

路車間情報システム(RACS)について

柴田正雄*

道路上の通信施設と車載装置間の通信を行うことによって、より高度の情報環境を提供しようとする路車間情報システム(RACS)のコンセプトと開発の過程を報告するものである。RACSは間欠極小ゾーン通信を行うビーコンとCD-ROMに格納されたデジタル道路地図を持つ車載装置の間で通信を行い、ナビゲーション機能、情報サービス機能、個別通信機能を提供する。

Road/Automobile Communication System

Masao SHIBATA*

This report describes the concept and development procedure of Road/Automobile Communication System (RACS) that offers better information environment by the communication between on-board equipments and on-road communication facilities. RACS presents navigation function, information function, and individual communication function through the communication link between the roadside beacon for local minimum communication and the on-board equipment with digital road map in CD-ROM.

1. 路車間情報システム(RACS)の開発経緯

道路交通は移動基盤である道路と移動体である自動車より成り立っているが、両者を一体化したシステムとみる考え方は少なかった。他の交通モード、例えば鉄道や航空における地上系と移動体の制御や通信での結びつき方と比べると差が大きい。道路交通においては運転者が制御や情報交換の要であり、運転者が直接道路や他の車両の情報を得て自動車を制御する。これは移動基盤と移動体が異なる管理下におかれていることが最も大きな理由であるが、その他に道路交通は道路上という限られた範囲で行われる等の制約があるため、運転者による情報収集や制御でそれほど問題を生じなかったということが言えよう。

しかし、道路交通が現在のように国民生活の中で

の重要性を増し、また運転者の層や行動範囲が広がってくると、すべてを運転者に頼ることによる問題は無視できないようになり、例えば、案内誘導をより親切にというような意見が強く言われるようになってきた。また、近年の情報処理機器の開発は過去において技術上または経済上不可能であったことを可能にしてきている。そのため、道路と自動車を1つのシステムの中で考えていく発想が試みられ始めた。

1970年代に、各国に一連の動きがあった。米国のERGS (Electronic Route Guidance System)、我が国のCACS (自動車総合管制システム)、ドイツのALI (Das Autofahrer Lenkung und Informationssystem) といった道路上の機器と車載の機器の間で通信を行い経路の誘導等の機能を持つシステムの開発がなされた。しかし、1970年代においては現在ほど情報処理機器が発達していなかったため、機器の、特に車載の機器の能力が限られていたこと、また、システムの主眼点が交通の管理におかれていたことが重なり、これらのシステムは路上施設および管理

* 建設省土木研究所道路部長
Director, Road Department, Public Works Research
Institute, Ministry of Construction
原稿受理 1991年4月3日

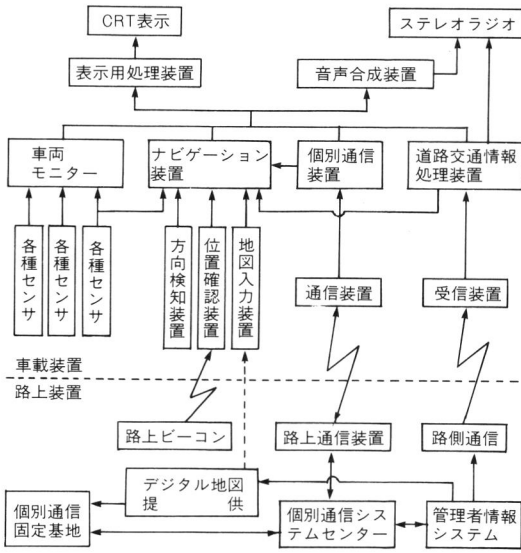


Fig. 1 路車間情報システムのコンセプト

センターに大きな比重をおいたシステムとなっていたため、実験においてはよい成果を示したものの、実用化のためには整備主体、整備手法に大きな課題が残る実験開発の段階以降には進まなかった。

