

### ヤマハ ASV-2 の研究開発

#### Research and Development of YAMAHA ASV-2

北川成人 Shigeto Kitagawa 中井 登 Noboru Nakai  
MC 事業本部 技術開発室 / コンポーネント開発調達室

## 1 はじめに

最近の二輪車の交通事故状況を見ると、二輪車乗車中の死者数は漸減傾向にはあるものの、毎年全国 170,000 人前後の死傷者が発生し、その内のおよそ 1% が死亡に至るという事実がある。このような厳しい状況の中で、自動車の安全性を格段に高めることを目指して国土交通省が推進する第 2 期 ASV プロジェクト( 稿末の用語説明を参照 )が 1996 年度にスタートし、その 2 年目にあたる 1997 年度から二輪車メーカーも参画することとなった。

ヤマハ発動機( 株 )以下、当社という)は、二輪車の安全性向上を最重要課題のひとつと考えており、これまで安全技術の開発、および商品への展開を図るとともに、安全普及活動にも力を注いできた。

また、第 2 期 ASV 計画への参画( 図 1 )により、「走る、曲がる、止まる」の基本性能を向上する基盤的安全技術に加え、いかに事故低減を図るか、いかに事故の被害を低減させるかという視点での「予防安全技術」「衝突安全技術」の先進的安全技術の分野にも研究開発の領域を広げてきた。

さらに、急速に展開しつつある ITS( 稿末の用語説明を参照 )の一部として、道路インフラと連携した走行支援システムの研究も国家的なレベルで進められており、このような進化した交通環境に対応する必要性があることから、二輪車の高度情報化の研究開発にも着手し、積極的に推進しているところである。

本稿では、当社が第 2 期 ASV 計画で研究開発を進めたこれらの技術についての成果と、今後の課題について述べる。



図 1 ヤマハ ASV-2

## 2 ヤマハ ASV-2 1号車に搭載した技術

1号車には図 2 に示すように予防安全 3 、事故回避 1 、衝突安全 1 の計 5 種の自律型安全技術を搭載した。以下に個々の技術について説明する。



### 2.1 配光可変型前照灯

本装置は、二輪車のカーブ走行時の車体の傾きに応じて前照灯の照度分布を自動的に変化させ、夜間のカーブ走行時の視認性向上を図ることを狙いとしている。また、前照灯本体にはハイ / ロー切替式のディスチャージヘッドライトを採用して、照度の向上も併せて実現した。

図 2 ヤマハ ASV-2 1号車

## 2.1.1 システム構成

本装置のシステム構成を示す(図3)。

車体に取り付けられたヨーレイツンサの信号と、自車速度信号からカーブ走行時のバンク角を計算し、サーボモータで前照灯の照射範囲が路面と略平行になるよう回転させる。ヨーレイツとバンク角の間には図4に示すような関係式が成り立つ。

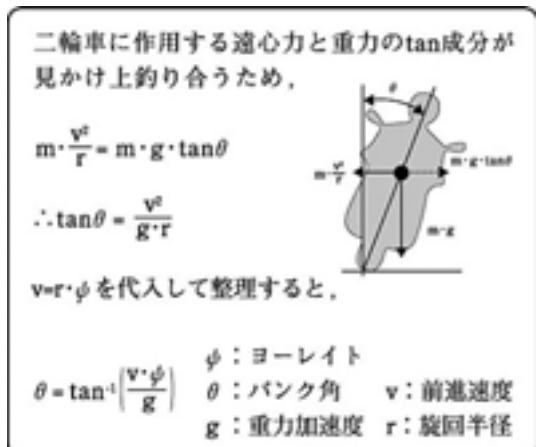


図3 システム構成

二輪車に作用する遠心力と重力のtan成分が見かけ上釣り合うため、

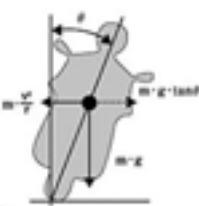
$$m \cdot \frac{v^2}{r} = m \cdot g \cdot \tan\theta$$

$$\therefore \tan\theta = \frac{v^2}{g \cdot r}$$

$v=r \cdot \phi$  を代入して整理すると、

$$\theta = \tan^{-1} \left| \frac{v \cdot \phi}{g} \right|$$

$\phi$  : ヨーレイツ  
 $\theta$  : バンク角  
 $v$  : 前進速度  
 $g$  : 重力加速度  
 $r$  : 旋回半径



