

## 14. 前面衝突時の後席シートベルトの有効性

自動車安全研究領域  
名古屋大学  
(独) 自動車事故対策機構

※ 松井 靖浩 高木 俊介  
水野 幸治  
碓 孝浩 富田 賢一

### 1. はじめに

交通事故において後席乗員がシートベルトを非着用とした時の致死率は、着用時の致死率と比べ3.4倍高いことが報告されている<sup>(1)</sup>。後席乗員がシートベルトを非着用とした場合、車室内各部位や前席乗員等に衝突し、車両が回転挙動（スピンやロールオーバー）を示すと車外放出される可能性もあるため、死亡や重傷に至る可能性が高くなることが考えられる。交通政策審議会自動車交通部では、後席シートベルトの着用促進および後席シートベルトをより着用し易いものとなるよう促進化を図ることを提言している<sup>(2)</sup>。一方、2007年の道路交通法改正案では、2008年より後部座席のシートベルト着用が、運転席・助手席と同様に義務化される。

米欧日豪韓ではそれぞれ自動車アセスメント（New Car Assessment Program：NCAP と呼称）により、新型乗用車の安全性評価を実施している。ここでは、従来、前席乗員の被害軽減や歩行者保護を目的とした評価が実施されてきたが、上述の背景より我が国のJapan-NCAP（J-NCAP）では2009年より後席乗員の安全性も評価する予定である。よって、J-NCAPでは、後席シートベルトの有効性を明確にする必要がある。

本研究は、実際の前面衝突実験を実施することにより、後席シートベルトの有効性を明確にすることを目的とした。ここでは、シートベルト着用/非着用の条件下で、後席乗員に女性ダミーと子供ダミーを搭載し、J-NCAPフルラップ前面衝突試験を遂行することで、後席シートベルトの有効性を調査した。

### 2. 実験条件

J-NCAPフルラップ前面衝突試験に則し、セダン1車種に対する衝撃試験を2回実施した。

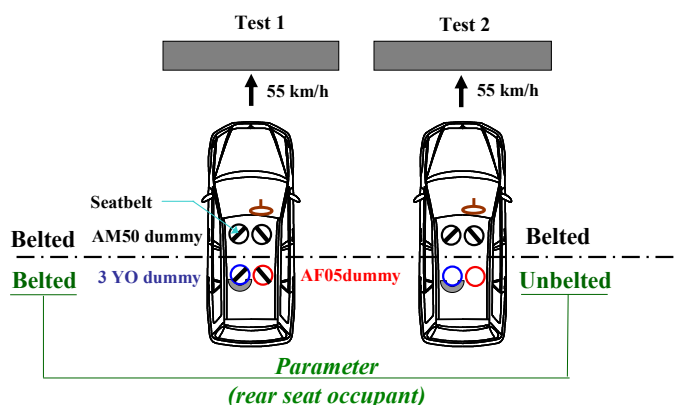


Fig. 1 Test Configuration (View from top)

### 2. 1. 衝撃方法

供試車両を固定壁へ前面フルラップ状態で衝撃させる実験状況を図1に示す。固定壁に対する車両の衝突速度は55 km/hである。J-NCAP試験に則し、前席には、Hybrid III AM50ダミー（成人男性の50パーセント・ダミー：AM50ダミーと呼称）を運転席および助手席にシートベルトを着用した状態でそれぞれ搭載した。一方、後席には、Hybrid III AF05ダミー（成人女性の5パーセント・ダミー：AF05ダミーと呼称）を運転席側の後方に搭載し、Hybrid III 3YOダミー（3歳児・ダミー：3YOダミーと呼称）を助手席側の後方に搭載した。本研究の目的はシートベルトの有効性を調査することであるため、Test 1では後席に搭載したダミーにはシートベルトを着用させ、Test 2では非着用とした（図2）。なお、助手席側の後方には、チャイルドシートを後席に予め前向きに固定し、その上に3YOダミーを搭載した。Test 1では、3点式シートベルトをAF05ダミーに着用させ、5点式チャイルドシートハーネスを3YOダミーに装着させた。



AF05 dummy                      3YO dummy  
(a) Test 1 (belted condition)



AF05 dummy                      3YO dummy  
(b) Test 2 (unbelted condition)

Fig.2 Dummies in rear seat

## 2. 2. 供試車両

供試車両はボンネット型小型4ドアワゴン1車種とし、実験では新車を2台使用した。車両諸元を表1に示す。

Table 1 Specification of test vehicle

<b>Curb Mass</b>	<b>1220 kg</b>
<b>Wheel Base</b>	<b>2535 mm</b>
<b>Engine Displacement</b>	<b>1498 cc</b>
<b>Passenger</b>	<b>5</b>

