

車両同士の側面衝突時の乗員保護に関する研究（第2報）

細川 成之* 米澤 英樹* 谷口 哲夫*

A Study on Occupant Protection in Car-to-Car Side Impacts (Part 2)

by

Naruyuki HOSOKAWA* , Hideki YONEZAWA* , Tetsuo TANIGUCHI*

Abstract

In recent years there has been a strong shift away from traditional sedans to multipurpose vehicles, such as vans and minivans. This trend is centered in North America, but has also become conspicuous in Japan and Europe.

Considering the current situation, including the issue mentioned above, a review of the test procedures in the current regulations has become a matter of some urgency. Based on a common awareness in Japan, Europe, and America, the IHRA is actively promoting research on side impact test procedures. Research is also moving forward on important issues including types of crash dummies and their positions in the vehicle. In order to take an active part in the research promoted by the IHRA, Japan is also conducting investigations into these issues. Japanese studies have included surveys of specifications for vehicles on the market in recent years, investigations of the front-end stiffness of these vehicles, analyses of traffic accidents, and other studies, especially analyses of collision effects that lead to injuries. To do this, full-scale side impact tests have been conducted under various conditions, and factors affecting the vehicle deformation and dummy responses have been examined. These results were reported in part at the 17th ESV Conference held in Amsterdam 2001.

This report describes full-scale side impact tests in which a multipurpose vehicle having a different front shape and stiffness than conventional sedan type cars is the striking vehicle. The amount of deformation of the vehicle body and dummy responses were compared and adjusted in terms of results with the present test procedures. Tests were also conducted with rear seat dummies (SID-IIIs), and suggestions for the test conditions in future side impact test procedures are made from a wide range of viewpoints.

原稿受付：平成18年8月22日

*自動車安全研究領域

1. はじめに

近年の自動車安全基準の国際整合についての機運の高まりとともに、改めて側面衝突試験法の国際調和に対する活動が行われている。例えば、各国エキスパートが参加する IHRA (International Harmonization Research Activities) 側面衝突ワーキンググループ(SIWG)では、各国の最新の側面衝突事故実態、および車両市場実態に即した衝突条件を取り入れた国際統一側面衝突試験法について、短期、中期の両面から論議が進められてきた。

IHRA 側突 WG は、国際的な調和を考えた将来の側突試験法の条件の検討にあたって、参加各国の最新の事故実態、市場実態に即した試験条件を設定する意向であり、日本を初めとする参加各国、各組織に対してこの活動への積極的な貢献を求めている。これに対して、日本は、マクロ事故データを用いた側突事故の分析結果、ミクロ事故データを用いたポール側突事故分析、日本車の前面寸法、剛性調査結果、および実車テスト結果の一部等に加え、車室内頭部衝撃試験法に関する基礎研究結果等を報告し、将来の側面衝突試験法の試験条件検討に貢献してきた。その結果、現時点で側突乗員保護評価のための将来の国際統一試験方法案として MDB to Car 試験法、Car to Pole 試験法、車室内インパクト試験法、側突エアバッグ OOP(Out of Position). 試験法の 4 項目の試験方法を提案している。各試験法の条件はこれまでの論議の結果から、ある程度設定されつつあるものの、いまだ未解決な部分もあるのが現状である。

本報告は、MDB to Car の試験法で、現行の MDB と大きさ、剛性及び重量等が、大幅に異なる、SUV 及びそれを模擬した IIHS MDB を同一被衝突車に衝突試験を行った結果をまとめたものである。

2. 国際統一側突試験法検討の現状

IHRA 側突 WG は、その活動目的を「側突事故における安全性を強化させるために最大限に調和された将来の側面衝突試験法の開発をサポートする世界的な調和研究」として、1998 年 9 月の第 1 回会議以降活動を進めている。これまで、議長国であるオーストラリアを初めとして、日本、米国、カナダ、EEVC 等が行った側突事故データのレビュー、車両の諸元調査結果、実車テストによるパラメータスタディ結果等について論議し、将来の国際調和側突試験方法案を模索してきた。その結果、現在、MDB to Car

