

解説

道路交通管制システムの最近の動向†



金山憲司†† 海津幸久†††

1. はじめに

近年、自動車交通需要は慢性的な増加傾向が続いており、渋滞発生回数・区域および交通事故のいずれもが拡大基調にある。道路交通管制システムは、大量自動車交通の「安全」と「円滑化」を両立させるべく一般街路と高速道路を対象に設置され、今日の車社会に欠かせないインフラストラクチャとして大きな役割を担ってきた。特に、広域信号制御を機能の柱とした一般街路交通管制システムは全国の主要 74 都市に設置され（平成元年3月末）、全信号機の 1/4 にあたる約 3 万基がコンピュータ制御されるに至っている。

また、代表的なオンラインシステムの一つとして、歴史的に早い時期からハイアラキ構成を導入するなど、ハードウェア・ソフトウェアの両面から他のコンピュータシステムの発展に少なからぬ影響を与えてきた側面も見逃すことができない。

しかしながら、モータリゼーションの発展は留まるどころを知らないのが現状であり、道路交通管制機能の一層の高度化や各種メディアによる交通情報の的確・迅速な提供などへの社会的要請が強くなっている。一方、車とのデジタル局地無線通信を核とした自動車情報システムの構築による新しい展開も模索されている。

本稿では、このような現状を踏まえつつ、主に一般街路交通管制システムの現状と新しい動向について具体例をあげながら述べる。また、最近注目をあびている画像処理技術を応用した交通流センサの新しい動向についても紙数の許すかぎり紹介することとしたい。

† Recent Tendency of Traffic Control Systems by Kenji KANAYAMA (OMRON Corporation, Social Systems H.Q., Research and Development Center, General Manager) and Sachihisa KAIZU (OMRON Corporation, Traffic Control Systems Division, System Engineering Department 1).

†† オムロン(株) (旧社名立石電機) 社会システム統轄事業部

††† オムロン(株) (旧社名立石電機) 交通システム事業部

2. 道路交通管制システムの現状と問題点

交通信号制御方式は、一交差点のみを制御の対象とする「点」制御方式から、ある路線に沿った複数個の交差点を有機的に結合・制御する「線」制御方式、さらに都市交通を「面」的に制御する方式へと発展してきた。これらは、それぞれ地点制御システム、路線系統制御システム、広域（あるいは地域）制御システムと呼ばれている。

道路交通管制システムの一般的な構成は図-1 に示すとおりである。路上側には、交通信号制御機、車両感知器、可変標識、フリーパターン式情報板、交通監視用テレビカメラ、路側通信端末装置などが設置される。管制センタには、コンピュータ、交通状況表示板、管制卓、テレビモニタ、通信系装置などが設置される。

システムの基本的な機能は次の4つに分類される。

- ① 交通情報収集・処理システム……交通情報（交通量・速度・渋滞度など）、道路情報（工事規制など）突発情報（事故・火災など）の収集と処理
- ② 交通信号制御・規制システム……交通状況に応じた信号機および可変標識の制御

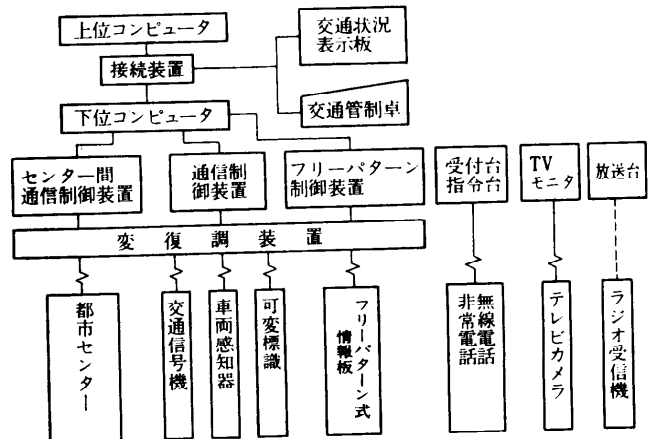


図-1 交通管制システムの一般的な構成

③ 交通情報提供システム……道路情報板、ラジオなどによるドライバーへの情報提供と広報

④ 集中監視・指令システム……交通状況や機器の動作状況の監視と管制官によるシステムへの介入・指令

前述のように交通管制システムは、全国主要都市に設置されているが、建設後 10 年以上経過したシステムも少なくなく、システムの設計思想が信号制御中心に最適化されていること、各サブシステム機能が物理的・論理的に混在していること、初期設計容量の飽和、施設維持管理費の増大、スペースの狭隘化などの問題が顕在しつつある。さらに、収集情報の多様化・広域化、他機関との連携、信号制御方式の高度化、交通情報提供機能の充実と情報提供地点の拡大などの新しいニーズに応えることが困難になってきている。したがって、センタシステム全般の新しい視点からの見直しと高度化更新が強く求められている。