より実用的な情報の提供手段として、我国において路側通信(ハイウェイラジオ、路側ラジオ)、ドイツにおいてARI (Autofahrer Rundfunk Information) といった車載のラジオを利用したシステムが開発され利用されている。これらは、それまで行われてきていた一般ラジオによる道路交通情報放送を一步進めたものである。路側通信は他の情報媒体を使わず直接道路上施設から車載のラジオに情報を送るものである。ARIは一般ラジオ放送に特定の信号を付加し、自動的に道路交通情報放送を選択しうようになったシステムである。このシステムは、その後また一步進み、デジタル通信を行うRDS (Radio Data System) が標準化された。

道路側の施設に頼らずに車載装置のみで経路案内を行うナビゲーションシステムが1980年代に入って日、米、欧の自動車製造会社、電装品製造会社等によって開発され、一部は市販された。これらは、その開発された時期の技術レベルによって種々の能力のものがあるが、車載機器のみで働くため情報に関して量的、質的に限界がある。

道路と車両が結びあてではなく人間の視覚を通じてではあるが、道路側の情報提供システムも可変情報板の量的、質的進展等の努力がなされてきており、そのバックとなる情報収集・処理システムも充実し

てきた。

これらの自動車側、道路側のそれぞれの情報化の動きが結合され、共同での開発研究が再び始まった。

1984年に、道路に関する諸事業の研究開発を行うためにその年に発足した(財)道路新産業開発機構に産・学・官の関係者が集まり、路車間情報システム研究会が発足した。研究会では、道路と車両を一つのシステムとして考え、道路交通により高度の情報環境を与えることを目的とした路車間情報システムのコンセプトについての論議がなされ、その結論としてFig. 1に示すシステムが提案された¹⁾。次年よりナビゲーション、ビーコン、個別通信の3つの部会が研究会の中に設けられ、より詳しい検討が始められた。

1986年に、より具体的な開発を目指して建設省土木研究所と民間25社(当初23社)の共同研究がスタートした²⁾。この共同研究の中で実際の道路上において実験システムによる各種機能の実用性の試験が行われ、システムのコンセプトから具体的な機器への展開がなされた。1989年の最終実験によって当初のコンセプトに含まれていたすべての機能の確認がなされた。

研究の段階を終了した本システムは、現在道路管理者の手によって路上施設であるビーコンの実験がなされており、また民間各社においては車載機器の改良が続けられている。

ビーコンと並んで本システムの基礎的な基盤であるデジタル道路地図については、全国的に統一した基準で作製するために(財)日本デジタル道路地図協会が1988年に発足し、既に地図の供給を開始している。

研究開発の面では、路車間情報システムの通信リンクを利用して、情報提供以上の機能、特に交通安全面および輸送効率面に寄与する機能を道路・自動車のシステムに付加する次世代道路交通システムの検討がなされている。これは我国のみに限ったものではなく、欧州のPROMETHEUS、DRIVE、米国のIVHSも路車間一体となった総合的交通システムの構築を目指している。元々、道路と自動車の両者でもって成り立っている道路交通である以上、そのあらゆる面で両者の結合の可能性が追及されるのは当然であろう。

2. 路車間情報システム (RACS) の機能

2-1 基本コンセプト

RACSの基本コンセプトは前出のFig. 1および

Fig. 2に示されるように、道路上に設置された通信器（ビーコン）と車載機器の間で通信を行い、各種の機能を提供しようとするものである。その機能は、Fig. 2の中での3種のビーコンに対応している以下のものである³⁾。

- ①ナビゲーション機能
- ②情報サービス機能
- ③個別通信機能

これらの機能は相互に関連しているが、単独でも有効である。システムの最終完成形としてはこれらのすべての機能を具備するように計画するが、当初はナビゲーション機能のみ、その後情報サービス機能、最後に個別通信機能を付加していくという段階的な整備が可能である。また、後述するように地域的にも密度的にも段階的な整備が可能である。

車載機器にかなりのインテリジェンスを持たせていることも、1970年代のシステムと比べた場合の本システムの大きな特徴である。地上よりは情報のみを与え、判断は車上で行うことを基本としている。そのため、道路側の施設が整備途中であっても機能は限定されるだけでシステム自体が全く機能しないということはない。

以上の特徴は本システムを整備していくために重要なことである。路上施設の整備は一朝一夕に終わるものではないため、整備が完了する途上の段階でもある程度機能することは是非とも必要な性質である。

