

ホンダ ASV-2 の紹介(乗用車)

Introduction of HONDA ASV-2 (Passenger cars)

浅沼 信吉*

Nobuyoshi ASANUMA

高橋 昭夫*

Akio TAKAHASHI

川合 誠*

Makoto KAWAI

辻 孝之*

Takayuki TSUJI

要 旨

運輸省が提唱した第2期 ASV 計画(ASV-2)に対して、交通事故実態の分析結果に照らして以下の2テーマに取り組み、有効技術を選定し目的別の実証実験車を製作し研究を推進した。

- ・ CCD カメラやレーダ技術を応用した運転・操作支援により、ドライバの運転負担と追突被害を共に軽減する安全性向上技術の研究(ホンダ ASV-2 1号車)
- ・ 通信・制御装置や赤外線カメラ技術を応用した情報・視覚支援により、二輪車・歩行者の存在情報を提供する視認性向上技術の研究(ホンダ ASV-2 2号車)

研究に際しては「運転操作を妨げないシステムであること」を基本とし、各搭載システムの実用化研究を推進している。またこれらのシステムについて効果検証を行なった結果、事故低減効果が期待できることが分かった。なお一部の技術については運輸大臣認証を取得し公道試験を行なっている。

ABSTRACT

In response to the Advanced Safety Vehicle Project Phase 2 (ASV-2) proposed by the Ministry of Transport, We have addressed the two topics below with reference to the results from analysis of the actual traffic accident conditions. Selecting the effective technologies, we fabricated proving vehicles for the respective objectives and pressed forward with the research as follows:

- Research in safety-improvement technology to reduce both driving burden on the driver and rear-end collision damage through driving and operational support that applies CCD camera, radar, and related technology (Honda ASV-2, Vehicle 1)
- Research in technology for improvement of visual recognition to provide information on the presence of motorcycles and pedestrians through information and visual support that applies the technology of communications and control devices, infrared cameras, and so on (Honda ASV-2, Vehicle 2)

Research is proceeding on installation and implementation of each system, taking the basic approach of developing systems that will not interfere with driving operations. The results of proving tests on these systems have shown that they can be expected to produce accident-reducing effects. Minister of Transport approval has been received and road tests are being conducted on some of these technologies.

1. まえがき

先進安全自動車(ASV-2)開発推進計画は運輸省自動車交通局の提唱により、国内メーカ13社が参加して平成8(1996)年度から5か年計画で実施された。ASV 計画では、「近年急速に進歩しているエレクトロニクス技術などの新技術活用により自動車を高知能化し、安全性を格段に高めた安全自動車を研究開発することを目的としている」とうたわれており、①予知予防安全技術②事故回避技術③全自動運転技術

*栃木研究所

④衝突安全技術⑤災害拡大防止技術⑥車両基盤技術の6分野、計32システムの技術項目が設定され各社の取り組み項目はその自主性に任された。第2期においては、第1期(1991～1995年に実施)⁽¹⁾の乗用車に加え、トラック・バスおよび二輪車が対象となった。また、本年末には建設省が推進してきた走行支援道路システム AHS(Advanced Cruise-Assist Highway Systems)との共同実証実験(スマートクルーズ21)も計画されている。

2. 背景

ホンダASVでは安全研究を進めるにあたり、「どのような事故を対象にすることが効果的であるか」、「事故を防ぐにはどんな技術が必要か」を出発点とした。Fig.1 に最近 10 年間の死傷者数および死亡者数の推移を示す⁽²⁾。同図から死傷者数は依然として増加傾向にあり、今後予防安全の研究、開発は、交通事故の減少に一層重要なものになると推測される。

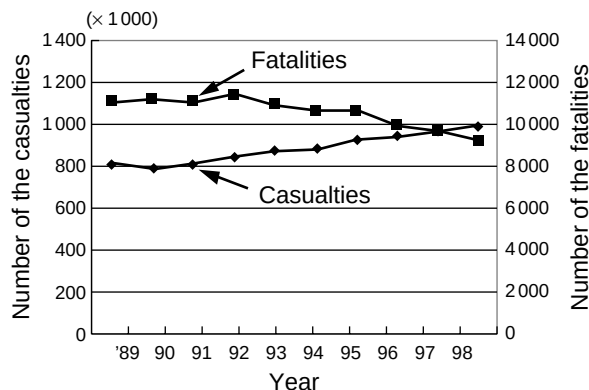


Fig.1 Change of the number of the traffic accident people

Fig.2に当事者相関別交通事故発生割合を示す。死傷事故では四輪車相互によるものが50%を占め、死亡事故においては歩行者、二輪車、自転車といったいわゆる交通弱者の割合が同様に 50%を占めていることが分かった。