3. システム機能の高度化

現在、前述の課題を解決すべく、全国的に交通管制システムの高度化更新が精力的に進められている。大阪府警交通管制システムは、いち早く高度化更新に着手し、多くの更新中の交通管制システムの中でも新しい概念が積極的に取り入れられたもっとも先進的なシステムとなっている。さらに警視庁交通管制システム（東京）とともに我が国でもっとも大規模なシステムの一つであることから、ここでは、説明を具体化するために大阪府警交通管制システムの高度化更新計画を取り上げて、その概要とシステム構築上の基本思想、特徴などについて述べる。

3.1 システム構築の基本思想

大阪府警交通管制システムは、本部センターと3都市センター（北大阪、東大阪、南大阪）からなっており、昭和48年以来整備・拡充が進められ、現在では、表-1に示すような大規模なシステムとなっている。

本システムの高度化更新を行うために、現在および将来の社会的・技術的動向に沿って交通管理上の行政ニーズと社会ニーズの両面から検討・評価し、将来システムに必要な下記機能が選定された。

- ① 情報収集……交通情報、道路情報、駐車場情報、気象情報、突発情報（事故、デモなど）の収集
- ② データベース……収集情報、統計用データ、各種シミュレーション結果のデータベース化
- ③ 広域信号制御……計算、感応、特殊、予測、渋

表-1 大阪府警交通管制システムの規模
(昭和63年3月現在)

構 成 要 素	規 模
管制区域 (面積)	137.5 km ²
(距離)	388.5 km
信号制御機総数	9255 基
集中制御用信号制御機 (地域制御用)	3789 基
車両感知器	4984 基
バス感知器	129 基
可変標識	52 基
フリーパターン式情報板	22 基
セミフリーパターン式情報板	7 基
路側通信端末装置	10 基
都市センター	3 センター

滞時制御、介入など (3.4 参照) の各種信号制御方式を融合した制御

④ 交通情報提供……情報板、路側通信、および電話による交通情報・道路情報などの提供、駐車場案内、対車通信、他システムへの情報提供

⑤ システム支援……各種シミュレーション、自動設定ツール、システム管理、管制室とのマンマシン機能の実現

一方、交通管制システムにおいて、このような多くの機能を実現するには段階的な導入が避けられないことから、システムの整合性を確保するために、システム構築上の基本思想を明確にすることが不可欠となる。そこで、各種の新しいサブシステムを上乘せして新たなシステムに脱皮しようとする考え方ではなく、システムの新しい概念および最近のコンピュータ技術の動向を踏まえながら、「管理集中・機能分散」の考え方が全面的に取り入れられた。図-2 は、この基本構想を踏まえたシステムの機能概念を示したものであり、図-3 は実際のシステム機器構成である。なお、CPU の性能として、システムの中心的な CPU の一つである信号制御系上位 CPU の例を表-2 に示す。

3.2 システムの機能分散と管理集中

3.2.1 機能分散

機能の分散を水平分散、垂直分散（階層構成）の二つの考え方で実現する。ここで水平分散とは独立性の高い機能を分散させる方式、垂直分散は一連の処理や制御の中において機能を分散させる方式である。

