

ホンダプリクラッシュセーフティテクノロジーの開発

Development of Honda Precrash Safety Technology

上 地 幸 一*
Koichi KAMIJI

小 高 賢 二*
Kenji KODAKA

赤 羽 博*
Hiroshi AKABA

要 旨

近年衝突安全における乗員拘束デバイスの進歩は著しいが、また一方で事故回避、被害低減技術も急速な進化を遂げている。それらの技術の中でそれぞれを融合させた次世代事故回避及び被害低減技術、乗員拘束技術に関するいろいろな提案がなされている。この実用化の第一ステップとしてインスパイアに搭載した、ホンダプリクラッシュセーフティテクノロジーの技術について紹介する。

ABSTRACT

In the field of collision safety, conspicuous progress has been made in recent years in occupant restraint devices. Collision avoidance and injury mitigation technologies are also developing rapidly. Various proposals have been made for next-generation systems combining collision avoidance technologies with injury mitigation and occupant restraint technologies. This paper introduces a first step in this direction, the Honda precrash safety technology employed in the Inspire.

1. まえがき

近年衝突安全における乗員拘束デバイスの進歩は著しいが、一方で事故回避、被害低減技術も急速な進化を遂げている。また、それらの技術のそれぞれを融合させた次世代事故回避及び被害軽減技術、乗員拘束技術に関するさまざまな提案がなされている。

1991年から国土交通省により推進されている ASV(先進安全自動車)計画においてはレーダ等の外界センシング技術を用いて事故を未然に回避する、あるいは事故被害を軽減するための様々なシステムが各社より提案された。レーダ等の外界センシングにより前走車との衝突を予測し自動ブレーキを用いて衝突を回避しようとするシステムは、ASV 第一期より提案されているが、その商品化に対しては技術や考え方において十分な熟成が必要であった。今回、インスパイアに搭載した、ホンダプリクラッシュセーフティテクノロジーはその実用化の第一ステップとして位置付けられる。本システムは衝突軽減ブレーキシステム(CMS)と、E-プリテンショナーシステムを統合したものであり、これらの技術について紹介する。

2. システム開発の背景

交通死傷事故においては追突事故が全事故の約30%と非常に高い割合を占めている^{(1), (2)}(Fig. 1)。追突事故は低中速時で多く発生し、その要因としては前方不注意等の認知ミスが多い。またその発生場所は直線路が約90%を占めて

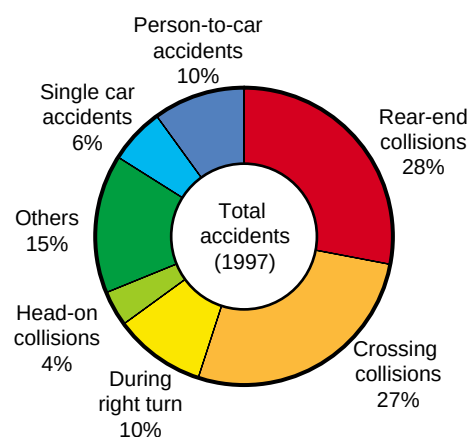


Fig. 1 Breakdown of accident type

* 栃木研究所

いる。事故形態は停車中の車への追突が87%と大部分を占めている (Fig. 2 - Fig. 5)。代表的な状況は中低速で直線路を走行しているときに、脇見等で前方の車に気付くのが遅れて追突するような場合である。

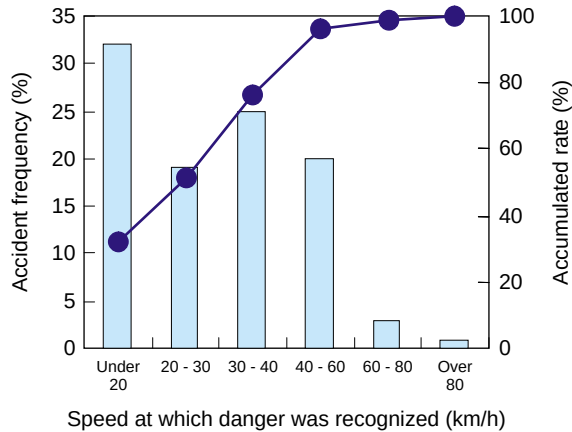


Fig. 2 Frequency of rear-end collisions and accumulated rate in relation to speed at which danger was recognized

