

トヨタ先進安全実験車（トヨタASV）

TOYOTA Advanced Safety Vehicle (TOYOTA ASV)

松本 利明 *Toshiaki Matsumoto*
吉次 規幸 *Noritada Yoshitsugu*
堀 義人 *Yoshihito Hori*



要 旨

安全は車社会の基本であり、交通システムを構成している人、車、交通環境の3つがそれぞれの役目を果たして初めて実現できるが、車の安全性向上を自動車メーカーとして最重要課題のひとつと考え、従来から「予防安全」「衝突安全」の両面から取り組んできている。そうした中で、近年急速に進歩しているエレクトロニクスを応用することにより高知能化した車を21世紀初頭に実用化するための運輸省ASV計画を踏まえて、各種研究開発を推進してきた。

人と車との接点に着目した人間工学的な視点を踏まえながら、「走行時の予防安全対策」、「事故回避対策」、「衝突時の被害軽減対策」、「衝突後の災害拡大防止対策」の観点から安全性追求に幅広く取り組み、17種類の新しい安全技術を搭載した『トヨタASV』を1995年に製作完了したので、紹介する。

Abstract

Safety is the foundation of a society that depends on the automobile, and the three components of the vehicle transit system—vehicles, people, and the traffic infrastructure—each play a key role in safety. Improvement of car safety is the most important topic facing automobile manufacturers, and is conducted with considerable experience in both active safety and passive safety.

We promoted various R&D activities in accordance with the Ministry of Transport's ASV project, which aims for practical application by the beginning of the 21st century, to enhance the intelligence and safety of automobile by using the latest in electronic technologies.

Developing machine in harmony with people, we report 'TOYOTA ASV', a test vehicle which is equipped with 17 new technology features in four main fields: preventive safety, avoiding accidents, minimizing collision damage, and minimizing post-collision damage, completed in 1995.

1. はじめに

21世紀に向けて、自動車の保有台数はさらに増加すると共に、日本においては高齢化社会の進展等によりドライバはますます高齢化していくものと考えられ、そのような社会環境に対応しつつ、交通事故死傷者数の低減に大きく貢献することを狙いとして、21世紀初頭に実用化をめざしたASV（Advanced Safety Vehicle：先進安全自動車）の研究開発を、運輸省のASV計画を踏まえて行ってきた。

これは、従来の安全対策に加えて、近年急速に進歩しているエレクトロニクス技術を応用することにより、自動車をより高知能化するものである。

交通安全対策については、車・人・交通環境の3要素について、総合的かつ計画的な諸施策の推進が必要であるが、ここではトヨタが1995年に完成した安全実験車（トヨタASV）の概要を紹介する。

2. 各国の先進安全技術研究開発プロジェクト

現在、21世紀に向けての新しい道路交通システムの検討が先進諸国の間で推進されている。この中で、特に安全に関連する研究開発の状況を以下に述べる。

2.1 日本

日本では運輸省が学識経験者や乗用車メーカを委員とする先進安全自動車推進検討会を設置し、21世紀のASVを検討し、平成3年度から5ヵ年計画で研究開発を推進している。

予防安全、衝突安全の両面から種々の安全技術を21世紀初頭に実用化し交通安全に寄与することを狙いとしている。自動車自身の安全技術が中心であるが、インフラとの連携によるシステムも含まれている。

この計画には乗用車メーカ9社が参画して主要安全技術の研究開発を実施し、実験車を試作し発表している。

ASVプロジェクトは、高度道路交通システム（ITS：Intelligent Transport System）の研究開発プロジェクトと位置づけられており、今後将来のASVの技術指針を策定すると共に、次期ステップとしてこれまで研究開発してきた安全技術の実用化のための課題の解決や新たな安全技術の研究開発等を中心に推進することが検討されている。