ナビゲーション機能は、運転者に車両の現在位置と目的地までの経路を示すもので、この機能のためには、車両の現在位置を検知する手段と道路網に関する情報が必要である。

現在位置については、車載の方向センサーと距離センサーによって検出された移動方向と移動量によって求めることが一般的であるが、人工衛星を利用したGPS (Global Positioning System)、また道路網との整合を調べるマップマッチング等の手法もあり、単独でなく組み合わせられていることが多い。RACSにおいては、車載装置が独自に検知している現在位置をビーコンによって正確な位置に修正する方式をとっている。車載装置のみでは累積してしまう誤差を車両がビーコンの前を通過するたびに修正して常に誤差をあるレベルに押さえることができる。

道路網に関する情報は、デジタル道路地図という道路の形状等を数字で現した地図、すなわち、一般の図による地図と違って情報処理機器に入力しうる

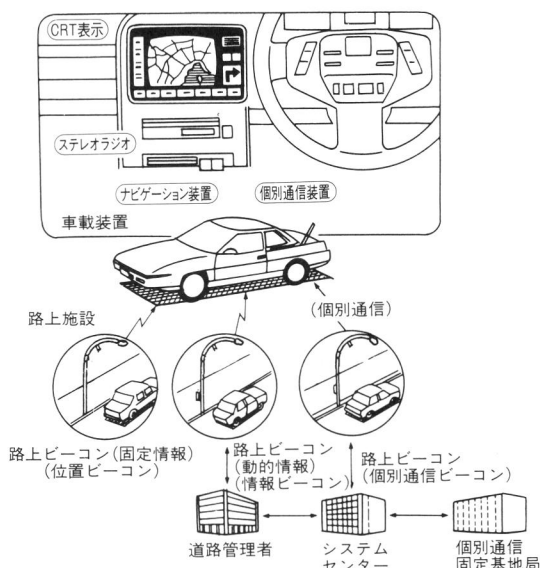


Fig. 2 路車間情報システムの構成

形での地図によって車載装置に与える。収納しうる情報の多さと一般性からしてCD-ROMがその媒体として使われる。局所的な細かい情報はビーコンで送ることも考えられる。デジタル道路地図には、道路自体の情報と共に周辺の地物の情報も含まれる。

車載装置は、以上の情報をもとに運転者に自車位置と目的地までの経路を示す。現在まで一般的なのは、自車位置周辺の道路地図をCRT (ブラウン管) に表示し、自車の位置と方向、目的地が入力されていればその方向を同時に目立つように表示する方式である。これ以外にも交差点ごとに進むべき方向を矢印で示したり合成音声で伝えたりする方式も考えられるが、そのためには目的地までの経路選択が適切になされる必要があり、今後の開発にゆだねられている。

日頃通りなれていない道路において迷った経験のないドライバーはまずいないと思われる。このようなシステムはいかなる段階であろうとも運転者にとって大きな助けになる。

情報サービス機能は、主として道路上に生ずる各種の現象についての情報を運転者に提供するものである。変化する情報を扱うため、提供手段であるビーコンはFig. 2にみられるように中央の情報センターと結ばれている必要がある。提供する情報としては、災害等による通行規制、交通事故、交通渋滞、旅行時間等が考えられる。これらの情報とナビゲーション情報とを組み合わせる運転者に適切な経路を選

ぶ材料を提供する。システムの信頼性が向上した段階では、この選択を車載装置が行い運転者には交差点やランプでの進行方向の指示を行うシステムも考えうるが、どこまで自動化することが人間・機械系として適切なのかについては議論をつくす必要があろう。

個別通信機能においては、ナビゲーション機能や情報サービス機能での片方向通信と違って、双方方向の通信を行う。道路側としては車両より動きの情報をうることによって旅行時間等の交通の状況を知ることができる。また、管理用車両やモニター車両からの運行状況や道路状況の報告にも利用できる。また、管理事務所から車両への指示を出すことができる。道路側施設を一般通信システムと結合すれば、