(1) 水平分散

運用管理系、信号制御系、情報提供系、情報収集系システムの関係が水平分散にあたる。表-3 に各系間の交換情報を示すが、各系間の接近度は小さい。すな

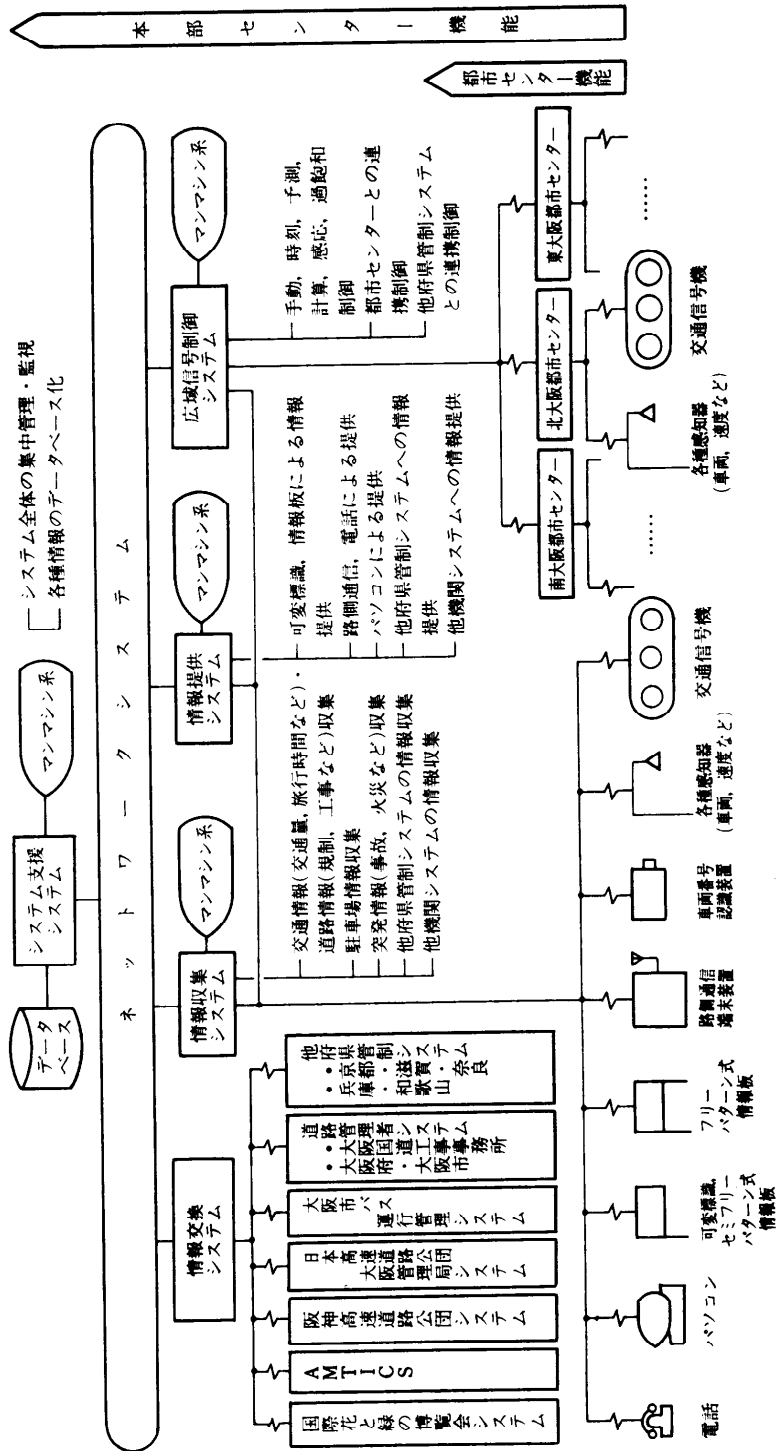


図-2 大阪府警交通管理システムの機能概念

表-2 信号制御系上位 CPU の性能一覧

諸 元	性 能
語 長	32 ビット
命令数	193
レジスタ数	汎 用 16 (32 ビット) 浮動小数点用 4 (64 ビット)
演算性能 (Dhrystone)	約 17,000 D/秒
主記憶容量	15~95 M バイト
システムバス性能	33 M バイト
OS	2 種 (オリジナル OS, UNIX 系 OS)
言 語	FORTRAN, COBOL, HYPER COBOL PL/I, C, PASCAL, BASIC
データベース	リレーショナル型データベース
二重化機構	デュプレックスシステム (磁気ディスクも二重化可能)
周辺装置	ディスプレイ, ラインプリンタ, レザ プリンタ, 光ディスク, イメージ・文字 読取装置, XY プロッタ, 音声認識装置

表-3 各系間の主な交換情報

送信元→送信先	交 換 情 報
運用管理系→信号制御系 →情報収集系	各種設定定数, 信号制御介入指令 各種設定定数, 表示用渋滞累計情報
信号制御系→運用管理系 →情報収集系	信号制御情報, 機器障害情報 (照会, 記録) 車両感知器情報, 機器障害情報 (表示)
情報提供系→運用管理系 →情報収集系	帳表用情報, 機器障害情報 (照会, 記録) 機器障害情報 (表示)
情報収集系→運用管理系 →情報提供系	交通情報, 機器障害情報 (照会, 記録) 交通情報, 道路情報

わち、各系の独立性が保たれているため任意の系の障害が他系へ及ぼす影響が小さく、拡張や新規サブシステムの追加が容易であることを意味している。

(2) 垂直分散 (階層構成)

垂直分散には、本部センターと都市センター、信号制御系上位 CPU と下位 CPU、および情報提供系 CPU と各サブシステム (路側通信など) のマスタコントローラの三つのケースがある。垂直分散はコンピュータ資源への負荷最適配分とジョブのリアルタイム性を考慮して実現したものだが、いわば戦略制御と戦術制御、あるいは主・従関係をとっていると言えることができる。したがって、どちらかの障害が重大な機能障害につながる可能性があり、後述する種々の対策をとって障害の影響を最少化している。

3.2.2 管理集中

運用管理システムにおいて、全システムの運用と情報に関する統轄管理を行っている。運用管理に関しては、信号制御パラメータや端末実装などの各種設定

定数を管理し、運用管理系以外の系に必要な定数を送信している。また、運用管理系 CPU に接続されているワークステーションで、渋滞や信号機の運用状況などの情報照会やシステムの稼働状況の監視ができる。

一方、情報の管理に関しては、他系からの統計データをデータベースとして管理しており、帳表などで照会ができる。なお、表示情報 (渋滞, 端末動作状況) については、リアルタイムで表示する必要があることから、情報提供系および信号制御系で管理を行っている。

