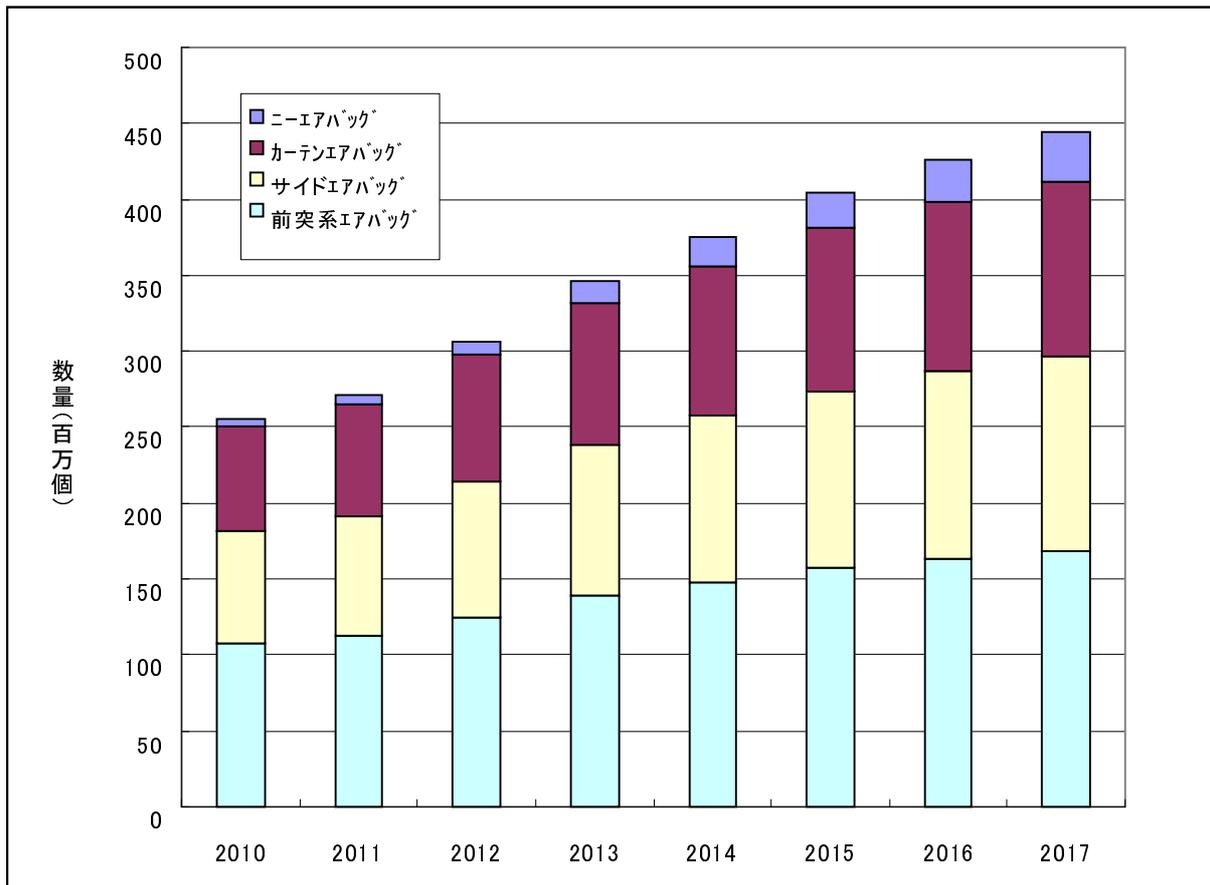
また現在のトレンドとして、製品・部品の共通化、ユニット化による組付易さ等による車両トータル及び製品・部品の低コスト化の取組が行われている。前述した安全性能向上と低コスト化の両立に加え共通化・ユニット化のニーズに応えた設計構造の開発も重要と考える。

性能面では、バッグが早く膨らみ、乗員拘束できる状態を早く形成することが要求されている。当社はそのニーズに応えるため、バッグの構造・折りたたみ方の開発とともに、当社オリジナルのインフレーターを開発した。詳細は、本技報の論文にて紹介するが、概要は、燃焼の早い火薬を開発し、インフレータの着火～ガスの吹出し完了までを早めたことである。

5. 安全技術の今後の展望

—次世代自動車に求められる安全技術—

ここまで、主にパッシブセーフティの変遷について述べてきたが、今後更に、環境保護のための車両軽量化、ダウンサイジングと様々な衝突形態での安全保護性能を両立させる技術が必要になってくるだろう。例えば、斜突形態では、車体の一部に集中的に力が加わるのが特徴だが、その際、キャビン（居室）変形抑制と車体前上部の効率的な衝撃吸収構造（変形構造）をダウンサイジングと軽量化の条件下で実現させなければならない。本年度のモーターショーでも展示発表されたアルミ骨格、樹脂ボデー等もその方法の一つであるが、その他では、他社開発の「Pressure Loaded Side Impact Protection Beam」のような高圧ガスでビ



図－3 エアバッグモジュール世界生産量（予測）

ームの剛性をあげる製品を応用し、質量アップを抑制しながらボデー補強する製品も考えられる。エアバッグ製品では、前面フルラップ衝突以外の衝突の際に、乗員の動きを制御し、確実にエアバッグに当てる技術・製品も必要になるであろう。

次世代自動車の安全技術は、プリセーフティ・アクティブセーフティが主流になるが、ここではAEB（自律緊急ブレーキ）導入時のエアバッグについて考察する。現在導入されているAEBは、各社衝突回避できる速度は様々だが、いずれも衝突しない速度ではエアバッグ非展開であるので、エアバッグ技術として進歩が必要なのは、AEBが作動した状態での衝突に対してである。AEB作動時の乗員の挙動は、車両が衝突する前に既に、車両と相対的に慣性で車両前方に動き始め、車両衝突と同時に更に車両との相対速度が速まる。AEB作動初期の対応として既に、PSB（Pre-crush Seat-Belt等）、乗員の前方移動を制御する製品が出ているが、頭部の前方移動は胴体ほど制御が効かないため、その状態でエアバッグが展開した時の加害性に配慮した技術、すなわち、衝突形態、乗員の挙動に応じてエアバッグの展開を制御する技術が望まれる。

6. おわりに

「交通死傷者 0」を目指した研究開発は今後も進んでいくだろうが、これを実現するためには、ぶつからない車になることが必要で、遠い将来には実現できるかもしれないが、当面の間は、プリセーフティ・アクティブセーフティとパッシブセーフティの組合せで最適な技術・製品の開発が、各社競争しながら進んでいくだろう。本編で書いた内容はその一部にすぎず、パッシブセーフティだけを取上げて、歩行者を含めて衝突相手に応じて変形する硬さを変えるバンパー部のスマートストラクチャ、より少ない変形量で衝撃吸収する樹脂ボデー、より軽い構造で衝撃吸収するフェンダー部品・骨格部品等、エアバッグ以外の安全保護製品にまで、社会貢献・ビジネスチャンスが広がっている。これらのチャンスを逃さぬよう、アンテナを高くして、安全保護製品の企画・開発に力を注ぎたい。

参考文献

- 1) 豊田合成技報
・ Vol. 46 No. 1(2004)
・ Vol. 49 No. 1(2007)
- 2) 豊田合成社内報告資料データ引用