

MITSUBISHI

三菱電機技報

Vol.73 No.10

特集 “動き出したITS”

'99 10



車両制御技術

Control Unit (車間距離制御用)

Smooth ABS (Control Unit / Hydro-boost Unit type)

Electric/Master Steering (Control Unit / Motor type)

Small CCD Camera (Driver use)

Small Scanner Radar (Inter-vehicle distance control)

Control Unit (White box type)

Car Navigation System

Control Unit (White box type)

車両系要素技術

センシング技術

センシング技術

Infrared Camera

Superbird (Satellite Communication)

リアルタイム制御技術

High-speed CPU Board

High-speed Communication Network Node Device

インフラ系要素技術

MELSEC (Next Generation Sensor)

MISTY Model LSI (New Algorithm)

MELWALL (MISTY compatible)

Image Recognition Device

セキュリティ技術

センシング技術

Digital Mobile Phone

Digital Cordless Phone

2.5Gbps LD Module (Optical Communication)

LAN Optical Transceiver

通信技術

システムインテグレーション技術

通信技術

Microphone Array IC (Microphone/Wireless Communication)

Location Database

MELROSE (Road Traffic Simulator)

Digital Broadcast Video Codec

DIAMOND PARK (Virtual Reality)

情報処理・提供技術

情報処理・提供技術



特集“動き出したITS”

目次

特集論文

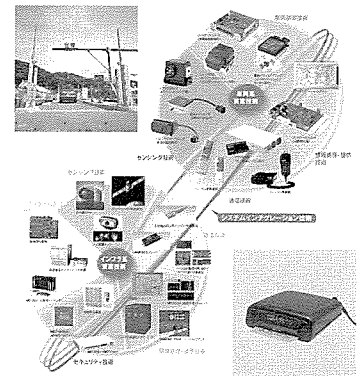
21世紀を先導する高度道路交通システム(ITS) 1 正木一郎	1
ITSの最近の動向と当社の取組 2 大石將之・鷺野翔一	2
ITS要素技術の動向	
ITSのインフラ系要素技術 10 内原正一・黒田伸一・野田博司・山根信吾・伊東正雄	10
ITSの車載系要素技術 14 佐藤眞一・赤須雅平・堤 和道・浅山嘉明	14
ITSの広域移動通信技術 18 見山淳弥・小野英世	18
ITS開発分野と取組	
車載ナビゲーションシステム 23 横内一浩・井手野宏昭・太田正子	23
ノンストップ自動料金収受システム 28 加藤博光・広岡右字・毛利徳彦・石津文雄・檜枝護重	28
AHS：走行支援道路システム 32 三好哲夫・内藤初彦・堀口 彰	32
新物流情報システム 36 川上眞二・福地陽一・平野昌彦	36
国際標準化とプラットフォーム	
ISO/TC204の現状 40 福田 稔	40
欧米における道路通信の標準化動向 44 松永 誠	44
システムアーキテクチャ 48 播口正雄	48
トピックス	
ITS評価シミュレータ 52 熊沢宏之・後藤幸夫・伊川雅彦・中堀一郎・大石將之	52
複合センサシステム 56 岡田隆光・辻道信吾・小菅義夫・春山鉄男	56
自動車用小型スキャンレーザレーダ 60 赤須雅平	60
特許と新案	
「数値制御装置」「距離測定装置」 65	65
「移動物体計測装置」 66	66
スポットライト	
画像処理応用道路監視システム 64	64
三菱カーナビゲーションシステム (表3)	(表3)

表紙

動き出したITS

左下と右上の(楕)円は、三菱電機が保有するインフラと車載器に関する基盤技術とそれらの代表的な製品群を示している。例えば、半導体電子技術の人工網膜チップや、エンジンや車両制御ユニットがその例である。さらに、基盤技術を含む楕円は、当社のシステムインテグレーション技術を示している。

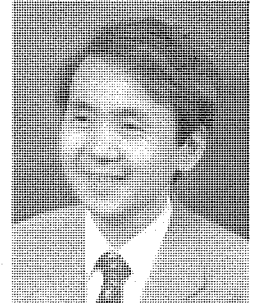
左上と右下の図は、ETC(Electronic Toll Collection System)路上機と車載器をそれぞれ示している。これらは、それぞれが単に高性能でロボストというだけでなく、優れたシステムインテグレーション技術により、ETCシステムとして高性能でロボストな性能を持つように仕上げられている。



21世紀を先導する高度道路交通システム(ITS)

マサチューセッツ工科大学
マイクロシステム研究所
ITS研究センター

所長 正木一郎



高度道路交通システム(Intelligent Transport Systems : ITS)は、センシング、コミュニケーション、コントロール等の先端技術を駆使して、交通システムを構成する自動車、交通管制、電車等の各要素をインテグレート(集積)することにより、交通の安全化・効率化を図ろうとするものと言える。具体例としては、渋滞状況に基づいて目的地までの最適経路を算出する“ナビ”，車載無線機を使って有料道路の料金を自動的に支払う“自動料金所(ETC)”，サイレンを鳴らしたパトカーが近づくと信号が自動的に青に変わる“緊急車両対応信号機”等がある。ITSは、ビジネス形態・学問形態・生活形態の三つの側面で、21世紀を先導することが期待されている。

まず、ITSをビジネスという観点から見た場合、それは電気冷蔵庫、テレビ、メモリチップ等に続く次世代製品と言うよりも、むしろ産業革命以来の製造業に続く“新形態ビジネス”の先駆けと言える。例えば、従来の製造業の一つである冷蔵庫ビジネスでは、“電気モータでコンプレッサを回して庫内の温度を下げる”という製品コンセプトが長期間にわたり存在し、各企業はその製品コンセプトの枠内で性能や生産性を競ってきた。一方、ITSやマルチメディアに代表される“新形態ビジネス”では、新しい製品コンセプトを創造し、それをグローバル・スタンダード化することがビジネスの核心となる。また、ITS製品は、より大規模な全体システムの一部として機能するので、全体システムとの整合性が重要となる。このような新形態ビジネスでは、異なる文化背景を持った人々がチームを作り、構成要素技術とシステム・デザイン、又は技術的可能性と社会的ニーズ等の多様な見方をインテグレートすることによって製品コンセプトを作り上げて、産官学・国際協力を通し

て“社会的・技術的な流れ”を作ることが大切になる。例えば、トンネル内の交通事故検出システムを開発する場合、対象とするシステムの単体としての性能にとどまらず、テレビカメラ、画像処理、通信ネットワーク等の要素技術から道路公園の情報網全体等の大規模システムを視野に入れ、世界の標準化の流れに沿ったシステム提案を行う必要がある。

次に学問という観点から見ると、ITSは21世紀の新しい学問形態の象徴と言える。20世紀には、学問が専門分野の細分化によって発達してきたのに対し、21世紀には、種々な側面を持つ複雑な質問に統合的に答えようとする学問形態が生まれると思われる。例えば、“どのような地域にはどのような交通システムを開発すべきか?”というような問題に答えるためには、工学・政治・経済といった領域間の壁を越えた学問形態の誕生が期待される。

生活形態面においても、ITSの発展に伴い、21世紀にふさわしい新しい生活環境が生成されるであろう。ITSは、“インテグレーション”による交通システムの高度化を直接の目的とするが、“情報を媒体としたインテグレーションによる高度化”は、交通分野にとどまらずに他の分野に波及し、交通・金融・医療等の多くの分野を統合的にカバーする“スーパーインフラ”に成長することが期待される。21世紀に入り、先端的インフラの主役が電気・ガス・水道からITSを含む“スーパーインフラ”に代わることにより、人々の暮らしも大きく変わるとと思われる。

現在は、20世紀から21世紀への変わり目であるだけでなく、産業革命以来の社会構造・産業構造の大きな変化点であり、先導役としてのITSに期待が寄せられている。

ITSの最近の動向と当社の取組

大石將之*
鷺野翔一**

要旨

高度道路交通システム(Intelligent Transport Systems:ITS)は、最先端の情報通信技術を用いて“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、道路交通問題の根本的解決を図るとともに、安全性・快適性・効率性の飛躍的な向上と環境保全等を図るものである。

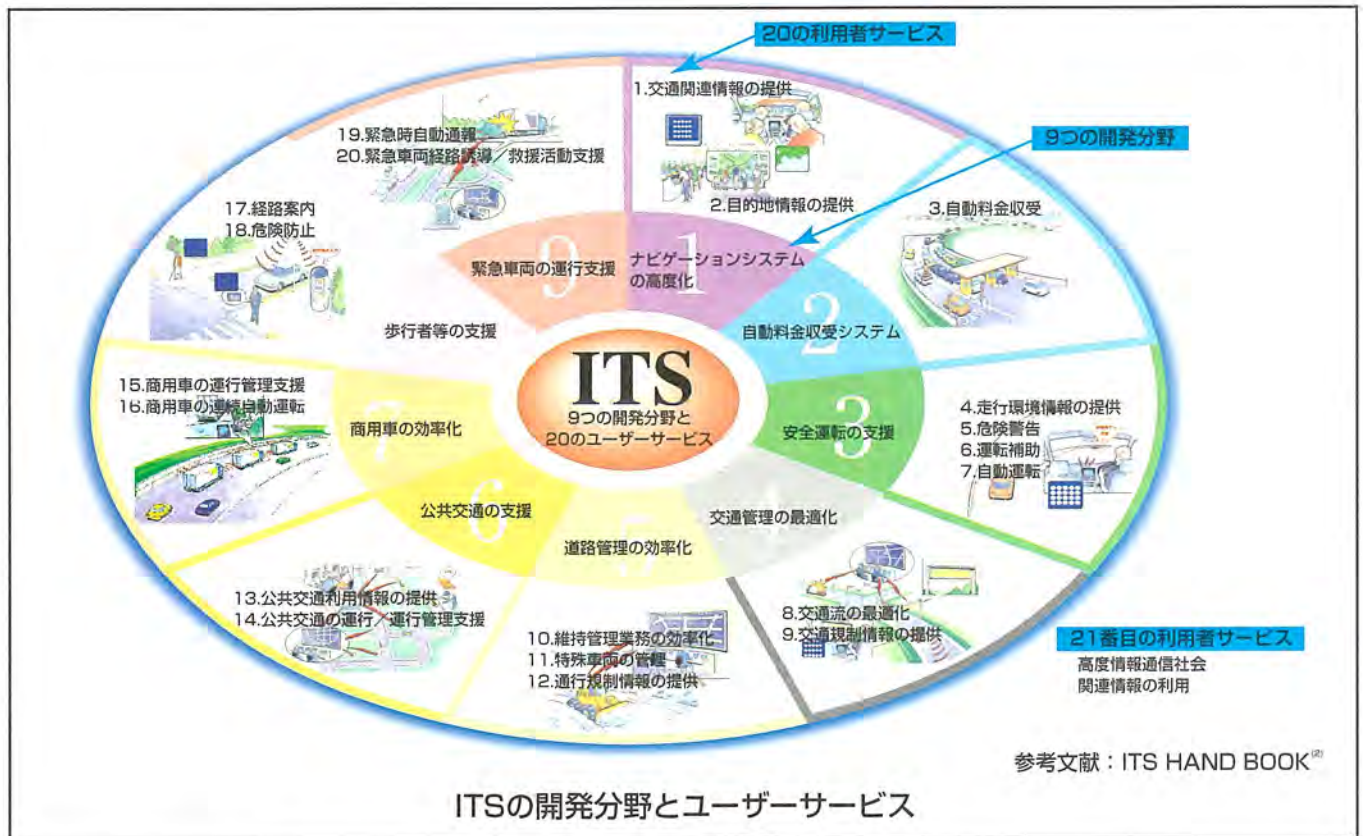
ITS構想については、1995年の「高度情報通信社会推進に向けた基本方針」の答申を受け、'96年に交通分野の情報化政策として5省庁による「ITS推進に関する全体構想」が制定され、これによってITSが国家プロジェクトとして位置付けられた^①。

この構想の中ではITSは九つの開発分野と20の利用者サ

ービスが提示されているが、後で、21番目として利用者サービス「高度情報通信社会関連情報の利用」が追加された。実は、この視点が一番重要である。つまり、ITSはただ単に交通問題の解決手段だけでなく、高度情報化社会又はモバイルマルチメディア社会への推進に向けた先導プロジェクトなのである。

三菱電機では、このITS事業を、当社が推進中のCCVソリューション事業の中核として位置付けるとともに、当社の特長である総合電機メーカーの強みを生かして鋭意展開中である。

本稿では、最近のITS動向を概観した後、当社のITS戦略と取組状況について述べる。



ITSの開発分野とユーザーサービス

ITSの開発分野とその分野ごとの利用者サービス内容を示す。21番目の利用者サービスは、すべてのITS開発分野でこれから起こる高度情報化社会との接点に当たる情報通信サービス分野で、今後大きな市場となることが期待されている。

1. まえがき

最近、ITSに関する話題が新聞やテレビ等で取り上げられることが多い。特に1998年度は景気対策の目玉として注目された。つまり、ITSは、公共投資事業の中でもその内容が情報通信事業であり、従来型公共事業の2倍近い需要誘発効果を持つことが期待されたのである。その後、政府は'98年11月の緊急経済対策閣僚会議でITSを未来都市の交通と生活を先取りする「21世紀先導プロジェクト」に位置付け、ETC(Electronic Toll Collection System：ノンストップ自動料金収受システム)の早期実現と2003年をめどとした世界初のモデル道路スマートウェイ(知能道路)及びスマートカーの走行実現に取り組むことを明らかにした。

このような背景の下で、電気・自動車業界を代表とする産業界では、ETCの発注及び整備が'99年3月からスタートしたこともあって、ITS事業の取組を急激に強化しつつあり、また、同業・異業を問わず種々の合従連衡も始まり出した。今、正にITS事業を巡る熱い戦いが始まろうとしている。

当社においても、これらの動きに合わせて、ITS推進部隊をセンターから本部へ格上げするなど取組体制を強化中である。また、総合電機メーカーとしての強みを生かすため、各事業本部との連携を密にし、特に各本部から選出されたスーパースターたちによる事業戦略会議を定期的に行

っている。

当社では、これらの活動を通じて、21世紀に向けてのITSグランドデザインを着々とまとめつつあり、戦略性のある事業展開方策を画策中である。

2. ITSの主要動向

2.1 建設省の動向

(1) ITS施策

'98年度からスタートした道路整備5か年計画の2年度目として、'99年度は、以下の3施策を柱としたITSの戦略的な実配備に着手する計画である。

- (a) ETCのサービス開始と普及促進
- (b) スマートウェイの推進
- (c) ITSの地域レベルでの積極的な導入推進

(2) ITS予算

ITS予算は、ETCの整備がスタートしたこともあり、'99年度は前年度事業費の2.62倍に当たる647億円の事業費がついている(表1)。

(3) ETCの早期整備

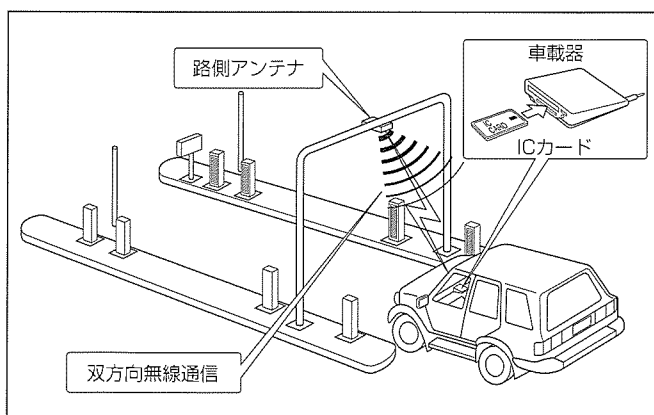
料金所渋滞の解消やキャッシュレス化によるユーザーの利便性向上、管理コストの削減などを目的として、2002年度までの道路整備5か年計画では、全国の料金所の約6割に当たる約730か所でETCの導入を図る計画である。ETCのイメージを図1に示す。

表1. 建設省平成11('99)年度ITS予算

区 分	(単位：億円)		
	11年度 事業費	前年度 事業費	倍 率
ITSの研究開発・整備	647	247	2.62
ITSインフラ整備の推進(ETCなど)	565	165	3.42
研究開発等の総合的な推進	82	82	1.00

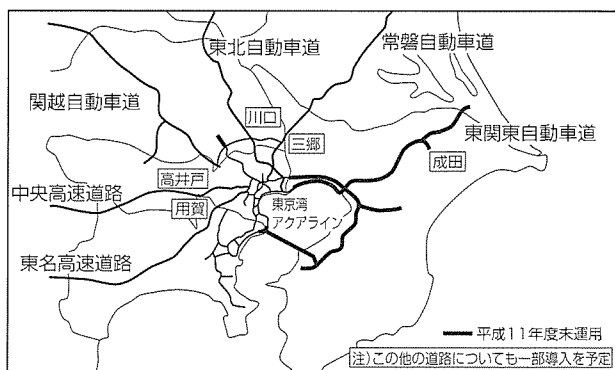
(注)上記のほか、郵政省、運輸省との連携の下、「21世紀のITS実現のための情報通信システムに関する研究開発」を行う(建設省行政部費：1.4億円)。

出典：平成11年度道路関係予算概要⁽³⁾



出典：ITSガイド⁽⁴⁾

図1. ETCのイメージ



出典：ITSガイド⁽⁴⁾

図2. ETCの普及促進：平成11('99)年度サービス開始予定区間

その中で、ETCの早期整備と世界初のスマートウェイ(知能道路)、スマートカー(知能自動車)の走行実験に取り組むことを明確に打ち出した。

スマートウェイは、路車間の通信システム、センサ、光ファイバ等の必要な施設が組み込まれている道路であり、ITSの多様なサービスが受けられる、いわゆるITS仕様の道路である(図3)。

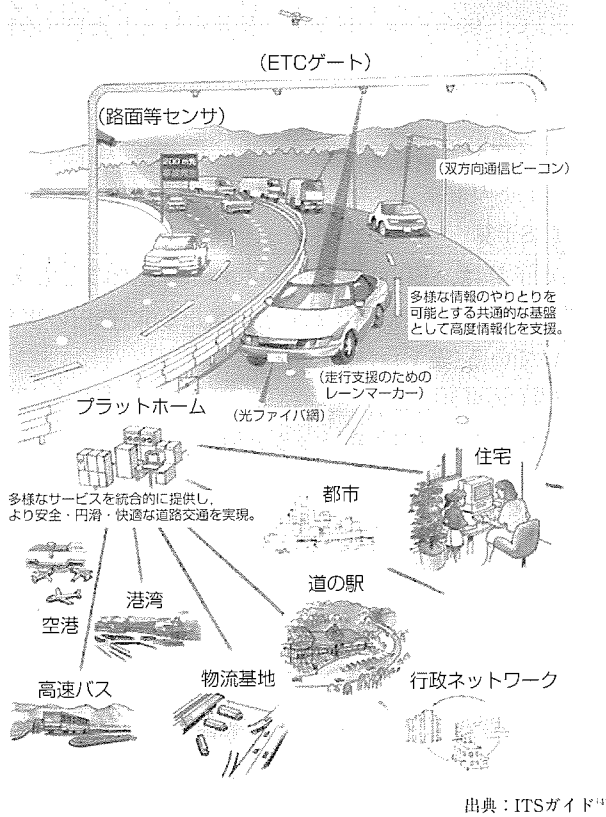


図3. ITS仕様の道路(スマートウェイ)

表2. ITSアプリケーション例

分野	アプリケーション
道路交通情報関係	<ul style="list-style-type: none"> ● リクエスト型ナビゲーションシステム ● 最適経路誘導システム ● 駐車場空き情報提供・予約システム ● 交通渋滞・所要時間予想システム 等
ETC・DSRC関係	<ul style="list-style-type: none"> ● ETCシステム ● ガソリンスタンド料金決済システム ● 駐車場利用管理システム ● コンビニエンスストア・ドライブスルーショッピングシステム ● 物流配送センター荷役タグ物流管理システム 等
カーマルチメディア関係	<ul style="list-style-type: none"> ● 目的地情報提供システム ● 各種予約利用システム ● 車内電子秘書システム ● 娯楽情報提供システム 等
物流・公共交通関係	<ul style="list-style-type: none"> ● 最適リアルタイム車両配車システム ● 商用車位置把握システム ● 公共交通車両運行管理システム ● 公共交通利用情報提供システム 等
走行支援・安全運転関係	<ul style="list-style-type: none"> ● 交差点等での危険警告提供システム ● 商用車自動運転システム ● 盗難車両追跡システム ● 緊急事故自動通報システム 等

出典: ITS情報通信システム委員会報告¹⁵⁾

具体的な推進スケジュールは、2000年にAHS実証実験、2001年に制度・基準等の策定、2003年に第二東名・名神や大都市の都市高速道路などで先駆的な導入を行った後、2015年ごろには全国の主要幹線道路においてスマートウェイ化を実現させる計画である。

2.3 ITS情報通信システム

電気通信技術審議会ITS情報通信システム委員会は「高度道路交通システム(ITS)における情報通信システムの在り方」について審議を行い、'99年2月郵政省へ答申した。以下にその内容を示す。

(1) ITS推進の意義

- (a) ITSは、道路交通に関する総合的な情報通信システムであり、交通渋滞・事故の軽減、輸送効率化など道路交通問題解決の切り札であること。
- (b) ITSは、約7,000万台にもものぼる自動車の運行に関する施策であり、自動車、情報機器等の関連産業の発展を通じて、相当な経済波及効果と新産業の創出が期待できること。
- (c) ITSは、国民生活に密着した道路交通を通じ、国民に高度情報化社会の具体的な姿を示すものであり、高度情報化社会を先導する役割を担うこと。
- (d) ITSは、地域からの情報発信や住民の利便性向上を通じ、地域の活性化に資することが期待できること。
- (e) ITSは、日米欧共通の取組の巨大プロジェクトの一つであり、技術開発・国際標準化の分野において我が国が果敢に取り組むべきチャンスであること。

(2) アプリケーション例と発展イメージ

では、ITS情報システムで期待される具体的アプリケーションは何か。表2に、我々に身近な五つの分野ごとにそのアプリケーション例を示す。また、その発展イメージは、

2000年の揺らん(藍)期、2005年の発展期を経て、2010年に成熟期に入ると予測されている(図4)。

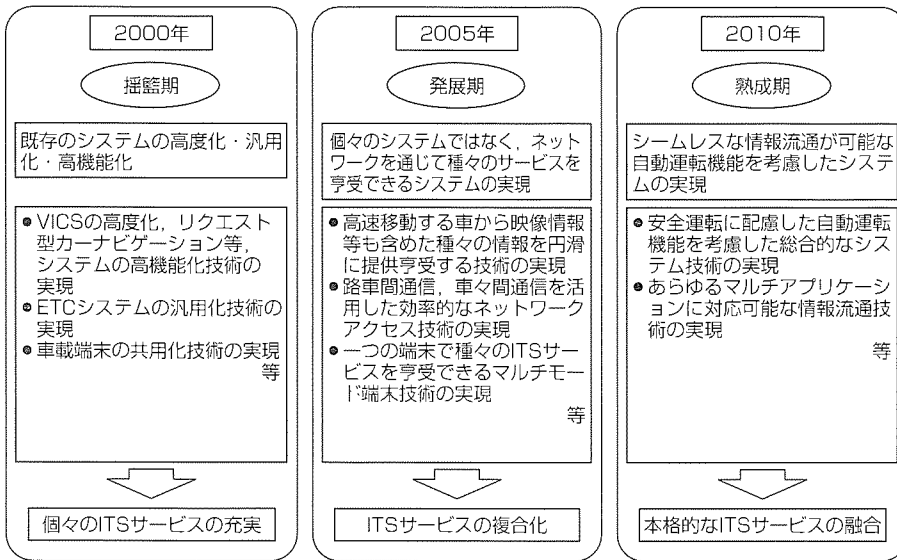
(3) ITS市場

ITS市場の展望として下記のようにまとめている。

- (a) インフラ整備と端末機器の普及により、巨大なITS関連市場が創出され、多様なアプリケーションの下、ITSサービス市場での新たなビジネス展開の機会が拡大する。

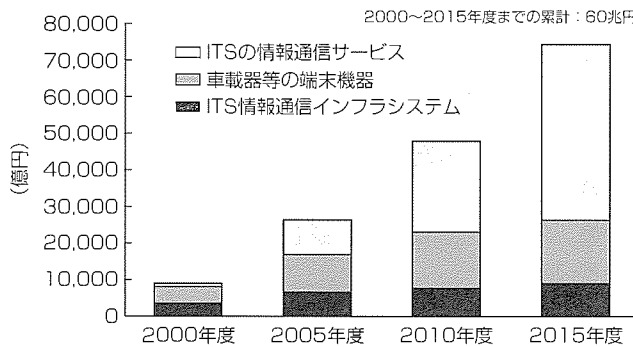
(i) 2015年度までのITS市場は約60兆円(図5)

(ii) サービス市場は2003年ごろから本格的に立ち上がり、その後は5年ごとに



出典：ITS情報通信システム委員会報告⁵⁾

図4. ITS情報通信システムの発展イメージ



出典：ITS情報通信システム委員会報告⁵⁾

図5. ITS市場規模の推移

表3. ITS情報通信システムの要素技術

大分類	中分類	要素技術
システム技術		<ul style="list-style-type: none"> ● ワイヤレスエージェント技術 ● セキュリティ・認証・暗号化技術 ● サービス品質 (QoS) 制御技術 ● 高度位置認識・追跡技術 ● 情報変換技術
情報高度化技術	マルチメディア情報製作技術	<ul style="list-style-type: none"> ● 最適情報分析技術 ● デジタル地図技術 ● 交通関連情報予測技術
	情報高信頼技術	<ul style="list-style-type: none"> ● 高信頼・分析制御技術 ● ネットワーク保守運用管理技術
ネットワーク技術	光無線融合技術	<ul style="list-style-type: none"> ● 光・無線変換デバイス技術 ● マルチアプリケーション基地局構成技術
	無線通信技術	<ul style="list-style-type: none"> ● 路車間・車々間通信技術 ● 連続セル構成技術 ● 高能率無線アクセス技術 (高信頼伝送接続技術) ● ダイナミックチャネル割当技術 ● 高速ハンドオーバー技術 ● 無線ゾーン動的制御技術 ● ダイナミックレンジ制御技術 ● 車両センサ技術
	有線系ネットワーク	<ul style="list-style-type: none"> ● マルチキャスト経路技術 ● 高速ルーティング技術 ● 異ネットワーク接続制御技術 ● 高速移動体アドレス管理技術
端末高度化技術	ユーザーオリエンテッド技術	<ul style="list-style-type: none"> ● 高度ヒューマンマシンインタフェース技術 ● 音声認識技術
	車載端末技術	<ul style="list-style-type: none"> ● マルチモード端末技術 ● 端末小型化デバイス技術 ● 表示デバイス技術
	車内ネットワークシステム	<ul style="list-style-type: none"> ● 高度車内LAN技術

出典：ITS情報通信システム委員会報告⁵⁾

倍増

(iii) 2015年度時点、サービス市場は市場全体の65%に成長

(b) カーナビゲーション車載器は、将来、パソコンやインターネット接続機能を備えた高機能車載器と統合され、ETC用車載器も多機能車載器へと統合される。

2015年時点でのカーナビゲーション車載器の普及台数は4,200万台

(c) ITS分野は、21世紀のリーディングインダストリーの一つに成長し、相当数の雇用の創出にも大きく寄与する。

2005年で約33万人、2015年度で約107万人の雇創出

(4) ITS技術開発課題

ITS情報通信システムを実現するための技術開発課題として、表3に示す要素技術の開発が必要であるとしている。

3. 当社のITS戦略

3.1 高度情報化社会とITS

(1) 高度情報化社会の定義

国土庁計画・調整局が実施した「高度情報化社会における交通に関する調査-マルチメディア社会の交通を読む」の報告書の中で、高度情報化社会とは下記のように定義できるとしている⁽⁶⁾。

“高度に発達した情報通信(情報ネットワーク)を利用することにより、だれもが(→パーソナル化)、いつでも(→24時間化)、どこでも(→遠隔化、携帯化)、必要な情報の伝達・交換・処理を行うことができ、また、情報が社会システムを支援する役割を果たす(→マネジメント化)社会。”

(2) 高度情報化社会のキーワード

また、上記報告書の中で、高度情報化社会において起こる現象のうち特に交通とのかかわり合いが深いと思われるものとして、五つのキーワード(①遠隔化、②携帯化、③24時間化、④パーソナル化、⑤マネジメント化)があるとされている(図6)。

(3) 交通の概念を変えるITS

ITSは、前述したように、ただ単に道路交通問題解決の切り札という役割だけでなく、高度情報化社会の一部を形成し、従来の交通システムの作り方、スタイル、文化など交通の概念を変えていくものと考えられる(図7)。

(4) 高度情報化社会におけるITS利用イメージ

ITSは、社会インフラの一部を形成するものであって、最終的には高度情報化社会とうまく融合することが重要である。その発展過程は、まずインフラ事業から整備が始まり、やがてそのインフラの上に情報通信事業やインフォメーションプロバイダ事業等の情報サービス事業が大きく成長するだろう。

高度情報化社会は、だれもが、いつでも、どこでも情報をアクセスできるモバイルマルチメディア社会であり、車の中でも、家庭やオフィス等で、また歩きながらもITSの利用サービスが受けられる。このような社会では、情報の融合と端末の統合化が急速に進んでいく⁽⁸⁾。

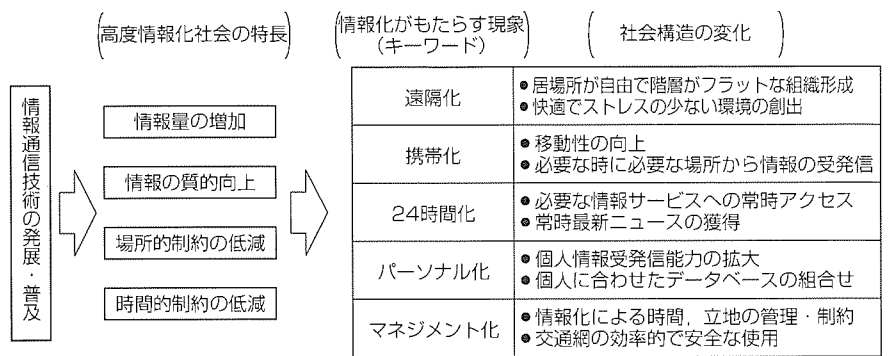
図8に、高度情報化社会におけるITSの利用イメージを、また図9にETC技術を応用したITSアプリケーション例を示す。

3.2 当社のITS戦略

(1) 当社におけるITS事業の位置付け

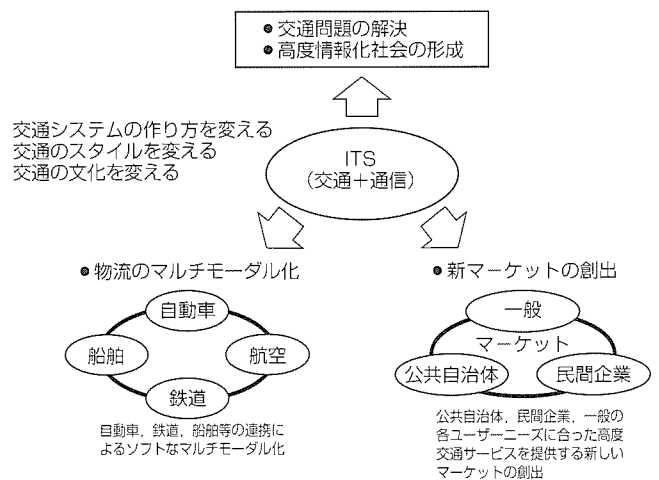
当社は、21世紀を力強く勝ち抜く企業体質を目指して、CCV(Computer, Communication & Visual)ソリューション事業を展開中である。この中で、ITSは、社会ソリューション事業の中核事業として位置付けられている(図10)。

(2) 当社のITS事業戦略



出典：マルチメディア社会の交通を読む⁽⁶⁾

図6. 高度情報化社会の姿



出典：Intelligent Transport Systems⁽⁷⁾

図7. 交通の概念を変えるITS

当社のITS事業戦略をまとめると以下のとおりである。

(a) 総合電機メーカーの強みをフルに発揮

ITSは、インフラ、通信、車技術を核として、センシング技術、ヒューマンインタフェース技術など総合的な技術が要求される。当社は、ITSに必要なすべての技術を保有しており、総合電機メーカーの強みをフルに発揮していく。

(b) 宇宙・防衛分野のピンポイント技術を適用

車両の特定や制御には高精度で高信頼のピンポイント技術が必ず(須)であり、当社は、宇宙・防衛分野で培ったこれらの技術をITSに展開していく。

(c) まずはインフラ事業から展開

ITS事業領域を図11に示すように四つのドメインに分類し、まずはインフラ事業を中心に展開する。それと並行して、プラットフォーム事業やインフォメーションプロバイダ事業も順次スタートさせ、やがて情報通信サービス事業へ軸足を移していく。

4. 当社のITS取組

4.1 取組体制

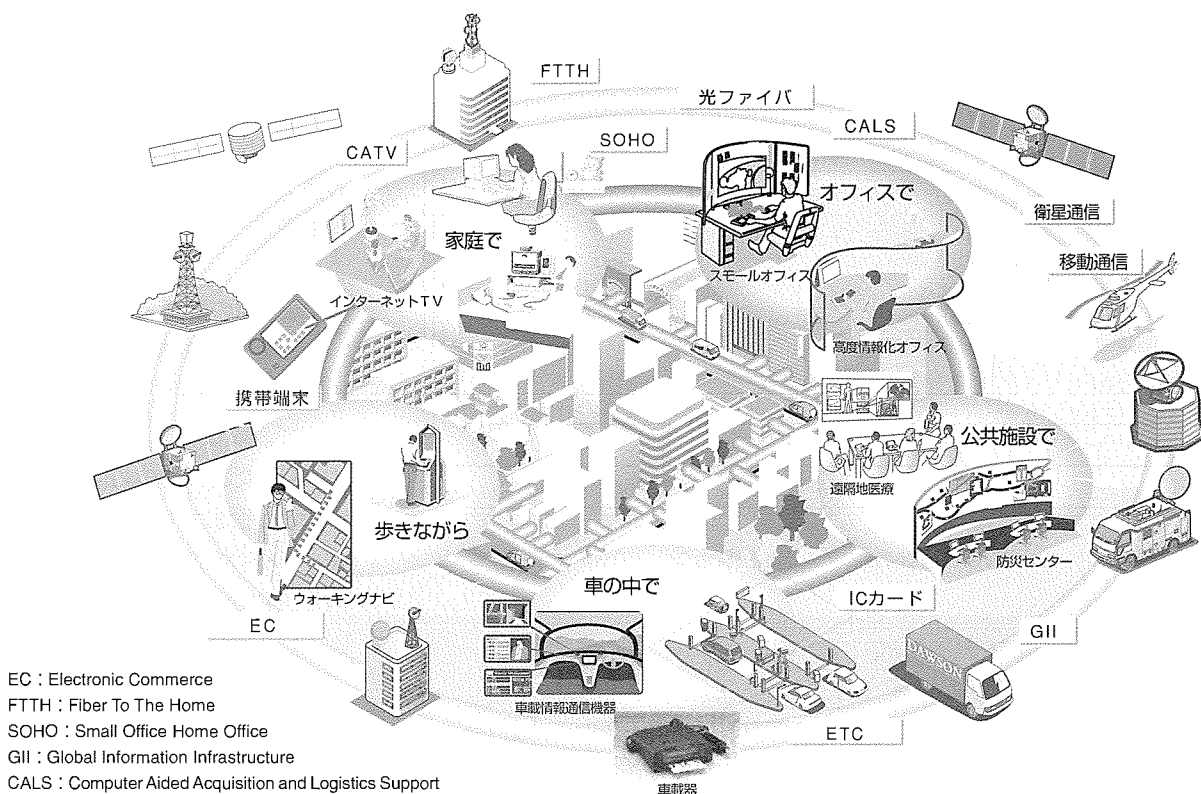


図 8. 高度情報化社会におけるITS利用イメージ

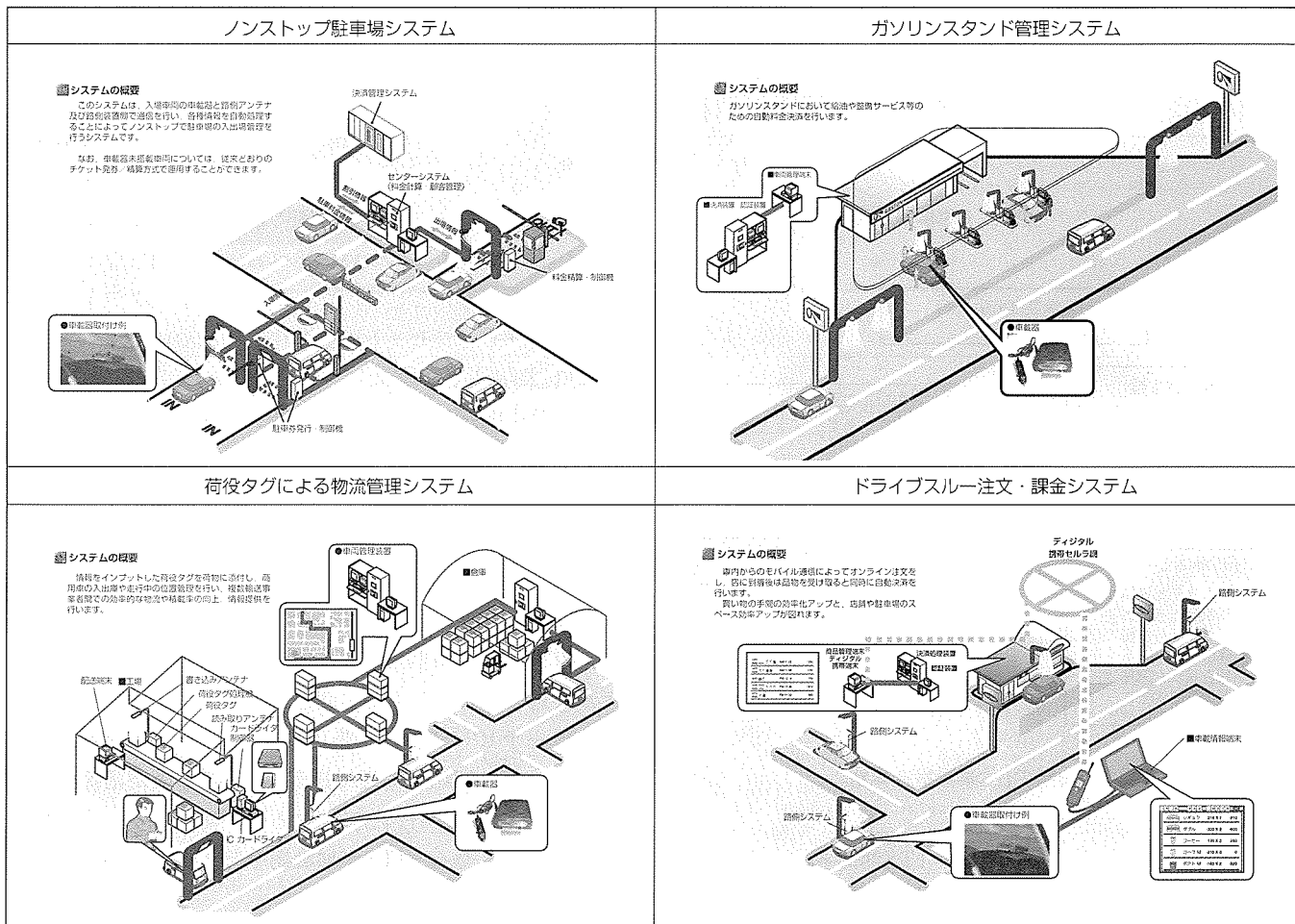


図 9. ITS(ETC)アプリケーション例

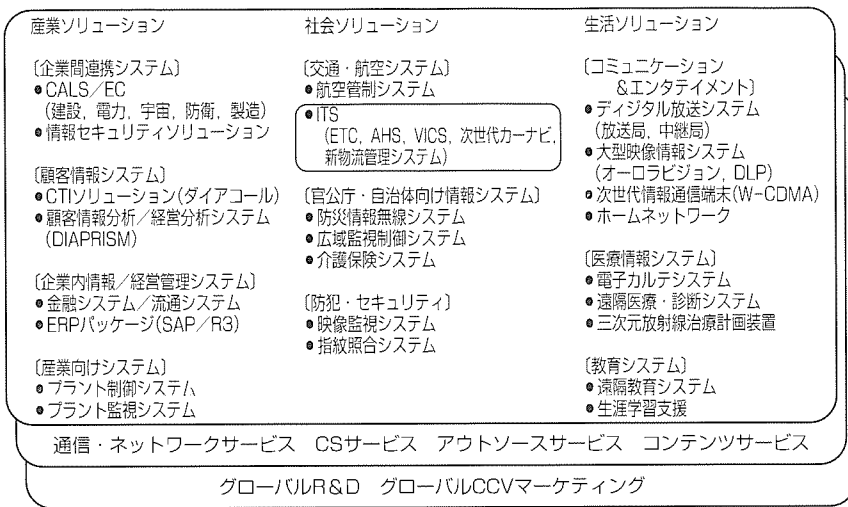
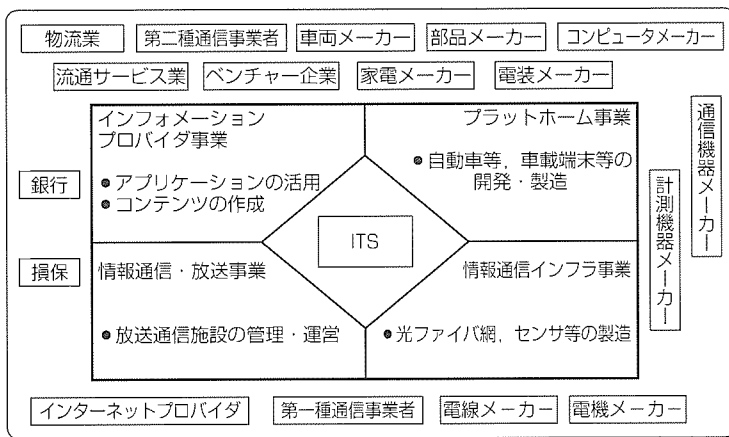


