

# 自動車総合管制システムの開発

## Development of the Comprehensive Automobile Traffic Control System

自動車総合管制システムは交通渋滞の緩和などを目的とし、昭和48年から6年間の歳月をかけ、通商産業省の大型プロジェクトの一環として開発されたシステムである。

この論文では本システムの概要を紹介するとともに、本プロジェクトの中で日立製作所が開発した最適経路探索用専用シミュレータ及び経路誘導用路上機について述べる。更に、本システムを基盤にした道路交通の将来展望についても触れる。

石崎政幸\* Masayuki Ishizaki  
井原廣一\*\* Hirokazu Ihara  
白石久敬\*\*\* Hisayoshi Shiraiishi  
古村文伸\*\* Fuminobu Komura  
小渕 要\*\*\*\* Kaname Obuchi  
羽賀重弥\*\*\*\* Shigeya Haga

### 1 緒 言

近年、世界各国で自動車交通の情報化システムの実験が行なわれており、その代表的システムとしてERGS (Experimental Route Guidance System)<sup>1)</sup>, ALI (Autofahrer Leit und Information System)<sup>2)</sup>が挙げられる。ERGSはアメリカ運輸省が1967年から1970年まで研究開発した静的経路誘導システムで、自動車総合管制システム(以下、自総管システムと呼ぶ。)の原形ともいべきシステムである。また、ALIは西ドイツの高速道路(アウトバーン)を対象にした経路誘導システムであり、フォルクスワーゲン社などが1979年から実験を行なっている。

一方、我が国では通商産業省工業技術院が大型プロジェクトの一つとして、自総管システムを取り上げ、昭和48年から開発に着手した。その間、警察庁科学警察研究所と工業技術院機械技術研究所の指導のもとに民間企業10社が参加して開発が進められた。自総管システムの目的は交通渋滞、交通事故、大気汚染などの自動車交通に対する社会問題の解決にあり、自動車と地上間の情報システム化により自動車交通全般の改良を図ろうとするものである。自総管システムは交通状況の変化に応じて周期的に最適経路を変える動的経路誘導システムという点でERGSを、高速道路に加えて一般道路を対象とする点でALIをしのご、世界で最も進んだ道路交通システムである。

自総管システムは昭和48年度から50年度にかけて基本的なシステム設計、機器試作を完了し、引き続きパイロット機の製作、施設工事を進め、昭和52年10月から約1年間、東京都西南部の実道路上でパイロット実験を行ない、システムの有効性を検証した<sup>3)</sup>。

## 2 自動車総合管制システム

### 2.1 システムの全体構成

自総管システムは次の五つのサブシステムから構成される。

#### (1) 経路誘導サブシステム

出発前の車載機への目的地コード入力によって、主要交差点到達ごとにその時点の交通状況に対応した目的地までの最短経路を示す右折、左折、直進などの指令が車載機に表示される。

#### (2) 走行情報サブシステム

一時停止、速度制限などの走行情報を車載機に表示する。

#### (3) 緊急情報サブシステム

災害、大気汚染の発生などによる緊急交通規制内容を漏洩同軸ケーブルから車載ラジオに伝達する。

#### (4) 公共車優先サブシステム

救急車、パトロールカーなどの緊急自動車は交差点を優先的に通過する優先信号制御を行なう。

#### (5) 可変情報サブシステム

一般車両用に主要交差点までの混雑状況や推奨経路を路側の標識板に表示する。

### 2.2 経路誘導サブシステム

前述の五つのサブシステムの中では、経路誘導サブシステムが自総管システム技術の中核をなすものである。経路誘導サブシステムの概念図及び機器構成図を図1、2に示す。日立製作所は図2に示す専用シミュレータ及び路上機の開発を担当した。