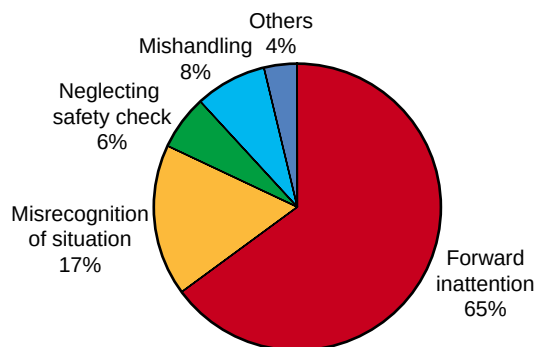


Fig. 3 Cause of rear-end collisions

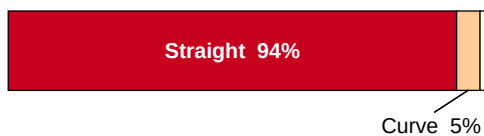


Fig. 4 Road condition at time of accident

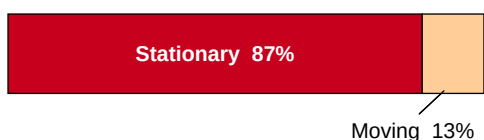


Fig. 5 Status of vehicle ahead at time of accident

3. システムの考え方と効果予測

事故実態の検討から脇見による追突事故の軽減をめざし、事故回避を支援するシステムとしてドライバの過信を招かないようなシステム構築をおこなうことにした。これには警報の占める役割が重要である、そこで脇見時間と事故発生との関係からみたシステムの効果、警報とドライバの反応時間について検討した。

3.1. 不注視時間からみた効果の検討

どのような脇見(不注視)のときに事故が発生するかをシミュレーションによって検討した。シミュレーションは、追従走行中にドライバが瞬間的な不注視をしたときに前走車が減速した場合を想定した。追従走行時の車頭時間を1.5秒とし、不注視をした瞬間に前走車が減速(減速度 0.3G)する設定とした。ドライバは不注視後に前方を注視し、認知・判断・減速操作をおこなうものとした。ドライバの反応時間(注視開始 - 減速度発生)を1.3秒、発生減速度は0.8Gとした。このときドライバの不注視時間を変化させて比較した。

結果を Fig. 6 に示す。横軸は追従走行中の速度を示し縦軸は衝突時の相対速度を示している。これからわかるように、低中速時には追突するが高速域においてはドライバが減速操作をすることで追突していない。これは必ずしも長い時間の脇見だけが追突する要因ではなく、低中速走行時には瞬間的な不注視によっても追突事故は発生し得ることを示している。

日常的な運転の中でどの程度の方前不注視をするか、アイカメラを用いて計測をおこなった。Fig. 7 に結果を示す。この結果からステレオ操作や、メータを確認するという日常的な動作でも1 - 2秒程度の瞬間的な不注視が生じることがわかった。

衝突軽減ブレーキシステムの効果を予測するために、追突時の相対速度のシミュレーションをおこない、警報音だけの場合と比較した。警報からドライバのブレーキ操作までの反応時間は、ドライビングシミュレータによる結果の

