

新交通管制システムの設計・施工

業 務 部 交通管制課 松 尾 武
大阪管理部 管制管理課 江 原 武
大阪管理部 管制管理課 笠 井 浩 一

要 約

本年3月、朝潮橋に新築された大阪管理部庁舎内に完成した新交通管制システムは、中央装置を全面的に更新しこれからの『高度情報化社会』に向けて道路利用者への情報サービスの大幅な改善を図ったものである。

今回中央設備の設計にあたっては、技術革新が著しく機種選定や性能評価について、新たな観点からの基準づくりや、ソフトウェアの開発効率を考えた基本ソフトウェアの選択などを行った。

また、端末設備は膨大な既存設備をそのまま引き継ぐことに加えて、新しい情報提供設備を接続する必要性があり設計・施工両面での制約を解決していく必要があった。

施工面に関しては、既設端末設備を運用しながら新システムの構築を行い、朝潮橋新庁舎工事や同電気通信設備との関連工事と同時進行を行うという環境の中で、新システムへの移行・切り替え方法に工夫をこらした。

とくに今回システムは情報提供設備の大幅な拡充がなされたうえ、『国際花と緑の博覧会』という行事の開催時期までに新システムの運用を開始する必要と、システムの工期が重なったこともあり工程管理には細心の注意を払った。

ま え が き

1970年9月に初めて阪神高速道路公団に、交通管制システムが導入されてから20年が経過し、その間社会の様々なニーズの変化や要求に対応するためにシステムの拡張を図ってきた。

1990年4月に運用を開始した交通管制システム（88システム）は、今後より一層、社会の広範囲なニーズに対応できるように、最新の技術を駆使し、1988年9月から18カ月の工期をかけて完成し

た大規模なシステムである。

このシステムの特徴は、『高度情報化社会』に向けて、利用者への情報提供サービスを大幅に改善し、今までのシステムと比較して多種、多様、多所での提供が可能となったことがあげられる。

中央設備は、四つ橋交通管理センター内に設置された旧システムから、朝潮橋に新築された大阪管理部庁舎内にグラフィックパネル・管制卓・中央装置の全てを一新し構築した。

また端末設備として、所要時間表示板・図形情

報板・渋滞地図情報板・情報ターミナル・料金所内表示板・自動電話案内・パソコン通信などの新しい情報提供設備を導入し、利用者への情報提供サービスを大幅に向上した。

本稿では、新交通管制システムの設計思想や新たな機能、並びに設備・施工方法などについて述べる。

1 交通管制システムの経緯

1-1 システムの変遷

交通管制システムの変遷は大別すると表-1のようになる。

表-1 システムの変遷

年代	項目	内容
第1期 1969～1970	収集機能の整備	車両検知器による代表区間の車両台数の収集
第2期 1970～1979	管理情報の提供	8 B情報板による道路管理情報の提供
第3期 1979～1985	処理の自動化	渋滞判定や情報低起用の計算機による自動化
第4期 1985～1990	音声情報の提供	カーラジオを介しての道路情報の提供
第5期 1990～	高度情報化への対応	多種多様な形での情報提供

1-2 提供情報の変遷

導入当初の交通管制システムは、道路を管理するための交通情報（代表区間の通行台数など）の収集や道路の管理情報（通行止、工事・気象の注意喚起など）が中心であったが、道路事情の年々の悪化や料金改定問題などに伴い利用者側にたったきめ細かな情報提供サービスが望まれるようになってきた。

そこで、提供内容は渋滞状況の文字表示だけでなく、より具体的に所要時間を提供することや

図形情報で提供し、また提供場所も高速道路直近だけでなく、自動車に乗る前の自宅や事業所でできることが可能な、自動電話案内やパソコン通信システムを導入した。

2 設計過程での検討事項

2-1 システム設計の前提条件

2-1-1 設計容量

システムの設計容量として、今回のシステム規模・システム設計容量は表-2に示すように、対

表-2 システム規模の比較

項目	旧システム	新システム	今回実数
対象路線延長	138km	226km	153km
集合型車両検知器	96台	192台	89台
路側通信装置	23台	50台	23台
文字情報板	320面	768面	292面
所要時間表示板	なし	240面	56面
図形情報板	なし	32面	3面
情報ターミナル	なし	16台	2台
自動電話案内	なし	256回線	150回線
パソコン通信	なし	100回線	46回線