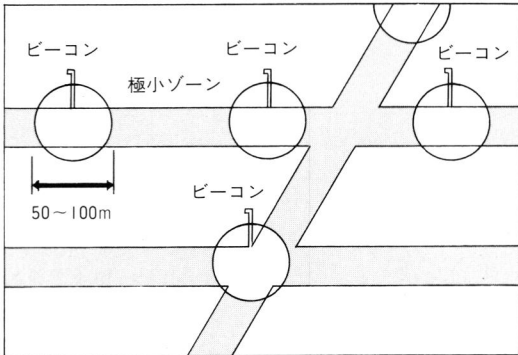


Fig. 3 間欠極小ゾーン

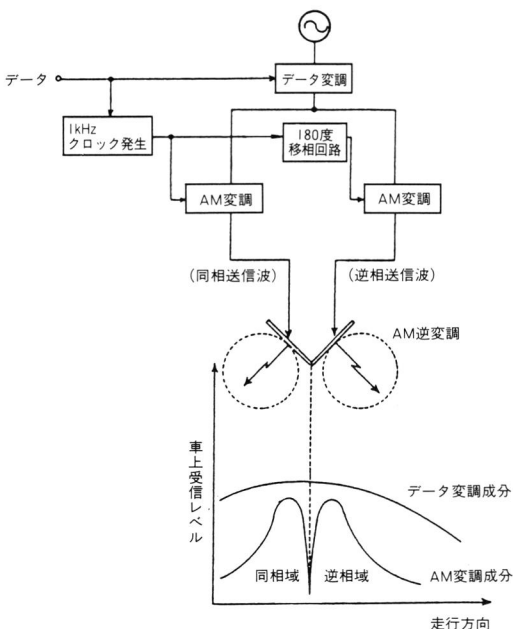


Fig. 4 ビーコンの変調方式

道路管理用以外の車両についても応用の枠が広がる。例えば、運輸会社が自社に所属する車両の動きをモニターするような応用システムが考えられる。ただし、後に述べるようにビーコンによる通信は局所的なものであるため、自動車電話のような連続的なサービスとは使い分けられるであろう。

2-2 ビーコン⁴⁾

RACSの機器構成において特徴的なものは通信の手段であるビーコンである。Fig. 3に示すように通信システムとしては一般的でない間欠極小ゾーンでの通信を行っている。これは、自動車は必ず道路上を動く、すなわち、面上ではなく線上の移動を行うため、スポット的なサービスでもかなりカバーするという道路交通の特質上考えられるシステムである。1970年代に試みられたシステムにおいても同様の通信システムが採用されている。道路標識と似たものであるため、ナビゲーション機能や情報提供機能に関しては、電子標識、電子可変情報板という言い方もできよう。

この方式の通信は連続して通信できないというデメリットがあり、電話のように直接対話をするといった使い方はできない。必然的にデジタル通信となり、もし音声を送信するとしてもデジタル化とパケット化したものになる。よって、通信内容は定常化、パターン化した情報が中心となる。

メリットとしては以下のようなものが挙げられる。

- 全国を一波（双方向の場合は二波）でカバーできるため、送受信機器は全国共通で、また多チャンネルを使うものより簡略化しうる。
- 通信は直接視認できる狭い範囲で行われるため、小電力で安定した通信ができる。よって通信の高速化、機器の小型化が容易である。
- 極端に近接した場合以外は他のビーコンとの干渉を考慮する必要がないため、ビーコンの設置は柔軟に行える。例えば、当初は疎に設置して一定の効果を果たし、その後間を補充し密にしてサービスレベルの向上を企るといった整備手法をとることができる。
- 非常に局所的な情報を提供しうる。例えば、前方の交差点やカーブの状況を提供するという使い方が考えられる。
- 車の位置確認を高精度で行うことができる。また、精度を向上させるためにFig. 4に示す特別の変調方式が工夫された。

ビーコンによる通信用の電波としては、CACSで

も使われた誘導無線方式による低周波（約250KHz）と準マイクロ波（約2.5GHz）を実験した結果、最終的に準マイクロ波を採用した。準マイクロ波には以下のような特徴がある。