試験法、Car to Pole 試験法、車室内インパクト試験法、側突エアバッグ OOP 試験法の 4 項目の試験方法案が検討されている。これまでの活動の成果は、2001 年 6 月に開催された第 17 回 ESV 国際会議、および、2001 年 12 月に開催された国連 ECE/WP29/GRSP 会議などの場で報告されてきている。なお、IHRA 側突 WG の上部組織である IHRA S/C (IHRA Steering Committee) からは、上記 4 項目の試験法のドラフトを 2003 年に開催予定の第 18 回 ESV 国際会議に提出、2005 年の第 19 回 ESV 国際会議に最終ドラフトを提出することが指示された。

2. 1. MDB to Car 試験法

MDB to Car 試験法に関しては、日本をはじめ各国の事故分析結果、車両諸元調査結果、実車テスト結果等多数の研究結果が報告され、活発な論議がなされてきた結果、IHRA 側突 WG としての提案事項がいくつかあげられた反面、さらなる研究が必要な懸案事項も多数あげられている。

ダミーに関してはカナダが行っている側突事故分析結果から「車対車側突事故においては女性乗員の方が男性乗員に比べて厳しい傷害を負っている場合が多い」ことを考慮し、Small adult female dummy の搭載が提案されている。しかしながら、この提案については、各地域の事故統計がその必要性を示している場合は異なるダミーサイズについても検討される可能性が有ることが論議されている。

懸案事項の中で、バリアフェイス、および、それを取付ける MDB 台車については、各国の市場実態、特に、乗用車が市場の中心である欧州/日本に対して、SUV と乗用車の比率が同等に近い米国/カナダの間で大きな隔たりがあり、最も重要であるとの認識されているものの未だ結論が出されていない項目である。バリアフェイス、および MDB に関しては、米国の保険業界の研究所 IIHS (Insurance Institute for Highway Safety) が主に頭部を対象とした側突安全性評価試験に用いることをねらいに SUV の前部を模擬したバリアフェイスを開発しており、IHRA 側突 WG メンバーからも注目されている。また、懸案事項の中で MDB 台車のクラブ角の有無、MDB 台車の衝突位置、および後席ダミーの搭載については、相互の関連性が高く重要な問題として注目されている。

2. 2. Car to Pole 試験法

車両の narrow object への衝突は、各国の事故分析結果から「若い男性乗員の受傷率が高い事故形態」で、「受傷部位として頭部、胸部が高い頻度を示して

いる」として注目されており、その保護性能評価試験方法としての Car to Pole 試験法の条件については IHRA 側突 WG メンバーの総意を得た以下に示す提案事項があげられている。

- ・ 車両自身を固定ポールに衝突させる
- ・ 衝突速度 30km/h でのクラブ角無し直角衝突
- ・ 頭部、胸部に対する保護性能評価
- ・ Mid-size male dummy
- ・ 固定ポールは、直径[350mm]で、サイドシル高さからルーフ高さまでの長さ

上記の提案事項の中で、固定ポールの直径については頭部、胸部に十分な入力を与える直径として、米国以外のメンバーから支持されている値である。

その後の会議の進展により、衝突速度 32km/h で 75° での衝突、ポール直径 254mm の米国 FMVSS214 改定案（当時）を基礎にすることとした。

また、ダミーとしては MDB to Car 試験法と異なり、若い男性乗員を模擬するべく Mid-size male dummy が提案されている。

2. 3. 車室内インパクト試験法

各国の事故分析結果から側突事故における頭部傷害は重要であることがあきらかになった。しかしながら、現在の MDB to Car 試験法は頭部の傷害の評価には不十分であるとの論議から頭部保護性能評価のための車室内インパクト試験法が検討されている。試験法案はフリーライトヘッドフォームを用いる米国 FMVSS201 の車室内衝撃試験法をベースに EEVC WG13 が検討を進めている。試験方法、衝撃速度、傷害基準等は FMVSS201 と同様であるが、衝撃位置等は EEVC の事故分析結果から FMVSS201 と異なる位置が検討されている。