図10. 当社のCCVソリューション



出典: Intelligent Transport Systems¹⁷⁾

図11. ITS事業ドメイン

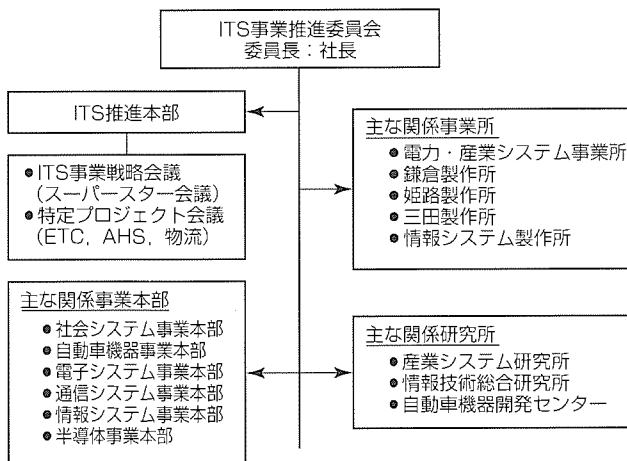


図12. 当社のITS事業推進体制

図12に当社の取組体制を示す。ITS事業推進委員会は、社長を委員長とし、ITS事業の審議と方向付けをするとともに、関連事業本部間の調整とフォローも行っている。ITS事業戦略会議は、ITS推進本部長を委員長とし、各

事業本部から選出された事業推進責任者(スーパースター)が実務レベルでの全体戦略、方針等の立案や策定を行う。そのほかETC, AHS, 物流等の特定プロジェクトに関しては、定期的に個別にプロジェクト会議を行っている。

4.2 取組の概要

当社のITS取組については、以下の内容ごとに分けてこの特集で述べているので、ここではその詳細は省略する。

(1) ITS要素技術の動向と当社の取組
 ITSと構成するインフラ、車両、通信の三つの要素技術について、その動向と当社の取組について述べる。

(2) ITS主要プロジェクトの動向と開発状況

現在国が中心となって推進しているVICS, ETC, AHSの三つのプロジェクトの動向と当社の開発状況について述べる。また、当社が独自に開発中の新物流システムの開発状況について述べる。

(3) 国際標準化とITSプラットフォームの動向

ITSの国際標準化に対する日本の取組状況及びシステムアーキテクチャに関する各国の取組と日本での策定状況について述べる。国際通信標準インタフェースをねらいとして、プロトコル、データディクショナリ、メッセージセットの標準化活動について述べる。

(4) ITS関連トピックス

ITS関連技術として、ITS評価シミュレータ、複合センサシステム、自動車用小型スキャンレーザレダについて、その概要を紹介する。

5. むすび

以上、ITSの最近の動向と当社の取組について述べた。このITS特集は'96年12月号に掲載してから2回目で、約3年が経過している¹⁹⁾。その間、ITSは景気対策の目玉となり、カーナビ(VICS)の普及や'99年度末からの日本初のETCサービス開始を間近に控えて、ITS事業が活況を呈してきた。また、連日ITSに関する新聞記事も多くなってきた。それは、やっとITSが揺籃期を終え、展開期に入ってきたからである。

ITSは、21世紀型情報通信ビジネスモデルであり、企業としては21世紀を生き残るための最初の登竜門であると言

っても過言ではないと思う。21世紀に向けて、産業構造は大きく変わり、いろいろな意味でのパラダイムシフトが起こるだろう。大げさに言えばそれはフュージョン(融合)であって、生物が混とん(沌)の中から生まれたようなプロセスがこれから始まるかも知れない。

同業種だけでなくゼネコンや自動車メーカーなど異業種との連携・合従連衡も急激に進むだろうし、種々の規制も緩和され、我々が電気自動車を製造する時代がやってくるかも知れない。現在の常識から未来を判断しては危ない。脱工業化が急激に進み、“モノ”の生産から情報の知的活用のソフトサービスの時代がやってくる。

その時代をにらみ、我々は、ITSを21世紀型ビジネスモデルとして、21世紀を勝ちぬく企業を目指して変身していかなければならない。その過程においては、ハードウェア供給メーカーに専念するか、又は情報サービス(ソフトウェア)企業に体質変換するか、等の選択を迫られるときが来るかもしれない。

幸い、当社は、日本最初に運用するETCシステム(東関東自動車道ほか)を富士通(株)とのJVで受注し、好スタートを切った。MISTY暗号もこのセキュリティシステムで採用される見込である。

このフォローアップの中で、ITS事業を更に拡大し、リーディングカンパニーを目指して頑張っていきたいと願う次第である。

参考文献

- (1) 5省庁連絡会議編：ITS関連5省庁年次レポート(平成10年度版)
- (2) 財団法人道路新産業開発機構：ITS HAND BOOK (1998-10)
- (3) 建設省道路局、都市局：平成11年度道路関係予算概要(1999-1)
- (4) 道路広報センター：ITSガイド (1999-7)
- (5) 電気通信技術審議会：ITS情報通信システム委員会報告 (1999-2)
- (6) 国土庁計画・調整局総合交通課編：マルチメディア社会の交通を読む (1997-2)
- (7) 株式会社三菱総合研究所：Intelligent Transport Systems — MRIのITSに関するとりくみ — (1997-6)
- (8) 株式会社三菱総合研究所：ITS 21世紀ランドデザイン設計業務報告書 (1998-3)
- (9) 綿谷晴司、大石将之：道路交通システムの現状とITSへの取組、三菱電機技報、70, No.12, 1152~1159 (1996)
- (10) 日本機械工業連合会・自動車走行電子技術協会編：平成10年度ITS(高度道路交通システム)関連産業の統計調査のための基礎調査報告書 (1999-3)

ITSのインフラ系要素技術

内原正一* 山根信吾*
 黒田伸一* 伊東正雄*
 野田博司**

要旨

ITS(Intelligent Transport Systems)は、人と道路と車両とを最先端の情報通信技術を用いてネットワーク化することにより、交通事故、渋滞などといった道路交通問題の解決を目的に構築する新しい交通システムである。大きく、インフラ系システム、車載系システム、通信ネットワークに分けられる。

ITSの九つの開発分野のうち、“ナビゲーションシステムの高度化”“自動料金収受システム”“安全運転の支援”“道路管理の効率化”“商用車の効率化”が具体化してきている。

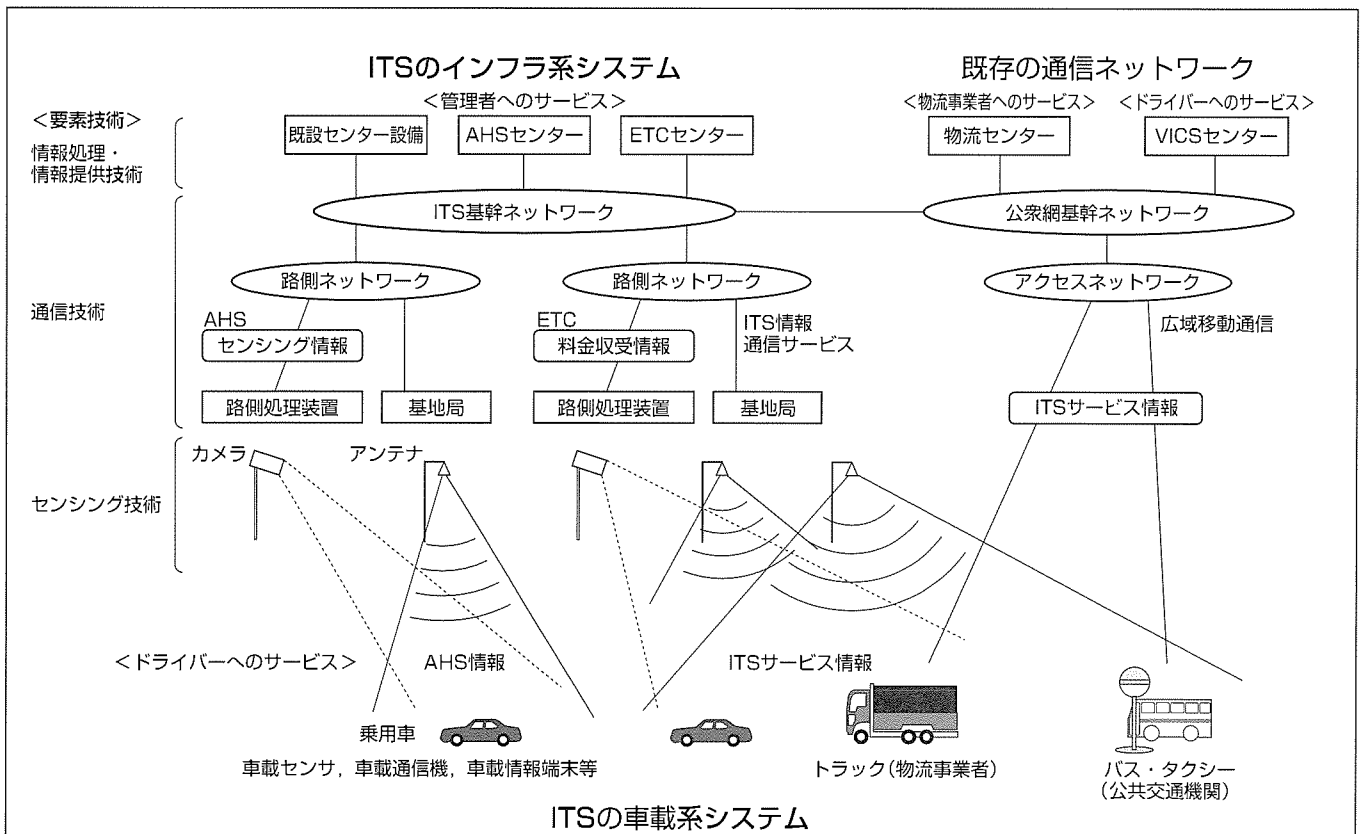
本稿では、これらの分野の利用者サービスを実現するためのインフラ系システムに必要な要素技術について述べる。その代表的なものは、センシング技術、通信技術、情報処理・情報提供技術である。

センシング技術では、停止・低速車両・渋滞検知、落下物等の障害物の検知において、精度の向上が望まれている。

三菱電機は、照度変動や外乱に強い独自のアルゴリズムによる障害物衝突防止を目的とした画像処理応用道路監視システムを製品化した。

通信技術は、ITS基幹ネットワークと路側ネットワークを構築する光通信技術、無線通信技術、通信プロトコルの三つに分割される。光通信技術では多重化技術、無線通信技術ではDSRC(Dedicated Short Range Communication)、通信プロトコルではIP(Internet Protocol)プロトコルについて述べる。

ITS導入によって道路交通情報の更なる高度化が必要となり、情報収集性能の向上や、道路形状データベース、地図情報管理、道路災害環境管理、災害予測、道路保安全管理、道路損傷予知、特殊車両・危険物管理等の新機能の導入が不可欠となる。その実現のためには情報処理・情報提供技術が重要である。



ITSの全体システム

図はITSの全体システムを示す。路側でセンシングされた情報は、路側ネットワーク、ITS基幹ネットワークを介して伝送され、センター設備又は路側処理装置で情報処理し、ITSの車載系システム等に情報提供される。

1. ま え が き

ITSは、人と道路と車両とを最先端の情報通信技術を用いてネットワーク化することにより、交通事故、渋滞などといった道路交通問題の解決を目的に構築する新しい交通システムである。

大きく、インフラ系システム、車載系システム、通信ネットワークに分けられる。ここで言うインフラ系システムとは、道路上や路側等に設置される路側設備、センター設備、これらを接続するネットワークで構成される。

九つの開発分野のうち、“ナビゲーションシステムの高度化(VICS)”“自動料金収受システム(ETC)”“安全運転の支援(AHS)”“道路管理の効率化”“商用車の効率化(新物流システム)”が具体化してきている。これらの分野の利用者サービスを実現するためのインフラ系の主要要素技術を表1に示す。車両位置検出、渋滞検知、障害物検知等のセンシング技術、有線/無線の通信技術、情報処理・情報提供技術が代表的な要素技術である。

本稿では、これらの要素技術の動向と当社の取組について述べる。

2. センシング技術

ITSインフラ系では、“安全運転の支援”の分野で、停止・低速車両検知、渋滞検知、障害物検知(落下物等)が必要である。これらの検知には画像処理センシングが主として用いられているが、天候変動や日照変動等の環境変動に影響されない24時間・全天候下での安定な検出と、移動する車両・障害物の位置・速度を計測するためのリアルタイム処理の実現が課題である。したがって、画像処理では夜間の検出能力向上のための赤外カメラ画像処理の併用、霧・雨天時等の視界不良時の検出能力の向上にはミリ波レ

表1. ITSのインフラ系要素技術の例

システム	利用者サービス	ITSインフラ系の主要要素技術
ナビゲーションシステムの高度化(VICS)	交通関連情報の提供, 目的情報の提供	<ul style="list-style-type: none"> ● 車両位置検出 ● 無線通信 ● 渋滞検知
自動料金収受システム(ETC)	自動料金収受	<ul style="list-style-type: none"> ● 無線通信 ● セキュリティ
安全運転の支援(AHS)	走行環境情報の提供, 危険警告, 運転補助, 自動運転	<ul style="list-style-type: none"> ● 停止・低速車両検知 ● 渋滞検知 ● 障害物検知(落下物等) ● 異常走行検知 ● 有線/無線通信
道路管理の効率化	維持管理業務の効率化, 特殊車両等の管理, 通行規制情報の提供	<ul style="list-style-type: none"> ● 車両位置検出 ● 有線/無線通信 ● 道路形状データベース管理
商用車の効率化(新物流システム)	商用車の運行管理支援	<ul style="list-style-type: none"> ● 車両位置検出 ● 無線通信 ● 広域移動通信

ーダとの複合センシング技術の適用が検討されている。

“ナビゲーションシステムの高度化”や“商用車の効率化”の分野では車両位置の検出が必要である。位置検出にはGPS(Global Positioning System)が広く用いられているが、地図との整合を図るため、精度の向上が望まれている。

2.1 画像処理センシング

道路システムにおける画像処理センシング技術は、トンネル内の速度・車間距離警告の用途で開発し実用化され、その後、停止・低速車両検知、渋滞検知、障害物検知など、用途の拡大に伴ってアルゴリズムが工夫され発達してきた。

当社は、停止・低速車両検知と渋滞検知に最適なアルゴリズムを既に保有しており、さらに、障害物検知(落下物等)も可能なアルゴリズムを開発し、障害物衝突防止を目的とした画像処理応用道路監視システムを製品化した。

2.1.1 停止・低速車両検知と渋滞検知

停止・低速車両と渋滞を検知するためには、濃淡画像を用い、走行車両抽出と照明変動除去のためのフレーム間差分と停止車両抽出のためのエッジ抽出処理を併用して車両を検出する方式が多く採用されている。

当社は、これに対して、道路進行方向(移動方向)を縦軸、時間軸を横軸とする時空間画像を生成し、流れ状況と変化のトレンドから車両(速度・距離)を判定する独自の手法を開発し、渋滞検知システムなどに適用した。形状を見るのではなく、時間軸での変動パターンから判定するため、外乱に強く昼夜同一処理が可能という特長を持っている。また、処理が比較的手軽で済むため、この用途に限定すれば安価・小型のシステムが実現できる。

2.1.2 障害物検知

停止・低速車両検知と渋滞検知だけでなく落下物等の障害物も検知したいというニーズに対応するため、背景差分をベースにした車両抽出・障害物検出手法が用いられる。この場合は、照度変動や外乱に対する対策が課題となる。

当社は、照度変動や外乱に強いテクスチャ情報(領域ごとの輝度・模様・形状)を使用した背景差分方式により、車両認識、位置計測の高精度化を実現した。この方式は、可視画像と赤外画像の両方に対応できるため、赤外カメラを併用して夜間も安定に検出できる。また、環境変動等の外乱にも強く、車両と障害物を共に認識できる特長がある。

2.2 複合センシング

画像処理センシング技術の進歩により、通常の天候下での車両や障害物の検知には、実用上十分な精度が得られるようになってきた。しかし、霧・雨天時等には、入力画像の濃淡の差が十分得られないため、画像処理だけでは検知精度の向上に限界がある。したがって、更にセンシングの精度を高めるためには、画像処

理以外のセンシング技術を併用又は複合化する必要がある。その候補としては、レーザレーダ、ミリ波レーダがある。

ミリ波レーダは、レーザレーダに比べて波長が長く減衰しにくいいため、雨・霧等の影響を受けにくい。そこで、霧・雨天時等の視界不良時の検出精度を向上させるために、画像処理センシングとミリ波レーダによるセンシングとの複合センシング技術の適用が検討されている。

2.3 GPSによる車両位置センシング

GPSは、衛星からの電波の到達時間を基に位置を検出するシステムで、現在ではカーナビゲーションシステムのほとんどに採用されている。

一般のGPSの測位精度は100m程度であるが、既に、測位精度数mのDGPS(Differential GPS)方式が実用化されている。DGPSでは、GPS基準局の定点観測で得られる誤差情報を、放送や無線で測位点の移動局に送ることによって誤差を補正して精度を上げている。

当社は、更に精度が高く、測位精度が数cmのリアルタイムキネマティックGPSを使用した高精度車両位置測定装置を開発した。

リアルタイムキネマティックGPSは、搬送波の位相を基に位置を検出しており、高い測位精度を得ることができる。

3. 通信技術

ITSを支える通信のインフラとしては、道路利用者へのサービスを実現する高度な通信技術が必要となる。通信技術のベースとなるのは、通信プロトコルと通信ネットワークである。

通信プロトコルは、コンピュータネットワークの進展とインターネットの進展により、IPプロトコルが今後の主流になると考えられる。

通信ネットワークは、光通信技術を適用した光ネットワークと無線通信技術を応用した路車間通信に分けられる。ITSでは、路側に設置された各種センサ装置からの情報を基にした安全運転支援のための提供情報や自動走行のための制御情報、ETCの料金収受情報、ルートガイダンスの提供情報など、多くのITS情報がネットワークを介して通

信される。

光ネットワークは、路車間通信機器や路側機器の収容を行う路側ネットワークと、路側ネットワーク間や公衆網との間を接続するITS基幹ネットワークとに分類される。

路車間通信は、路側ネットワークと走行中の車両間で双方向のデータの授受を行うもので、DSRCの適用が検討されている。

3.1 路側ネットワーク

路側ネットワークでは、路側に配備される各種機器を収容することから、インタフェースが重要となるとともに、以下の情報通信に対応できる必要がある。

- (1) AHS路側処理装置からの障害物検出情報や路車間通信による危険警告、運転補助、自動運転に要求されるリアルタイム性
- (2) ETCの料金収受情報の通信に要求される高信頼・セキュリティ
- (3) VICS情報等マルチメディア情報を中心とする将来の高度情報通信サービスとの相互運用・相互接続

これらの条件を満たす路側ネットワークに適用されるネットワークを多重化技術を基に分類し、その種別と特徴を表2に示す。

イーサネットには10M、100M、1 Gbpsの速度クラスがあるが、マルチメディア情報の取扱いが要求されることから、今後は100Mbps以上が主流になると考えられ、メディアごとの優先制御を行うためのQoS(Quality of Service)が重要となる。イーサネットは、ハードウェア、プロトコルともEWS/パソコン等の情報処理とのインタフェースが完備しており、ヒューマンインタフェース系のマルチメディアに適している。

今後は、100Mbps以上のイーサネットを使うことで、端末系やリアルタイム系等にも適用が進むと考えられる。

直接多重型のSDHネットワークは、容易にマルチメディアネットワークを構成することができることと、インタフェースの種類が豊富であり取扱いが簡単であるため、音声・データ・画像などのマルチメディアを新旧のインタフェースが混在する現場機器へ収容するのに適している。

表2. 路側ネットワークに適用されるネットワーク種別とその特徴

ネットワーク	高速性・リアルタイム性	信頼性・セキュリティ	マルチメディア対応	インタフェース種別	伝送速度(bps)	その他
イーサネット	△ CSMA/CD方式による待ち合わせ	○	○ QoSが課題	○ 1種類	10M 100M 1G	●多重効果あり ●帯域確保困難
直接多重型SDH	◎ 遅延時間一定	◎	○ メディアごとに帯域が必要	◎	155M 620M 2.4G	●帯域が確保される ●交換機能なし
A T M	○ 遅延時間制御	○ セル廃棄の問題	◎	△ CLADが必要	155M 620M	●統計多重効果あり ●交換機能あり

ATMは、メディアごとのQoSが考慮されていることや統計多重効果による効率の良さが特長であるが、まだATMインタフェースを持つ機器は少なく、CLAD(Cell Assemble Disassemble)機能が必要となる。しかし、交換系と伝送系の機能を持っているので、切換え機能を活用して多くの画像を効率良く収容するのに適している。

現時点では、ネットワーク構成と収容端末によって最適構成が変わるので、当社は、上記いずれのネットワークも対応可能な開発をしている。

3.2 ITS基幹ネットワーク

ITSサービス区間内のリアルタイム情報は主として路側ネットワークで取り扱われ、ITS基幹ネットワークでは、情報処理に必要な情報や管理情報など画像情報も含めた大量のデータ通信が必要となる。また、地理的にも広域にわたるため、長距離伝送も必要となる。路側ネットワークよりも高速の、600Mbps以上の高速ネットワークが中心となり、プロトコルとしては、情報処理に適したTCP(Transmission Control Protocol)／IPプロトコルが中心になると考えられる。したがって、高速ネットワークへのIPプロトコルのマッピングが重要な課題で、IP over ATM、IP over SDH等の技術が実現されつつある。

4. 情報処理・情報提供技術

現在の道路管理システムでは道路利用者へ安全・快適・円滑な道路走行環境に関する情報を与えるため様々な情報提供を行っているが、ITS導入によって更に高度化された道路交通情報を提供することになる。

情報の高度化に伴い、詳細化・広域化・即時化が更に求められ、人的作業を高度な判断業務に特化させ、自動で処理できる範囲を拡大して運用者の負荷軽減、運転の省力化を図ることが必要である。

そのためには、情報収集性能の向上や、道路形状データベース、地図情報管理、道路災害環境管理、災害予測、道路保全管理、道路損傷予知、特殊車両・危険物管理等の新機能の導入が不可欠となる。

4.1 情報収集性能の向上

既存の情報収集系に加えて、新たに次の情報収集が必要となると考える。

(1) AHS-i路側からの情報

走行位置、渋滞末尾、路面状況(道路損傷、陥没等)、路上障害物、走行車両からの所用時間等

(2) ETC路側からのETC車の通行に関する情報

インター流入時の積載重量、特殊車両通過、危険物搭載車両通過等

- (3) 路車間通信(双方向)を通じての道路パトロール車両、作業車、特殊車両の位置情報
- (4) 管理センターにおける道路形状データベースからの事故・渋滞地点の道路形状情報等

4.2 情報処理系

既存及びAHS-i路側、ETC路側、路車間通信を通じての車両位置情報、道路形状データベース等の新規情報収集系から収集したデータを管理・編集し、次の処理を行う。

- (1) ETC路側から収集した車重、交通量等の情報から道路損傷予測支援を行う。
- (2) AHS-i路側から収集した路面状況、上記の道路損傷予測支援等から道路保全作業計画支援情報を生成する。
- (3) 各種センサからの土砂崩れ、越波等の災害や道路構造物の劣化等による被害発生を事前に予測し、災害イベントや通行規制イベントを自動生成する。
- (4) 過去のイベントデータを蓄積・加工し、事故や渋滞情報等をデータベース化する。

4.3 情報提供系

情報処理系で処理された情報の提供を行う。

- (1) 情報板、VICS、道路情報ラジオ、情報ターミナル等の既存の情報提供系システムやAHS-i車載器、次期VICS車載器等の新規情報提供系システムを通じて、災害情報や通行規制情報等の情報提供を行う。
- (2) 他局や関連他機関へ災害情報の情報提供を行う。
- (3) 管理事務所や工事事務所の端末へ災害情報(画像、文字)、通行規制情報、路面状況(道路損傷、陥没等)、道路損傷予測の各種情報を提供する。

AHS-i路側、ETC路側などITS関連設備の導入に伴い収集情報量が増大するが、収集した各種データからの最適な自動イベント生成や災害予測、災害発生検出アルゴリズムの確立、道路損傷予測アルゴリズムの開発、道路保全管理データベースの構築が今後必要となると考える。

5. むすび

21世紀を支えるITSはこの特集で紹介する主要プロジェクトで既に実用化が進みつつあり、建設省のスマートウェイ構想を受けて加速されると考えられる。今後、当社は、総合電機メーカーとしての広範囲な技術シーズに基づいて、ITSの実現に貢献するため技術の確立を目指す所存である。

参考文献

- (1) 技術研究組合 走行支援道路システム開発機構：第3回AHS研究報告会 (1999)

ITSの車載系要素技術

佐藤眞一* 浅山嘉明**
赤須雅平**
堤 和道**

要 旨

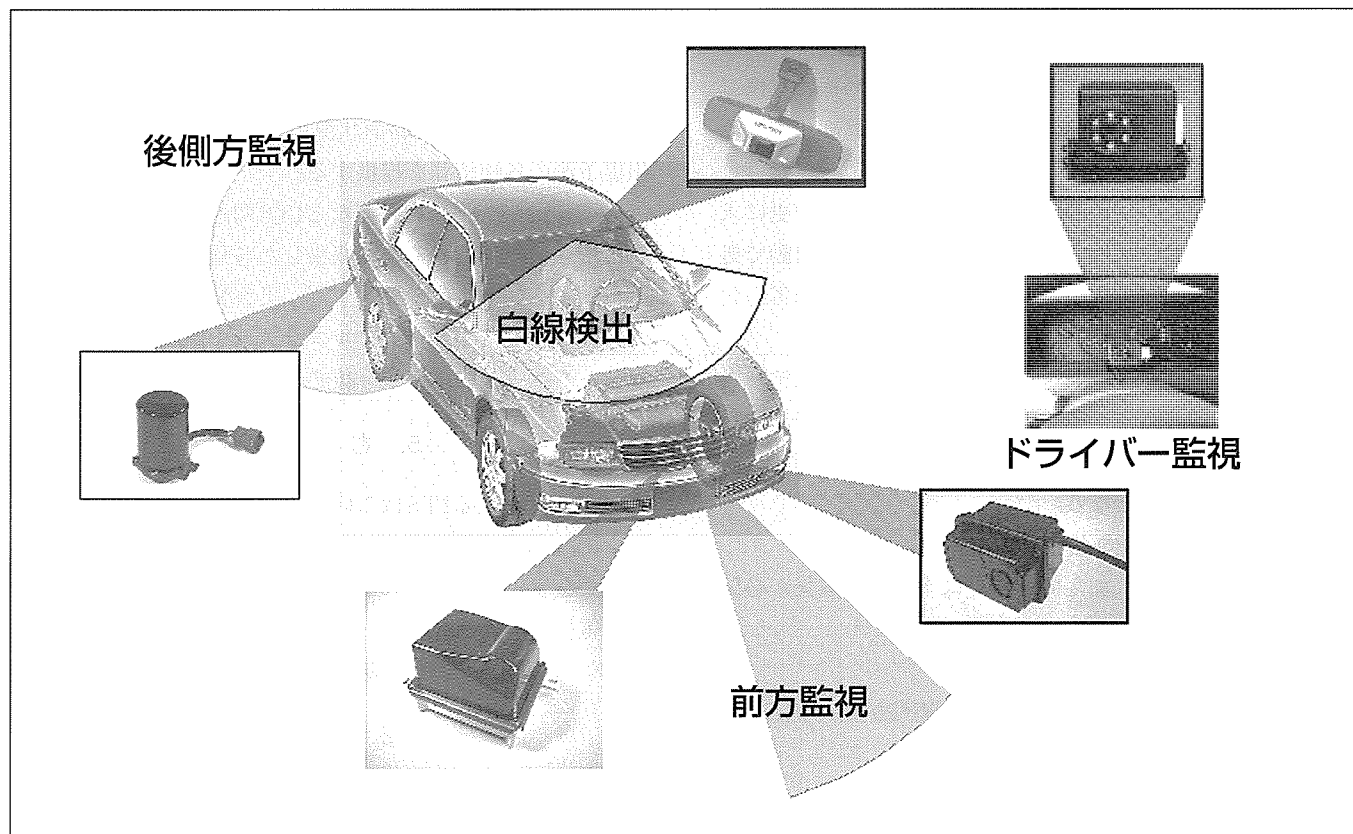
ITS(Intelligent Transport Systems)時代の幕開けに当たり、三菱電機では、長年培ってきた防衛・宇宙分野での電波・光関係高度先端技術と自動車分野での車両制御技術を融合させ、ITS対応自動車技術を開発している。

ITSの車載系要素技術は情報技術と制御技術に大別できる。情報技術については車載ナビゲーションの論文で述べるので、本稿では制御技術、なかんずくセンサ技術を中心に述べる。

自動車に特化して考えるとき、自動車の安全運転支援の一つである予防安全システムはドライバーの操作ミスに起因する事故を事前に防止するシステムとして非常に重要で

ある。

ここでは、自動車に搭載するセンサを、前方監視センサ、後側方監視センサ、ドライバーセンサに大きく分類し、それらセンサとして、レーザレーダ、ミリ波レーダ、カメラ、ドライバー監視センサなどを取り上げ、その技術動向と当社の取組について述べる。21世紀でのITS時代においては、センサフュージョン技術と認識技術も必要であり、個々の車載センサの性能向上、低コスト化とともに、種々のセンサから得られる種々の情報を処理・認識し、その結果に基づいて自動車を制御していく研究・開発が必要と思われる。



車載センシングシステム

車載センサには一長一短があり、個々のセンサの性能向上、低コスト化は今後とも必要であるが、種々のセンサから得られた種々の情報を処理・認識し、その結果に基づいて自動車を制御していく研究・開発も必要と思われる。

1. ま え が き

車載センサ実用化の歴史を調べると、1970年のマニホール圧センサの実用化、'80年前後でのエンジン制御センサの時代、'90年前後でのGPS(Global Positioning System)やレーザレーダなどを用いた走行支援センサの時代と10年置きに大きな波がきていることが見られる。現在はミリ波レーダや画像センサなどが開発されており、2000年前後にはそれらの実用化がなされ、環境認識センサの時代が来ると考えられる。

ドライバーが運転するときの情報は90%以上が目から得ていることを考えると、視覚センサは最も重要である。また、ドライバーは、見るだけでなく、判断する機能が優れている。ドライバーの見る機能、判断する機能を自動車に持たせるために、周辺の環境とドライバーの状態を検出するセンサの開発が鋭意進められている。

本稿では、車載センサを前方監視センサ、後側方監視センサ、ドライバーセンサに分類し、それらセンサとして、レーザレーダ、ミリ波レーダ、カメラ、ドライバー監視センサなどを取り上げ、その技術動向と当社の取組について述べる。

2. 前方監視センサ

このセンサとしては、レーダとカメラがある。ここでは、レーダとしてレーザレーダ及びミリ波レーダ、カメラとして立体認識のためのステレオカメラ、小型化をねらった処理部一体型カメラについて述べる。

2.1 レーザレーダ

レーザレーダについては、本誌の別稿“自動車用小型スキャンレーザレーダ”に紹介されているので、ここでは簡単に述べる。

レーザレーダは'89年から量産タイプが出てきた。これは、日産ディーゼルの大型トラック用車間距離警報装置として採用されている。この時代のレーザレーダは、形状が大きく、重く、かつ高価であった。その後、'95年に三菱自動車が乗用車に当社製のメカニカルスキャン式レーザレーダを搭載したのを皮切りに、トヨタ、日産も乗用車に搭載した。これらのレーザレーダは、一段の性能向上と小型・低価格化が図られている。最近では二次元スキャン式のレーザレーダも出現している。レーダの設置場所はほとんどが前方バンパー上かラジエタグリルに装着するが、防水や汚れなどの耐環境性対策を必要としない安価な車室内装着タイプも発表されている。

日本では、自動車の後部には、光を反射するリフレクタを設置することが義務付けられている。レーザレーダは、近赤外レーザビームを発射し、先行車のリフレクタで反射して戻ってくる時間を計測して車間距離を測定する。外国

ではこのリフレクタがない車が多く、また、リフレクタがあっても汚れていたり、雨、霧、雨天時の先行車による水しぶきなどの影響によって測定性能が低下する問題がある。

2.2 ミリ波レーダ

ミリ波レーダに使用される周波数と最大出力は電波法で規制されている。日本では、自動車用として、大気中の酸素による減衰の大きい60GHz帯を利用する小電力ミリ波レーダが'95年に割り当てられた。その後、'97年には、道路交通分野での利用として76GHz帯が割り当てられた。米国では、24GHz帯、47GHz帯、76GHz帯が割り当てられており、94GHz帯、139GHz帯は将来の割当てに向けて検討中である。欧州では、自動車用レーダの周波数として76GHz帯が設定されている。このように自動車用のミリ波レーダは日米欧で開発が進められているが、自動車メーカーが本格的に採用するには至っていない。ミリ波レーダはレーザレーダと比較して雨や霧などの悪天候時の検出信頼性が高いので次世代の自動車用レーダとして期待されており、日米欧共通で利用できる76GHz帯を使用したレーダの開発競争が本格化している。

ミリ波レーダは既に'70年代から自動車用として研究開発されているが、ミリ波技術の民生品としてのマーケットがほとんどなく、その結果、ミリ波回路部品が極めて高価であり、実用化には至らなかった。しかし、'90年代になって開発を手掛けるメーカーが急増し、開発競争が激しくなっている。現在ミリ波レーダを開発しているのは、外国では、ADC、ボッシュ、トムソンCSF、DELPHI、TRW、VISTEONなど、日本では、三菱電機、富士通テン、デンソー、カンセイ、古河電工、日立などと多い。このような中であって、ダイムラー・ベンツは世界で初めてADC社製76GHz帯レーダを注文装備したSクラス車を'99年6月に発売し、日産も同じレーダを装備し車間距離を自動制御する車を'99年7月に発売した⁽¹⁾。

図1は、車間距離制御システムや衝突防止システムの車両・障害物検出センサとして当社が開発中の76GHz帯車載レーダの外観を示す。このレーダ開発においては、当社の防衛・宇宙分野で培ってきたアンテナ技術、ミリ波回路技

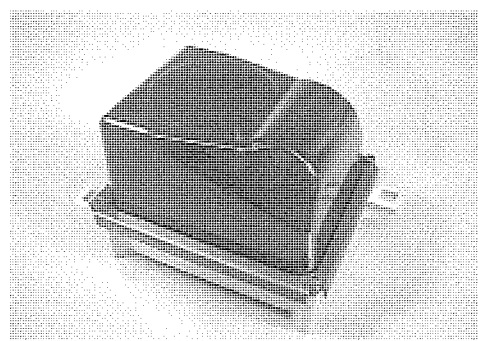


図1. ミリ波レーダの外観

術、レーダ技術が採用されており、特に、76GHz帯MMICを採用することにより、小型、高性能、高信頼性を実現している。このレーダでは、先行車との距離と相対速度の同時計測が可能であり、また、反射物の多い日本国内での道路でも誤検知が少ない特長を持っている。表1は、図1の車載レーダの仕様例を示す。

2.3 ステレオカメラ

車両に搭載したCCD(Charge-Coupled Device)カメラを用いて走行レーン、先行車、落下物など走行環境を認識するには、ドライバーが行っている認識と同等なレベルの認識が必要である。このためには立体認識が要求される。また、走行中の車両ではピッチングやヨーイングによって画面がぶれるので、画像認識が不安定になるのを防止するためにもステレオカメラによる立体認識が必要となる。最近、富士重工業は、ステレオ画像を用いて安全運行のための情報提供、車両制御を行うドライバー支援システムを開発し、'99年度中の実用化を発表した⁽²⁾。

図2に当社の車載ステレオカメラの外観を示す。距離検出は三角測量の原理を用いている。

カメラは、人間の目と同じように、逆光時にはまぶ(眩)しく、夜間には照明、雨天時にはワイパーが必要などの欠点がある。しかし、ドライバーが見ている物はすべて見えるという利点があり、ドライバーの運転支援には便利なのである。

2.4 処理部一体型カメラ

ピッチングやヨーイングによって画面がぶれる場合には適さないが、安価であるということから単眼カメラが注目されている。

図3に、当社が開発中の処理部一体型カメラの外観を示

表1. ミリ波レーダの仕様例

周波数	76.5GHz
距離測定範囲	0~120m(乗用車)
距離分解能	1m
相対速度測定範囲	-100~+200km/h
速度分解能	1km/h

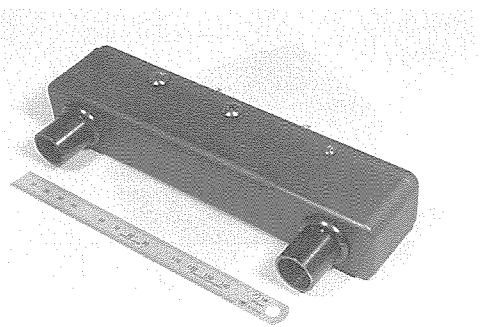


図2. ステレオカメラの外観

す。このカメラでは、撮像部と画像処理部を一体化することにより、小型、軽量、低価格化を実現している。このカメラは、画像処理によって道路の白線、道路形状、先行車両などを検出し、走行制御、車線逸脱警報などに使用される。図4に、このカメラを用いた道路白線検出、先行車両検出の様子を示す。

3. 後側方監視センサ

後側方監視センサとしては、走行時の死角センサ、ラテラル測距センサ、走行時の隣車線監視センサなどがある。また、後方監視のみとしては、車庫入れや後退時の監視センサ、走行時の後続車監視センサなどがある。後方監視センサとしては超音波を用いたセンサが用いられている。後側方監視センサとして、超音波、電波、光を応用したレーダとCCDカメラを使用した認識技術をどのように使いこなすかがポイントと考えられる。ここでは、当社が開発中の後側方監視用レーザレーダについて述べる。

図5に後側方監視用レーザレーダの外観を、図6にその覆域を示す。このレーダでは、細く絞ったレーザビームを270°の範囲にわたって光学的に走査し、物体からの反射光が戻ってくるまでの時間を計測することにより、物体までの距離、物体の方向を測定することができる。車両後部のコーナー部に搭載することにより、車両側方と後方を監視することができ、また、対角線上のコーナー部に2台搭載することにより、車両の全周を監視することができる。

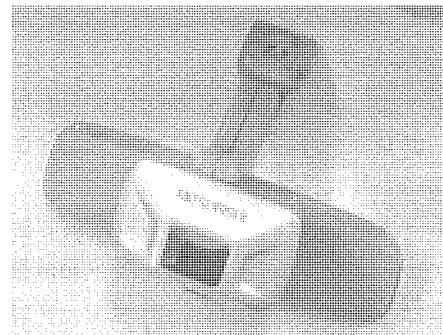


図3. 処理部一体型カメラの外観

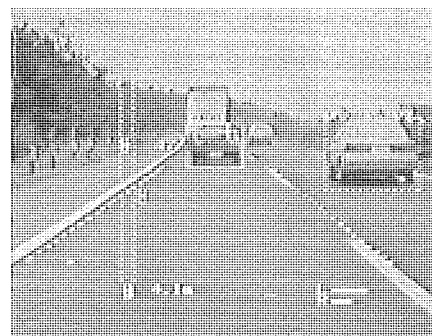


図4. 処理部一体型カメラを用いた先行車両検出例

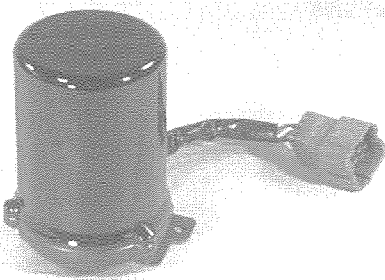


図5. 後側方監視用レーザーダの外觀

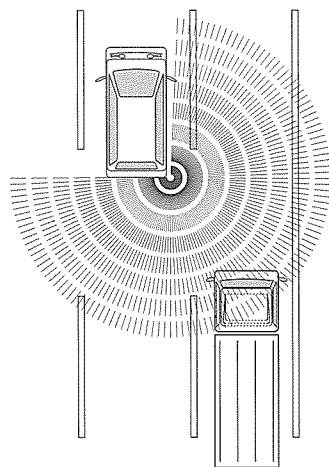


図6. 後側方監視用レーザーダの覆域

4. ドライバーセンサ

ドライバーセンサ(乗員センサ)としては、主にドライバーの居眠りなどを監視するドライバー監視センサと、ヒューマンインタフェースとしてのドライバー意思検出センサ、及びスマートエアバッグシステムやセキュリティシステムに必要なドライバー認識センサがある。