## 2.2 後方視界補助装置

本装置は、走行中の運転者に対して、後方の自車両周辺映像をメータパネルに設置したディスプレイに表示し、通常の後写鏡の補助装置として運転者の視覚機能を拡大することを狙いとしている。また、ナビゲーション、VICS、などの走行支援情報を後方視界と隨時切り替えて表示し、音声情報はワイヤレスでヘルメットに提供することで運転時の負担を軽減する、視覚・聴覚の総合的な情報提供装置となっている。

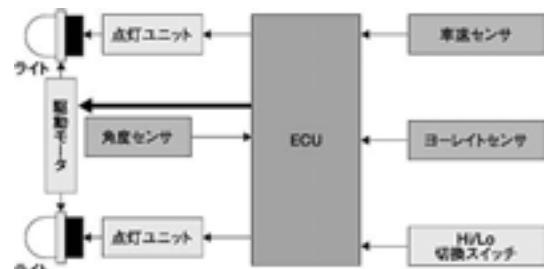


図3 システム構成

## 2.1.2 動作例

本システムの有無による、左カーブ走行時の照射範囲の差異を示す(図5)

## 2.1.3 今後の課題

配光可変制御による視認性の向上で、夜間運転時の負担が軽減されることがわかった。実用化に向けては、運転者の操縦感覚によりフィットする制御アルゴリズムの改良と、システム全体の小型軽量化、システム機能失陥時のフェイルセーフ機能などの検討が必要である。



図5 照射範囲の比較

## 2.2.1 システム構成

図6に示すように、二輪車の左右側面と後部1ヶ所の計3個にカラーCCDカメラを設置

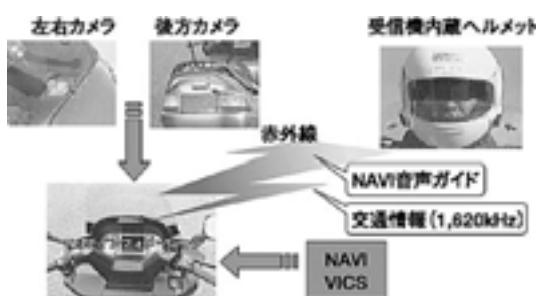


図6 システム構成

している。これらのカメラの切り替えはワインカースイッチと連動しており、メータ内に設置したLCDディスプレイには、車線変更などの運転操作のタイミングに合わせて必要な後方の情報を表示する。同様に、経路支援情報と後方視界情報は、手元のスイッチで随时切り替えることで選択的な情報提供が可能である。また、経路支援情報、交通情報などに関する音声情報のヘルメットへの通信手段には赤外線を使用している。

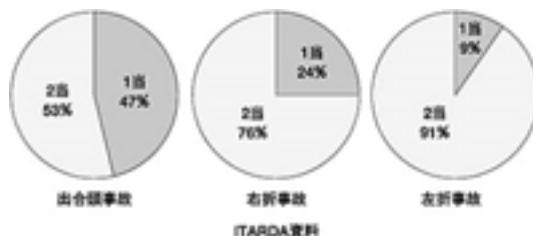
## 2.2.2 今後の課題

キャビンをもたない二輪車で、四輪車と同等の情報提供環境が可能かどうかを検証した。今後は視覚情報の提供方法(位置、タイミング)および音声情報の提供方法(音質、フレーズ、タイミング)について、効果的かつ運転者の負荷を最小にする方向での研究が必要である。

また、将来的に後写鏡の機能を代替していくためにはカメラ、ディスプレイの解像度、視認性などの向上が必須となる。

## 2.3 二輪車存在情報提供装置

国内の二輪車関連事故の6割強は交差点での車両相互事故であり、相手車両は四輪車が圧倒的に多い。これらをタイプ別に分類し、その過失割合について第1当事者(1当:過失責任大)、第2当事者(2当:過失責任小)で分類したのが図7である。