2. 4. 側突エアバッグ OOP 試験法

側突エアバッグ OOP(Out of Position)試験法については、現時点で詳細な内容、試験条件等についての IHRA 側突 WG としての提案はなされていない。この試験法に関してはこれまで米国／カナダが研究を進めてきているが、その結果では「車両によってワーストケースになる状態が異なり、一貫性のある試験条件設定が困難」との報告がなされている。米国／カナダは、今後も ISO/TC22/SC10/WG3 が作成した TR14933 の側突エアバッグ OOP 試験法、および IIHS、米国業界が参加して活動している Side Airbag Technical Working Group が検討している試験法を考慮して研究を継続する予定であり、IHRA 側突 WG はその研究結果に期待しているのが現状である。

る。

3. 実車側面衝突実験

実車側面衝突実験は、前述の IHRA 側突 WG での MDB to Car 試験法に関する論議を踏まえて、1) SUV を乗用車に衝突させる実験、および 2) IIHS 開発のバリアフェイスを取付けた MDB 台車（以下、IIHS MDB という）を乗用車に衝突させる実験の 2 ケースの実験を設定した。

3. 1. 実験条件

3. 1. 1. 衝突形態

表 1 は実験の衝突形態、実験条件概要を示したものである。実験は、衝突車として SUV を用いた実験（Test No.1）、衝突車として IIHS MDB を用いた実験（Test No.2）の 2 回である。2 回の実験は、衝突車として用いる車両が異なる以外は、基本的に全て同一条件に設定して実施した。衝突形態は、被衝突車右側面への衝突速度 50km/h のクラブ角無し直角側面衝突である。衝突車の被衝突車に対する衝突位置は、欧州／日本の側突試験法と同様に、「衝突車左右中心を被衝突車の前席 SRP(Seat Reference Point)に一致させる」こととした。実験前の衝突車、被衝突車のセッティング状況を写真にて図 1 に示す。



図 1 衝突車、被衝突車の実験前セッティング状況

表1 実車側面衝突実験の衝突形態、実験条件概要

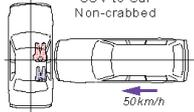
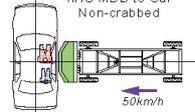
Test No.	Test No.1	Test No.2
Impact Configuration	SUV to Car Non-crabbed 	IIHS MDB to Car Non-crabbed 
Impact Point	Striking vehicle C/L @Fr seat SRP of struck vehicle	MDB C/L @Fr seat SRP of struck vehicle
Striking Vehicle	1500kg	1500kg
- mass	395mm	379mm
- Ground Height	@Longitudinal member bottom	@Barrier-face bottom surface
Struck Vehicle	Passenger Car (4drSD)	
- type		←
- mass	1432kg	
- Dummy in Front Seat	EUROSID-1@ Mid Position	←
- Dummy in Rear Seat	SID-2s	←



図3 Test No.1に衝突車として使用した SUV の外観

3. 1. 2. 実験車, ダミー

3. 1. 2. 1. 被衝突車

被衝突車として使用した乗用車はサイドエアバッグ無しの国産の4drセダンである。図2に被衝突車の実験時の外観写真を示す。



図2 被衝突車の実験時の外観



図4 Test No.2に衝突車として使用した IIHS MDB の外観

3. 1. 2. 3. 実験車の重量

表3は実験時の衝突車, 被衝突車の車重を示したものである。

表3 衝突車, 被衝突車の実験時の車重

Test No.		No.1			No.2		
		Left	Right	Total	Left	Right	Total
Struck Vehicle	Front Axle	393	421	814	394	425	819
	Rear Axle	291	327	618	290	323	613
	Total	684	748	1,432	684	748	1,432
Striking Vehicle or MDB	Front Axle	402	418	820	415	526	941
	Rear Axle	342	338	680	346	213	559
	Total	744	756	1,500	761	739	1,500

3. 1. 2. 2. 衝突車

図3, 図4に衝突車として使用した SUV, IIHS MDB の外観写真を示す。

SUV は, 空車重量に関して日本の平均的 SUV に相当するサイズで, かつ, 近年の販売台数が比較的多い SUV を調べた結果, 三菱パジェロ・イオ 5dr が選定された。この車両は, 1998年に日本で販売された SUV の空車重量の 50%タイル値 1355kg に近い 1340kg の空車重量で, 1998~2000年の3カ年の販売台数が国内で2番目に多い SUV である。