ドライバー監視センサとしては、その代表的なものとして覚せい(醒)度検出センサがある。覚醒度を推定する方式としては、脳波や眼電位などの生体信号から推定する方法、生理指標として脈拍、心拍、まばた(瞬)きなどから推定する方法、運転状態(蛇行)から推定する方法などがある。運転状態から推定する方法は、前方を撮影したカメラの画像から白線を検出し、その白線のふらつきから覚醒度を推定するものである。

ドライバー意思検出センサとして注目されているのは音声認識装置であり、既に音声ナビに採用されている。

ドライバー認識センサは、サイドエアバッグの作動、チャイルドシートの向き、子供や女性などの小柄な体型に対してもエアバッグの作動を最適条件にするために重要である。提案されているセンサとしては、CCDカメラ、赤外線センサ、超音波センサ、質量センサなどがある。

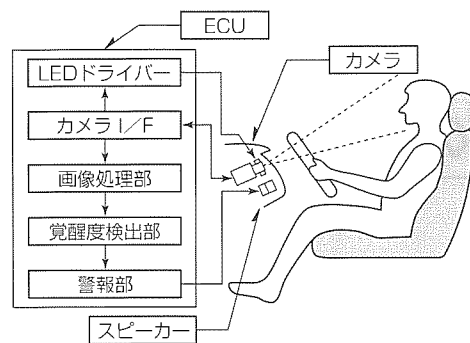


図7. 覚醒度推定装置の構成

ここでは、ドライバー監視センサとしての覚醒度検出のために当社が開発中の、瞬きを検出する方式について述べる。この方式は、個人的なばらつきはあるが、目の開閉速度と“眠い”ということには相関があることを利用している。

運転中のドライバーの瞬きを検出して覚醒度を推定する装置の構成を図7に示す。この装置では、インストルメントパネルに設置したCCDカメラによって撮像したドライバーの顔画面を処理して瞬きを検出する⁽³⁾。検出した瞬きのパターン変化によって覚醒度を推定する方法である。夜間はCCDカメラによる顔画像の撮影が困難なので、近赤外LEDで顔を照射し、眼の網膜反射現象(どう(瞳)孔から入射した照射光が網膜で反射され、再度瞳孔から照射方向に放射される現象)を利用している。小型・低価格であり、実時間処理を実現している。

5. む す び

ITSの車載系要素技術について述べた。現段階では、個々のセンサの性能向上、低コスト化に主眼が置かれ、早い時期での実用化のために開発が進められている。しかし、21世紀でのITS時代を考えたときには、個々のセンサには一長一短があり、センサフュージョンの技術が必要になってくるものと考えられる⁽⁴⁾。最終的に自動運転を目指すとき、人間の目や耳などのセンシング機能とともに人間の頭(脳)の機能である認識機能も必要になってくる。今後、車載センサから得られた情報を処理し認識し、その結果に基づいて自動車を制御していく研究も活発化してくるものと考えられる。

参 考 文 献

- (1) レーダで車間距離保つ, 読売新聞 (1999-7-6)
- (2) 世界初のステレオ画像方式, 富士重安全運行車両制御システム, 日刊自動車 (1999-5-14)
- (3) 特集“クルマとの調和に貢献する自動車機器技術”, 三菱電機技報, 70, No.9 (1996)
- (4) 山崎弘郎, 石川正俊: センサフュージョン, コロナ社 (1992)

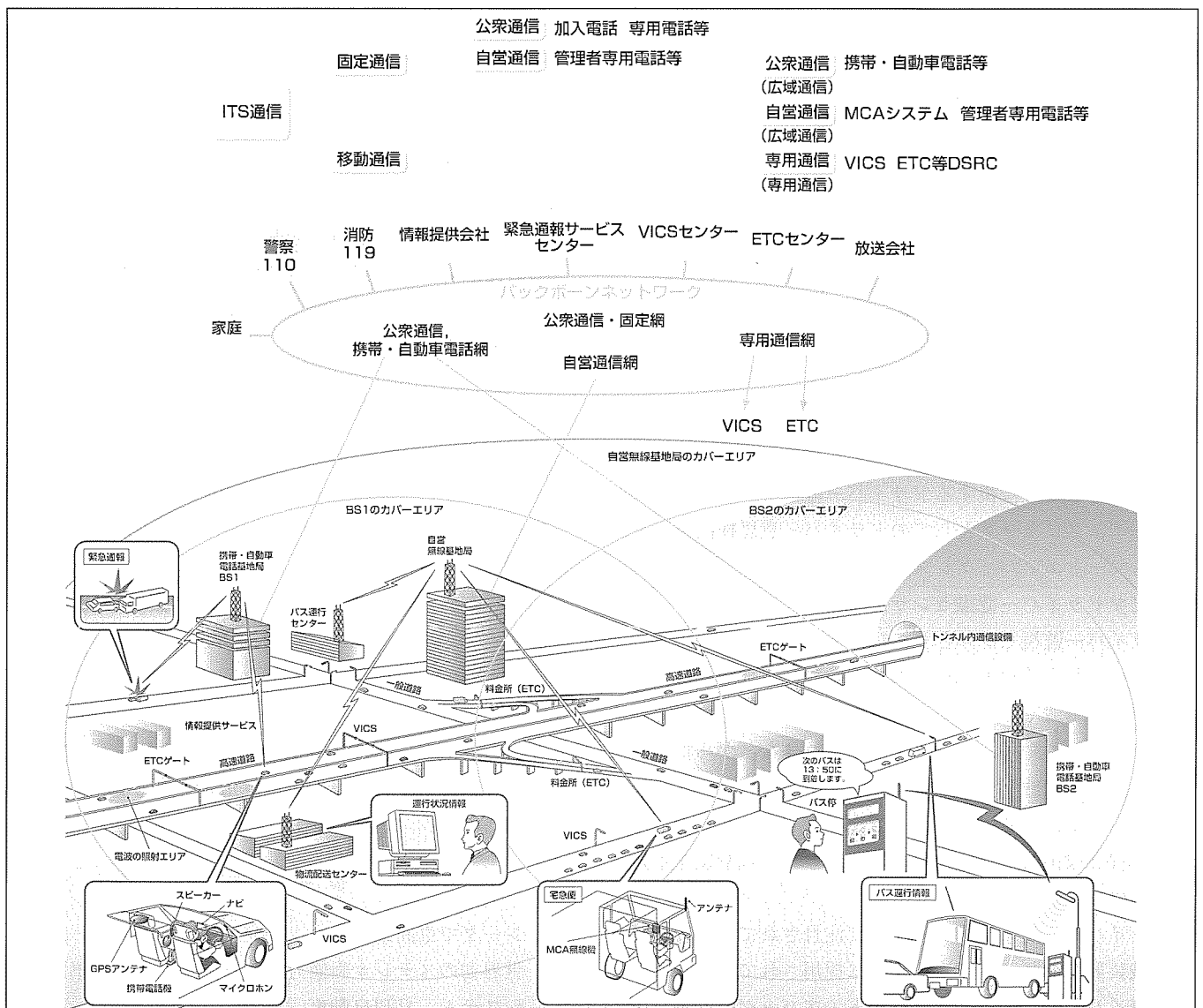
ITSの広域移動通信技術

児山淳弥*
小野英世**

要旨

平成8年(1996年)7月, ITS(Intelligent Transport Systems)関係5省庁の発表した「高度道路通信システム(ITS)推進に関する全体構想」の中では, ナビゲーションシステムの高度化, 商用車の効率化など九つの開発分野と, 交通関連情報の提供, 商用車の運行管理支援など20の利用サービスが定義され, 開発分野別に研究開発, 展開に関する産官学の努力目標を設定している。

これらITSの各種サービスを実現する上で大きな支柱となるのが通信である。通信には, 大きく分けると固定通信, 移動通信があり, さらにそれぞれに公衆・自営・専用通信など多様な通信システムがあるが, このうち移動通信は, ITSの各種サービスを実現する上で中枢機能を果たすものとして特に重要である。



ITS情報通信システムのサービスイメージ

移動中の車両は, 携帯・自動車電話, MCA (Multi Channel Access), VICS (Vehicle Information and Communication System), ETC (Electronic Toll Collection System)などのシステムを通して, 音声通信のほかに, 道路・交通情報サービス, 各種情報提供サービス, 110/119番サービス, 自動料金徴収サービス等を受けることができる。携帯・自動車電話, MCAなどのシステムでは, 1無線基地局で広域をカバーすることによって広いエリア(面状)でサービスが可能であり, ETC, VICS(通信)では, スポット状のサービスによって局所的サービスが可能となる。

1. ま え が き

ITSの各種サービスを実現する上で重要なキーとなる移動通信システムは、携帯・自動車電話、MCA等の広域通信システムとETC等に使われる狭域通信システムに分類されるが、本稿では、広域通信システムを中心に九つの開発分野の中から、ナビゲーションシステムの高度化、商用車の効率化等の利用例と動向を紹介する。

2. ITSを支える携帯・自動車電話システム — ナビゲーションシステムの高度化 —

快適なカーマルチメディアの実現には、VICSサービスで得られる道路・交通情報のほかに、タウン情報、レジャー情報、ニュース・天気予報といった各種サービスが欠かせない。

これらのカーマルチメディアサービスを実現する上で、携帯・自動車電話システム(以下“携帯電話システム”という。)は重要なファクタであり、既に携帯電話システムを利用してCOMPASS LINK(コンパスリンク)やMONET(モネ)、ITGS(Intelligent Traffic Guidance System)等のカーナビ向け情報提供サービスが実施されている。一例として、図1の①はCOMPASS LINKのシステム系統図を、図2はその車内通信システムの構成を示したものである。このシステムでは、ドライバーがボタン一つでサービス会社が運営する情報センターから欲しい情報を入手し、それを音声伝達又はディスプレイ表示のようにになっている。

また、万一の交通事故時等に対応できる安全サービスの提供が望まれているが、このような緊急時の情報サービス(E-call System)も携帯電話システムを利用して実用化の検討が進められている。図1の②は、検討されている緊急情報サービスシステムの一例である。このシステムでは、事故発生時等に、エアバッグ動作と連動して携帯電話を自動発呼してE-callセンターに接続し、通報を受けたセンタ

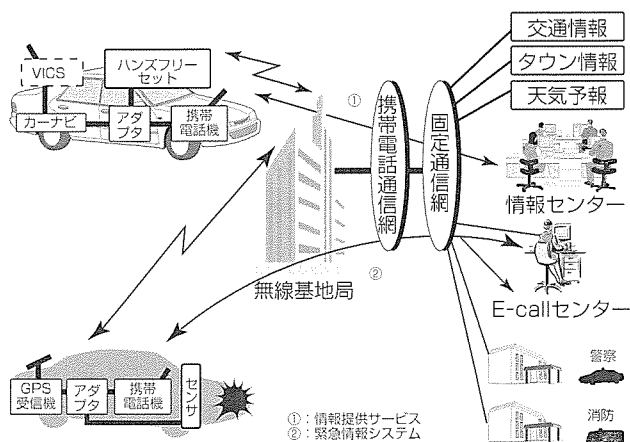


図1. 移動通信サービスシステム例

一のオペレータは、事故車を呼び出して状況を確認し、必要に応じて警察や消防等に連絡をする。なお、GPS受信機と連動して位置情報を付加して発呼することも可能である。

以上のように快適で安全なマルチメディアカーライフを実現する上で携帯電話システムは極めて重要な中枢インフラであるが、現在の携帯電話システムのPDC(Personal Digital Cellular)やcdma One方式ではデータ伝送速度が9.6~14.4kbpsであり、より高速な伝送路の実現が望まれている。このため、1999年末にはcdma One方式携帯電話システムによる64kbpsのパケット通信サービスが計画されており、さらに2001年春には次世代携帯電話システム(International Mobile Telecommunications-2000:IMT-2000)のサービス開始が計画されている。IMT-2000では、自動車等による高速移動時でも144kbpsのデータ伝送速度サービスが可能となり、一層快適なカーマルチメディアが実現されるものと期待される。表1に、現在使われているPDCと次世代のIMT-2000方式の主要諸元を示す。

一方、運転中のインターネット利用もカーライフに欠かせないが、移動無線伝送路が固定伝送路に比べて伝送条件が悪いこと、端末の表示画面の大きさに制限があることなどがインターネット接続上のハンディキャップとなっている。この欠点を補い移動中での快適なインターネット接続を実現するため、移動通信システムへの適用を考慮した通信プロトコルとして、WAP(Wireless Application Protocol)や記述言語POIX(Point of Interest Exchange Language)等の標準化が進められている。

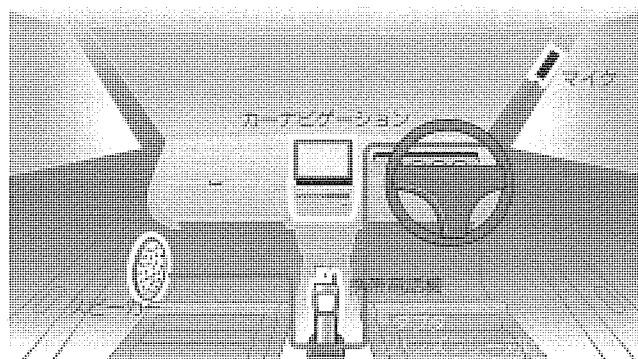


図2. カーナビの車内通信システムの構成

表1. 携帯電話方式の比較(PDCとIMT-2000)

	PDC	IMT-2000
無線周波数帯	800MHz帯及び1.5GHz帯	1.9~2.0GHz帯
無線アクセス方式	TDMA方式	CDMA方式
データ伝送速度	9.6kbps(回線交換) 28.8kbps(パケット交換)	高速移動: 144kbps 歩行移動: 384kbps 屋内: 2.048Mbps
音声伝送速度	フルレート: 11.2kbps ハーフレート: 5.6kbps	8kbps 等
サービス開始時期	1993年	2001年予定
採用国	日本のみ	世界共通規格

3. MCAを利用した動態管理／集配システム

— 商用車の効率化 —

近年、情報通信技術が急速に発展しており、商用車の動態管理、物流品質の監視、貨物追跡等を行う物流システムの構築が可能となってきた。また、受発注業務の効率化に欠かせないEDI(Electronic Data Interchange)も整備されつつあり、情報交換を行う基盤が整いつつある。物流システムの効率化には、貨物輸送に伴う作業(受発注・決済業務、積下し時の貨物チェック、貨物管理、通関・特認申請等諸手続きなど)の迅速化・効率化と並んで、商用車の効率化、すなわち迅速かつ確実な貨物輸送が不可欠であり、ITSなど社会インフラの整備に期待されるところが大きい。

この商用車の効率化を支える重要な情報基盤として、自営通信システムの一つであるMCAシステムがある。MCAシステムは、異なるユーザーが共同で利用する移动通信システムで、情報を多数の関係者に同時に送る機能を備え、サービスエリアが広く、安価な利用料等の特長を備え、多くのビジネスに活用されている。また、無線基地局が岩盤の頑丈な山上や耐震高層ビルの屋上に設置されて、阪神・淡路大震災時でも公衆網の通信が途絶える中で数少ない通信手段としその威力を発揮したように自然災害時にも強く、物流システムの基幹インフラとしてITS分野への今後の一層の展開が期待されている。表2にMCAシステムのアナログ方式及びデジタル方式の主要諸元を示す。

ここでは、商用車の効率化の一例として、動態管理／集配システムを紹介する。そのねらいは次のとおりである。

(1) 迅速安全確実な貨物輸送の実現

EDI化による受発注・決済等の自動化、積み込み時／荷下ろし時の誤送・欠品解消のための確実な貨物チェック、走行中の積載貨物の状況(温度、湿度等)把握、引渡し確認の効率化等を実現する。

(2) 効率的で円滑な貨物輸送の促進

集配先への在宅確認、車両状況(運転経路、走行速度、距離、走行履歴等)や車両位置のリアルタイムでの把握、配送先変更や緊急時における的確な運行指示、受発注デー

タと道路交通情報を組み込んだ配車配送計画の自動化等を促進する。

(3) 災害時における貨物輸送の支援

被災状況や代替経路の的確な提供による緊急時における物資供給ルートの確保や物資輸送の状況把握と到着確認等を支援する。

これらの業務処理イメージの一例を図3に示す。

トラック等の商用車の位置を把握するために、車両にはGPS受信機を搭載し、トンネル内などのGPSを捕そく(捉)できない所では車速センサや振動ジャイロによって補完する。このナビゲーションシステムを利用して自分の車両の位置や経路が随時分かるほか、VICS等の情報によって渋滞を回避することができる。車両状況をリアルタイムに把握するため車両側MCA無線機にはセンサ(車速、液温、タコメータ、積載室温など)入力や状態(走行中、休憩中、緊急連絡など)入力の端子を備えており、車両や貨物の位置情報や各種情報及びデータは、MCAシステムを通して集配センターに送られる。集配センター情報処理システムでは、貨物や車両の状況をリアルタイムにモニタできるほか、集荷や配送の指示をタイムリーに行うことができ、また、各種注文／支払いをその場で決済することも可能である。

MCA利用の貨物の集配システムは既に一部実用化されて効率化に役立っており、今後は、ECの導入、マルチメディア化による情報の充実と高度化、他の輸送機関との連携、国際化へと発展していくと同時に、端末の操作性など利便性も図られていくものと期待されている。

4. バス、タクシーの動態管理／運行管理システム

— 公共交通の支援 —

移动通信は公共交通機関でも早くから導入されているが、ITSに関連した最近の動向とその利用例を紹介する。

(1) バスロケーションシステム

従来から音声通信によるバス無線が利用され運行管理業務の補助手段として活躍していたが、'70年代以後、データ伝送を利用したいわゆるデマンドバスシステムも導入され、待ち時間の短縮化やバスの接近情報の提供などで利用客へのサービス向上に寄与してきた。さらに最近では、パークアンドライドシステムにおいても、データ通信を利用してバス利用客に多様で有用な最新の情報を提供できるなど、バス無線は重要な役割を担っている。

最近になって周波数の共用化技術、デジタル化技術、データ伝送技術が発達し、利用者に対するの更なるサービス内容の充実や利便性の向上、運用者に対するの運行監視機能の充実が可能になりつつある。同時に、MCAシステムの一部システムを各ユーザーが専用チャンネル又は専用システムとして使用することを可能とする規制緩和が行われ、

表2. MCAシステムの主要諸元

	アナログ方式		デジタル方式	
	800MHz	1.5GHz	1.5GHz	
周波数帯				
送信電力	制御局	40W	80W	40W
	指令局	10W	5W	2W
	移動局	10W	5W	2W
変調方式	周波数変調		M16QAM(時分割多重)	
通信方式	2周波単信		2チャンネル単信及び複信	
広域接続	一部地域で可		可	
加入電話接続	一部地域で可		可	

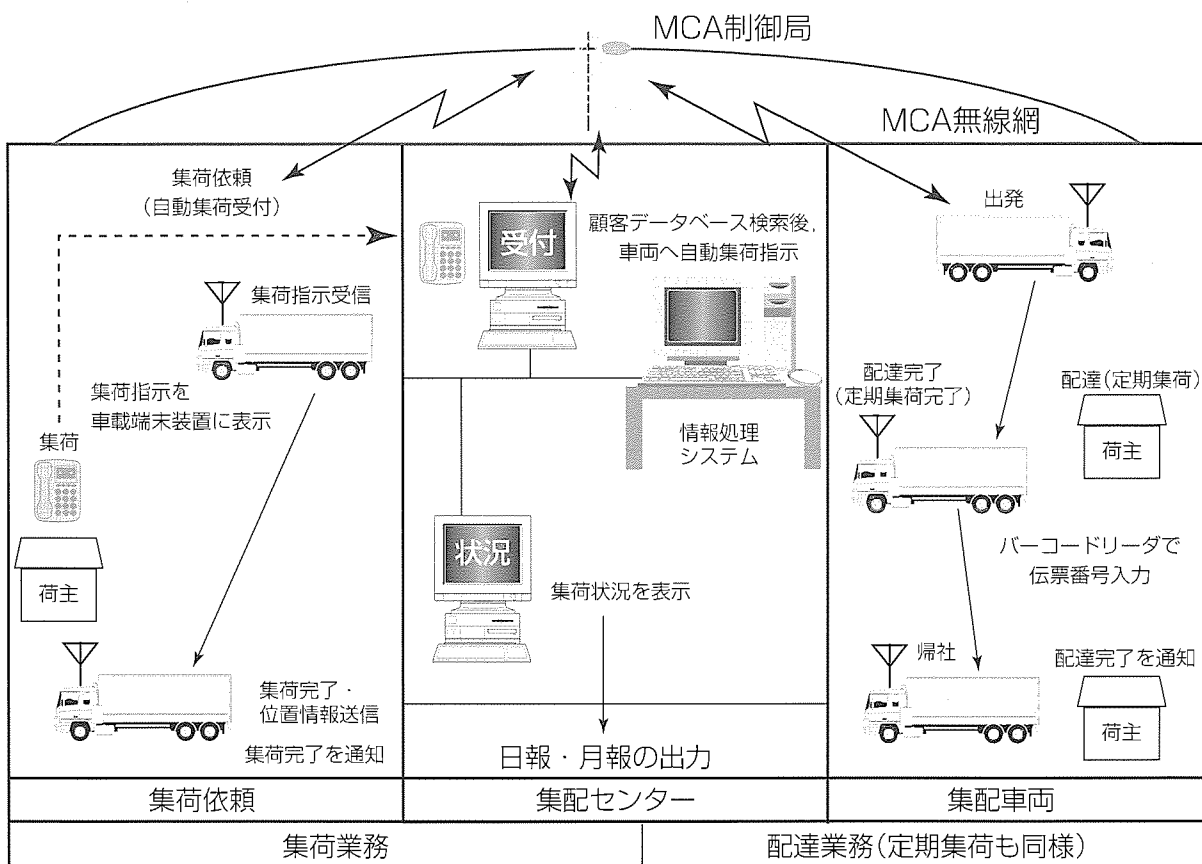


図3. 物流業務処理イメージ

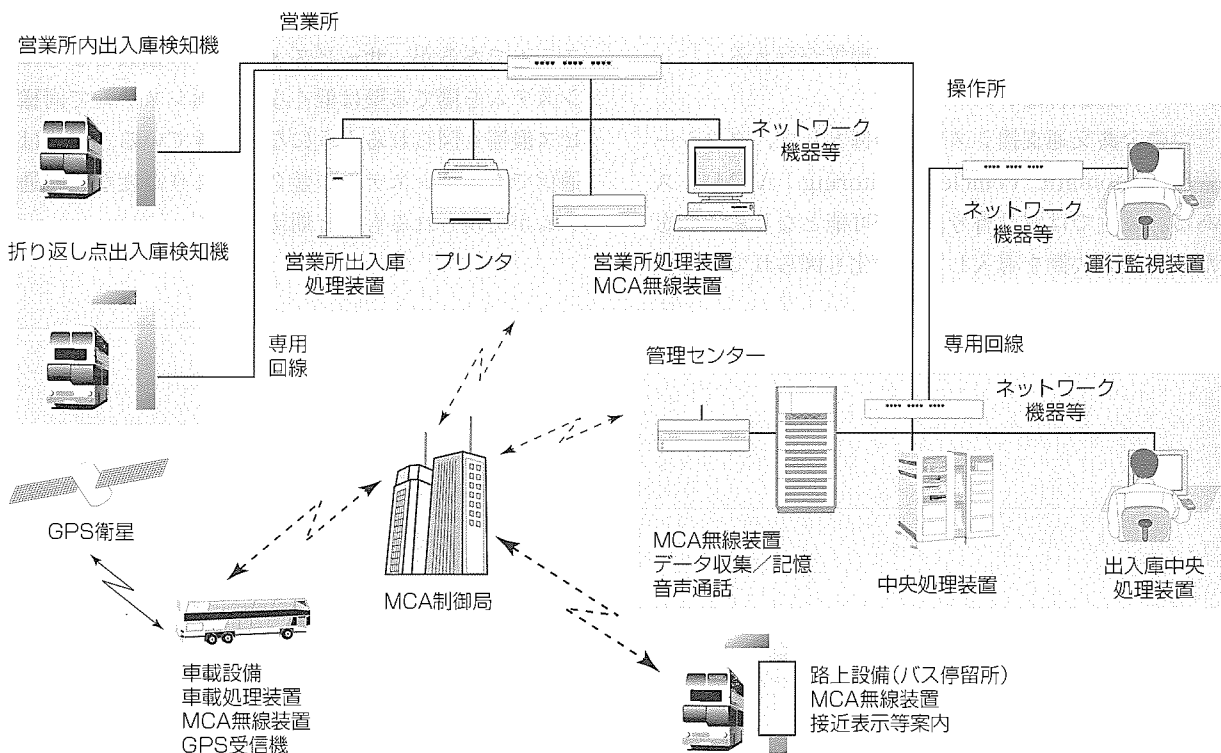


図4. 新バスロケーションシステム構成

MCAシステム利用の利便性が向上しつつある。この技術の発達と規制緩和を利用し、公共交通システムの統合管理/サービスが可能となる環境が整ってきた。その典型的な例にバスロケーションシステムがある。そのシステム構

成の一例を図4に示す。

設備として、このシステムを管理する管理センターのセンター設備、センター設備と専用回線で結ばれ営業区域を統括する営業所の営業所設備、バスに搭載される車載設備、

表3. 400MHz帯業務用の陸上移動局等のデジタル/ナロー通信方式の主要諸元

	モデル1	モデル2/3	モデル4	モデル5	現行システム
	$\pi/4$ シフトQPSK	$\pi/4$ シフトQPSK 又はオフセットQPSK	16QAM	M16QAM	FM
アクセス方式	FDMA又は SCPC	TDMA	FDMA	TDMA	SCPC
複信方式	FDD	FDD	FDD又は TDD	FDD	FDD
多重度	1	4	1又は2	6	1
チャンネル間隔	6.25kHz	25kHz	6.25kHz	25kHz	12.5kHz
伝送速度	9.6kbps	32kbps	16kbps	64kbps	伝送帯域 0.3~3.0kHz
ロールオフ率	0.2	0.5	0.25	0.2	-
ピークファクタ	約5dB	約3dB	約10dB	約12dB	0dB

各停留所等に設置される路上設備がある。管理センター、営業所、バス、停留所間の無線通信は、MCAシステム経由で行われる。車載設備は、MCA無線装置、GPS受信機、車載処理装置で構成され、音声通話のほか、車両位置・状態、交通状態、乗降客情報などのデータ交信を行う。将来的には、バスに接続される交通機関の情報や広告・宣伝等の情報も表示可能となる。路上設備にはMCA無線機を備え、停留所にはバス接近情報や天候等の案内情報などの各種表示器を制御する路上制御器が備わり、到着/発車予告、接近表示、関連交通情報などのサービスを行える。管理センターでは、バスとの音声通話のほか、システムの制御、VICSを利用したバスの運行管理/監視、運行の実績処理、障害監視、各種統計処理、運行計画処理等が行える。

(2) タクシーの動態管理システム

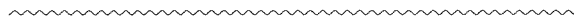
もう一つの公共交通支援システムの例として、タクシーの動態管理(Automatic Vehicle Monitoring: AVM)システムがある。最近では電話番号表示が可能となり、それを利用した顧客検索装置を導入して省力化も図られている。

現在はバス無線と同様専用周波波を用いたシステムであるため、システム間のオーバーリーチやデータ波の要求などで周波数不足が深刻になっている。これを解決するために共同配車やMCAシステムの利用案が出ており、また、最近法令整備が完了した業務用無線のデジタル/ナロー化にその

解決策を求めようとしている。デジタル/ナロー化の代表的な方式の主要諸元を表3に示す。文字情報を送ったり簡単に地理を確認できるよう、若しくは顧客の住所を知るため、又はVICSによる交通渋滞を知って最適経路を検索するため等にナビゲーションと連動させる要求も多くなった。今後、ITSの発達によって料金決済の自動化などタクシーの高機能化/高度化が進むものと予想される。

5. む す び

以上、携帯電話システム、MCAシステムの広域通信システムにおける最近のITSへの利用例、動向等を紹介した。これらのシステムはそれぞれ公衆用システム及び自営用システムであるが、サービスメニューの拡大とともにこれらシステムを隔てる壁は低くなり、両システムで同様なサービス展開も図られるようになってきている。今後は、広域通信でも各種システムが競合し、より高度な道路通信システムが実現されるものと期待される。



車載ナビゲーションシステム

横内一浩*
井手野宏昭*
太田正子*

要旨

車載ナビゲーションシステムは、1980年代初期に発表されて以来、車の位置精度の向上と地図データベースの整備に多大な年月を費やしたが、日本が世界をリードしてきた。

'90年に三菱電機が世界に先駆けてGPS(Global Positioning System)を採用し製品化したことにより、位置精度は格段に上昇し、地図データベースも並行して整備されてきた。

'90年の製品は、車載モニタにナビゲーションの地図のみならずテレビ、オーディオ、エアコン、電話等の状態やスイッチを表示し、操作は画面上のタッチパネルによるものであり、現在の多重表示システムのはしりでもあった。

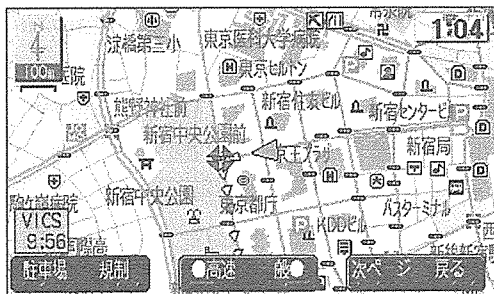
当社は、ナビゲーション本来の機能である“目的地へ分かりやすく案内する”ための経路計算、経路案内及び地図

データベースの研究開発を行って製品化してきた。

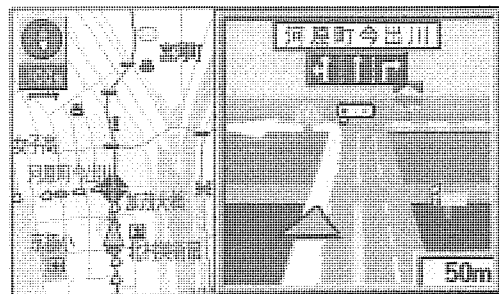
'96年にはVICS(Vehicle Information and Communication System)のインフラも整備され、運転者が最も必要としていた交通情報とナビゲーションの融合製品をいち早く市場に投入した。

地図データの記憶メディアがCDからDVDになるに従い、ナビゲーションのユニットで音楽再生ができるのみならずビデオ再生も可能となり、ナビゲーションは車内のエンタテインメントのプラットフォームにもなりつつある。

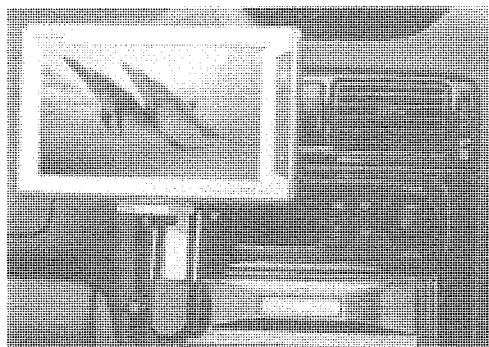
海外においてもナビゲーションの普及の兆しが見えてきており、'97年には世界に先駆けて欧州向けにRDS-TMCに対応し、'98年には海外で特長のある矢印表示のシステムを製品化し、北米市場へも市場投入した。



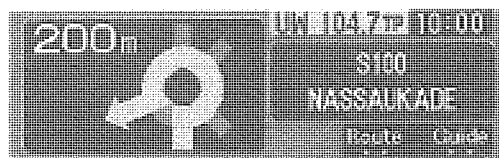
VICS表示画面



3D交差点図表示画面



ビデオ再生DVDナビ



多重表示画面

車載ナビゲーションシステム

VICSに代表される車外からの交通情報の取り込み、より分かりやすい経路案内、エンタテインメントのプラットフォーム、海外向けの多重表示システムなどを示すが、単なるナビゲーションでなく、車載情報システムとしてのプラットフォームになっていく。

1. ま え が き

車載ナビゲーションは日本が世界をリードしてきた技術であり、1998年度末の日本の累積市場台数は400万台を、VICS車載機も100万台を突破し、大きな市場となった。日本電子機械工業会の予想では、'99年単年では130万台、2003年では240万台の市場に成長してきている。

ナビゲーションシステムは、渋滞緩和や環境改善等の効果が期待され、ITSで定めた九つの開発分野のうち最初の項目“ナビゲーションシステムの高度化”として位置付けられ、最も実用化の進んだ分野である。

一方、車の情報化とマルチメディア化の動きは急であり、ナビゲーションは車載情報システムとしてのプラットフォーム“車載情報ステーション”になりつつある。

ナビゲーションの発展には当社も技術的に大きく貢献してきており、本稿では、当社の車載ナビゲーションの取組状況と将来動向について述べる。

2. 車載ナビゲーションシステムの概要

システムの構成例を図1に示す。ナビゲーションとしての基本構成ユニットは実線で、車載情報システムとしての付加構成ユニット例は破線で示す。

図において、距離センサは、車の移動距離を計算するために必要であり、車両側から車速パルス等の情報をもらい、振動ジャイロによって車の回転角度を計算する。また、GPSから絶対位置の情報を得る。これらセンサから得た情報と地図ディスク内の地図情報とを照合し、正確な車の位置を計算する。地図ディスク内に収納されている情報から目的地を設定し、経路計算を行い、地図情報とともにディスプレイに表示する。

運転者が最も必要な交通情報等はVICS受信機を介して入手し経路計算に反映され、渋滞情報等も地図情報とともにディスプレイに表示される。車の移動に従いディスプレ

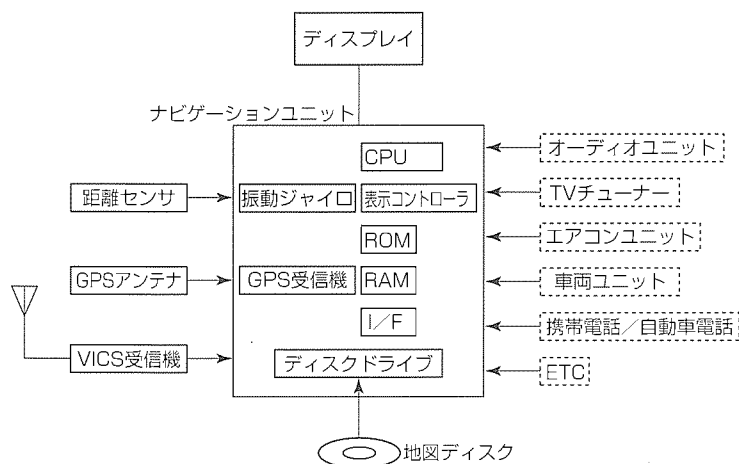


図1. 車載情報システムの構成例

イ上の地図もスクロールし、右左折等の必要なポイントで音声とともに案内をしてくれる。

ナビゲーションユニットにはオーディオユニット、TVチューナー、エアコンユニット、車両ユニット、ETC (Electronic Toll Collection System)、電話等が接続され車載情報ステーションになりつつあり、ディスプレイも多重表示に使用され統合ディスプレイとなりつつある。

3. 当社の取組と特長

当社のナビゲーションへの取組は'77年の方位計と自立形ナビゲーションから始まり、'85年のモータショーにはアメリカの軍事衛星であるGPSを使用したナビゲーションを発表し、試作を完了した⁽¹⁾。

GPSナビゲーションは世界初の製品として'90年に車メーカーに納入し市場投入され⁽²⁾、以後ナビゲーションにとってGPS技術の搭載は必ず(須)となった。

'95年には独自の経路案内技術を開発して製品に適用し⁽³⁾、'96年にはいち早くVICSへも対応して製品化した⁽⁴⁾。

'97年には、欧州、日本向けにダッシュボード上のユニークなディスプレイのシステムを車メーカーに納入し、'98年には北米へも市場投入した。

これからのナビゲーションは車の情報化、すなわち車載情報システムのプラットフォームに発展していくが、大きな技術要素である通信技術との融合を図った製品の市場投入⁽⁵⁾、'99年にはエンタテインメント化のための映像/音声の再生を可能にしたDVDナビゲーションの製品化など市場を先取りした製品開発に取り組んでいる。

本稿では、これら製品の技術的な特長を述べる。

3.1 位置検出精度の向上

ナビゲーションにおける車の位置精度の確保は最も基本で重要な要素技術である。

基本的には距離センサから走行距離を、角度センサから回転角度を計算するが、センサ誤差を吸収するために地図データと照合するマップマッチング技術、さらには位置修正のための絶対位置センサが必要となる。

当社は絶対位置センサとしていち早くGPSに着目し、発表するとともに⁽¹⁾マップマッチングとGPSを融合させ高精度なハイブリッドの位置検出技術を確立し⁽⁶⁾、世界で初めてGPS型車載ナビゲーションを製品化した⁽²⁾。

3.2 経路計算

経路計算には、ノードとリンクからなるグラフの最短経路を求める数学的手法を応用するのが一般的である。現実の道路網をグラフ表現すると極めて大きなデータ量となるため、道路のランクに応じて階層地図を構成し、メモリ量と計算量の削減を図る手法も広く用いられる。

当社が'95年に製品化したナビゲーションに用いた経路計算もこれに準じたものであり、32ビットRISC CPUを使用し、当時としては業界最高レベルの計算速度を実現した⁽⁷⁾。ここで用いた手法はA*法と呼ばれるもので、幹線道路の経路計算をこのアルゴリズムで行い、バックグラウンドでダイクストラ法を用いて出発地付近の全方面探索を合わせて行い、これを組み合わせて計算の高速化を図っている(図2)。

ユーザーが納得できる適切な経路を得るためには、経路計算の対象となる道路ネットワークが相応の密度を持って形成されている必要がある。しかし一方、ネットワーク密度を高めることは計算時間の増加をもたらす。当社は、経路の質を保ちながらユーザーを待たせない高速な経路計算を実現することを特長の一つとするため、その後も様々な試みを行っている。なかでも'97年に発売した市販ナビゲーションCU-5800では、自社開発のArea to Area経路計算方式を採用し、CD-ROMタイプでは業界最高速の、東京-大阪間9.9秒を達成した。

この方式は、あらかじめ計算した経路情報を地図データベースに格納しておき、経路計算の際にこれを利用して計算時間を短縮する事前探索方式の一つと言える。

事前探索方式では、探索解をいかにコンパクトにデータベースに格納するかが重要なポイントとなる。Area to Area計算方式では、①出発地リンクから複数の目的地エ

リアに対して算出した主要経路はツリー状になること、②近接した2地点を出発地リンクとし同一目的地エリアに対して経路を計算すると、出発地近傍では経路に差異が見られるが、目的地に近い部分では経路が一致すること、の2点に着目し、出発地エリアから全目的地エリアまでのエリアルートネットワークと称するデータを作成して事前探索解のコンパクト化を実現している(図3)。

この方式は'99年発売のDVDナビゲーションにも引き続き採用され、東京-大阪間5.5秒の計算時間を達成した。

3.3 経路案内

経路案内は、経路計算と合わせてナビゲーションの本来の機能を構成するものである。走行安全性の面からも、運転者とのインタフェースを担うこの機能は、ナビゲーションシステムの中でも最も重要なものと言える。

ヒューマンインタフェースの立場からは、経路案内は地理情報の理解という高次の知的作業の所産と言える。分かりやすい経路案内を考えるとき、提示される情報の形状の理解にかかわる人間工学的要因のみならず、意味的理解にかかわる認知的要因を考慮することが重要である。

以上のような観点から、当社は、地理情報の意味的理解に深くかかわる認知地図の概念に基づいて検討を行い⁽⁸⁾、デフォルメ図を用いた経路案内を提案し⁽⁹⁾、製品化した。

図4、図5は、'95年に市場投入した交差点デフォルメ図と経路デフォルメ図である。交差点デフォルメ図は交差点手前に設置されている行き先標識を連想させるデザイン、情報内容であり、経路デフォルメ図は目的地までの要所を強調表現する手書き案内図をイメージしている。いずれもCD-ROM内に格納された地図データからナビゲーションユニット内でリアルタイムに自動生成する。自動生成のソフトウェア的枠組みには、述語論理に基づくルールベースシステムを用いている⁽¹⁰⁾。これは、認知地図の表象が地理命題の集合であるという仮説⁽¹¹⁾に基づき、ユーザーの地図認知プロセスにできるだけ合致したデフォルメを実現しようとのねらいからである。