図7 二輪車事故の特徴<sup>(1)</sup>

すなわち、出会い頭事故に関しては1当と2当の比率はほぼ均衡しているが、右左折時の事故に関しては二輪車の2当比率が高く、二輪車が明らかに被害者になっていると言える。これらの事故原因としては、相手車両側が二輪車の存在に気付いていなかったか、気付いていても速度や距離関係を正しく認識していないかった場合がほとんどである。

このような背景から、本装置は二輪車の存在が正しく相手車両に認識されるように、積極的に二輪車側から情報を発信し、相手車両側ではこの情報をもとに二輪車の存在情報や、衝突の可能性などの警報を運転者に与えることを想定している。

二輪車は通信により走行中の自車両速度、道路側から入手した交差点までの距離情報から、交差点までの到達時間(車間時間)を計算して発信する。相手車両側のシステムは、この時間情報から二輪車の存在をドライバーに情報提供し、発進、停止などの際に運転者の適切な判断を支援するものである(図8)。

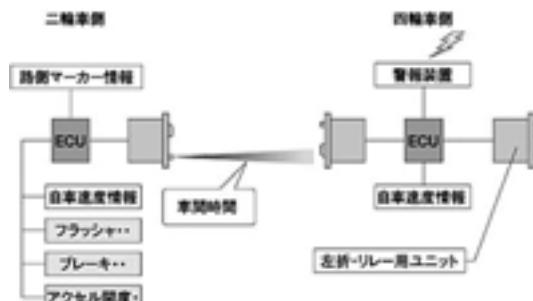


図8 右直事故防止システムの概念図

## 2.3.1 システム構成

二輪車側から発信される情報は基本的に前出の交差点到達時間(車間時間)である。そのほかにもフラッシュ、ブレーキ、アクセルなどの操作情報を加えることにより、二輪車の詳細な運転状態を相手車両に伝達することができる。通信の手段としては波長860nmの赤外線レーザを使用し、通信距離は最大で150m、通信速度は2,400bpsとなっている。

なお、四輪車側のシステムが通信ユニットを後方にも設置することで、四輪車の左折時における二輪車の巻き込みを防止できる(図9)



## 2.3.2 今後の課題

自律型システムとはいって、自車両の位置情報を得るために何らかの形でインフラの支援を受ける必要がある。

図9 システム構成

また、通信手段としての赤外線レーザは直進性が強いので、途中に遮蔽物があると通信確立が困難となる。このため右折車両では、直進する二輪車が他の車両の陰になって全く目視できない場合にはシステムが機能しなくなる。この様なケースでは、左折巻き込み防止のために四輪車側の後方に設置した通信ユニットで受信した二輪車の存在情報を、前方に順送り(リレー)することでシステムを機能させることができになる(図9)

いずれにせよ通信手段の特性上、複雑なネットワークの概念を導入する必要はないものの、システムの効果を発揮するためには全ての二輪車・四輪車に装備されることが前提となる。また、四輪車側の設備投資負担が大きくなるため、実現に向けてはメーカーレベルに留まらない、高次元での検討体制が必要である。

#### 2.4 ブレーキアシスト

通常、二輪車のブレーキ装置は制動のみではなく、走行中の二輪車の姿勢を運転者が意図的に制御する手段として使用される。このため、前後ブレーキが個別に操作されることが一般的であるが、事故回避時のような緊急時には、前後ブレーキを一時的に連動して作動させることで事故回避性能を高められる可能性がある。

こうした観点から、本装置ではABSの機能を拡張し、制動時のブレーキ入力の特性から緊急性を判断するようにした。前後どちらか一方のブレーキしか操作されておらず、ブレーキ力が不十分な場合でも、両方のブレーキを同時に加圧してシステムのもつ制動力を効率良く発揮させることを狙っている。