経路誘導サブシステムは時々刻々変化する交通状況を実験車と路上機間の交信データから把握し、更に1時間先までの

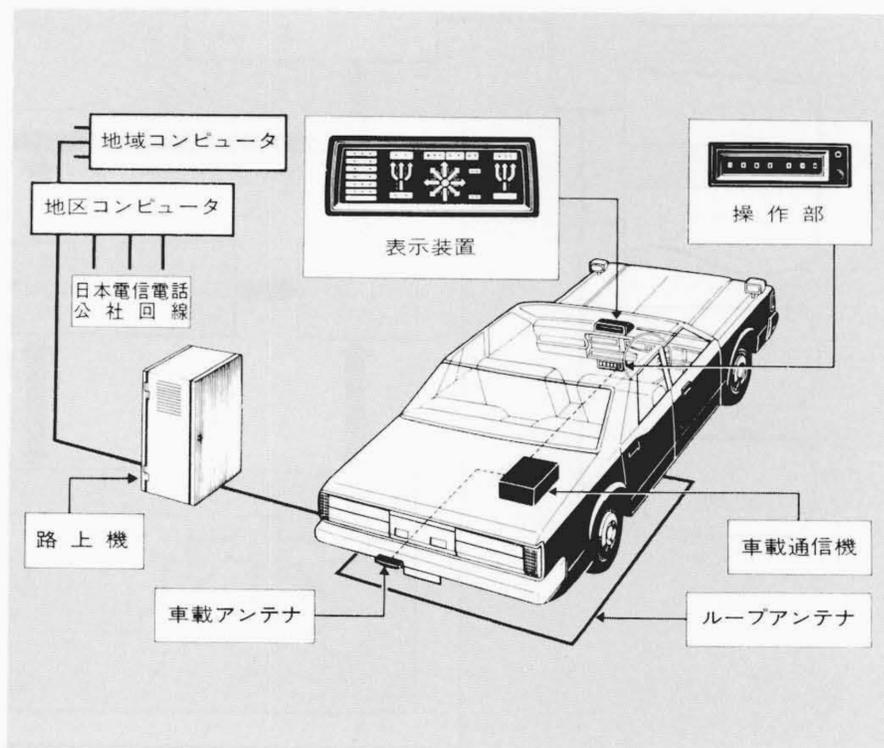


図1 経路誘導サブシステム概念図 車載機と路上機は、車載アンテナがループアンテナ上にある間だけ交信できる。

\* 日立製作所システム事業部 \*\* 日立製作所システム開発研究所 \*\*\* 日立製作所大みか工場 \*\*\*\* 日立エンジニアリング株式会社

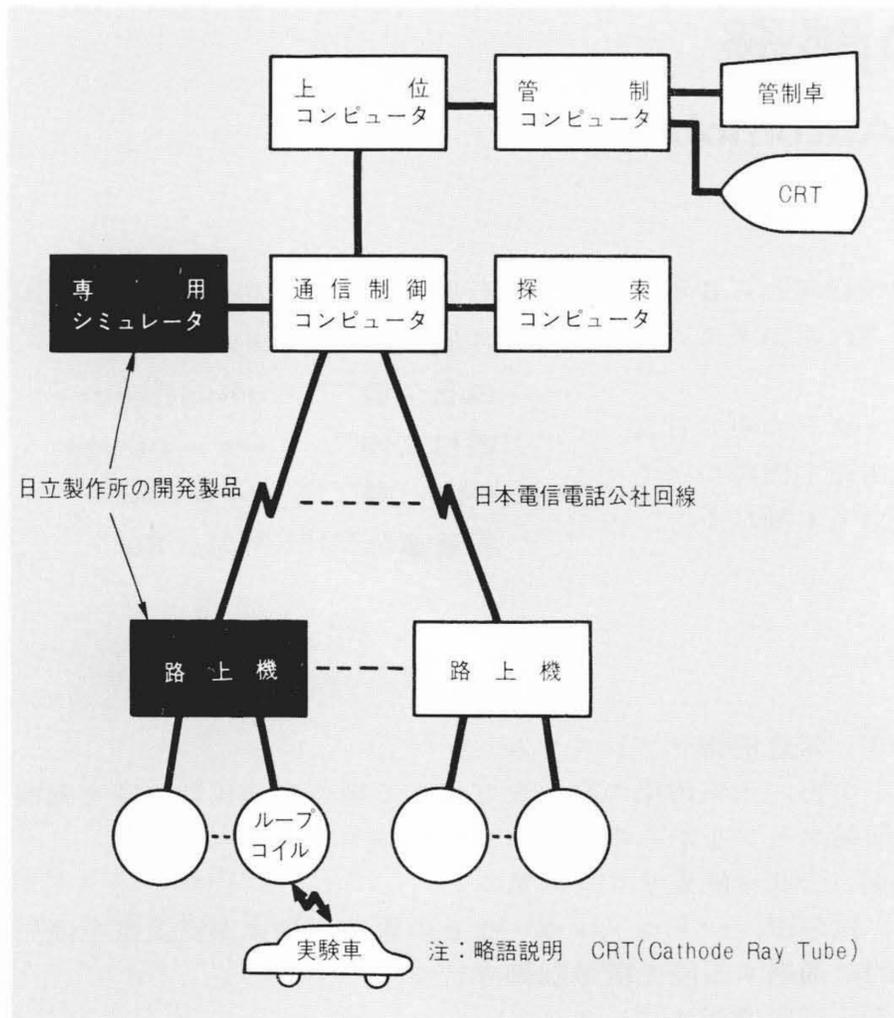


図2 経路誘導システムの機器構成図 専用シミュレータで作成したガイドテーブルは、通信制御コンピュータ及び日本電信電話公社回線を介して路上機に送られる。

交通流予測を行なう。更に、交通流予測結果をもとに専用シミュレータ(あるいは探索コンピュータ)により最適経路を探索し、この結果をガイドテーブルとして集約し、路上機に伝送する。路上機は個々の自動車の目的地に応じてガイドテーブルを検索し、右折、左折、直進の方向指示を車載機に返送し、車載機はこれを表示する。

### 3 専用シミュレータ

#### 3.1 機能

専用シミュレータは経路誘導サブシステムで、交通混雑状況及び通行規制の変化に適應した各車の最適誘導経路を高速に求めるための専用処理装置である。上位系からの指令に従い、次の一連の処理を周期的(15分ごと)に行なう。その結果、各路上機のガイドテーブルが更新される。