IIHS MDB は, 米国の IIHS が開発したバリアフェイスをムービングバリアに取付けたものである。このバリアフェイスは, IIHS が主に頭部を対象とした側突安全性評価試験に用いるべく開発しているもので, 米国で販売されている SUV の前部寸法, 形状を模擬していると言われている。

衝突車については, SUV, IIHS MDB とともに 1500kg に設定した。この重量を設定するにあたっては, 日本の SUV 車の 50%タイル値(1355kg)に成人男性 50% タイル乗員2名分の重量 150kg を加味するとともに, IHRA 側突 WG にて報告されているカナダが実施している実験での IIHS MDB の重量 (1500kg) も考慮して設定した。

3. 1. 2. 4. 実験車の高さ方向位置関係

図5に SUV と IIHS MDB の高さ方向寸法を現行バリアフェイスの形状, および日本車の平均寸法値と比較して示す。同図に示す日本車の平均値は, 1998年に日本で販売されたボンネット型車, Mini-van 車,

および SUV 車の寸法値を販売台数で重み付けした荷重平均値を示している。同図に示すように、SUV のフロントサイドメンバー下端高さは 395mm で日本車の加重平均値 376mm より約 20mm 高く、ボンネット前端高さは 915mm で日本車の加重平均値 736mm より約 180mm 高い。また、IIHS MDB については、バリアフェイス下端高さが 379mm で日本車の加重平均値とほぼ同等であるものの、バリアフェイス上端面高さは 1138mm で日本車のボンネット前端高さ加重平均値より約 400mm 高い状態となっている。IIHS MDB バリアフェイスの上端面は、被衝突車ウインドシルからルーフサイドレールの中間高さに一致する高さとなっている（図 1 参照）。これは、IIHS MDB が主に頭部を対象としたサイドエアバッグの評価に用いることを狙いとしているためである。

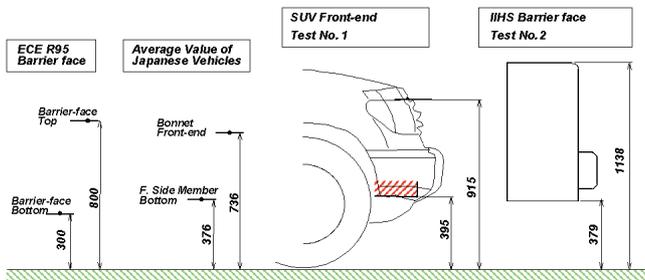


図 5 SUV, IIHS MDB と現行バリアフェイス, 日本車の平均寸法の比較

3. 1. 2. 5. ダミーと搭載位置

実験では衝突側前席である運転席に現在の欧州／日本の側突試験法に採用されている成人男性サイズ側突用ダミーである EuroSID-1 を搭載し、衝突側後席に小柄な女性相当の AF5% タイル側突用ダミーの SID-IIs を搭載した。いずれのダミーとも、被衝突車に標準装備されている三点式シートベルトで拘束した。前席については、シートスライドを前後スライドの中間位置に設定し、シートバックをメーカーの設計標準位置に、ヘッドレストを最上段に、シートベルトの肩ベルトアンカーを最上端位置に、ステアリングのチルト機構を可動範囲の中間位置に設定した。なお、シートスライド、シートバックについては、反衝突側である助手席についても運転席と同様に設定した。図 6 にダミーの搭載状況を示す。



図 6 ダミーの搭載状況 (Test No.1)

3. 1. 3. 計測項目

実験ではダミー各部の加速度、荷重、変位、車体各部の加速度、MDB 重心点付近での加速度等を車載計測器により計測し、各々の計測内容に応じて必要なデータ処理を行った。また、実験前後の被衝突車側面外板、および衝突車前部、バリアフェイス前面の寸法計測を実施したほか、衝突中の実験車、ダミーの挙動を高速度ビデオにより撮影した。