この方式は、図6に示す'98年に国内の自動車メーカー向けのナビゲーションに採用された3D交差点デフォルメ図にも適用している。この機種では、デフォルメのメリッ

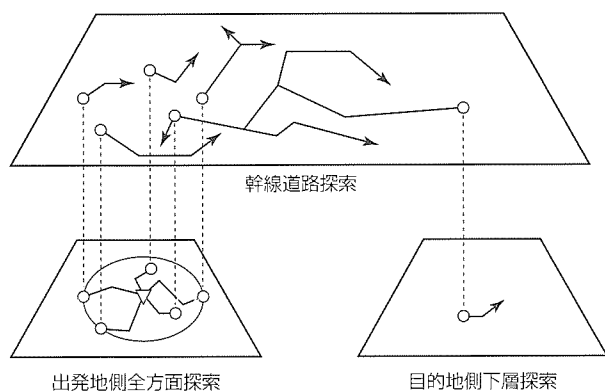


図2. 階層探索の手順

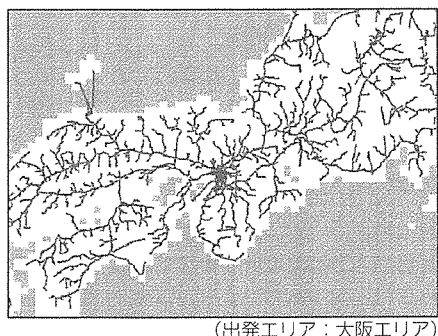


図3. エリアルートデータ

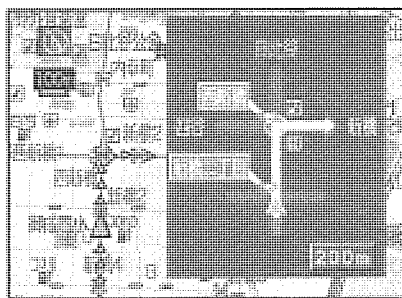


図4. 交差点デフォルメ図

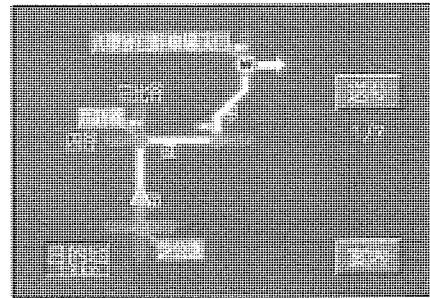


図5. 経路デフォルメ図

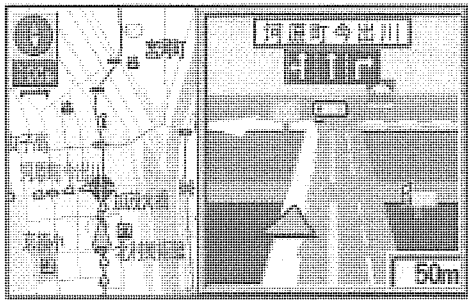


図6. 3D交差点デフォルメ図

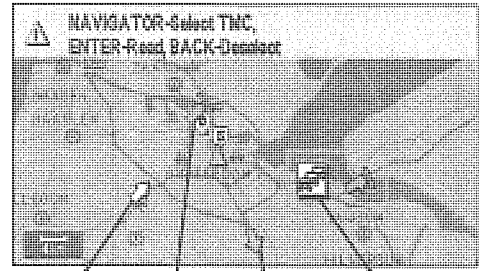


図8. RDS-TMCの情報表示例

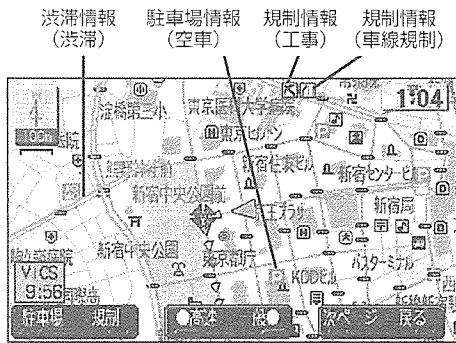


図7. VICSレベル3の情報表示例

トを残しつつ、交差点図を自車の移動に伴って視点に変化するパース図としてリアル感を持たせるようにした。また、従来の道路形状、交差点名称、ランドマーク、地先名称表示に車線、右左折レーン情報も加え、情報量の充実を図っている。

3.4 交通情報

運転者が最も必要とする情報の一つが交通情報であり、日本においては、'95年からVICSとして本格的な情報提供が始まった。比較的広域なメディアとしてFM多重放送、狭域なメディアとして光ビーコンと電波ビーコンの3メディアから情報が提供されている。

提供される情報内容は、渋滞、規制、工事、事故、旅行時間、駐車場等であり、全国に拡大しつつある。

情報の提供形態として、文字情報だけのレベル1、簡易図形情報のレベル2、ナビゲーションの地図上に情報を表示するレベル3がある。レベル3の表示例を図7に示す。

当社は実験段階から参画するとともに、いち早く3メディアに対応し、レベル3ではVICS情報を基にした動的経路計算にも対応したナビゲーションシステムを車メーカーへ納入し市場投入した⁽⁴⁾。

欧州においても日本のFM多重に似たRDS-TMCのサービスが始まり、当社はこれについてもナビゲーションとの融合化製品を海外の車メーカーに納入し'97年に市場投入した。'98年にはRDS-TMCの規制情報、渋滞情報を加味した動的経路計算にも対応した。RDS-TMCの交通情報をナビゲーションの地図上へ表示した例を図8に示す。

3.5 情報通信

車の情報化のためには双方向通信が欠かせないが、当社は、車-車間ではナビゲーション搭載車間のお互いの位置情報やメッセージ等の通信を可能にした製品の実用化、また車-事務所間では、事務所において複数の配送車等の動態管理システム等も製品化している⁽⁵⁾。

電話等の通信メディアを介して車と情報センター、又はインターネットとを接続したシステムの製品化もされており、提供情報コンテンツの検討の動きも多数あり、車の情報化は既に始まっている。

海外においても“Telematics”に代表される情報化の波は急であり、当社でもナビゲーションをプラットフォームとして対応しつつある。

3.6 安全運転

ナビゲーションの持つ道路データを有効に利用することによって安全運転への寄与が可能であり、'95年には、TCL (Traction Control)との組合せにより、道路の曲率によっては一定速度以上にスピードが上がらないシステムを初めて製品化した。続いて音声による“この先カーブです”等の警告を発するシステムも市場投入した。他社では、道路のカーブにおいてAT(Automatic Transmission)制御を行う製品も現れてきている。

当社は姫路製作所において各種センサ、制御ユニットを手掛けており、これらとナビゲーションを組み合わせることにより、より安全運転に寄与できるシステムの開発・製品化を行っていくことができる。

4. 海外への展開

海外のナビゲーション市場は、地図データの整備の遅れ、製品の高価格及び国情の違いもあり日本ほど普及はしていないが、'98年には欧州で16万台、北米で10万台の規模となり、これから普及が進むと予想されている。

当社は、前述のとおり'97年に欧州向けにRDS-TMCに対応したナビゲーションを開発し、世界初の製品として車メーカーに納入し市場投入した。

図9は'98年の欧州、北米、日本向けのナビゲーション

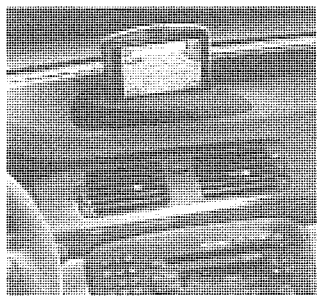


図9. 欧州向けナビゲーションシステム

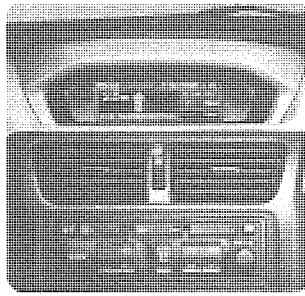


図10. 欧州向け多重表示システム

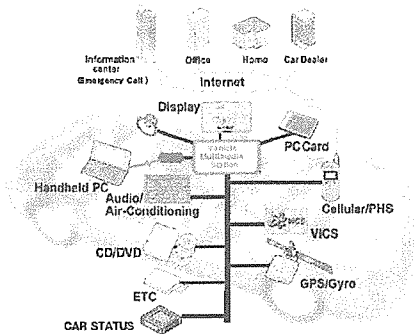


図11. 車載情報ステーション

システムである。ユニークなダッシュボード上の上下式ディスプレイのほかに、複数の地図ディスクに対応するためのCD-ROMチェンジャを採用している。欧州向けは、上記のRDS-TMCの情報によって渋滞／通行止めの経路を避ける“AUTO-TMC”の機能、案内音声は複数国での使用を考慮して8か国語に対応している。車両からの信号はCANバスを介してナビゲーションユニットに接続されている。

図10は'98年の欧州向けの矢印表示タイプの製品であるが、ディスプレイにはオーディオ、エアコンの状態表示、燃費効率、走行可能残距離、外気温等も表示する多重表示システムである。

5. 将来動向

図1に示したようにナビゲーションユニットには既に多くの機器が接続されており、ハードウェアの能力もパソコン並みであり、車の情報化のプラットフォーム“車載情報ステーション”になりつつある。

図11は車載情報ステーションのイメージ図であるが、ほとんどの機能が実用の域に達している。

デジタル放送やDVDなど大容量記録メディアによる車のマルチメディア化、電話を介しての情報センターやインターネットへの接続による情報化は既に始まっている。

ディスプレイは様々な情報を表示する統合ディスプレイとなり、後席エンタテインメント用にも搭載され、車はますます快適になっていく。

6. むすび

車の情報化、マルチメディア化はますます進み、ナビゲーションは車載情報システムのプラットフォームになりつつある。しかしながら車は移動するものであり、閉じられた空間である。これら車の特質に合った快適性・利便性の向上、安全性の向上に取り組み、使用者の要求を満たすシステムを開発し製品化していく所存である。

参考文献

- (1) 平田誠一郎, 横内一浩: 車載用GPS型ナビゲーションシステム, 三菱電機技報, 61, No. 8, 669~672 (1987)
- (2) 矢野治人, 徳永利道, 平佐美明: ユーノスコスモカーコミュニケーションシステムの紹介, マツダ技報, No. 8, 59~66 (1990)
- (3) 速水勝朗, 後藤博文, 嗟峨征雄, 横内一浩, 谷 正紀, 伊藤久嗣: 経路案内付きカーナビゲーションシステム, 三菱電機技報, 69, No.11, 1016~1021 (1995)
- (4) 十川登志夫, 萬代博康, 速水勝朗, 土井勝次, 後藤博文, 横内一浩: 車載ナビゲーションシステムにおける交通情報表示技術, 三菱電機技報, 70, No. 9, 949~952 (1996)
- (5) 平田誠一郎: 通信機能付き車載ナビゲーションシステム, 三菱電機技報, 70, No. 9, 957~962 (1996)
- (6) 上田文夫, 幡口正雄, 野田博司, 横内一浩, 清水修: 車載ナビゲーション用位置検出技術, 三菱電機技報, 64, No. 9, 782~785 (1990)
- (7) 井手野宏昭, 梅津正春, 水谷芳禎, 岡崎勝次, 柿谷孝至, 前川正一: カーナビゲーション用経路案内技術, 三菱電機技報, 69, No.11, 1022~1026 (1995)
- (8) 宇津井良彦, 高鍋尚子, 井手野宏昭, 水谷芳禎: ナビゲーションの地図表示における情報認知単位についての一考察, 11th Symp. on Human Interface, 18~20 (1995-10)
- (9) 井手野宏昭, 水谷芳禎, 梅津正春, 井上 暁: 出会いの誘導とナビゲーション, Human Interface, 6, 319~324 (1991)
- (10) Ideno, H., Goto, H., Yokouchi, K., Itoh, H., Arai, H.: Multi-Modal Route Guidance Display using Automatically Generated Sketch Maps, Proc. of The 15th International Display Conference, S8-2, 105~108 (1995)
- (11) 村越 真: 認知地図と空間行動, 心理学評論, 30, No. 2, 188~207 (1987)

ノンストップ自動料金収受システム

加藤博光* 石津文雄+
 広岡右字** 檜枝護重+
 毛利徳彦***

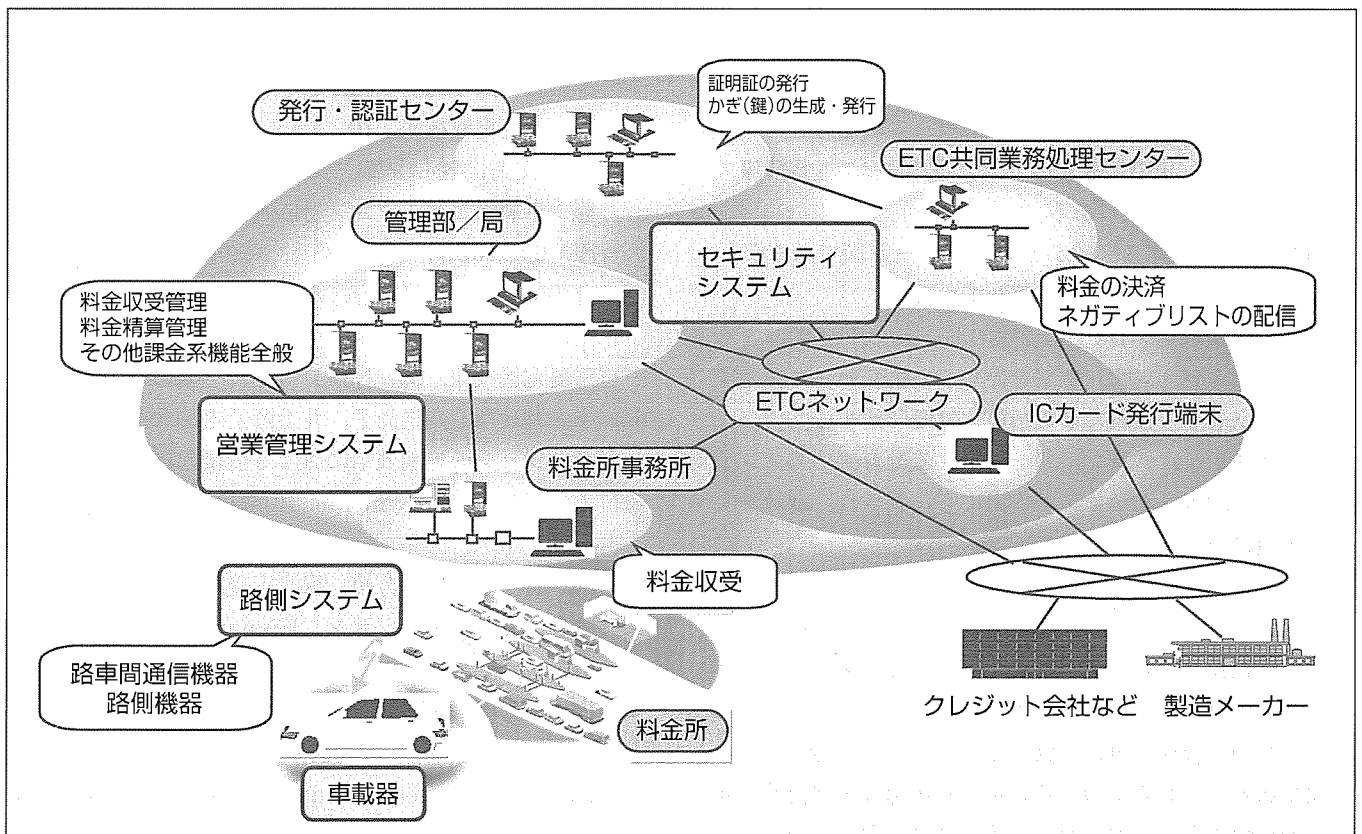
要旨

ノンストップ自動料金収受システム(Electronic Toll Collection System: ETC)は、有料道路の料金所を車両が通過する際に、路側機器と車両に搭載された車載器との間の無線通信によって自動的に料金収受を行うシステムである。

このシステムは、料金所における渋滞解消、管理コストの低減、キャッシュレス化による利便性の向上等を目的とし、建設省及び道路4公団(日本道路公団、首都高速道路公団、阪神高速道路公団、本州四国連絡橋公団)が中心となって導入が進められている。1995年度には建設省及び道路4公団からETC共同研究の公募が行われ、三菱電機を含む10コンソーシアムが参加して共同研究が実施され、そ

の後、実用化に向けた各種の検討が建設省や道路4公団等を中心に推進され、2000年には実用化が計画されている。

ETCシステムでは路車間通信による正確かつ確実な料金収受が不可欠であり、そのためには、路車間通信、構成機器の高信頼性、料金所を通行する車両の確実な追跡とそれに基づく制御等の路側システム、高信頼性とヒューマンインタフェースに優れた車載器、通信内容の傍受・データの改ざん(竄)等に対する暗号を始めとしたセキュリティ等、多岐にわたる技術が必要である。当社は、各種の技術基盤を駆使し、ETCシステムの実用化に向けて全社を挙げて取り組んでいる。



ノンストップ自動料金収受システム

正確で確実な料金収受を実現しかつ全国共通のシステムとするため、車載器、路側システム等の端末システムを始め、料金所事務所機器、ETC共同清算センターなどの全国ネットワークでシステムを構成する。当社は、車載器や路側システム、料金所事務所機器などを統一されたセキュリティコンセプトに基づくトータルシステムとして実現する。

1. ま え が き

ETCシステムは、料金所における渋滞解消、管理コストの低減、キャッシュレス化による利便性の向上等を目的とし、建設省及び道路4公団が中心となって導入が進められてきた。1995年度にはETC共同研究が行われ、その後、実用化に向けた各種の検討が建設省や道路4公団等を中心として推進され、2000年には実用化が計画されている。

当社は、ETC共同研究に参画し、各種要素実験を始めとして実際の料金所環境下で総合システム実験を行い、ETCに必要とされる技術基盤を確立した。また、共同研究終了後も、暗号等セキュリティのシステムへの組み込みを始め、路車間通信機器、路側機器など、システム全般にわたり、実用化に向けた開発を推進してきた。

本稿では、ETCシステムの概要を紹介する。

2. システムの概要

2.1 システムの目的

我が国におけるETCシステムは、次の内容を実現することを目指している。

- 全国共通のシステム
- 正確でかつ迅速な料金収受
- セキュリティの確保とプライバシーの保護
- 多機能・拡張性

また、ETCシステムの導入効果は次のとおりである。

- 渋滞の緩和と利用者サービスの向上
- キャッシュレス化による利用者サービスの向上
- 料金収受に要する管理コストの低減

2.2 システムの構成

料金収受方式には対距離で通行料金が決まる“入口発券出口収受方式”と均一料金である“単純収受方式”とがあり、それぞれに対応した路側機器が配置される。図1に、入口発券出口収受方式によるシステム構成例を示す。

ETCシステムは以下の要素で構成される。

(1) 営業管理システム

料金所事務所、公団管理部/局等に設置され、料金収受管理を行う。また、各公団間の決済等のためのETC共同業務処理センターが計画されている。料金所事務所の料金所サーバは、各料金所アイランドに設置される車線サーバの情報を集約し、管理部/局などの上位システムと接続され、料金収受を行う。また、従来のマニュアル方式などによる料金収受

システムとの接続も要求される。

(2) セキュリティシステム⁽¹⁾⁽²⁾⁽³⁾

ETCシステム導入に必ず(須)のものであり、車載器ICカード発行・認証センター、発行端末などで構成⁽¹⁾される。また、システム全体のセキュリティ確保のためのネットワーク技術が組み込まれる。路車間通信は、暗号化され、保護されている。これら路車間通信での暗号を始め、システムトータルとしてのセキュリティを確保している。

(3) 路側システム

料金所のアイランドに設置される機器であり、路側無線装置、車両検知器、路側表示装置やトールゲート表示板、発進制御器、車線サーバ、監視カメラなどで構成され、車両を円滑に通行させるとともに不正車両の通行を阻止し、確実にかつ円滑な料金収受を行う。また、車両を円滑に料金所に案内するための予告用無線装置が設置される場合もある。

(4) 車載器/ICカード

路側無線装置は、車載器との間で無線通信によって料金の自動収受を行う。我が国では、2ピース型、すなわち車載器+ICカードの構成を採用している。

3. 路車間通信

ETCシステムは、狭い領域を高速移動する車両との間でDSRC(Dedicated Short Range Communication：専用狭域通信)による無線通信を行って課金処理を行う。このシステムでは、①レーン間の電波干渉の抑圧、②安定した高い信頼性の無線通信技術、③的確な車両識別技術、が必要である。特に、通信誤りについては、100万台に1台以

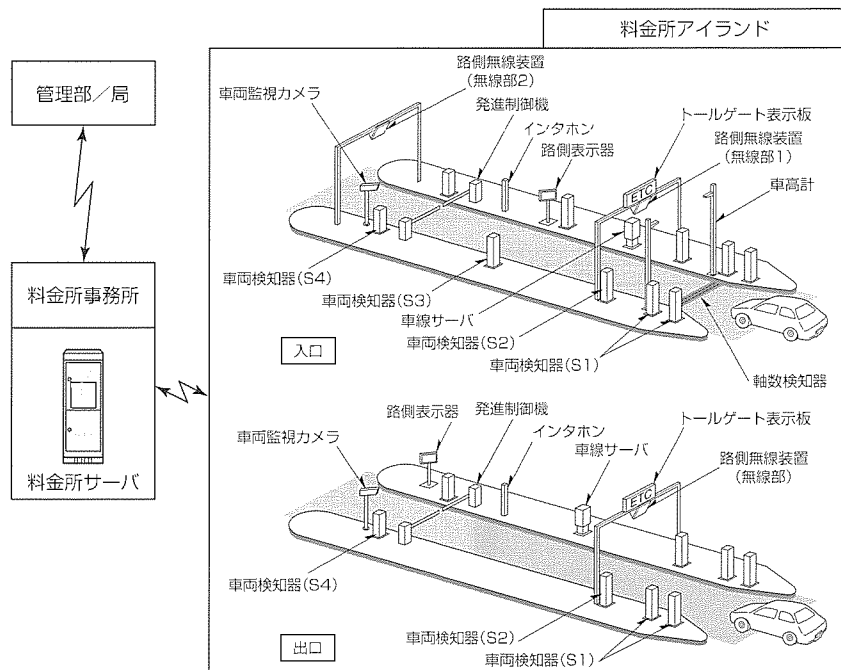


図1. システム構成例 (入口発券出口収受方式)

下という厳しい性能が要求される。表1に路車間通信の無線仕様⁽⁴⁾を示す。

3.1 路側無線装置

図2に路側無線装置(無線部)の外観を示す。

(1) ビーム成形アンテナ

ETCシステム路上機では、誤った車両と通信してしまうことを避けるため隣接車線や前後車両との干渉を極力抑えると同時に、通信領域で安定した通信を確保する必要がある。このため、通信領域におけるビームの均一化と低サイドローブ化を実現するビーム成形アンテナを開発した。このアンテナは、共平面給電によって低コスト化を図ると同時に、送受共用にすることで小型化を実現している。また、交信領域の大きな予告用無線装置に対しては、コセカント2乗ビーム形成を行うことで、通信領域を均一に照射し、かつ反対車線等への干渉を抑えている。

(2) 無線変復調部

路車間通信では、狭い交信領域中を高速で通過する車両との通信を行う。そのため、同期に必要なプリアンプ長も16ビットに抑えられ、短いバースト信号による通信となっている。

今回開発した変復調部では、

表1. 路車間通信の無線区間仕様

項目	仕様
使用周波数帯	5.8GHz帯, 2対波
周波数占有帯域幅	8 MHz以下
送受周波数間隔	40MHz
送信電力	10mW(料金所)
通信方式	アクティブ方式, スロットドアロハ
通信領域	地上高1m, 車線方向約4m, 車幅方向約3mの範囲
対応車両速度	車線形式料金所において停止状態から80km/hまで
伝送速度	1.024Mbps
変調方式	ASK (Amplitude Shift Keying)
変調指数	0.75以上1.0以下
符号化方式	マンチェスタ符号
BER(Bit Error Rate)	$<10^{-5}$
通信誤り率	$<10^{-6}$ (1料金所, 1車両当たり)

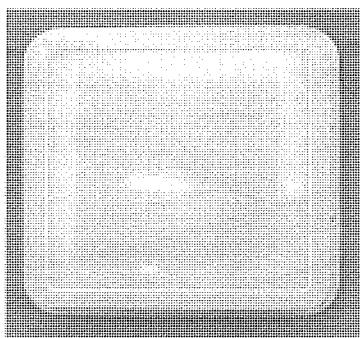


図2. 路側無線装置(無線部)

- DFT (Discrete Fourier Transform)による高速クロック再生機能
- 再生クロックのサイクルスリッパ抑圧機能
- 受信アナログ信号ひずみの補正機能

をデジタル処理で実現することによって、受信信号レベルの広いダイナミックレンジに対応しながら短いプリアンプで確実にクロック同期を達成し、ビット誤り率BER $<10^{-5}$ を達成した。

3.2 車載器

車載器は、通信機能の実現以外に、ヒューマンインタフェースに優れ、かつ厳しい環境に耐え得るものでなければならない。当社は、電装品を多数納入してきた実績と培ってきた技術を集約し、ETC車載器を開発した。図3にブロック図を、図4に外観を示す。RF部にMMIC (Microwave Monolithic IC)、デジタル部にプロトコルIC、表示部には文字表示部とアイコンからなる蛍光表示管を開発し、小型化を実現した。表2に性能を示す。

(1) MMIC

送信用直接変調器、増幅器、受信用増幅器及び周波数変換器をGaAsチップに集積し、性能のばらつきを抑え、従来の1/20まで小型化した。また、2GHz帯で用いられているSAG FET (Self Align Gate Field Effect Transistor) を5.8GHz帯で使用できるようにし、低コスト化を実現した。

(2) プロトコルIC

モデム(マンチェスタ符号→NRZ変換)、クロック再生制御、PLLモジュールの制御などレイヤ2(データリンク層)に必要な機能をIC化した。

(3) 表示部：蛍光表示管

車載としての環境条件での視認性に優れた5×7ドットの6文字表示+アイコン2個の蛍光表示管を開発した。

(4) オプション機能

外部I/F (RS-232C)経由で“音声案内ユニット”や“プリンタ”を接続できるようにし、ヒューマンインタフェースの向上を実現した。

また、ナビゲーションシステムへ接続して、ナビモニタ

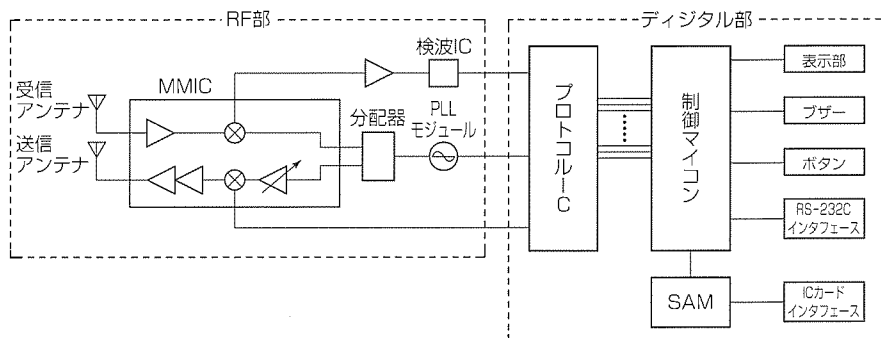


図3. 車載器ブロック図



図4 車載器

表2. 車載器の性能

項目	内容
電源	12V(車両バッテリーから供給)
動作温度	-30~+85℃
保存温度	-40~+105℃
アイコン表示	"ETC" : 正常交信表示 "CARD" : ICカード挿入状態表示
その他表示	ETC車線進入可否, 停止指示など 通行料金, 利用履歴, 有効期限など
ブザー機能	電源投入時の動作確認 交信時の正常/異常 ICカード未挿入の警告など
取付け位置	ダッシュボード
オプション機能	音声ユニット : 音声案内 プリンタ : 利用履歴等の印字

へ料金表示等を行うことも可能にした。

4. 機能拡張

4.1 車両位置検知装置

このシステムの発展系として、フリーフローシステムが想定される。フリーフローの場合、車両は自由に車線変更可能な複数車線上を走行する。この場合のETCシステムでは、車両位置を特定する必要がある。今回、車載器からの電波によって車両位置を推定するDOA (Direction of Arrival) 方式⁽⁵⁾を開発した。この車両位置検知装置は、ガントリ上に路側無線装置の無線部と並列設置され、車載器からの電波によって車載器の位置を道路進行方向及び車線幅方向でそれぞれ0.5mの精度で検知できる。図5にDOA方式を用いた車両位置検知のイメージを、図6に路側無線装置との設置例を示す。なお、このDOA方式は、フリーフローのみでなく、車線形式の料金所においても適用可能である。

4.2 IEEE1394インターフェース

道路用端末機器では、高速データ伝送への要求が高くなっていくことが予想されている。この中でIEEE1394が、大容量・高速データ伝送、汎用性の高いパケット通信、高い自由度などの特長から有力視されている。当社では、IEEE1394による400Mbpsのデータ伝送を実現した。

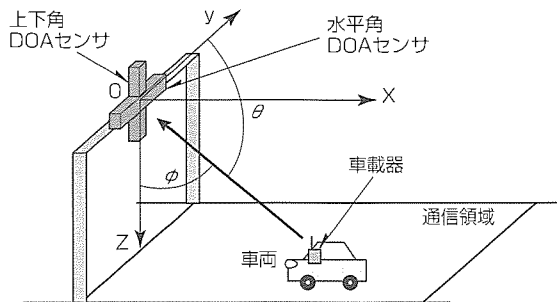


図5. DOA方式による車両位置検知

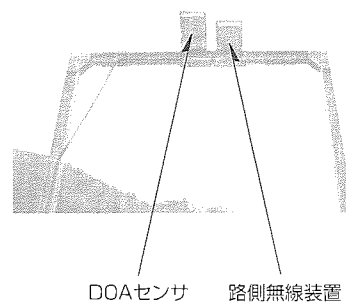


図6. DOAセンサ設置例

5. むすび

ETCシステムはITSの先駆けの一つとなるシステムであり、当社では、ETCシステムに必要な各種の開発を進めてきた。これらの成果を生かし、今後、AHS (Advanced-cruise Assist Highway System), フリーフローETCシステム, DSRCマルチアプリケーションとしてのノンストップ駐車場管理システム, 物流管理システム, 各種道路情報サービスへの展開などに取り組んでいく。また車載器も、DSRCマルチアプリケーションへの対応, 更なる低価格化を推進していく。

参考文献

- (1) 内藤 博, 森吉国治, 相川昭仁, 近澤 武, 野崎 充: ノンストップ自動料金収受システム, 三菱電機技報, 72, No.5, 459~463 (1998)
- (2) 片木孝至, 池端重樹, 竹田栄作: 暗号・セキュリティ技術の現状と展望, 三菱電機技報, 72, No.5, 390~395 (1998)
- (3) 時田俊雄, 松井 充, 反町 亨: 暗号解読・強度評価技術, 三菱電機技報, 72, No.5, 396~399 (1998)
- (4) 電波産業会: 有料道路自動料金収受システム標準規格 ARIB-STD-T55 (1998-11)
- (5) Suzuki, N., Okamura, A., Kirimoto, T., Toge, M., Komaki, M.: A Vehicle Positioning System for Electronic Toll Collection System, Proc. of 5th World Cong. on ITS Seoul, 3053 (1998)

AHS：走行支援道路システム

三好哲夫*
内藤初彦**
堀口 彰***

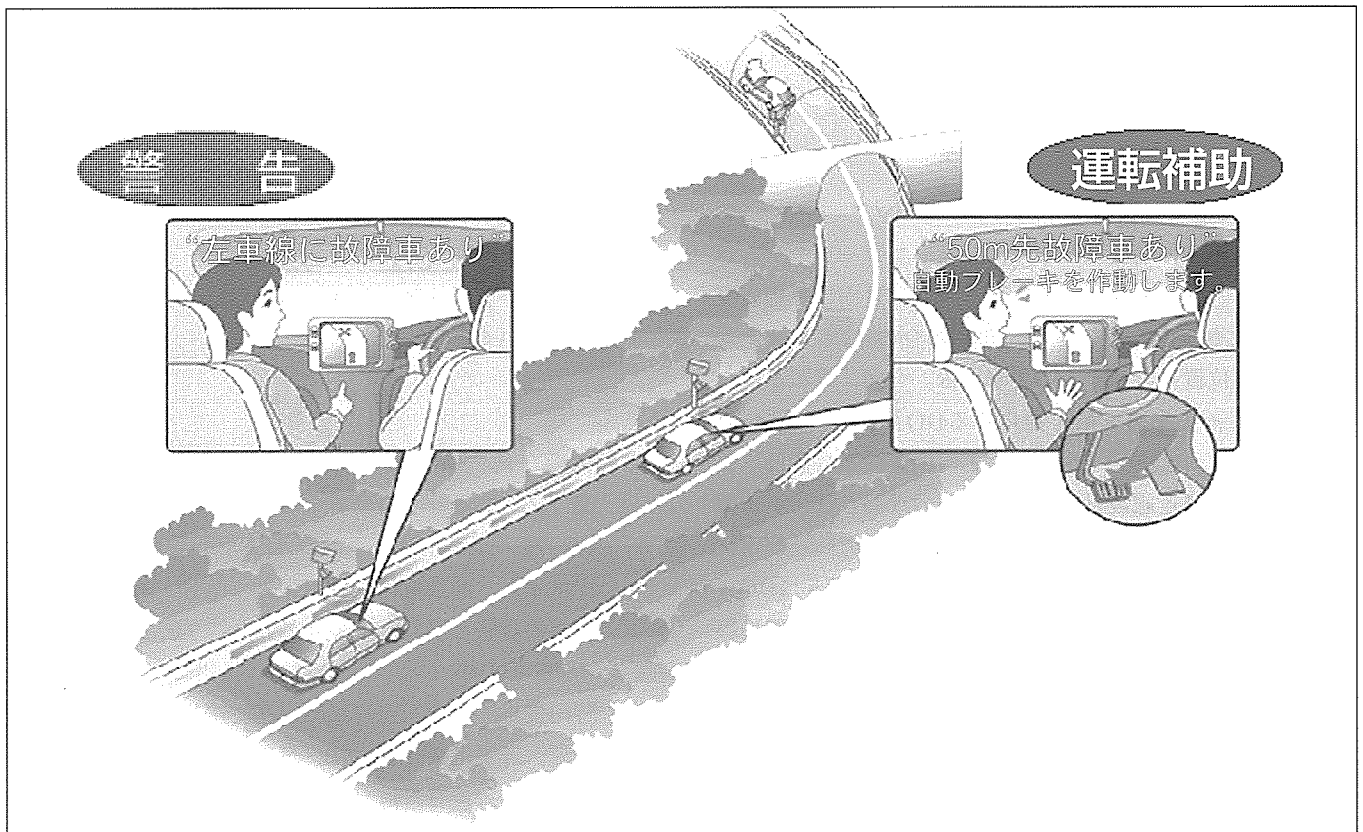
要 旨

AHS(Advanced Cruise-assist Highway System：走行支援道路システム)は、ドライバーの負担の軽減、安全性の向上による事故の減少や、効率・環境の改善によって社会的な貢献を果たすことを目的としている。AHSは、情報提供システム(AHS-i)、制御支援システム(AHS-c)、自動走行システム(AHS-a)の3段階に分けられ、開発が進められている。

AHSにおいては、路側処理装置での道路状況センシングとこの情報を基にした情報処理、この処理情報を車に通知する路車間通信、さらにこれらの機能を有機的に結合する路側ネットワークが重要な技術要素である。

三菱電機では、システム全体からシステムを構成する機器までの開発を行っている。路側処理装置においては、新しい車両抽出・障害物検出手法を開発し、高速画像処理装置として製品化した。

また、路車間通信についてはETCでの実績を基に開発中であり、路側ネットワークについては155Mbpsの直接多重型SDHネットワーク及びATMネットワークを準備し、様々な要求に対応することができる。さらに本稿では、制御支援AHS-c、自動運転AHS-aの本格的導入に向け、路車間の機能分担についても述べる。



AHS導入の概要

上の図は、AHSが導入された場合の例を示している。見通しの効かないカーブの先の停止車両や落下物などが車内のモニタ等を経由してドライバーに通知され、この情報を基にドライバーは前方の障害物への衝突を避けることができる。ドライバーが気付かなかった場合など、この障害物を回避する運転ができなかった場合は、運転補助として自動ブレーキを掛けることにより、障害物への衝突を未然に防止することができる。

1. ま え が き

AHSは、ドライバーの負担の軽減、安全性の向上による事故の減少や、効率・環境の改善によって社会的な貢献を果たすことを目的としている。表1に示すように、AHSは、情報提供システム(AHS-i)、制御支援システム(AHS-c)、自動走行システム(AHS-a)の3段階に分けられ、1996年9月に設立された技術研究組合走行支援道路システム開発機構(AHS研究組合)が建設省指導の下で開発を推進している。

当社は、要素技術や製品化開発を推進するとともに、AHS研究組合に参画し、システム開発を行っている。

本稿では、まずシステムの機能と構成について述べ、次に、AHSの要素技術である画像によるセンシング機能と、情報提供手段である路車間通信について述べる。

また、制御機能を持つAHS-c、自動運転機能を持つAHS-aの実現に向けては、路車の機能分担の検討が必要で、最後にこの点について述べる。

2. 道路管理システムの機能と構成

AHS-i導入に伴い既存システムに必要となる新規機能と構成を図1に示す。AHS-i路側処理情報(走行車両位置情報、渋滞末尾情報、路面状況検出、路上障害物検知、走行車両からの所要時間情報等)を情報処理系に取り込み、道路管理者のための道路維持機能を強化するため、道路管理システムに次の新規機能が必要となる。

- AHS-i収集/提供情報処理機能
- 道路形状データベース機能、地図情報管理機能
- 道路災害環境管理(災害情報共有処理)機能、災害予測処理機能
- 道路保全管理(道路保全計画支援)機能、道路損傷予知機能
- 特殊車両、危険物管理機能

さらに、上記機能を情報処理系に取り込むことにより、既存の情報提供系を用いた情報提供内容の増強や、新規のAHS-i車載器に対して情報提供を行うことが可能となる。

3. AHS-i路側処理システム

AHS-iの実現には、車両の走行環境(他の車両、障害物、路面状況及び走行車両位置)をセンシングする機能、周囲状況

の判断による車両の誘導制御機能、路車間通信機能などの道路インフラ機能が必要である。さらに、天候、道路線形などの情報も必要である。

3.1 AHS-i路側処理システム

AHS-i路側処理システムは、図2に示すように、道路上の落下物や交通流を検出する画像処理センシング部、無線を用いて路車間通信を行う路車間通信部がその中心であり、提供情報判断処理部と上位伝送処理部で構成される。

3.2 画像処理センシング部

AHS-iにおける画像処理センシングでは、障害物検知や車両の検出、交通流計測が主眼となる。その課題は次のとおりである。

- (1) 天候変動や日照変動等の環境変動に影響されない24時間全天候下での安定な検出の実現
- (2) 移動する車両の位置・速度や障害物の位置を計測するためのリアルタイム処理の実現

3.2.1 検出方式と特長

当社では、背景差分をベースにした車両抽出・障害物検

表1. AHSの段階とサービス

AHSの段階	サービスの内容	期待される効果
AHS-i (Information)	ドライバーから見えない場所等の道路交通環境の情報提供及び危険警告を行うサービス	安全性の向上 快適性の向上
AHS-c (Control)	車線逸脱防止等のインフラや車両のセンサからの情報を基に車両の部分的な制御を行い、運転補助を行うサービス	安全性の向上 快適性の向上
AHS-a (Automated Cruise)	自動走行を行うサービス	安全性の向上 効率の向上 快適性の向上

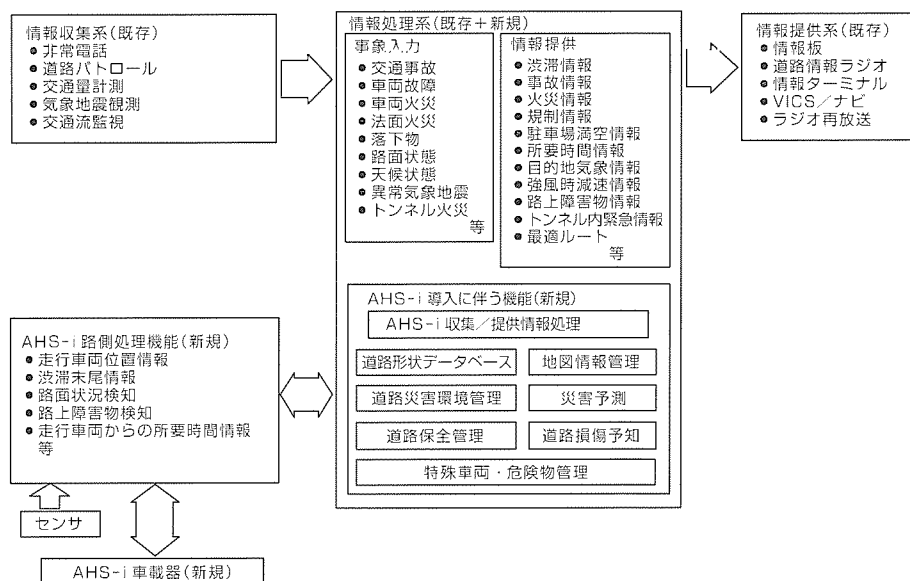


図1. AHS-i導入に伴う道路管理システムの機能と構成

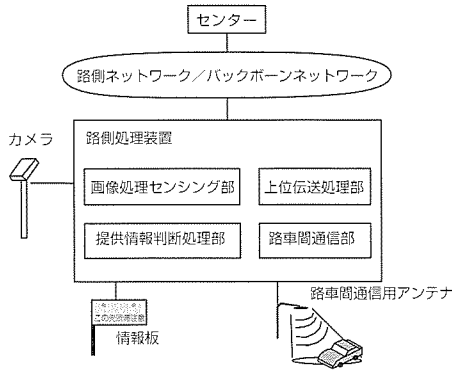


図2. AHS-i路側処理システム

出手法を開発し、高速画像処理装置として製品化した。この製品の特長を次に示す。

- (1) 専用の画像処理ボードは、高速のDSP(Digital Signal Processor)を用い、リアルタイム処理を可能にするとともに画像処理アルゴリズムをソフトウェアで実現しているので、機能変更柔軟に対応できる。
- (2) 可視画像・赤外画像両方に対応でき、かつ環境変動に強く、輝度変化と背景の模様・形状の変化情報も活用するテクスチャ背景差分法に基づく方式を開発し採用した。この方式では、車両・障害物を共に認識することが可能である。