2.2 米国

米国では国家ITSプログラムが策定され、この計画に沿って米国運輸省支援の基でITS研究開発プログラムが推進されている。このプログラムは道路交通における

種々のユーザーサービスのためのシステムの研究開発を推進し、安全性、移動性、環境等の向上を狙うものであり、インフラとの連携によるシステムが中心に推進されている。（表-1）

表-1 米国での推進システム

	User Services
Travel and Transportation Management	En-Route Driver Information Route Guidance Traveler Services Information Traffic Control Incident Management Emissions Testing and Mitigation
Travel Demand Management	Pre-Trip Travel Information Ride Matching and Reservation Demand Management and Operations
Public Transportation Operations	Public Transportation Management En-Route Transit Information Personalized Public Transit Public Travel Security
Electronic Payment	Electronic Payment Services
Commercial Vehicle Operations	Commercial Vehicle Electronic Clearance Automated Roadside Safety Inspection On-Board Safety Monitoring Commercial Vehicle Administrative Processes Hazardous Material Incident Response Freight Mobility
Emergency Management	Emergency Notification and Personal Security Emergency Vehicle Management
Advanced Vehicle Control and Safety Systems	Longitudinal Collision Avoidance Lateral Collision Avoidance Intersection Collision Avoidance Vision Enhancement for Crash Avoidance Safety Readiness Pre-Crash Restraint Deployment Automated Highway System

2.3 欧州

欧州では自動車メーカ13社が部品メーカや研究所の協力を得て、共同でPROMETHEUSプログラムを推進してきた。これは、Programme for a European Traffic with

Highest Efficiency and Unprecedented Safetyのことで、道路交通を改善し画期的な安全性向上等を狙うものである。自動車自身のシステムとインフラに基づくシステムの両者が推進され、各自動車メーカーで実験車が試作され公開されている。（表-2）

表-2 欧州での推進システム

	User Services
Safe Driving	Vision Enhancement Friction Monitoring and Vehicle Dynamics Lane keeping Support Visibility Range Monitoring Driver Status Monitoring Collision Avoidance
Cooperative Driving	Cooperative Driving Autonomous Intelligent Cruise Control Automatic Emergency Call
Traffic Management	Fleet Management Dual Mode Route Guidance Travel and Traffic Information Systems

このプロジェクトは公共交通機関や行政も参画した次のステップへ発展している。

PROMOTE（Programme for Mobility and Transportation in Europe）といわれるプログラムで、これまでの成果の活用と研究の継続がされている。

3. トヨタASVの概要

3.1 トヨタASVの基本的考え方

安全運転は、ドライバが正確に認知、的確に判断、操作するのが基本であるが、認知、判断、操作を車側がどうサポートできるか、ドライバのミスを手側がどうバックアップできるか、万一の場合車側がどこまで対応できるかという点を考えながら、『運転の主体はあくまでも人間であり、人間主体の考え方に立ち、やむをえない場合のみ人間のミスを車側でバックアップする』を基本コンセプトとした。

3.2 研究開発目標

安全に関する技術を4つに分類し、以下のように研究開発の目標を設定した。

3.2.1 通常走行時の予防安全

走行時の運転者の負担軽減を通じて事故発生の可能性を低減するために、視界の改善、計器類の視認性の改善を

図ると共に、運転者の過失による事故を減らすために、居眠り等の不測の状態を検知し、警報する。

3.2.2 事故回避

事故が発生するような状況において、事故が発生する前にそれを予測して回避するために、周囲の道路や先行車等の交通状況を監視し、危険状態を検知した場合には運転者に警報を発する。さらに、衝突が避けられない場合には、自動ブレーキで衝突を回避または軽減する。

3.2.3 衝突時の被害軽減

衝突時に乗員にかかる衝撃を緩和すると共に、歩行者との衝突時に歩行者にかかる衝撃を緩和する。

3.2.4 衝突後の災害拡大防止

衝突による火災の発生を防止すると共に、被害者の円滑な救助と交通渋滞の未然防止を図るため、事故発生を関係機関へ自動通報する。また、将来の安全に関する技術開発の基礎資料とするため、事故状況を自動的に記録する装置を研究する。

