

ITSを支える日立製作所の自動料金収受システムと走行支援道路システム

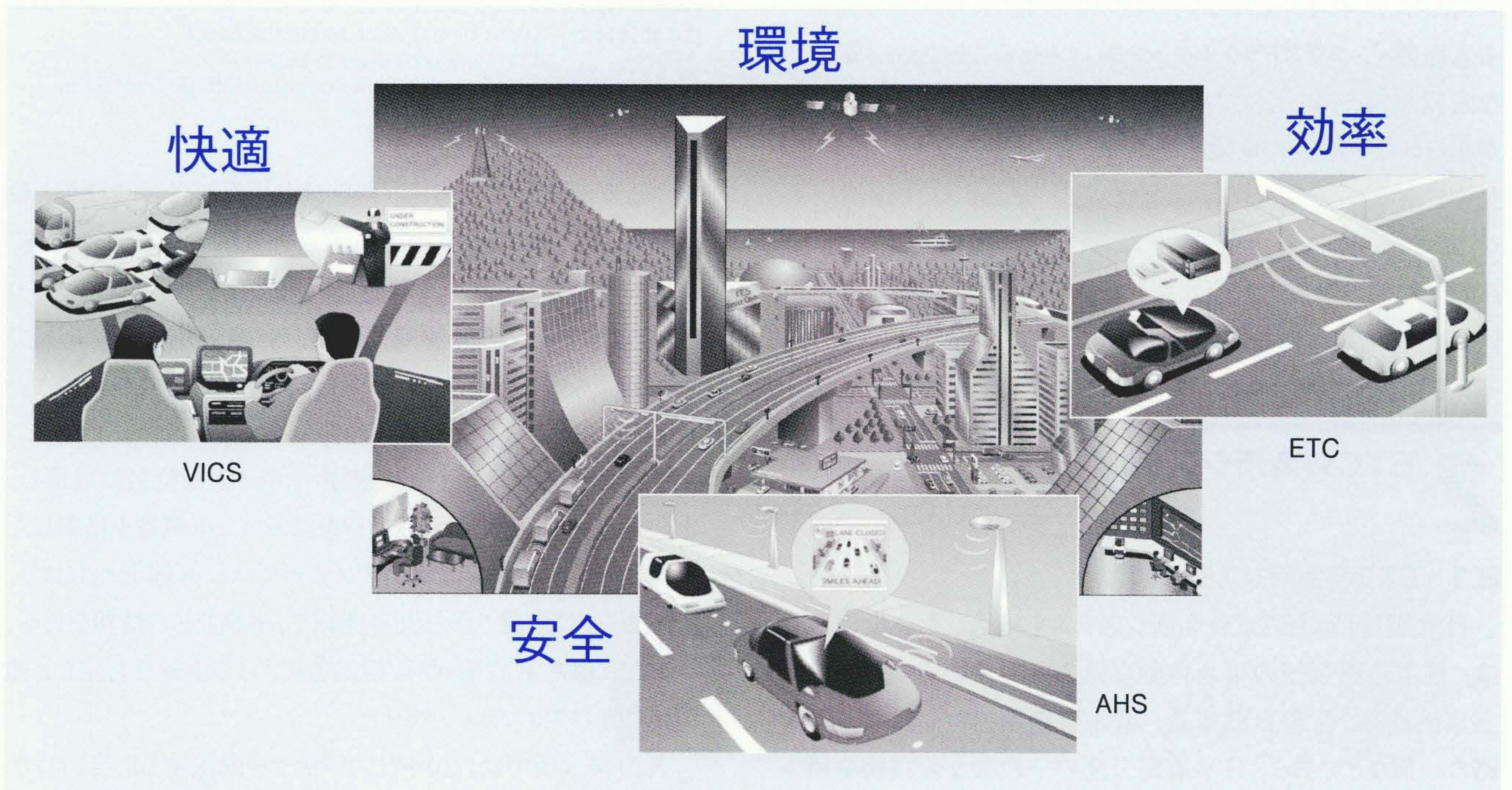
Development of ETC and AHS Infrastructures for More Familiar ITS

可児 明生 Akio Kani

堀井 志朗 Shirô Horii

飯野 隆之 Takayuki Iino

中島 憲宏 Norihiro Nakajima



注：略語説明 VICS (Vehicle Information and Communication System)、ETC (Electronic Toll Collection；自動料金収受)
AHS (Advanced Cruise-Assist Highway Systems)

ITS (Intelligent Transport Systems) を適用した道路インフラストラクチャー

ITS技術を適用した道路インフラストラクチャーにより、環境へ配慮し、快適性、効率性、安全性を追求した高度道路空間を構築していく。

移動や物流の手段を提供する道路空間は、経済活動にとって重要なポジションを占めている。道路交通を安全かつ円滑に保つために、これまでさまざまな道路インフラストラクチャーが構築されてきた。近年では、IT (Information Technology) などの技術進展によってITSが開発され、さらに進化している。

ITSは、道路交通社会の利便性、経済性、安全性

の向上を目指して、さまざまな道路利用サービスを提供するものである。これまでに、道路交通情報の提供や、自動料金の収受、危険警告といったシステムが実用化されており、徐々に身近な存在になりつつある。

日立製作所は、長年培ってきた通信技術、セキュリティ技術、制御技術、画像応用技術などを基に、ITSの進展に向けた取り組みを行っている。

1 はじめに

次世代の道路システムとして注目を集めているITS (Intelligent Transport Systems: 高度道路交通システム) は、いっそうよい道路交通環境を目指す総合的なサービスで