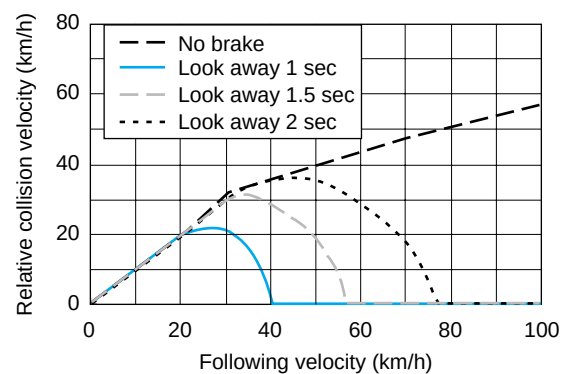


Fig. 6 Simulated collision velocity

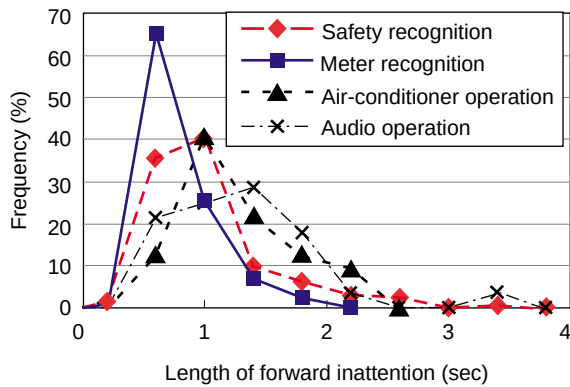


Fig. 7 Length of forward inattention

平均値として1秒を用いた。また緊急ブレーキによる発生減速度は0.6Gとした。シミュレーションは追従走行から先行車が減速する場合を想定し、追従時の車頭時間を1.5秒、先行車の減速度を0.3Gに設定した。このときシステムが作動し、警報1秒後にドライバーがブレーキ操作をおこなうものとした。ドライバー操作時の減速度は0.8Gとした。結果をFig. 8に示す。横軸が追従中の速度、縦軸が追突時の相対速度である。低中速走行時では追突が回避されており、高速側では衝突速度が低減することがわかる。この結果から、車頭時間や先行車の減速度等の条件にもよるが、低中速時に瞬間的な不注視により生じる追突事故であれば回避することが可能であると予想される。

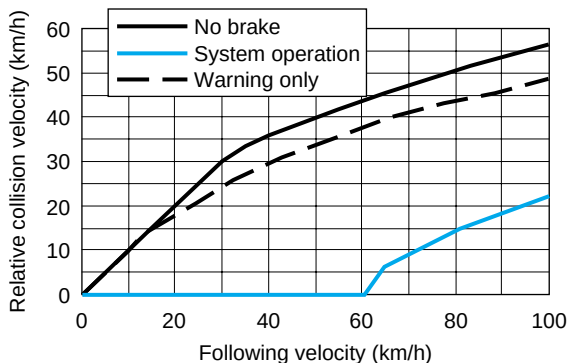


Fig. 8. Effect of CMS system (by simulation)

3.2. 警報発生タイミングの検討

警報システムを導入した事故回避支援システムにおいてはドライバーが警報を聞いて判断・操作をおこなう余裕を見込んだタイミングで警報を作動させることが必要である。そこでドライビングシミュレータを用いて警報に対する反応時間を検証した。テストは追従走行中にドライバーに脇見をさせ、その間に先行車が減速をおこない警報音を発生させ、反応時間を計測した。この結果から反応に0.6～1.4秒

程度時間を要していることがわかった。従って警報はこの反応時間を見込んで発生させる必要がある。

しかしながら、警報発生タイミングを早くした場合、正常時に頻繁に警報が発生する可能性があり、遅くした場合、判断・操作をおこなう余裕時間が少なくなるので、いずれも警報の効果が十分得られない可能性がある。