3.2.2 機能

AHS-iにおける画像処理センシングに求められる機能としては、

- 停止・低速車両の検出
- 高速車両、対向車両の検出
- 落下物検出
- 渋滞の検出
- 二輪車・歩行者の検出
- 車線逸脱等の異常走行の検出

等があり、当社では、表2に示すように、これら機能を24時間・全天候対応で実現している。

現在は可視カメラ、赤外カメラ(オプション)を基本に実現しているが、吹雪や濃霧などの悪天候に対応するために、ミリ波レーダを併用した複合センシング技術の開発にも取り組んでいる。

3.3 路車間通信と路側ネットワーク

3.3.1 路車間通信

AHS-iを実現するに当たり、AHS-i路側システムと走行中の車両間で双方向のデータの授受を行う必要があり、路車間通信がその手段を提供する。図3にその概要を示す。路車間通信に求められる技術課題として、以下のようなのが考えられる。

(1) 高速ハンドオーバー技術

サービスの範囲としては、道路沿いに少なくとも数百m

表2. AHS-i路側処理装置実現機能・性能

仕様	実現機能・性能	
システム	路側処理装置構成	路側設置屋外きょう(筐)体、ファンレス/ディスクレス
	センサ種類	可視、赤外(オプション)、超音波/ループコイル
	センサ台数	最大8台
	情報提供装置	情報板
検出項目	停止・低速・高速車両	○(検出速度は設定可能)
	対向車両	○
	渋滞	○(渋滞検出条件は設定可能)
	車線逸脱等の異常走行	○(検出条件は設定可能)
	大型/小型車	○
	二輪車・自転車	○
	歩行者	○
落下物	○	
情報処理機能	<ul style="list-style-type: none"> ● 表示内容、表示タイミングの決定 ● センター端末への画像配信(オプション) ● 自己診断機能、リモートメンテナンス機能 	

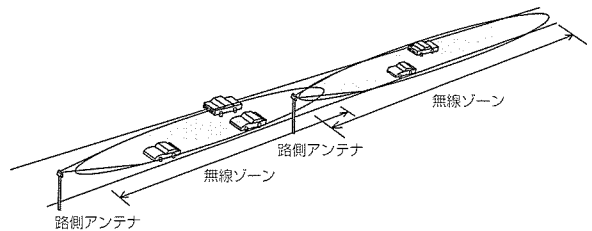


図3. 路車間通信の概要

以上の確保が必要と想定され、複数の無線ゾーンを道路沿いに連続して配置する構成が必要となる。このため、通信対象の車両を個々に識別しながら、これらの無線ゾーン間での通信を途切れなく継続していくための高速ハンドオーバー技術等が必要となる。通信のサービスエリアがスポットであるETCシステムやVICSと異なる点である。

(2) 伝送品質

各無線ゾーン内に存在するすべての車両に対して、高速走行時を含めて、等しく高い伝送品質を確保することが要求され、耐フェージング、シャドウイング対策が必要である。

さらに、周波数の有効利用が重要な課題であり、これらすべてを勘案したシステムの構築が求められる。

(3) 標準化

AHS-iが普及するためには、路車間通信の仕様として、国内統一標準、さらには国際標準となることが重要である。当社は、自動車電話や携帯電話などの移動体通信分野で多くの実績を持ち、また、ETCシステムの実用化などの実績がある。これらの実績をベースに、AHS-i実用化に向けて、上記のシステム検討及びそのために必要な要素技術の開発を進めている。

3.3.2 路側ネットワーク

路側ネットワークは、AHS-iのみならずITSシステム情報通信ネットワークとしてVICSやETC等にも共通で使用される設備であるため、マルチメディア通信と高速性が要

表3. MELNET-R155 SDHネットワークの主な仕様

ネットワーク形態	二重化ループ構成
伝送速度	155.52Mbps
アクセス方式	SDH飛び越し多重+トークンバッシング
通信形態	1:1, 1:N, N:N(ブリッジ)
ノード数	最大127ノード
ノード間距離	40km(1.3μm)/80km(1.55μm)
接続インタフェース	1. 音声4W/2W, 電話機インタフェース, 1.5Mbps/6.3Mbps(G.703)/2Mbps(TTC)インタフェース NTSC画像インタフェース(MPEG-2コーデック内蔵) 低速データ(X.21, V.24/V.28:9,600bps以下) LAN(Ethernet)インタフェース (ほか)
回線収容能力	2016ch(64kbps換算)
RAS機能	電源モジュール二重化 リング伝送路障害時のループバック 活線挿抜, 折り返し試験機能 等
管理機能	リング構成状態の監視及び表示 リモート再構成制御 ノード装置の監視及び表示 ノード内端末インタフェースの設定, 監視及び表示 障害履歴の記録及び表示

求される。

AHS-iから見た路側ネットワークへの要求は、リアルタイム性がまず第一であり、AHS-i路側処理装置からの障害物検出情報や路車間通信による危険警告情報の伝送機能である。また、路側に設置されるカメラや路車間通信用基地局などの収容など、豊富なインタフェースが必要である。

これら要求に対応するため、当社では、155Mbpsの直接多重型SDHネットワークMELNET-R155シリーズを製品化している(表3)。また、RTnet150RシリーズとしてATM製品も製品化しており、用途に合わせて選定することが可能である。

4. 路車分担の考え方

AHS-iは、路側に設置されたインフラシステムと道路を走行する車との適切な連携・協調により、始めて安全、環境・効率の改善が実現できると言える。

路車分担を考える基準としては、機能、コスト、信頼性、拡張性、運用性があるが、現在、主に検討されているのは機能面からである。このため、本稿では、機能面からの路車分担について検討する。

車両単独では困難で路側で処理した方が有利な機能として、広域にわたる機能、車両間の協調を必要とする機能、複数台車両に共通な機能がある。また、車側で処理した方が有利な機能として、緊急の処理が要求される機能、車両単独で処理可能な機能、車両単独でしか使用しない機能がある。

以上の基本的な考えに基づき、AHSの基本機能である

認知、判断、操作・制御機能についての路車分担について述べる。

4.1 認知機能

見通し不良部の道路状況、障害物情報、非AHS-i車の位置、渋滞情報、路面状態、工事・規制情報などの車両単独では認知が困難な機能は路側処理機能であり、自車両の位置、車間距離、横側監視などの車両単独で認知可能な機能は車側処理機能である。

4.2 判断機能

車両の協調停止のための速度判断、障害物の挙動予測、複数障害物判断などの車両単独では困難な機能は路側処理機能であり、車線逸脱防止判断、一時停止判断、速度超過警告判断などの車両単独で可能な機能は車側機能である。

4.3 操作・制御機能

共通な制御判断処理情報の提供や協調制御判断処理の指示情報提供などが路側機能として考えられるが、操作・制御に関しては、一般に短時間の処理が必要であり、車側の機能が主である。

上記の各機能の路車分担は、AHS-i、AHS-cとAHSが進化していくに従って変化していく。

AHS-iとAHS-cにおける認知機能はその精度が異なり、路車分担の基本は同一であるが、多少の変更が考えられる。判断・操作機能については、AHS-iでは運転者が実情報に基づいて判断し操作することになり、判断・操作機能は車両側が主になる。AHS-cでは、緊急時における協調停止減速度判断機能や効率向上のための交通流計画機能など、路側の判断機能が増してくる。また操作・制御機能については、適正車間距離などマクロ的な判断に基づく指示は路側から出し、この指示に基づく速度、車間距離制御などの操作は車側で実施することになる。当社では、上記の路車分担の考え方にに基づき、路側からの認知機能はもとより、判断・制御機能についてもITSシミュレータを活用して検討開発を行っている。

5. むすび

以上、当社のAHSに関する取組と開発状況について述べた。

今後、AHSは順次整備されるとともに、AHS-iからAHS-c、AHS-aへと進展を続けるが、当社は、これらの動向に対し、技術開発を継続して積極的に進め、高性能、高機能、高信頼なシステムを実現し、高度なシステムへの提案を続けていく所存である。

川上眞二*
 福地陽一*
 平野昌彦*

新物流情報システム

要旨

政府は、“高度道路交通システム(Intelligent Transport Systems:ITS)推進に関する全体構想”を策定し、ITS実用化を進める関係者が効率的で体系的な研究や事業化を進めることができるように、九つの開発分野を設定した。新物流情報システムは、この開発分野の一つである“商用車の効率化”として位置付けられるものである。

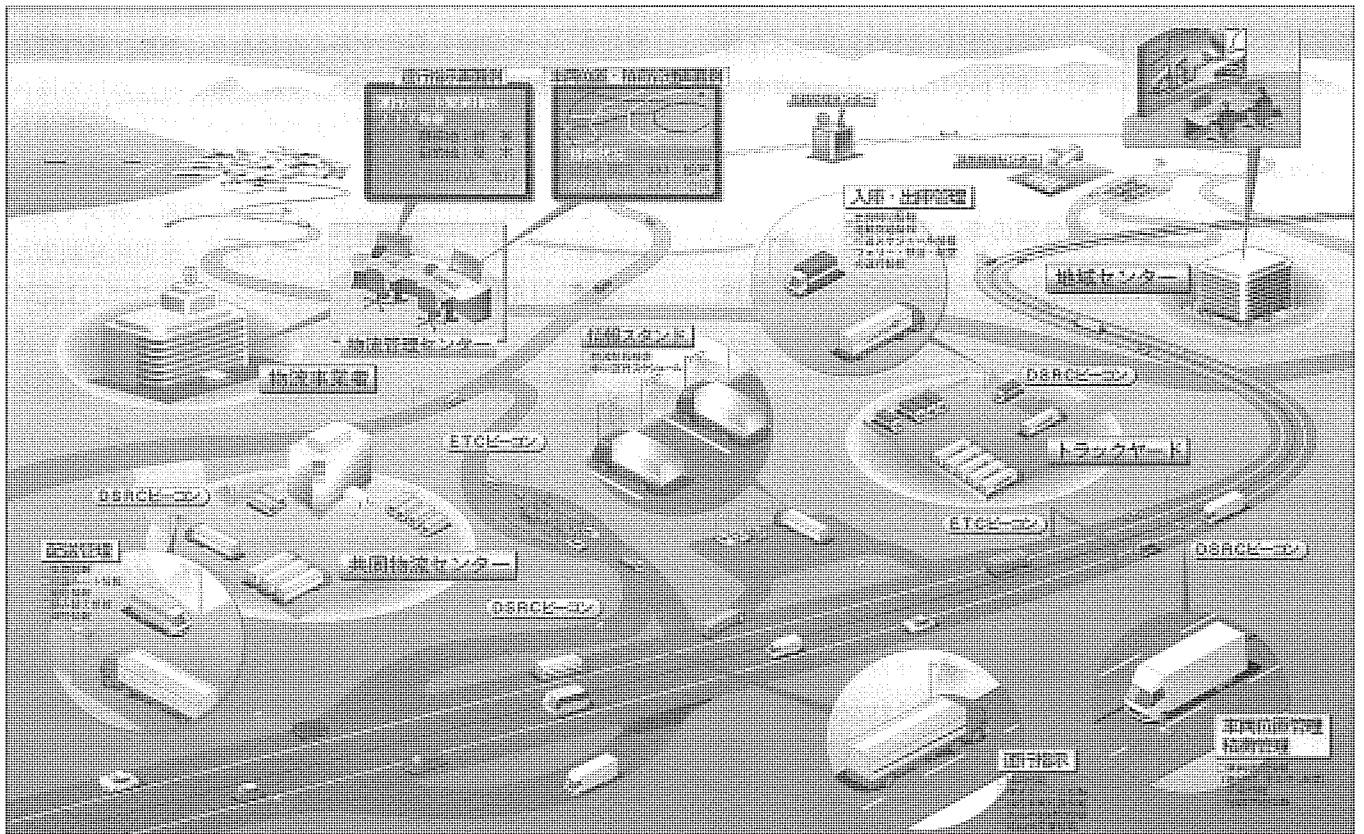
本稿では、配送計画システムと運行管理システムを連携させ最適なトラック物流業務を実現する新物流情報システムを紹介するとともに、技術的な課題とその解決策についても記述する。

従来から、物流情報システムには、車両を効率的に運用するための配送計画システムや、車両に車載端末等を搭載し運行を管理する車両運行管理システム及び車載端末シ

テム等が導入されている。しかしながら、各システムコンポーネントごとに、又はシステム全体として、重要な問題が指摘されていた。

特に、物流センターの立地条件、車両台数も含めた最適配送計画が、ドライバーの経験を優先する現場の運行では生かされず、実態とのかい(乖)離が効率化の妨げとなっている。

新物流情報システムでは、車両運行管理システムや車載端末から上がってくる実績データを自動的に配送計画システムのパラメータとして反映させるとともに、ドライバーへの負担を和らげるために、様々の最新技術を使って構築している。



DSRCによる新しい物流情報システム

ITSの重要な技術であるDSRC(Dedicated Short Range Communication)を使うことで、従来の物流システムの変革が期待されている。この図のように物流に関連した様々な使い方が考えられており、その一環として、物流センターと配送先店舗間の二次配送業務の効率化を目指して実証実験を実施している。今後の動きとしては、共同物流センター構想での3PL(3rd Party Logistics)によるトラック内の情報システムと連携した共同配送が盛んになると予測されている。

1. ま え が き

近年、物流業界では、小口輸送やジャストインタイム輸送による積載率低下、物流コストの増大、従業員の高齢化や労働条件の改善、さらに道路の交通渋滞、沿道環境、省エネルギー等の問題を抱えており、物流情報システムの高度化によるこれらの問題の改善が求められている。

また一方では、現在直面している我が国の厳しい経済状況を打開し経済構造改革を強力に推進していく意味でも、経済社会の基盤である物流について、社会システムとして効率化・高度化を追求し、高度な物流システムを一日も早く構築していく必要がある。

新物流情報システムは、ITS開発分野の一つである“商用車の効率化”として位置付けられるものであり、トラックの走行状況や荷物情報等を把握し最適な運行・配車計画を実現するトラック物流情報管理システムである。

このシステムは、トラックにモバイルパソコンをベースとした車載端末(以下“カーPC”という。)を搭載し、最新移動体通信を活用して、二次配送(物流センターと配送先店舗間)における最適な輸配送や物流業務を可能とするために開発中のものである。

本稿では、そのシステムの概要を紹介するとともに、技術的な課題とその解決策についても記述する。

2. 開発の背景

近年、ITSに対する官民共同での取組が本格化しており、ナビゲーションシステムの高度化、安全運転の支援、公共交通の支援、商用車の効率化等により、交通事故や渋滞等の道路交通問題の解決に向けて様々な取組がなされている。

物流事業者においても、国際的な競争を勝ち抜くためにも、更なるコスト改善を迫られる一方、利益創出のための戦略的取組が求められており、システムに対するニーズも多様化してきている。配送リードタイムの短縮や配送実態把握による輸配送効率の改善、また運転情報の高度化が望まれてきている。

一方、技術面においても、計算機の高機能化、コンパクト化、低コスト化があり、それらに加えてオープン化、分散化、マルチメディア情報化の流れが急速に一般化してきており、それを実現するための通信インフラストラクチャも高速大容量化の兆しを見せてきている。

3. 従来の物流情報システムの問題点

従来から物流情報システムは、車両を効率的に運用するための配送計画システムとして、また車両に車載端末等を設置し運行を管理する車両運行管理システム、車載端末システムとして導入されていた。しかし、図1に示すように、各システムコンポーネントごとに、又はシステム全体とし

て、重大な問題が指摘されていた。

計画系に関しては、自動最適化計算で時間がかかったり、手修正を前提としたシステムでは操作が煩雑であるとの問題があった。しかも、本質的には計画モデルと実運用間にギャップがあり、それが配送計画システムの普及を阻害していた。

運行系に関しては、操作性もさることながら、当日車両運行開始後の臨時便等の扱い、車載端末を搭載していないよう(備)車(繁忙期における自社以外の車両)に対する管理の対応が望まれていた。

また、これらのコンポーネントの多くが、業務範ちゅう(疇)の違いや技術的難しさから、計画系と運行系が独立に開発され導入されたケースが多く、それらの連携も課題となっていた。

4. システム化の概念

前述した従来の物流情報システムの問題点を踏まえ、これを解決するシステムとして、新物流情報システムを開発している。図2に新物流情報システムの概念を示す。

従来、当社システムでも、独立していた配車効率化支援システムと車両オンライン運行管理システムを統合化し、運行実績を計画系へフィードバックする仕組みを作り、計画時のモデルをより運用に近づけるため計画パラメータを調整する学習機能を搭載した。実績からフィードバックされるパラメータは、地点間の移動速度や配送先での作業時間等である。また、五十日(ごとおび:車両が多くなる日)や天候、季節等も併せて管理され、配車計画や配送計画の策定時に実績データが採用されるPDS(Plan-Do-See)モデルを構築することで、より実運用に近い現実的な計画の策定を可能としたものである。

日々の車両ディスパッチ業務(荷量の車両引き当て)では、荷量に応じて積載率を向上させ、運行時間や待ち時間を短

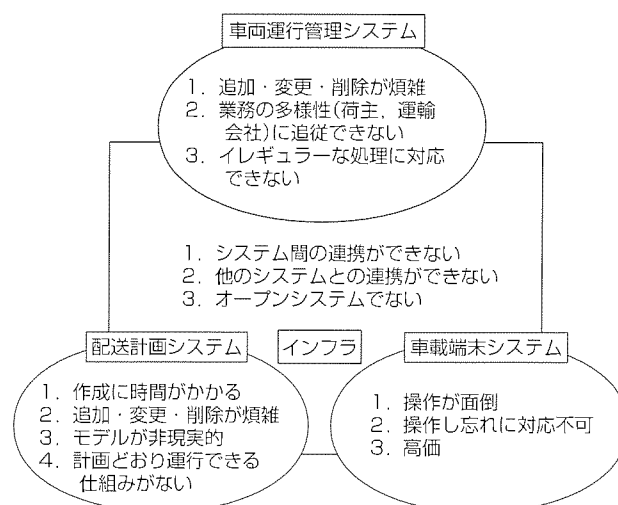


図1. 従来の物流情報システムの問題点

縮するため、ダイナミックに配車・配送計画が自動作成される。このため、ドライバーが配送業務に支障をきたさないように、配送ルートをナビゲーションしたり、配送先の駐車場情報や配送先での作業要領をシステムが提供する仕組みも併せて構築した。

5. システムの概要

前述した基本コンセプトに従って開発した新物流情報システムのシステム概要について述べる。

5.1 階層化されたシステム機能

図3に新物流情報システムの機能階層を示す。

このシステムの第一の階層は、配送効率化によるコスト削減を目的としたコア機能である。計画の最適化アルゴリズムとともに、より計画を現実的なものとするため、車両運行実績データの計画へのフィードバック機能や交通・気象等の運行関連の情報提供機能を具備し、業務上避けられない各種イレギュラー処理への対応を加味したものである。

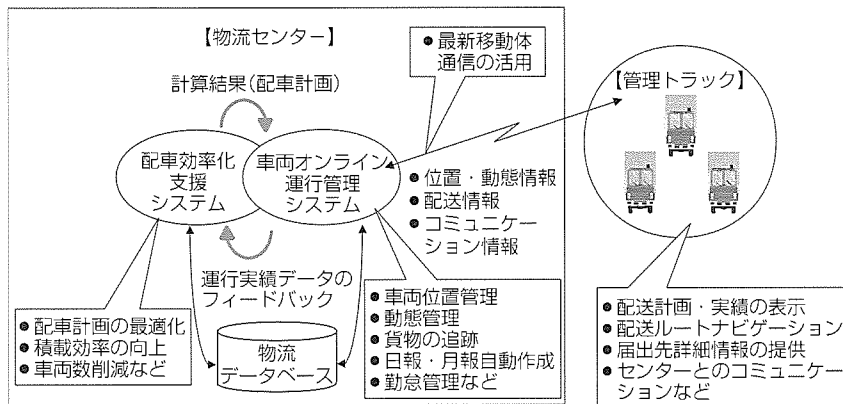


図2. 新物流情報システム概念

<機能階層>	<システム化目的>	<特長機能>	<コンポーネント>
サービス機能	配送先、荷主、運用管理者へのサービス向上 (1)貨物追跡 (2)ジャストインタイム	動態情報の提供 車両位置の提供 貨物追跡情報の提供	運用管理システム 運行監視システム 物流データベース 実績管理システム 配車計画システム 車載システム
運用機能	最適化された計画の運用 (1)ドライバースキルアップ (2)作業の効率化	届出先詳細情報の提供 配送情報の提供 ● 配送計画 ● 配送ルートなど ナビゲーション機能 ● 地図表示 ● 経路ガイダンスなど	
コア機能	配車効率化によるコスト削減 (1)現実に則した効率的な ● 最適配車計画 ● 最適配送計画の策定 (2)業態に応じたシステムの柔軟な対応	システムの柔軟性 ● 計画後の臨時使 ● 備車対応など 関連情報の提供 ● 交通情報 ● 気象情報など 実績データのフィードバック 最適化アルゴリズム	

図3. 新物流情報システムの機能階層

第二の階層である運用機能は、システムが策定する計画を実運用で問題なく遂行するためのもので、負担の掛かるドライバーに対する支援機能である。

第三の階層は、車両がオンライン化されることで結果的に様々な情報の提供が可能となるサービス機能である。

5.2 システム構成

図4に新物流情報システムのシステム構成例を示す。

図に示されているように、車載端末はモバイルパソコンをベースとしたカーPCを中核に据え、位置情報をGPS (Global Positioning System)で取得し、PCナビで配送ルート等をナビゲーションするものである。車両とセンター間での移動体通信としては、NTTのDoPa (DoCoMo Packet) を活用する。

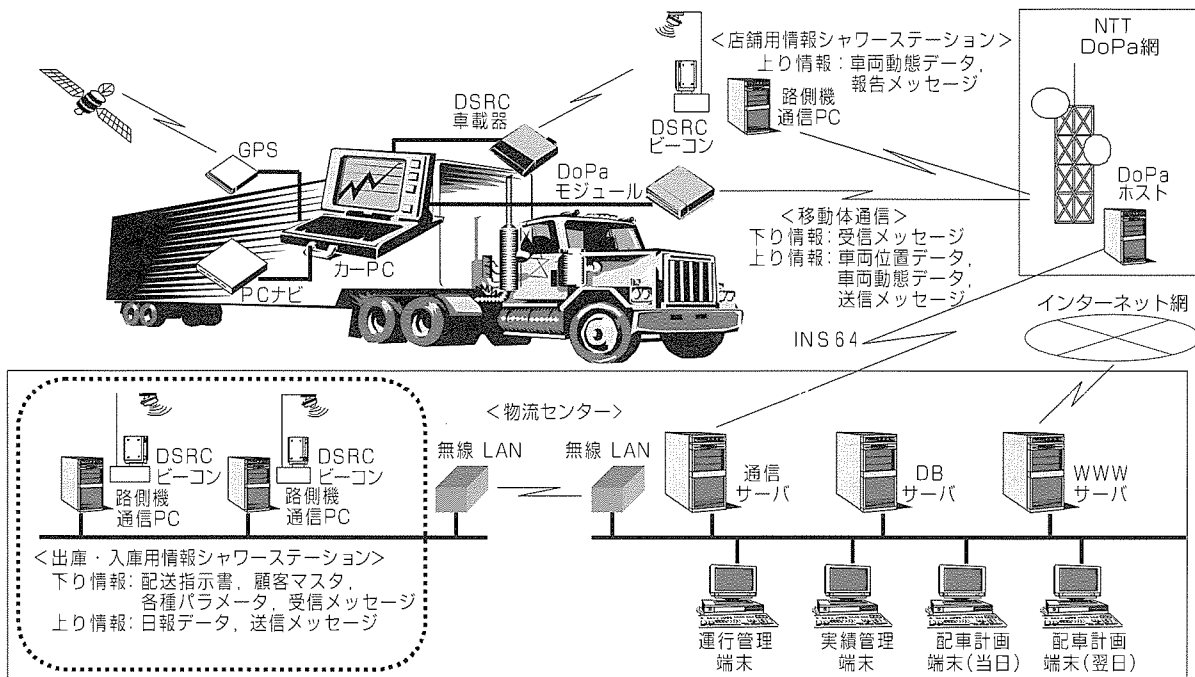
DSRCは、ITSでの活用が期待されている専用狭帯域通信であるが、車両の通過情報が取り込め、また大容量の通信が可能で次世代の通信網である。今回の開発では、プロトタイプ的位置付けで試作しているものであり、物流センターや配送先店舗での利用を試行するものである。

一方、センター系には運行、実績、配車計画用にそれぞれの端末を配置し、センター業務に備える。また、DSRCビーコンとの接続に設置の容易さから無線LANを備えている。

これらのシステムコンポーネントによって、新物流情報システムを実現している。

6. 技術的な課題とその解決策

このシステムでの最大の技術的な課題は、使われるシステムとして、いかに運行実績を自動的にフィードバックさせるかの点にあった。そのため、あらかじめ地区別の速度情報と発着地(配送先、倉庫など)の位置情報から所要時間予測テーブルを作成しておき、運行後の発着地間の所要時間実績データを五十日や天候も加味した条件別所要時間テーブルに展開する方式を採った。この方式により、例外条件を外しながら、精度の高い配送計画を立てることが可能となった。しかしながら、条件選択のためのオペレータ介入が必要であるため、現在、自動的に条件選択していく方式を検討している。図5に配送計画フィードバック方式の概念を示す。



DSRC : Dedicated Short Range Communicationの略で、ITSでの活用が期待されている専用狭帯域通信
 GPS : Global Positioning Systemの略で、自分の位置情報を知ることができる
 DoPa : DoCoMo Packetの略で、NTTがサービスを開始した移動体通信網
 PCナビ : ナビゲーションシステムをパソコン上へ移植したもの
 カーPC : 汎用モバイルパソコンをベースに車載用として開発したパソコン
 DBサーバ : 物流関係のデータが格納されているデータベースサーバ
 通信サーバ : 移動体通信網とデータのやり取りをするサーバ
 WWWサーバ : 物流情報をインターネットに発信するためのサーバ

図4. 新物流情報システムのシステム構成例

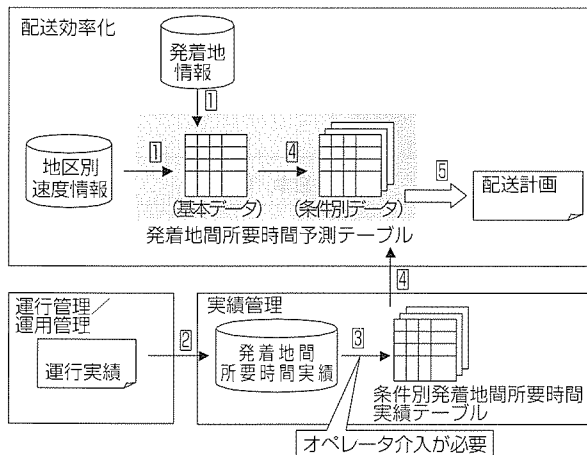


図5. 配送計画フィードバック方式の概念

7. 今後の展開

以上、現在開発中の新物流情報システムを紹介してきたが、今後の展開として以下の対応を検討中である。

(1) SCM(サプライチェーンマネジメント)への対応

物流業界では、今後ますますEDI(Electronic Data Interchange)によるSCMが進むと予測されており、受発注システム、在庫管理システム等との連携が重要になってくる。

(2) 3PLへの対応

今回紹介したカーPCのような高機能化された車載端末の活用として最も期待されているのは、トラック内情報システムである。インターネットを活用したトラック内での受発注も可能となれば、3PLによる共同配送が盛んになると予測される。

(3) 車載端末の高機能化

今回紹介したカーPCは車載端末として大きなポテンシャルを既に持っているが、今後は、これらのハードウェアを生かすアプリケーションシステムのレパートリーの充実を実施していく。

(4) システムセキュリティへの対応

上記のようにセンターと車両間で自由にデータ交換できるということは、裏を返せば、第三者からダメージを受ける可能性もあり、高度なセキュリティの対応が必要になってくる。暗号化、認証等のセキュリティ技術を導入したシステムが必ず(須)となってくる。

8. むすび

ITS事業は、2015年度で累積が60兆円を超え、その中でも情報通信サービスと車載端末の比率が高いと予測されている。このためには、車載端末を活用した優れたアプリケーションシステムの開発がキーであり、その利用目的の拡大や他のシステムへの技術の適用を図っていきたい。

ISO/TC204の現状

福田 稔*

要旨

ITS(Intelligent Transport Systems：高度道路交通システム)に特化した国際標準化専門委員会ISO/TC204が組織され活動をスタートして6年が経過する。

現在までに50余件が標準化検討項目として審議され、早いものは審議を終えている段階にある。

従来の多くのISO(International Organization for Standardization：国際標準化機構)が製品化後の標準化作業であったのに対し、将来予測も含めたpre-competitive stageでの標準化項目が多く、したがって、de-fact標準に分類されるものは少ない。また、部品や製品等の仕様を扱うものよりもシステム、アーキテクチャ、方法など包括的内容

を対象にするものが多いのも特徴である。

ISO/TC204よりも約2年早く欧州標準化委員会CEN/TC278の下でITSの標準化を手掛けた欧州勢は、ISOの場においても優位を保っている。また、EC(欧州委員会)や欧州地域が進めるプロジェクトを標準化の場に多数提案してくる回りも日本との違いである。

活動体制、検討対象も発足当時よりもかなり改変され、適宜ad-hoc委員会を設けながら社会が要求するITS標準の早期制定に向けて活動している。活動も中盤を過ぎ、その成り行きに一層注目しておくべきであろう。

ISO/TC204の組織(幹事国：アメリカ)

地域別 Pメンバー国数：欧州 9 南北アメリカ 3 アジア 5 オセアニア 1

WG No.	分科会名称	幹事国/主導組織体
WG 1	システム機能構成分科会 System Architecture	イギリス/ISO
WG 2	品質・信頼性分科会(休止)	—
WG 3	TICSデータベース技術分科会 TICS Database Technology	日本/ISO
WG 4	車両自動認識/貨物自動認識分科会 AVI and AEI	ノルウェー/CEN
WG 5	料金収受分科会 Fee & Toll Collection/Management and Access Control	オランダ/CEN
WG 6	貨物運行管理分科会(休止)	—
WG 7	車両通行管理分科会 Commercial/Freight	カナダ/ISO
WG 8	公共交通分科会 Public Transport/Emergency	アメリカ/ISO
WG 9	交通管理分科会 Integrated Transport Information, Management	オーストラリア/ISO
WG 10	旅行者情報分科会 Traveller Information Systems	イギリス/CEN
WG 11	ナビ・経路誘導分科会 Route Guidance and Navigation Systems	ドイツ/ISO
WG 14	走行制御分科会 Vehicle/Road Warning and Control Systems	日本/ISO
WG 15	狭域通信分科会 DSRC for TICS Applications	ドイツ/CEN
WG 16	広域通信分科会 Wide Area Communications/Protocol and Interfaces	アメリカ/ISO

出典 財自動車走行電子技術協会：ITSの標準(平成10年度通産省高度技術集約型産業等研究開発調査(ITSの規格化事業))

ISO/TC204の組織

ITSに関する国際標準化活動はISO/TC204が担当している。TC204では標準化項目の全体内容を1～16までのWG(分科会)で分担し、各WGには幹事国のコンピーナーと各国派遣のエキスパートが参加する。標準化に先行していた欧州は多くのWGの幹事国となり、かつPメンバー国(委員会参加資格国)の半数を欧州勢が占めるという優位な条件でISOとCENの両作業を並行して進めている。作業は中盤を過ぎた段階にある。

1. ま え が き

生産活動や人の行動が車社会を前提に組み立てられるようになったのに伴い、このモータリゼーションがもたらす負の側面、すなわち渋滞、事故及び環境破壊も大きな社会問題となってきた。このような社会現象に対する施策の一つがITSであり、既に一部は実施の段階にある。

こうした動きは欧米各国においても同様で、各国間で協調のとれたITS推進をすべきと米国が提唱して、ISO傘下の専門委員会TC204(Technical Committee 204)で国際標準化活動がスタートした。ISOにおいてはこのテーマをTICS(Transport Information and Control Systems：車両交通情報制御システム)と名付け、日本も当初から参加して積極的に活動している。この活動も開始されて6年が経過し、活動方針も国際的にも国内的にも修正され、社会が要求する国際標準の早期制定に向けて活動が続けられている。

2. ISOの組織・体制と審議の進め方

2.1 ISOにおけるITS関連標準化組織

ISO/TC204はITSに特化して発足した専門委員会(TC)であるが、ITSのテーマはISO/TC22, TC211やISO/IEC JTC 1 又はITU-R(国際電気通信連合)などISO/TC204以外でも扱われており、審議機関は今や多岐にわたっているため、相互にリエゾン派遣などで連携を保って進められている。ISOの国際組織などについては既に報告されているが⁽¹⁾⁽²⁾、ここで述べるISO/TC204は、1998年時点でPメンバー(委員会参加資格国)18か国、Oメンバー(オブザーバー国)27か国で組織され、メンバーの半数は欧州勢が占める⁽³⁾。

2.2 ISO/TC204での審議の進め方と特徴

ISOにおける標準化業務を画一的な手順で進めるために、多くのルールはISO/IEC専門業務用指針に定められている。しかし、作業期間は、TCが扱うテーマによって大きな差があることから、最長期間のみを規定して具体的目標期日はTCごとに定めることとなった。それを受けてTC204では目標期日を作業段階ごとに細分し、例えば最も実作業を伴う標準化原案(WD)は項目提案後18か月以内に完成としている⁽³⁾。また、作業を終えた項目が例えば時期尚早などの理由で標準仕様に至らない場合は、その処置法としてISO/PAS(ISO Publicly Available

Specification), ISO/TS(ISO Technical Specification), ITA(Industry Technical Agreement)などのISO出版物に収めることが認められるようになった。

従来の多くのISOが製品化後に標準制定作業が行われたのに対し、TC204は製品化前すなわち“pre-competitive stage”と呼ばれる段階での標準化作業が多く、デファクト標準(de-facto：事実上の標準)が入り込む要素が少ないデジュール標準(de-jure：公的な標準)の要素が多いのも特徴である。

2.3 ISO/TC204の日本における活動体制

加盟国日本としてISO中央事務局に登録されている代表組織は日本工業標準調査会であるが、TC204の場合、活動の母体は、国内技術委員会と国際組織のミラー委員会に当たる国内分科会(国内WG)である。

国内の体制も発足以来改変されてきており、現在では、その体制の中に運営委員会と調査研究委員会が置かれて活動計画や管理事項・技術全般事項を担当し、国内WGを側面から支援している(図1)。

3. 標準化作業項目と審議内容⁽⁴⁾

TC204が扱うITSすなわちTICSの内容は細分されて、16番までのWGが担当する。その担当内容は既に報告されているところであるが⁽²⁾、'98年5月のトロント全体会議や同年10月のソウル全体会議でWG 2とWG 6が審議参加国数不足等から休会に、WG 13はTC22への移行・統合でTC204から分離された。以下に各WGの作業現況を概説する。

(1) WG 1(システム機能構成分科会)

TICS全体システムのアーキテクチャ構築、共通的数据モデルの確立、ASN.1(抽象構文記法1)によるデータ表



図1. 日本のISO/TC204対応組織

記の共通的事項の管理などを担当し、これまでにアーキテクチャを内容とする委員会原案(CD)ISO14813を作成した。次いでデータ辞書、データ登録のCD作成に入っているが、テーマが大きく経費も発生することから長期を要している。

(2) WG3 (TICSデータベース技術分科会)

ナビゲーションなど交通情報関連各種システムが必要とする地理データベースの標準化を進めており、製作者、利用者間で互換性を保ちながら効率良くデータ交換ができる媒体・手法の標準化を目的としている。地理データファイル、物理的格納、位置参照方式、更新手法、アプリケーション間インタフェースなどが当面の具体的テーマであり、日本が幹事国で各国の関心も高く進捗は早い。

(3) WG4 (車両自動認識/貨物自動認識分科会)

簡単なタグを介して車両・積載貨物と道路インフラ間通信を行い、車両や貨物の管理いわゆる物流管理を行うその手段を提供することを目的としている。道路輸送のみを対象とした単一モードについてのデータ構造、動作パラメータは既に固まり、国際投票の段階にきている。次いでスワップボディ、コンテナなどによる複合輸送すなわちインタモダル輸送の検討に入っている。

(4) WG5 (自動料金収受分科会)

自動料金収受システムに必要なオペレータ間インタフェース、データ構造など7項目ほどが当面の標準化項目である。EFC(Electronic Fee Collection)機器試験法案や課金系を含めたセキュリティなど、日本のETC(Electronic Toll Collection)計画を背景にしながらの活動である。ISO/IEC, JTC1/SC17, ISO/TC68などとの連携も必要になっている。

(5) WG7 (車両通行管理分科会)

国際物流も含めた法律に基づく車両運行管理の電子化・情報化に関連する部位の国際標準化をねらいとしている。“貨物の入港から荷主への配達に至る全行程中に行われる情報の把握と共通部分の調査”アンケートをWG6とともに国際レベルで行い、その結果から危険物輸送管理を一つのテーマとして検討を開始する状況にあるが、本格的活動に入っていない。

(6) WG8 (公共交通分科会)

主に公共交通機関のバス停、駅、タクシー乗り場、又は車内での運賃収受、利用者への情報提供、乗り継ぎ調整などに対応できるデータセットや通信プロトコルを範囲としている。車内LANや米国から提案のTCIP(Transit Communication Interface Profiles: 公共輸送機関通信インタフェース)を審議し、日本が構想するPassenger Interfaceをその中に包含させる方向で検討を進めている。緊急車両支援も今後の視野に入れている。

(7) WG9 (交通管理分科会)

TICSにおける交通情報の管理・制御などに関連する部

位を標準化する。具体的には、情報送出元である各種情報センター相互間、センターと路側機器間、路側機器群間を対象に情報の体系と通信プロトコルを標準化する。情報センター間通信関連では、欧米双方の接点として作成された通信規定DATEX-ASNのメッセージ形式、交換手順を検討中である。センターと路側機器間、路側機器群間では、米国のNTCIP(National Transportation Communication for ITS Protocol: 米道路情報通信ITSプロトコル)に規定する情報形式と管理方法を参考に日本が持つシステムとの整合を図っている。

(8) WG10(旅行者情報分科会)

各種メディアを利用して提供する旅行者情報について、システムの機能分担、メッセージ内容、情報プロトコルなどを扱う。伝達メディアではRDS-TMC(Radio Data System-Traffic Message Channel: 無線放送交通メッセージ)、DSRC(狭域通信)、セルラ電話、情報板、パソコン端末など時代の要求を受けて拡大の一途にあるが、最近GATS(Global Automotive Telematics Standard: 欧州のITS商用システムの仕様)と呼ばれるセルラ回線利用の経路誘導機能付き交通情報提供システムやTPEG(Transport Protocol Expert Group)が作成したデジタル放送による交通情報提供など、欧州が精力的に進めるプロジェクトが相次いで提案され、標準化対象項目は10件を超える。GATSなどは日本既存のシステムとの整合が課題となろう。

(9) WG11(ナビ・経路誘導分科会)

車載機が経路計算する局所決定形経路誘導(LDRG)と中央装置で行った経路計算結果を車載機に伝える中央決定形経路誘導(CDRG)の両方式を対象に、車内ナビ計算機と外部通信用機器間で交換するメッセージセット、及び対話型CDRGのエアインタフェースメッセージセットの標準化を進めている。最近、Excel表現のメッセージデータをASN.1に変換する標準簡易言語の規定化にも取り組んでいる。

(10) WG14(走行制御分科会)

電波レーダや光レーダなどの手段で車間距離や相対速度などを検知し、又は前方/後方の障害物を検知して警報発信又は車間確保などを行う制御システムを背景に標準化を進めている。これまでに前方障害物警報システム等のCDがまとまった。欧米諸国から現実の商品化から遊離した傾向のシステム提案が多いのに対し、日本はミリ波レーダのRCS(Radar Cross Section)実測データ⁽⁵⁾を規格の根拠とするなど理論的・実勢的な提案をしている。日本が幹事国で進捗は大変に早い。

(11) WG15(狭域通信分科会)

車載機と路側装置間で行うTICS分野の狭域通信を統括・管理し各種アプリケーションに対応した通信仕様の標準化を目指しており、市場要請が強かったEFCが先行し

て検討された。国際統一基準を目指して長年審議されたが、国情・地域の違いから標準化できる範囲を絞らざるを得ず、結局OSI(オープン システム インタコネクション)第7層を中心に標準化することとなり、ようやくWDが完成した。日本では、設置するインフラの有効活用の観点から、DSRC用途をETCに限定することなく車両運行、物流管理、緊急車両支援などにも拡張させる調査検討も別途進められている。

