

◆ 特集：走行支援道路システム ◆

走行支援道路システム (AHS) の概要

喜安和秀* 牧野浩志** 大内浩之***

1. はじめに

走行支援道路システム (AHS: Advanced cruise-assist Highway Systems) とは、道路と自動車が協調して、ドライバや車両側センサが検出できない危険事象の情報をリアルタイムにやりとりすることにより、ドライバへの情報提供、警報及び操作支援等を可能とし、安全かつ安心な走行を目指す新しいシステムである (図-1)。AHS は従来の交通事故対策である、予防のための「事前対策」や救援のための「事後対策」とは異なり、事故発生直前に事故を回避するための「直前対策」として位置付けることができ、事故そのものを減少させる対策として期待されている。

本稿では、これまでの AHS の研究開発の流れと研究開発内容の概要を述べるとともに、平成 14 年度までの研究成果及び実用化に向けた今後の研究課題について報告する。

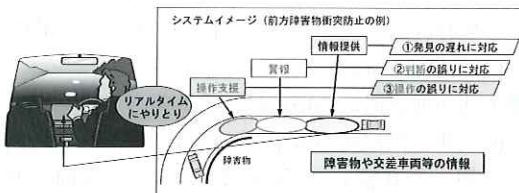


図-1 AHS による支援方法

故件数そのものは一旦減少したものの、70 年代に再び上昇に転じた後、年々増加の傾向にあり (図-2)、事故そのものを未然に防ぐ新たな交通安全対策を行うことが緊急の課題となっている。また、65 歳以上の高齢者が交通事故死者数に占める割合は高く、現状でも全体の 3 割以上に達する。今後高齢化が進み、20 年後には 65 歳以上のドライバが現在の約 3.5 倍 (約 1,800 万人) に達するという予想もあり、交通安全対策の必要性がますます高まっている。

一方、事故の原因別内訳を見ると、ドライバの事故直前の不適切な行動、つまりヒューマンエラーが全体の約 75% を占め、特に発見の遅れが全体の約 50% を占めている (図-3)。増加する交

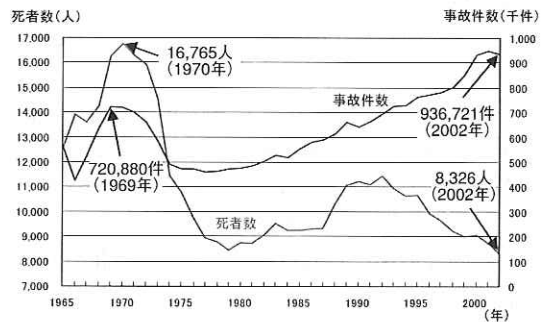
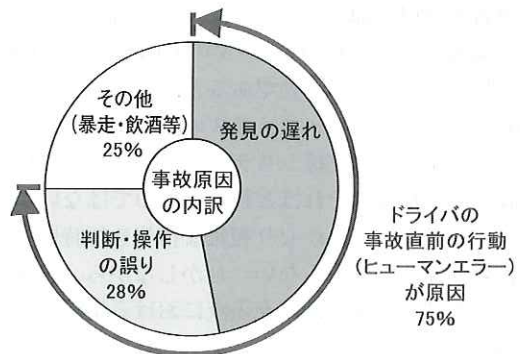


図-2 交通事故死者数・交通事故件数の推移

2. 研究の目的

2.1 増加する交通事故件数

60 年代に急増した交通事故を削減するため、ガードレールや標識などの交通安全施設の充実をはじめ、交差点改良や歩道の整備といった事故対策が全国で積極的に進められた。さらに近年ではエアバックの装備、シートベルトの義務化といった事故の事後対策も進んだことにより、交通事故による死者数は減少傾向にある。しかし、交通事



出典: 平成 12 年度交通事故統計データ

図-3 事故原因の内訳

Outline of Advanced Cruise-assist Highway Systems (AHS)

