

快適な運転環境を支援するITS基盤技術と応用展開

—シミュレーションとセンサ技術—

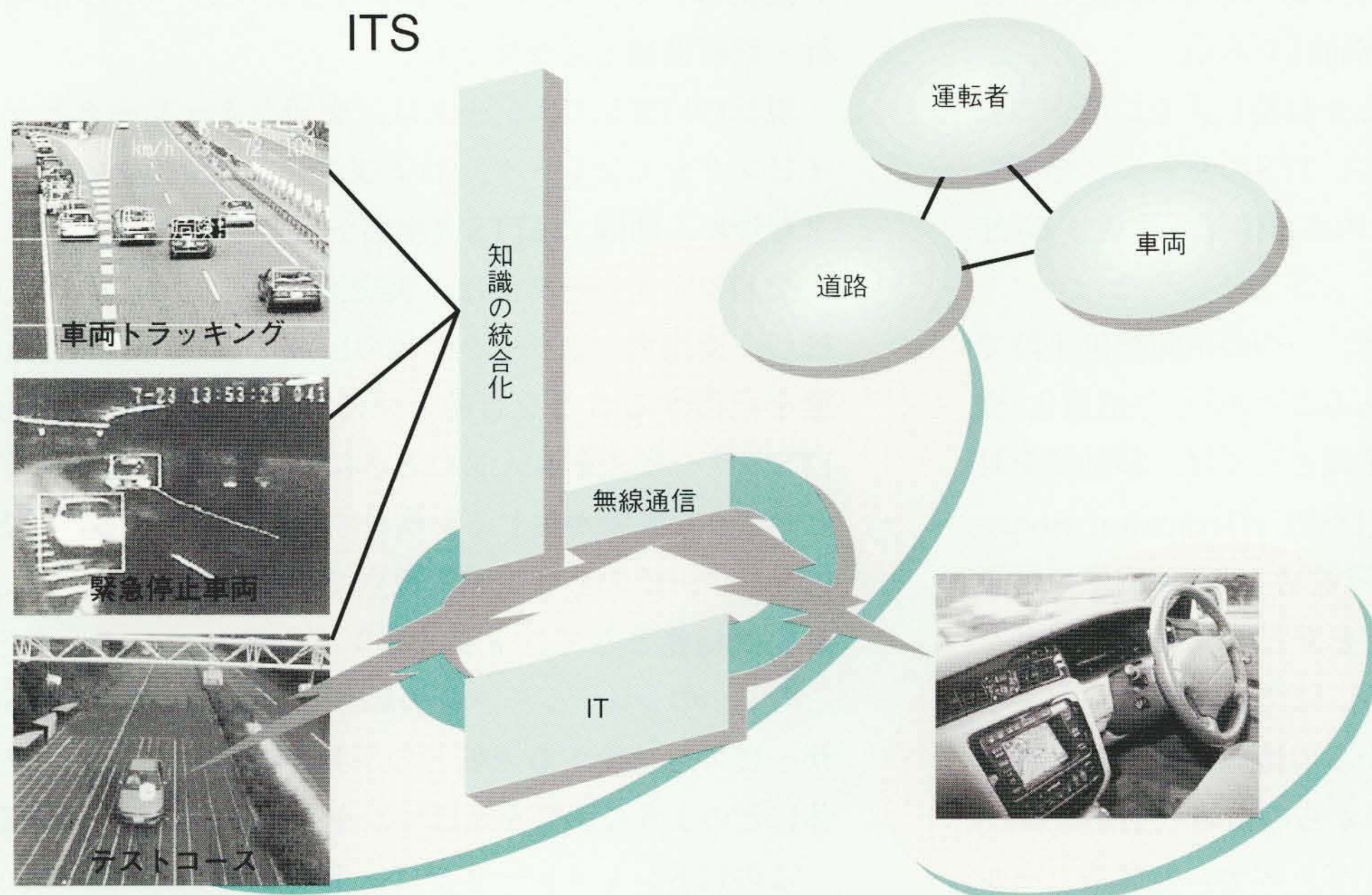
ITS Technologies and Their Applications to Road-Side Facilities for Aiding Amenity

中島憲宏
近藤哲啓

Norihiro Nakajima
Tetsuaki Kondô

可児明生
原田昭雄

Akio Kani
Akio Harada



注：略語説明
ITS (Intelligent Transport Systems)
IT (Information Technology)

ITS：快適な運転環境を支援するための「情報化」と「知能化」

日立製作所の考えるITSでは、道路や交通、車の状態情報を収集し、通信技術で関係させることで「情報化」を図り、これらの情報をITによって総合化し、「知能化」を実現する。

ITS (Intelligent Transport Systems) は、増え続ける自動車用などの道路の利用者に快適なサービスを提供しようとする新しい試みである。道路利用に関するサービスは、道路利用にかかわるさまざまな情報を統合する路側のIT (Information Technology) 機能と、道路と利用者の間をつなぐ通信機能から成る。本稿では、数ある日立製作所のITS基盤技術のうち、(1) ITSシミュレータ、(2) マイクロ波電波伝搬シミュレータ、および(3) 画像センサの開発で一定の成果を得たので、これらについて述べる。