(12) WG16(広域通信分科会)

TICS関連の各種コントロールセンターとユーザー装置間の広域データ交換における、ヘッダー等共通部分を検討しているが、成果物発行の段階まで至っていない。現在はメディア非依存としているのでGATSやTPEGなど広域通信媒体利用の欧州プロジェクトは対象としていないが、社会需要に応じて今後検討項目となろう。

(13) ad-hocグループ

'99年5月開催のISO/TC204トロント全体会議で2件のad-hocが設立され活動している。一つはSecure Digital Imagingであり、画像処理技術を応用した例えば違反車両の画像記録取得・保管・交換に関する標準化準備、他の一つはWG9に関連する情報センター間交換情報の共通データ辞書作成である。前者は、準備期間を経て標準化項目への格上げを目指して幹事国イタリアを始めイギリス、米国、日本などが参加して進めている。

4. ISO/TC204標準化作業に対する欧米の動き

4.1 欧州

欧州はISO/TC204よりも数年早くCEN/TC278でITS標準化をスタートさせた。後続した形となったISO/TC204については、ウィーン協定を後ろ盾に主導権を取りたいWGには欧州各国が積極的に幹事国となり、また欧州からの参加国が全体数の半分以上を占めるなど多くの面で欧州勢優位な条件を整えている。また、RDS-TMCや最近ではGATSなどの例に見るように欧州企業団又は欧州地域が推すプロジェクトを標準化対象に提案してくるケースが多く、これらはEC(欧州委員会)の資金援助とERTICO(全欧州のITS統括組織)の指導力が活動源となっている。また、制度面でもCENが制定した欧州規格(EN)は自国の国家規格への採用が義務付けられ強制力を持つことから、審議過程での応酬も激しく活動に熱が入っている。

4.2 米国

米国はISO/TC204の提唱国であるが、全WGに委員を派遣しているわけではなく、団体や業界が関心を持つテーマに参加してくる典型的な国と言えよう。

米国内の推進体制は日本に似ている。引き受け団体は

SDOs(Standards Development Organization)と呼ばれ、SAE(自動車技術会)、IEEE(米国電気電子学会)、ASTM(米国材料・試験協会)などで代表される八つのSDOsがあり、TC204の全WGをこれらで分担している。

日本の国内技術委員会、国内分科会に相当する組織はそれぞれTAG(Technical Advisory Group)、WAG(Working Advisory Group)と呼ばれ、CSO(米国標準化委員会)が開く三か月ごとの進ちょく(捗)会議で管理されている。

TEA-21(21世紀交通最適化法)のプログラムで長期間の予算を規定し、ITS-America等の指導の下に多くのプロジェクトを起こした。その一部がNTCIP、TCIPなどの形で提案されてくる辺りは欧米共通である。

アムステルダム全体会議では社会需要にこたえるISO活動を推進すべきと米国が提唱し、business plan作りが決議されるなどリーダーシップ面での貢献は依然大きい。

5. む す び

1993年にITSの標準化作業が開始されて6年が経過し、標準化予定項目のうち市場要求が弱いWGの活動が低調になるなどテーマによって活動差が大きくなってきた。ISO中央事務局も、そのような社会情勢を反映してリエンジニアリングを進めている。その反面、TPEGやDigital Imagingなどに見るように発足当時になかったものが要請にこたえてテーマ候補となり審議されるなど、ここにきて流動的に運営されだした。日本でも、国内運営委員会やビジネスチームを体制に導入するなど社会の流れに対応して運営されている。

現在50余件の作業項目を抱え各テーマとも標準制定が急がれるところであるが、今後は、審議時間短縮や必要な項目のみの先行作業などの施策で進展は早まると思われる。筆者は、限られた範囲ではあるが、それらの最新情報の収集や当社からの提案のパイプ役に努めたい。

参 考 文 献

- (1) 財道路新産業開発機構：ITS HAND BOOK (1998)
- (2) 福田 稔, 井上 驍：ITSに関する国際標準化の動向, 三菱電機技報, 70, No.12, 1172~1177 (1996)
- (3) 財自動車走行電子技術協会：ITSの標準(平成10年度通産省高度技術集約型産業等研究開発調査(ITSの規格化事業))
- (4) 財自動車走行電子技術協会, (社)自動車技術会：ISO/TC204国内および国際活動(1999-3)
- (5) (社)自動車技術会：ITS標準化フォーラム(1999年春季大会)

欧米における道路通信の標準化動向

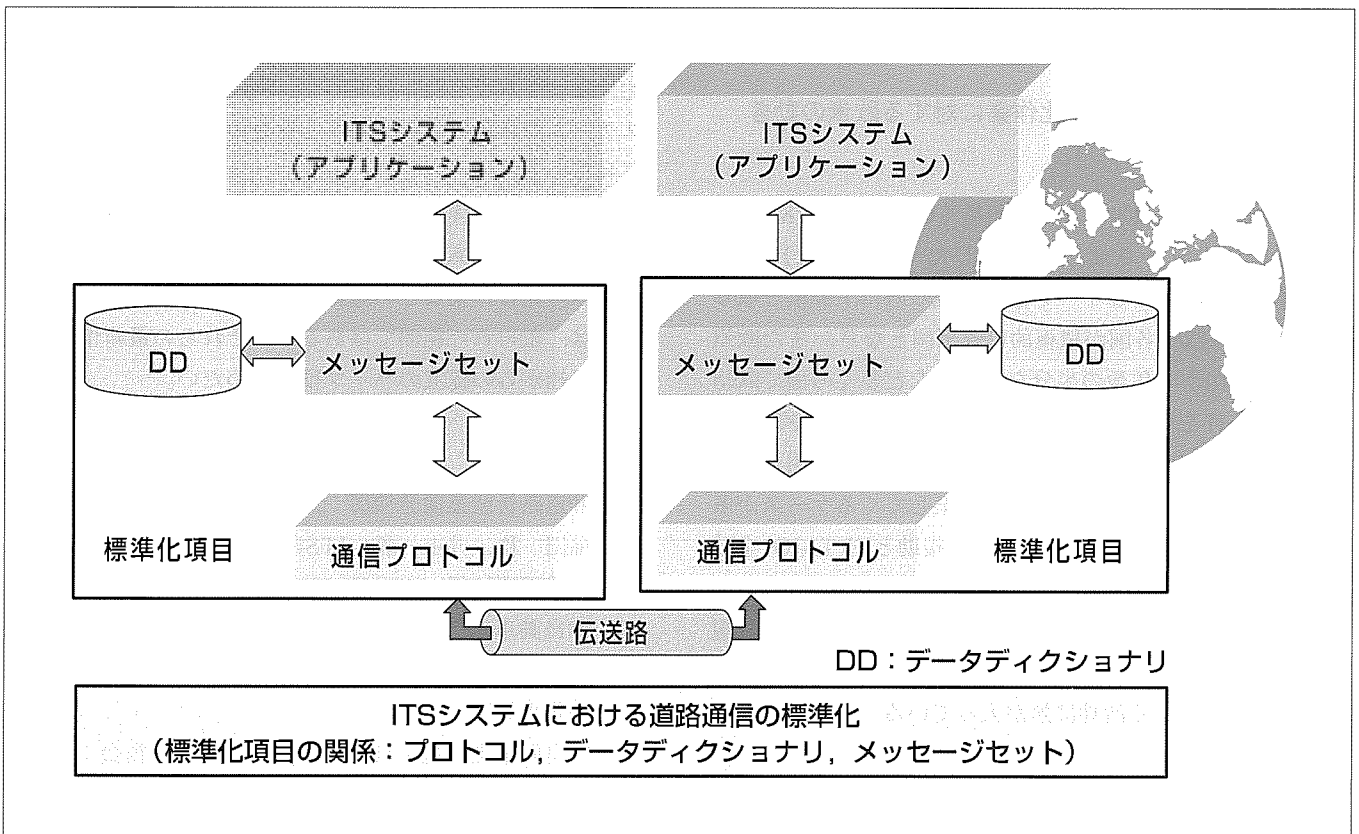
松永 誠*

要旨

欧米で進められているITS(Intelligent Transport Systems：高度道路交通システム)道路通信で取り扱う情報定義、通信方式の標準化の動向の概要について述べる。米国ではNTCIP(National Transportation Communication for ITS Protocol)と呼ばれる通信プロトコル、データディクショナリ、メッセージセット等の標準化が、欧州ではDATEX-Netと呼ばれるデータ交換の標準化が進められている。これらは、ITS各分野におけるシステム間・装置間の相互運用性・互換性を確保し統合的にITSを展開していくための基盤整備の重要項目である。両者とも標準的な通信プロトコルが採用されているが、情報内容、メッセージフォーマットについては、NTCIPがASN.1(Abstract

Syntax Notation 1)で記述したMIB(Management Information Base)構造を、一方、DATEX-Netは独自構造の辞書とEDIFACT(Electronic Data Interchange For Administration Commerce and Transport)に従ったメッセージ仕様になっており、共通性がない。しかし、センター間通信に関しては、米国から提案されたDATEX-ASNという標準化案に対し欧州で前向きな評価がなされており、統一化の兆しが見られる。

我が国においても、ITSの基盤整備に資するため、道路通信に関する標準化の検討が進められており、今後の展開に注目したい。



ITS道路通信の標準化項目

ITS各分野におけるシステム間・装置間の相互運用性・互換性を確保することによってITSを統合的に展開していく上で不可欠の基盤として、道路通信の標準化が進められている。欧米が先行して標準化を進めており、標準化項目としては、通信規約、データディクショナリ、メッセージセットの三本立てで進められている。

1. ま え が き

欧米では、ITSの基盤整備の重要項目として、州、国ごとに道路管理者の取り扱う情報定義、通信方式を共通化し、ITS各分野におけるシステム間・装置間の相互運用性(Interoperability)・互換性(Interchangeability)を確保する標準化が進められている。

米国では、通信プロトコル、データディクショナリ、メッセージセット等のNTCIPと呼ばれる米国内標準化が進められており、また欧州では、DATEX-Netと呼ばれるデータ交換の標準化を進め、国/代表システムごとの相互運用性の実現を目指した整備がなされている。

本稿では、米国のNTCIP、欧州のDATEX-Netを概観する。

2. 米国のITS通信(NTCIP)標準化の動向

2.1 NTCIPの開発経緯

1992年に交通信号機ユーザーからの互換性の要求にこたえてNEMA(National Electrical Manufacturers Association)が信号機用の共通通信プロトコルの開発検討を始めたのがNTCIPのスタートである。その後、FHWA(Federal High Way Agency)の支援を得て、'95年12月にNTCIP第1版として交通信号システム標準プロトコルを作成し、NTCIPに対する支持の広がりとともに道路管理システム全般に適用を拡大することになった。'96年に、FHWAがAASHTO(American Association of State Highway Transportation Officials)、ITE(Institute of Transportation Engineers)及びNEMAからなる共同標準委員会(NTCIP Joint Standards Committee)を組織し、NTCIPの完成に向けて開発を推進している。

ITSの出現が相互運用性・互換性を確保するために新しい規格(標準化)及びプロトコル策定の必要性を生み出しており、NTCIPの開発は、統合的なITSの実現、新市場創出、コストの低減のための最重要項目になっている。NTCIPを含めたITSに関する標準開発マイルストーンとして、標準化の54対象項目(うちNTCIP関連は14件: '99年6月時点)、着手時期、現状、目標時期等がホームページに公開されている(http://www.its.dot.gov/standard/S_charts.htm)。

NTCIPは、ITSで使用される通信システム相互間のデータ通信に関する標準である。例えば、路側設置コンピュータと、それを監視・指令している中央コンピュータ間のデータ通信の標準として、通信プロトコルとデータの標準化が対象となっている。

2.2 NTCIPのプロトコル

通信プロトコルとは、メッセージが符号化され、電子機器間で伝送される方法についての一群の規定を言う。

NTCIPではOSI参照モデルを参考にしており、提案されたプロトコルは既に標準化されている通信プロトコルを選択し組み合わせてプロトコルスイートを構成している。したがって、これらNTCIPで規定しているプロトコルは、一般的で柔軟性に富んでおり、既存インフラだけでなく新たに出現するITS分野で用いられる機器とシステムをカバーすることを意図している。NTCIPに準拠したシステムでは、異なるメーカーの機器及びソフトウェアを同一システム内に混在させることや、隣接機関によって運営されるシステム相互間の通信を行うことが可能となる。

NTCIPは当初、既存の通信システムを対象にプロトコル開発を行った。これら信号制御機や情報板などのアプリケーション向けのプロトコルスイート(後述のクラスB)を使って伝送される下記8項目の標準メッセージ(オブジェクト)が路側機器データディクショナリ(Roadside Device Data Dictionaries)として公開されている⁽¹⁾。

- ①グローバルオブジェクト(Global Object Definitions: 全機器に共通)
- ②信号制御機(Object Definitions for Actuated Signal Controller Units)
- ③情報版(Object Definitions for Dynamic Message Signs)
- ④環境センサ(Object Definitions for Environmental Sensor Stations)
- ⑤輸送センサ(Object Definitions for Transportation Sensor Systems)
- ⑥ランプメタリング(Object Definitions for Ramp Meter Control)
- ⑦CCTVカメラ制御(Data Dictionary for Closed Circuit Television)
- ⑧データ収集と観測機器(Object Definitions for Data Collection and Monitoring Devices)

NTCIPでは、表1に示した4種類のプロトコルスイートを提供している。プロトコルはTCP, UDP, IP, Telnet, FTP, SNMPなどのデファクトスタンダードを基本とし、NEMA独自のプロトコルSTMP(SNMPの短縮版)、

表1. NTCIPのプロトコルスイート

クラス	Class B	Class A	Class C	Class E
層				
アプリケーション	STMF	STMF	SNMP Telnet FTP	SNMP Telnet FTP
プレゼンテーション	-	-	-	-
セッション	-	-	-	-
トランスポート	-	UDP	TCP	TCP
ネットワーク	-	IP	IP	IP
データリンク	PMPP	PMPP	PMPP	PPP
物理	EIA232E FSK	EIA232E FSK	EIA232E FSK	EIA232E

STMFと組み合わせて使用している⁽²⁾。4種類のプロトコルスイートの用途、特徴は次のとおりである。

(1) Class A

メッセージのルーティングを必要とする伝送、又はリアルタイム伝送を必要としない情報交換のためのプロトコルである。オーバーヘッドが大きく、通信所要時間がかなり大となるため、比較的少量のデータ通信に適する。UDP/IPを用いるため、TCP/IPを用いているClass C、Eよりもオーバーヘッドが小さいが、その分、信頼性は低下する。

(2) Class B

ルーティング機能が提供されず、直接接続された装置間の通信を対象とする。オーバーヘッドは最小であり、効率的な単純接続が可能で、少量データの通信に適している。装置端末とセンター間の緊急性のある情報交換用である。

(3) Class C

一地点と多地点の装置間での非リアルタイムの情報交換のためのプロトコルである。ファイル転送も可能である。

(4) Class E

センター間における非リアルタイムの情報交換(高度な通信やファイル転送)を可能とする。

2.3 NTCIPのデータ定義

NTCIPでは、共通運用性・互換性を確保するため、データ定義にISO標準のASN.1(抽象構文記法)を採用し、管理情報ベース(MIB)を構築して通信処理を行っている。前述のように信号制御機や情報板等の路側機器を動かすためのMIBの原案を示しているほか、各機器に共通するグローバルオブジェクトを定義している。MIB内のオブジェクトは図1に示すISOとCCITTで定義されたツリー構造で配列され、最終的に特定の1個のオブジェクトに到達するまで、それぞれの枝ごとにノードを示す識別名がついている⁽²⁾。

ASN.1は、データ辞書及びメッセージ本体の構造の定義と符号化する規則を記述できる体系として開発された。ITSに関連するISO/TC204では、データとメッセージに関する規格部分はASN.1で記述することになっている。ASN.1を用いることにより、データ構造記述が正確になる

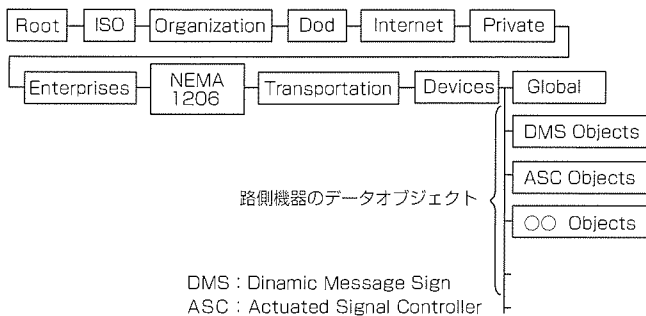


図1. NTCIPのMIBオブジェクトのツリー構造

とともに通信インタフェースを自動化でき、メッセージ規格の記述から符号化や復号化プログラムが直接に作成できるメリットは大きい。

3. 欧州の標準化の動向

3.1 DATEX-Net開発の経緯

DATEX-Netは、ヨーロッパのATT(Advanced Transport Telematics)計画の中で'89~'91年にかけて開発されたSTRADAと'91~'95年にかけて開発されたINTERCHANGEとEUROTRIANGLEの既存の三システム間の共同利用性・互換性を可能にし、ヨーロッパ標準の基盤を築くために開発された。交通や旅行情報を異なる地域や国にある異なるセンター間で通信する仕組みを提供しており、ITSのデータ交換システム間の通信を標準化してインタオペラビリティを確保するのがDATEX-Net標準仕様のねらいである。

図2にDATEX-Netの通信アーキテクチャを示す⁽³⁾。STRADA等の既存のシステムの相互の共同利用と新しいシステムとのインタオペラビリティを実現するため、DATEX-Netプロトコル一式を用いてインタフェースをとる。互いのシステムの接点で修正するため、すべての接点にDATEX-Netを用いる。これにより、各システムは独自のプロトコルを利用すること(旧システムA、B)も、システム内部でDATEX-Netを利用することもできる(新システムN)。

3.2 DATEX-Netの通信プロトコル

欧州では、内部インタフェースは国独自のプロトコルを利用し、外部インタフェースはDATEX-Netを利用している。外部インタフェース以外は規定しない。DATEX-Netでは、TCP/IPプロトコルをISOの3(ネットワーク)層、4(トランスポート)層で使用し、7(アプリケーション)層にFTP(File Transfer Protocol)を用いている。これにより、ネットワーク間の共同利用性と互換性を確保している。

3.3 DATEXデータ辞書

DATEX-Netシステムで用いるDATEXデータ辞書の構造を図3に示す。データオブジェクトによってデータのコード、名前、定義を管理しており、その特徴を記述する属

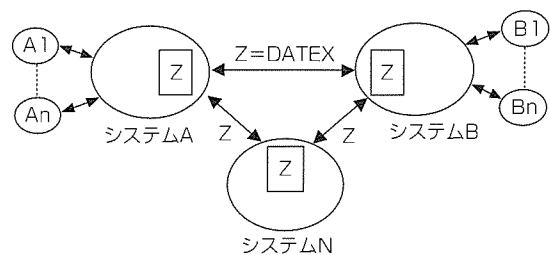


図2. DATEX-Netの通信アーキテクチャ⁽³⁾

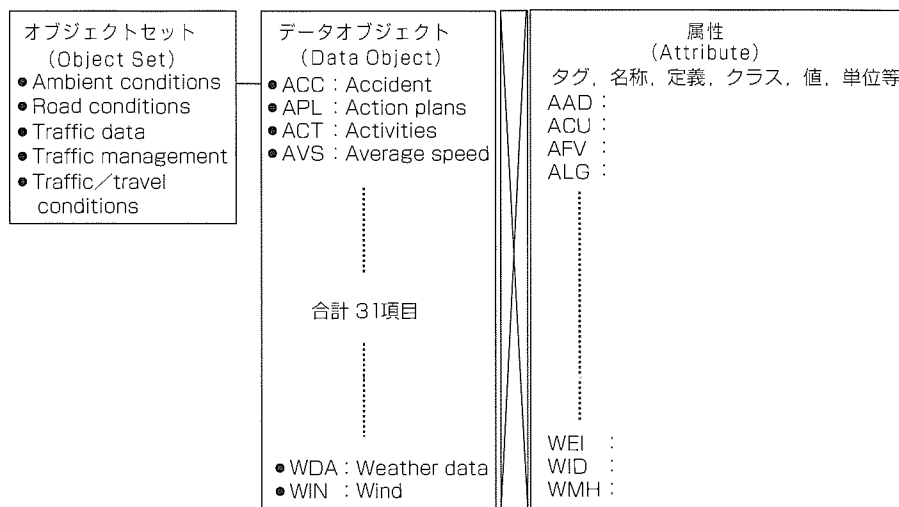


図 3. DATEXデータ辞書の構造

性によって表現形式, 単位, データ長等を規定している⁽⁴⁾。具体的なデータ辞書の内容は文献(4)を参照されたい。

3.4 メッセージフォーマット

DATEX-Netシステムでは, 交通や旅行関連の情報として交換されるメッセージで共通に使う構造を定義したのがメッセージフォーマットである。メッセージフォーマットを国連によって定められた標準仕様であるEDIFACT (ISO9735)に従って定めている。すなわち, EDIFACTのディレクトリ定義により, セグメントやデータ要素を使ってメッセージを構成している。交通, 旅行情報交換に関する以下の6種類のEDIFACTメッセージが定義されている。

- (1) TRAVIN
事故, 道路工事, 公共輸送機関の遅れ, 吹雪, 警報など
- (2) TRAILS
交通, 旅行ネットワークでロケーションに関するデータ(流れ, 速度, 時間)
- (3) TRALOC
高速道路, 公共輸送機関のルート, 交差点, 駅, ルート誘導リンク, 地域などの名前や位置コードを提供
- (4) TRAVAK
その他の交通, 旅行関連メッセージ
- (5) TRAREQ
選択基準に沿った交通, 旅行情報の要求, 注文
- (6) TRACAT
発信者から提供される旅行, 交通情報のカタログを伝達

4. む す び

NTCIP, DATEX-Netに的を絞って欧米の道路通信に関する標準化の動向を述べた。ITS各分野におけるシステム間・装置間の相互運用性・互換性を確保する標準化が,

基盤整備の重要項目として着々と進行しつつある。両者とも標準的な通信プロトコルが採用されているが, 情報内容, メッセージフォーマットは異なる考えによって標準が定められている。しかし, 国際標準の場では, センター間通信に関し, NTCIPとDATEX-Netの歩み寄りが見られ, DATEX-ASNという提案がなされており統一化の兆しが見られる。

我が国においても, ITSの基盤整備に資するため, 道路通信に関する標準化の検討が進められている⁽⁵⁾。情報の形式や通信方式の統一及び将来の拡張性を配慮した上で国際標準との整合性を考慮した検討が考えられており, ITSに関する新技術開発のための共通の基盤にもなる。今後の展開が期待される。

参 考 文 献

- (1) The NTCIP Joint Standards Committee : National Transportation Communication for ITS Protocol (NTCIP) Global Object Definitions (1998-11) など
- (2) The NTCIP Joint Standards Committee : National Transportation Communication for ITS Protocol (NTCIP) Guide (1997-3)
- (3) CEN : Road Transport and Traffic Telematics Traffic and Travel Data Exchange between Centers, prENV/278/8/3/2 (1998-10) (<http://www.datex.org/datex1-2.pdf>)
- (4) CEN : DATEX Data Dictionary version 3.1 proposed as a DRAFT, prENV/278/8/1/8 (1998-10) (http://www.datex.org/datex3_1.pdf)
- (5) 奥谷 正 : 道路通信標準の検討状況—日本の道路通信標準の取り組み—, マルチメディア推進フォーラム—Part76—資料 (1998-4)

システムアーキテクチャ

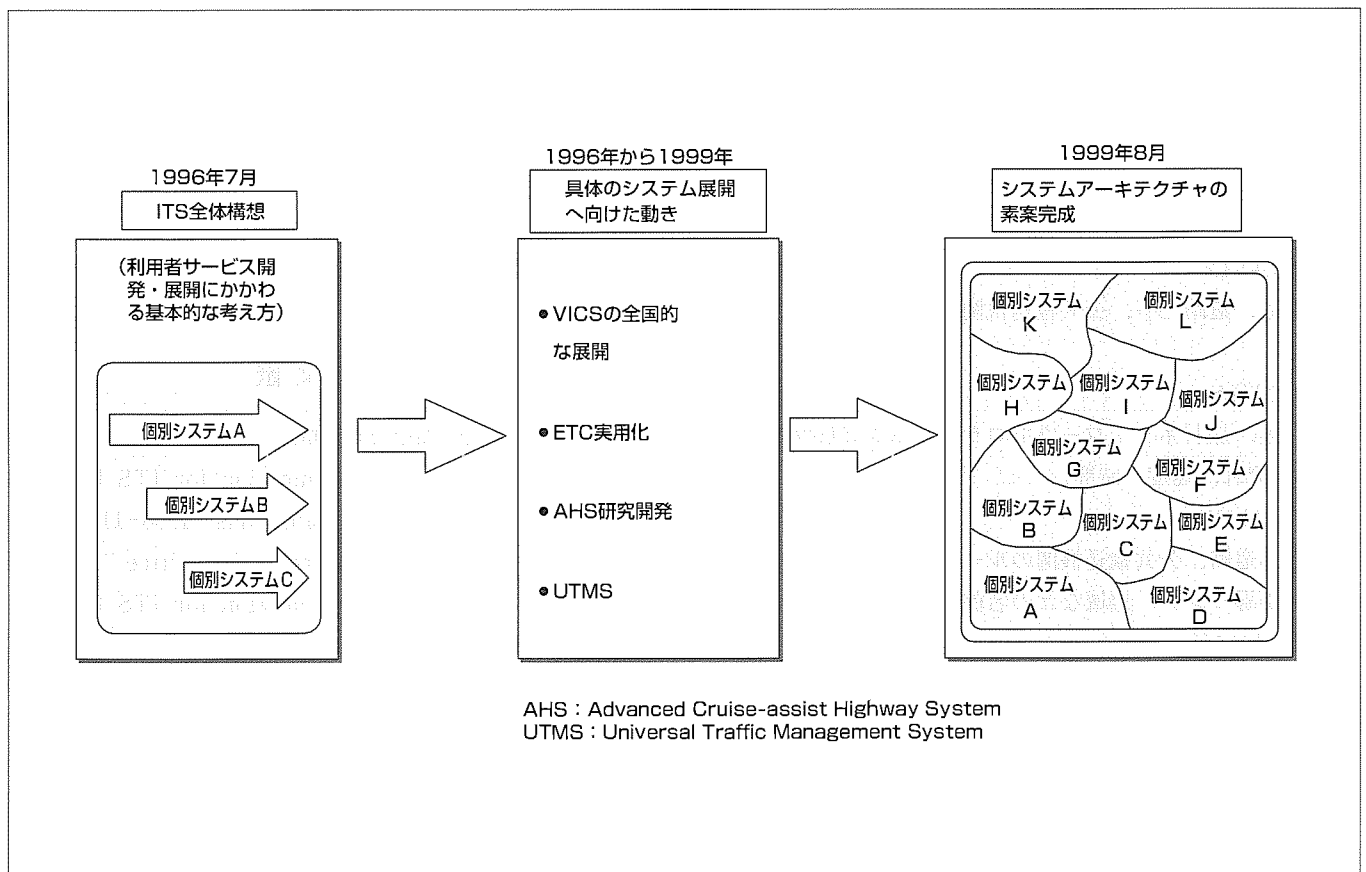
播口正雄*

要旨

ITS(Intelligent Transport Systems：高度道路交通システム)は、インフラから車載機まで、非常に広範囲のシステムを含んでいる。将来にわたってITSを総合的・効率的に整備していくには、システムアーキテクチャが不可欠である。日本では、1996年に策定された「ITS推進に関する全体構想」を基に、'98年から警察庁、通商産業省、運輸省、郵政省、建設省のITS関係5省庁がVERTIS(道路・交通・車両インテリジェント化推進協議会)の協力を得て、システムアーキテクチャ構築に向けた具体的な活動を行っ

ている。一方欧米における動向では、米国は'96年7月にシステムアーキテクチャを完成させ、欧州は'98年から汎欧州のシステムアーキテクチャ構築作業を開始した。またアジアにおいても、韓国が'98年12月に初版を完成させた。

本稿では、システムアーキテクチャ構築に関する日本及び海外の最新動向を紹介する。なお、海外の調査内容は、'98年度にVERTISが財団法人自動車走行電子技術協会から委託を受けて行ったITSシステムアーキテクチャの海外調査結果を基にしている。



日本のシステムアーキテクチャ策定の背景

日本では、1996年7月「ITS推進に関する全体構想」を策定し、長期ビジョンとしてのITSの全体像(利用者サービス、開発・展開にかかわる基本的な考え方、マイルストーン等)を明確化した。日本のITSは、この全体構想に基づき、既にニーズの高いVICS(Vehicle Information and Communication System)やETC(Electronic Toll Collection System)など一部のシステムにおいて実用化がなされているが、更に多様なシステムを効率的に構築するためには、システム全体を見渡すためのツール(システムアーキテクチャ)が必要となる。

1. ま え が き

ITSは、インフラから車載機まで、非常に広範囲のシステムを含んでいる。将来にわたってITSを総合的・効率的に整備していくには、システムアーキテクチャが不可欠である。日本では、1998年から警察庁、通商産業省、運輸省、郵政省、建設省のITS関係5省庁が、システムアーキテクチャ構築に向けた具体的な活動を行っている。一方、米国は'96年にシステムアーキテクチャを完成させ、欧州は'98年から汎欧州のシステムアーキテクチャ構築作業を開始した。またアジアにおいても、韓国が'98年12月に初版を完成させた。

本稿では、システムアーキテクチャ構築に関する日本及び海外の最新動向を紹介する。

2. システムアーキテクチャとは何か

2.1 システムアーキテクチャの定義

システムアーキテクチャとは、複雑なシステムを統合的かつ効率的に構築できるようにするため、システムを構成する要素とその関係を表現したシステムの枠組みを示すものである。欧米では、文書化又は図化することでシステムの大枠を示すことが、将来にわたって順次配備し効率的に相互運用すべきITSシステムにとって重要であるとの認識を持っている。また、システムアーキテクチャは、対象とする国や地域によっても異なり、欧州と米国とでは構築スタンスも異なる。つまり、欧州ではボトムアップ、米国ではトップダウンで構築している。

2.2 システムアーキテクチャの目的

システムアーキテクチャの目的は、重複と欠落のないITSシステムを効率的に配備・運用するためであり、利害関係者間のコンセンサスを形成するためのものでもある。ITSはインフラ整備を伴うサービスの比重が高く、配備や運用に対する公的なリーダシップや資金の投入が不可欠である。特に欧州では、配備・運用に関する責任の所在を明確にする上でもアーキテクチャが重要であると考えている。

2.3 システムアーキテクチャと標準化の関係

システム間の情報交換に関して標準化すべき項目が、システムアーキテクチャの構築によって抽出されるという効果がある。すなわち、アーキテクチャの構築と標準化とは不可分の関係にある。標準化により、少ないリスクでの民間企業の参入機会拡大や、機器のコストの低減も期待できる。

3. 日本の現状

日本では、'96年にサービスを開始したVICsや車載ナビゲーションシステムを始めとして個別要素技術の開発が先行しており、ITSの体系的整備に必要なシステムアーキテ

クチャの早急な策定が緊急の課題となってきた。このため、'96年に策定された「ITS推進に関する全体構想」を基に、'98年初頭から、ITS関係5省庁がVERTISの協力を得て、システムアーキテクチャ構築に向けた具体的な活動を開始した。以下にその概要を述べる。

3.1 策定の目的

(1) 総合的なシステムの効率的な構築

情報を共有化すべき部分やアプリケーション間で機能を共有化すべき部分が明確となり、システムの統合化やシステム間の互換性が確保でき、将来の拡張性も保証される。

(2) ITSにかかわる調達コスト縮減を実現

システムにおけるソフトウェアやハードウェアの共有化すべき部分を明確にすることで二重投資が回避できる。さらに、システム間で標準化すべき部分が明確となり、アプリケーション開発の効率化が図れるとともに、システム開発上の共通基盤が整備されることによってメーカーの参入機会が確保され、機器調達のマルチベンダー化が可能となる。

(3) 国内・国際的な標準化活動を推進

システムアーキテクチャの構築によってシステム間で標準化すべき領域が明確となり、体系的・計画的な標準化活動が可能となる。

3.2 策定体制

日本のITSシステムアーキテクチャは、ITS関係5省庁が主体となって進めている。また、産業界・学界の意見を広く集約するため、VERTISがシステムアーキテクチャ策定にかかわる広報、意見集約活動を行っている(図1)。

3.3 日本のシステムアーキテクチャの特長

(1) オブジェクト指向分析手法の採用

ITSが提供するサービスにかかわる社会ニーズ及びITSが用いる情報通信技術等は、将来にわたってますます変化していくと予想される。社会ニーズの変化や技術の進展があってもシステムアーキテクチャの実効性を保ち、継続的に利用できるようにしなければならない。このため、日本では、システムアーキテクチャの構築手法として、システムアーキテクチャの部分的な変更・拡張に対応することが容易となるオブジェクト指向分析手法を採用している。

(2) 高度情報通信社会との相互運用性・相互接続性の確保

「ITS推進に関する全体構想」では九つの開発分野と20の

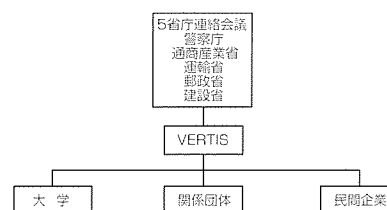


図1. システムアーキテクチャ策定体制

利用者サービスを設定しているが、高度情報通信社会との相互運用性・相互接続性を確保するため、ITSが高度情報通信社会と調和していくべき領域として「21番目の利用者サービス(高度情報通信社会関連情報の利用)」を設定した(図2)。

3.4 システムアーキテクチャ策定の手順

システムアーキテクチャは以下の手順で進められ、'99年夏の完成を目標にしている(図3)。

(1) 利用者サービスの詳細定義

システムアーキテクチャの策定に当たり、まず利用者サービスの詳細化が重要である。21の利用者サービスを、利用者に対して行ったニーズ調査等を反映させて、56の個別利用者サービスに細分化し、さらにそれらを177のサブサービスに詳細化することにより、利用者サービスを体系化している(図4)。

(2) 論理アーキテクチャの策定

詳細に定義された各サービスの内容を分析し、サービス

提供のためシステムが備えるべき機能及び扱うべき情報を抽出する。次に、抽出された情報、機能間の基本的な関連性を整理し、可能な限り共有化できるよう取りまとめる。このように、すべてのサービス提供に必要な機能と情報について、相互関係を整理する。

(3) 物理アーキテクチャの策定

論理アーキテクチャで整理した機能について、セキュリティや信頼性等の観点から検討・評価するとともに、サービス実現手段の多様性を確保しつつ、路側、センター、車両等のITS構成要素に配置し、各構成要素において個々の機能を受け持つ“サブシステム”(最小単位の構成要素)を定義し、相互の役割分担を整理する。次に、サブシステムに配置された機能間において既存及び将来的計画を持つ通信インフラを適切に活用しつつ、情報の流れ及びインタフェースの所在を整理する。

(4) 標準化候補領域の整理

物理アーキテクチャにおいて定義したサブシステムやITS構成要素間のインタフェースについて、相互接続性・

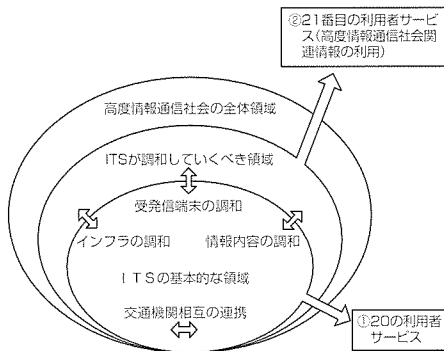


図2. 21番目の利用者サービス

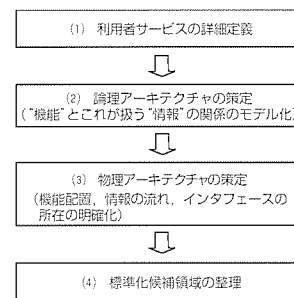


図3. 策定手順

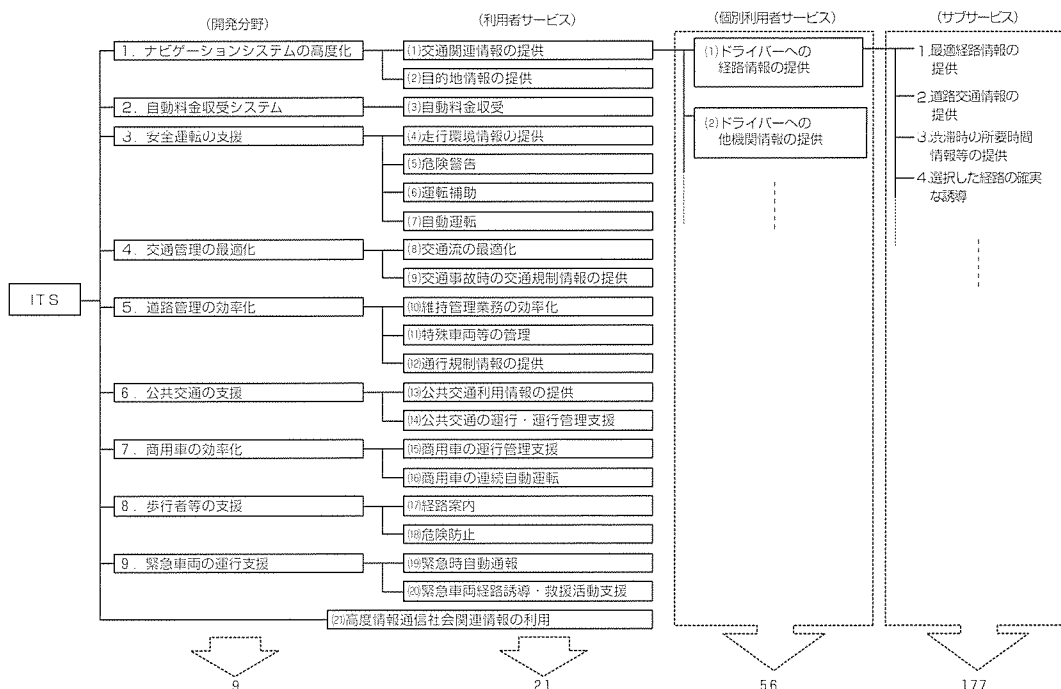
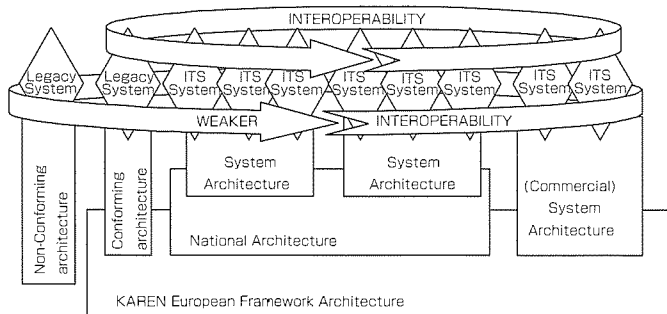


図4. 利用者サービスの詳細化



出典：第1回KARENフォーラム('98/12/10)資料

図5. KARENアーキテクチャ

相互運用性の観点から、重要なインタフェースを標準化すべき候補領域として整理する。

4. 海外の動向

4.1 欧州の動向

欧州では、これまで何度もITSシステムアーキテクチャの開発プロジェクトが実施されてきたが、'98年4月から汎欧州のシステムアーキテクチャKAREN(Keystone Architecture Required for European Networks)の構築作業が始まった。KARENは、欧州委員会DG13が予算のほぼ100%を負担し、オランダ公共事業省をリーダーとし、各国から16の官民学組織が参加したコンソーシアムで進められている(図5)。

KARENは、独自に策定した欧州のユーザーニーズ(510項目)を土台として、システム間の相互運用性を重視している。この汎欧州アーキテクチャは、各地域の実配備を支援するスタンスにあり、各国や地域で準拠することを強制しないが、欧州委員会が補助金を支出する際の条件とする模様である。

4.2 英国の動向

英国では、ITSの全体領域を対象とするシステムアーキテクチャの開発活動は今のところ実施されていない。しかし、都市内交通を対象としてUTMC(Urban Traffic Management and Control)システムを全国に配備するため、国内アーキテクチャの開発を含んだ研究開発が行われている。また、'99年からは、都市間を対象としたRTCC(Regional Traffic Control Centre)システムの全国展開に向けた開発が加わろうとしている。

4.3 イタリアの動向

国家的なシステムアーキテクチャの開発活動は今のところ行われていない。しかし、都市内交通、都市間交通、地

方の交通、車載の領域をすべて含めたシステムアーキテクチャを近いうちに開発する計画である。

イタリア公共事業省はKARENコンソーシアムのメンバーでもあり、イタリアのシステムアーキテクチャはKARENに準拠するものになる。

4.4 オランダの動向

オランダにおけるシステムアーキテクチャの策定は、国内の官民組織であるITS-Netherlandsの役割であり、'97年4月から活動を開始しているが、今のところ大きな進捗(捗)はない。