3.3 トヨタASVの搭載システム

3.3.1 通常走行時の予防安全

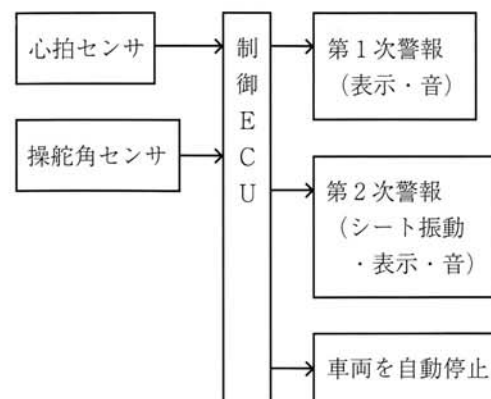
1) 居眠り運転警報システム

①概要

ステアリング操舵角センサと心拍センサによりドライバの居眠り（意識低下）特有の現象を検知し、警報音及び警報表示により休憩をとるように警告する。意識レベルがさらに低下した場合は、シートを振動し覚醒させ、休憩をとるように警告する。

警告後も、居眠り（意識低下）運転状態が続く場合は、車両を自動停止する。

②システム構成



③居眠り（意識低下）検知方法

生理状態と運転状態の解析結果の組み合わせにより、居眠りレベルを判定する。（図-1）

- ・生理状態：心拍センサにより心拍状態を検知し、心拍間隔時間の変動（心拍間隔のバラツキが大になる）を解析する。
- ・運転状態：操舵角センサによりハンドル操作状態を検知し、修正操舵周期の変動（周期が大になる）を解析する。

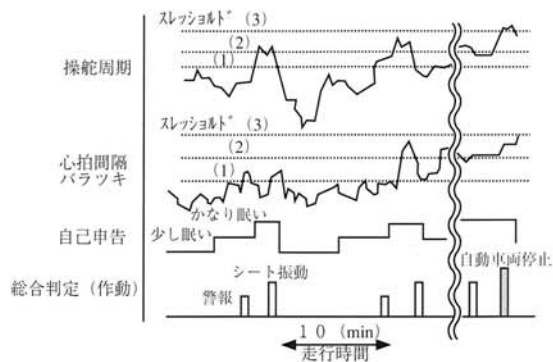


図-1 実験結果
Fig. 1 Results of experiment

2) タイヤ空気圧不足警報システム

①概要

車輪速度センサのパルス変動解析によりタイヤ空気圧不足を各車輪ごとに検知し、警報音及び警報表示により、空気を補充するように警告する。

②システム構成

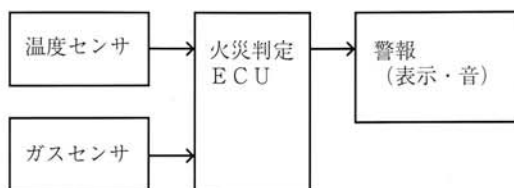


3) 火災警報システム

①概要

エンジンルーム内で火災が発生した場合には、ガスセンサにより煙を検知し、温度センサにより熱を検知し、警報音及び警報表示により警告する。

②システム構成



4) ヘッドランプ配光制御システム

①概要

ミリ波レーダとCCDカメラにより走行環境（対向車や前走車の有無、道路形状等）を検知し、走行環境に応じてヘッドランプ配光を相手に対して眩しくないレベルで上下や左右に制御し、複雑な走行環境下での視認性の向上を図る。（図-2）