3.3. 事故回避支援システム

これまでの検討をもとに、通常走行時にはドライバーに干渉せず、リスクが大きいときには効果的な事故回避支援システムの実現をねらいとすることにした。そこで、衝突が迫った状況ではブザーによる警報に加え、自動的にブレーキを作動させ、併せてシートベルトを引くことで体感的に警報を与えるシステムを考案した。さらに警報発生タイミングを極力ドライバーと干渉しないような設定とすることで、判断・操作の遅れを自動ブレーキで補償するという考え方をとることとした。また衝突が避けられない状況の場合、衝突前に自動的にシートベルトを引き込むことでシートベルトの効果を高める機能を付加した。

これらの複合した機能を有するブレーキ装置を衝突軽減ブレーキシステム(CMS)、シートベルト装置をE-プリテンショナーシステムと称している。

4. システム構成

4.1. システムの概要

開発したシステムは衝突軽減ブレーキシステム(CMS)、とE-プリテンショナーシステムを統合したものである。システム構成をFig. 9に示す。

本システムは先行車両を認識するためのレーダ装置と、自車の状態量を検出するためのヨーレートセンサ、ホイールセンサ、自動ブレーキのための油圧アクチュエータ、シートベルトを引き込むための電動シートベルトリトラクタ、警報表示装置および制御用ECUで構成されている。

レーダの方式は対環境性に優れたミリ波レーダを採用した⁽³⁾。約100mの測距離が可能であり、これは相対速度100km/hにて3秒先の先行車を検知する能力に相当する。また検知角は左右16°の範囲を持ち直線および緩やかなカーブでの先行車の検知をおこなう。

Fig. 10に電動シートベルトリトラクタの構成を示す。このリトラクタは通常のELR機構に加え、火薬式のプリテンショナー、ロードリミッタを装備し、これらに並列にDCモータとモータの駆動力をELRのシャフトに伝える伝達機構を備える。通常使用時のシートベルトの引出し、巻取り時においてELR機構とモータ駆動機構と切離すためのクラッチ機構を備えている。電動シートベルトリトラクタの作動パターンは接近警報、引込制御、ロック解除制御の3種類である。