ITSシミュレータは、道路交通の広域な状態を計算機上で再現する機能と、運転者が操作する車両の走行状態を計算機上で再現する機能、および仮想的なITSのサービス機能から成る。マイクロ波電波伝搬シミュレータでは、マイクロ波による無線通信の状態をレイトレーシング技法を用いて再現することにより、ITSでの無線電波の伝搬状態を予測することができる。これら二つのツールにより、ITSのシステム評価や事前検討を行うことができる。画像センサでは、車両認識や交通監視技術の適用により、トンネル内の監視を中心とした応用展開が期待できる。さらに、技術研究組合 走行支援道路システム開発機構が開発を進めている「走行支援道路システム」で、これらの応用展開の可能性について検討を進めている。

1 はじめに

わが国のITS (Intelligent Transport Systems) は、交通の安全性の向上、円滑化、および環境改善による快適性の向上を目的に、建設省や警察庁を含む5省庁の主導で推進されている¹⁾。一方、民間の活力によるITSも盛んに提案されている。これらITSによるサービス供給側の活発な活動により、さまざまなサービスに対する需要も増えつつある。

ITSは、人と道路と自動車の間で情報の受発信をする

ことにより、必要な情報の入手・交換や、人や物の移動を支援するシステムである。このような支援を行うためには、道路と自動車の二者を「情報化」と「知能化」する必要がある。この二者の機能要素は、(1) 路側の情報作成手段、(2) 路側の情報収集手段、(3) 路側の情報提供手段、および(4) 自動車のインテリジェント化の四つである。さらには、この二者に人を含めた三者を有機的に関係させる必要がある。

ここでは、これら四つの機能のうち、路側でのITS基盤技術であるシミュレーションとセンサ技術、およびこ

これらの応用展開について述べる。

2 ITS基盤技術

道路の「情報化」と「知能化」機能とは、「路側のIT (Information Technology) 機能」と、路側の機能と車側の機能を物理的につなぐ「通信機能」である。

路側のIT機能とは、路側でしか収集しえない情報の収集を行い、その情報に基づいて、ITSのサービスを楽しむユーザーにとってメリットのある情報を作成する「知能化」機能である。

通信機能は、路側から見れば、一つの情報提供手段であり、かつ情報収集手段でもあることから、「情報化」機能でもある。路側の情報提供手段としては、移動体を対象とすることから、無線通信[DSRC (Dedicated Short-Range Communication) や携帯電話など]や情報提供板(商用の広告看板などを含む。)を介して人や物の移動を支援するための情報連係を行う。このような情報収集手段には、無線通信による車側からの情報収集や、有線系通信による各種情報センター系からの情報収集がある。

ITSのサービスを具体化するITシステムの構築ツールとしての交通シミュレーション、無線通信の電波伝搬状態を検討するシミュレーションと、路側のIT機能のうち、情報を収集する機能として画像センサについて以下に述べる。