象路線延長で1.6倍、車両検知器や情報板の制御容量で2倍、その他の新規設備の容量を考え現状の3倍以上の規模と想定した。

2-1-2 データの処理能力

交通データの処理は5分周期を基本とするが、将来1分ごとにシフトした5分処理にも対応できるように、1分以内にデータの処理が完了するよう設計した。

2-1-3 システムの切替時間

情報提供の重要性が年々増しており、中央装置の高い信頼性はもちろん、障害が発生した場合でも5分以内にシステムが復旧するよう設計した。

2-1-4 システムの応答性

管制官が操作を行うマンマシンの応答性は、現状のシステムの条件と同じ3秒以内に画面表示や操作入力が完了するように設計し、データの表示は1秒以内、路線表示等の画像で3秒以内を実現できるように設計した。

2-2 計算機演算速度評価

計算機の機種選定にあたり最も困難であったのは、計算機の処理能力を比較する指標でMIPS、FLOPS、ギブソンミックス等各種用意されているが、計算機メーカーの独自の算定方法による性能でしか公開されておらず、比較検討ができないことであった。

そのため今回は、阪神高速の交通管制システムのプログラムを解析し、交通管制特有の指標を決めて比較を行った。下式が演算速度評価値（阪神高MIPS）である。

$$\text{阪神高MIPS} = \frac{1}{(T1 \times 0.6 + T2 \times 0.1 + T3 \times 0.1 + T4 \times 0.1 + T5 \times 0.1)}$$

T1: 2進固定小数点演算速度 (μs)
 T2: 2進固定乗除算演算速度 (μs)
 T3: 2進浮動小数点演算速度 (μs)
 T4: 2進浮動乗除算演算速度 (μs)
 T5: 記憶装置読出・書込時間 (μs)

1MIPSとは1秒間に100万回の命令を実行できる性能を表す。

2-3 計算機性能比較

計算機の記憶容量は、計算機の技術の進歩に伴い大容量化でかつ低価格化が進んだが、計算機自体を制御するオペレーティングシステム(OS)の大型化と、高級言語によるオンライン制御プログラムの作成のために、必要なメモリサイズも大規

模になっている。

したがって、単純にメモリの容量やMIPS値だけでは性能を評価することはできず、ソフトウェアを設計するうえで多くの制約が伴ってくる。

表-3に示すように記憶容量は大容量になった

表-3 旧計算機と新計算機の性能比較

	旧	新	性能比
副処理装置	U-400	A-80	
記憶容量	0.256 MB	56.0 MB	218.0 倍
OS	0.016 MB	2.0 MB	125.0 倍
MIPS値	0.68	1.8	2.6 倍

	旧	新	性能比
主処理装置	U1500	A500	
記憶容量	2.0 MB	64.0 MB	32.0 倍
OS	0.05MB	15.0 MB	300.0 倍
MIPS値	1.5	3.4	2.3 倍

が、OS自体も大型化しており、記憶容量のわりにはMIPS値は向上していない。

たとえば、高速処理が必要な副処理装置は、旧システムで使用していたU400から今回使用したA-80で、記憶容量は約200倍となりOS自体も125倍もの大きさに巨大化したが、MIPS値は2.6倍に伸びたにすぎない。

計算機でオンライン制御を行う場合、割り込み制御を頻繁に行う必要があり、その度にOSが稼働するために実質の性能値としてカタログ数値ほど向上していないことになる。

そのために、記憶装置を巨大化し今までディスク上で処理をしていたプログラムやデータをメモ

り上に常駐し、アクセスタイムの処理時間を高速化するなどの方策を用いてシステムの性能を上げる必要がある。

交通管制システムの処理は、シーケンシャルに行う処理とランダムに行う処理が多種多様に混在し、短い時間に処理結果を出力する必要がある。

そこで、大きな計算機で集中処理をするのではなく、コンパクトなミニコンに機能分散し、同時処理を行うことによりシステムの処理性能を引きだすことにした。

3 システムの構成

システムは、主処理装置・副処理装置・前処理装置・管制操作装置及びこれらを結合するシステム結合装置から多階層に構成され、それぞれに機能を分散して処理を行っている。

3-1 主処理装置

交通管制に必要な全てのデータの蓄積・帳票の作成・入路制御シュミレーションを行う。

主処理装置はスーパーミニコンを採用したが、その選定条件は以下の通りである。

- ①性能価格比がよい。
- ②オンライン制御用OSを装備できる。
- ③COBOL やFORTRAN などの高級言語を主体としたソフトウェアの作成が容易である。
- ④高速出力できる漢字プリンタがある。
- ⑤大容量のディスクがある。
- ⑥2重化構成ができる。