## 2. 3. ダミー計測項目

ダミー計測項目は、図3に示す傷害基準（傷害に関する深い計測項目）とした。AM50ダミーでは、頭部合成加速度、胸部たわみ量、左右の大腿骨荷重を計測した。頭部合成加速度は、頭部重心位置近傍に装着された3軸方向の加速度計より計測される値より算出した。大腿骨荷重は、大腿骨の長手軸圧縮方向に作用する荷重計測値である。3YOダミーでは、頭部合成加速度および胸部たわみ量を計測した。

傷害リスク（傷害の発生確率）は傷害リスク曲線（傷害基準における計測量の大小と傷害の発生確率との関係）より求めた。特に、AM50ダミーをベースとした傷害リスク曲線より、AF05ダミーおよび3YOダミーの体格差を示すスケールファクター<sup>(3)</sup>を考慮して算出した。ここで、傷害リスク曲線は、頭部傷害について

は Mertz<sup>(3)</sup>、胸部傷害および大腿部傷害については Viano<sup>(4)</sup> が提案した曲線を用いた。

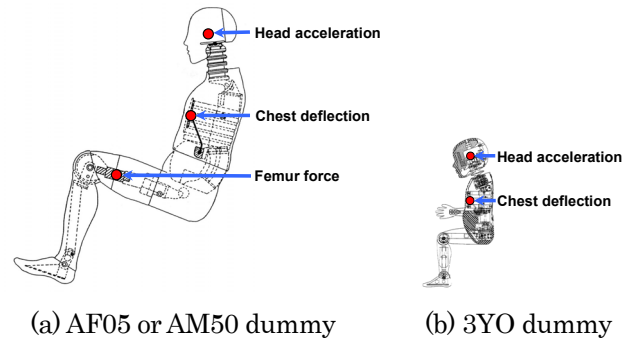


Fig.3 Measurement

## 3. 実験結果

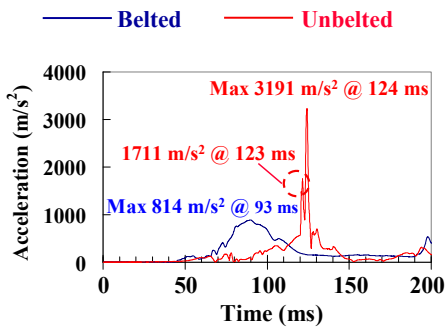
### 3. 1. ダミー計測値

#### 3. 1. 1. 後席AF05ダミー

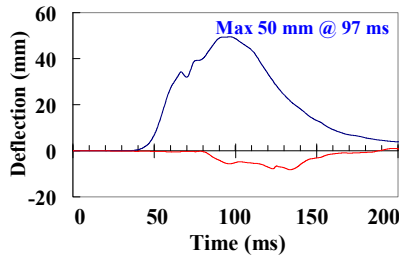
AF05ダミーに作用した頭部合成加速度、胸部たわみ量、左・右大腿骨荷重の各計測値時間履歴を図4に示す。車両バンパが固定壁に接触する時刻を0msとした。

シートベルト着用の場合、体幹部分はシートに固定されるため、頭部が慣性により前屈（空振）する。その際、頭部には加速度が約30msの時間を要し最大814 m/s<sup>2</sup>作用した（図4(a)）。体幹部分はショルダーシートベルトで拘束され、胸部は最大50mm変位した（図4(b)）。

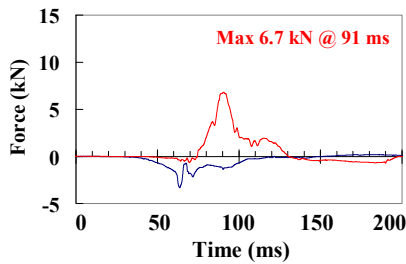
シートベルト非着用の場合、AF05ダミーは前方へ移動し、両膝が運転席シートバックに衝突する。車両が固定壁へ接触後約90msには、左側大腿部に6.7kN（図4(c)）、右側大腿部に約14.2kN（図4(d)）の最大衝撃荷重がそれぞれ作用した。ここで、左大腿骨荷重が右大腿骨荷重と比べ小さいのは、衝撃対象となる前席シートは右側を片持ちとしたリクライニング機構を有しているため（図5）、両膝からの同一荷重が作用した場合には左側がより前方へ変位することが原因と考えられる。123msでは、頭部は前席シートのヘッドレスト支柱に衝突し（図6）、1711 m/s<sup>2</sup>の加速度が作用した。更に、126msでは、頭部は運転席に着座させたAM50ダミーの後頭部に衝突し、3191 m/s<sup>2</sup>の加速度が作用した。