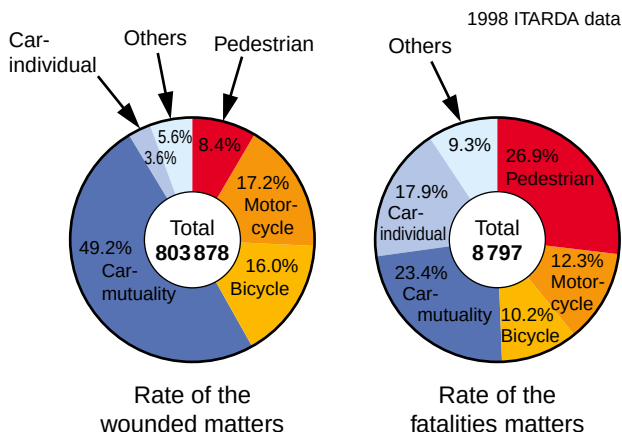


Fig.2 Percentage of the traffic accident matters

更に詳細分析すると、車両相互の事故では追突によるものが第一の要因で30%を占め、単独事故ではドライバの認知判断の誤りによる工作物衝突や路外逸脱事故が多い。一方、交通弱者の死亡においては夜間の事故が 70%を占め、その内歩行者では横断中が最も多く、また二輪車の事故で

は、出合頭、右直事故が70%を占めていることも確認できた。

以上から、

- (1) 四輪車相互の事故対策として追突防止
 - (2) 単独事故対策として車線逸脱防止
 - (3) 交通弱者の事故対策として、夜間の歩行者検知や交差点等での二輪車検知
- の3テーマを選定した。

実験車は研究を効率良く進めるためにテーマごとに分け、それぞれ

- ・ホンダ ASV-2 1号車：運転操作支援の研究
 - ・ホンダ ASV-2 2号車：弱者認知向上の研究
- とした。Fig.3 に製作した実験車を示す。



Fig.3 HONDA ASV-2

研究に際しては「人に快適⇒運転の負荷を軽減すること」を念頭に置き、実用化のための施策として

- (1) 新たな安全技術の開発指針の策定
 - (2) リアルワールドテスト
 - (3) ユーザ適合性検証
 - (4) システム信頼性の向上
- を課題として設定した。

3. ホンダ ASV-2 1号車の技術

3.1. 概要

交通事故データ分析の結果から、交通事故の大きな要因がドライバの不注意や見込み違い等のヒューマンエラーに関係していることが明らかになった。そこで1号車では、これにかんがみ以下の三つの機能を搭載した。

- (1) CCDカメラを用いて白線を認識し、車線維持支援を行う
「車線維持・車線逸脱警報システム」(HLKAS: HONDA Lane Keep Assistance System)
- (2) ミリ波センサを用いて、発進から停止まで前方車との車間距離を保って追従する
「渋滞追従制御付アダプティブクルーズコントロールシステム」

(3)前方車との追突の可能性があると判断した場合に、緊急ブレーキ作動により衝突速度の低減をはかる「追突速度低減システム」(HCVRs : HONDA Collision Velocity Reduction System)

なお、(1)の HLKAS と(2)の ACC⁽³⁾を組み合わせたシステムをHIDS(Honda Intelligent Driver Support System)⁽⁴⁾と呼称し、実用化を目指して国内初の運輸大臣認証を取得し、高速道路での走行試験を行なっている。

3.2. システム構成

上記三つの機能を統合したシステム搭載図をFig.4に、制御ブロック図を Fig.5 に示す。ウインドシールド上方にCCDカメラ、フロントバンパ内にミリ波レーダを配置して