3. 2. 実験結果

3. 2. 1. 車体、およびバリアフェイスの変形状況

図 7 に衝突車、被衝突車の衝突直後の状況を示し、実験後の被衝突車、衝突車の外観写真を図 8, 9 に示す。また、寸法計測結果から作成した被衝突車、衝突車、バリアフェイスの水平断面の変形状況図を図 10, 11 に示す。

被衝突車の変形状況を 2 回の実験で比較すると、ドアの変形状況は胸部レベルでは SUV to Car Test と IIHS MDB to Car Test で比較的近い傾向を示している。しかしながら、腰部レベルでは、SUV to Car Test の場合は B ピラー部の変形が少なく、前後ドアの中央付近が大きく変形しているのに対して、IIHS MDB to Car Test では局部侵入少なく、均一なつぶれに近い変形状態を示している。ただし、IIHS MDB to Car Test では、後席ダミーが着座している車体前端から 3000mm 付近では、変形状況が局部的なものとなっている。被衝突車のサイドシルについては、SUV のフロントサイドメンバー下端高さ (395mm) の方が、IIHS MDB のバリアフェイス下端高さ (379mm) よりも高いにもかかわらず、SUV to Car Test の方が IIHS MDB

to Car Test よりも変形が大きくなっている。

衝突車については、SUV, IIHS MDB バリアフェイスとも変形は非常に少ない状態となっている。SUV の場合は、被衝突車 B ピラー付近に衝突しているバンパー中央部付近で 175mm 変形しているものの、バンパー部全体としては 100mm 程度の後退量となっている。また、図 10 への表示は割愛しているが、クロスメンバー、サイドメンバー等の構造強度部材の後退量はごくわずかとなっている。IIHS MDB バリアフェイスの場合は、被衝突車前席ドアから B ピラーへの衝突部で全体的に 60mm 程度の後退量となっている。また、バリアフェイス上部コーナー部に前席ダミー側頭部の衝突による局所変形が生じている。



SUV to Car IIHS MDB to Car
図 7 衝突車, 被衝突車の実験直後の状況



SUV to Car IIHS MDB to Car
図 8 実験後の被衝突車の外観写真



図 9 実験後の衝突車の外観写真

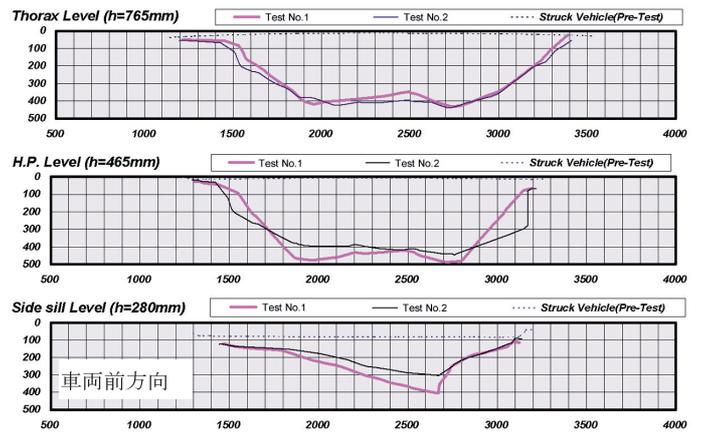


図 10 被衝突車側面外板の変形状況 (mm)