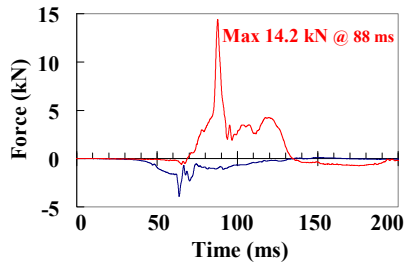
(a) Resultant head acceleration



(b) Chest deflection



(c) Left femur force



(d) Right femur force

Fig. 4 AF05 dummy readings

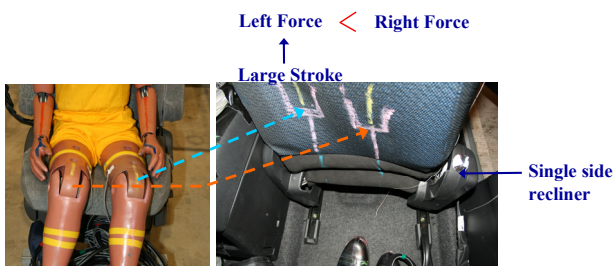


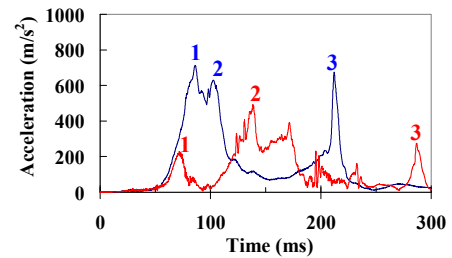
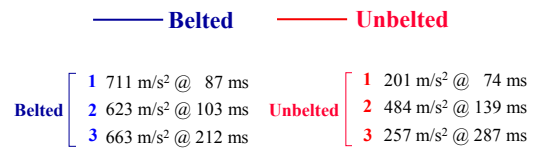
Fig. 5 Non-symmetrical measured femur force



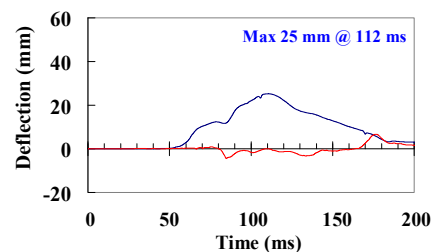
Fig. 6 AF05 dummy behavior @123 ms

### 3. 1. 2. 後席 3Y0 ダミー

3Y0 ダミーに作用した頭部合成加速度、胸部たわみ量の各計測値時間履歴を図 7 に示す. チャイルドシートハーネス着用の場合、体幹部分はシートに固定されるため、頭部が慣性により前屈（空振）する. その際、頭部には加速度が約 50 ms の時間を要し最大 711 m/s<sup>2</sup> 作用した (図 7(a)). 103 ms では、顎と胸部との接触に伴い頭部が 623 m/s<sup>2</sup> まで加速された. その後、頭部は 212 ms でチャイルドシートバックに接触し、その際 663 m/s<sup>2</sup> の加速度が作用した. 体幹部分は 5 点式チャイルドシートハーネスで拘束され、胸部は最大 25 mm 変位した (図 7(b)).



(a) Resultant head acceleration



(b) Chest deflection

Fig. 7 3Y0 dummy readings

チャイルドシートハーネス非着用の場合、3Y0 ダミーは前方へ移動し、両膝が助手席シートバックに衝突

する。約 80 ms 後には、足裏や膝はシートバックに衝突し、その後上体が回転を始める。3Y0 ダミーは助手席シートを飛び越え、車室内を前方向へ移動した。139 ms で頭部がルーフに衝突し、その際  $484 \text{ m/s}^2$  の加速度が作用した。170 ms で腰がルーフに衝突し（図 8(a)）、287 ms で頭部が助手席インストルメントパネル上に衝突した（図 8(b)）。