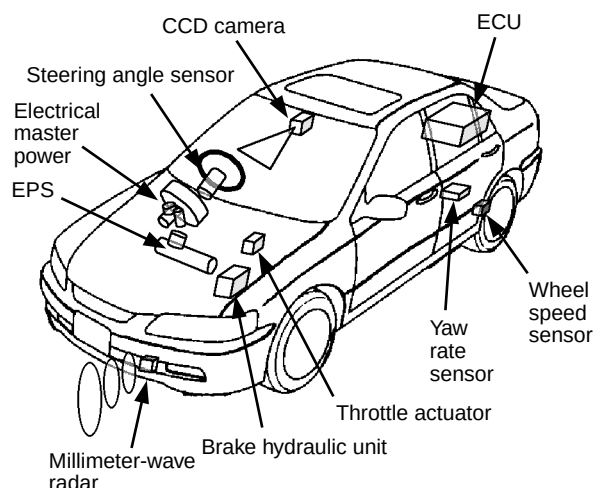


Fig.4 Configuration of ASV-2 experimental vehicle 1

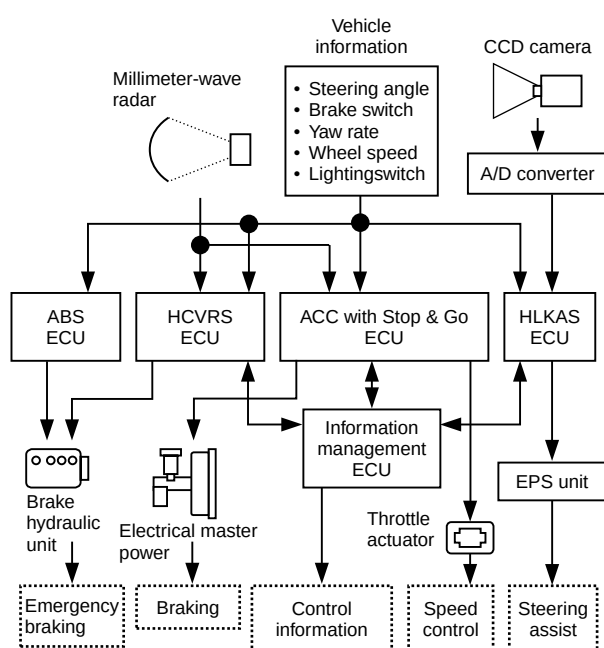


Fig.5 Block diagram of ASV-2 experimental vehicle 1

白線及び前方車を検知し、電動パワーステアリング(EPS)、スロットルアクチュエータ、電子制御マスターパワー等を駆動し車線維持・車間保持制御を行なうものとした。

3.3. 車線維持・車線逸脱警報システム

車線維持の方法は CCD カメラの画像処理により白線を認識して⁽⁵⁾その車線中央を目標とし、目標経路上に定めた目標点と自車の予測到達位置との差から、目標点へ向かう最適なステアリングアシストトルクを算出し、EPS の電流制御によって、車線維持支援を行う。また、認識された車線からの逸脱に対する警報も同時に行う。

3.3.1. 車線維持の制御アルゴリズム

Fig.6の車両状態図に示すように、車線維持制御の基本的考え方は二つの要素から構成される。

第一要素 Tf: フィードフォワード項は定常旋回における車両安定化をはかることを目的とした。画像処理から求められた道路曲率 R より、その道路を走行する際の、遠心力 $m \cdot V^2/R$ に釣り合うコーナリングフォース Cf を発生するステアリングトルクを演算して操だすることにより、定常旋回の走行が可能となる。

第二要素 Tb: フィードバック項は車線の中央を安定に走行できる事を目的とした。目標経路に対して車両の状態量 (Yd: 横位置と θ_h : 姿勢角) をゼロとすることで車線中央の走行が可能となる。

それらの偏差に応じステアリングトルクを発生することで目標経路をたどることを可能とし、また道路の凹凸や横風等の外乱により車両姿勢角が急変した場合にはステアリングトルクを発生し姿勢の安定化も同時に行なう。

以上二つの要素の合成トルクが車線維持トルク Ta として算出され、車線維持制御される。⁽⁶⁾

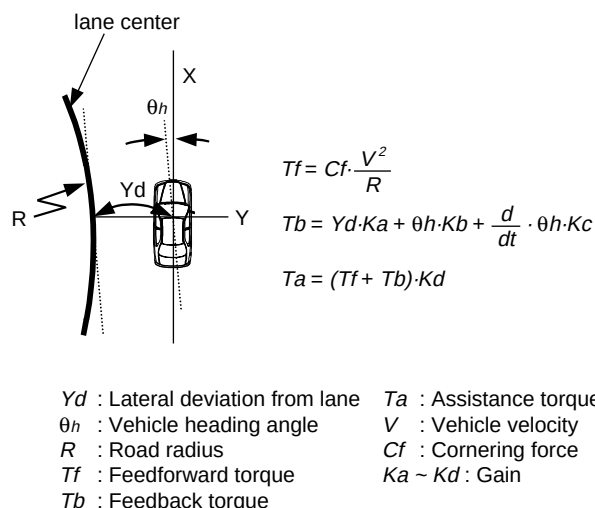


Fig.6 Geometric model

3.3.2. ドライバ・トルク・インターフェースの構成 7)

EPS 内では、Fig.7-a に示すように、ドライバとのステアリングホイールトルク干渉(Torque Interaction)を防止するため、ドライバと HLKAS トルクとの操作の移行を行っている。これは Fig.7-b の MAP1 に示すように HLKAS 制御中にドライバが自分の意志で操舵入力した際、その入力トルクの大きさに応じ HLKAS のトルクを下げるものである。同時に Fig.7-b の MAP2 に示すように制御の無いパワーステアリングのアシスト特性を復帰させることにより、トルク変動の少ないステアフィーリングを実現している。