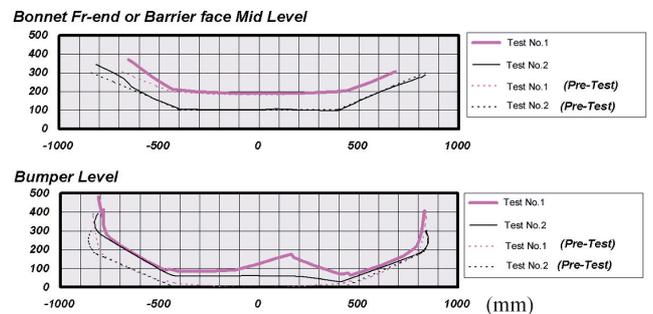


図 11 衝突車前面の変形状況

3. 2. 2. 実験車, MDB, ダミーの速度変化
図 12 は実験車, MDB, 前席ダミーについて計測した加速度データを積分して得た各部の速度変化を 2 回の実験で比較して示したものである。被衝突車については反衝突側サイドシル, および, 前席ドア中央部付近での左右方向速度を示し, 前席ダミーについては T12 Lower Spine における左右方向速度を示している。また, 衝突車については重心点における前後方向速度を示している。2 回の実験では, 衝突車, および反衝突側サイドシルに関しては大きな差異が見られないが, ドアの速度変化については SUV to Car Test よりも IIHS MDB to Car Test の方が急峻な立ち上がり方を示しており, この差異がダミーの速度変化にも現れる結果となっている。

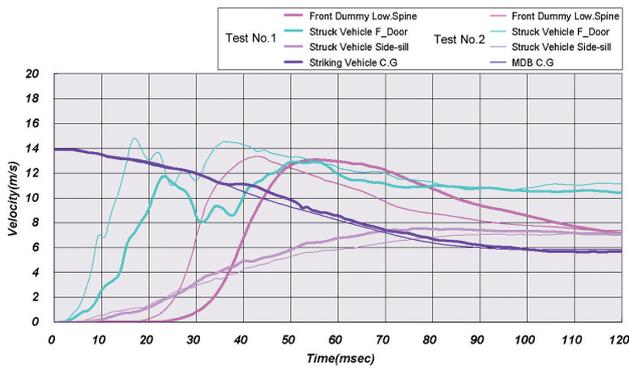


図 12 実験車、ダミーの衝突中の速度変化

3. 2. 3. 前席ダミー

前席ダミー各部の応答を 2 回の実験で比較して図 13 に示す。

HPC は 2 回の実験で特に顕著な差異が生じており、IIHS MDB to Car Test が SUV to Car Test の 5.5 倍の値を示している。IIHS MDB to Car Test では衝突中に側頭部がリアフェイス上部に衝突しており、この結果、高い HPC 値が生じたものと思われる。

リブ変位、V*C については、SUV to Car Test に比べて IIHS MDB to Car Test の方が全体的に高い値を示しており、特に V*C で両者の差異が見られる。また、SUV to Car Test ではリブ変位の発生傾向が Upper, Mid, Lower の順に小さな値を示す結果となっているが、IIHS MDB to Car Test ではその逆の傾向を示している。

腹部荷重は SUV to Car Test の方が高い値を示し、恥骨荷重については IIHS MDB to Car Test の方が高い値を示す結果となったが、頭部、胸部の応答の差異に比べて 2 回の実験の差異は少ない結果となっている。

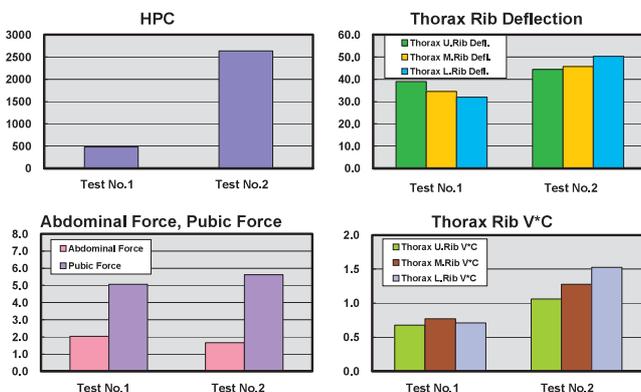


図 13 前席ダミー各部の応答比較

3. 2. 4. 後席ダミー

後席ダミー各部の応答を 2 回の実験で比較して図 14 に示す。

頭部、胸部、腹部の応答については全体的に値が低く、SUV to Car Test と IIHS MDB to Car Test による差異が見出しにくい結果となっている。腰部の Acetabulum Force については、SUV to Car Test に対して IIHS MDB to Car Test が 2 倍近い値を示している。また、その荷重の発生状況についても 2 回の実験で異なる傾向を示している。この現象は、後席ダミー着座腰部位置付近でのドアの侵入モードの差異による結果と思われる。