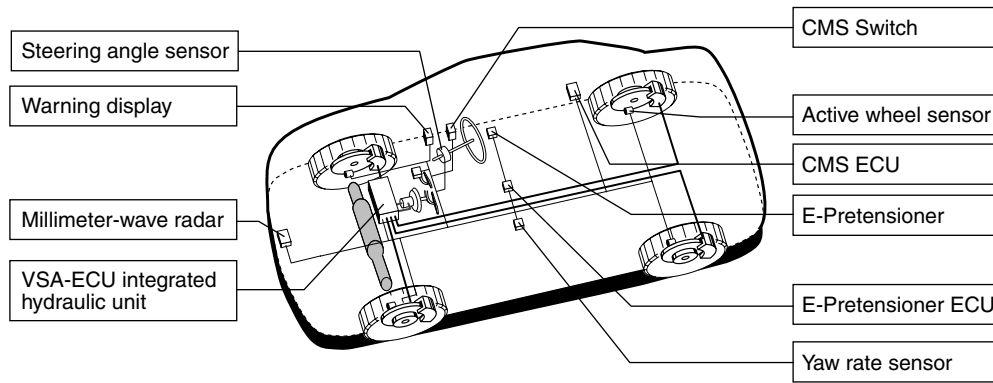


Fig. 9 System configuration

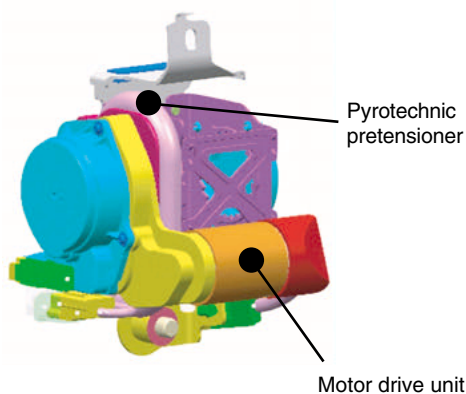


Fig. 10 Retractor with electric pretensioner

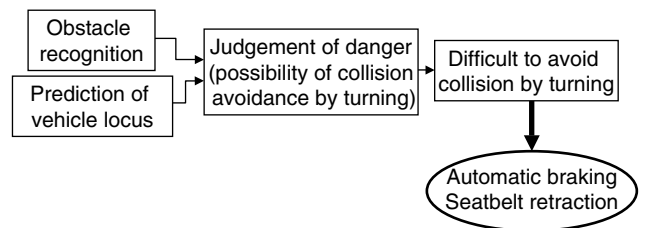


Fig. 11 Block diagram of basic control

4.2. 作動モード

Fig. 11に基本的な制御フローを示す。レーダにより先行車を認識し、自車の状態量から自車軌跡を推定する。そして追突に至るかの危険性判断をおこないステアリング操作による回避が可能かどうかを判断する。そしてステアリング操作による回避が困難な場合に自動ブレーキと電動シートベルトリトラクタを作動させる。

警報は、ドライバーが確実に認知できるものとするため、音による警報に加え体感的に伝えられる手法として、弱いブレーキと軽いシートベルトの振動を用いた警報を併用した。このブレーキを警報ブレーキ、シートベルトの振動をシートベルト警報と呼ぶこととする。警報ブレーキの強さは実験から 0.1 - 0.2G 程度が妥当であることがわかった。シートベルト警報についても、確実に乗員に警報を与え、かつ運転操作に支障を及ぼさない適切な引き込み力と作動パターンを実験により設定した。これらは警報効果を高めると

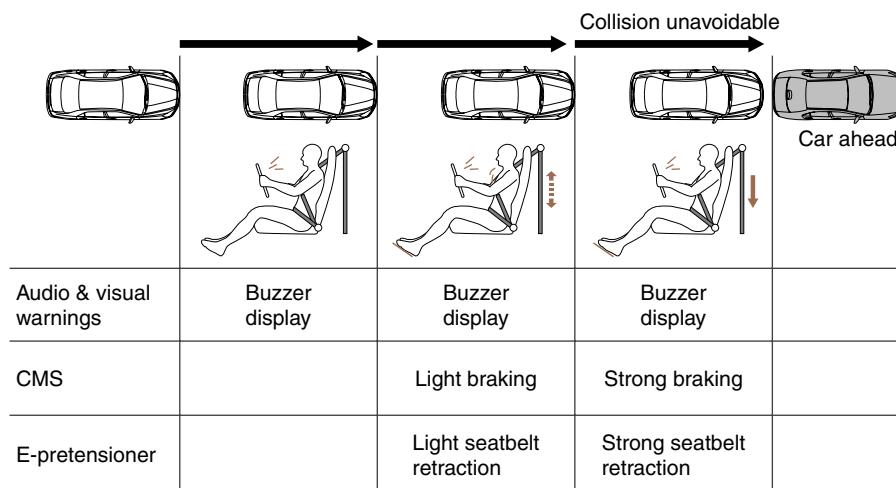


Fig. 12 System operation

もに、ドライバの操作遅れを補う効果も有する。

緊急ブレーキの強さについては減速とステアリング回避操作の併用により追突を回避する場合を想定し、操作性および自動ブレーキ時のドライバの姿勢変化を考慮して設定した。またドライバがブレーキ操作をおこなった場合、その制動力は緊急ブレーキの制動力に上乗せとなるようにした。従ってドライバーの操作との併用で最大減速度を発生させることが可能である。

電動シートベルトリトラクタの作動パターンは、緊急ブレーキ作動時に接近警報引込制御に切り替わる。この場合もドライバの回避操作に支障を及ぼさないように引き込み力を設定した。また一連の引込が終了した時点から一定時間が経過した後、ブレーキ信号および車速情報からリトラクタを解除できる条件にあることを判断した場合にロック解除制御をおこなう。なお電動シートベルトリトラクタはレーダによる作動のほかに事故直前の急ブレーキによっても作動する。一連の作動を Fig. 12 に示す。