3.3.3. 操舵トルクと舵角頻度のテスト結果

本システムを搭載した車両を用い制御の無い車との操舵特性比較を行なった(東北自動車道走行車線、巡航速度: 100km/h、走行距離: 約 50km 走行データ)。Fig.8 は操舵トルク分布比較を示す。この結果から制御の無い車に比べて HLKAS では大きな操舵トルクの頻度が減少していることが分かった。また Fig.9 に操舵角分布比較を示す。同図から制御の無い車に対し HLKAS のほうが舵角中心近傍の頻度が高く、微少修正舵角で収まっており、HLKAS は操作負担が大幅に軽減されていることが確認された。(8)

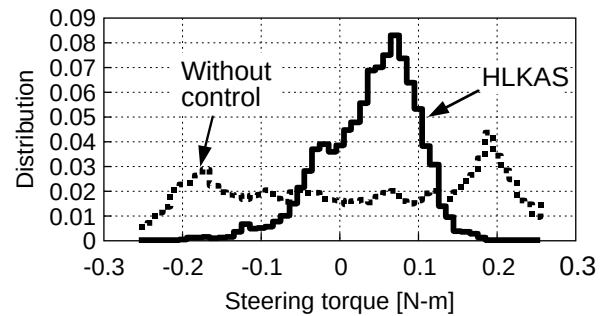


Fig.8 Normalized distribution of steering torque

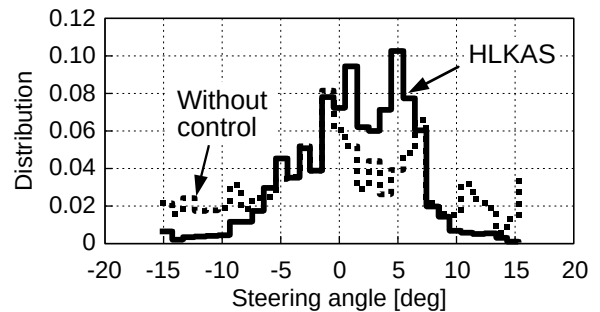


Fig.9 Normalized distribution of steering angle

3.4. 渋滞追従制御付アダプティブ・クルーズ・コントロールシステム (ACC with stop & go)

本システムは前方車両との車間距離の保持を支援し、さらに交通渋滞などでは減速から自動停止までを行い、幅広い

い速度域で先行車に追従する運転負担軽減システムである。ミリ波レーダセンサにより、前方車両の走行状況を検知し、自車の走行状態を車速センサ、ヨーレートセンサで検知し、同一レーン内の先行車両を絞り込む。先行車との車間距離が狭まってきた場合は、スロットルによる減速を主とし、減速が足りない場合は必要に応じ主ブレーキによる減速をおこない適切な車間距離を保つ。同時に警報装置により運転者に警告する。なお、先行車が速く車間距離が開いていく場合には、通常のクルーズコントロールとして機能する。

3.5. 追突速度低減システム

前方車両距離が短くなった場合には、警報音でドライバに注意を促す。ドライバが対応せずにそのまま前方車両に近付き危険な車間距離になった場合には、警報音とブレーキでドライバに操舵とブレーキ操作による回避を促す。さらに追突が避けられないと判断した場合には、ドライバのブレーキ操作を支援する緊急ブレーキで追突速度を落として衝突被害の軽減をはかる。

4. ホンダ ASV-2 2号車の技術

4.1. 概要

交通事故データ分析結果から、夜間における歩行者事故や交差点における二輪車との衝突では、共に交通弱者側の被視認性の低さが関係していることが明らかになった。

そこで2号車では、これにかんがみ以下の三つの機能を搭載した。

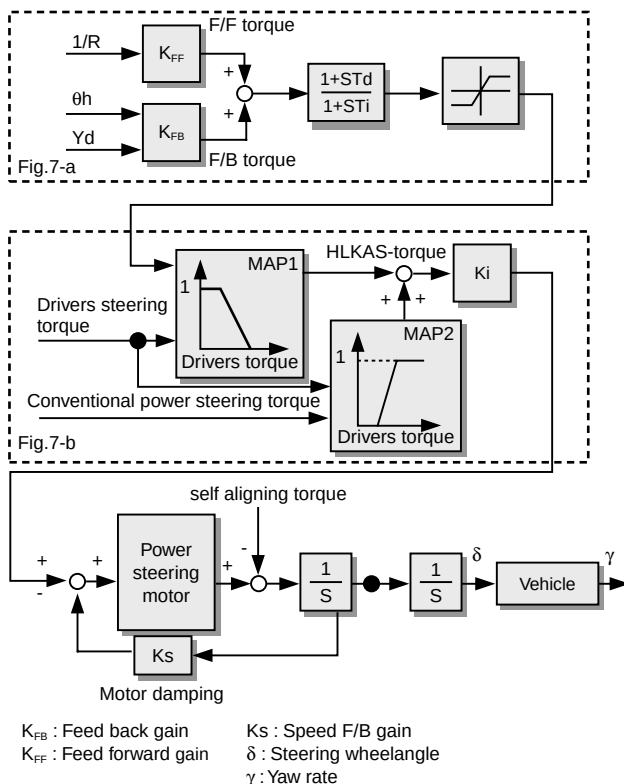


Fig.7 Block diagram for HLKAS control

- (1) 赤外線カメラを用いて夜間の歩行者を検知する
「ホンダナイトビジョンシステム」
- (2) ハンドル操舵等に連動して車両の進行方向を照らし夜間の視界を確保する
「アクティブヘッドライトシステム」
- (3) 双方に装備した通信システムを用いて情報提供を行い、お互いの存在を知らせる
「二輪車・四輪車情報通信システム」