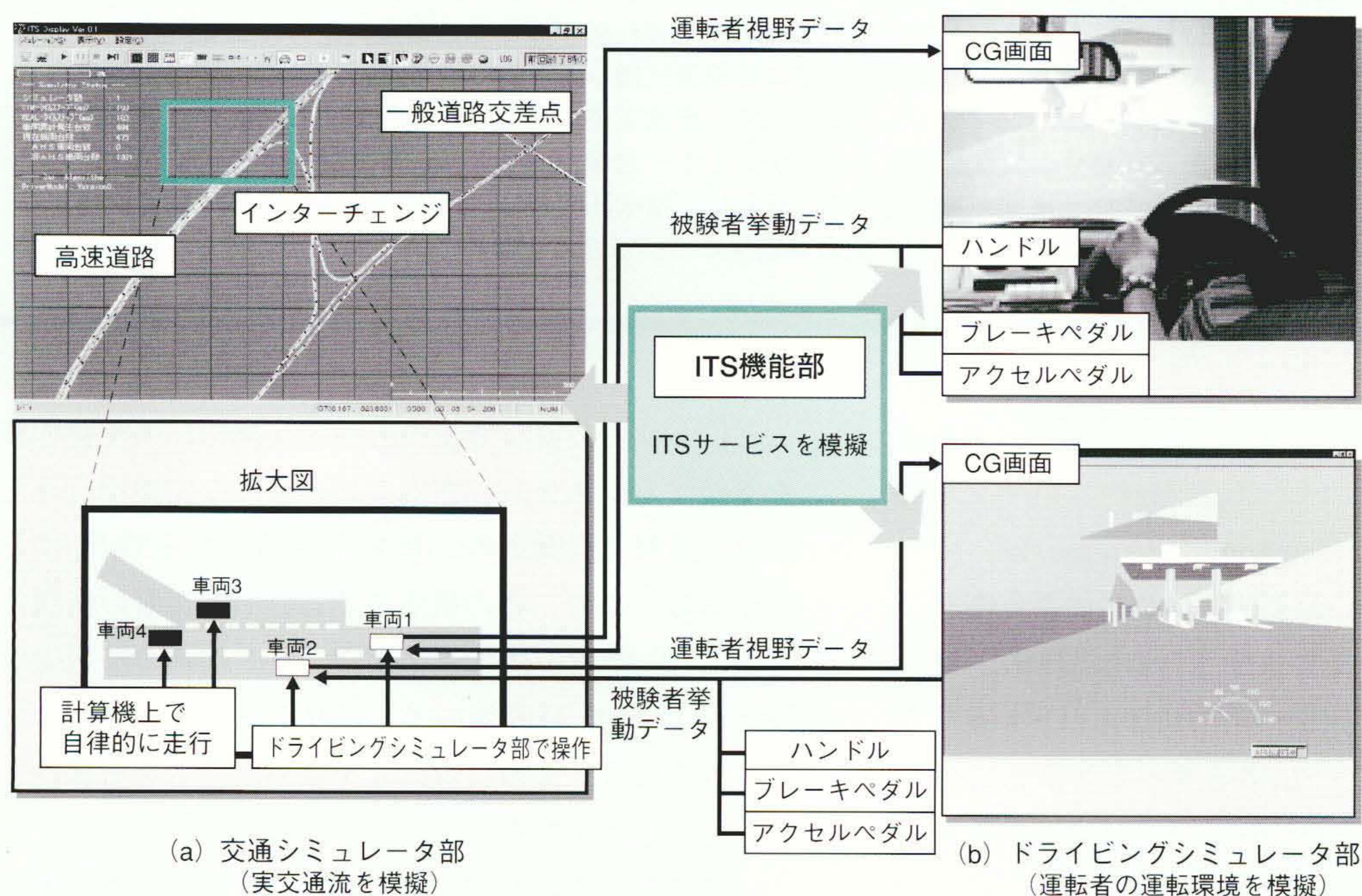
2.1 ITSシミュレータ

ITSシミュレータは、ITSシステムを構築するうえで、システムの設計検証や導入予測効果などを計るために有効な評価ツールである。一方、このようなシミュレーション技術は、システムを構築するうえで、一つの情報分析・判断機能ともなりうる。

現状のITSシミュレータは、交通シミュレータとドライビングシミュレータ、およびこれら二つのシミュレータを管理、制御するITS機能部から成る(図1参照)。

交通シミュレータ部は、実交通を再現しうるように模擬し、道路ネットワーク全体の広域的な視点から交通状態を把握することを目的とする。例えば、高速道路にITSのサービスを導入したときに、一般道路の交差点でどのような影響が生じるか検討することができる。一方、ITSのサービスを楽しむ視点での交通状態を再現する模擬機能として、ドライビングシミュレータがある。この二つのシミュレータを連係させることにより、ITSのサービスを楽しむ運転者の挙動が道路ネットワーク全体にどのような影響を及ぼすかを分析することができる。

このITSシミュレータでは、ドライビングシミュレータを複数台導入することにより、ドライバー相互がITSのサービスを楽しむ反応を模擬分析することができる。ドライビングシミュレータ部では、コンピュータグラフィックスで走行状態を視覚的に模擬している(図1参照)。



注：略語説明
CG (Computer Graphics)

図1 ITSシミュレータの構成

ITSシミュレータは、(1) 実交通流を模擬する交通シミュレータ部と、(2) 運転者の運転環境を模擬するドライビングシミュレータ部、および(3) ITSサービスを模擬するITS機能部から成る。

ITS機能部では、ITSのサービスコンテンツ(サービスの内容)を生成する情報処理を行う。言い換えれば、交通シミュレータとドライビングシミュレータが実環境(道路と実走行車両)とすれば、ITS機能部は、ITSのサービスを実現するシステムである。

2.2 マイクロ波電波伝搬シミュレーションシステム

ITSでは、無線通信による高速移動体通信を実現することが必須である。特に将来、ITSのサービスを楽しむことが一般的になると、その信頼性はシステムを構築していくうえで重要な課題となる。

現在、ITSの分野では、ETC(Electronic Toll Collection: 料金自動収受)システムとVICS(Vehicle Information and Communication System: 道路交通情報通信システム)という形で、マイクロ波帯の無線通信技術が先駆けシステムとして実現されている。それぞれのシステムでの移動体通信の形態は異なるが、基本的には、路側から車側に対して情報を提供したり、情報を収受するという点では変わりはなく、システムの構成要素としての役割を果たすという点で重要な意味を持つ。このようなITSによるサービスを実現していくためには、目に見えない無線通信状態を検討する必要がある。

無線通信状態を検討する技術として、電磁界解析ソフトウェアがある。電磁界解析ソフトウェアは、現在までに数多く開発されてきており、その手法も、「モーメント法」や「有限要素法」をはじめとして、「伝送線路行列法」など数多い。

以下に述べる電波伝搬シミュレーションシステムは、レイトレーシング技法^{※)}を用いて電波の伝送経路を可視化し、巨視的な視点での電波の反射の影響などを調べようとするものである。レイトレーシング技法を用いた電波伝搬問題の近似解法もすでに数多く試みられている。日立製作所が開発したマイクロ波電波伝搬シミュレーションシステムの特長は以下のとおりである。

- (1) 走行車両との動的な電波環境の変動をシミュレーションするために、少なくとも4万点を超える移動軌跡での電波の反射状態を計算できる。
- (2) 対象とする走行車両は1台だけでなく、先行車両や並走車両の影響も考慮できる。

このシステムは、シミュレーション条件の入力部、解

※) レイトレーシング技法：電波の到来角と屈折率の関係、および送受信点間距離から電波通路を求め、この電波通路を追跡する手法である。

析部、および結果の可視化処理部で構成される。形状データは、最近の自動車形状やフロント・リアガラスのさまざまな意匠的形状に合わせて、自由曲面を含めた任意の三次元形状を扱えるようにしている。