- ・波長が短いため、アンテナを小さくでき、また、指向性の制御がより容易である。
- ・周波数が高いため、高速の通信が行いやすい。
- ・変調方式を工夫することによって（前述）、車両の位置確認をm単位の精度で行える。
- ・現在あまり利用されていない周波数領域であるが、既存の技術の延長で利用可能である。

Fig. 2 で示したようにビーコンの通信内容としてはナビゲーション用（位置ビーコン）、情報サービス用（情報ビーコン）、個別通信用（個別通信ビーコン）の情報があるが、これらに対応するビーコンは別々のものである必要はなく、情報ビーコンは位置ビーコンを、個別通信ビーコンは位置ビーコンと情報ビーコンを兼ねることができる。この共用性はシステムの段階的発展の上で有利である。Fig. 5 はビーコンのアンテナを照明柱に設置した例である。

2-3 デジタル道路地図⁴⁾

ナビゲーションのためには先に述べたようにデジタル道路地図が必要であり、それは統一した基準で全国を網羅している必要がある。デジタル道路地図を作成するにあたっては既存の地図を用いるが、現在日本全体を同一基準で整備している地図は国土地理院により発行されている1/25,000、1/50,000等の地図のみであるため、それらを基にデジタル道路地図を作成し、その適用性の検討を行った。ただし、大都市中心部においては、1/10,000の地図が整備されている地域もあり、その部分は一部利用した。また、道路の種別、車線数等については道路管理者の協力を得てデータの収集とチェックを行った。

地図のデジタル化については既に国土地理院において国土数値情報の作成がなされているため、座標系についてはそれに従った。まず、総務庁告示で定められている「標準地域メッシュコード大系」に従って、1次メッシュ、2次メッシュを定める。2次メッシュは大略1/25,000の地図に対応している。2次メッシュの中においては南西すみを「0, 0」、北東すみを「1, 1」とする正規化座標をとり、それによって図中の各点の位置を示す。

道路はノードとリンクによって表され、道路の各属性（道路種別、車線数、交差点での結合状態等）はリンク属性、ノード属性としてデータ化される。

利用の便を考え、道路データは基本道路データと全道路データにわけた。基本道路は原則として都道府県道路以上もしくは2車線以上の道路である。全道路は車の通行可能なすべての道路とし、属性データは基本道路よりも簡略化する。これら2種の道路のノード、リンクの番号体系は関連性をもたせてある。

道路以外の背景としては、河川、湖沼、海岸、行政界、鉄道、施設、地名をデータ化する。1988年より始まった（財）日本デジタル道路地図協会によるデジタル道路地図の作成にあたっては、RACSの開発中に検討されたこの標準案を基本としている。

2-4 車載装置⁴⁾

システムの設計上では道路側の中央処理装置やビーコンが大きな部分を占めるが、最終ユーザーである運転者や同乗者の目に直接触れるのは車載の情報提供装置であり、ユーザーに受け入れられるかどうかについてはこの部分の及ぼす影響は大きい。また、この部分は最終ユーザーの直接の負担となるため、価格も普及に大きな影響を及ぼす。

後に述べる実験時に開発された各種の情報提供の例を以下に示す。Fig. 6 はナビゲーション用の表示の例で、デジタル道路地図をもとに作成された地図表示上に車両の現在位置を示した例である（中央の



Fig. 5 ビーコンの設置状況（アンテナ部）



Fig. 6 地図表示例

矢印が現在位置と方向)。また、目的地までの方向と距離が上部に示されている。Fig. 7はデジタル道路地図中に含まれる距離データをもとに目的地までの最短経路を探索して表示したものである。Fig. 8はビーコンから送られた交差点の方向案内データを表示したものである。ビーコンからのデータは現在の案内標識の情報より多くすることが可能であり、車内で状況に応じて適切な部分のみを選択することが