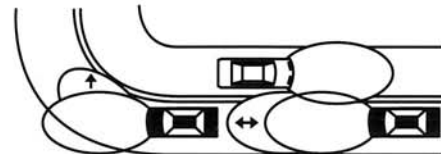
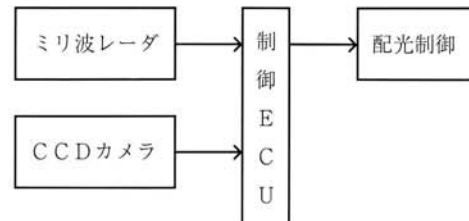


図-2 システム概念図
Fig. 2 Concept figure of system

②システム構成



③制御内容

対向車や前走車の有無により、相手に眩しくないレベルでできるだけ遠くを照射するようにシェードを回転させてロービームの配光パターンを上下に自動制御し、カーブでは、進入前にカーブに沿って明るく照射するようにリフレクタを横方向に動かしてロービームの配光パターンを左右に自動制御する。（図-3）

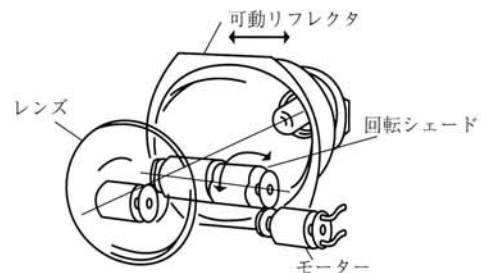


図-3 ヘッドランプの構造
Fig. 3 Construction of headlamp

5) ブラインドコーナーモニターシステム

①概要

路地等見通しの悪い交差点等で、ドライバーから直接みえない左右の様子をフロントバンパ左右に設置したCCDカメラで捕らえ、室内のモニタ画面に映し出し、視認性を向上する。（図-4）

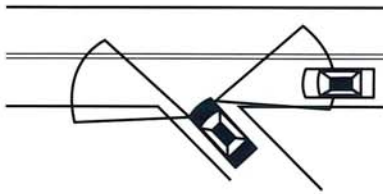
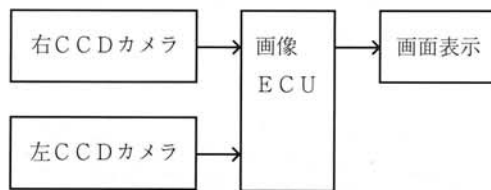


図-4 システム概念図

Fig. 4 Concept figure of system

②システム構成

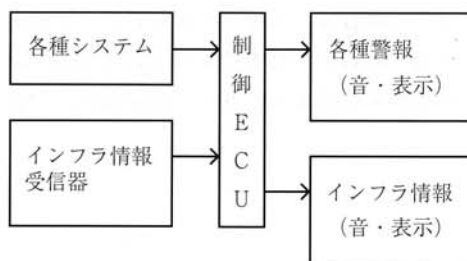


6) 次世代ウォーニングシステム

①概要

車両や運転状態に関する異常について、緊急度に応じて、警報音、警報表示色及び表示場所の使い分けを行い、さらにインフラからの情報により、歩道上の横断歩行者や信号表示等をHUDに表示して、運転者の負担を軽減する。

②システム構成



③表示内容

・インフラからの情報：車線案内、信号表示、歩行者警報 等



図-5 表示例

Fig. 5 Example of display

・車両及び運転状態情報：居眠り運転警報、
車間距離警報、
車両異常警報 等 (図-5)

7) 灯火による車々間情報伝達システム

①概要

追加された補助的な灯火と既存灯火の点灯及び点滅により、ドライバーの意思や車両状態を外部へ伝達する。合図の例として、「お先にどうぞ」、「前方横断あり注意」、「ブレーキ予告」、「ヘルプミー」等がある。(図-6)