電波伝搬シミュレーション処理の基本的な流れは、次のようなステップから成る。

ステップ1：基準アンテナの利得算出処理とアンテナ指向性の算出処理

ステップ2：レイトレーシング処理による電波パスの算出

ステップ3：反射点での電波反射角度と反射物体の電気的特性処理による減衰率の算出処理

シミュレーション処理での主要なパラメータは、以下のとおりである。

アンテナの指向特性については、アレーアンテナの場合、水平と垂直の素子数と素子間隔、および素子の励振電圧と指向性パラメータを扱うこととした。電波受信時の取り扱いは、電波の垂直と水平偏波成分の入射角などの影響で変化するため、各偏波成分ごとに反射計算を行う。進入電波受信時に発生する受信信号の計算は、各電波パスごとに受信アンテナの利得に応じた偏波成分ベクトルに分化したものとなる。特定方向のアンテナ利得は、各偏波成分ベクトルの大きさである。

今回開発したシミュレータを用いて、ETCでの電波伝搬問題をシミュレーションで可視化した例を図2に示す。同図から、伝送される波に加えて、屋根や壁面に反射した波が計算結果として得られていることがわかる。これらの反射波の影響は、実験サイトからの計測データを得ることによって確認できており、図3の受信電界強度グラフからも、このシミュレータの有効性を確認している。