##### 2.4.1 システム構成

本装置はABSのハイドロリックユニット、前後の液圧センサ、車速センサ、ECUなどで構成される。

運転者のブレーキ入力は液圧センサで検出され、その圧力の上昇特性からECUが緊急性を判定する。ブレーキ入力は前後で独立して検出・判定されるため、どちらか一方しかブレーキがかけられなくても両方のブレーキが加圧され、さらにABSにより路面状態に応じた効率の良い制動が行われる(図10)



図10 システム構成

##### 2.4.2 今後の課題

緊急性を判定するための条件設定は、実際の事故回避の場面で確実に作動し、通常の使用範囲では作動しないことが基本要件である。しかし、ブレーキ入力の特性は非常に個人差が大きく、緊急時の運転者の行動特性などの、人間工学的な調査・研究が必要である。さらに通常の走行パターンを記録し、それらのデータから自動的に緊急性判定の条件設定をするような、学習機能の付加も今後の検討課題である。

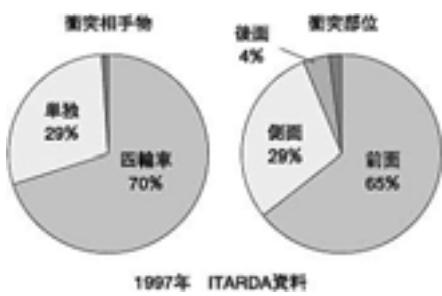


図11 二輪車事故の特徴

#### 2.5 二輪車用エアバッグ

二輪車の事故を衝突相手物という観点で分析すると、図11に示すように70%が対四輪車となっている。さらに事故の際の、二輪車の衝突部位は65%が前面である。

このような背景から、本装置は二輪車の前面衝突の際に乗員の飛び出しを抑制し、主として上半身の負傷を低減することを目的としている。今回は基礎研究として台上テストによりバッグ形状、インフレータの仕様等を検討し、数形態の実車衝突テストによりエアバッグのシステム要件を把握した。

### 2.5.1 システム構成

図12にシステム構成を示す。システムはエアバッグ、インフレータ、ECU(加速度センサ一体)で構成される。

衝突の際の衝撃を加速度センサで感知し、ECUで衝突か否かを判定して、インフレータに点火信号を送る。エアバッグは乗員の前面に開き、衝突時の乗員のエネルギーを吸収して飛び出しを抑制する。衝撃感知性能を向上させるために、フレーム部材を延長(センシング

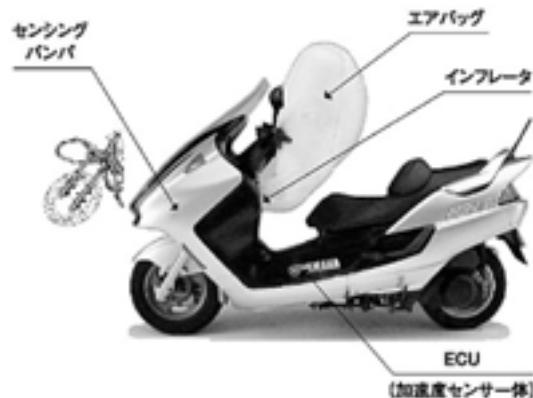


図12 システム構成

バンパ)して衝撃の伝播速度を上げている。これにより衝突判定の時間が最大5msec程短縮される。衝突からエアバッグが開くまでに要する時間は衝突の形態で異なるが、衝突判定で15~25msec、点火からバッグの完全展開まで40~50msec、全体では55~75msecとなり、乗員がエアバッグに接触するまでに完全展開する十分な速さを備えている。

バッグの形状については単体でのインフレーションテスト、スレッドテスト等で各種の形状を検討し、図13のような形状とした。四輪車のエアバッグと異なり、シートベルトのような拘束装置をもたない二輪車にはエアバッグ単体での負傷低減効果が求められるので、一般的な四輪車運転席用に比べおよ



図13 試作バッグ形状 そ3倍の容積となっている。

### 2.5.2 実車衝突テスト

エアバッグの効果検証についてはISO13232に規定された実車衝突テストの基本7形態から4形態を選択し、それぞれの形態についてエアバッグの有無による負傷低減効果の差異をみた。

