

乗用車側面のエネルギー吸収特性 (第2報) ^{*1}

—ミニバン側面のエネルギー吸収特性—

Energy Absorption Characteristics of Passenger Car Side (Second Report)

—Review of Energy Absorption Characteristic of Minivans—

鮎川 佳弘 ^{*2}

Yoshihiro SUKEGAWA

久保田 正美 ^{*2}

Masami KUBOTA

山崎 俊一 ^{*3}

Shunichi YAMAZAKI

山田 喜久司 ^{*4}

Kikuji YAMADA

1. はじめに

自動車の交通事故鑑定における衝突速度算出の一手法として、バリア換算速度とエネルギー保存の法則により算出する方法がよく知られている¹⁾。バリア換算速度とは、事故における車体の変形をもとに、固定バリア衝突時の速度に置き換えた場合の換算速度であり、車体の前面、後面、側面について実験的に求められたエネルギー吸収分布図から算出される。これらのエネルギー吸収分布図のうち、車体の前面、後面については、久保田らにより近年の車体特性が反映されてきた^{2), 3)}。しかし、車体側面については、1970年ごろの車体特性から求められたエネルギー吸収分布図¹⁾が、長きに渡って使用されてきた。

このような状況に対して、筆者らは、現代の車体特性を反映した車体側面のエネルギー吸収分布図作成に向けて検討を行っており、その第一段階として、昨年、乗用車（セダン、軽ハッチバック）側面のエネルギー分布図を作成した⁴⁾。本報では、検討の第二段階として、近年の国内市場で一般的となったミニバンタイプ（ワンボックスタイプ）の車体側面のエネルギー吸収分布図作成についての検討結果を報告する。

2. 実験方法の検討

2.1 新しい実験方法の導入

2007年度の実験では、石川らの実験¹⁾と同様に、

実験車を台車に乗せて横方向に牽引し、荷重計を設置した固定バリアに衝突させた。しかし、衝突後に実験車が台車から転落するケースがあった。乗用車に比べて全長が長く、重心が高いミニバンなどの車両では、より転落・横転の可能性が高いと考えられる。このことから、新たな実験方法として、停止させた実験車側面へムービングバリアを衝突させる方法について検討した。

表1に、固定バリア衝突とムービングバリア衝突による実験方法を比較して示す。ムービングバリア前面には2007年度の固定バリア衝突に使用したバリア荷重計と基本的に同じ荷重計を取り付けている。バリア荷重計は、1ブロックが幅600mm×高さ1,000mmの衝突面を有し、これを左右方向に3個並べて取り付けている（図1）。各ブロックの衝突面は、四隅にロードセル（200kN用×4）を内蔵しており、ブロックごとの荷重計測が可能である。また、ムービングバリアは、前面部に取り付けた荷重計とのバランスを考慮し、後部にバラストを積載し、前後の重量配分を均等に近づけた。

車体変形量の計測方法については、固定バリア衝突による実験方法では、バリア面が固定されていることから、ビデオ解析による衝突中の側方への移動量を車体側面の変形量とした。一方、ムービングバリア衝突による実験方法では、上方から撮影した高速度ビデオの画像から、衝突中のムービングバリアと実験車の相対距離の変化量を求め、これを車体側面の変形量とみなした。

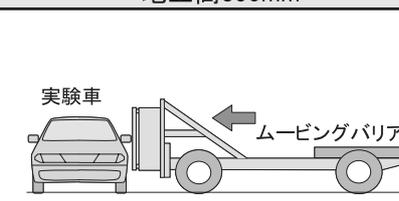
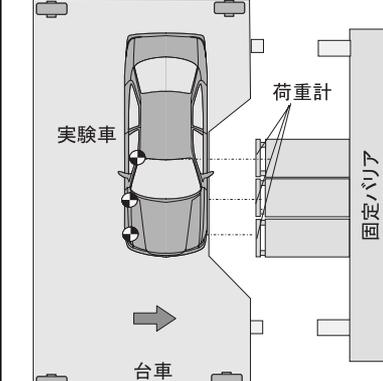
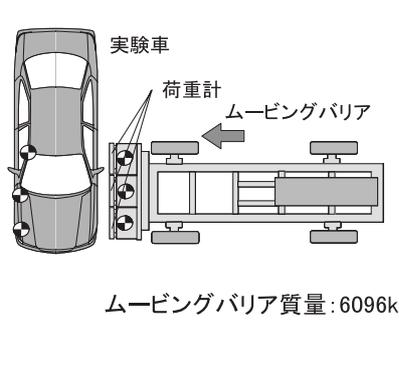
*1 原稿受理 2008年8月19日