Fig. 7 経路検索表示例

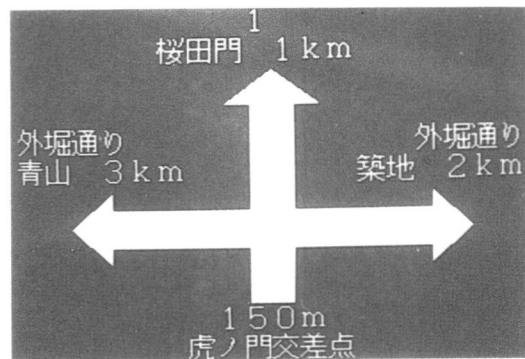


Fig. 8 道路案内標識表示例

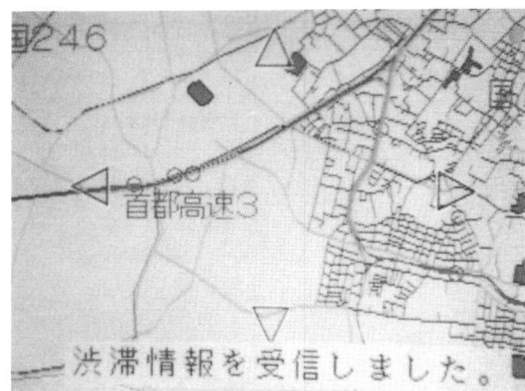


Fig. 9 渋滞情報表示例

できる。この方式は車載装置にデジタル道路地図を備える必要がなく、安価なものが可能である。Fig. 9は首都高速道路公団の管制センターよりの渋滞情報を表示したものであり、ビーコンからリアルタイムの渋滞情報を入手している。渋滞情報を放送や可変情報板より音声や文字で得た場合には慣れた場所でないとなかなか理解しにくい、このように地図で示されるとわかり易い。Fig.10は駐車場情報を表示したもので、最近各地で整備されている駐車場情報システムを結合すれば、このような表示が可能である。渋滞情報と同様に図による表示はわかり易い。

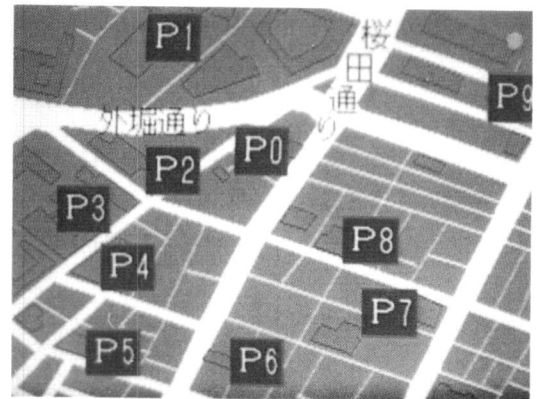


Fig. 10 駐車場案内地図表示例

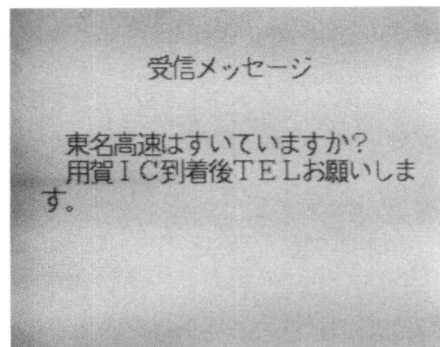


Fig. 11 受信メッセージ表示例

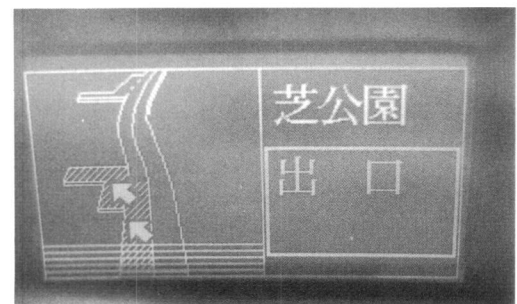


Fig. 12 交差点進行指示表示例

各駐車場のデータを細かく出すことも可能であり、路側の案内板に比べるとより高度の情報サービスが行える。Fig. 11は個別通信サービスの一例であり、事業所よりのメッセージを表示している。