負傷低減の効果を見るためにはダミーを使用し、頭、首、胸の各部について負傷評価に関する計測を行なった。ダミーは四輪車用に開発されたHybrid IIIを元に、二輪車の乗車姿勢をとれるように腰部に変更を加えた。

実車衝突テストの結果では、1形態で負傷低減効果が認められ、他の3形態では有意差が認められなかった(図14)。

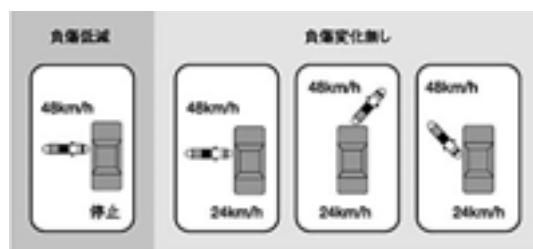


図14 衝突テスト形態とテスト効果

### 2.5.3 今後の課題

実車衝突テストにより、基本的なシステム要件について把握でき、特定の衝突形態においてはエアバッグの負傷低減効果の可能性が確認できた。しかし、効果の期待できる形態が未だ十分とは言えず、さらにエアバッグ展開形状、容積などの点で研究開発が必要である。

さらに、衝突相手車両の形態によるシステム要件の違い、乗員の体格や乗車姿勢などによる

効果の違い、形態の異なる二輪車でのシステム要件の違いなど、順次検証して行く必要がある。また、これらの過程でハードウェアの耐久性、信頼性などについても向上させて行く必要がある。

### 3 ヤマハ ASV-2 2号車に搭載した技術

2号車は、平成12年度に実施されたASVとAHSの共同実証実験に参加するために製作された実験車両である。この実証実験は路車間通信による走行支援サービスについて、国土交通省の土木研究所内試験路にて技術的課題の抽出、サービスの有効性、ドライバ受容性の検証などの目的で実施された。

2号車は図15に示すように、1号車をベースに通信機、アンテナ、情報処理装置などを加え、道路インフラから提供される6つの走行支援サービス(カーブ進入危険防止支援、前方障害物衝突防止支援、出会い頭衝突防止支援:停止/発進、右折衝突防止支援、横断歩行者衝突防止支援)に対応している。

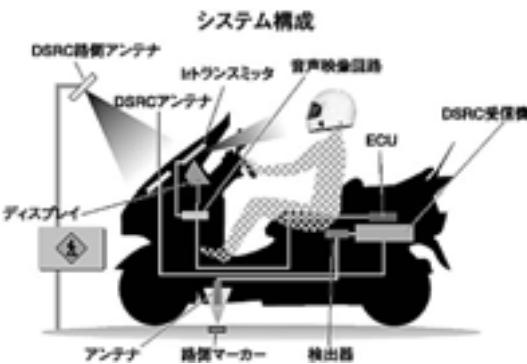


図15 ヤマハ ASV-2 2号車

#### 3.1 システム構成

車両には図16に示すような、サービス区間情報を受信する路面マーカー検出器とそのアン

テナ、交通環境情報(DSRC:Dedicated Short Range Communications)を受信する通信機とアンテナが装備されている。

DSRCは100msec毎に最大160byteのデータを送信し、障害物や周囲車両の情報(位置、方向、速度、距離)道路形状情報(コーナーR、勾配等)を提供する。道路インフラから入手した情報は自車の速度情報などと合わせてECUで処理され、適切なタイミングで運転者の認知・判断を支援するために提供される。