*2 (財)日本自動車研究所 安全研究部

*3 (元)財)日本自動車研究所 安全研究部

*4 警視庁 交通部 交通捜査課

表1 実験方法の比較

実験方法	固定バリア衝突	ムービングバリア衝突
速度	固定	35km/h
実験車	35km/h	停止
バリア面下端	サイドシル上100mm(地上高350mm)	地上高350mm
側面図		
上面図		

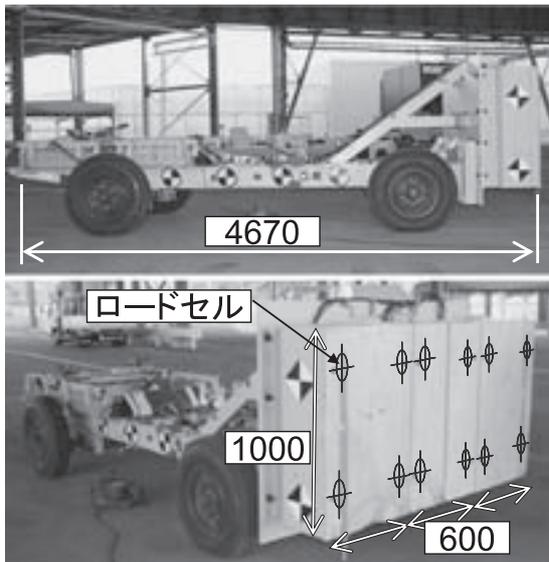


図1 ムービングバリアの概要

ドア付近 (C~E) の特性を取得した。これを固定バリア衝突の実験で計測された特性と比較した。ただし、固定バリア衝突の実験では、より大きな車体変形量を得るために、荷重計を2ブロックに変更することで負荷面積を小さくして実験を行っていることから、D、Eのブロックについて特性比較を行った。なお、衝突面の高さ方向などその他の衝突条件については、固定バリア衝突の実験条件と一致させている。

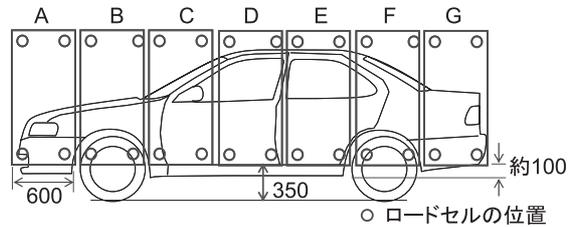


図2 乗用車(セダン)側面の分割とバリア面の位置

2.2 実験方法の比較検証結果

ムービングバリア衝突による実験方法の検証として、乗用車(セダン)を用いた実験を行い、2007年度に実施した同型車に対する固定バリア衝突による実験結果と比較した。

本検証実験では、2007年度の実験と同様に車両側面をA~Gの七つのエリアに分割し(図2)、

図3にドア部付近の荷重-変形特性の積分から求めた吸収エネルギー-変形特性について比較した結果を示す。ムービングバリア衝突による実験方法では、バリア面と車体側面の接触面積が固定バ

リア衝突による実験に比べて大きいいため、車体側面の変形量が2/3程度となった。また、ムービングバリア衝突による実験方法は、固定バリア衝突に比べて、同一変形量での吸収エネルギーが若干低くなった。この理由として、ムービングバリア衝突では衝突後の車両移動距離が大きいいため、タイヤと路面との摩擦により衝突エネルギーが消費されたためと考えられる。しかしながら、これらの差異はあるものの、吸収エネルギー変形特性を全体的に見れば、ムービングバリア衝突と固定バリア衝突による実験方法で、良く一致した傾向を示しているといえ、両方法でほぼ同様の吸収エネルギー変形特性が得られることが確認された。