4.2. システム構成

上記三つの機能を統合したシステム搭載図を Fig.10 に、制御ブロック図を Fig.11 に示す。フロントグリル内に設置された2個の赤外線カメラにより歩行者を検出し、また

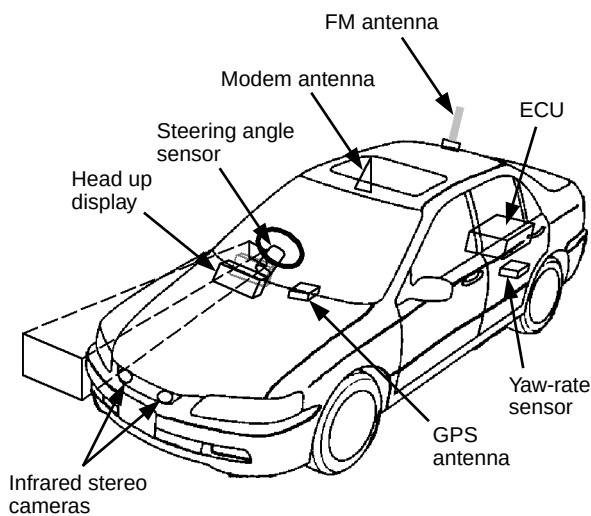


Fig.10 Configuration of ASV-2 experimental vehicle 2

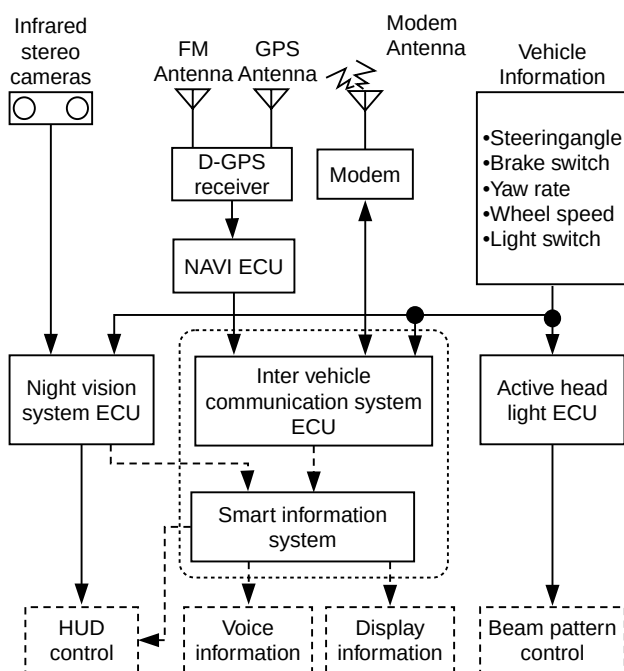


Fig.11 Block diagram of ASV-2 experimental vehicle 2

ルーフ上の通信モデムアンテナにより、近傍の二輪車と通信を行う。状況に応じて警報音を発し、映像をヘッドアップディスプレイやナビ画面上に映し出す。ヘッドアップディスプレイは、カラー映像機能を持ち昼夜を問わず表示可能とした。アクティブヘッドライトの配光制御は、ハンドル操舵に連動したものとした。

4.3. ホンダナイトビジョンシステム

本システムは夜間の歩行者事故低減を主な目的とし、ドライバに音声案内と歩行者を強調した赤外線映像のヘッドアップディスプレイ表示を行なう視覚支援システムである。本システムの情報提供時の動作状態を Fig.12 に示す。