通事故を削減するとともに、来るべき高齢社会に対応するためには、事故原因の大半を占めるドライバのヒューマンエラーに着目した事故直前対策が必要である。

2.2 ITの活用による事故直前対策

事故の直前対策はこれまで技術的理由により実現困難であったが、近年日覚ましい進展を遂げているIT (Information Technology: 情報通信技術) を活用することで、道路と車両が連携し、個別の状況に応じたリアルタイムな直前情報を提供できるようになり、より効果の高い事故直前対策の実現可能性が高まってきた。また、道路と車両が連携した事故直前対策に関する研究開発は、欧米でも積極的に取り組まれているところである。

そこで、道路交通の安全性の向上を図るAHSの早期実用化を目指し、事故削減に有効なサービスの選定、リクワイアメントの策定、システム開発及びAHSを構成する各要素技術の開発等を行った。

3. 研究開発の流れ

AHSの研究開発の流れを図-4に示す。

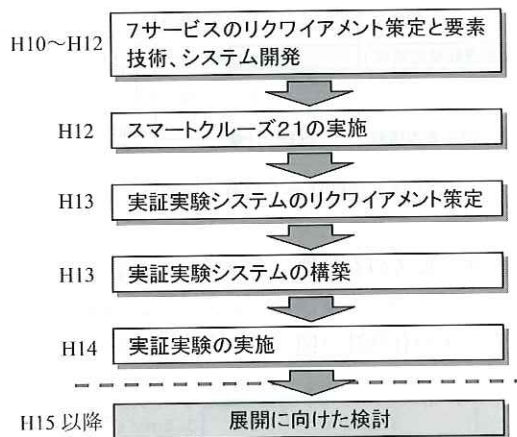


図-4 AHSの研究開発の流れ

[平成10年度～12年度]

AHSの研究開発にあたって、まず交通事故の原因を分析し、事故削減効果が高いと考えられる7つのサービスを選定した。さらに、各サービスについてリクワイアメント (システムに対する機能・性能要件) を策定し、AHSを構成する各要素

技術及びシステムの開発を行った。

平成12年度には、AHSとASV (Advanced Safety Vehicle: 先進安全自動車) が連携した路車協調による走行支援システムの共同実証実験「スマートクルーズ21」を茨城県つくば市の国土技術政策総合研究所 (旧建設省土木研究所) 試験走路で実施した。

[平成13年度]

前年度の実証実験の評価・検証結果を踏まえ、路車協調の必要性が高く、早期の実用化が可能な技術を見極めた上で、実証実験システムのリクワイアメントを策定した。具体的には、カーブの先や交差点においてドライバや車両側センサでは検知が困難な障害物等を道路側センサで検知すること、サービスの提供に際しては、ETC車載器との共用や技術動向を踏まえ、単一の路側無線機で無線ゾーンを形成する路車間通信 (スポット通信) を用いて情報提供を行うことを基本とした。また同年には、リクワイアメントを踏まえ、システムの安全性・信頼性目標を明確化した。

[平成14年度]

以下の3つの実験フィールドを効果的に活用し、実証実験を実施した。

(a) 実道における実証実験

全国7箇所の実道において道路管理者と連携し、実交通の複雑な条件下でサービスの有効性、受容性の検証、システムの機能・性能の検証等を実施した。

(b) 試験走路における実証実験

典型的な交通場面を想定し再現性を確保した実験、及び実道では不可能な高速域の実験を行い、サービスの有効性、受容性、システム設計値の検証、システムの機能・性能の検証等を実施した。