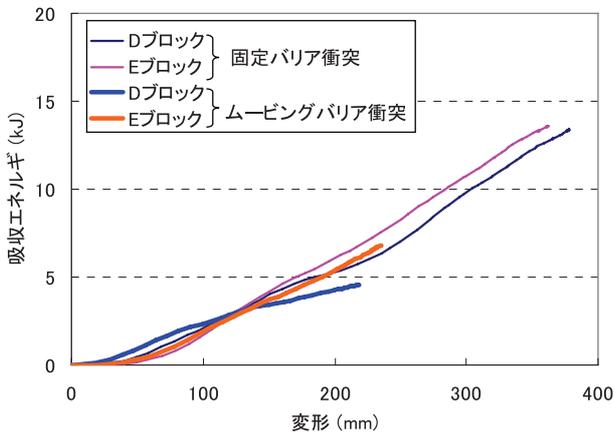


図3 吸収エネルギー変形特性

3. ミニバンの衝突実験

3.1 実験車と実験条件

前項での検証結果をもとに、ムービングバリア衝突による実験方法を用いて、ミニバンに対する衝突実験を行った。

実験車としては1992年式のミニバン1車種（全長 4,690mm×全幅 1,690mm×全高 1,810mm，空車重量 1,655kg，1992年～2000年まで製造）2台を用いた。実験車側面は、図4に示すようにブロックのサイズに合わせて前後方向にA～Hの八つに分割し、各ブロックの吸収エネルギー変形特性を求めた。荷重計（ブロック）の下端地上高は、乗用車の前部構造部材（フロントサイドメンバ先端）の平均的な地上高を参考に350mmに設定した。なお、本実験に使用した車両の場合では、ブロック下端と実験車側面のサイドシルが干渉する位置関係にあった。

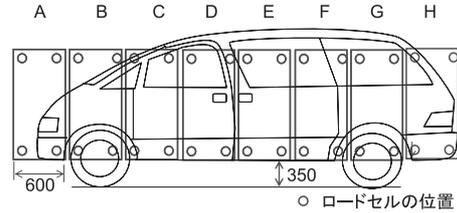


図4 ミニバン側面の分割とバリア面の位置

実験条件を表2に示す。実験は3回に分けて実施し、Test 1としてミニバン1の右側面ドア周辺部C～Eブロックの特性を取得し、Test 2としてミニバン2の左側面後部のF～Hブロックの特性、Test 3としてミニバン2の右側面前部A～Cブロックの特性を取得した。ブロックCの特性はTest 1, 2の2回の実験で計測し、特性を比較することができる。

表2 実験条件

Test	実験車	ブロック位置	バリア面の衝突位置
1	ミニバン1 (右側面)	C,D,E (車両中央)	
2	ミニバン2 (左側面)	F,G,H (車両後部)	
3	ミニバン2 (右側面)	A,B,C (車両前部)	

3.2 実験結果

車両正面から撮影した高速度カメラ映像例を図5に示す。衝突中、実験車両がムービングバリア側に傾く挙動（ローリング）が見られた。これは、車両側面の形状やサスペンションの影響等により生じたものと考えられ、車高の高い車両では、上方から撮影した画像の解析から求める変形量に与える影響が大きいと考えられる。このことから、正面画像よりローリングの角度を算出し、変形量算出の際にローリングの影響を補正した。

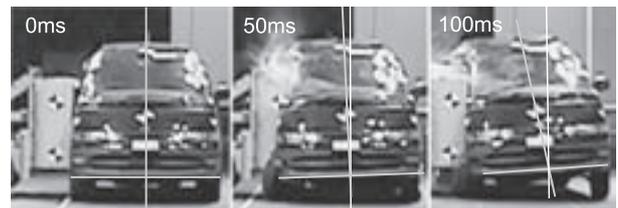


図5 車体のローリング挙動 (Test 1)

各実験から得られたミニバン側面の荷重-変形特性を図6に示す。各ブロックの荷重-変位特性を比較すると、前後タイヤ付近 (B, Gブロック) の荷重が比較的高い値を示した。