ある。ITSの開発分野のうち、すでにVICS (Vehicle Information and Communication System: 道路交通情報通信システム) とETC (Electronic Toll Collection: 自動料金収受) が先行して導入されている。

VICSは、渋滞や所要時間などの道路交通情報を提供し、円滑な道路交通を実現するもので、1996年4月からサービス

の提供が開始されている。

料金所での料金収受待ち時の渋滞を解消するETCは、2001年11月から全国の主要な高速道路でサービスが開始されており、ユーザー数も増加している。

一方、運転者に情報・警告を提供することで、安全な走行を支援するAHS(Advanced Cruise-Assist Highway Systems:走行支援道路システム)の開発も進められている。1996年に「研究組合走行支援道路システム開発機構」が設立され、日立製作所はその一員として、AHSの技術開発と実証実験を行っている。

AHSは、将来的には車両の自律的な走行と、それを支える道路側インフラストラクチャーを融合させることにより、安全な走行環境を得るものである。先行する事例として、見通しが得られない地点の危険を通知する危険警告システムが稼動中である。

ここでは、ETC料金所システム、AHSの納入事例や、これらのシステムを支える電波伝搬シミュレータ、ITSシミュレータ、像センサなどについて述べる。

2 ETC料金所システム

2.1 ETC料金所システム

日立製作所がETC料金所システムを納入した主な路線は、日本道路公団の東名自動車道、横浜横須賀道路、第三京浜道路、常磐自動車道、東北自動車道、首都高速道路の一部などである。日本道路公団の一般的な入口料金所ETC用車線の路側機器構成を図1に示す。

ETC用車線に設置される主な機器は、(1) ETC車載器との無線通信を行う路側無線装置(以下、アンテナと略す。)、(2) 路側機器を制御する車線サーバ、(3) 車両の通過を検

表1 ETC無線通信の仕様
日本道路公団の入口料金所のETC用車線における、路側機の無線通信の仕様を示す。

項 目	仕 様
使用周波数帯域	5.8 GHz帯, 2対波
送受信周波数間隔	40 MHz
送信電力	10 mW以下(料金所)
無線アクセス方式	TDMA・FDD
通信領域	地上高1 mで進行方向4 m, 車線幅方向3 mの範囲
対応車両速度	停止状態~80 km/h
伝送速度	1,024 Mビット/s
変調方式	ASK
B E R	10 ⁻⁵ 以下

注：略語説明 TDMA(Time Division Multiple Access)
FDD(Frequency Division Duplex)
ASK(Amplitude Shift Keying), BER(Bit Error Rate)

知する車両検知器、(4) 車種を判定する車高計測設備と軸数検知器、(5) 車両への通行可否を表示する路側表示器、(6) 車両の通行を制御する発進制御機などである。

ETCで使用する無線通信領域は、到着車両順に応じて無線通信を行う必要から、車両1台分(幅3 m, 長さ4 m)という狭い領域となっている(表1参照)。

車両検知器を通信領域の開始位置と終了位置に設置し、車両通過中に車載器への通信を試みて、車載器を搭載した車両かどうかを判定する。アンテナでは、無線通信により、ETCカードに登録された決済情報や、車種などの情報を得る。一方で、車高計設備・軸数検知器によって車種を判定し、通信情報とのクロスチェックを行う。

入口料金所では、2か所にアンテナを配置する。第1アンテナでは、車両からの情報を無線通信で読み出し、第2アンテナでは、確定した車種や入口情報をETCカードに書き込む。第1アンテナでやり取りした情報の結果を路側表示器に表示し、発進制御機の開閉を制御する。例えば、第1アンテナで