(c) ドライビング・シミュレータによる実証実験

試験走路や実道では危険性が高いため実施できない実験について、ドライビング・シミュレータを用いてサービスの有効性、受容性の検証等を実施した。

4. 研究成果

4.1 システム開発

4.1.1 単路系システムの開発

単路部における事故防止を目的としたシステム

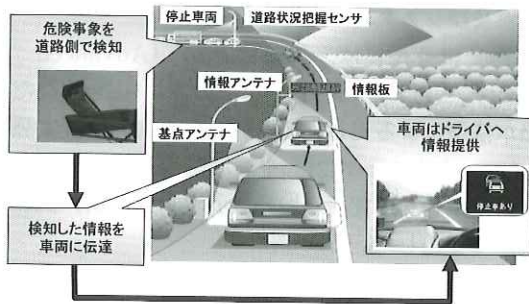


図-5 前方障害物衝突防止支援のイメージ

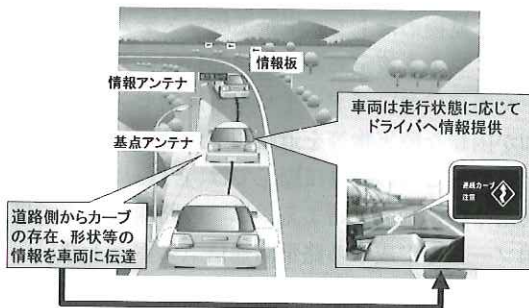


図-6 カーブ進入危険防止支援のイメージ

を構築した。具体的には、見通しが悪いカーブ等において、前方の停止車や低速車との衝突防止を支援する「前方障害物衝突防止支援サービス」(図-5)、カーブ進入時における速度超過などによる危険の防止を支援する「カーブ進入危険防止支援サービス」(図-6)を提供するシステムを開発した。

平成14年度には、実道における実証実験を実施し、安全性・信頼性を含めて技術的に成立することを短期的に検証した。

(1) 安全性・信頼性

センサの未検出や電波の遮断といったシステムの安全性を損ねる要因の発生確率、及びシステムの連続稼働時間から、安全度・稼働率ともに実証実験システムにおける目標値が達成されていることを確認した(表-1、表-2)。

(2) 危険側故障の発生に対する対策

安全性・信頼性を100%確保できない場合の対策を検討し、慎重運転奨励情報及び調整中情報の提供を提案した。ドライビングシミュレータを用いた実証実験により検証した結果、慎重運転奨励情報の提供が有効であることを確認した(図-7)。

表-1 安全度に関する実験結果(上社JCT)

	仮目標値	実験結果	安全度を損ねる要因
①道路状況把握センサ	96.0%	100.0%	センサの未検出
②路車間通信	99.1%以上	99.1%以上 (設置高8m)	電波の遮断
③路側処理	99.9%以上	99.9%	機械故障 (机上計算)
システム全体	95.0%以上	99.0%以上	-

表-2 稼働率に関する実験結果(上社JCT)

	仮目標値	実験結果	稼働率を損ねる要因
①道路状況把握センサ	96.1%以上	99.9%	保守休止等 (注)
②路車間通信	99.1%以上	99.1%以上 (設置高8m)	電波の遮断
③路側処理	99.8%以上	99.8%	機械故障 (机上計算)
システム全体	95.0%以上	98.8%以上	-

(注) 故障、保守休止時間率を設計値より推計
なお、実験期間中にサービスを断念した時間はなかったため、サービス稼働率とシステム稼働率は同値。

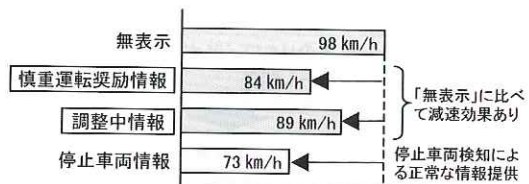


図-7 慎重運転奨励情報・調整中情報による減速効果

(3) サービスの有効性、ドライバーの受容性

運転挙動の測定及び被験者による評価をもとに、サービスの有効性(図-8)、ドライバーの受容性に

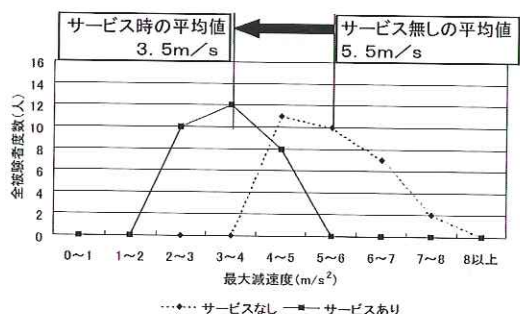


図-8 最大減速度の比較(前方障害物衝突防止支援)