支援タイミングは検証中であるが、下記暫定値にて評価を進めている。

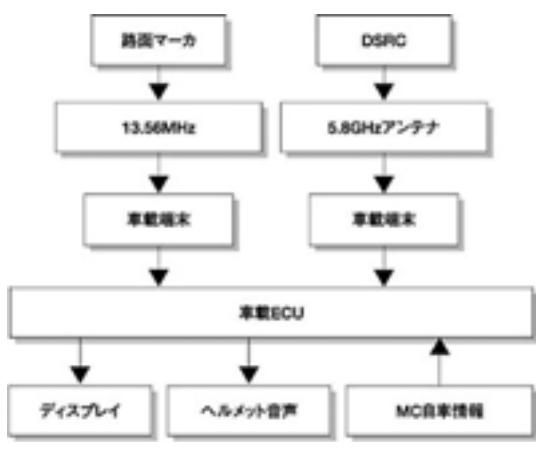


図16 システム構成

#### ・情報提供タイミング

$$= 0.2G \text{ 減速停止時間} + 3.0\text{sec} \text{ (反応時間)}$$

#### ・警報タイミング

$$= 0.4G \text{ 減速停止時間} + 0.8\text{sec} \text{ (反応時間)}$$

情報提供の手段としては視覚による方法と聴覚による方法がある。本システムでは、ディスプレイに表示するアイコンでサービスの種類と緊急度について明示し、音声情報で「注意「減速」など具体的な運転者の対応を促すようになっている。この情報提供のインターフェイスは、前出の「後方視界補助装置」で開発した車載ディスプレイとヘルメット音声通信システムを使用している(図17)。

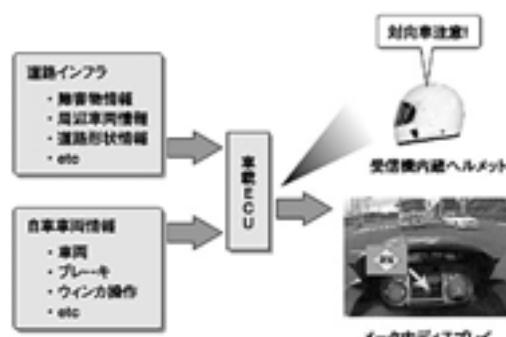


図17 システム構成

### 3.2 今後の課題

今回の実証実験に供された通信機器は、二輪車の搭載スペースを考慮すると実用レベルには遠く、実用化推進のためには小型、軽量化を進める必要がある。また、情報提供のためのHMI(human machine interface)のあり方についても、世界標準的な視点での研究開発が必要である。特に交差点など、情報が輻輳する場所でのドライバの負荷を最少にするため、情報マネジメントに関する共通ガイドラインの設定は不可欠である。

この走行支援システムは、第二東名等への配備を前提にインフラを含めた検討が進められており、今後も他社と連携した開発を継続していく予定である。

## 4 おわりに

第2期ASV計画に参画し、従来の基盤的安全技術に加え、先進安全技術の開発へのチャレンジを通じて、近い将来の、より進化した交通社会の中で機能する新しい二輪車像のイメージを具現化できたのではないかと考える。

本稿で紹介したASV技術は基礎研究を終了した段階であり、今後は実用化に向けての研究を推進する段階にある。さらに今後は、自律型システムとインフラ連携システムがそれぞれの強みを生かして有機的に結合して行くことが予想される。こうした進化した交通社会の中で、二輪車がその経済性・機動性に加えて安全性を格段に向上させ、メジャーな交通手段として現在以上に広く一般の使用に供されることを願い、研究開発を推進する所存である。

### 参考文献

- (1) 国土交通省 ASV 推進検討会 : ASV-2 の成果について、( 2001 )
- (2) 財団法人交通事故総合分析センター : 交通事故データ、( 1997 )

### 用語説明

- (1) ASV ( Advanced Safety Vehicle )

先進安全自動車の意味。エレクトロニクス技術等の新技術により、自動車を高知能化して安全性を格段に高めるとともにITS技術の自動車としての受け皿(スマートカー)となるもの。

- (2) ITS ( Intelligent Transport Systems )

高度道路交通システムの意味。最先端のエレクトロニクス技術を用いて、人と道路と車両とを一体のシステムとして構築することにより、ナビゲーションの高度化、有料道路等の自動料金収受システムの確立、安全運転の支援、交通管理の最適化、道路管理の効率化を図るもので、安全・快適で効率的な移動に必要な情報を迅速、正確かつわかりやすく利用者に提供することなどにより、道路交通の安全性、輸送効率、快適性の飛躍的向上、環境保全を実現することを目的としている。