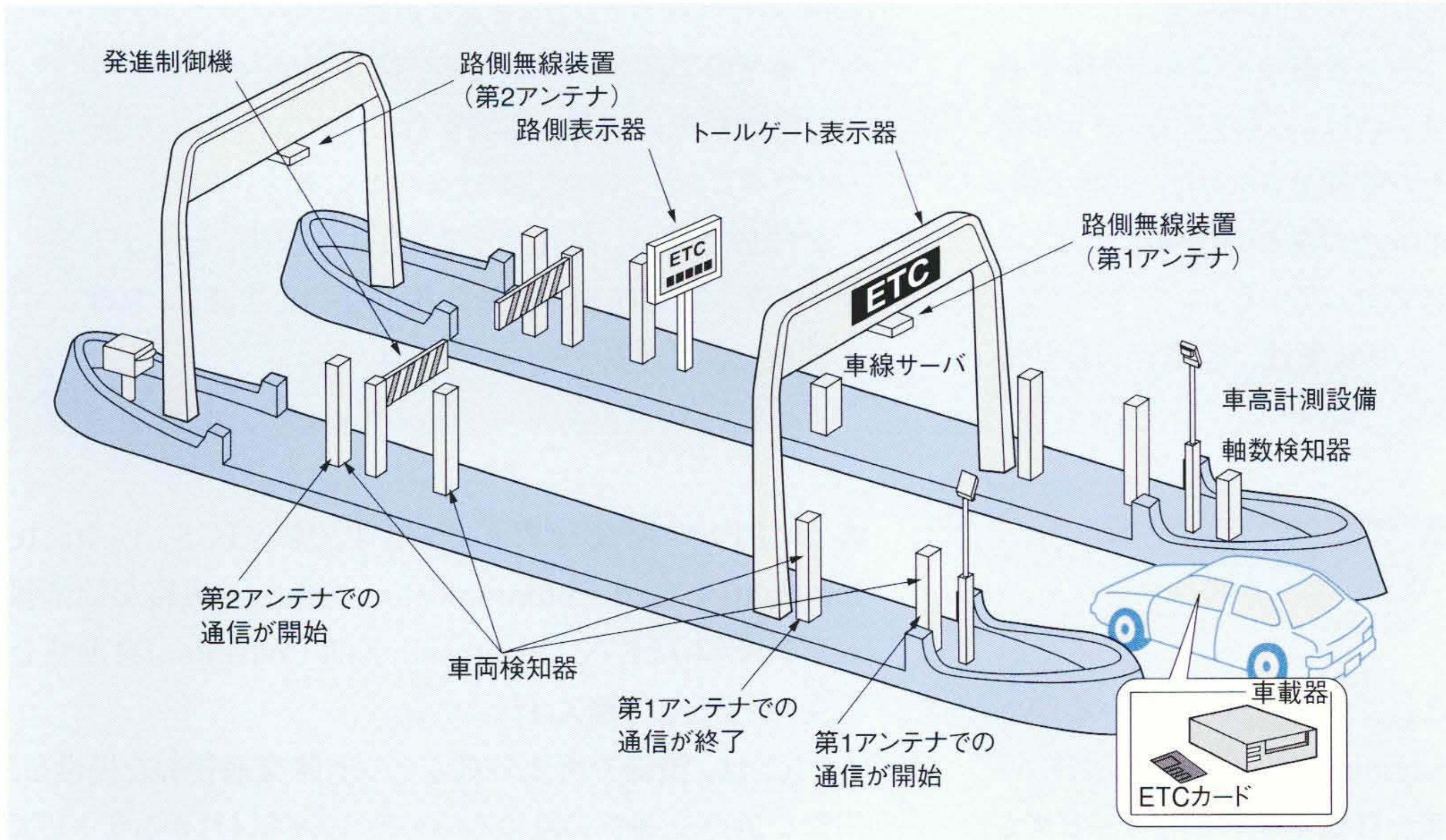


図1 入口料金所におけるETCの機器構成
入口料金所には2か所にアンテナが設置しており、発進制御機の開閉を制御している。



図2 ETC車載器(ARIB STD-T75に準拠)

幅70×奥行き99×高さ29(mm)、重さ150 gで、8けたドットマトリクスによる見やすい表示部と、アダプタ無しでの12/24 V対応が特徴である。アンテナはダッシュボード上に設置する。

の無線通信が正常に行われれば、路側表示器に「正常ETC通行可」の表示がされ、発進制御機が「開」となる。

出口料金所は、1アンテナ構成とする。ETCカードに記録された入口情報と車種情報を無線通信で読み出し、車線サーバで課金計算を行う。路側表示器に利用金額が表示され、発進制御機が「開」となる。

以上のような処理により、ETCレーンを通過する車両は発進制御機の手前でいったん停止する必要がなくなるため、料金所での渋滞が緩和され、一時停車によるエンジン騒音やCO₂発生を低減することができる。

2.2 ETC料金所システムにおける車両側端末のETC車載器

千葉地区で2001年3月から始まったETC先行運用に合わせて、日立製作所が製品化したETC車載器の主な特徴は、(1) 設置場所を任意に選べるアンテナ分離型にしたこと、(2) 自動車という設置環境を考慮し、ICカードを全挿入スタイルにして熱や盗難などから保護したこと、(3) 操作性を重視してHMI(Human-Machine Interface)をシンプルにしたことの3点である。

2002年4月からは、将来的なDSRC(Dedicated Short Range Communication: 狭域通信)アプリケーションの展開と、民間利用を視野に入れた電波法の改正、およびそれに伴う標準規格(ARIB STD-T75)が施行された。

日立製作所は、新規格に準拠した新型車載器を順次出荷している(図2参照)。新型車載器も、これまでと同様に、アンテナ分離、ICカード全挿入、シンプルHMIという特徴を持った、使いやすいものとしている。

3 危険警告システム

危険警告システムは、急カーブや障害物などで見通しが悪

い地点において、前方の道路状況に則して運転者に注意を喚起し、事故などの危険回避を目的とするものである。危険警告システムの概要を図3に示す。

このシステムでは、運転者に、停止・低速車警告サービスや対向車警告サービスを提供する。

停止・低速車警告サービスは、カーブ区間に入る前に、注意喚起表示によって車を減速させるものである。このサービスにより、運転者に停止車や低速車の存在を意識させ、停止車への追突や、停止車を回避することによる車線逸脱などといった危険性を防ぐ。

対向車警告サービスのねらいは、注意喚起表示によってカーブ区間内で減速する、あるいは対向車線にはみ出さないように走行するといった、対向車の存在を相互に意識した安全運転を促すことである。このサービスにより、正面衝突や接触などの危険性を防ぐことができる。

(1) 車両の検出

停止・低速車警告サービスなどを行うためには、見通し不良区間内や前方の車両を検知する必要があるため、車線×数十メートル程度の面的なセンシング手法を採用する必要がある。

このシステムでは、道路状況の面的なセンシング手法に画像認識技術を適用している。画像認識技術は、カメラで撮影した画像から車両の位置や速度を認識する手法であるが、屋外環境で用いる場合には、昼夜で画像の明るさが変化することに対応する必要がある。