について分析した。その結果、AHSは安全サービスとして有効であり、ドライバにとっても煩わしくないシステムであることを確認した。

4.1.2 交差点系システムの開発

交差点部における事故防止を目的としたシステムを構築した。具体的には、右折時における対向直進車両等との衝突防止を支援する「右折衝突防止支援サービス」(図-9)、無信号交差点への進入、発進時における衝突防止を支援する「出会い頭衝突防止支援サービス」、及び右左折時における横断歩行者との衝突を防止する「横断歩道歩行者衝突防止支援サービス」を提供するシステムを開発した。

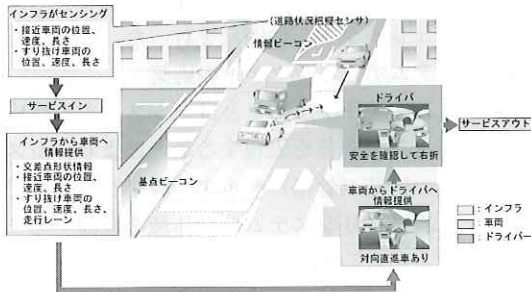


図-9 交差点系システム（右折衝突防止支援）

交差点系システムについては、試験走路においてサービスを具現化したシステムを構築し、典型的な事故パターンを対象としてシステムの機能に関する実証実験を実施した。実証実験の結果、交差点系システム（右折衝突防止支援）については以下の問題点が明らかになった。

(1) センサによる危険事象の検出限界

道路センサでは検出可能な車両走行パターン、及び検出が困難なパターン（大型車の直後を走行する二輪車等）があることが明らかとなった。一方向につき3基の道路センサを設置しても、事故につながる可能性の高い様々な車両の走行パターンを全て検出することは困難である。

(2) 車室内多重反射による通信断の発生

交差点における路車間通信に関して、車両停止中に車室内多重反射が原因と考えられる通信断が発生することが明らかになった。

(3) HMIの限界

交差点における多種多様な交通状況を短時間のうちに正確にドライバに情報提供するための

HMI (Human Machine Interface) の構築は、今後の大きな課題である。

4.2 要素技術開発

AHSに求められる機能・性能を満足する要素技術を開発した。具体的には、道路状況を把握するセンサ、路面の状況（乾燥、湿潤、水膜、積雪、凍結の5状態）を把握するセンサの開発を行った。さらに、道路側で検知した情報を車両に伝える路車間通信システム等を開発した。

4.2.1 道路状況把握センサ

(1) センサの開発

可視カメラ (CCTV) で撮影した画像の画像処理により障害物等を検知する可視画像式センサ (図-10)、及び赤外画像の比較処理 (温度差) により障害物等を検知する赤外画像式センサの開発を行った。

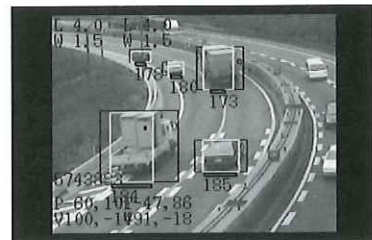


図-10 可視カメラ画像の比較処理

(2) センサを活用した事象検知・画像収集技術

個々の車両を追跡する画像処理技術により、道路上の突発的な事象を検知し、画像を収集・保管する技術を開発した。この技術により、道路管理の高度化及び効率化が期待できる。