(a) 170 ms (b) 287 ms

Fig.8 3Y0 dummy behavior

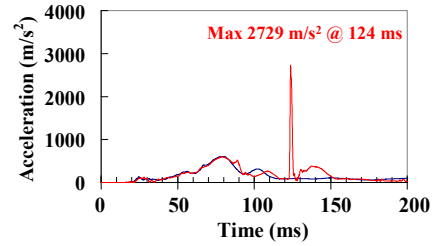
### 3. 1. 3. 前席 AM50 ダミー

前席には、運転席、助手席にそれぞれ AM50 ダミーを搭載した。本研究では、特に、後席ダミーの挙動により影響を受ける運転席に搭載した AM50 ダミーに着目した。AM50 ダミーに作用した頭部合成加速度、胸部たわみ量、左・右大腿骨荷重の各計測値時間履歴を図 9 に示す。運転席のエアバッグは、展開後、約 100 ms で AM50 ダミー頭部のエネルギーを吸収し、その後しぼむ。後席に搭載した AF05 がシートベルトを非着用とした場合、エアバッグ展開終了後、124 ms で後席 AF05 顔部が運転席 AM50 の後頭部に衝突するため、約  $2729 \text{ m/s}^2$  のピーク加速度が作用した（図 9(a)）。その際、後席 AF05 上部体が運転席シートバックを前方へ押し出すため、AM50 の胸部は圧迫され胸部たわみ量はシートベルトを着用した場合と比べ最大 13 mm 高い値を示した（図 9(b)）。大腿骨荷重については、後席 AF05 のシートベルト着用/非着用の条件による違いは無かった（図 9(c), (d)）。

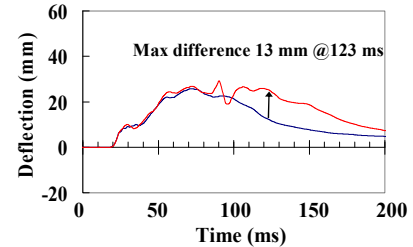
## 3. 2. 傷害リスク

### 3. 2. 1. 後席 AF05 ダミー

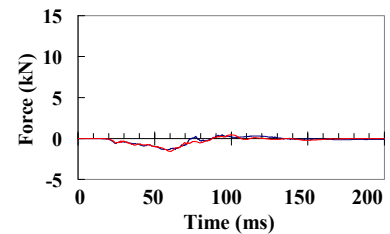
後席 AF05 ダミーについて傷害値からリスク曲線を用いて求めた頭部傷害、胸部傷害、大腿骨骨折のリスクを図 10(a) に示す。後席 AF05 ダミーがシートベルト着用の場合には車室内との衝突が防止され、全体として傷害リスクは低かったが、ショルダーベルトからの負



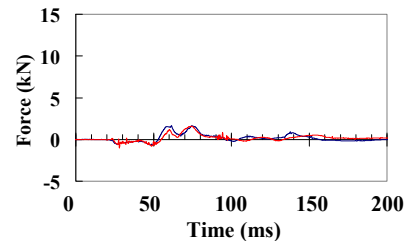
(a) Resultant head acceleration



(b) Chest deflection



(c) Left femur force



(d) Right femur force

Fig.9 Readings of belted AM50 dummy sit in front seat

荷により重傷以上の胸部傷害リスク (AIS 3+) は 73% を示した。ただし、実際の多くの事故では、本実験 (速度 55 km/h) よりも衝突速度が低い場合が多く、シートベルトによる胸部の負荷はこれよりも小さくなり、車室内との更なる衝突を防ぐ意味からもシートベルトの有用性は明らかである。

これに対して、後席 AF05 ダミーがシートベルト非着用の場合は、後席 AF05 ダミー頭部が運転席 AM50 ダミー頭部と衝突したため重篤以上の頭部傷害リスク (AIS 4+) は 95% となった。また、前席シートバックと後席 AF05 ダミー膝部の衝突により大腿骨骨折のリスクが高くなった (右大腿骨骨折リスク 99.8%)。