##### (1) 交通流の予測

道路網内の各道路区間の走行所要時間(アークコストという。)の60分先までの将来値をカルマンフィルタを用いて予測する。

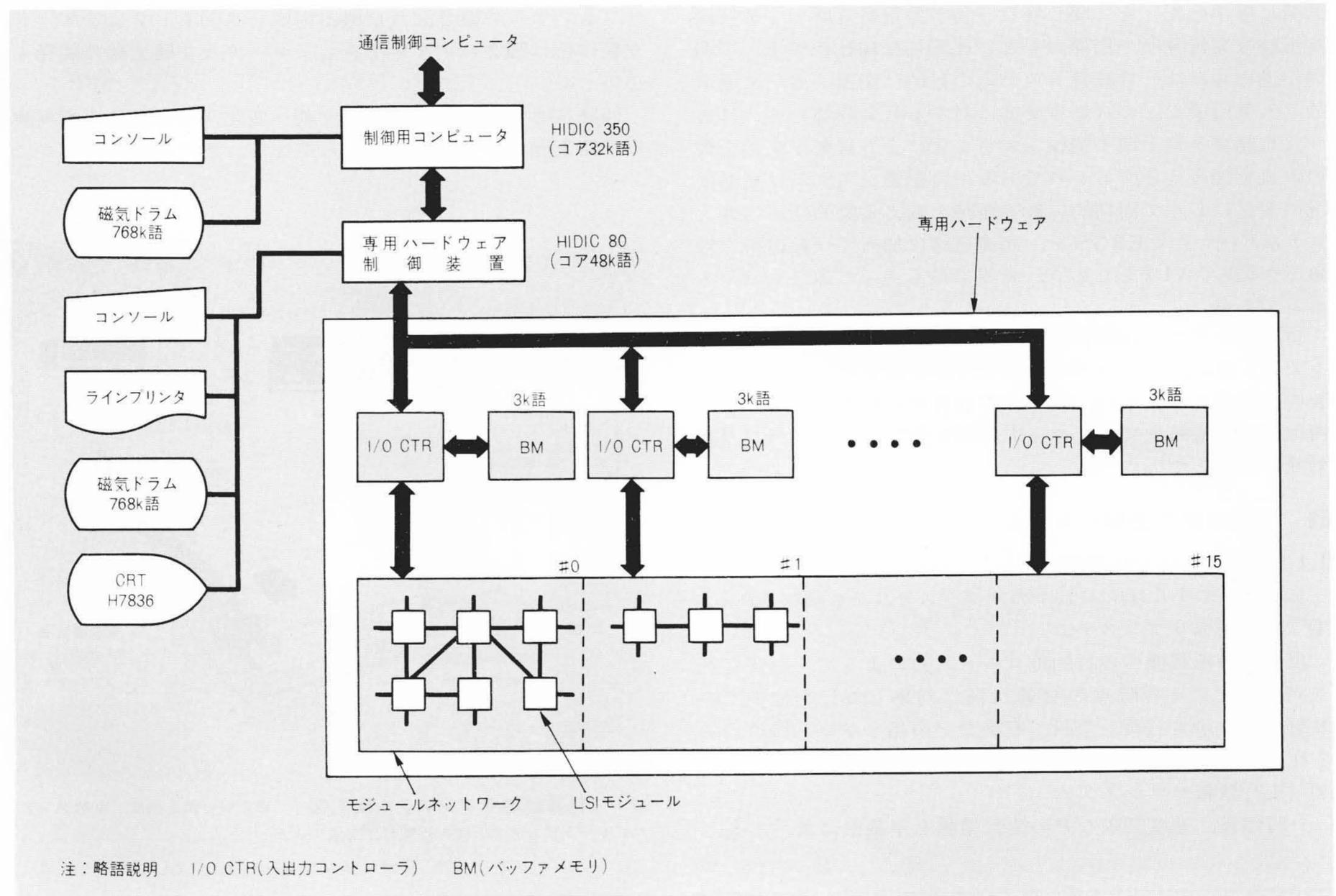
##### (2) 最適経路の探索

上記アークコストと通行規制に従い、道路網内のすべての出発地点と目的地の組合せについて最適経路(すなわち、最短時間経路)を探索する。

##### (3) ガイドテーブルの作成

各出発交差点ごとに、上記探索結果(約20kバイト)を編集し約4kバイトのガイドテーブルを作り、これを路上機に送る。

専用シミュレータの仕様を表1に示す。



注：略語説明 I/O CTR(入出力コントローラ) BM(バッファメモリ)

図3 専用シミュレータの構成 専用シミュレータは、制御用コンピュータ、専用ハードウェア制御装置及び専用ハードウェアから構成される。

表1 専用シミュレータの仕様 専用シミュレータは1周期(15分)内に十分処理できる能力をもつ。

No.	大項目	小項目	仕様
1	対象道路ネットワーク	地点数	最大960地点
		アーク数	最大5,120
		交差点数	最大100交差点
2	情報処理能力(15分/周期)	交通流予測	60分後まで予測可能
		ガイドテーブル作成	最大100交差点
3	処理時間	上位系からのデータ受信	20秒/周期
		交通流予測	20秒/周期
		最適経路探索及びガイドテーブル作成	5.5秒/交差点
4	記憶容量	ログエリア	100k語/日

3.2 構成

図3に示すように、専用シミュレータは最適経路の探索を高速に行なう専用ハードウェア、専用ハードウェア制御装置(HIDIC 80)及び制御用コンピュータ(HIDIC 350)から構成されている。外観を図4に示す。上述の機能のうち、交通流の予測とガイドテーブルの作成は、制御用コンピュータのソフトウェアにより処理する<sup>4),5)</sup>。

3.3 専用ハードウェア

探索コンピュータによる最適経路の探索は、ラベリング法という手法に基づいて行なわれるが、この手法ではネットワーク内の地点数が増すと演算量が急速に増大する(一出発地点当たりの処理時間は地点数の1.5乗に比例する)。このため、対象道路網が大きくなると、オンラインの最適経路探索処理が困難になることがある。