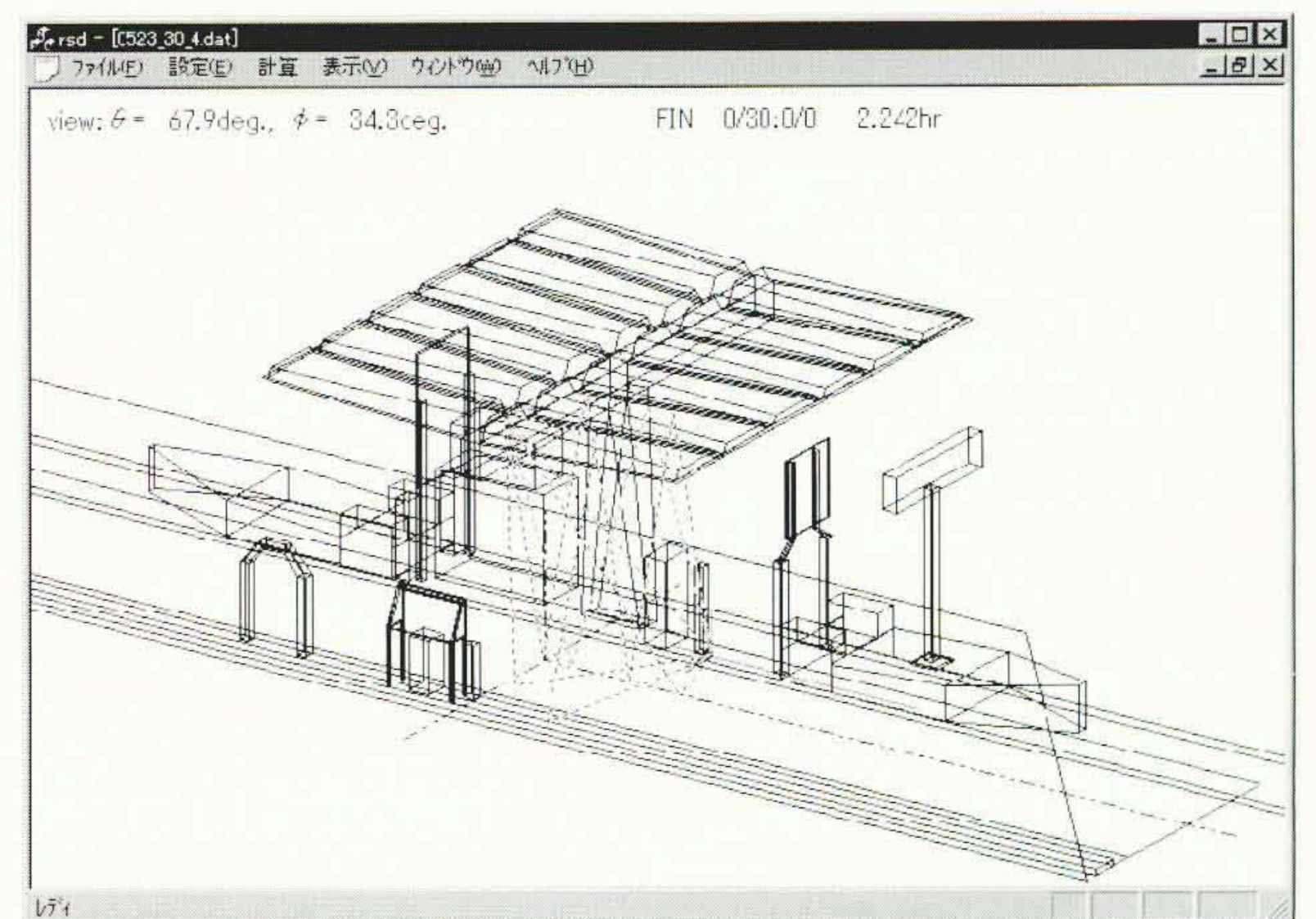


図2 ETCでの電波伝搬シミュレーション例

ETC料金所と走行車両を三次元形状モデル化し、路車間の通信路を可視化した。

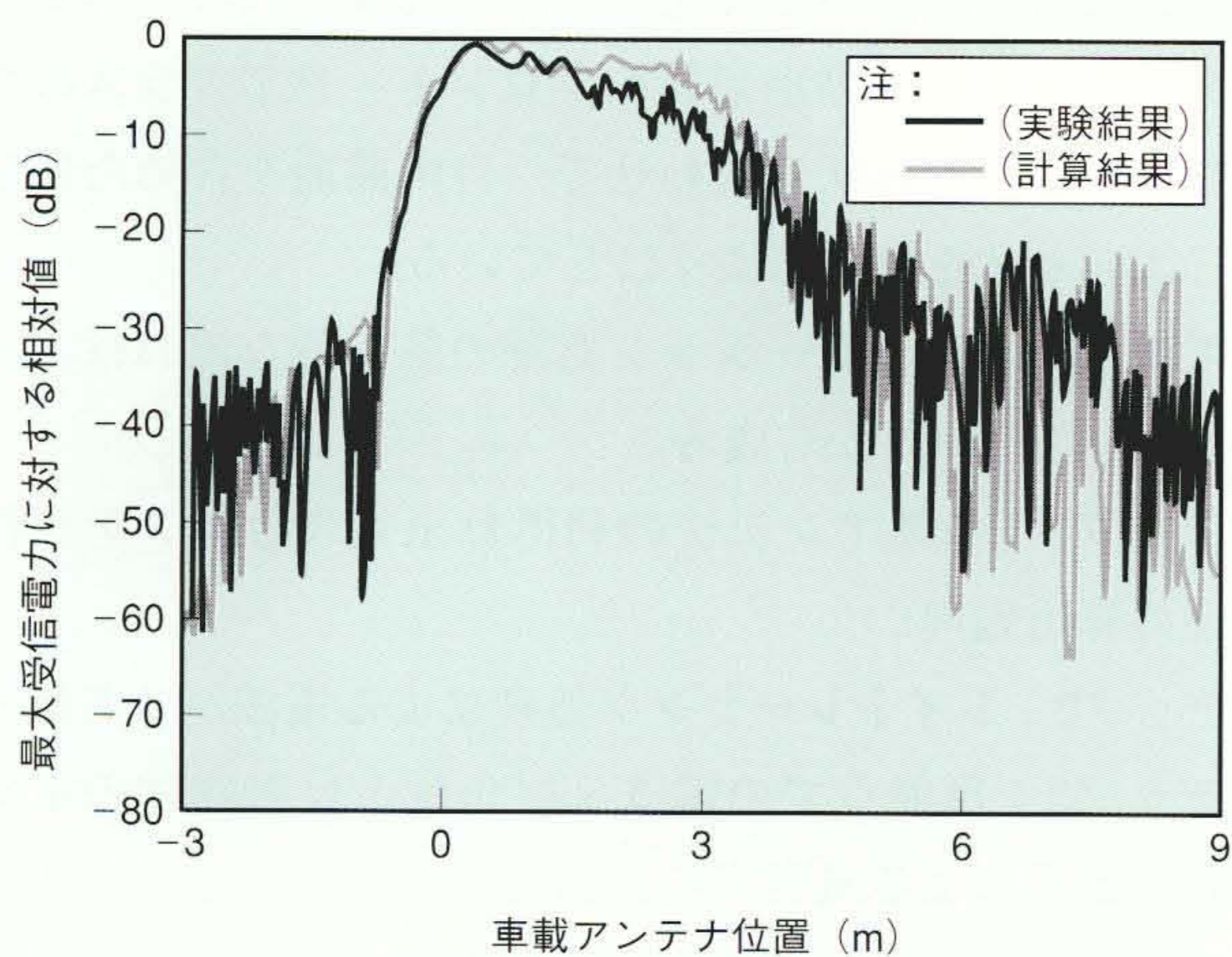


図3 受信電界強度の計算結果

シミュレーションによる計算結果と実測した実験結果のグラフを重ね合わせた。受信電界強度の傾向に再現性を認める。

この電波伝搬シミュレータを活用することにより、ITSのサービスシステムで移動体通信という機能要素を活用したシステムを組み上げていくかどうかの判断に役立てることができる。また、前述のITSシミュレーションとリアルタイムに接続することにより、さらに高度なITSシミュレータが実現する可能性がある。

2.3 センサシステム²⁾

道路交通の安全性向上と環境負荷低減などの向上を目的として、これまでに各種のセンサシステムが開発、導入されている。これらのうち代表的なものの一つとして、画像処理システムがある。

画像処理技術は、路上のカメラによる画像認識と、車載カメラでの環境認識を用いるものの二つに大別できる。路上カメラを使ったシステムは、一般道の交通流や渋滞監視による情報収集、トンネル内での停止、低速、渋滞などの異常監視に用いられており、事故防止などに役立っている³⁾。一方、建築工学などの視点から道路の美観や視覚的な快適感を実現するためには、数多くのセンサを設置するのではなく、なるべく少ない台数で複数の状態を監視できるセンサシステムが求められる。そのためには、設置条件に関する問題などを解決していく必要がある。トンネル内の監視を事例にとり、そのセンサ技術について以下に述べる。