4.2.2 路面状況把握センサ

(1) センサの開発

可視カメラ (CCTV) を活用し、路面の状態（乾燥、湿潤、水膜、積雪、凍結の5状態）を面的に把握することが可能なセンサを開発した (図-11)。

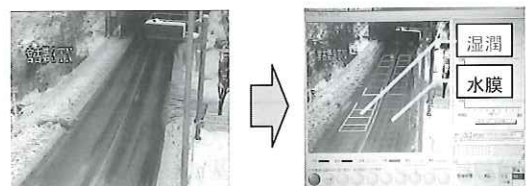


図-11 画像処理による路面状況把握イメージ

(2) センサを活用した道路管理の高度化技術

国道 45 号宮古地区において、複数箇所の路面状況の統合管理に関する実証実験を実施した。その結果、5 台のカメラを用いても 1 台接続時と同等の性能を確保できることが確認できた。道路管理への活用が期待される (図-12)。

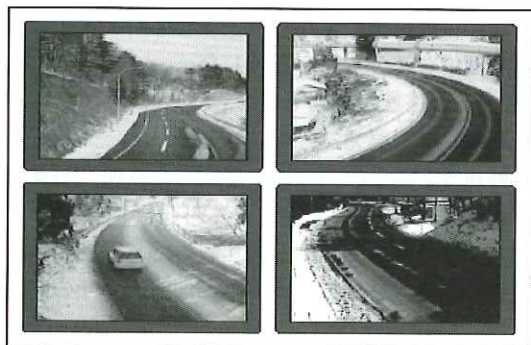


図-12 道路管理への活用イメージ

また、カメラの旋回・ズーム機能についても、十分な性能を持つことが確認され、道路構造物の監視カメラとしての活用が可能である。

4.2.3 路車間通信

前方障害物衝突防止支援システム及びカーブ進入危険防止支援システムに必要な機能・性能を有する路車間通信システムを開発した。開発した路車間通信システムの概要は以下の通りである (図-13)。

(1) 基点ビーコンの設置

各サービスを提供する上で必要となる位置の原点を与えるために、基点ビーコンを設置する。車両は基点ビーコンを通過した段階で、自車両の相対位置を認識する。

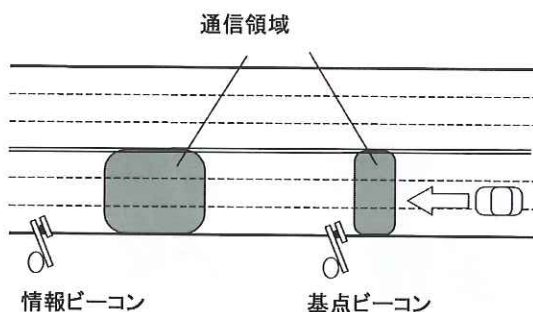


図-13 路車間通信システムの機器構成 (イメージ)

(2) 情報ビーコンの設置

各サービスに関わる情報を提供するため、情報ビーコンを設置する。

(3) ドライバへの情報提供

情報ビーコンから得られた情報と基点ビーコンから得た位置情報を基に、車両はサービスの提供タイミングや内容を判断し、ドライバに情報を提供する。

4.3 ITS プラットフォーム技術の開発

ITS の研究開発や実用化を支える共通的な基盤 (プラットフォーム) を構築した。具体的には、システムの全体像を示すシステムアーキテクチャの構築、各種基準類の整備、ITS 関連の諸施策や道路整備による道路利用の効率化の評価を行う交通流シミュレーションの開発を行った。

(1) システムアーキテクチャの構築

システムアーキテクチャとは、システムを構成する要素とその関係を表現することにより、システム全体の構造 (骨格) を示す「概略設計図」であり、これによりシステムの全体像を概観することが可能となる。AHS のシステムアーキテクチャは、日本の ITS 全体のシステムアーキテクチャに反映されている。