日立製作所はこの問題点を克服するため、専用ハードウェア

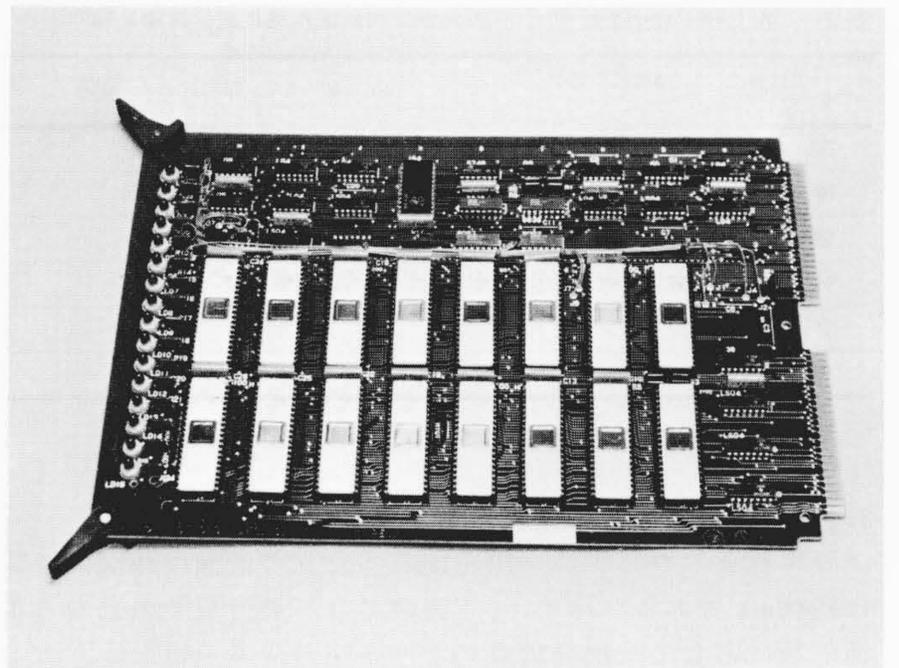


図5 専用ハードウェア用プラグインの外観 4交差点(4差路)分を内蔵する。白く見えるパッケージは、特製のLSIである。

を開発した<sup>6)</sup>。専用ハードウェアの原理は道路網上の自動車の移動をデジタル回路網上のパルスの伝搬で相似させて最短経路を求める点にある。回路の簡単化のため、基本要素回路をLSI化し、道路網と相似にLSI回路網(モジュールネットワーク)を構成した。専用ハードウェアの一出発地点当たりの処理時間は、地点数の0.5乗に比例する程度である。このため、地点数が多くなると専用ハードウェアによる経路探索時間は探索コンピュータによるそれに比べて著しく短くなる。

実際の装置は専用LSI 16個を実装したプラグイン(図5)80枚を用いて東京都内23区の1,500地点から成る道路網を模擬する専用ハードウェアを開発し、パイロット実験に適用した。専用シミュレータによる最適経路探索結果のCRT(Cathode Ray Tube)表示例を図6に示す。