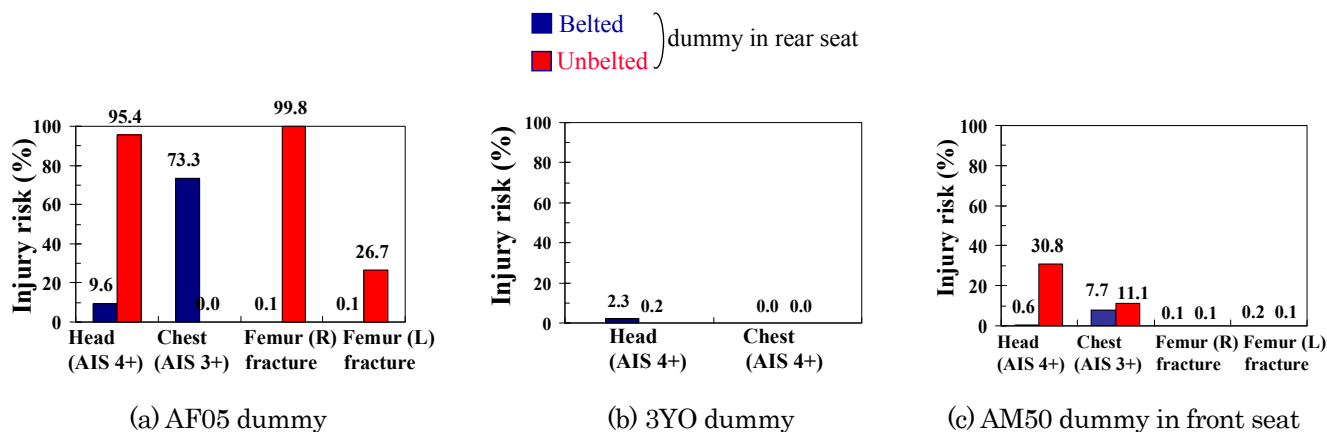


Fig.10 Injury risk

### 3. 2. 2. 後席 3YO ダミー

後席 3YO ダミーについての頭部重篤，胸部重傷リスクを図 10(b)に示す．後席 3YO ダミーにチャイルドシートハーネスを着用させた場合，頭部および胸部の傷害リスクは低かった．ハーネス非着用の場合には頭部，胸部で計測された傷害値は低かったが，下肢とシートバックの衝突や腰部とルーフとの衝突など，ダミーでは計測できない部位が車室内と衝突しており，実際にはこれらの部位への傷害が予測されたが，傷害リスクを求めることができなかった．

### 3. 2. 3. 前席 AM50 ダミー

ここでは，3. 1. 3 節同様に後席ダミーの挙動により影響を受ける運転席 AM50 ダミーに着目した．運転席 AM50 ダミーについての頭部重篤，胸部重傷，大腿骨骨折のリスクを図 10(c)に示す．後席 AF05 ダミーがシートベルト非着用の場合には，後席ダミー頭部が運転席ダミー頭部に衝突したため，運転席ダミーの頭部傷害確率 (AIS 4+) も高い値 (31%) となった．後席 AF05 ダミーが運転席シートバックに衝突したことにより，シートバックを通して運転席ダミーが圧迫を受け，胸部たわみ量も後席ダミーがベルト着用の場合に比べて大きな値となった．

## 4. 考察

### 4. 1. 後席乗員の傷害リスク

我が国の交通事故における致死率・重傷率と本実験で得られた後席乗員の傷害リスクとを比較する．事故における後席乗員のシートベルト非着用時の致死率 (0.51%) は，着用時の致死率 (0.15%) と比べ 3.4 倍高い傾向にある<sup>(1)</sup> (図 11)．図 10(a)に示す本実験結果

において，致命傷となる可能性を示す頭部傷害 (AIS 4+) リスクに着目すると，後席 AF05 ダミーにおいてシートベルト非着用時の頭部傷害リスク (95.4%) は，着用時の頭部傷害リスク (9.6%) と比べ 9.9 倍高い傾向にある．従って，本実験結果は，事故実態と同じ傾向にあることが推定される．ここで，事故 (図 11) では全ての乗員，衝突形態を対象としたが，本実験 (図 10(a)) では女性，前面フルラップ衝突形態を対象としている．

事故における後席乗員のシートベルト非着用時の重傷率 (4.86%) は，着用時の重傷率 (1.91%) と比べ 2.5 倍高い傾向にある<sup>(1)</sup> (図 11)．重傷となる可能性を示す大腿骨骨折 (AIS 3+) リスクに着目すると，後席 AF05 ダミーにおいてシートベルト非着用時の右大腿骨の骨折リスク (99.8%) は，着用時の大腿骨骨折リスク (0.1%) と比べ高い傾向にある．従って，重傷率に関しても，実験結果と事故実態とは同じ傾向にあることが推定される．

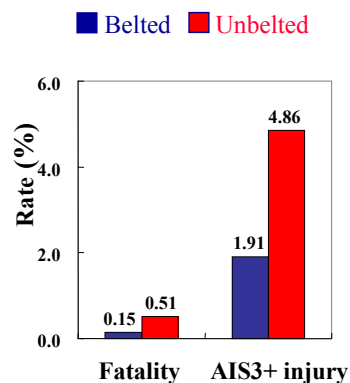


Fig.11 Rate of fatalities and AIS 3+ injury in real-world traffic accident in Japan