日立製作所は、交通流計測システムや異常事象検知システムなど、長年培ってきた画像認識技術を応用して、屋外環境での車両検出に対応している。

(2) 判定処理

カメラや処理装置などの機器が異常稼働している際には、運転者へのメッセージの提供を停止する状態判定処理を行っている。また、対向車が断続的に通過する場合に、運転者

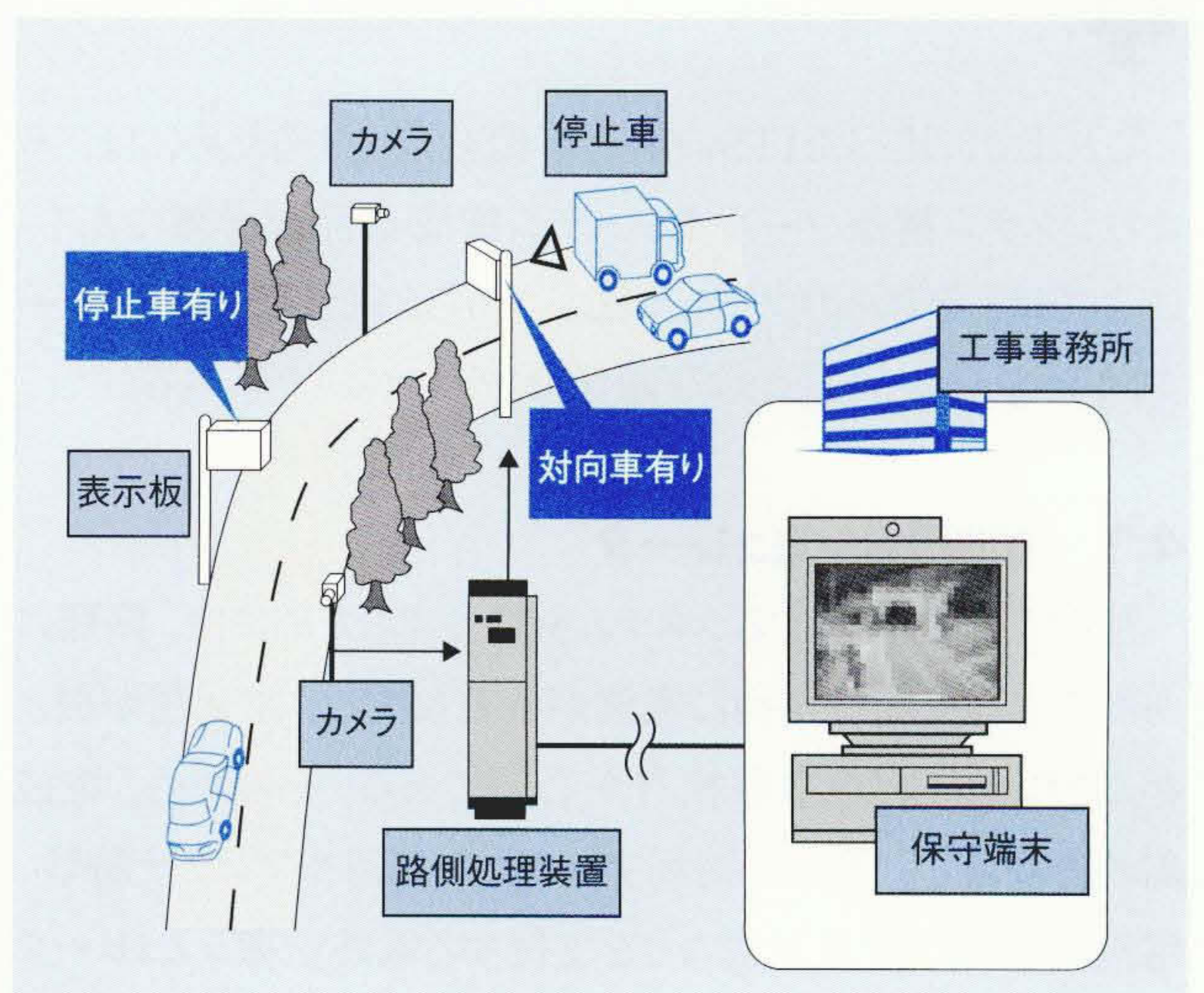


図3 危険警告システムの一般的な構成

見通しが悪い前方の潜在的な危険性を警告する。



図4 可変式表示板による情報表示

カーブ前方に存在する事象を表示板の文字によって警告し、運転者への注意を促す。

に対する対向車警告メッセージが明滅することを防ぐために、時間要素を付加したメッセージの提供処理を行っている。

(3) 運転者への警告

運転者への警告方法としては、可変式表示板を用いて、文字による注意メッセージを提供している。注意を促すため、文字のサイズを大きくし、目立つ色としている(図4参照)。

(4) 道路管理業務への応用

カーブ付近を撮影した画像を工事事務所などへ伝送することで、道路管理者による監視業務へ応用することができる。

工事事務所などに設置した保守端末上で、機器の動作状況や、表示板による運転者への警告メッセージなど、システム稼動履歴の確認をすることができる。

(5) 今後の展開

現在のシステムでは、警告方法として表示板を用いる方法が一般的であるが、道路上のアンテナから車載器へ直接メッセージを提供することで、いっそう状況に即した警告を行うシステムが検討されている。

4 基礎技術³⁾

これまでに述べたITSの納入事例を実現するためには、多くのシステム構築ツールやシステム構成部品が必要である。ここでは、それらのツールや部品のうち、電波伝搬シミュレータ、ITSシミュレータ、および画像センサについて述べる。