図4 専用シミュレータの外観 センタに設置した状態を示す。

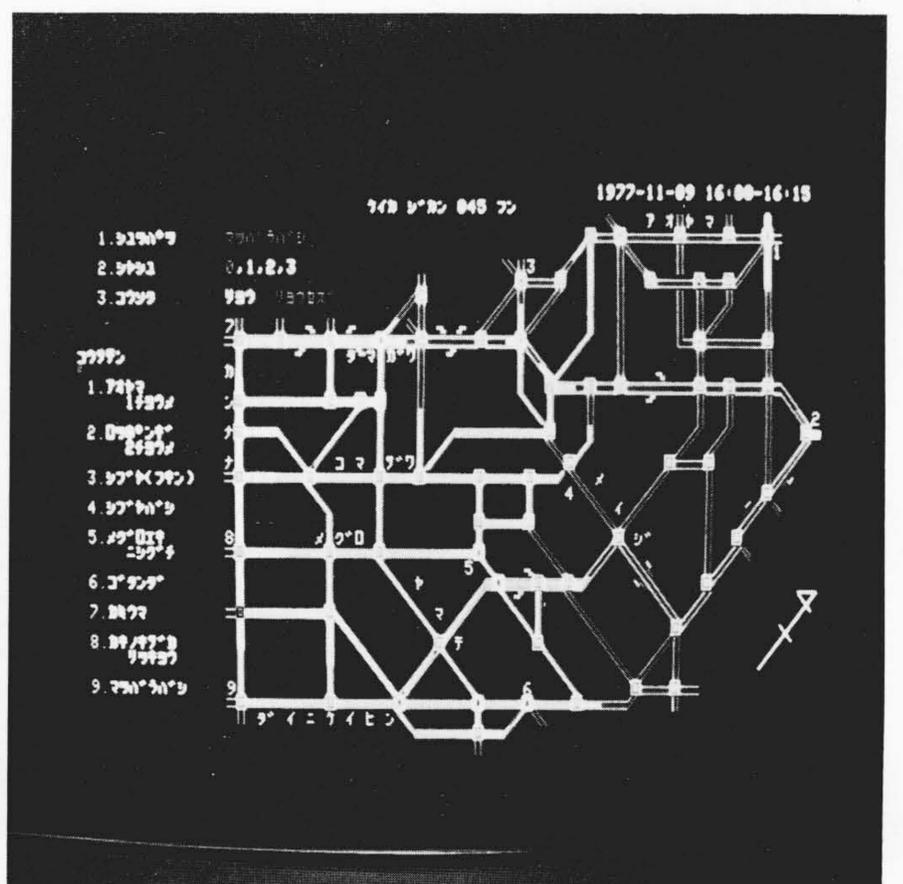


図6 最適経路探索結果の表示 パイロット実験エリア内の主要経路の最適経路探索結果をCRTに表示する。

表2 路上機の仕様比較 改良機は機能試作機に比べ容積比36%と小形化し、かつファンをなくした。

製作年度	昭和49年	昭和50年	昭和52年
製作目的	機能試作機	パイロット機	実用化への改良機
筐体寸法(mm)	高さ1,200×幅500×奥行450	高さ900×幅450×奥行350	高さ700×幅400×奥行350
容積比	1	0.56	0.36
放熱方式	内部強制空冷	熱交換器	自然空冷
ファン	あり	あり	なし
構造	密閉	密閉	密閉

### 3.4 処理速度の評価

専用ハードウェアの一出発地点当たりの最適経路探索時間は約46msである。パイロット実験では、通行規制の異なる車種の数に応じて一出発地点当たり8回の探索を行なう。ガイドテーブル作成と最適経路探索は並列同時に処理されるので、全体の処理速度はガイドテーブル作成処理で支配される。実験エリアの86交差点分の処理時間(表1に示す上位系からのデータ受信、交通流予測及びガイドテーブル作成の処理時間の和)は計8.4分であり、1周期15分に対し十分な余裕をもつことが確認できた。

## 4 路上機

路上機は経路誘導サブシステムのセンタと車載機の間位置し、交差点の近傍の道路上に設置される装置であり、車載機からの目的地コードをもとにガイドテーブルを検索して、行先コードを出力する機能をもつ。システム仕様から路上機に要求される性能は次に述べるとおりであり、高い応答性が要求される。

- (1) 地面に埋設されたループアンテナ上を時速100kmで通過する車両と交信できること。
- (2) 時速60kmでループアンテナ上を同時に通過する16台の車

表3 路上機(改良機)の仕様 路上機は、道路上に設置するのに十分な耐環境性をもっている。

分類	項目	仕様
基本処理部	CPU数	2
	記憶容量	ROM 12kバイト, RAM 12kバイト
	割込	4レベル
対上位通信制御部	通信方式	4線式半二重
	回線数	1回線
	通信速度	1,200bps
	エラー検出方式	CRCチェック
対車通信制御部	通信方式	2線式半二重(一部全二重)
	回線数	10回線
	通信速度	4,800bps
	エラー検出方式	垂直パリティチェック
筐体	寸法	高さ700×幅400×奥行350(mm)
	温度	-20~+60°C
環境条件	振動	5~20Hz, 2mm, 通電
	降雨	900mm/h, 1時間

注:略語説明 ROM (Read Only Memory)  
RAM (Random Access Memory)  
CRC (Cyclic Redundancy Check)