現在積極的に実施されているのは、国内の交通管制分野のアーキテクチャであるAVB(Architectuur voor Verkeers Beheersing(蘭語): Architecture for Traffic Control(英語訳))のプロジェクトが挙げられる。

AVBは、'97年に開始し、'99年末に完了を目指している。またAVBは、KARENに準拠した国内アーキテクチャの事例としての役目も期待されている。

4.5 米国の動向

米国のシステムアーキテクチャは完成から2年以上が経過しており、現在は、その利用、つまりアーキテクチャに準拠したシステム構築を促すための教育・普及活動と標準化に重点が置かれている。また、システムアーキテクチャは'98年9月にVer.2.0に改訂されており、CD-ROMやWebサイトにおいてその内容が電子データで公開されている。ドキュメントの電子化は、その普及促進において、非常に多大な効果がある。このVer.2.0では30個のユーザーサービスが対象とされているが、現在、新規ユーザーサービスの追加についても別途検討が進められている。

4.6 韓国の動向

韓国のシステムアーキテクチャは、'96年10月から策定作業を始め、'98年12月に初版が完成した。ユーザーサービスは14個設定されている。韓国アーキテクチャはまだ一部全体合意がなされていない部分もあるが、今後は、その調整作業も含めて、アーキテクチャの評価フェーズに入る。

5. むすび

ITSのシステムアーキテクチャは、世界的にその策定作業が進められている。国や地域によって構築スタンスや手法が異なるが、相互運用性の確保や効率的なシステム構築など、そのねらいは共通である。ITSの世界的な普及には、各国のアーキテクチャに基づくシステムの国際標準化がますます重要となる。

ITS評価シミュレータ

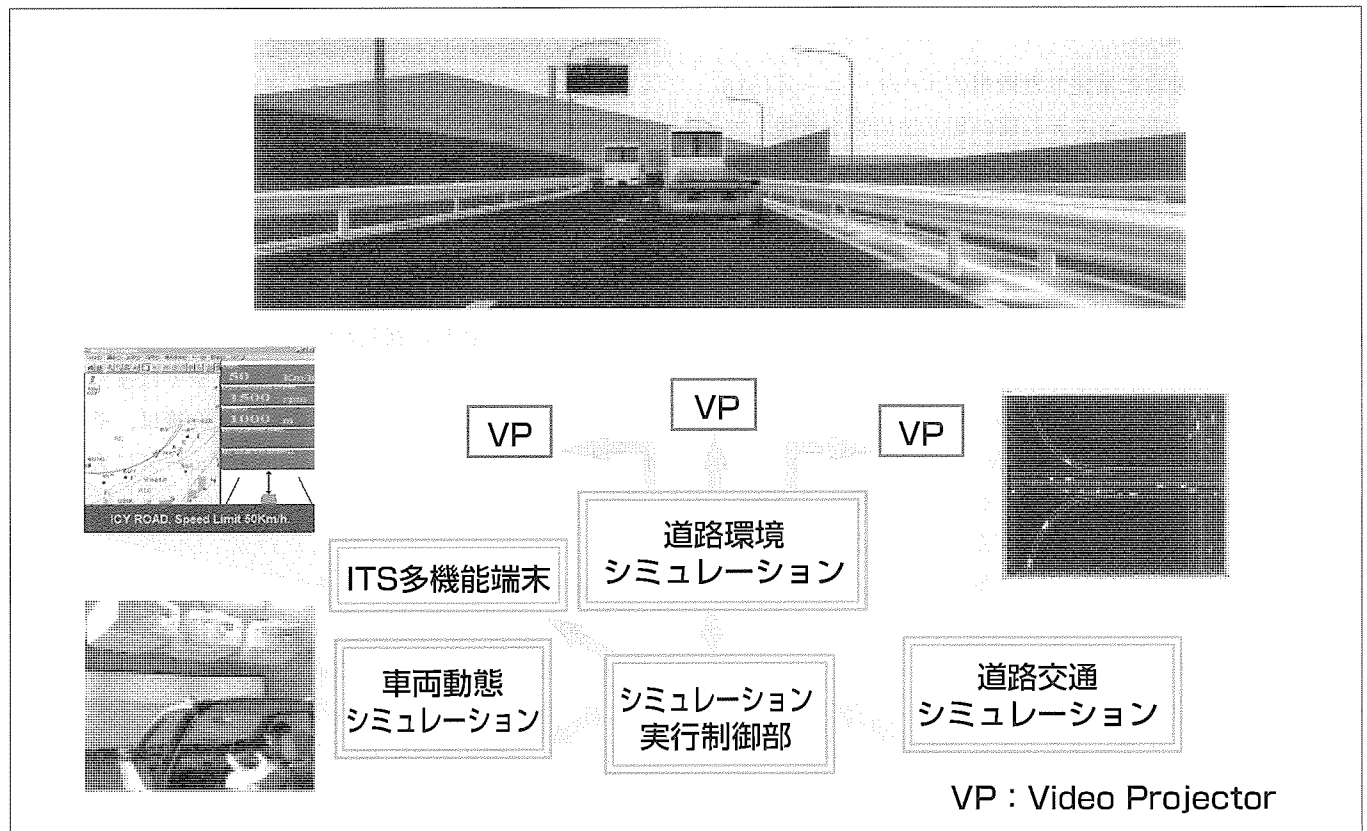
熊沢宏之* 中堀一郎***
 後藤幸夫** 大石将之+
 伊川雅彦**

要旨

Intelligent Transport Systems(高度道路交通システム、以下“ITS”という。)は、最先端の情報通信技術の活用により、人と道路と車との一体的なシステムを構築し、交通の円滑化、安全性向上、効率化、環境への負荷軽減などの実現を目指したシステムである。ITSは、社会インフラとなるべき極めて大規模なシステムであり、システム導入に先立って、十分なシステム設計や評価を行うことが必要である。

我々は、このような大規模システムの評価検証、設計ツールとして計算機シミュレーションが必ず(須)であると考え、道路・交通現象の様々な状況を考慮して各種ITSアプ

리케이션の安全性・効率性などを評価できるITS評価シミュレータの開発を進めている。また、ITSのような社会システムでは、その実用化配備に当たって多くの関係者のコンセンサスを得ることが必要であり、そのための共通認識を得る“Common Language”としてのシミュレーションも極めて重要である。このようにITS評価シミュレータは、ITSの研究開発から普及に至る各段階で、設計ツールとして、また、産官学、道路管理者、道路利用者など多数の関係者による評価ツール、共通認識を得るためのツールとしての利用を想定している。



ITS評価シミュレータ

ITS評価シミュレータは、道路交通シミュレーション、車両動態シミュレーション、道路環境シミュレーションと情報提供装置としてのITS多機能端末が並列動作するリアルタイムシミュレータである。このシミュレータは、このリアルタイム性によってシミュレーションループ内への人間の介入が可能であり、ITSの研究開発から普及に至る各段階で、設計ツールや広範な関係者による共通認識ツールとしての利用が想定される。

1. ま え が き

ITSは、人・道路・車が一体となったシステムである。したがって、その評価には、人・道路・車それぞれの間の相互作用を評価できることが要求される。従来から、様々な道路交通現象や車両を評価するため、次のようなシミュレーション技術が開発されてきている。

- 道路交通シミュレーション：交通流を再現
- 車両動態シミュレーション：車両の実挙動を再現
- 道路環境シミュレーション：走行シーンを再現

これらは、図1に示すように、道路交通現象の部分的な局面を評価するものであった。例えば、ドライビングシミュレータ⁽¹⁾は、車両動態シミュレーションと道路環境シミュレーションの組合せであり、人と運転車両、運転車両と道路(構造)との相互作用、道路環境から人への作用と運転車両(車両動態シミュレーション)を介した人と道路との相互作用が評価できる。しかし、道路上で不可避な他車との相互作用や情報システムとしての道路との相互作用は評価できない。

一方、ITS評価シミュレータ⁽²⁾は、これらのシミュレーション技術を組み合わせ、かつそれらをリアルタイムで動作させることで、ITSに必要となる人・道路・車間の相互作用を評価することを目指している。ここで、リアルタイム性は、シミュレーションループ内に人間が介在することから必要となる重要な特質である。

以下、本稿では、ITS評価シミュレータの構成、技術的特長、さらにシミュレーション評価例について述べる。

2. ITS評価シミュレータの構成

ITS評価シミュレータは、シミュレーション実行制御部を中心に1章で述べた三つのシミュレーションと情報提供ツールとしてのITS多機能端末が並列に動作する分散システムとして構成され、シミュレーション実行のリアルタイム性を確保している。また、運転感覚の現実感を上げるため、120形プロジェクションディスプレイ3面からなる大画面表示と、自動車の運転操作(ハンドル、アクセル、ブレーキ)インタフェースを持っている。以下、各構成要素の概要を述べる。

(1) 道路交通シミュレーション⁽³⁾

道路交通シミュレーションは、各車両の挙動を自律走行モデルとしてモデル化したマイクロ交通流シミュレーションである。自律走行モデルは、運転者の個性を表す“意志決定モデル”と車両の動特性に従って速度と位置を計算する“車両運動モデル”からなる。このシミュレーションモデルにおいて、各車両は自律的に道路ネットワーク上を走行し、多種多様な交通状況や、現在各所で検討中の追従車群走行、自動走行⁽⁴⁾などを生成することができる。また、このシミュレーションは、人間が以下に述べる車両動態シミュレーションを介して運転する車両を認識できるため、人の運転する車両が道路交通シミュレーション自体に影響を与えることが可能である。

(2) 車両動態シミュレーション⁽⁵⁾

車両動態シミュレーションは、人間によるステアリング角、ブレーキ圧力、スロットル開度の操作をモデルへの制御入力とし、車両の実挙動を生成する。車両動態モデルは、車両運動系と制動・駆動系を考慮したシミュレーションモデルであり、運動の自由度は、平面運動を表す3自由度、車輪の回転運動を表す4自由度、エンジン吸気遅れとエンジンの回転運動を表す2自由度の合計9自由度である。

(3) 道路環境シミュレーション

道路環境シミュレーションは、道路周辺環境と道路交通シミュレーション、車両動態シミュレーションによって生成された周辺車両、車両挙動を三次元コンピュータグラフィックス(3D-CG)を用いて複数スクリーンからなる大画面ディスプレイに表示する。ここで、高速道路及び周辺地形データは実データを元に作成しているため、極めて現実に近い環境でシミュレーションを行うことが可能である。また、道路周辺環境としては、道路・地形のほか霧・凍結などの天候や路面状況、道路付帯設備である情報表示板などを表現可能である。さらに、3D-CGの三次元構造を用いた車両の衝突検知や衝突時の効果音、視点を変えることによるバックミラー表示などによって現実感を高めている。

(4) シミュレーション実行制御部

上記各シミュレーションは、実行周期、使用するデータ型がそれぞれ異なる。例えば、データ型に関しては、道路交通シミュレーションは二次元情報のみを使うが、車両動態シミュレーションや道路環境シミュレーションでは三次元情報が必要である。そのため、シミュレーション実行制御部は、道路交通シミュレーションが生成する道路交通と車両動態シミュレーションが生成する運転車両が相互作用を持ちながら、その結果を3D-CGによってリアルタイム表示するため、データ変換処理と表示タイミングに同期させた各シミュレーションの実行タイミングの管理とを行う。

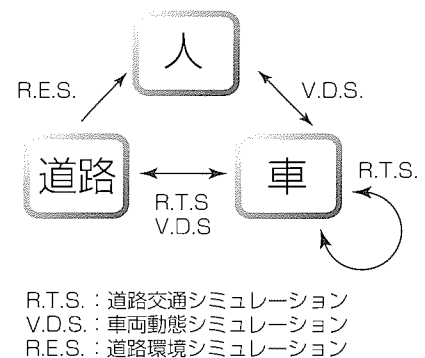


図1. シミュレーションの評価対象

(5) ITS多機能端末

ITS多機能端末は、Windows95/98/NT上で動作するナビゲーションシステム⁽⁶⁾上に構成しており、ナビゲーション単体が持つ通常のナビゲーション機能のほかに、運転車両の走行状況や走行支援道路システム(Advanced Cruise-Assist Highway Systems, 以下“AHS”という。)のAHS-i(information), AHS-c(control), AHS-a(automated cruise)⁽⁴⁾などで想定される情報提供をどのように、どのようなタイミングでドライバーに提示するかを評価することを目的としている。提供情報としては、推奨速度・推奨車間距離、事故、路面状況、気象情報などがあり、情報提供方法としては、視覚情報に加えて、音による情報提供が可能である。

3. 技術的特長

3.1 シミュレーション用データベース

2章で述べた各シミュレーションは、シミュレーションごとにデータ形式は異なるものの、同じ道路に関するデータベースが必要である。各シミュレーションで必要となるデータベースの形態は次のとおりである。

- 道路交通シミュレーション：道路ネットワーク
- 車両動態シミュレーション：勾配などの道路構造や路面状況
- 道路環境シミュレーション：3D-CG表示用道路、周辺地形データ

ITS評価シミュレータがこれらのデータをデータベースとして持つ方法には、以下のアプローチが考えられる。

- (1) 各シミュレーションが独自のデータベースを保持
このアプローチは、各シミュレーションに適したデータベースを持つことで、シミュレーションの高速化が可能である。しかし、データベース修正など保守に労力を要する。
- (2) 各シミュレーションが単一データベースを共有
このアプローチは、上記とは逆にデータベース修正など保守が容易であるが、各シミュレーション実行時に共通データベースから固有データベースへのデータ変換を行うため、計算負荷が大きい。

リアルタイムシミュレーションの観点からは高速性のメリットが大きいため、ITS評価シミュレータでは上記(1)のアプローチを採っている。

3.2 各シミュレーションの同期

ITS評価シミュレータはそれぞれが独立に動作する複数のシミュレーションで構成されるため、いかにこれらの同期をとるかが重要になる。ここでは、各シミュレーションの同期をとる上でのキーポイントであるシミュレーション結果の収集・分配と道路環境シミュレーションによるシミュレーション結果の同期表示について述べる。

- (1) シミュレーション結果の収集・分配

シミュレーションの実行中、道路交通シミュレーションと車両動態シミュレーションは、それぞれの実行周期間隔でシミュレーション結果をシミュレーション実行制御部に伝送し続ける。一方、シミュレーション実行制御部は車両動態シミュレーションから得られる車両位置を道路交通シミュレーションに伝送し、これにより、道路交通シミュレーションは人が運転する車両を認識できるようになる。

- (2) シミュレーション結果の同期表示

各シミュレーションの実行周期は、道路交通シミュレーション100ms、車両動態シミュレーション1~3ms、道路環境シミュレーション30msであり、それぞれ独立かつ周期が異なるため、以下のように、3D-CG表示タイミングで各シミュレーションの同期をとる。

- (a) 道路環境シミュレーションが各フレームの表示タイミングをシミュレーション実行制御部に通信する。
- (b) シミュレーション実行制御部は、上記表示タイミングの通信を受けて、次フレーム表示タイミングで必要となるシミュレーションデータを道路環境シミュレーションに伝送する。なお、表示タイミングに合致したシミュレーションデータは、補間やDead reckoning⁽²⁾によって生成する。
- (c) 道路環境シミュレーションは、受け取ったシミュレーション結果を次の表示タイミングで3D-CGとして表示する。

3.3 AHS-iサービスの実現

筆者らは、高度な安全性を持つ鉄道システムの運行管理方式に基づいた推奨速度・安全車間距離提供システムを提案しており⁽⁷⁾、ITS評価シミュレータでも安全運転支援(AHS-i)サービスとして体験可能である。このシステムでは、先行車両が緊急ブレーキによって停止した場合にも後続車両が急ブレーキをかけることなく通常の安全なブレーキ範囲内で停止できる距離を安全最小車間距離 L_s 、この安全最小車間距離 L_s を常時満足するための速度を推奨速度 V_r と定義し、ITS多機能端末を介してドライバーに提供することによって道路交通の安全性を向上できる。等加速度運動を仮定した場合、 L_s (m)、 V_r (m/s)は次式で与えられる。

$$L_s = V_f \left(\frac{V_f}{\beta_n} + \tau \right) - \frac{V_f^2}{2\beta_c} + d \dots\dots\dots(1)$$

$$V_r = -\beta_n \tau + \sqrt{(\beta_n \tau)^2 + 2\beta_n \tau \left(L + \frac{V_f^2}{2\beta_c} - d \right)} \dots\dots\dots(2)$$

ここで、 V_f (m/s)は先行車の速度、 V_r (m/s)は後続車の速度、 β_c (m/s²)は急ブレーキ時の減速度、 β_n (m/s²)は通常時最大減速度、 τ (s)は遅れ時間、 d (m)は最小車間距離である。図2に安全最小車間距離の例を示す。

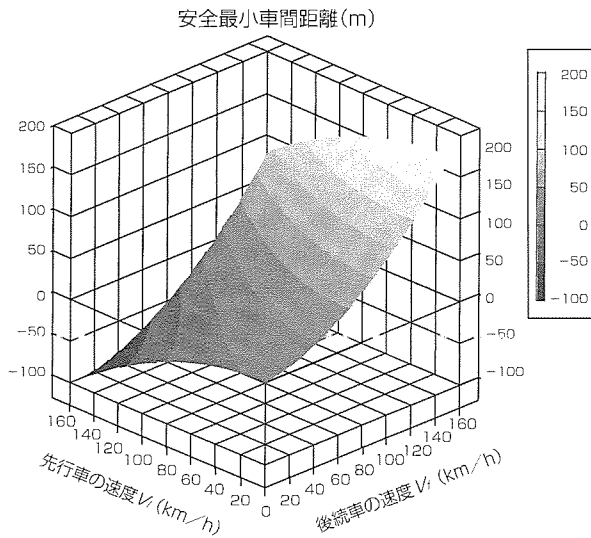


図 2. 安全最小車間距離の例

4. シミュレーション例

この章ではITS評価シミュレータにおけるシミュレーション例を幾つか挙げる。まず、図3は運転車両が後続車両の走行を妨害するシミュレーション例であり、運転車両の挙動が道路交通シミュレーションの中で認識され、周辺車両の行動に影響を与えていることを示している。次に、図4は路側からの情報提供による安全運転支援(AHS-i)シミュレーションの例であり、道路環境シミュレーションが生成した凍結路面上をドライバーがITS多機能端末による情報提供を受けて安全に走行している様子を示している。また、図5は自動運転による安全運転支援(AHS-a)シミュレーションの例であり、道路環境シミュレーションが生成した濃霧状況の中を、道路インフラからの支援を受けた自動運転車両が安全に走行している様子を示している。

5. む す び

以上、ITSの研究開発から普及に至る各段階で、大規模なシステムの設計・評価ツールとして、また多数の関係者による共通認識を得るためのツールとしての利用を想定するITS評価シミュレータについて述べた。

今後は、具体的なシステム設計への適用とともにスマートウェイ⁽⁴⁾での議論を踏まえながら、シミュレータとしての機能を拡張する予定である。

参 考 文 献

(1) Stapleford, R.L., Weir, D.H., Broen, N.L., Chiang, D.P., Igarashi, R.: The DRI Driving Simulator 1997,



図 3. 運転車両が後続車両の走行を妨害するシミュレーション

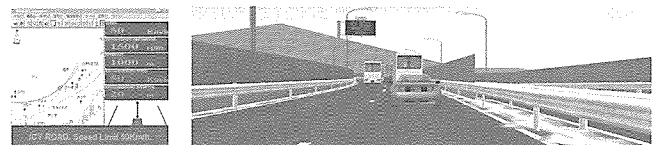


図 4. 情報提供による走行支援シミュレーション

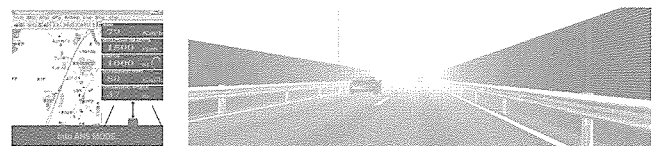


図 5. 自動運転による走行支援シミュレーション

Description and Applications to the Study of Intelligent Transportation Systems, IEEE Conference on ITS (1997-11)

- (2) Ikawa, M., Goto, Y., Kumazawa, H., Furusawa, H., Akemi, Y.: Simulation Environment for ITS — Real Time 3D Simulator —, 5th World Congress on Intelligent Transport Systems (1998)
- (3) 後藤幸夫, 駒谷喜代俊, 福田豊生: 自律型走行モデルによる道路交通シミュレータの開発, 電気学会産業応用部門誌, **116**, No.5, 569~577 (1996)
- (4) 建設省監修: ITS HAND BOOK, (財)道路新産業開発機構発行 (1998)
- (5) Smith, D.E., Starkey, J.M.: Effects of Model Complexity on the Performance of Automated Vehicle Steering Controllers — Model Development, Validation and Comparison —, Vehicle System Dynamics, **24**, No. 2, 163~181 (1995-3)
- (6) 梅津正春, 上川哲生, 金子和磨: PCベースナビゲーションシステムのITS分野への適用, 1999年自動車技術会春季大会学術講演会 (1999)
- (7) 後藤幸夫, 古澤春樹, 荒木光彦, 福田豊生: AHSにおける交通速度制御方式の検討, 電気学会産業応用部門全国大会, **III**, 419~420 (1998)

複合センサシステム

岡田隆光* 春山鉄男***
辻道信吾*
小菅義夫**

要旨

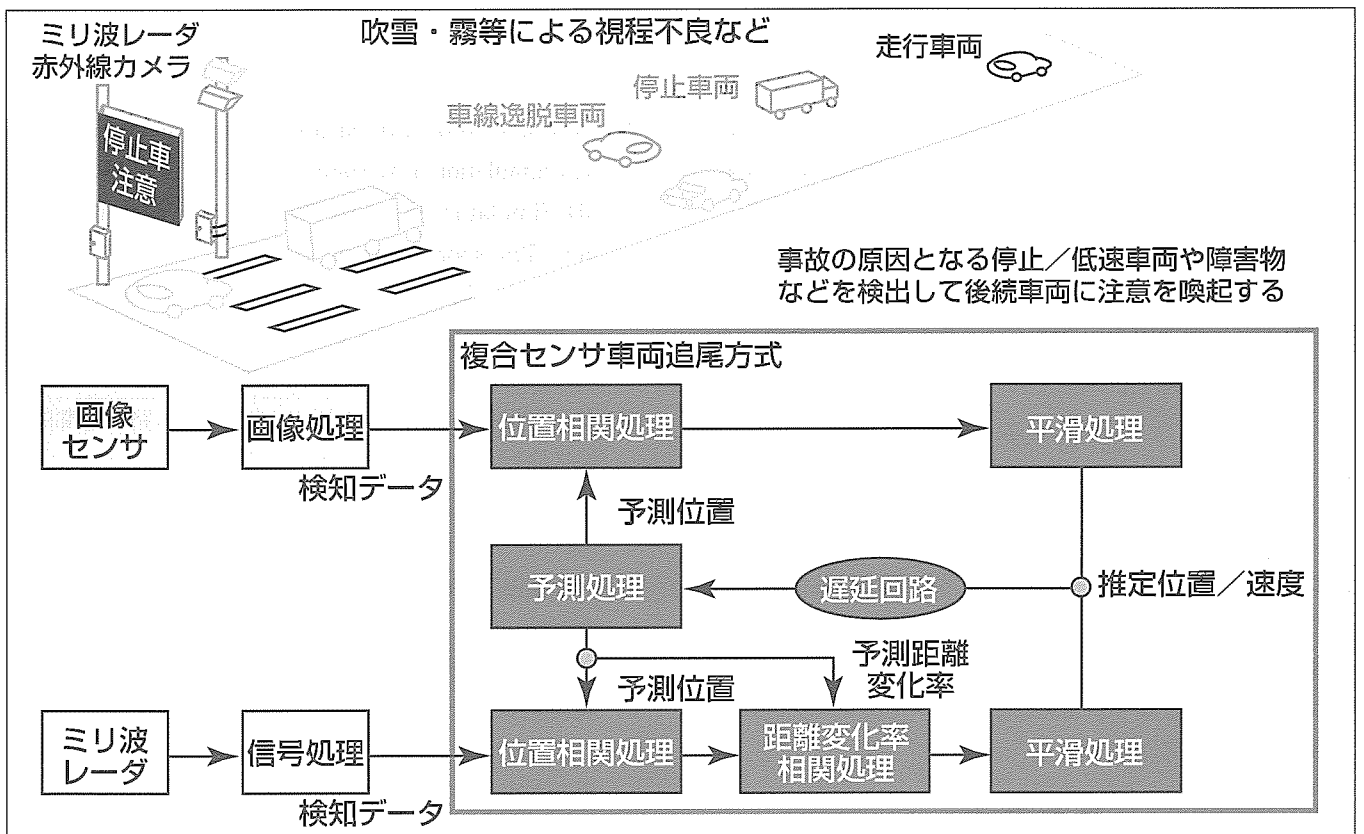
視界の悪い道路における前方の停止／低速車両や障害物が原因となった多重衝突事故の発生が後を絶たない。近年、道路に設置されたセンサでこれらの事象を自動検出し、ドライバーに注意を促す安全走行支援システム実現への期待が高まっている。このシステムには全天候において確実に事象を検出できる能力が要求されており、その実現手段として車両の追尾が有効である。車両を追尾することによって一般走行車両と障害物の区別が可能となり、また、一般走行状態から停車への状態変化や渋滞などの認知が可能となるのがその主な理由である。

このような背景から、三菱電機では、従来より、道路の

監視に広く用いられている画像センサに悪天候での検出が可能なミリ波レーダを加えた複合センサによる車両追尾方式の開発に取り組んでいる。

当社の提案する複合センサシステムは、以下の特長を持っている。

- ミリ波レーダを加えることによって拡大した検出範囲
- 悪天候で劣化した画像センサの検出性能をミリ波レーダで補うことによって全天候下での確実な追尾
- 特徴の異なるデータの融合による高精度な追尾



複合センサシステムの運用イメージと車両追尾方式の処理ブロック図

安全走行支援システムには、好天はもちろん、悪天候での事象の検出が要求される。複合センサシステムは、照度安定時の検出性能に優れた画像センサと悪天候での検出が可能なミリ波レーダを組み合わせることによって全天候下での確実な車両検出を可能とした。また、各センサの観測精度の特長を生かすことによって高精度な車両追尾を実現した。

1. ま え が き

豪雨や吹雪などで視界の悪くなった道路に存在する停止/低速車両や障害物は、多数の後続車を巻き込んだ重大事故の原因となっている。道路に設置されたセンサでこのような事象を検出しドライバーに注意を喚起する安全走行支援システムの実用化が計画されている。このシステムには全天候において確実な事象の検出が要求されており、それを実現する手段として車両の追尾が有効である。

現在道路の監視に広く用いられている画像センサは、照度が安定していれば検出性能が高く、画像処理による障害物の形状認識が可能である反面、視程不良時の検出が困難である。一方、ミリ波レーダの使用する電波は、霧・雨・雪による減衰が小さく、視程不良時の検出が可能である。また、ミリ波レーダの検出性能は、照度変化による影響を受けない。このような背景から、当社では、全天候下で確実に車両を検出できる複合センサの開発に取り組んでいる⁽¹⁾。

本稿では、当社が提案する画像センサとミリ波レーダを用いた複合センサによる車両追尾方式について述べる。

2. 画像センサとミリ波レーダによる車両の観測

図1に示すように、道路平面にx-z平面を、垂直上方をy軸の正にとったo-xyzを基準座標系とする。ここで、基準座標系における画像センサ及びミリ波レーダの取付け位置は、それぞれ (x_c, h_c, z_c) 及び (x_r, h_r, z_r) とする。

画像センサの設置状態を図2に示す。画像センサは、画

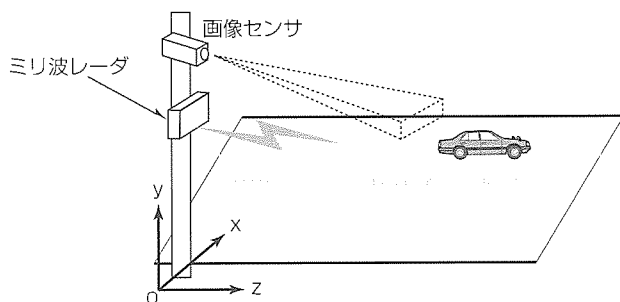


図1. 基準座標系

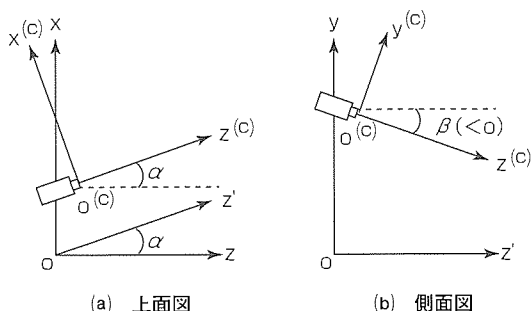


図2. 画像センサの設置状態

像処理により、図3に示すスクリーン上に定義された画像センサ観測座標系 $o^{(s)}-x^{(s)}y^{(s)}$ における対象の位置を計測する。車両の位置をy軸に垂直な道路平面上($y=y_0$)の点に拘束することにより、基準座標系と画像センサ観測座標系の関係は次式で与えられる。

$$\left. \begin{aligned} x &= \frac{y_0 - h_c}{ky^{(s)} \cos \beta - f \sin \beta} \\ (kx^{(s)} \cos \alpha + ky^{(s)} \sin \alpha \sin \beta + f \sin \alpha \cos \beta) + x_c & \dots(1) \\ z &= \frac{y_0 - h_c}{ky^{(s)} \cos \beta - f \sin \beta} \\ (ky^{(s)} \sin \beta \cos \alpha - kx^{(s)} \sin \alpha + f \cos \alpha \cos \beta) + z_c & \end{aligned} \right\}$$

ここで、 f はフォーカス距離、 k はピクセルサイズである。

ミリ波レーダの設置状態を図4に示す。ミリ波レーダは、図5に示すミリ波レーダ観測座標系R-Azで車両の位置と距離変化率を計測する。図4及び図5より、基準座標系とミリ波レーダ観測座標系の関係は次式で表される。

$$\left. \begin{aligned} x &= \sqrt{R^2 - (y_0 - h_r)^2} \cdot \sin(Az + \gamma) + x_r \\ z &= \sqrt{R^2 - (y_0 - h_r)^2} \cdot \cos(Az + \gamma) + z_r \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots(2)$$

3. 複合センサ車両追尾方式

この方式では、画像センサとミリ波レーダの観測データを使用して、基準座標系のx-z平面における車両の状態(位置と速度)を推定する。図6にこの方式の処理手順を示す。

3.1 予 測

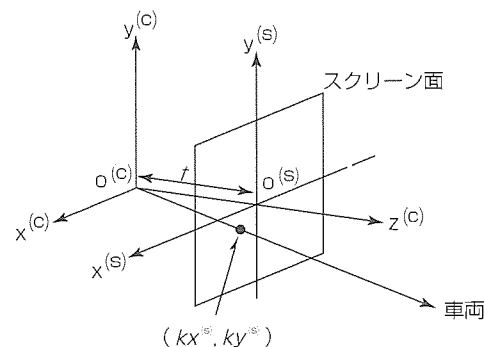


図3. 画像センサの観測座標系

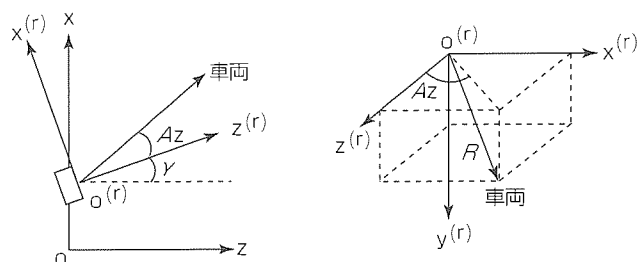


図4. ミリ波レーダの設置状態 図5. ミリ波レーダの観測座標系

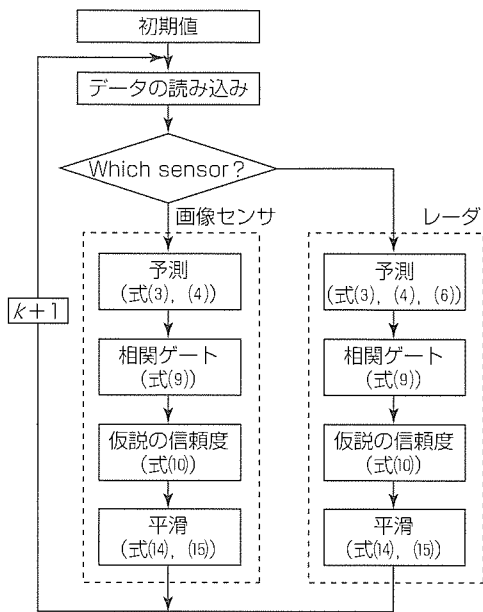


図6. 処理手順

前時刻の車両の状態 $\underline{x}_{k-1}(+)$ ，状態の誤差共分散行列 $P_{k-1}(+)$ ，状態推移行列 Φ_{k-1} によって算出されるセンサ s ($s=1$: ミリ波レーダ, $s=2$: 画像センサ) の予測ベクトル $\hat{\underline{x}}_k^s(-)$ ，予測誤差共分散行列 $P_k^s(-)$ を次式で算出する。

$$\hat{\underline{x}}_k^s(-) = \Phi_{k-1} \underline{x}_{k-1}(+) \quad \dots\dots\dots(3)$$

$$P_k^s(-) = \Phi_{k-1} P_{k-1}(+) \Phi_{k-1}^T + Q_{k-1} \quad \dots\dots\dots(4)$$

ここで、 Q_{k-1} は駆動雑音の共分散行列である。

また、ミリ波レーダの予測ベクトルを

$$\hat{\underline{x}}_k^2(-) = (x_p^2(k) \quad z_p^2(k) \quad \dot{x}_p^2(k) \quad \dot{z}_p^2(k))^T \quad \dots\dots\dots(5)$$

と置くと、ミリ波レーダの距離変化率の予測値 $\hat{\dot{r}}_k(-)$ は次式によって算出できる。

$$\hat{\dot{r}}_k(-) = \frac{(x_p^2(k) - x_r) \dot{x}_p^2(k) + (z_p^2(k) - z_r) \dot{z}_p^2(k)}{\sqrt{(x_p^2(k) - x_r)^2 + (y_0 - h_r)^2 + (z_p^2(k) - z_r)^2}} \quad \dots\dots\dots(6)$$

3.2 相関ゲート

目標の存在が予測される範囲(相関ゲート)に存在する位置観測ベクトルを追尾対象の相関対象とする。すなわち、センサ s の位置予測ベクトル $\hat{\underline{x}}_k^s(-)$ とその誤差共分散行列 S_k^s を

$$\underline{z}_k^s(-) = H \hat{\underline{x}}_k^s(-) \quad \dots\dots\dots(7)$$

$$S_k^s = H P_k^s(-) H^T + \Gamma_2^s(k) A_k^s \Gamma_2^{sT}(k) \quad \dots\dots\dots(8)$$

から求め、

$$(\underline{z}_k^s - \underline{z}_k^s(-))^T S_k^{s-1} (\underline{z}_k^s - \underline{z}_k^s(-)) \leq d_s \quad \dots\dots\dots(9)$$

を満たすセンサ s の位置観測ベクトル \underline{z}_k^s を追尾対象とする。

ここで、 $H = (I \ 0I)$ ， A_k^s はセンサ s の誤差共分散行列、 $\Gamma_2^s(k)$ はセンサ s の観測座標系から x - z 平面への観測雑音の変換行列、 d_s はセンサ s のゲートサイズを決めるパラメータであり、自由度 2 の χ 自乗分布によって算出する。

3.3 仮説の信頼度

次に、センサ s から得た位置観測ベクトル $\underline{z}_{k,i}^s$ が追尾車両であるとの仮説の信頼度 $\beta_{s,k,i}$ の算出方法について述べる。画像センサの仮説の信頼度 $\beta_{1,k,i}$ は、観測ベクトルの確率密度関数、センサの探知確率により、仮説が真であるゆう(尤)度 $\gamma_{1,k,i}$ を求めこれを正規化することによって得る⁽²⁾。ミリ波レーダの仮説の信頼度 $\beta_{2,k,i}$ は、観測ベクトルの確率密度関数に加えて、距離変化率の確率密度関数を利用する。これにより、速度の異なる車両や誤検出との誤相関を減らすことができる。仮説の信頼度の算出式を以下に示す。

$$\beta_{s,k,i} = \frac{\gamma_{s,k,i}}{\sum_{i=0}^{m_i^s} \gamma_{s,k,i}} \quad \dots\dots\dots(10)$$

$$\gamma_{s,k,0} = (1 - P_D^s P_{G_s^s}) \beta_{FT}^{s,k} \quad \dots\dots\dots(11)$$

$$\left. \begin{aligned} \gamma_{1,k,i} &= g_1(\underline{z}_{k,i}^1; \underline{z}_k^1(-), S_k^1) P_D^1 \quad (i=1, 2, \dots, m_1^1) \\ \gamma_{2,k,i} &= g_2(\underline{z}_{k,i}^2; \underline{z}_k^2(-), S_k^2) \cdot g_1(\dot{r}_{k,i}^2; \dot{r}_k^2(-), S_{r_k}^2) P_D^2 \quad (i=1, 2, \dots, m_2^2) \end{aligned} \right\} \quad \dots\dots\dots(12)$$

$$S_{r_k}^2 = H_3(\hat{\underline{x}}_k^2(-)) P_k^2(-) H_3^T(\hat{\underline{x}}_k^2(-)) + \sigma_r^2(k) \quad \dots\dots\dots(13)$$

ここで、 P_D^s はセンサ s の探知確率、 $P_{G_s^s}$ はパラメータ d_s によって決まる追尾目標がセンサ s の相関ゲート内に存在する確率、 $g_n(z; a, A)$ は平均 a ，共分散行列 A の n 変量正規分布の z における確率密度である。

3.4 平滑

現サンプル時刻のセンサ s の観測情報を使用して算出する車両の状態の推定値 $\hat{\underline{x}}_k(+)$ ，その誤差共分散行列である平滑誤差共分散行列 $P_k(+)$ ，ゲイン行列 K_k^s は次式で与えられる。

$$\hat{\underline{x}}_k(+) = \hat{\underline{x}}_k^s(-) + K_k^s \underline{v}_k^s \quad \dots\dots\dots(14)$$

$$\begin{aligned} P_k(+) &= \beta_{s,k,0} P_k^s(-) + (1 - \beta_{s,k,0}) P_k^{s'}(+) \\ &\quad + K_k^s \left(\sum_{i=1}^{m_i^s} \beta_{s,k,i} \underline{v}_{k,i}^s \underline{v}_{k,i}^{sT} - \underline{v}_k^s \underline{v}_k^{sT} \right) K_k^{sT} \quad \dots\dots\dots(15) \end{aligned}$$

$$K_k^s = P_k^s(-) H^T \left[H P_k^s(-) H^T + \Gamma_2^s(k) A_k^s \Gamma_2^{sT}(k) \right]^{-1} \quad \dots\dots\dots(16)$$

$$P_k^{s'}(+) = (I - K_k^s H) P_k^s(-) \quad \dots\dots\dots(17)$$

$$\underline{v}_k^s = \sum_{i=1}^{m_i^s} \beta_{s,k,i} \underline{v}_{k,i}^s \quad \dots\dots\dots(18)$$

$$\underline{v}_{k,i}^s = \underline{z}_{k,i}^s - H \hat{\underline{x}}_k^s(-) \quad (i=1, 2, \dots, m_k^s) \quad \dots\dots\dots(19)$$

4. シミュレーション

この章では、提案方式と以下の追尾方式をシミュレーションによって比較する。

- (1) ミリ波レーダを単独で使用する方式(レーダ単独方式)
- (2) 車両の距離に応じて観測精度の良いセンサを切り換えて用いる方式(切換方式)

追尾対象のシナリオを図7に示す。車両Aは左車線を時速40kmの速度で直進する。車両Bは車両Aの後方から時速50kmの速度で車両Aに接近し、時刻4.5秒に右車線への車線変更を開始し、時刻9秒に車両Aを追い抜く。

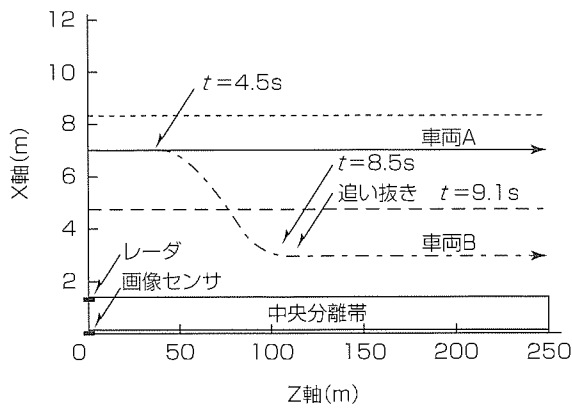


図7. 車両の軌跡

画像センサとミリ波レーダは地上 6 m の高さに設置されているものとする。画像センサの覆域は $Z=20\sim 150\text{m}$ とし、画像のサイズは 320×240 で、観測誤差は標準偏差で 1.5 画素とした。ミリ波レーダの覆域は $Z=20\sim 250\text{m}$ とし、検出確率は 0.8、観測誤差は標準偏差で距離 2 m、方位角 0.5° 、距離変化率時速 2 km とした。また、両センサのサンプリング間隔は 0.2 秒とした。