3.3 ネットワーク機能の増強

近年、モータリゼーションの地方分散や都市間交通量の増大などに示されるように交通障害要因が複雑化・多様化していることから、各種通信ネットワークを利用した警察活動や他機関との連携により、管制効果の相乗作用を図ることが不可欠となってきている。新しいシステムでは図-2 に示すような地域および関連機関との情報交換を段階的に実現していくことが計画されており、機能の例を次に示す。

- ① 隣接他府県との信号機の連携制御
- ② 他システムで管理している交通情報・道路情報などのリアルタイムな照会や提供情報への活用
- ③ 他システムへの情報提供の依頼

また、将来的には駐車場管理システム、気象システム、公害システムなどとの結合による収集情報の一層の多様化や、全国的なネットワークの構築による広域化を図っていくことも検討されている。

3.4 信号制御方式¹⁾

信号制御の基本パラメータには、サイクル (信号表示が一巡する時間)、オフセット (隣接交差点間の青信号開始時間の差)、スプリット (1 サイクル中の各流入路ごとの青時間長の比) があり、セグメント (複数交差点のグループ) 単位にリアルタイムで決定されている。従来方式としては、あらかじめ閑散時・平常時・混雑時などの交通状況を想定した制御パラメータの中から実際の交通状況に応じて最適なパターンを選択する「計算制御」、催物などの時刻によって特異交通が予測された場合に最適なパターンを時刻によって選択する「時刻制御」、管制官の高度な判断によって制御パラメータを決定する「手動 (介入) 制御」などがある。

最近の新しい制御方式の一つに予測制御方式がある。予測制御方式は朝夕の通勤時間のように交通流が急激に変化する場合の制御遅れに対処するため、毎日

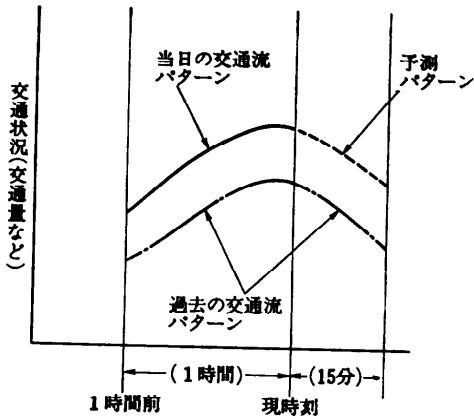


図-4 交通流パターン予測の概念

の交通流パターンの再現性を用いて交通流変化の近未来を予測し、交通流変動を先取りする制御方式である。交通流の予測方法としては、図-4で示すように過去と現在の交通流時刻推移パターンを比較し、現在の近未来の交通流推移パターンを予測する過去平均パターン法を採用している。過去の交通流推移パターンは、平日・土曜日・休日などの異なるパターンごとに作成している。

一方、広いエリアでいったん渋滞が発生してしまう(過飽和)と制御の弾力性が失われてきめ細かい制御ができなくなるため、交通需要が増大しても過飽和の一手手前のレベルに維持することをねらいとして、特殊制御の一つであるスプリット制御が導入されている。具体的には、主要道路が交差する重要交差点で実施されるが、渋滞長でなく交差点の各流出側の交通さばけ量が最大になるようスプリット値をきめ細かく決定していくものである。

また、バスの通行を優先するバス感应制御、右折車両が本線交通の阻害とならないようにする右折感应制御、夜間の閑散時幹線側を常時青信号とし、従道路側に車両および歩行者の通行需要がある場合にだけ従道路側に青信号を与える夜間半感应制御などの感应制御、踏切近くの交差点で電車の通行に合わせ交通の安全とスムーズな通行を図る電車連動制御などの方式も導入されている。

3.5 交通情報提供メディアの充実

最近、渋滞状況や事故発生などの交通情報をリアルタイムで知りたいというドライバニーズが急速に高まってきている。従来からも文字や図形により情報を提

供するフリーパターン・セミフリーパターン式情報板、あるいはラジオ・テレビや可変標識などによる情報提供が行われているが、カーラジオで受信可能な中波帯の電波(1,620 kHz)を使って区域ごとのマイクロな交通情報を提供する路側通信が普及しつつある。これは、20~60秒程度の音声メッセージを自動編集し、路側のアンテナから情報を送信するものであり、交通状況、事故、交通案内などをかなり詳しく提供することができる。

また、電話の自動応答やパソコン通信による情報提供についても、具体的な導入のための検討が進められている。一方、パーソナルな情報提供を可能にするメディアとして、ガソリンスタンドなどに設置するCRT内蔵の交通情報ガイド装置や、後述のAMTICSにおける車載表示装置などのフィジビリティスタディが行われている。このように、今後は交通情報提供メディアの多様化が一段と進むものと思われる。