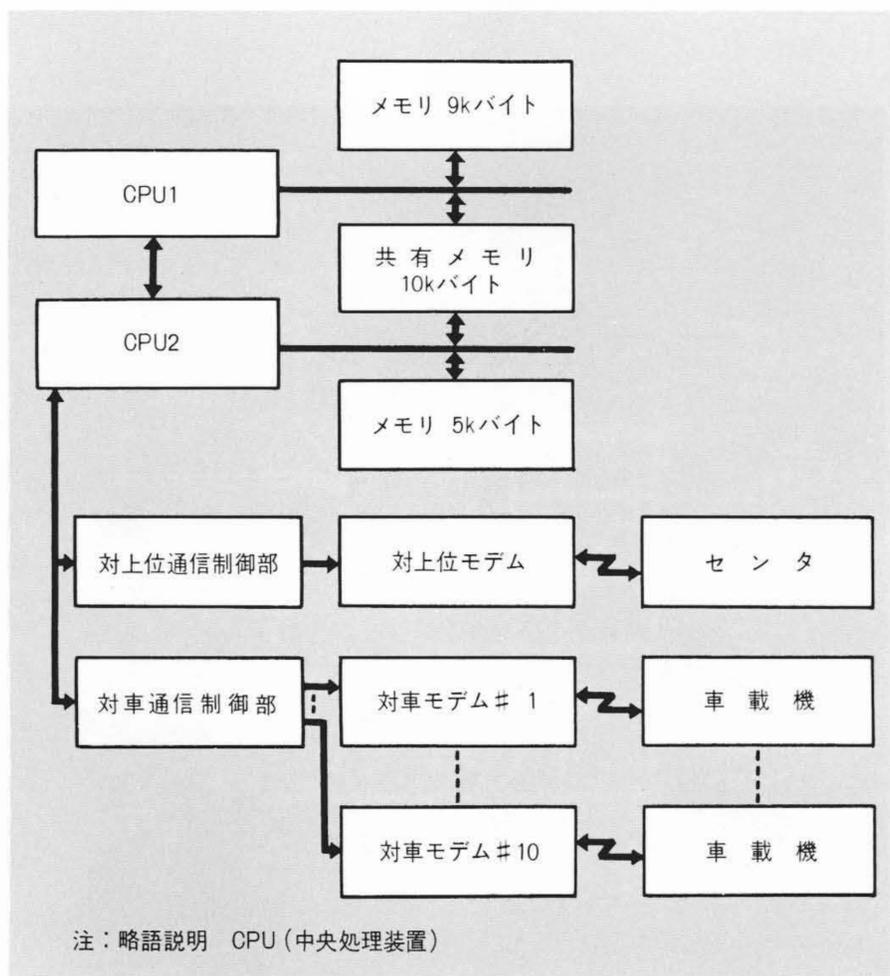


図7 路上機のハードウェア構成図 路上機は2台のマイクロコンピュータ(CPU1, CPU2)から構成される。

両と交信できること。

これらの要求性能を満足するため、次の方針のもとに路上機を開発した。

- (1) 将来性のあるマイクロコンピュータを採用し、小形化、経済性、高信頼度化を図る。
- (2) 道路上に設置するのに十分な耐環境性(温度、湿度、振動、降雨など)をもたせる。
- (3) 処理部と通信部の一体化を図り、取扱い及び工事の容易性を図る。

これらの方針のもとに、機能試作、プロトタイプ機の試作を経て、パイロット機27台を製作した。パイロット機の製作に際しての最大の苦心は、環境条件のうちの周囲温度60°Cの達成にあり、種々の放熱方式を比較検討した結果、ラジエータ放熱方式を採用してこの問題を克服した。パイロット機の運用開始後、筐体の小形化、ファンレス化が要請され、電子回路の低消費電力化及び放熱回路の工夫を凝らした改良機を試作した。機能試作機、パイロット機及び改良機の仕様比較を表2に、改良機の仕様を表3に示す。パイロット機の仕様は筐体寸法を除いては改良機の仕様と同一である。

図7の路上機の構成図に示すように、マイクロコンピュータ2台(CPU1, CPU2)のメモリ共有方式による機能分担

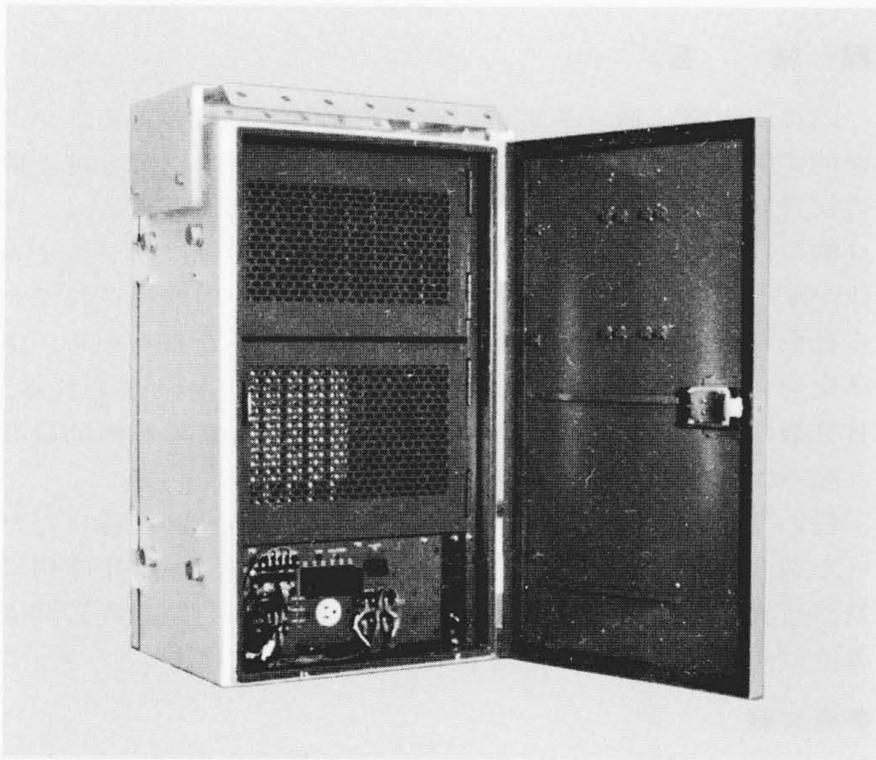


図8 路上機(改良機)の外観 放熱(伝導, 輻射)に工夫を凝らし, 自然空冷で-20~+60°Cを達成した。

並列処理を採用し, 処理の高速化を図っている点に特長がある。すなわち, CPU 1はガイドテーブルの検索, 指令の解釈処理を行ない, CPU 2は車載機及びセンタとの通信制御処理を行なう。

路上機の外観を図8に示す。

## 5 パイロット実験

### 5.1 パイロット実験の目的

パイロット実験は昭和52年10月から昭和53年9月までの1年間行なわれたが, その目的は次に述べるとおりである。

- (1) 開発された技術の実都市環境下での有効性の検証
- (2) 実用化システムの最適設計に必要な交通情報の収集
- (3) システムの社会への紹介とこれに対する意見調査

### 5.2 パイロット実験の規模

- (1) パイロット実験エリア: 東京都西南部の約30km<sup>2</sup>(図9)