4.1 電波伝搬シミュレータ

無線通信を利用するシステムを設計するためには、路側にある構造物や走行車両に電波が多重反射し、誤通信が引き起こされないような事前検討が必須である。そのため、電波環境を評価し、適切な路側アンテナの配置やアンテナ特性、電波吸収体の設置検討などを支援する電波伝搬シミュレータを開発した。このシミュレータをETC料金所システムに適用した事例について以下に述べる。

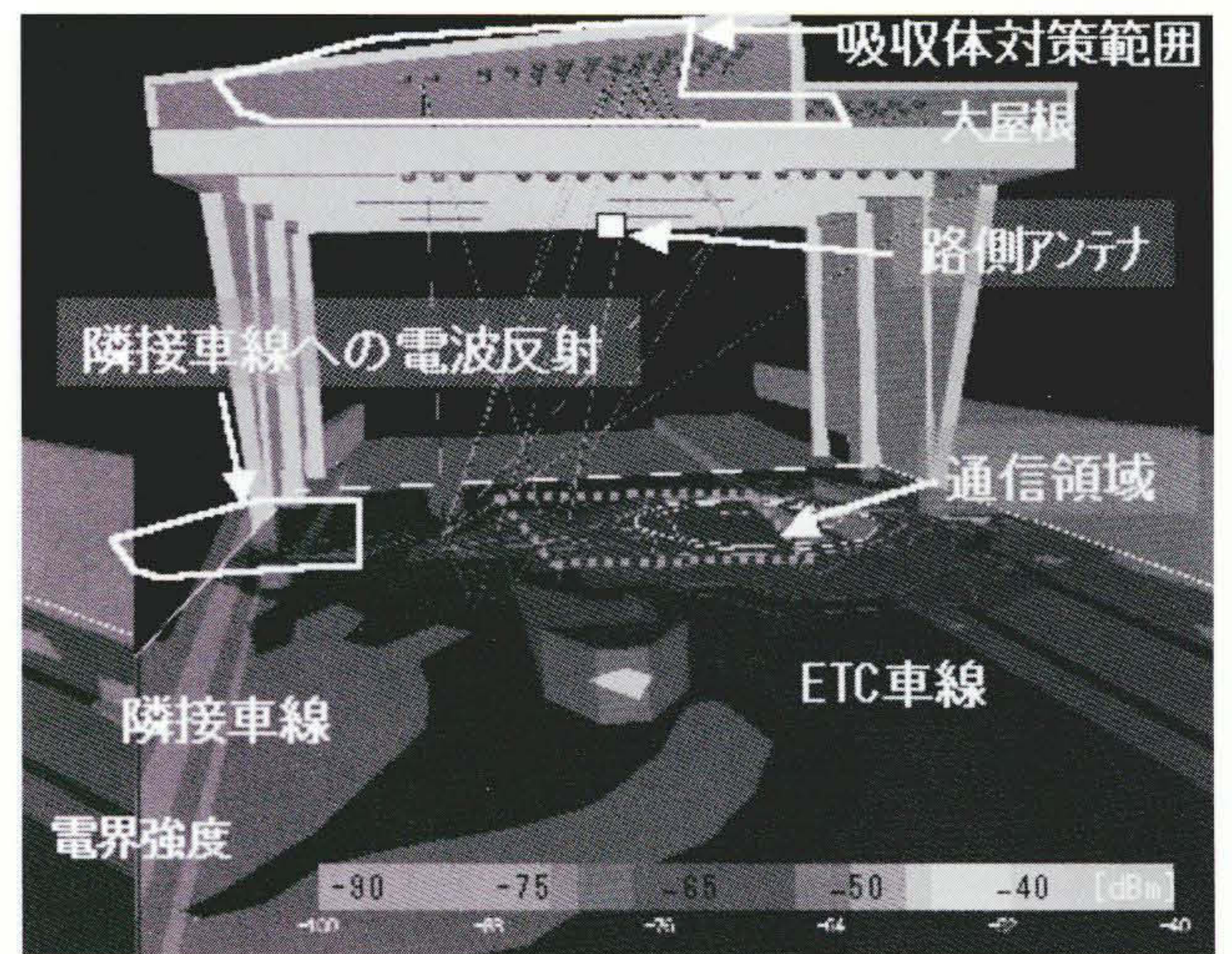


図5 電波伝搬シミュレーションの適用事例

料金所での電波状態検討で、電波吸収体設置の最適範囲を電波伝搬シミュレーションによって算出した。

実際の料金所で電波伝搬計算を実施した結果を図5に示す。この場合、路側アンテナが料金所の屋根下に配置されているので、反射による隣接車線への電波漏えいが発生することがわかった。この反射波を抑えるために電波吸収体を設置する方策を採用し、屋根の吸収体対策範囲を事前検討した。この対策範囲は、通信領域外へ漏えいする電波の反射点の集合として得られた。

また、高架上に建設されている料金所などの場合では、高架下の一般道への漏えいの懸念がある。そのため、シミュレーション範囲を拡大してみると、高架下の一般道に電波漏えいが発生する恐れがあることが判明した。このように、実システム設計で誤通信を防止するためにも、電波伝播シミュレータによる事前検討は重要な意味を持つ。

4.2 ITSシミュレータ

ITSの導入時には、その効果の事前の予測と信頼性の確保が必要であり、シミュレータはその検討に有効なツールである。日立製作所が開発しているITSシミュレータは、個々の車の走行挙動を模擬する交通流シミュレータとドライビングシミュレータ、およびカメラビューシミュレータで構成しており、これらが互いにリアルタイムに接続して動作することの特徴としている(図6参照)。