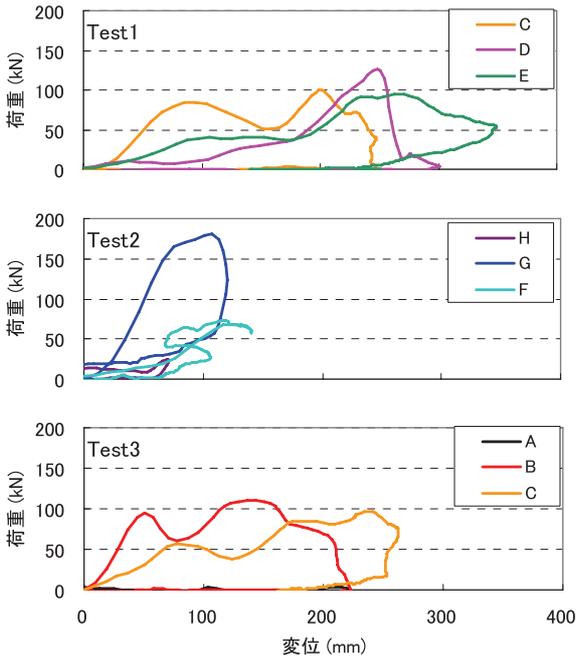


図6 ミニバン側面の荷重-変形特性

車両中央付近にムービングバリアを衝突させた Test 1では、車両の回転が少なく各ブロックともに変形量300mm程度までの特性を取得できた。一方、車両の前部、後部にムービングバリアを衝突させた Test 2, 3では、衝突後に車両全体が上下軸周りに回転することや、車両端部が絞り込まれた形状であることなどから、A, Hブロックについては荷重がほとんど発生しない結果となった。

Cブロックについては、2回のテストで特性を取得しているが、Test 1とTest 3とでは最大荷重値は同程度であるものの、波形には違いが見られた。これは、車両全体の回転により車両側面が平行につぶされていないことや、引き込み変形により衝突面周辺の変形領域が若干異なることなどが挙げられる。

4. ミニバン側面のエネルギー吸収特性

4.1 エネルギー吸収分布図の作成

ブロックごとの荷重-変形特性から、吸収エネルギー-変形特性を計算した (図7)。タイヤ付近であるB, Gブロックの吸収エネルギーが高く、A, Hブロックでは吸収エネルギー、変形ともに少なかった。

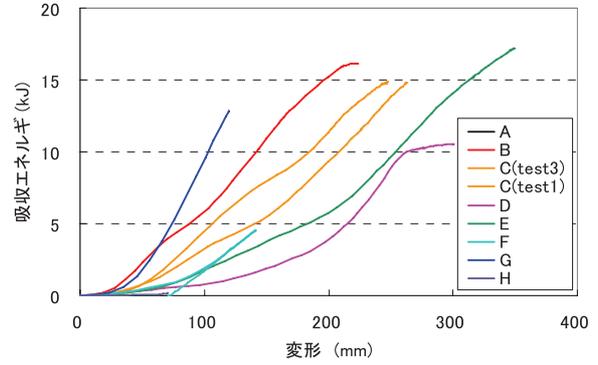


図7 ミニバン側面の吸収エネルギー-変形特性

通常、エネルギー吸収分布図では、車両の永久変形量を用いるため、変形量を永久変形量に換算した結果が図8である。永久変形量の換算方法については、2007年度と同様に最大変形量と永久変形量の比率 (約0.75) を乗じて永久変形量を算出した。同時に引き込み変形を考慮して、吸収エネルギーを補正した。

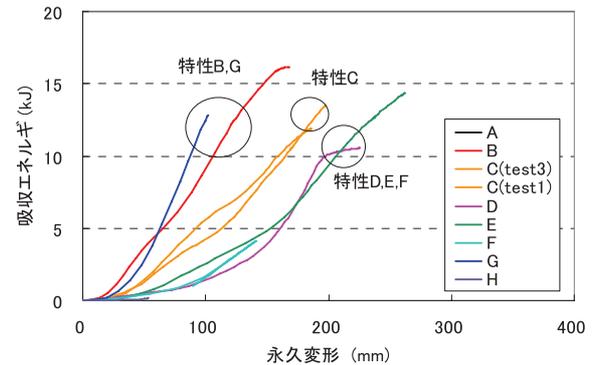


図8 ミニバン側面の吸収エネルギーと永久変形量の関係

この結果、Cブロックの特性はTest 1とTest 3でほぼ一致した。各ブロックの特性は、大別してB, Gブロックと、Cブロック, D, E, Fブロックの3種類の特性に区分することができた。また、CブロックとD, E, Fブロックとでは100mmまでの吸収エネルギーは異なるものの、その後の吸収エネルギー増加量 (傾き) は、ほぼ等しいことがわかった。これら3種類の特性における永久変形0.1mごとの平均吸収エネルギーを求め、エネルギー吸収分布図を作成した。