4. システムのオペラビリティと拡張性の確保

4.1 高オペラビリティシステム

交通管制システムの機器に障害が発生すると社会的にも大きな影響を与えるためオペラビリティの確保に多くの工夫がなされてきている。新しいシステムでは機能分散と待機冗長構成により、オペラビリティの一層の向上を図る考え方が採用された。たとえば、運用管理系CPUの障害時、他系CPUで情報の一次蓄積を行い、情報蓄積機能の停止を防いでいる。

信号制御系では信号制御系上位CPU障害時、下位CPUや都市センターがバックアップを行う。すなわち、図-5で示すように信号制御機能は、機器の障害に応じた制御レベルを維持する階層的な構成になっている。下位CPUは信号制御に関する高頻度実時間ジョブを高速で処理する専用CPUであるが、中枢機能を二重系とした待機冗長構成および装置内LANの採用により障害の局所化を図っている。装置内LANは、プロセッサボードのレベルに至るまでLANで構成したものであり、図-6に下位CPUのネットワーク構造を示す。情報提供系では、情報提供系CPU障害時、各マスタコントローラで管制官の介入または時刻による情報提供が可能となっている。

また、新設機器は、電源の分散配置も含め、徹底したビルディングブロック化が図られている。

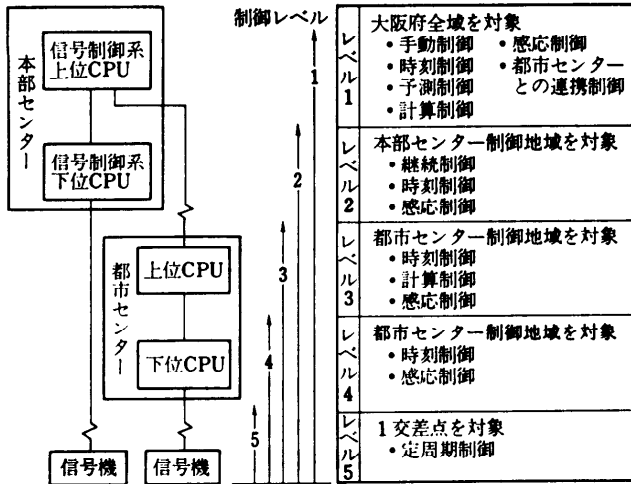


図-5 機器の障害と制御レベルの関係

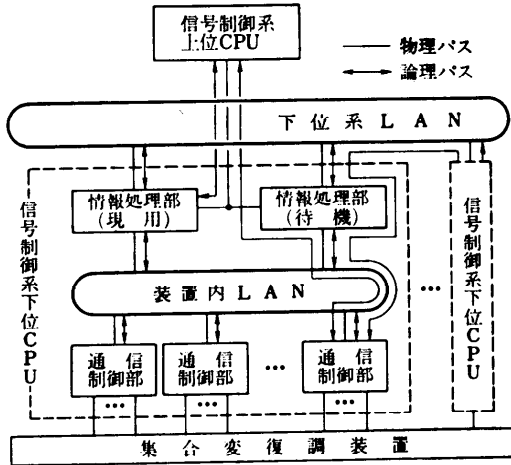


図-6 信号制御系下位 CPU のネットワーク構造

4.2 拡張性の確保と新システムへの移行方法

(1) 拡張性の確保

本部センターのコンピュータシステムは上位系 LAN に 33 Mbps のトークンリング方式光 LAN, 下位系 LAN には 1 Mbps の CSMA/CD 方式 LAN を採用しており、サブシステムの追加などが容易になっている。都市センターについても本部センターとの垂直分散で構成されているため、本部センターとの空間的位置付けを意識する必要がないだけでなく、各階層レベルごとに独立した機能を有しており、都市センターの増設に対して柔軟に対応可能である。

(2) 新システムの移行方法

信号制御系の新システムへの移行は、旧システムを

一時的にも停止させずに運用しながら行う必要があり、実際の移行は、次のステップで行われた。

まず、既設システムを通常に動作させながら、新システムにも信号制御パラメータの決定に必要な車両感知器情報を同時に与える。新システムでも信号制御パラメータを決定するとともに既設システムから送られる制御パラメータと比較検討するための情報を作成する。信号機に対する指令は、既設システムと新システムで切替可能とし、新システム側で動作確認・新規追加機能の実証・制御パラメータの調整などを約 4 カ月かけて十分行った上、新システムへ移行を完了させた。

一方、機能整備の面からは、情報提供システムを整備した後、管理系の一部整備と信号制御系の更新が行われた。管理系の機能を順次追加して他系の整備にともなう情報量の増加に対応するとともに、情報収集系および情報交換系の整備を行うことになっている。

5. 画像処理技術による交通流センサの高度化

以上述べてきたように、慢性化している交通渋滞に対処するため管制システムの高度化が進められている。しかしながら、システムの高度化にあたっては、渋滞長や旅行時間（走行所要時間）などの空間的な広がりをもった測定量による新しい制御概念を積極的に導入することも求められており、従来の点測定量検出を基調としたループ式あるいは超音波式に代わる新しい交通流センサの開発が重要かつ緊急の課題になっている。