ここでは、このITSシミュレータの中の交通流シミュレータ部を、国土交通省四国地方整備局中村工事事務所納めの対向車検知システムの設計・製造・検査時に応用した事例について述べる。

まず、現地調査結果に基づいて機器配置案を作成し、交通流シミュレータ内で見通し不良部を含む模擬道路構造と、4台の模擬可視センサ、および2台の模擬表示板を配置した。次に、シミュレータと現地に据え付ける制御装置の実機を接続し、シミュレータで閑散時から渋滞時までのさまざまな交通

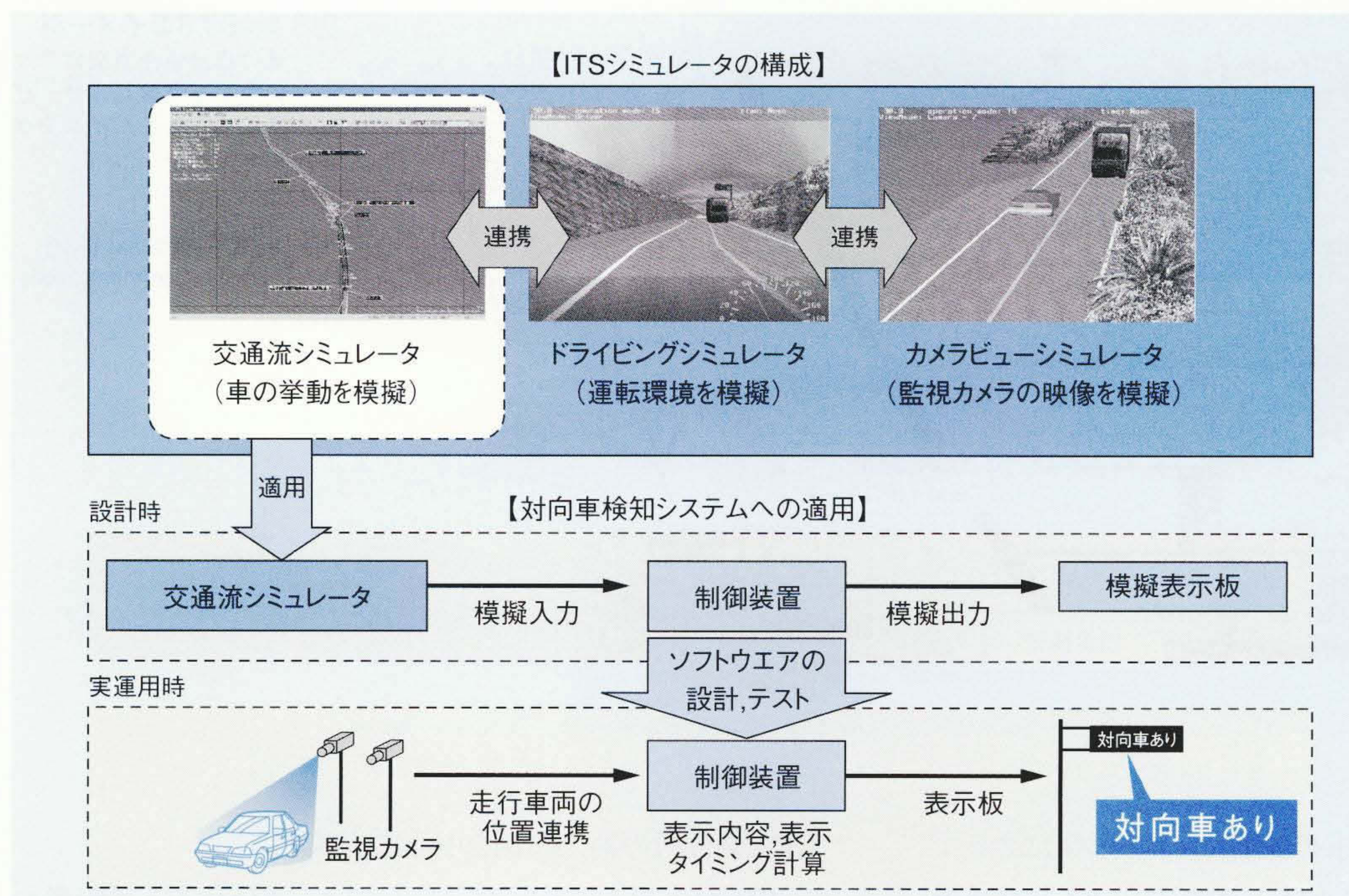


図6 ITSシミュレータの構成と適用事例

国土交通省四国地方整備局中村工事事務所納めのシステムの設計・テストにITSシミュレータを適用することにより、工期の短縮を図り、信頼性を向上した。

状況を模擬発生させ、その交通を模擬可視カメラセンサで検知し、検知情報を制御装置に入力した。制御装置では、検知した情報から判定ロジックに基づいてシミュレータの模擬表示板に表示する情報を出力することで、実装した機能を検証した。

このようにシミュレータを活用することにより、現地ではテストが困難な交通状況を再現したテスト・設計変更ができるようになり、信頼性の高いシステムを短期間で構築することができた。

4.3 画像センサ

道路での交通状況を監視する目的で、これまでに各種センサシステムが開発され、導入されてきている。その代表的なものの一つに画像センサがある。ここでは、路側に設置した可視カメラを用いたセンサについて述べる。