作成したミニバン側面のエネルギー吸収分布図 (以下、「新式」という) を図9に示す。エネルギー吸収分布図の作成にあたり、石川らが作成したエネルギー吸収分布図¹⁾ (以下、「従来式」という) を参

考とした。従来式は、全長を20分割し、車両全長を5mとした場合のエネルギー吸収量を表記している。新式では、各ブロックを3分割して（ただし、A、Hブロックは端部であることから分割せず）全体を20に分割し、車両全長を5mとした場合のエネルギー吸収量に換算した。なお、単位系は工学単位系（kg・m）を使用している。実験での永久変形量以上の変形量に対する吸収エネルギーについては、各特性の近似線から推定しており、カッコで推定

値を記載している。A、Hブロックについては、文献¹⁾を参考にD、E、Fブロックと同じ特性を与えた。

作成したエネルギー吸収分布図は、サイドシルが直接接触した実験の結果であるため、従来と同様のサイドシルが接触しない場合のエネルギー吸収分布図についても作成した（図10）。サイドシルが接触しない場合のエネルギー吸収量は、2007年度の実験での結果⁴⁾を踏まえ、サイドシルが接触した場合のエネルギー吸収量を1.3で除して求めた。

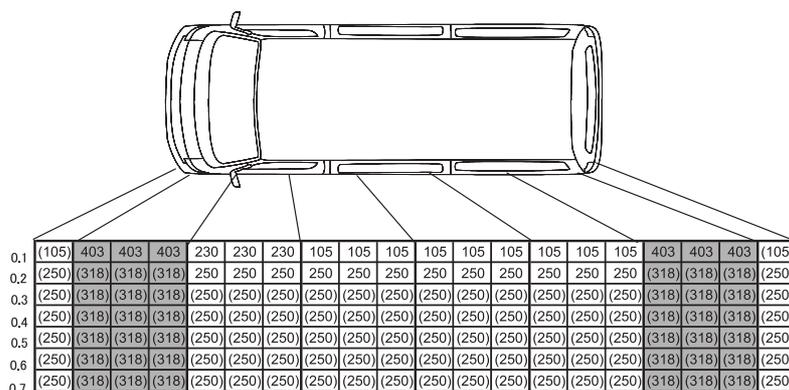


図9 ミニバン側面のエネルギー吸収分布図（サイドシルが接触した場合）

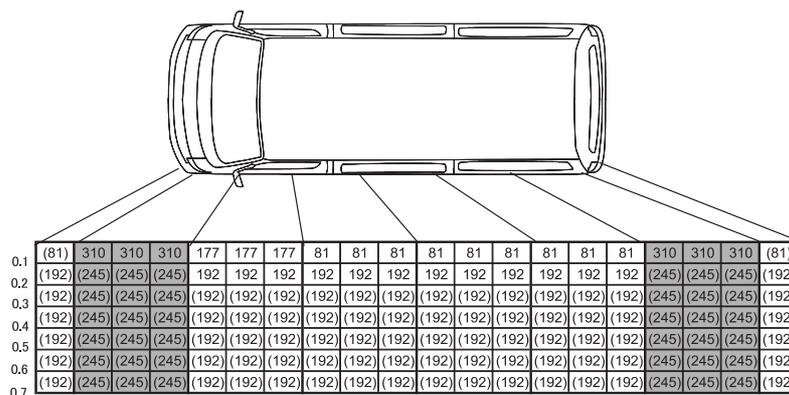


図10 ミニバン側面のエネルギー吸収分布図（サイドシルが接触しない場合を推定）

本エネルギー吸収分布図を用いるミニバン（ワンボックス派生車）では、ホイールベースと前後のオーバーハングの割合が車種により大きく異なる。このため、作成した吸収分布図を図11に示すように分析対象車のタイヤの位置に合わせて、B、Gブロックに相当する位置を移動して使用する。