5. 実機によるシステム機能確認

衝突軽減ブレーキシステム(CMS)，とE-プリテンショナーシステムの機能および効果を実機テストにより確認した。

5.1. 衝突軽減ブレーキシステム

実車テストによって、対停止物に対する衝突速度低減効果を計測した。テストは自車正面に車にみたてた障害物を設置し、それに向かって走行し、障害物に対しての衝突時の速度を計測した。実車テストにおいても衝突軽減ブレーキシシステムが作動した場合と警報システムのみの場合とを比較した。いずれの場合も警報の1秒後にドライバがブレーキ操作をおこなっている。実験結果を Fig. 13 に示す。横軸が相対速度(自車速度)、縦軸が衝突時の速度である。Fig. 13からもわかるように、低中速時には衝突を回避しており、高速では衝突速度低減となっている。Fig. 2に示したように事故の起きている速度域は低中速域が大半である

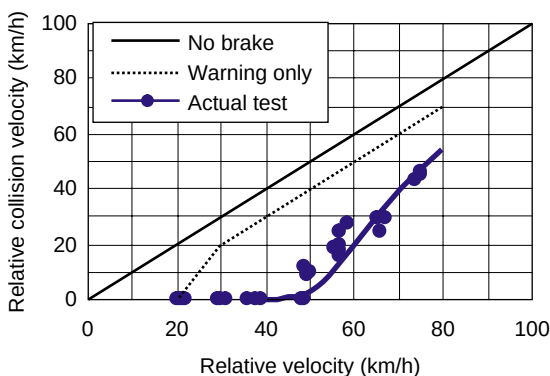


Fig. 13 Effect of CMS system (by actual test)

ことから本システムは被害軽減に効果的であると考えられる。これに対し、警報システムのみの場合には、同じ反応時間でドライバがブレーキ操作をしても、自動ブレーキ付のシステムと比較して、衝突速度低減量は小さくなっている。

5.2. E-プリテンショナーシステム

E-プリテンショナーシステムによる乗員拘束向上の効果を実機テストにより検証した。ここでは衝突前の急ブレーキ時の乗員の前方移動量、正面バリア衝突性能、オフセットバリア衝突性能に着目した。

5.2.1. 衝突前ブレーキ時の前方移動量

E-プリテンショナーシステムの急ブレーキによる乗員の前方移動量低減効果を実車テストによって検証した。

テストは衝突前に急ブレーキを作動させ、車体減速度による乗員の前方移動量をE-プリテンショナーの作動の有無で比較した。本テストは同一条件で3種類の乗員サイズで比較をおこなった。Fig. 14 に結果を示す。AM95 パーセンタイル、AM50 パーセンタイル、AF5 パーセンタイルの乗員サイズにおいて、それぞれE-プリテンショナーの作動により前方移動量は低減した。これは標準的なシートベルトリトラクタでは急ブレーキによる車体減速度よりも大きな設定減速度でELRのロック機構が作動するのに対し、E-プリテンショナーではブレーキ作動時点からシートベルトを引き込み、さらにシートベルトの巻き締まりを減少させていることによる。