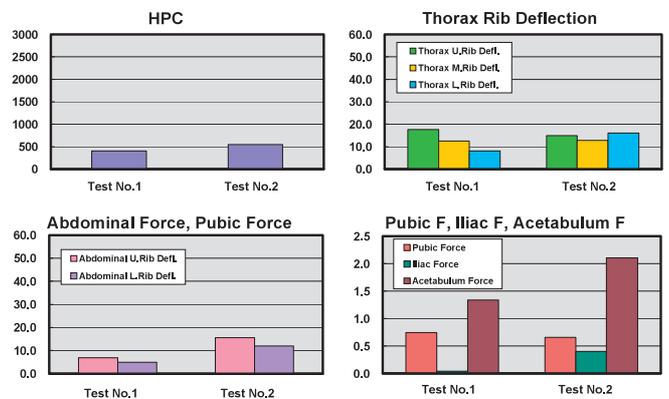


図 14 後席ダミー各部の応答比較

3. まとめと今後の課題

「側面衝突時の乗員保護性能に係る基準拡充のための調査、および側面衝突試験法の国際調和活動のための基礎データを取得する」ことを目的に、SUV to Car, IIHS MDB to Car の 2 ケースの実験を実施した。

- (1) 実験の結果、SUV to Car Test と IIHS MDB to Car Test での車体の変形状況、車体、ダミーの速度変化、ダミー各部の応答の差異について、基礎データを取得することができた。
- (2) 実施した各 1 ケースの実験の結果では、IIHS MDB to Car Test は SUV to Car Test に比べて、被衝突車に均一なつぶれに近い変形状態を与えるが、被衝突車ドアの進入速度は急峻な立ち上がりとなり、その結果が特に前席ダミーの応答とその発生傾向に現れる結果となった。
- (3) これらの結果は、実験に使用した SUV と IIHS バリアフェイスの寸法、形状、剛性とその配分の差異によるものと思われる。

- (4)また、今回は衝突車として SUV を使用した実験を実施したが、日本においては SUV よりもむしろ Mini-Van タイプの販売台数が多いため、今後、Mini-Van を衝突車としたテストも実施する必要があると思われる。
- (5)また、実験において搭載するダミーについても、新しく開発されている側突用ダミーを搭載した実験データを取得し、今後の国際調和活動の論議に参画できるようにしておく必要がある。

4. 参考文献

- 1) 49 CFR Part571, “FMVSS214;Side Impact Protection”, (1990).
- 2) ECE Regulation No.95, “Uniform provisions concerning the approval of vehicles with regard to the protection of the occupants in the event of a lateral collision”, (1995).
- 3) 96/27/EC, “Directive 96/27/EC of the european parliament and of the council of 20 May 1996 on the protection of occupants of motor vehicles in the event of a side impact and amending Directive 70/156/EEC”, (1996).
- 4) 運輸省自動車交通局技術安全部技術企画課, 保安・環境課監修, 道路運送車両の保安基準詳解, 交文社, (平成 10 年 1 月).
- 5) 運輸省自動車交通局技術安全部審査課, 交通安全公害研究所自動車審査部監修, 新型自動車審査関係基準集, 交文社, (平成 10 年 3 月).
- 6) 財団法人 日本自動車研究所, 平成 11 年度運輸省委託事業, 国際的に調和された側面衝突基準策定のための調査報告書, (平成 12 年 3 月).
- 7) 財団法人 日本自動車研究所, 平成 12 年度国土交通省委託事業, 国際的に調和された側面衝突基準策定のための調査報告書, (平成 13 年 3 月).
- 8) IIHS Status Report Volume 36, Number 1, (2001).
- 9) Yonezawa, H., et al, “Japanese Research Activity on Future Side Impact Test Procedures” , 17th ESV, Paper Number 267, (2001).
- 10) Dalmotas, D., et al, “The Crash and Field Performance of Side-Mounted Airbag”, 17th ESV, Paper Number . 442, (2001).
- 11) Seyer, K., “International Harmonised Research Activities Side Impact Workig Group”, 17th ESV, Paper Number 151, (2001).