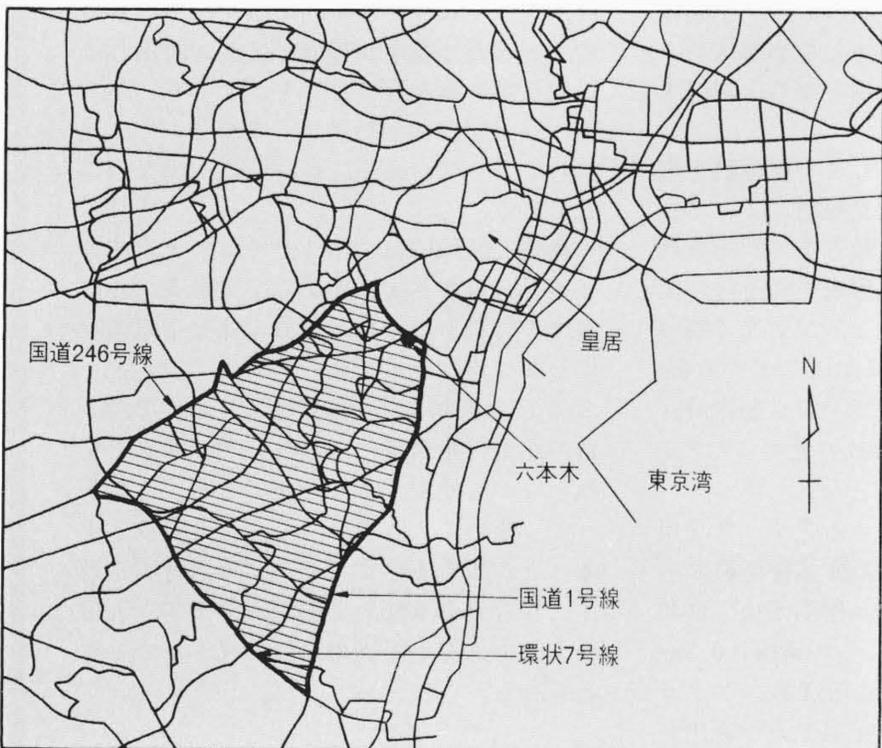


図9 パイロット実験エリア 東京都西南部の約30km<sup>2</sup>の地域でパイロット実験を行なった。

- (2) 誘導道路総延長: 約100km(首都高速道路約15kmを含む。)
- (3) 誘導交差点数: 86(首都高速道路分岐点15箇所を含む。)
- (4) 実験車台数: 総計1,330台

### 5.3 パイロット実験

パイロット実験は, 日立製作所ほか民間企業10社によって構成された自動車総合管制技術研究組合を中心として実施された。約40項目の各種実験を行なったが, その中心をなすものは径路誘導実験であり, この種の実験としては世界最大規模のものであった。径路誘導実験の目的は, 与えられた出発地点から通常の方法で走行する車両(自由走行車)と, 本システムの誘導に従って走行する車両(誘導車)とを同時に出発させ, 目的地までの旅行時間の比率によってシステムの有効性を検証する点にある。

交通状況の変化, 信号待ちなどの不確定要素を排除し, 統計的に有意なデータを得るため, 出発地点と目的地及びドライバーの運転レベル(プロフェッショナル, セミプロフェッショナル, アマチュア)の組合せに対して各々数十組の実験車を走行させた。この大規模な実験を特別誘導実験と呼び, 約200台の実験車を動員し, 計7回実施した。

特別誘導実験結果の一例を表4に示す。誘導車は135勝26敗と好成績であり, 旅行時間を平均11%短縮でき, 本システムの有効性を実証することができた。なお, 同表中の旅行時間平均短縮率は, 次式で定義される。

旅行時間平均短縮率=

$$\frac{\text{自由走行車平均旅行時間} - \text{誘導車平均旅行時間}}{\text{自由走行車平均旅行時間}}$$

1年間のパイロット実験では, システムの信頼性データを

表4 特別実験の結果 径路誘導に従うと, 旅行時間は平均11%短縮できた。

起 終 点	自 由 走 行 車		径 路 誘 導 車		
	運 転 区 分	平 均 旅行時間 (s)	勝	敗	時 間 短 縮 率 (%)
六 本 木 ↓ 柿 ノ 木 坂	一般ドライバー	2,065	30	4	10.8
	プロドライバー	1,811	8	4	
上 馬 ↓ 白 金 2 丁 目	一般ドライバー	1,872	26	5	9.3
	プロドライバー	1,743	9	3	
上 馬 ↓ 天 現 寺	一般ドライバー	1,528	25	1	15.6
	プロドライバー	1,354	8	4	
大 崎 広 小 路 ↓ 上 馬	一般ドライバー	1,503	22	2	9.4
	プロドライバー	1,394	7	3	
合 計		—	135	26	11.0

表5 径路誘導サブシステムの信頼性データ 実験システムとしては満足すべき結果を得た。

分 類	項 目	結 果
専 用 シ ミ ュ レ ー タ	M T B F	585時間
	稼 動 率	99.96%
路 上 機	M T B F	11,000時間
	稼 動 率	99.2%*

注: \* 通信回線などの故障も含む。

MTBF (平均故障間隔)

多数得た。集約結果を表5に示す。この中では、専用シミュレータの稼働率99.96%は特筆に値する。

## 6 将来の展望

自総管システムの研究開発の成果は、都市自動車交通の諸問題を解決する一つの手段として広く関係者の注目を集め、この成果を普及促進するために、昭和54年9月通商産業省所管の財団法人自動車走行電子技術協会が設立された。更に、パイロット実験施設は、建設省と警察庁の交通管制技術の高度化研究のために両省庁に移管された。