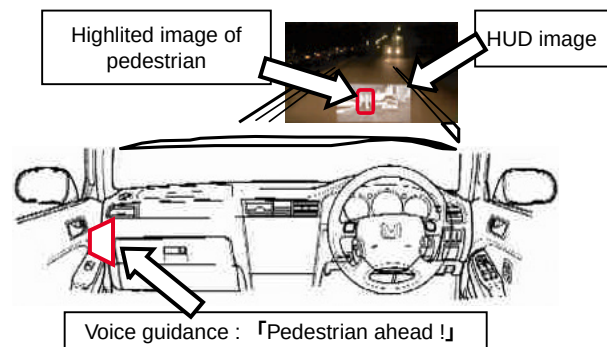


Fig.12 Example of HUD image and voice guidance

4.3.1. 情報提供すべき歩行者

Fig.13 に示すように、夜間の走行状況において、車道を歩いている歩行者や横断してくる歩行者を車両が停止できる位置でドライバに知らせることを目標とした。

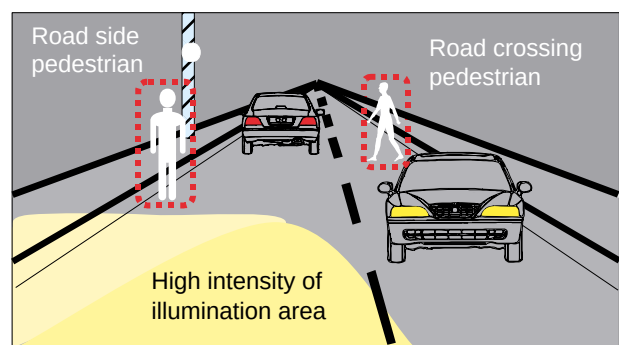


Fig.13 Example of pedestrians who should be detected

4.3.2. 歩行者検出手法⁽⁹⁾

歩行者等の高温対象物は赤外線カメラの映像上で白く表示されるが、他の高温対象物との形状的な識別は困難である。そこで本システムではステレオ画像処理によって距離

を算出し、その時間変化より相対移動ベクトルを求めて移動速度による識別と衝突の可能性を判定している。Fig.14に処理フローを示す。

4.3.3. 歩行者強調情報提供範囲

情報提供範囲はFig.15に示すようにヘッドライトの高照度エリアより遠方に設定し、車速 40km/h 以上での情報提供動作とした。また、横方向範囲は進入してくる対象物に対しては12度以内とし、接近してくる対象物に対しては車線幅とした。情報提供タイミングは事前情報提供時間に対するステア回避成功率と停止距離から衝突推定時刻の 3.5 秒前とした⁽¹⁰⁾。

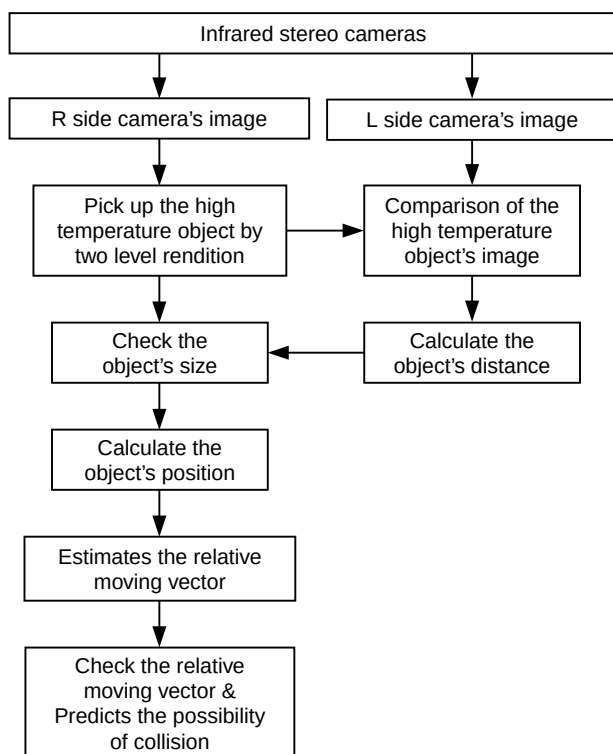


Fig.14 Processing flow of pedestrian detection

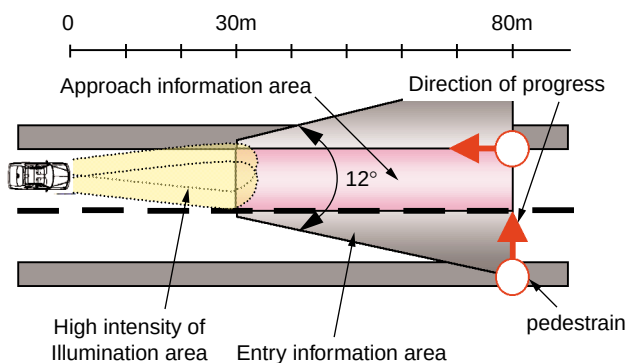


Fig.15 Detection area of pedestrian

4.3.4. 効果検証

本システムでは、歩行者の認知性向上手法として音声案内と歩行者部の強調表示の機能を搭載している。そこで、これらの機能の効果度を映像常時表示の場合と比較し検証する。

(1)テスト手法 Fig.16に示すように、前方スクリーン上に 1.5 秒間隔で変化する 0～9 の数字を表示する。被験者にこれを読上げさせることにより視線方向を拘束し、実際の走行時に近い注視状況を再現させた。この状態で、ヘッドアップディスプレイに走行中の映像を映し出す。被験者は、映像上の横断歩行者を発見した場合に、その出現方向に合わせてハンドル上の左右のスイッチを押すものとし、その応答時間を測定した。被験者には 20 代から 50 代までの年齢層から男性 8 人、女性 2 人の計 10 人を選定した。