#### 4. 2. シートベルト非着用時の後席乗員挙動モード

シートベルトを着用しない場合、後席乗員は、慣性で移動し、前面衝突事故の場合には前方へ投げ出される。文献<sup>(5)</sup>では、我が国の交通事故において、シートベルトを着用しない場合の後席乗員の挙動を3モードに分類している(表2)。モード1では、前席シートバックに衝突し、運動が停止する。モード2では、前席シートを飛び越える。モード3では、前席シート間(車両の中央部)を移動する。本実験では、右側後席に着座させたAF05ダミーは、前席シートバックに衝突し、運動が停止しており(図12)、モード1に分類される。モード1は、実事故では最も頻度が高く、本実験結果は実事故に近いモードであることが推定される。

Table 2 Classified movement mode of unbelted passenger sit in rear seat in real-world accident

Mode		Seat position in rear seat			
		Left	Center	Right	Total
I	Passenger impact on front seat	42	6	34	82
	Passenger movement was stopped				
II	Thrown over front seat	6	0	0	6
III	Movement through space between front seats	5	5	3	13

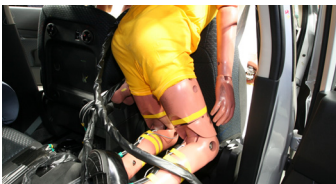


Fig.12 Unbelted AF05 dummy in present experiment

#### 5. おわりに

本研究では、後席シートベルトの有効性を明確にすることを目的とし、シートベルト着用/非着用の条件下で、後席乗員に女性ダミーと子供ダミーを搭載し、J-NCAPフルラップ前面衝突試験を遂行した。得られた知見を以下に示す。

1. 後席女性ダミーがベルト非着用の場合、前席男性ダミー頭部との衝突により、重篤以上の頭部傷害リスク(95%)が高くなった。さらに、前席シートバックとの衝突により、大腿骨骨折リスク(99%)が高くなった。前席ダミーの頭部傷害リスクは、後席女性ダミーの顔部が前席ダミーの後頭部に衝突することで高く(31%)なった。

2. 後席女性ダミーがベルト着用の場合、重傷以上の胸部傷害リスク(73%)が高くなった。

3. 後席子供ダミーがベルト非着用の場合、車室内を広範囲に移動し、子供ダミーの腰はルーフに衝突した。ただし、ダミーの計測は限定(頭、胸部のみ)されるため、腰の傷害値を計測できなかった。

4. 後席子供ダミーがベルト着用の場合、ほぼ無傷害となった。

本研究結果を踏まえ、以下に課題を記す。

1. 本研究では、女性ダミーを用いた。今後、J-NCAP後席乗員の安全性を調査していく上で、ダミーを選択(女性ダミー又は男性ダミー)する必要がある、性差を詳細に調査する必要がある。

2. 女性ダミーは男性ダミーと比べ質量が軽く、SRP(Seating reference point)高さが低い。そのような女性ダミーの特徴が、試験条件や試験結果に及ぼす影響を調査する必要がある。

なお、本報告は、自動車事故対策機構が実施した2005年のJ-NCAP調査研究をまとめたものである。得られた結果は、今後の後席シートベルトの構造改善や後席乗員のシートベルト着用時の被害軽減対策に役立つものと考えられる。本報告をまとめるにあたり、JARI久保田正美氏、渡辺英樹氏、ITARDA伊藤正広氏の協力を得た。記して関係者に謝意を表す。

#### 参考文献

1. 警察庁交通局, 社団法人日本自動車連盟, シートベルトの着用状況について, 2005.
2. 交通政策審議会陸上交通分科会自動車交通部会, 交通事故のない社会を目指した今後の車両安全対策のあり方について, 2006.
3. Mertz H., Irwin A., Prasad P., "Biomechanical and scaling bases for frontal and side impact injury assessment reference values", 47th Stapp Car Crash Conference, 2003-22-0009, 2003.
4. Viano D.C., Arepally S., "Assessing the Safety Performance of Occupant Restraint Systems", SAE Paper 902328, 1990.
5. Shimamura M., Yamazaki M., Fujita G., "Method to evaluate the effect of safety belt use by rear seat passengers on the injury severity of front seat occupants", Accident Analysis and Prevention, Volume 37, Issue 1, pp. 5-17, 2005.