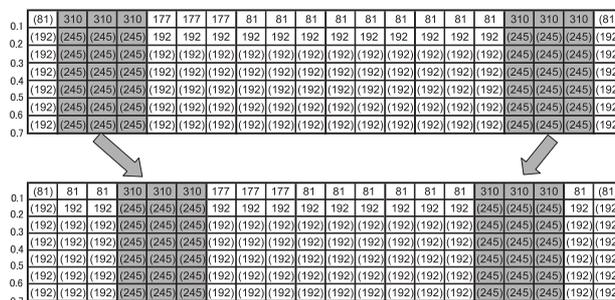


図11 表の移動例

4.2 過去の実験データによる比較・検証

作成したミニバン側面のエネルギー吸収分布図を検証するため、過去に実施した衝突実験事例について衝突速度を算出し、確認した。検証結果を表3に示す。

表3 検証結果

分類		A車	B車	衝突形態	
第1ケース	車種	ワンボックス	セダン		
	全長×全幅	4.60×1.68m	4.69×1.69m		
	重量	1.38t	1.43t		
	吸収エネルギー	従来式	18.8kJ	7.3kJ	
		新式	24.3kJ		
	衝突速度	実測	60km/h	60km/h	
従来式		49～63km/h	56～68km/h		
新式		51～63km/h	57～68km/h		
第2ケース	車種	ミニバン	セダン		
	全長×全幅	4.75×1.77m	4.71×1.72m		
	重量	1.45t	1.30t		
	吸収エネルギー	従来式	15.6kJ		51.2kJ
		新式	17.3kJ		
	衝突速度	実測	60km/h		60km/h
従来式		63～64km/h	59～60km/h		
新式		63～64km/h	59～60km/h		

検証した2例について、側面衝突したワンボックスやミニバン（A車）の吸収エネルギーと比較すると、新式では従来式に比べて吸収エネルギーが高くなる傾向にある。ここで求めた吸収エネルギーとタイヤ痕などの衝突痕跡を運動量保存則とエネルギー保存則に代入し衝突速度を算出した結果、新式から推定された衝突速度は、従来式から推定された衝突速度と同程度であるか、または若干の精度向上が見られた。

作成したエネルギー吸収分布図は1車種の結果をもとに作成しており、より多くの車種のデータを蓄積、反映することで、一般化されたエネルギー吸収分布図とすることができると考えられる。

5. まとめ

現代の車両の特性を反映した車体側面のエネルギー吸収分布図作成に向けた検討の第二段階として、ミニバンタイプ（ワンボックスタイプ）の車体側面のエネルギー吸収分布図を作成するために、実験方法も含めて検討した。検討の結果を整理すると以下の通りである。

- 1) ミニバンの車体側面の特性取得方法として、ムービングバリア衝突による実験方法を検討し、固定バリア衝突と同等の特性を取得できることを確認した。
- 2) 検討したムービングバリア衝突による実験方法で、1車種のミニバン2台を用いた衝突実験を行うことにより、ミニバン側面の吸収エネルギー変形特性を調査し、エネルギー吸収分布図を作成した。
- 3) 作成したエネルギー吸収分布図を過去に実施した衝突実験について検証した結果、衝突速度の算出について、従来式と同等、または若干の精度向上が確認された。

6. あとがき

車体側面のエネルギー吸収分布図は、これまで1種類のエネルギー吸収分布図をすべての車種に対して用いていたが、セダン、軽自動車、ミニバンなどの車種によってエネルギー吸収分布図を使い分けることにより、若干ではあるが精度向上が期待される。ただし、ミニバンでは、ワンボックス派生のミニバンと乗用車派生のミニバンがあり、乗用車派生のミニバンでは、乗用車とミニバンのどちらのエネルギー吸収分布図を用いたほうが速度推定に有効かなど、今後の課題も残る。

今後は、より多くの車種のデータを蓄積、反映するとともに、衝突安全対策等による車両特性の変化に合わせて、車種ごとのエネルギー吸収分布図を逐次見直していく必要がある。

なお、本報は、警視庁の衝突事故再現の実験鑑定の一環として実施したものである。本報が事故解明に活用されれば幸いである。

参考文献

- 1) 石川博敏, 松川不二夫: 車体変形特性によるエネルギー吸収と固定壁換算速度, 自動車技術会前刷り集, (1979)
- 2) 久保田正美, 國分善晴: 前面形状別の車体エネルギー吸収特性, 自動車研究, Vol.17, No.1, p.19-22 (1995)
- 3) 久保田正美ほか: 後面形状別の車体エネルギー吸収特性, 自動車研究, Vol.29, No.3, p.95-98 (2006)
- 4) 鮎川佳弘ほか: 乗用車側面のエネルギー吸収特性, 自動車研究, Vol.29, No.9, p.471-476 (2007)