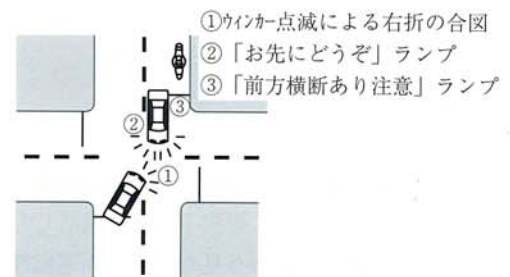
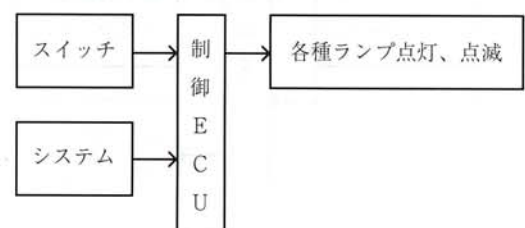


図-6 合図の例

Fig. 6 Example of signal

②システム構成



8) 道路交通情報提供ナビゲーションシステム

①概要

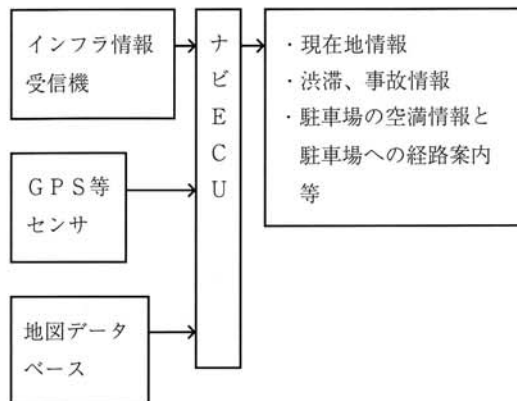
現在地、経路案内機能に加え、インフラからの渋滞情報、事故情報、駐車場情報、駐車場経路案内等をタイムリに地図画面上に表示し、運転者の負担を軽減する。(図-7)



図-7 システム概念図

Fig. 7 Concept figure of system

②システム構成



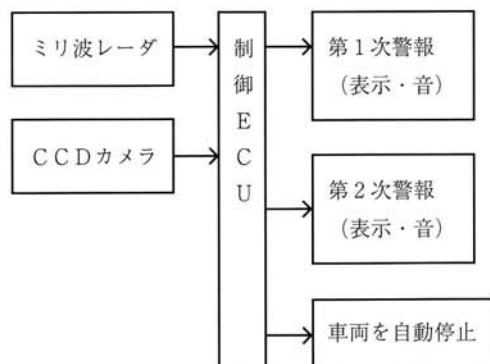
3. 3. 2 事故回避

1) 衝突軽減自動ブレーキシステム

①概要

ミリ波レーダとCCDカメラにより、前方の障害物（前走車、停止車等）を検知し、衝突の危険性を予測して警報し、衝突不可避と判断した場合は車両を自動停止し、わき見やぼんやり運転等による事故を防止する。

②システム構成



③前方障害物検知方法

CCDカメラの画像処理とミリ波レーダを組み合わせ検出する。

- ・ CCDカメラ：自車走行レーンとレーン内の前走車を検出し、ミリ波レーダの方向を制御する。
- ・ ミリ波レーダ：障害物との距離、相対速度を検出する。

④警報、自動ブレーキのタイミング

- ・ 第1次警報：前走車との安全車間距離を割り込むタイミングで警報する。停止物に対しては緩ブレーキで止まれるタイミングで警報する。

- ・ 第2次警報：ドライバーが緊急回避しないと危険なタイミングで警報すると共に、路面摩擦係数の大小を推定する。
- ・ 自動ブレーキ：衝突が避けられない（路面摩擦係数の大小を考慮）と判断した場合は、自動的にフルブレーキを作動する。