今回の実験では提供装置は以上のようにほとんどCRT表示となったが、一部Fig. 12に示すように運転者が常に視線を向けているフロントガラスに画像を映写する方式も試みられた。今後は、音声による提供も検討の対象となろう。信号による停止の多い地域での走行や同乗者のいる場合にはCRT装置による細かな表示も十分に有効であろうが、CRT表示をゆっくり見る余裕のない場合のことも考えると情報提供方法の多様性の追求が必要であろう。

2-5 実験の経過

第1回の実験は、1987年3月に行われ、Fig. 13に示す地域においてデジタル道路地図と位置ビーコンを用意してナビゲーション機能の確認がなされ、位置ビーコンの有効性が確認された。また、車載装置の表示方法の検討がなされた⁵⁾。

第2回の実験は1988年4月に行われ、同地域で一部（首都高速道路入路）に情報ビーコンを追加し、渋滞情報等を提供した。車載装置も地図の表示の改良に加え、動的情報の表示の工夫を行った³⁾。

第3回（最終）の実験は、1989年10月に行われ、Fig. 14に示した経路上で個別通信サービスも加え、コンセプトで提案されたすべての機能の確認を行った。双方向通信の方式の検討、また、それを利用した旅行時間計測システム等の実験がなされた^{3,6)}。

これらの路上実験の間にビーコンの通信実験も行われ、電界分布と通信品質の検討がなされた。

以上の実験を通じて、車載装置やビーコンの改良がなされ、研究段階は終了した。

3. 今後の展望

3-1 実用化の展望

先に述べたようにRACSの構成要素の中にあるデジタル道路地図については、(財)日本デジタル道路地図協会によって全国をカバーするものが供給され始めている。また、ビ

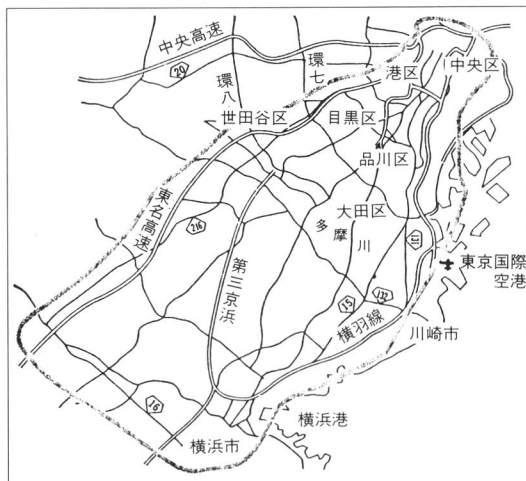


Fig. 13 第1回、第2回の実験エリア

ーコンについては研究段階が終了し、1991年5月現在、実務者である道路管理者の手により実用化のための実験が行われており、本年度内に大規模な実用化実験への拡張が計画されている。大規模な実用化実験では、東京、名古屋、大阪の高速道路の一部および一般道路における主要交差点に約900基のビーコンを設置し、具体的な情報提供が行われる。提供される情報は主として現在位置情報や道路案内情報等の静的情報が中心となるが、高速道路では渋滞情報等の動的情報も提供する実験を行う予定である。これらの成果を踏まえて、本格的にビーコンの全国的な設置が行われていく。ただし、当面は片方向通信