自総管システムの主要な開発技術である対車デジタル通信技術は、次に挙げるシステムに適宜適用されるものと考えられる。

### (1) 旅行時間計測システム

特定車両に車載機を装着して、任意の地点間の旅行時間を実測することにより、道路の混雑状況を正確に把握することができる。これにより交通信号の制御や交通情報サービスの質的向上が期待される。

### (2) バスロケーションシステム

バスに車載機を装着して、バスの運行状況を正確に把握することにより、バスの接近表示、運行管理などを行なう。

### (3) タクシーロケーションシステム

タクシーの運行状況を把握することにより、むだな空車走行を減らし、省エネルギーと高乗車効率が期待される。

### (4) その他のシステム

構内運搬車の運用管理システム、パトロールカーロケーションシステム、可変情報案内板システムなど多くの利用が考えられている。

## 7 結 言

既存の道路交通システムが自動車を群としてとらえ、マクロ的に制御してきたのに対し、自総管システムは車と地上間の双方向デジタル伝送により自動車を個別にとらえ、ミクロ的に制御する点に特徴があり、道路交通の一段のシステム化が期待できる。都市内での新道路の建設が困難視されている社会情勢の中で、道路資源の有効活用という観点から、道路交通分野でも更に新しいニーズが出てくるものと思われる。日立製作所は、このようなニーズに対しても常に積極的に取り組み、解決していきたいと考えている。

終わりに、自総管システムの研究開発で種々御指導いただいた通商産業省工業技術院、同機械技術研究所、警察庁科学警察研究所及び財団法人自動車総合管制技術研究組合の関係各位に対し深く感謝の意を表わす次第である。

### 参考文献

- 1) General Motors: An Experimental Route Guidance System (ERGS), PB 197,090 (1968)
- 2) P. Brägas: Field Testing of a Route Guidance and Information System for Drivers (ALI), International Symp. on Traffic and Transportation Technology, IVA-1979
- 3) 通産省工業技術院: 自動車総合管制技術の研究開発 (昭55)
- 4) 古村, 外: 径路誘導制御のための道路網交通流予測手法 (第2報), 電気学会全国大会 (昭52-8)
- 5) 古村, 外: 道路網交通流専用シミュレータシステムの高速化と性能評価, 電気学会全国大会 (昭54-4)
- 6) 奈良, 外: デジタルモジュールによる相同相似形計算機, 電気学会論文誌51-C 21 (昭51-8)

## 論文抄録

# 光ディスク

日立製作所 寺尾元康・重松和男・他1名  
テレビジョン学会誌 33-9, 688 (昭54-9)

大容量のファイルメモリとしての、記録・再生可能な光ディスクの研究開発が世界各国で行なわれている。この種の光ディスクの特長は、(1)非接触で記録・再生でき、塵埃などの影響を受けにくいこと。(2)保存寿命が非常に長いこと。(3)高速ランダムアクセスができること。(4)ビット当たりのコストが低いことなどである。磁気ディスクの高密度化も急速に進んでいるが、光ディスクが、ディスクの半径方向と円周方向に、いずれも $1.5\mu\text{m}$ 程度のピッチで記録可能であるのに対して、磁気ディスクでは半径方向に高密度化するのが困難で、現在の二桁に近い光ディスクとの差を縮めるには、まだ時間がかかる。

光ディスクファイルメモリでは、記録・再生用レーザとして半導体レーザを用いると、次に述べるような多くの利点がある。(1)直接変調が可能であるから、高価な光変調器を使う必要がない。(2)光路長を数センチメートルと短くでき、調整箇所も少

ないので、光学系の信頼性が高くなる。(3)装置全体を大幅に小形化できる。しかし、半導体レーザの出力は、現在のところ $10\text{mW}$ 程度であるから、記録膜として半導体レーザ光に感度の高いものを用いないと記録することができない。

光ディスクの記録膜として金属薄膜を用い、この薄膜へのレーザ光照射によって孔を形成する方法が、現在最も広く利用されている。金属薄膜への孔形成の長所は、記録状態が変化しにくいこと、反射光で強いコントラストで読み出せることなどである。この種の光ディスクとして、日立製作所、フィリップス社及びRCA社の光ディスクがある。

日立製作所で研究している光ディスク用記録膜は、As-Te-Se系の非晶質薄膜であって、厚さ $1\text{mm}$ のアクリル樹脂基板上に $40\text{nm}$ の膜厚に蒸着される。この薄膜は $0.5\text{mm}$ のスペーサをはさんで、もう1枚のアクリル板で密閉されている。記録光及び読出し

光は、記録膜上に収束するように照射される。上記の基板の記録膜の無い側の表面では、光は $1\text{mm}$ 程度の範囲に広がっているため、この面に塵埃が付着しても、読出しに対する悪影響を避けることができる。As-Te-Se系記録膜の特長は、半導体レーザ光に対して感度が高く、経時変化が少ないことである。

高密度記録磁気ディスクでは、ディスクとヘッドのすきまが $1\mu$ 以下であるために塵埃の付着をきらい、装置全体を密閉構造にしなければならないのに対して、光ディスクでは塵埃の影響を受けにくいので、1台の記録再生装置に多数枚のディスクを交換しながら使用することができる。したがって、極めて大容量のファイルメモリとすることができる。また、アクセス時間が短く、保存寿命も長いことから、まず、大量の文書の保存と処理用に使われるものと考えられる。