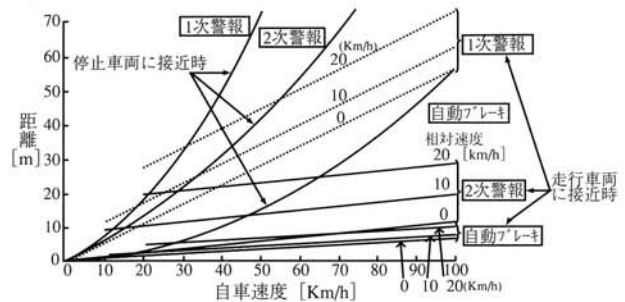


図-8 警報、自動ブレーキ作動距離

Fig. 8 Warning and auto-brake criterion

2) SOS車両停止システム

①概要

ドライバーが突発的な身体異常で運転が継続できなくなった場合に、スイッチ操作により車両を自動停止する。同時に、灯火により後続車に追突防止及び外部救助を伝達すると共に、関係機関へ自動通報する。(図-9)

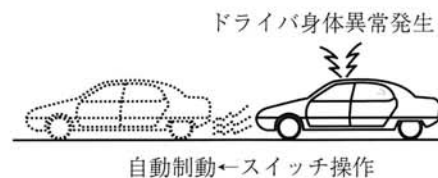
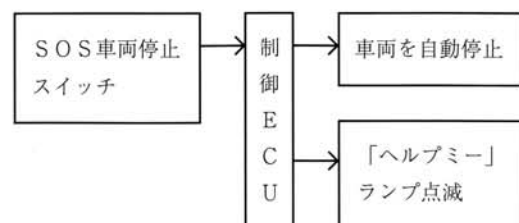


図-9 システム概念図

Fig. 9 Concept figure of system

②システム構成



3. 3. 3 衝突時の被害軽減

1) 全席プリローダーシートベルト

①概要

衝突検知センサにより衝突を検知すると、全席のシートベルトを瞬間的に引き込み、シートベルトのたるみを防止して乗員の保護性能を向上する。

②システム構成



2) サイドエアバッグ

①概要

衝突検知センサにより側面衝突を検知すると、ドア内に搭載されたエアバッグが展開して、乗員の保護性能を向上する。(図-10)

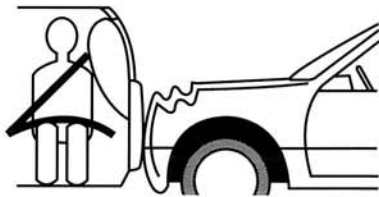


図-10 サイドエアバッグ概念図
Fig.10 Concept figure of side airbag

②システム構成



3) 衝突感知自動ブレーキシステム

①概要

衝突検知センサにより衝突を検知すると、自動ブレーキが作動し、衝突後の車の移動を抑制して、多重衝突を防止する。



図-11 システム概念図
Fig.11 Concept figure of system

②システム構成

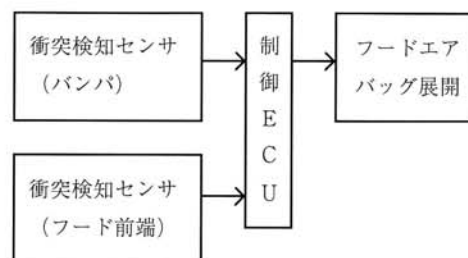


4) フードエアバッグ

①概要

歩行者衝突検知センサにより歩行者との衝突を検知すると、フードに搭載したエアバッグが展開し、歩行者の頭部傷害を低減する。

②システム構成



③検知方法

センサはバンパとフード前端部の2段構成であり、一定時間内に両方の信号が入ったら作動する。

④試験の様子

40km/hの速度で歩行者に衝突した場合のフードエアバッグと歩行者の関係を示す。(図-12)



図-12 フードエアバッグと歩行者の関係
Fig.12 Relation of food airbag and pedestrian

3. 3. 4 衝突後の災害拡大防止

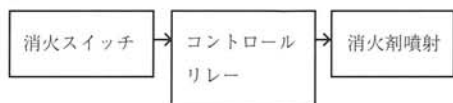
1) 火災消火システム

①概要

火災警報等によりエンジンルームの火災発生に気付いて火災消火スイッチを作動すると、エンジンルームの火災を自動消火する。さらに、初期消火不可の場合は、フードロックを自動解除し、外部からの消火を容易にする。