誤検出は道路上 $Z=35\sim 250\text{m}$ の領域に一様に分布し、各サンプリングにおける各センサの誤検出数は平均個数が 10 のポアソン分布に従うものとした。

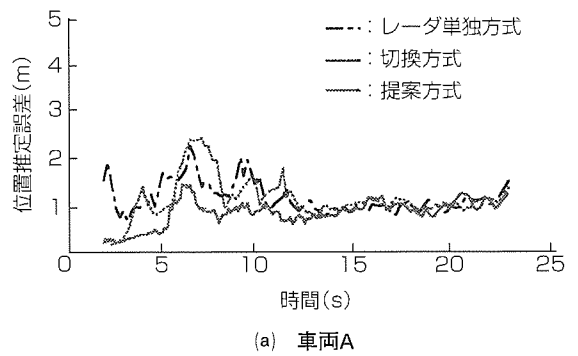
いずれのフィルタも、状態ベクトルとして車両の二次元位置及び速度の四次元モデルを使用し、駆動雑音は x, z 各軸に 3 m/s^2 相当を使用した。ゲートサイズを決めるしきい値 d_s は、追尾対象がゲート内に存在する確率が 99.9% に相当する値とした。

画像センサの検出確率が 0.6 の場合の追尾精度を図 8 に示す。提案方式は他の方式に比べて安定した追尾性能を実現している。これは、道路縦方向の観測精度に優れたミリ波レーダと道路横方向の観測精度に優れた画像センサのデータ融合の効果、及び失検出の要因の異なるデータを交互に用いることによって失検出を補う効果によるものである。

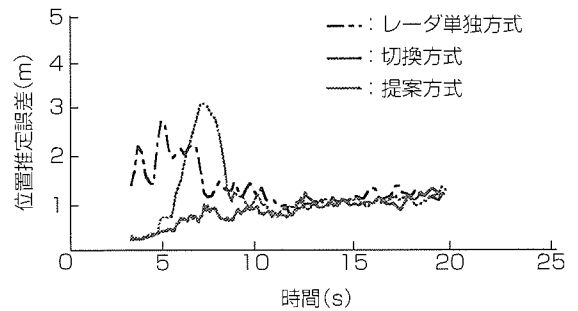
5. むすび

本稿では、今回開発した複合センサ車両追尾方式について述べた。また、シミュレーションによってこの方式の有効性を検証した。以下にこの方式の主な特長をまとめる。

- ミリ波レーダを加えることによって、検出範囲を拡大することができる。
- 悪天候で劣化した画像センサの検出性能をミリ波レーダで補うことにより、全天候で確実な追尾が可能



(a) 車両A



(b) 車両B

図8. 追尾精度

となる。

- 各センサの観測精度の特長を生かすことにより、高精度な追尾が実現できる。

なお、この方式は、北海道開発局開発土木研究所の石狩吹雪実験場において検証実験を実施し、有効性を確認した。実験の結果は11月にカナダで開催される第6回ITS世界会議で報告する予定である⁽⁴⁾。

複合センサシステムの開発は、北海道開発局開発土木研究所と三菱電機との共同研究で実施した。開発土木研究所の関係者各位に深く感謝の意を表す。

参考文献

- (1) 岡田隆光, 辻道信吾, 小菅義夫: 画像センサとミリ波レーダを使用した車両追尾方式の検討, 電子情報通信学会1999年総合大会, B-2-21 (1999)
- (2) Bar-Shalom, Y.: Tracking Methods in a Multitarget Environment, IEEE Trans. Autom. Control, 23, No.4, 618~626 (1978-8)
- (3) Okada, T., Haruyama, T., Kajiyama, Y.: The Vehicle Tracking Method using Image Sensor and Millimeter Wave Radar for Detection System on the Roadside, 6th World Congress on ITS (1999-11) 予定

自動車用小型スキャンレーザレーダ

赤須雅平*

要旨

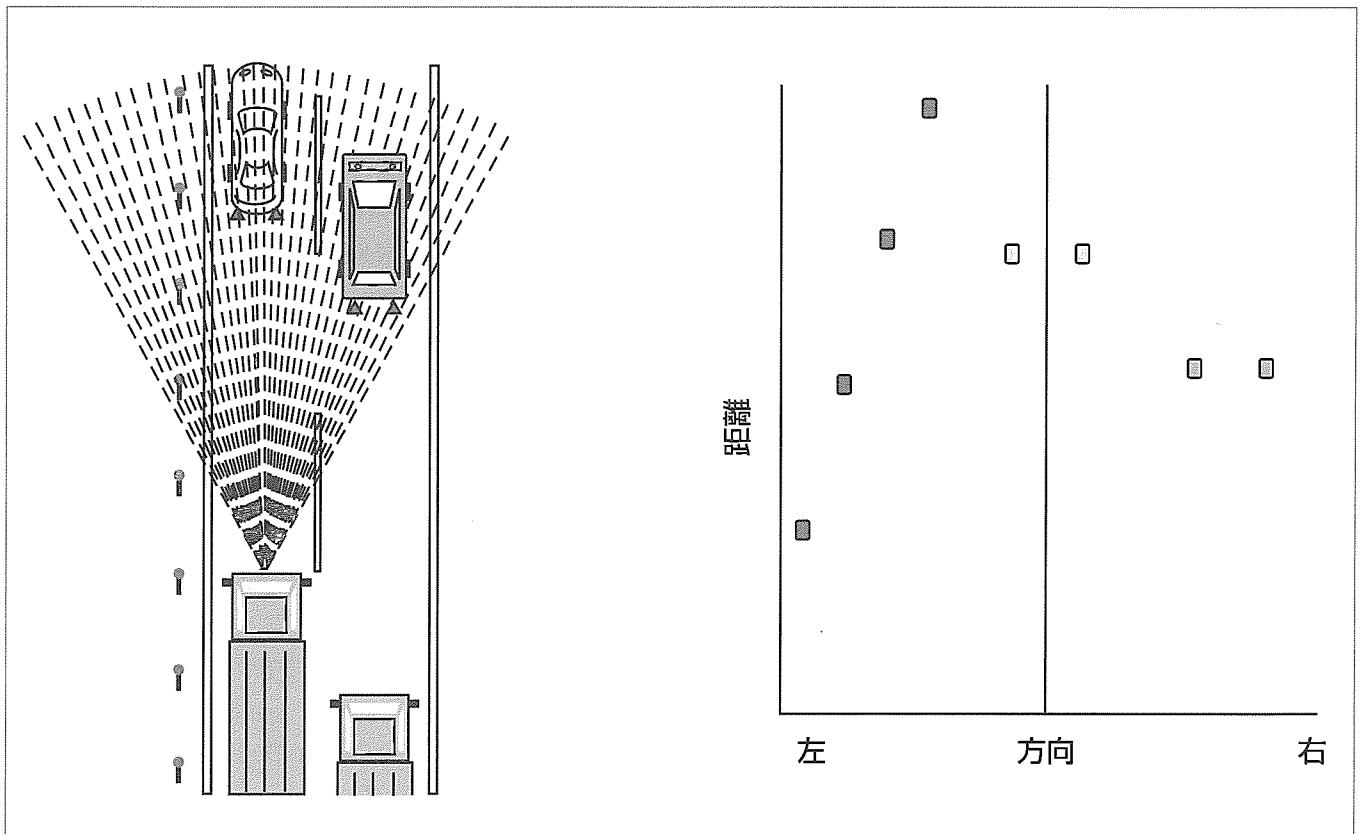
21世紀に向けて様々なITS(Intelligent Transport Systems)プログラムの取組が行われており、安全運転の支援はその目的の一つである。特に、ドライバーの操作ミスに起因する事故を未然に防止しようとする予防安全システムへの期待は大きい。

予防安全システムの主なコンポーネントの一つに車間距離センサがある。車間距離センサにはミリ波や光を応用したものが知られており、レーザ光を使ったレーザレーダは既に実用化され、トラック、バス、高級乗用車などの車間距離警報装置や車間距離制御装置に使われている。車間距離の警報・制御には前方車両を高精度に識別する必要がある。このため、前方車両の動き、障害物の有無、道路形状

などの情報を有効に得る必要があり、送光ビームを絞り、前方に向けて水平にスキャンしながら対象物までの距離と水平位置を測定するスキャン方式が主流となっている。

しかし、これまでのスキャン式レーザレーダは、未だ価格も高くサイズが大きいため、車両への搭載性に問題があった。小型車や大衆車にまで車間距離警報・制御を普及させるためには、低価格で搭載性の良い小型・軽量のスキャン式レーザレーダが必要である。

そこで、スキャン式レーザレーダに小型で簡単な構造の電磁アクチュエータによる光スキャン機構を採用し、内部回路のIC化によって部品点数を大幅に削減して、小型・低価格を目指した小型スキャンレーザレーダを開発した。



スキャンレーザレーダ

自動車の後部左右に装着されたリフレックスリフレクタの距離と方向をレーザレーダは正確に計測する。検出した点の位置と連動から車両を認識する。さらに、路肩に設置されている反射鏡(デリニエータ)の並びから道路形状を推定する。

1. ま え が き

21世紀に向けて様々なITSプログラムの取組がなされているが、交通安全の支援はその重要な目的の一つとなっている。これを実現する車両側の主なコンポーネントの一つが車間距離検出センサである。レーザ光を使ったレーザレーダが車間距離検出センサとして既に実用化され、トラック、バス、高級乗用車などの車間距離警報装置⁽¹⁾や車間距離制御装置に使われている。車間距離制御を行うには、前方車両の距離や方向のほか、障害物の有無、道路形状などの情報を知る必要があるため、送光ビームを絞り、水平方向にスキャンして各方向の距離を測定するスキャンレーザレーダが主流となっている⁽²⁾⁽³⁾。

しかし、これまでのスキャンレーザレーダは、サイズが大きい上に高価であったため、車間距離制御は一部の大型高級車に装着されるのみであった。小型車や大衆車にまで普及させるには、低価格で搭載性の良い小型・軽量のスキャンレーザレーダが必要である。

そこで、スキャンレーザレーダに簡単な構造の電磁アクチュエータによる光スキャン機構を採用し、内部回路のIC化によって部品点数を大幅に削減して、小型・低価格を目指したスキャンレーザレーダを開発した。

2. 小型スキャンレーザレーダの仕様

開発した小型スキャンレーザレーダの仕様を表1に示す。

表1. 小型スキャンレーザレーダの仕様

動作電源電圧	10~16V
消費電流	0.7A
動作温度範囲	-30~85℃
外形寸法	100×52×70 (mm)
質量	0.3kg
最大検知距離	100m
水平視野角	210mrad
垂直視野角	70mrad
距離出力単位	0.15m
角度出力単位	2.6mrad
データ出力周期	0.1s

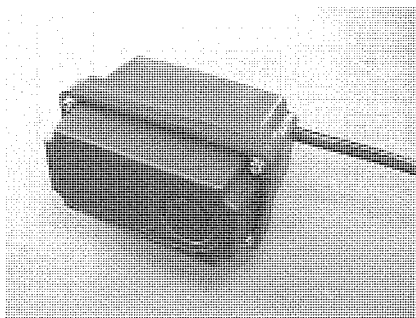


図1. 小型スキャンレーザレーダの外観

3. 構 造

図1に開発した小型スキャンレーザレーダの外観を示す。また、図2にその内部構造を示す。

小型スキャンレーザレーダは、送光部、受光部、スキャン機構部、電子回路基板、そしてケースで構成される。

3.1 送 光 部

送光部では、850nmの波長を持つ近赤外線レーザダイオード(LD)をパルス状に100μs周期で発光させる。

送光部の仕様を表2に示す。

3.2 受 光 部

受光部は、上記レーザパルス光を受光レンズによって集光し、PINダイオードで受光している。受光レンズは、小型化のため、短焦点距離 $f=18\text{mm}$ のフレネルレンズを使用している。また、受光感度を上げて受光面積の縮小化を図っている。

受光部の仕様を表3に示す。

3.3 スキャン機構部

今回、スキャン機構部をスキャンミラーと可動マグネット型の電磁アクチュエータで構成した。送光部で発光されたレーザパルス光は、固定ミラーを介して、送光用のスキャンミラーに照射される。可動マグネット型電磁アクチュ

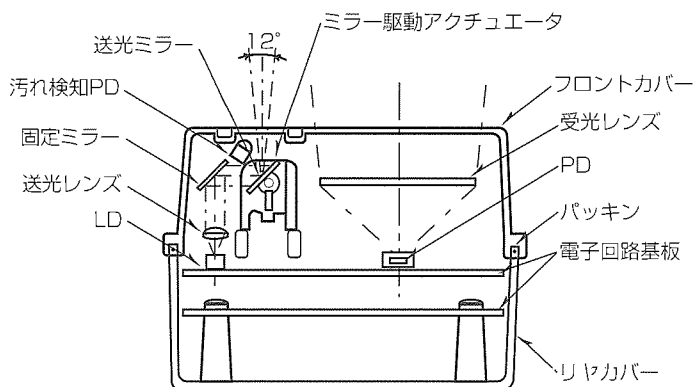


図2. 内部構造

表2. 送光部の仕様

レーザ出力パワー	11W
波長	850nm
パルス発光周期	100μs
パルス時間幅	25ns
ビーム幅(水平)	0.8mrad
ビーム幅(垂直)	70mrad

表3. 受光部の仕様

受光面積	1,000mm ²
受光視野角(水平)	240mrad
受光視野角(垂直)	120mrad
ピーク受光感度波長	900nm
光電変換	0.6A/W

エータに取り付けられたスキャンミラーを揺動運動させることで、レーザパルス光を前方水平方向に走査する。走査レーザパルス光は、照射方向にある物体に反射して、再びレーザレーダに戻り、受光部で受光される。

電磁アクチュエータは、図3に示すように、一つの揺動軸にスキャンミラー及び永久磁石が取り付けられ、この軸を中心に両者が揺動できるようになっている。永久磁石はその着磁方向が揺動方向と一致するように取り付けられており、近傍に配設された電磁コイルに流れる電流の方向と大きさを変化させ、コアの先端を電流量に応じて磁化し、スキャンミラーを電流の大きさに比例した揺動角でスキャンすることが可能である。また、揺動軸の固定にはボールベアリングを使用し、ヒステリシスが少なく応答性の良い構成としている。図4に駆動電流と揺動角の関係を示す。

また、永久磁石の近傍にはホール素子を取り付け、永久磁石の磁束を検出し、揺動角の検出を可能とした。

このように、スキャンミラー及びその周辺部材を簡単な構成とし揺動位置も非接触で簡単に検出できるようにしたため、超小型で高精度のスキャン機構が実現できた。

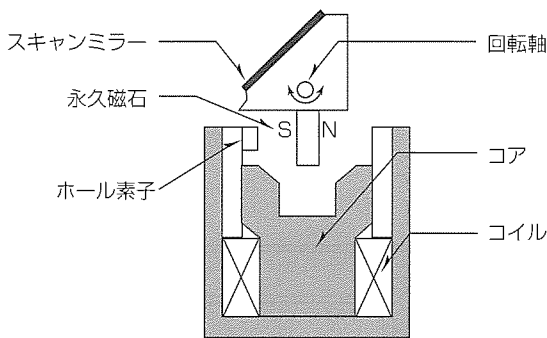


図3. 可動マグネット型電磁アクチュエータ

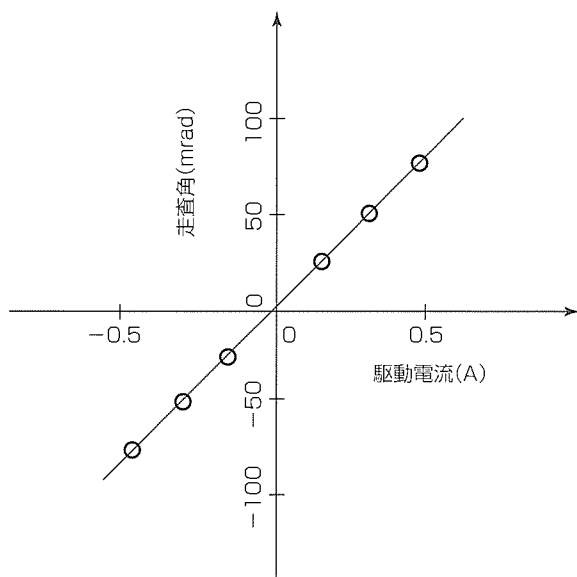


図4. 電磁アクチュエータの特性

3.4 ケース

このレーザレーダのケースとして、軽量・低価格で実用上十分な強度と耐久性を持つ樹脂を採用した。ケースはフロントカバーとリアカバーで構成されており、フロントカバーは光を透過しなければならないため非結晶の樹脂を使用した。また、このカバーには可視光をカットする顔料を添加し、赤外光フィルタを形成させた。

3.5 回路構成

図5に小型スキャンレーザレーダの回路ブロック図を示す。今回、受光信号増幅回路などのアナログ回路部や距離を測定する時間計測回路などのデジタル回路部を専用IC化し、大幅な電子部品点数の削減を行った。

(1) 測距動作

小型スキャンレーザレーダは、外部のレーザレーダコントロールユニットからの制御データによって駆動される。測距指令の受信により、レーザダイオードをパルス駆動し発光させる。また、電磁アクチュエータを駆動して、スキャンミラーを揺動し、パルスレーザ光を水平に走査する。前方の対象物で反射されたパルスレーザ光は受光部で受光される。パルスレーザ光をフォトダイオード(PD)によって光電変換し、増幅後所定のスレッシュホールドレベルと比較して、時間計測回路に入力する。時間計測回路では発光から受光までの時間と光速から距離を演算する。比較時のスレッシュホールドレベルと受光信号のレベルによって時間計測に誤差が生じるため、受光信号のレベルに応じて適切な距離補正を行っている。レーザ光の走査方向とそのとき得られた測定距離に(3)項で説明する平均化処理を施して、各方向の距離データとしてレーザレーダコントロールユニットへ送信する。

(2) 電磁アクチュエータ制御

図6に電磁アクチュエータ制御のブロック図を示す。送光ビームを水平に走査するための三角波駆動信号をゲインコントロール信号に従って増幅し、電磁アクチュエータを駆動する。電磁アクチュエータの可動磁石(永久磁石)の近

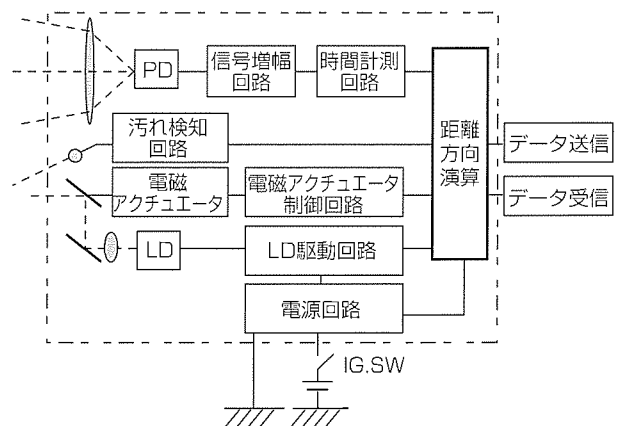


図5. 回路ブロック図

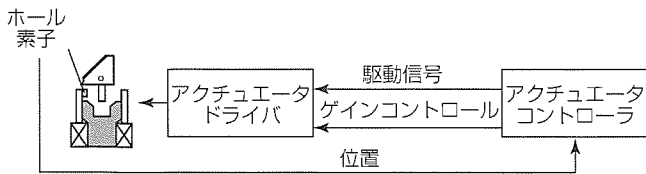


図6. 電磁アクチュエータ制御

傍には磁束変化で揺動角を検出するためのホール素子を配置した。ホール素子の出力に応じてアクチュエータ駆動回路のゲインを可変することにより、一定の揺動角が得られるようにフィードバック制御している。

図7に示す三角波駆動波形で電磁アクチュエータを駆動し、スキャンミラーを揺動させる。送光レーザーパルス光は、スキャンミラーを介して、この揺動運動に従い、前方を水平走査する。測距は、この揺動のうち、片方向のスロープのみ行っている。これは、1方向のみのスキャンを行うことで、毎回同じスキャン方向の測距を再現するためである。駆動信号は測距区間が戻りの区間の2倍になるように配分され、電磁アクチュエータは早戻り動作を行う。また、駆動信号の測距区間は線形を保ち、スキャンミラーに一定の走査角速度を与えている。スキャンミラーが1揺動運動でレーザーパルス光が210mradの範囲を1スキャンするようにゲインを設定し、電磁アクチュエータを駆動する。以上の制御により、ばらつきの少ない送光ビームの走査角を得ている。

(3) 方向の検出

図7には1スキャン中の距離算出タイミングも示している。スキャンレーザーレーダの1スキャン周期は100msである。そのうち測距区間は64msであり、その間に640回の測距を行う。これを8回ごとに平均化処理し、80方向の距離データとする。スキャン角度は210mradであり、1方向の角度分解能は $210/80=2.6\text{mrad}$ となる。

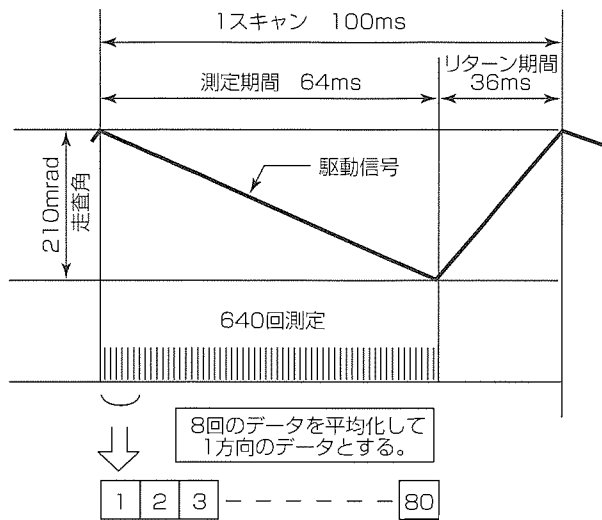


図7. スキャン処理

4. む す び

簡単な構造の可動マグネット型電磁アクチュエータの採用、レーザーレーダケースの樹脂化、さらに内部回路の専用IC化によってスキャンレーザーレーダの小型化・軽量化・低価格化を図った。

これによってスキャンレーザーレーダの車両への搭載性が向上し、さらにシステムの低価格化が可能となったため、車間距離警報及び車間距離制御の小型車や大衆車への普及が見込まれる。

参 考 文 献

- (1) Yanagisawa, T.: Development of a Laser Radar System for Automobiles, SAE, Paper (1992)
- (2) Tanaka, S., Akasu, M., Bracken, W.: Development of a Scan Laser Radar, SAE, Paper (1997)
- (3) Kaneko, K., Kai, K., Akasu, M.: Trial of Target Vehicle Detection by using Scanning Laser Radar, SAE, Paper (1997)

スポットライト 画像処理応用道路監視システム

自動車交通の発展により、その利便性と同時に、交通事故の増加、深刻な交通渋滞、地球環境の破壊などの問題が発生しております。三菱電機では、交通事故の低減や安全性の向上等に対応するため、画像処理センシング技術と光ネットワーク技術を駆使して“画像処理応用道路監視システム”を開発しました。

画像処理応用道路監視システムは、見通しの悪いカーブ区間において前方の停止車・低速車の存在及び対向車の存在を先進の画像処理技術を使って検知し、路側の表示装置でドライバーに注意を喚起することで、より安全な走行支援情報を提供します。また、将来、路車間通信機能を追加することによって、車載機で情報提供することができます。

特長

先進の画像処理技術を適用したシステムを提供します。

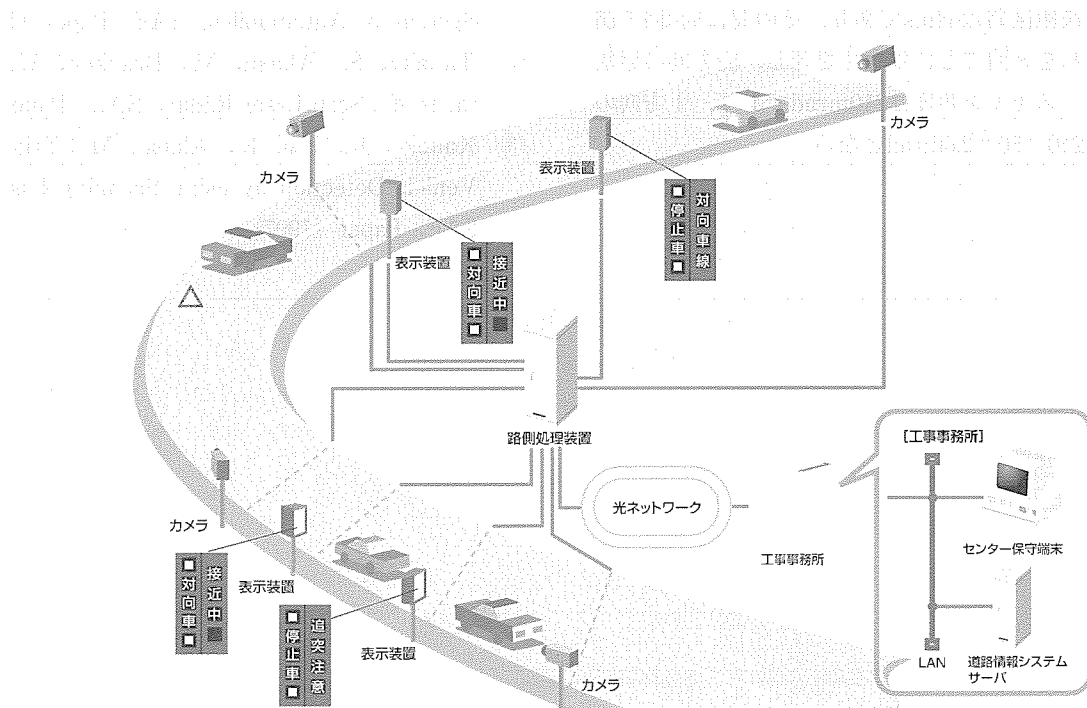
- 24時間・全天候・リアルタイム計測に対応した画像処理技術の適用
- 可視カメラ、赤外線カメラの画像処理統合化によって精度向上が可能
- コンパクトで高信頼性・耐環境性を確保した路側処理装置(ディスクレス、ファンレス)は屋外設置も可能
- 二輪車や歩行者も検知可能

● 悪天候下では、ミリ波センサの適用で検知性能が向上

システム及び機器仕様

項目	仕様	
画像処理	画像処理方式	照度変動・外乱に強いテクスチャ*背景差分方式をベースに、モデルマッチングによる車両認識・位置計測の高精度化と、テンプレート追従探索による車両追跡の安定化を実現しています。
	検知・計測項目	車速・車間距離・交通量・占有率等の交通流計測、停止車両・低速車両、渋滞、避走等の突発事象検知、及び落下物・歩行者・二輪車等の障害物検知
	検知精度	90%以上
	検知範囲	100m(2車線)
路側処理装置	検知周期	100ミリ秒(交通流)、数秒(突発事象)
	中央処理装置	32ビットCPU、リアルタイムOS
	画像処理装置	高速DSP*(200MHz)を4個搭載し、並列処理によってリアルタイム計測を実現する専用高速画像処理ハードウェア
	その他	ディスクレス、ファンレスのため耐環境性に優れ、路側設置が可能。画像蓄積機能(オプション)
表示装置(標準)		9文字LED(左列5文字+右列4文字)
カメラ	可視カメラ	CCD方式、解像度：水平470本、垂直350本以上
	赤外線カメラ	非冷却方式、波長帯：遠赤外8~12μm帯、解像度：水平320本以上、垂直240本以上
センター保守端末		32ビットCPU

注 *テクスチャ：認識領域ごとの輝度・模様・形状
DSP：Digital Signal Processor



システムイメージ



特許と新案***

三菱電機は全ての特許及び新案を有償開放しております

有償開放についてのお問合せは
三菱電機株式会社 知的財産渉外部
電話 (03) 3218-9192(ダイヤルイン)

数値制御装置 (特許 第2718260号)

発明者 加藤清敬

この発明は、NURBS曲線を基に軌跡制御するNURBS補間機能に関し、その数値制御装置の基本構成に関するものである。

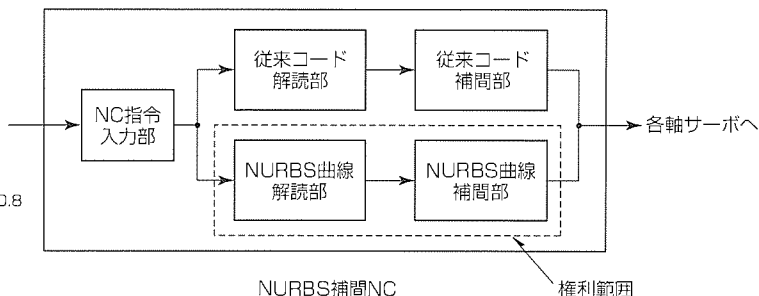
従来の数値制御装置は、直線・円弧指令を主な基本指令として工作機械を動作させていた。そして、自由曲面を切削する場合には多量の微小線分を取り込んで補間する必要があり、NCデータが多量となり、また数値制御処理が不十分となり、滑らかな面を得ることが難しかった。

この発明の数値制御装置は、直線・円弧・だ(楕)円・スプライン曲線などを統一的に表現可能な非一様有理化スプライン(Non Uniformed Rational B-Spline : NURBS)曲

線を指令要素とし、それを補間する機能を持っている。入力指令は、階数・制御点数・重み・ノットベクトルをNCコードとして記述する。これにより、少量のデータで滑らかな面の得られる自由曲面加工が提供できる。なお、従来のNCコード指令体形の中に組み込んで混在して使用可能である。

NURBS曲線
フォーマット

- 階数
 - 制御点
 - 重み
 - ノットベクトル
- G70.0M4N5
G70.0K0.0K0.0K0.0
K0.0K1.0K1.0.....
G70.1X0.0Y0.0Z0.0W0.8
X20.0Y0.0Z10.0W1.2
X40.0Y1.0Z12.0W0.8



距離測定装置 (特許 第2776127号)

発明者 赤須雅平

この発明は、自動車に搭載して、パルス光を前方に向けて照射し、周辺車両や障害物等による反射パルス光を受光し、照射から受光までの所要時間を計測することによって周辺車両や障害物等までの距離を求める距離測定装置に関するものである。

従来のこの種の装置においては、照射から受光までの所要時間の計測精度を得るため、所定の複数回(M回)の発光を1周期とし、各々の発光に対して所定の微小時間間隔ずつ遅延させたタイミングで受光のサンプリングを行う方式がある。しかしながら、このような装置では、誤って至近距離で距離測定装置を直視すると強力なパルス光を繰り返し浴びることとなり、網膜損傷等、人体に危害を及ぼす可能性が懸念される。

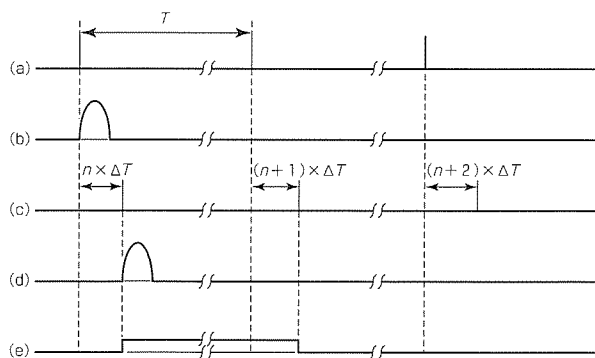
この発明は、図に示すように、パルス光(b)の発光に対してn回目のサンプルタイミング(c)で反射パルス光(d)が検出された場合、当該周期における以後のパルス光の発光を停止するものである。

これによって、距離測定中に誤ってパルス光の発光部を

のぞき込んだとしても、のぞき込んだ人体からの反射パルス光を検出した時点で当該周期における以後のパルス光の発光は停止され、人体に対する安全性は飛躍的に向上する。

また、安全性の向上により、パルス光の発光強度を高めることも可能であり、安全性を確保しつつ、距離測定範囲を拡大することができる。

さらに、この発明ではパルス光の発生回数/頻度が減少するので、発光素子の信頼性と寿命が向上する。





特許と新案***

三菱電機は全ての特許及び新案を有償開放しております

有償開放についてのお問合せは
三菱電機株式会社 知的財産渉外部
電話(03)3218-9192(ダイヤルイン)

移動物体計測装置 (特許 第2757629号)

発明者 谷口博康, 古澤春樹, 畠中 淳, 関 明伸

この発明は、TVカメラの画像を用いて車両などの移動物体を計測する画像処理装置、特に交通流計測装置に関するものである。

従来の移動物体計測装置では、環境変動の大きな屋外環境下では、移動物体の状態を安定して検出できなかった。この発明では、図1に示すように、各画像ごとの移動物体(例えば車両)の特徴データ(例えばエッジ)を画面上において移動方向にほぼ平行な軸(方向軸)に投影圧縮して一つの一次元データを作成し、それらを時系列に並べることにより、車両の軌跡を時間軸(T)及び方向軸(D)からなる二次元データ時系列画像を作成する。この画像を2値化することにより、図2のように、一定時間の移動物体の軌跡を二次元画像の領域として表現できる。この発明では、さらにこの2値画像に対する穴埋め手段と線分要素抽出手段を設け、移動物体を一つの線分として抽出する。

この発明により、屋外環境下において、昼夜にかかわらず、計測精度の高い移動物体計測装置が実現できる。また、交通流計測に適用した場合、車両の停止や渋滞判定も同時に検出できる。

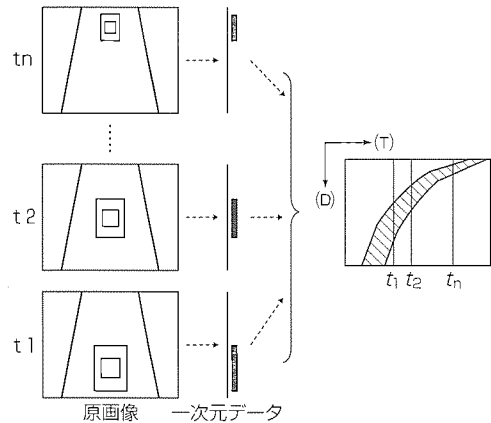


図1

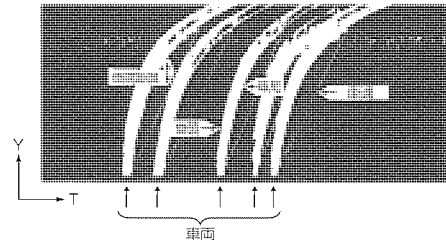


図2

〈次号予定〉三菱電機技報 Vol.73 No.11 “ウエルネス”

特集論文

- ウエルネス特集に寄せて
- ウエルネスシステムの現状と展望
- ストレングスエルゴ
- 介護サービス相談システム“佐々衛門”
- 赤外線音声情報案内システム“トーキングサイン”
- 分散仮想環境を用いた医療応用システム
- 高知県保健・医療・福祉情報システム
- ベッドサイドウエルネスシステムのがん患者への適用

- 眼科手術シミュレータシステム
 - ユニバーサルデザイン
 - ウエルネス分野のコソリューション及び遠隔医療を含む広域ウエルネス情報ネットワーク
 - 三菱病院情報システム“DIAKARTE(ダイヤカルテ)”
 - 介護サービス支援システム
 - 在宅妊婦遠隔診療支援システム“エンゼルケア”
- 普通論文
- FREQUPSシリーズ無停電電源装置

<p>三菱電機技報編集委員</p> <p>委員長 鈴木 新</p> <p>委員 中村 治樹 河内 浩明</p> <p>宇治 資正 永峰 隆</p> <p>奥山 雅和 茅嶋 宏</p> <p>小林 保雄 石川 孝治</p> <p>畑谷 正雄 津金 常夫</p> <p>村松 洋 才田 敏和</p> <p>大坪 道夫 猪熊 章</p> <p>本庄 正司</p> <p>幹事 鈴木 隆二</p> <p>10月号特集担当 鷺野 翔一</p>	<p>三菱電機技報 73巻10号 1999年10月22日 印刷</p> <p>(無断転載・複製を禁ず) 1999年10月25日 発行</p> <p>編集人 鈴木 新</p> <p>発行人 鈴木 隆二</p> <p>発行所 三菱電機エンジニアリング株式会社 ドキュメント事業部</p> <p>〒105-0011</p> <p>東京都港区芝公園二丁目4番1号</p> <p>秀和芝パークビルA館9階</p> <p>電話 (03) 3437局2692</p> <p>印刷所 菱電印刷株式会社</p> <p>発売元 株式会社 オーム社</p> <p>〒101-0054</p> <p>東京都千代田区神田錦町三丁目1番地</p> <p>電話 (03) 3233局0641</p> <p>定 価 1部735円(本体700円) 送料別</p>
	<p>お問い合わせ先 gihohon@hon.melco.co.jp</p>

スポットライト

三菱カーナビゲーションシステム

1990年以降急速に普及したカーナビゲーションシステムは、'97年のDVD搭載型の商品化が消費者の購買意欲を更に刺激して着実に市場を拡大し、ユーザーのニーズは、今では、高性能なDVDナビと普及価格のCDナビに2分されています。

三菱電機では、こうした市場のニーズにこたえるため、DVD映像ソフト再生機能を搭載した大容量・高性能のDVDカーナビ“V77シリーズ”、高いコストパフォーマンスのCDカーナビ“D50シリーズ”、モニター一体型で基本機能を重視したより普及価格のCDカーナビ“D10シリーズ”の3シリーズのカーナビゲーションシステムを発売いたしました。

特長

1. コンパクトな1DINサイズ

インダッシュスペースに取付け可能で、地図ディスク、映像ソフトの入れ替えが手元で行え、使い勝手、操作性が飛躍的に向上しました。

2. スピーディなルート探索

当社独自のアルゴリズムの採用により、例えば東京～大阪間で、V77では5.9秒、D50、D10では9.9秒の高品質で高速な経路探索を実現しました。

また、推奨ルートを外れたときのオートリルート機能、前方の混雑ルートを避けるう(迂)回ルート探索機能、推奨ルートを条件によって選べる複数ルート探索機能、幹線道路を優先したルートを提示する大型車交通規制対応ルート探索機能等を備え、状況に応じたきめ細かなルートの提供が可能です。

3. 分かりやすいルート案内

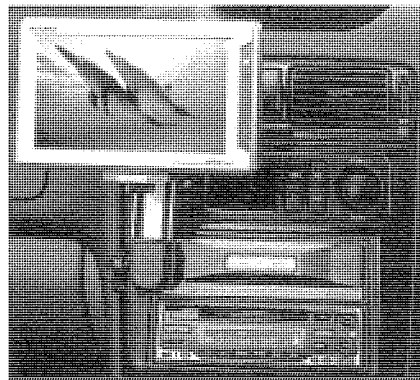
右左折交差点や高速道路の出入口や分岐点では方向、車線、交差点名、行き先名称を表示した3D交差点拡大図と音声によって適切なタイミングで分かりやすく案内し、また、進行方向に急カーブがある場合には音声で警告を行うなど、目的地まで安全にドライバーをアシストします。

さらに、目的地までのルート上にある交差点を順次3D交差点拡大図で確認できる交差点ステップビュー機能を備え、右左折する交差点をあらかじめ確認することも可能です。

高速道路を走行中は、必要な情報を分かりやすい略図で表示するハイウェイデフォルメ図を表示して、IC、JCT、SA、PAまでの距離、料金、施設等を確認することが可能です。

4. 簡単で便利な操作性

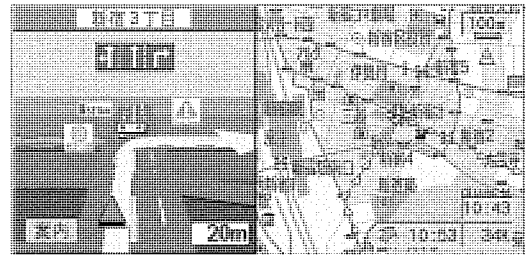
使いやすい10キーフリップリモコンと分かりやすいメニュー



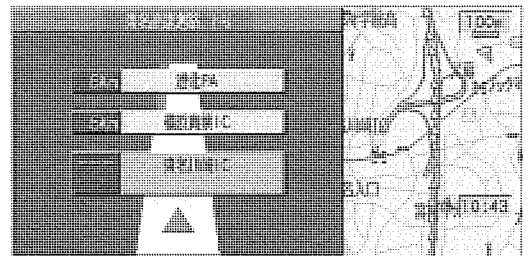
DVDカーナビゲーションシステム“CU-V77VP”



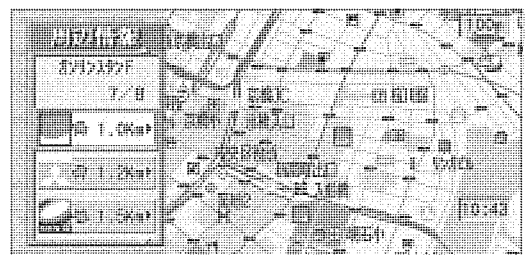
CDカーナビゲーションシステム“CU-D10”



3D交差点拡大画面



ハイウェイデフォルメ画面



周辺検索画面

方式により、施設、住所、50音、電話番号、郵便番号から行きたい場所を簡単に的確に検索することが可能です。また、現在地周辺の施設をジャンルごとに検索できる周辺検索機能も備えています。