(2) 道路通信標準の構築

システムアーキテクチャを踏まえて、道路通信標準の構築を行った。道路通信標準は、道路に関する情報を迅速かつ正確に伝えるための約束事を取り決めたものであり、システム間の相互接続性、相互運用性を確保するため、データディクショナリ、メッセージセット、プロトコルを規定した上で、関係者からの意見を踏まえた改良、実証実験を行った。

(3) 交通流シミュレーション「SIPA」の開発

AHS を含めた各種施策や道路整備が道路交通に与える影響を評価するための交通流シミュレーションモデル「SIPA」(Smart Infrastructure Performance Analyzer) を開発した (図-14)。

4.4 その他

4.4.1 国内外のコミュニケーション活動

建設省と運輸省 (現国土交通省) は、日本が提案した「路車協調型走行支援システム」を広く国内外にアピールするため、AHS と ASV が連携した共同実証実験「スマートクルーズ 21 - Demo2000」

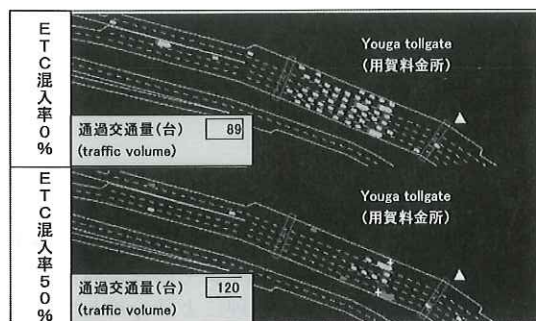


図-14 SIPA による ETC 導入効果の検証 (例)

(図-15) を、2000 年 11 月 28 日～12 月 1 日の 4 日間、茨城県つくば市にて開催した。開催期間中、延べ約 2,400 名 (うち海外からは 18 カ国約 200 名) の関係者が参加し、体験乗車等を通じ AHS に対する理解を深めたほか、意見交換等も活発に行いその後の研究活動に反映させた。

また、毎年約 15 カ国が参加する ITFVHA (AHS ワークショップ) や ITS 世界会議への参加を通じて、各国の AHS 関係者に対し日本から情報発信をしている。さらに、先行的な研究を行っている国と二国間での情報交換を定期的に行い、



図-15 スマートクルーズ 21 - Demo2000 の様子

各国のキーパーソンとコミュニケーションを図ることで、最新の情報を交換する人的ネットワークを構築している。代表的な二国間会議として、日米、日仏、日韓、日中間の会議が継続的に開催されている。

4.4.2 特許の取得

AHS の研究開発に関する特許出願は 264 件に上り、うち 51 件は既に特許として登録済みである。外国出願は 13 件に上り、うち 6 件は既に特許として登録済みである。(2003 年 3 月現在)

5. まとめ

AHS の研究開発では、平成 14 年度に実道環境下での実証実験を行い、単路系システムについて短期的な検証ではあるが、技術的に成立することが確認された。また、これまでの研究開発により、走行支援のみならず、様々な ITS アプリケーションの実現に不可欠なプラットフォームとなる数多くの技術的成果が得られた。

今後は、AHS の導入に向けて費用対効果や社会的受容性、普及促進などの観点から検討を行うとともに、本研究開発で得られた成果、課題を踏まえつつ、高齢者の視点も重視した路車協調による走行支援システムの研究開発に取り組んでいく予定である。

喜安和秀*



国土交通省国土技術政策
総合研究所高度情報化研
究センター高度道路交通
システム研究室長
Kazuhide KIYASU

牧野浩志**



国土交通省国土技術政策
総合研究所高度情報化研
究センター高度道路交通
システム研究室主任研究官
Hiroshi MAKINO

大内浩之***



国土交通省国土技術政策
総合研究所高度情報化研
究センター高度道路交通
システム研究室研究官
Hiroyuki OUCHI