テスト項目内容は、Table 1に示すように映像常時表示のみのシステムと本システムとを比較した。なお、5 分間の走行映像中に 10 人の横断歩行者が現れるものとした。



Fig.16 Measuring conditions

Table 1 Test pattern

	Image only	HONDA night vision
Voice guidance	×	○
Highlighted image of pedestrian	×	○
HUD Image	A	P

○ : Available A : All the time
 × : Not Available P : Pop-Up

(2)テスト結果 Fig.17 に平均応答時間測定結果を示す。前方注視時には、映像表示のみに対して本システムは約 50% 以下の応答時間となった。音声や強調表示が歩行者認知性の向上に効果があることが確認された。

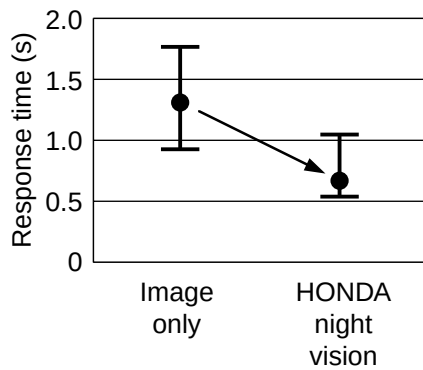


Fig.17 Comparison of response time

4.4. アクティブヘッドライトシステム

交差点やカーブ等で、ハンドルの切れ角や車速に応じてヘッドライトの上部反射鏡を動かし、道路状況に見合った配光を実現するシステムである。Fig.18 に通常のヘッドライトとの配光比較を示す。これにより道路状況の正確な把握やカーブでの視線誘導効果による安定した走行を支援し、歩行者の早期発見性を向上させることが可能となる。

Fig.19 にアクティブヘッドライトの内部構造と作動状態を示す。後方に取付けられたステッピングモータにより、上部可動反射鏡は外側へ最大40度、内側へは20度回転する。なお、上部可動反射鏡と下部固定反射鏡の配光比率は約4対6となっている。

4.5. 二輪車・四輪車情報通信システム

これは二輪車および四輪車双方に装備した通信システムで互いの車両の種類、位置、速度、方位などの情報交換を行い、運転者の認知を支援するシステムである。これにより、相手車両の見落としや接近速度および距離の判断ミス等を

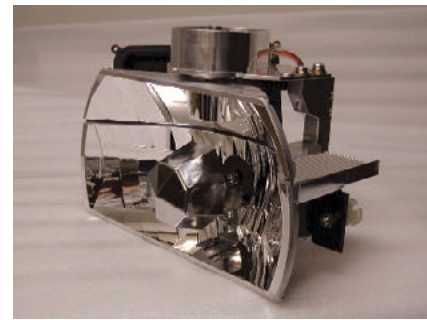


Fig.19 Active head-light mechanism

減らし、Fig.20 に示すような二輪車と四輪車との典型的な事故である出合頭や右直事故を未然に防止しようとするものである。

Fig.21 にシステムの概要を示す。高精度 GPS を利用した NAVI システムから自車位置を評定し、車両からは車速やターンシグナル等の情報を得る。これらの情報を基に、双方に搭載されたモデムを用いて双方向通信を行う。そして交差点内で衝突の可能性があると判断した場合には、NAVI ディスプレイやヘッドアップディスプレイに相手車のシンボルマーク等を表示するとともに音声や警報音で知らせる。なお、別報⁽¹⁾で詳細を記述する。