トンネル内に設置されている監視システムでは、カメラの設置点を十分高くできないことから渋滞時の映像に車両の重なりが生じ、台数の計測が困難である。このため、現状では画面全体の平均的な速度を求め、この速度

が所定値以下になったときに渋滞と判定する手法を採用している。この重なりは、渋滞時はもちろんのこと、閑散時にも車間を狭めて走行する状況で見受けられ、台数計測精度が低下する要因となっている。

車両と車両の重なり状態の例を図4に示す。車線の左側にカメラが設置されているため、重なる状態は、先行車両の右側に後続車両が重なる形となる。

個々の車両の輪郭を正確に切り出すことが可能であれば、これらを分離することができる。しかし、車両の輪郭は車の色や形状によるパターンが無限にあり、現状の技術では、精度のよい輪郭抽出は非常に困難である。



図4 車両重なり例

トンネル内に設置した監視システムの実映像から、車両の重なり状態がわかる。

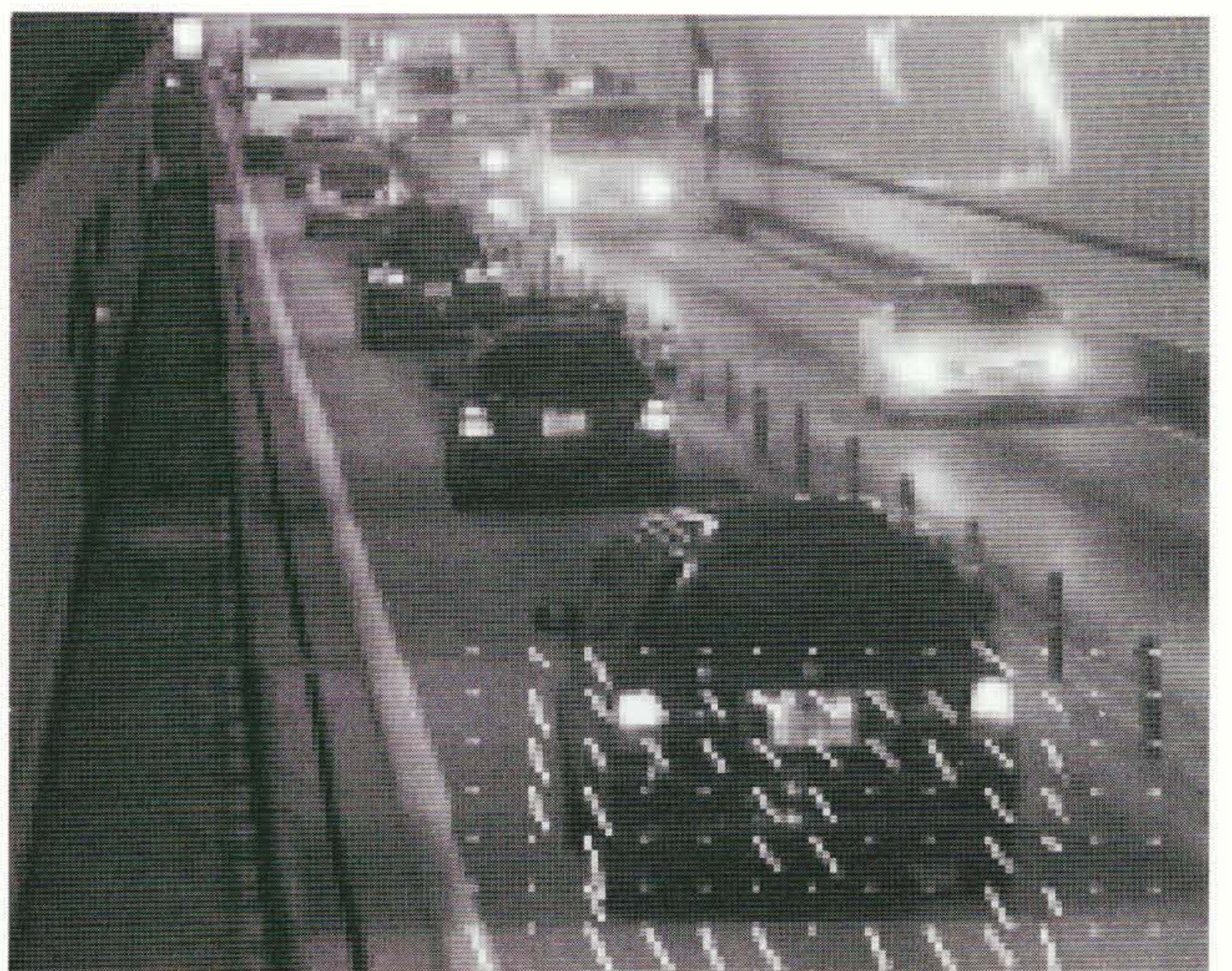


図5 移動ベクトルの算出例

車両の重なり状態から個々の車両の輪郭と車両の移動軌跡を分析し、その輪郭を正確に切り出して車両台数の計測精度を向上させる。



図6 追跡中の画面例

車両の重なり除去を行い、走行車両台数計測精度を向上させた。

そのため、検知領域付近に移動ベクトルを求める点群を複数設け、この位置の移動ベクトルを算出する方法を開発した(図5参照)。これにより、渋滞で車両が停止している場合でも、車両はいずれは画面下から上に通過するので必ず移動ベクトルが発生し、車両の領域を推定することができる。この面的な移動ベクトル群のパターンを解析することによって車両の分離点を決定し、通過台数を求める。