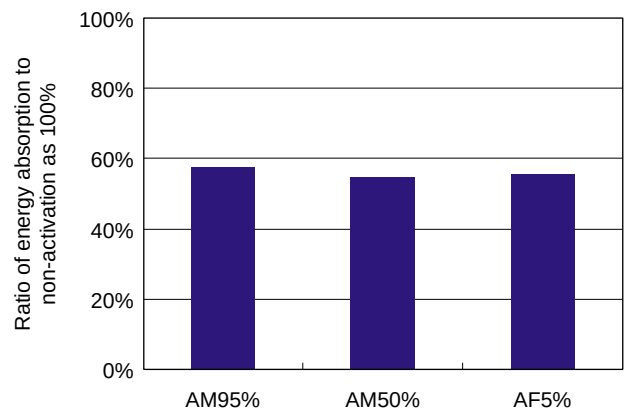


Fig. 14 Comparison of head displacement at 1G braking

5.2.2. 正面衝突における初期拘束性能

Fig. 15 に E-プリテンショナーの有無による乗員拘束性能の比較結果を示す。乗員拘束性能は正面衝突 55km/h での衝突テストにおいて AM50 パーセンタイル、AM95 パーセンタイル、AF5 パーセンタイルについて衝突初期のエネルギー吸収量によって比較した。テストの結果から AM50 パーセンタイル、AF5 パーセンタイルにおいて初期拘束性能の向上が確認された。

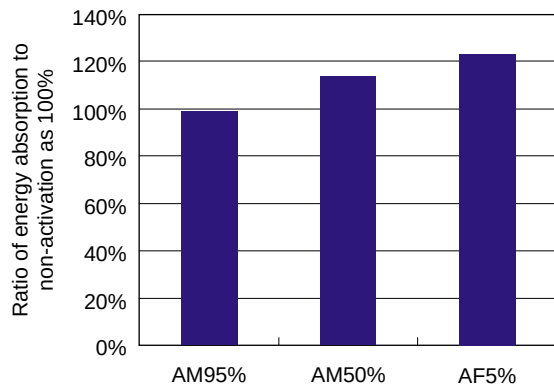


Fig. 15 Comparison of energy absorption in frontal barrier crash

5.2.4. オフセットバリアにおける初期拘束性能

オフセットバリア衝突相当の車体減速度でのE-プリテンショナーの有無による乗員拘束性能を比較した。テストはオフセットバリア衝突相当の車体減速度でおこない、乗員拘束性能は正面衝突テスト同様 AM50 パーセンタイルにおける衝突初期のエネルギー吸収量によって比較した。Fig. 16 に結果を示す。オフセットバリアにおいても E-プリテンショナーの作動による初期拘束性能の向上が確認された。

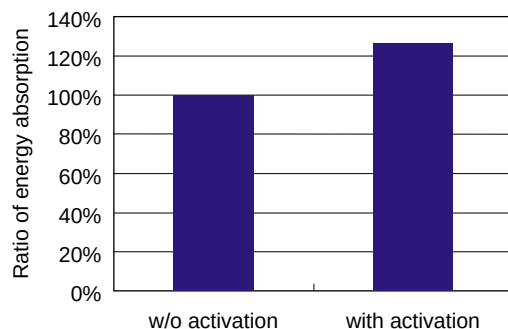


Fig.16 Comparison of energy absorption in offset barrier crash

6. まとめ

追突事故における被害軽減に効果的なシステムとしてミリ波レーダを用いた外界センシング技術と自動ブレーキを用いた衝突軽減ブレーキシステム(CMS)の開発をおこなった。本システムはドライバ操作への干渉を防ぎ、回避操作を支援するシステムとして構築した。

衝突軽減ブレーキシステム(CMS)は追突事故の大部分を占める低中速時の事故低減に効果が期待できることがわかった。さらに E-プリテンショナーシステムを組み合わせることにより、乗員拘束性能の向上とシートベルトによる効果的な体感警報を実現し、追突事故の軽減効果を高めた。

これらの衝突軽減ブレーキシステム(CMS)，とE-プリテンショナーシステムを統合したシステムを、ホンダプリクラッシュセーフティシステムとして実用化した。

参考文献

- (1) 交通統計 平成9年版：(財)交通事故総合分析センター
- (2) シグナル, No.296(1997): (有)シグナル
- (3) 藤田ら：レーダーブレーキシステム，自動車技術会 学術講演会前刷集, No. 186(1994)9437845

■ 著 者 ■



上 地 幸 一



小 高 賢 二



赤 羽 博