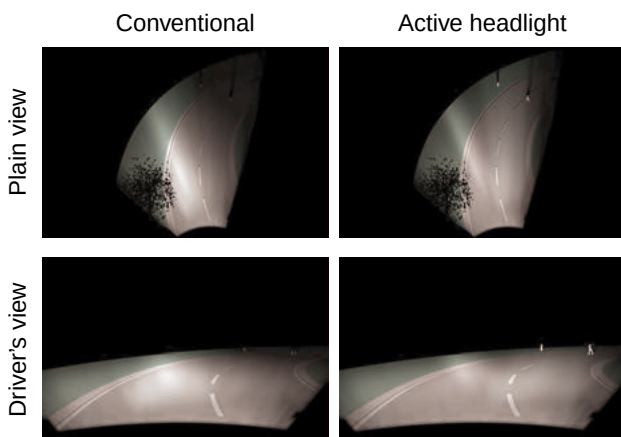


Fig.18 Comparison due to the existence of the control

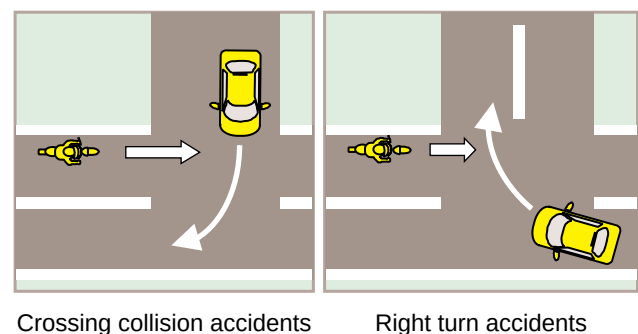


Fig.20 Typical traffic accidents between automobile and motorcycle

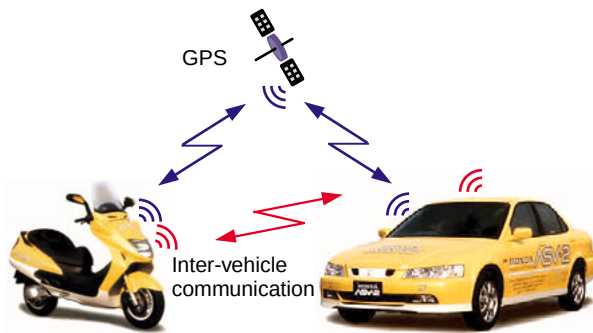


Fig.21 Inter-vehicle communication system

5. 事故低減効果の推定

開発したシステムについて、日本自動車研究所の事故低減効果推定方法に基づき試算した結果、Table 2に示すような事故低減効果が期待できることが分かった。

Table 2 Ratio of the decrease prediction of the number of the traffic accident people

System of ASV vehicle 1	Fatalities	Casualties
Collision velocity reduction system	-2.1 %	-11.5 %
ACC with stop & go system	(-0.1 %)	(-0.4 %)
Lane-keep assistance system	-0.1 %	-0.1 %
Total	-2.2 %	-11.6 %

System of ASV vehicle 2	Fatalities	Casualties
HONDA night vision system	-6.1 %	-2.4 %
Active headlight system	-0.7 %	-0.3 %
Inter -vehicle communication system	-3.6 %	-5.1 %
Total	-10.4 %	-7.8 %

6. 結論

ASV-2 計画に対して、運転操作支援と交通弱者認知向上研究を行ない、テーマ別に実証実験車を完成させた。それにより各搭載システムの機能と基本性能の検証を終了させることができた。さらに効果検証テストをおこない、事故低減効果の有効性が確認できた。

一部の技術については実用化に向けての研究を推進中である。

参考文献

- (1) 鶴賀孝廣ほか：ホンダ ASV の紹介, HONDA R&D Technical Review, Vol.8, p.1-11 (1996)
- (2) 交通事故統計年報 平成 10 年版, 東京, 交通事故総合分析センター, 1999

- (3) 藤田泰彦：インテリジェントハイウェイクルーズコントロール(IHCC)の開発「高速走行時における車速／車間制御システム」, 自動車技術会, 学術講演会前刷集 235 (1999-10)
- (4) Kondo, S., Asanuma, N., Ishida, S., Ikegaya, M., Tanaka, J.:Evaluation of Driver Assistance System, Proc. of 6th World Congress on Intelligent Transportation Systems, No.3228 (1999)
- (5) 峯田憲一, 鶴浦清純, 池田哲夫：レーンキープアシストシステムにおける白線認知システムの開発, HONDA R&D Technical Review, Vol.12, No.1, p.101-108 (2000)
- (6) Ikegaya, M., Asanuma, N., Ishida, S., Kondo, S.: “Development of a Lane Following Assistance System”, Proc.of the International Symposium on Advanced Vehicle Control, pp.473-478 (1998)
- (7) Ishida, S., Asanuma, N., Ikegaya, M., Kondo, S.:Evaluation of Driver Support System for Lane-Keeping, Proc. of 32nd ISATA, 99STI011 (1999)
- (8) 谷田 公二：レーン・フォローイング・アシスタンス・システムによる精神負荷低減効果, 自動車技術会 学術講演会前刷集 No.7-99, p.13-16 (1999)
- (9) 濱 貴之：赤外面像を用いた先行車検出手法の研究, Proceedings of the 4th Tokyo AVCS Conference, p.31-37 (March 26, 1999)
- (10) 宇野 宏, 平松金雄：緊急状況における余裕時間とドライバの操舵回避との関係, 人間工学 Vol.35, No.4, p.219-227 (1999)
- (11) 山本一博ほか：ホンダ ASV の紹介(二輪車), HONDA R&D Technical Review, Vol.12, No.2, p.9-16 (2000)

■ 著 者 ■



浅沼 信吉



川合 誠



高橋 昭夫



辻 孝之