一方、技術シーズの点から、最近の半導体技術の進歩に支えられて固体撮像デバイスの性能が向上し、さらにイメージパイプラインプロセッサや並列高速演算処理手法などの進歩は、画像処理技術を応用した新しい交通流センサ実用化への見通しを明るいものにしたと言える。すでに、固体撮像素子を利用したビデオカメラから得られた画像信号を実時間で演算処理し、交通量や速度および空間交通流などを計測するセンサの開発・実験が精力的に進められている。

具体的には、断面交通流計測²⁾、空間交通流計測³⁾、交差点情報計測⁴⁾、車種判別⁵⁾、歩行者密度計測⁶⁾などのセンサがある。また、センサ入力系に微小光電素子

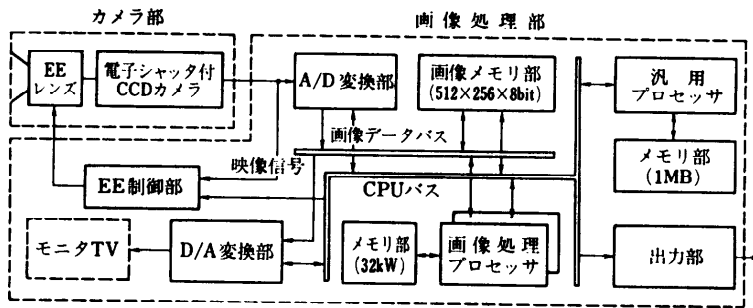


図-7 車両番号認識システムの構成

アレーを用いるとともに、道路上のあらかじめ設定された複数の検出ポイント上の映像をレンズ系をとおして光電素子アレー上に結像させ、車両の通過による各光電素子の電流変化により車両を検出する方式のセンサが実用化されている^{7),8)}。

最近、画像処理技術を用いた交通流センサの中でもっとも注目を浴びているのは自動車のナンバープレートによる車両番号認識装置である。車両番号認識装置を少なくとも2カ所以上に設置し、これらの装置から出力される車両番号の一致するものを探せば、その間の走行所要時間および速度を直接的かつ正確に算出することができる。車両番号認識に関しては文字認識における研究として、多くはないがいくつかの試みがなされている。たとえば、ミニコンピュータを使用し、ナンバープレートを抽出する方法としてハフ変換を用いる手法を提案するとともに、処理の高速化を図るために原画像のピラミッド階層化を行うことによってハフ変換計算領域を制限し計算の高速化を図る試みがある^{9),10)}。また、純ハードウェアによりビデオレートでの処理が可能な車両番号認識装置の基本部分の開発を行った例¹¹⁾や、車両検出用の外部センサを使用せずに車両画像の取込みタイミングを決定する一手法を提案し、汎用画像処理装置と一部機能のハードウェア化で実現した例がある¹²⁾。しかしながら、路側設置の小形キュービクルに収容可能な実用イメージの高いシステムアーキテクチャの問題や、汚れ・変形に強く実時間処理可能な文字認識アルゴリズムの問題、あるいは夜間時の認識の問題などについてはほとんど検討が行われていなかったと言える。筆者らは、このような問題を解決すべく研究開発を続けてきたので、ここでは読者各位の理解の一助とするため、筆者らが実用化に成功した外部センサに依存しない実時間画像処理車両番号認識装置^{13),14)}の例について紹介する。

画像処理によって車両番号認識を高速かつコンパクト

トに実現するには、システムアーキテクチャとしてハードウェア、アルゴリズム、ソフトウェアなどのリソースをバランスよく配分することが不可欠である。また、膨大な計算量を必要とすることから、処理の高速化とフレキシビリティを両立させることもアーキテクチャ上の克服すべき課題であった。これらの要求を満たす方式として、図-7に示す認識システムを開発した。

図-7において、カメラヘッド部は、車両前面のナンバープレートを静止画撮像する電子シャッター付きCCDカメラを内蔵し、画像情報をビデオ信号として出力する。電子シャッター付きCCDカメラは、移動する車両を静止画撮像する際のぶれを防止するため、CCDを制御してシャッター時間だけ電荷を蓄積させ、それ以外の時間は電荷を逃がす方式によって純電子式の理想的なシャッター機能を実現したものである¹⁰⁾。シャッター速度は、1/700~1/5,600秒まで7段階のいずれかを選択でき、ここでは1/1,000秒を用いている。