この手法による実験では、VTR映像を画像処理装置(日立製作所製IP5000+Pentium II[※]400MHzパソコン)に入力し、台数と速度を計測した。画像は横256×縦220画素、取り込み周期は100 msである。追跡中の画面例を図6に示す。同図中の水平のラインが追跡中の車両の末尾を、左側に示す長方形が追跡テンプレートの位置をそれぞれ示す。それぞれの追跡テンプレートの左の数字は、移動距離と時間から算出した瞬間速度を表している。このように、車両が密に重なった画面でも精度よく車両を検出し、追跡することができる。

この手法では、入力画像間で移動ベクトルを求めるので背景画像が不要であり、環境変化に追従しやすいという利点がある。この手法を用いることにより、重交通の映像を用いた計測実験で約96%の計測精度を得た。

3 ITS基盤技術の応用展開

ITS基盤技術の応用展開として、VICSやETCなどのシステムの構築が具体化されてきた。現在、ITS基盤技

※) Pentiumは、米国Intel Corp.の登録商標である。

術の近い将来の応用展開先で視野に入るものとして、2000年度末に実証実験を予定している「走行支援道路システム」¹⁾がある。

2003年の実用化を目指して研究開発途上にあるサービスとして、技術研究組合 走行支援道路システム開発機構(以下、AHS組合と言う。)は、1996年度からAHS(Advanced Cruise-Assist Highway System: 走行支援道路システム)の開発を推進している。AHS組合によれば、AHSは、(1) 危険な事象を認知し、(2) 回避に関する判断を行い、(3) 回避操作をするという運転者がとりうる三つの行動を支援し、走行時の安全性を向上させるものである。そのために、(1) 情報提供機能、(2) 警報機能、および(3) 操作支援機能という三つの機能で路車協調型のシステム構築を検討している。

AHS組合の提示するAHSのシステムイメージを図7に示す。同図でAHSは、道路状況把握センサや路面状況把握センサで交通状態や道路状態を認知し、双方向通信設備や表示板などを介して、路側処理装置から走行車両や運転者に情報を提供することをイメージしている。

AHSについての検討は、現在、安全に関するサービスを中心に行われている。実証実験ではそのうち、2003年度以降順次実用化を目指す、以下の七つのサービスについて検討している。

- (1) 前方障害物衝突防止支援: 見通し不良地点で車両や落下物の障害物を検知し、車両に通知する。車両は、運転者に対して情報提供、警報、操作支援を行う。
- (2) カーブ進入危険防止支援: カーブ手前でカーブまで



図7 走行支援道路システムの概要

AHS組合が提案するシステムイメージでは、インテリジェントカーに加え、センサ技術、双方向通信技術、路側情報処理技術の三つが機能要素として位置づけられている。

の距離やカーブ形状を車両に通知する。車両は、運転者に対して情報提供、警報、操作支援を行う。

(3) 車線逸脱防止支援：路面に設置されたレーンマークにより、車線内の横方向位置情報を車両に提供する。車両は、運転者に対して情報提供、警報、操作支援を行う。

(4) 出会い頭衝突防止支援：交差点で優先道路側の接近車両を感知し、車両に通知する。車両は、運転者に対して情報提供、警報を行う。

(5) 右折衝突防止支援：右折可能な交差点で対向車両を検知し、右折しようとする車両に通知する。車両は、運転者に対して情報提供を行う。

(6) 横断歩道歩行者衝突防止支援：横断歩道上の歩行者を感知し、車両に通知する。車両は、運転者に対して情報提供を行う。

(7) 路面情報活用車間保持支援：路面状況などの情報を把握し、車両に提供する。車両は、この情報を車間保持などの各種サービスに活用する。

2000年10月1日から12月31日までの予定で、「スマートクルーズ 21」と題した実証実験が茨城県つくば市の建設省土木研究所テストコースで計画されている。また、2000年11月28日から12月1日の期間に、「スマートクルーズ 21—デモ2000」と題した公開デモンストレーションや展示会、国際ワークショップなどの開催も計画されている。その実験の対象となる上記七つのサービスのイメージを図8に示す。同図では、これらの七つのサービスがどのような道路部位で適用される可能性があるかを例示している。

2003年実用化システムは、上述した実験の延長線上にあるとされている。日立製作所は、これらの実験や実用化システムで、ITS基盤技術の応用展開を検討していく考えである。