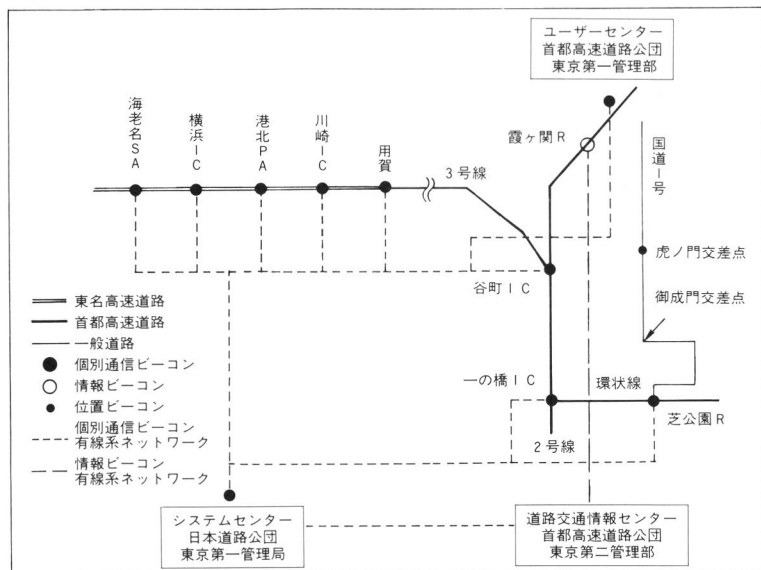


Fig. 14 第3回の実験エリア

による自動車への情報提供に限られ、位置ビーコン、情報ビーコンとしての機能を有するビーコンの設置が先行することとなる。

路車間の情報提供に関しては、RACSのほか警察庁により開発されてきた新自動車交通情報通信システム (AMTICS) や既に供用されている路側放送システム等が考えられる。今後路車間の情報提供を総合的に考えていくために、建設省、郵政省、警察庁の3省庁でVICS連絡協議会が1990年3月に設けられ、通信機器や通信方式等に関連したシステム導入の促進のための連絡・総合調整がなされている。VICSの役割は従来建設省、警察庁の各々が収集・提供していた情報を互いに交換し、最も効果的な通信メディアを利用してドライバーにとってより有効な情報を提供することと位置付けられる。よって、RACSもVICSの構想の中で実用化されていくこととなろう。

3-2 研究開発の展望

路車間通信は経路誘導や渋滞情報の提供のみにとどまらず、より広範囲の活用が可能である。RACSの開発に携わったグループによりその活用についての研究開発が始められている次世代道路交通システムと呼ばれるこの研究開発は、単にRACSという通信メディアを利用したシステム開発にとどまらず、今後来たるべき社会のニーズに沿った道路交通システムのあり方を道路と自動車を一体のシステムとして追及しようとするものである。

次世代道路交通システムの目標とすべきキーワードとしては、輸送効率の向上、安全性の向上、運転操作の軽減の3点が挙げられている。それぞれに対応するシステムとして、例えば次のようなシステムが考えられる。

①自動車料金徴収システム

料金所に設置されたビーコンを通して自動車の走行区間を判定し、料金の引落を行い、料金所での渋滞緩和、料金所の無人化による人件費の節減等を可能とするシステム。

②視線誘導システム

濃霧などの視界不良時や複雑な道路構造に起因する交通事故の多発区間等において、ドライバーに道

路線形をビジュアルに提供することにより、ドライバーの視線を誘導し、安全性の向上と運転の容易化を図るシステム。

③車間・側方コントロールシステム

車両運転制御に関する情報を提供することにより、車両の側方余裕や前後車両との車間間隔をコントロールし、車両の運転操作の一部又は全部を車両自体が行うシステム。

以上のようなシステムを実現するには様々な技術的課題を解決する必要がある。特にインフラ側における通信方式はシステムの根幹をなすものであり、システムの目的に適合した方式を採用し、研究開発を進めていくことが肝要である。例えば、ビーコンのようなスポット通信方式のほかに、連続通信を可能とする通信媒体である漏洩同軸ケーブルの利用も必要である。

今後自動車の情報化、自動化に対する社会的な要請が一層進んでいくものと考えられるが、RACSをはじめとする道路と自動車が一体となったシステムがこうした要請に応えるべく発展していくことに期待する次第である。

参考文献

- 1) 柴田正雄「路車間情報システムについて」『道路』535号、1985年9月
- 2) 柴田正雄、上田敏「路車間情報システムの開発に関する研究」『土木技術資料』29-2、1987年2月
- 3) 路車間情報システム研究会「路車間情報システム (RACS)」『道路』587号、1990年1月
- 4) 建設省『官民連帯共同研究/路車間情報システムの開発報告書』1990年3月
- 5) 柴田正雄、高田邦彦、上田敏、今長信浩「路車間情報システムの開発に関する実験と考察」『土木技術資料』29-10、1987年10月
- 6) 高田邦彦「路車間情報システムの開発と総合実験の概要」『システム/制御/情報』第33巻、第7号、1989年7月
- 7) 松村哲男「路車間情報システムの開発と展望」『土木技術資料』32-10、1990年10月