画像処理本体部では、カメラからのビデオ信号をA-D変換して、8ビット(256階調)×512×256の画像メモリに記録して高速画像処理を行う。演算部は、画像処理専用プロセッサと16ビット汎用マイクロプロセッサの階層構成で実現しており、画像処理専用プロセッサは、2CPUチップをカスケード結合している。このCPUはデータフロー形プロセッサであり、プログラムカウンタに相当するものがなく、処理されるデータに実行する情報(トークンと呼ぶ)が含まれている。そのため命令フェッチが不要で、その分高速化できる。また、大量のデータの反復処理を行うためのパイプライン処理が可能である。

文字認識には、計算時間を重視する観点から、文字スケルトンパターンと背景パターンを使用して不一致度の考え方を取り入れたマトリクス・マッチング法を採用し、プレートの傾きなどには、入力パターンの正

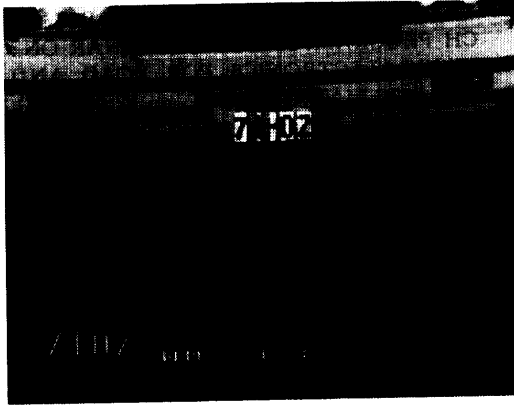


図-8 認識結果の例

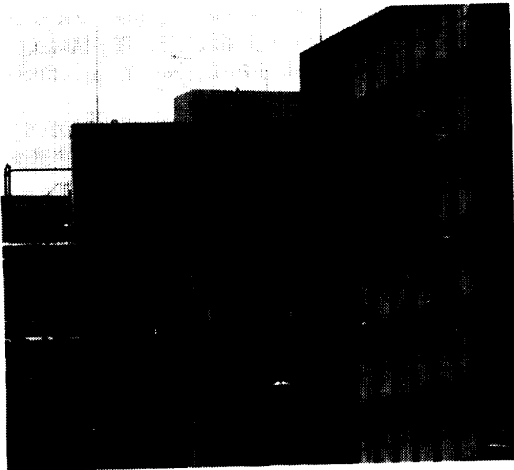


図-9 旅行時間情報提供の例

規格で対処している。また、2灯の赤外線投光器で連続照明を行うことにより夜間時の認識を実現した。

図-8は、実際のフィールドにおける認識結果の例である。図-8において、左下の大きな数字は認識した数字である。アルファベットは、プレート色と車種を示し、たとえばWMは白色で中型を意味する。さらに、右の数字は処理時間(ms)を表している。

図-9は、カメラとセミ・フリーパターン式情報板の設置例であるが、情報板によりドライバーへ旅行時間情報を提供している。

6. 交通情報提供の新しい展開

管制システムの重要性はますます大きくなっているが、交通の状況に即応した信号制御の表現に加えて、有効でタイムリな交通情報をドライバーに一層積極的に提供することによって交通の誘導と分散を図り、都

市交通の新しい展望を拓こうとするアプローチもとられている。このような考え方に基づく注目すべき動向として、AMTICS (Advanced Mobile Traffic Information & Communication System の略、新自動車交通情報通信システム) の開発プロジェクトがある。これは、学識経験者、警察庁、(財)日本交通管理技術協会、および企業(約60社)で構成されたAMTICS実用化推進協議会により進められている官民共同の開発プロジェクトである。このシステムは、交通管制センターで保有する交通情報や規制情報をテレターミナルシステムの電波によりデータパケットとして送出し、走行中の車両においてカーエレクトロニクスを駆使したナビゲーション車載装置と連動した表示装置でリアルタイムにドライバーへ表示・提供していくとするものである。現在、フィージビリティスタディ¹⁶⁾が進められているが、図-10に車載装置の構成例を示す。また、図-11は渋滞状況の表示例である。AMTICSが実用化されると、ドライバーは自車の走行位置に加えて、交通管制センターから送られてくる時々刻々変化する道路の混雑状況、道路工事や交通規制などの情報を必要な時に必要な所で得られるようになり、自動車をいわば「走る情報空間」へ発展させていく大きなステップの一つになると言えるだろう。