路側カメラで道路を監視する画像認識システムには、交通流計測、渋滞監視、トンネル内での異常事象検知などがある。このようなシステムは移動物体(車)が認識対象であるため、高速なハードウェアが必要であることから、日立製作所は、画

像処理LSIを十数年にわたって開発している。2001年に、日立製作所従来品に比べて3～10倍に高速化した1チップ画像処理LSI(SuperVchip)を開発し⁴⁾、リアルタイムなオプティカルフローを算出することが可能となった。これにより、車両検出精度を格段に向上することができた。

危険警告システムに画像センサを適用した事例を図7に示す。これは、カメラでカーブ区間を監視し、対向車、低速・停止車両を瞬時に見つけて、状況を表示するシステムである。屋外のシステムであることから、明るさの変化、気象の変化などに対応するさまざまな処理を盛り込んでいる。このようなシステムは国土交通省を中心に取り組んでいる走行支援システムへ拡張することができるため、今後、認識精度の向上、装置の小型化、低価格化を図っていく考えである。

5 日立製作所の今後の取り組み

(1) ETC応用システム

ETCの応用として、時間や場所、交通量を考慮したフレキ

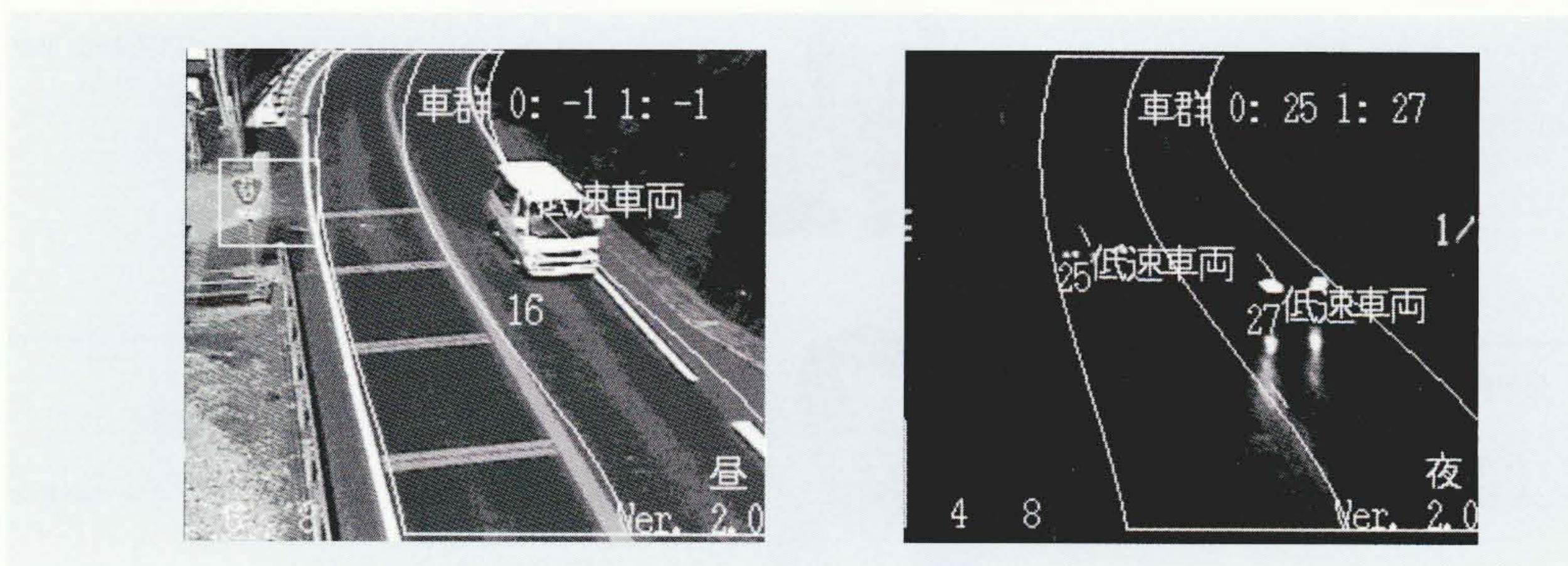


図7 画像処理の一例(昼(左), 夜(右))