②システム構成

〔火災消火システム〕



〔消火活動支援システム〕



2) 事故通報システム

①概要

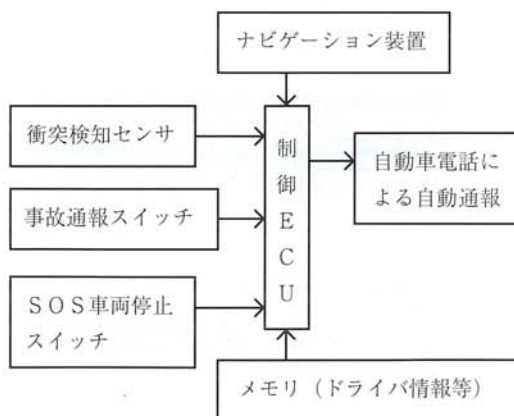
衝突検知センサの作動、事故通報スイッチ及びSOS車両停止スイッチの操作により、現在位置、ドライバ、車両等の情報を関係機関へ自動通報し、速やかな事故情報通報により救急医療の迅速化を図る。(図-13)



図-13 システム概念図

Fig.13 Concept figure of system

②システム構成



③通報内容の一例 (図-14)



図-14 通報例

Fig.14 Example of reporting

3) ドライブレコーダシステム

①概要

事故前後のパラメータ（車速、減速度、操舵角、制動等）の変化を記録保持する。走行中はエンドレスで記録し、古い記録は順次消去する。

ドライブレコーダの記録から、車両挙動の事故発生に至る経過をコンピュータグラフィックで再現し、事故原因を解析する。(図-15)

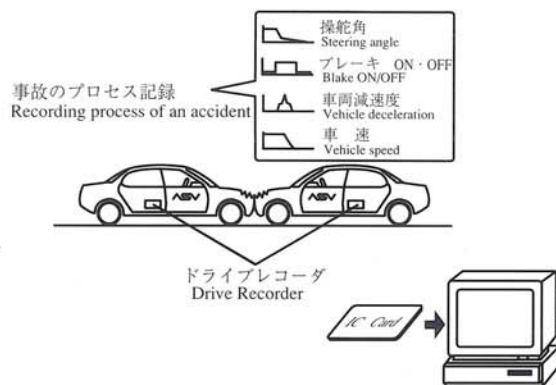
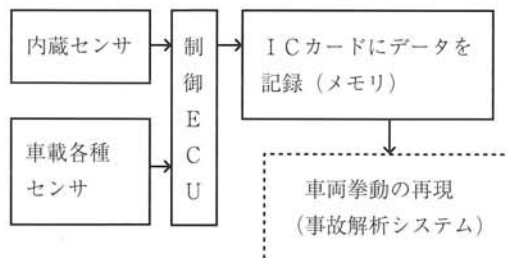


図-15 システム概念図

Fig.15 Concept figure of system

②システム構成



③車両挙動の再現

模擬テストとアニメーションの比較を示す。

(図-16)



図-16 車両挙動の再現例

Fig.16 Example of reproducing vehicle motion

筆者紹介

松本 利明 (マツモト リアキ)



1964年トヨタ自動車株式会社に入社。以来エンジンや安全関係等の各種研究開発企画等に従事。現在第4センタ開発企画部主査。

吉次 規宰 (ヨシツグ リツサキ)



1972年トヨタ自動車株式会社に入社。以来車両の安全開発設計、車両認証、車両安全の自工会業務等に従事。現在開発企画部主担当員。

堀 義人 (ホリ ヨシト)



1975年トヨタ自動車株式会社に入社。以来ボデー設計、材料企画、モータースポーツ車両の開発に従事。現在開発企画部主担当員。