7. おわりに

道路交通とそれをとりまく社会的要因は年々変化し続けており、「安全・円滑・快適な道路交通」という

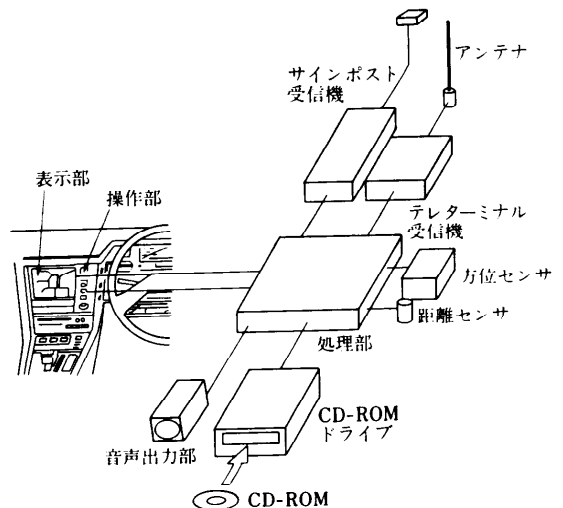


図-10 AMTICS 車載装置の構成

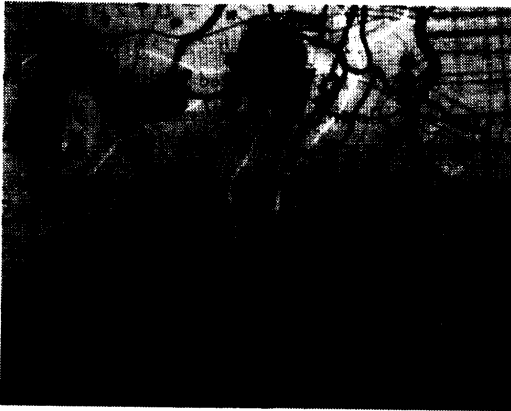


図-11 AMTICS 車載装置の表示例

国民的要請に応えるため、交通情報の収集と伝達・信号制御・交通誘導など多岐にわたる要素技術についてハードウェア・ソフトウェアの両面から一層高度技術の研究が必要である。筆者らもこれにかかわる一員として微力を尽くしているが、警察庁、大阪府警ほかの関係諸氏の一方ならぬご指導に対して、誌上を借りて厚くお礼申しあげたい。

参 考 文 献

- 1) 金山憲司：道路交通管制システムにおける最近の制御技術，電気学会論文誌C，Vol. 107-C，No. 10，pp. 894-900 (1987)。
- 2) Takaba, S. et al. : Measurement of Traffic Flow Using Real Time Processing of Moving Pictures, Proc. 32nd IEEE Conf. on Veh. Tech., pp. 488-494 (1982)。
- 3) 高羽貞雄：動画像を用いる交通流の空間計測の一手法とその応用，第5回シミュレーション・テクノロジー・コンファレンス，8-1，pp. 207-210 (1985)。
- 4) 大村 復他：画像処理型交差点交通流計測システム，電気学会交通・電気鉄道研究会資料，TER-87-34，pp. 99-107 (1987)。
- 5) Tormasz Aoramczuk: A MICROCOMPUTER BASED TV-DETECTOR FOR ROAD TRAFFIC, ROAD TRANSPORT RESEARCH PROGRAM OF OECD, SEMINAR ON: MICRO-ELECTRONICS FOR ROAD AND TRAFFIC MANAGEMENT, pp. 87-96 (1984)。
- 6) 黄 乘元他：ITV 画像による人の流れの実時間計測，電子情報通信学会論文誌D，Vol. J66-D，No. 8，pp. 917-924 (1983)。
- 7) 丸田良則他：光学式交通流計測装置について，第7回交通工学研究発表会資料 (1984)。
- 8) Tsuzawa, M. et al. : Traffic Control System and New Type Sensor at Tsukuba EXPO '85, IEEE the 2nd International Conference on Road Traffic Control (1986)。
- 9) 安居院猛他：画像処理を用いたナンバープレート領域の抽出に関する研究，電子情報通信学会論文誌D，Vol. J70-D，No. 3，pp. 560-566 (1987)。
- 10) 安居院猛他：ピラミッド階層化高速ハフ変換を用いたナンバープレート領域抽出，電子情報通信学会論文誌D，Vol. J70-D，No. 7，pp. 1383-1389 (1987)。
- 11) 広瀬武志他：自動車登録番号の実時間認識(6)一装置の認識特性一，計測自動制御学会学術講演会，JS-30-1，pp. 353-354 (1986)。
- 12) 三島忠明他：画像処理応用車番認識装置の検討，電子情報通信学会パターン認識・理解研究会技術研究報告，PRU 86-94，pp. 31-36 (1987)。
- 13) 金山憲司：車両番号認識のシステムアーキテクチャと田口法によるプレート部抽出の高速化について，電子情報通信学会論文誌 D-II，Vol. J72-D-II，No. 6，pp. 873-879 (1989)。
- 14) 金山憲司他：実時間画像処理による車両番号認識装置の開発と応用，電子情報通信学会論文誌 D-II，Vol. J72-D-II，No. 10，pp. 1663-1671 (1989)。
- 15) 北村隆則他：FT-CCD シャッターカメラの開発と交通センサへの応用，電気学会交通・電気鉄道研究会資料，TER-8-21，pp. 21-30 (1988)。
- 16) 松井春夫他：新自動車交通情報通信システム (AMTICS) 車載装置の開発，電子情報通信学会宇宙・航行エレクトロニクス研究会技術研究報告 SANE 88-51，pp. 9-15 (1989)。

(平成元年9月6日受付)