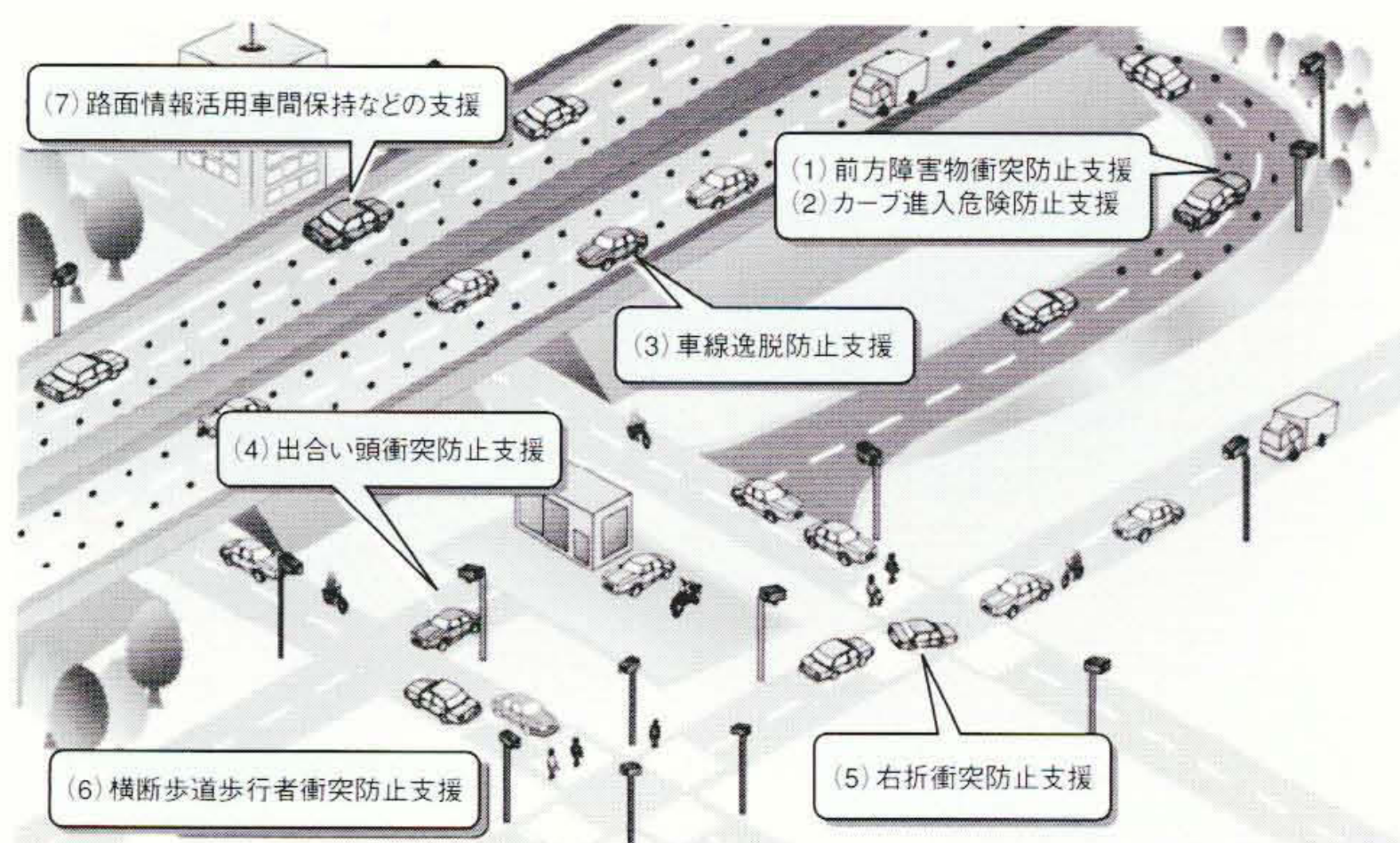


図8 実証実験の対象となる七つのサービスイメージ
AHSの七つのサービスが導入される道路部位のイメージを示す。

4 おわりに

ここでは、快適な運転環境を支援するITS基盤技術とその応用展開について述べた。

道路交通システムの「情報化」と「知能化」によってITSのサービスを実現するためには、現在までに多くの大規模システムを構築してきた「知識」と、それを集大成するIT技術が必要である。ITSのサービスを実現するベストソリューションは、ここで述べたようなITS基盤技術を統合化することによって得られる。ITSのサービスを享受するユーザーが満足するような、人や物の快適な移動環境を実現するためには、路側でしか収集しえない情報の収集を行い、その情報に基づいて、情報を作成する路側のシステムが大きな役割を果たすことになる。その役割を定義し、有効性を確認するためにも、ここで述べた日立製作所のシミュレーション技術やセンサ技術が貢献するものと考えている。

参考文献ほか

- 1) VERTIS：http://www.vertis.or.jp/
- 2) 堀田，外；移動ベクトル群を用いた交通流計測精度の向上，電気学会道路交通研究会，RTA-00-20（2000.6）
- 3) 画像処理応用トンネル異常監視システム，日立評論，82，1，89（平12-1）
- 4) AHS組合：スマートクルーズ 21（1999）

執筆者紹介



中島憲宏

1982年日立製作所入社，日立研究所 所属
現在，ITSの情報制御技術開発，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



近藤哲啓

1973年日立製作所入社，電力・電機グループ 情報制御システム事業部 所属
現在，AHSのシステム開発に従事
交通工学研究会会員
E-mail：t-kondou@omika.hitachi.co.jp



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



原田昭雄

1974年日立製作所入社，電力・電機グループ 社会システム事業部 情報システム部 所属
現在，道路情報制御システムの開発，計画に従事
E-mail：akio.harada@pis.hitachi.co.jp