24時間監視することができる画像センサを示す。

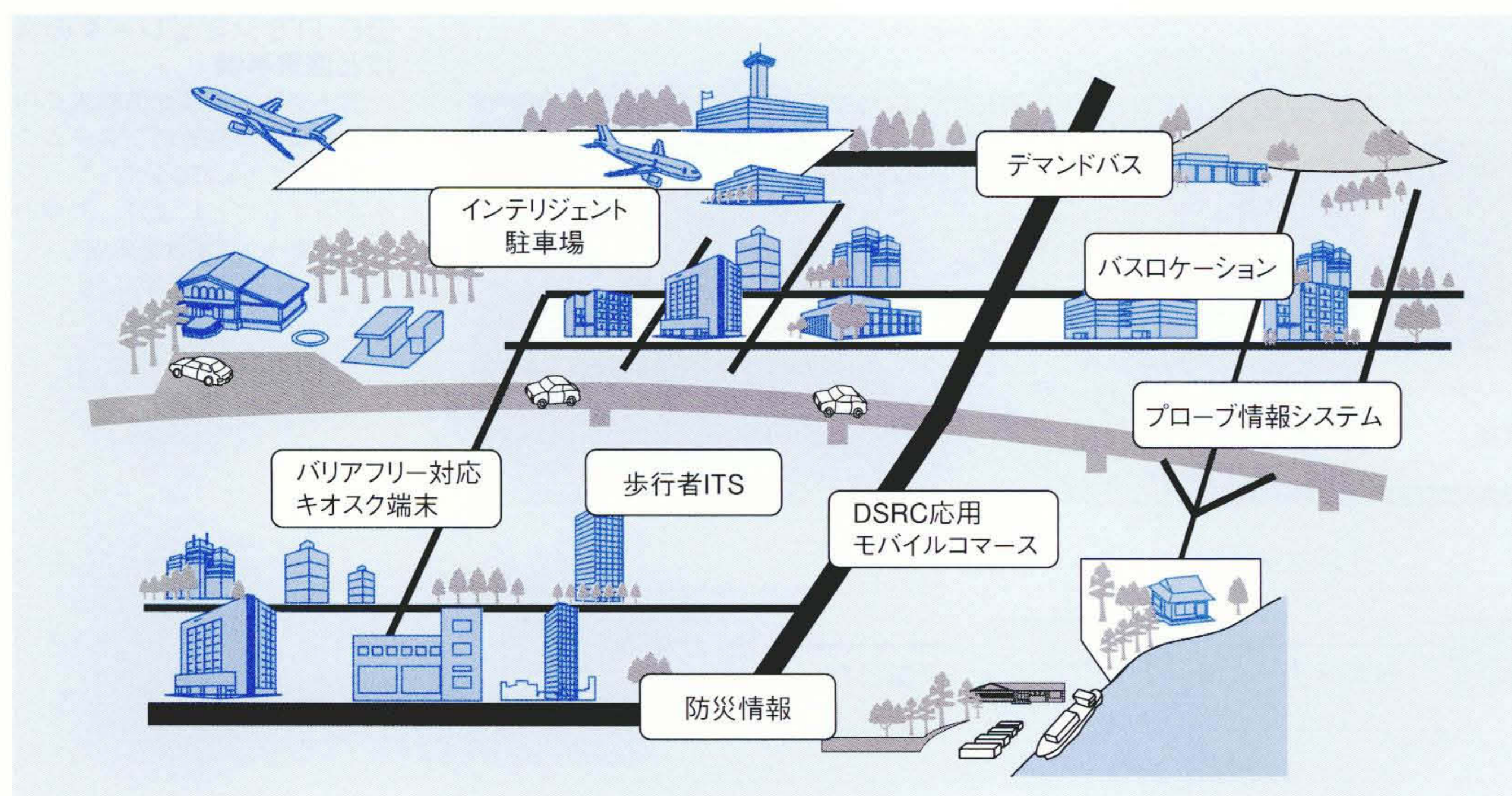


図8 地域ITSのイメージ

地域の経済特色や交通アクセス網などを考慮し、サービスの選択やシステムインテグレーションを行っていく。

注：略語説明

DSRC (Dedicated Short Range Communication)

シブルな料金体系の確立が求められ、このニーズにこたえていく考えである。また、駐車場やロードプライシングなど高速道路以外へのETCの適用も検討している。

(2) AHS

無線を介して走行する車両へ直接情報を伝送することで、車両個々の走行状況を反映した運転支援の実現を目指している。

(3) 地域ITS

ITSインフラストラクチャーは、VICSやETCのように全国的にサービスを実現するものや、地域固有のニーズに即したローカルサービスを実現するものなど、フレキシブルな形態で整備が進んでいくと考えられ、これに対応したサービスの提供やシステムインテグレーションを行っていく。地域ITSのイメージを図8に示す。

6 おわりに

ここでは、道路管理者のための道路交通システムについて、

日立製作所の納入事例を中心に述べた。

ITSが実現する道路交通社会では、細分化する運転者の好みや、高齢化に対応するための、きめ細かな情報提供サービスや運転支援サービスが求められていくものと考えられる。

日立製作所は、今後もいっそう快適で安全な道路交通環境を追求するために、さらなる技術開発を進めていく考えである。

参考文献

- 1) 熊山, 外: ノンストップ自動料金収受システム, 日立評論, **83**, 6, 429~432 (2001.6)
- 2) 次世代ITSの中核となるノンストップ自動料金収受システム“ETC”が運行を開始, 日立評論, **84**, 1, 58 (2002.1)
- 3) 中島, 外: 快適な運転環境を支援するITS基盤技術と応用展開, 日立評論, **82**, 9, 589~594 (2000.9)
- 4) 村松, 外: 高性能1チップ画像処理LSIの開発, 非破壊検査, 50, 10 (2001)

執筆者紹介



可児明生

1993年日立製作所入社, システム事業部 所属
現在, ITSのシステムエンジニアリングに従事
E-mail: kani @ siji. hitachi. co. jp



飯野隆之

1985年日立製作所入社, 情報制御システム事業部 社会システム設計部 所属
現在, ITSおよびETCのシステム計画取りまとめに従事
E-mail: takayuki_iino @ pis. hitachi. co. jp



堀井志朗

1967年日立製作所入社, 自動車機器グループ開発本部 車載情報設計センタ 所属
現在, ITS関連車載情報機器の開発に従事
自動車技術会会員
E-mail: s-horii @ cm. jiji. hitachi. co. jp



中島憲宏

1982年日立製作所入社, 日立研究所 所属
現在, ITSの情報制御技術・通信技術開発に従事
工学博士
電気学会会員, 日本機械学会会員, 日本シミュレーション学会会員, 米国産業応用数学会会員
E-mail: nakajima @ hrl. hitachi. co. jp