3-2 副処理装置

収集・交換・音声・操作・表示・監視及び待機2台より構成され、それぞれの役割に機能分散されており、各端末設備の制御の中核をなすもので高い信頼性と高速性が要求される。

副処理装置は、コンパクトミニコンを採用したが、その選定条件は以下の通りである。

- ①今後制御用計算機で主流になるUNIX（ユニックス）を使用し、しかもリアルタイムが可能なOSを

装備できる。

- ②ソフトウェアの生産効率をあげ、早い処理速度を確保するため、今までのアセンブラ言語ではなくC言語の使用が可能である。
- ③装置自体の大きさがコンパクトに収容されている。
- ④前処理装置と高速でデータ転送が可能である。
- ⑤1:Nの切り替え構成が可能である。

3-3 前処理装置

各端末装置1台1台の伝送制御を行うための装置で高速な処理とコンパクトな収容スペースが要求されるため、32ビットと8ビットのマイコンを複合した構成とし、今までに比べ端末制御台数で12倍、収容スペースで1/3となった。

表-4に旧装置と新装置の比較を示す。

表-4 前処理装置の比較

項目	旧装置	新装置
MPU	MN1611	M68020
演算速度	3 μ s	0.08 μ s
動作クロック	4MHZ	16MHZ
最大メモリ容量	1MB	4000MB
使用言語	アセンブラ	アセンブラ、C言語

3-4 管制操作装置

管制操作機器はシステムと管制官との接点となる重要な装置であり、高速な応答性と様々な入力要求に答えられる入力機構が必要となる。

しかしながら、今までの照光式ボタンでは要求される操作性を確保するのは難しく、しかも卓のスペースが非常に大きくなることが明らかになった。

そこで、新たな方式（プラズマディスプレイとタッチパネルを組み合わせた）を開発することに

より、画面上に押ボタンを自由に表現することができた。

このため、スペースの縮小化が可能になっただけでなく、操作案内も表示したので管制官の操作性も向上した。

3-5 システム結合装置

それぞれの処理装置の性能を向上しても、装置間のデータの転送速度があがらないとシステム全体の性能は良くならないため、高速でデータを転送できる結合装置を開発した。

表-5が今回開発したシステムの結合装置と旧システムとの性能比較である。

表-5 システム結合装置の性能比較

	計算機間		計算機～前処理装置間	
	旧方式	新方式	旧方式	新方式
名称	PLCA	FSL	IDC	GPIB
性能	0.45MB/S	1.25MB/S	0.1MB/S	0.2MB/S
改善比	2.7倍		2.0倍	

4 新規の中央設備

今回新しく開発した中央設備のなかで、特記すべきものは次のとおりである。

4-1 音声合成装置

音声による情報提供は、路側通信だけでなく電話案内や情報ターミナルでも必要となり、登録する音片数や制御する端末数が増加したことにより既存の装置の増設では対応できなくなった。

このため、音声の品質が低下せずに、少ないメモリで録音可能な新音声合成方式を開発し採用した。

表-6に旧方式と新方式の対比を示す。

表-6 音声合成装置の比較

項目	旧方式	新方式
変換方式	PCM方式	ADPCM方式
サンプリング	10KHZ	8KHZ
ビット数	8ビット	4ビット
音片数	1500 秒語	3000 秒語
制御端末数	24 端末	54 端末
架構成	3 架	2 架

4-2 情報提供設備におけるフェールセーフの高度化

通常、中央装置に障害が発生した場合は、待機装置に切り替えることにより情報提供設備を停止することがなく運用可能であるが、不測の事態により待機装置が稼働せず長時間停止した場合、最低限のレベルとして情報板による情報提供が可能ないように3重化の障害対策を講じた。

また、300面近い情報板を管制官が個別に制御することは到底不可能に近く、渋滞長や障害内容を入力すれば個別の情報板に適切な表示がされるよう自動化をおこない、最低限の装置で制御が可能ないように構成し、処理時間・応答性についても可能な限り高速化し、全情報板の制御が行われた場合においても5分以内に完了できる性能とした。

また、計算機のハードディスクは振動に弱く震災時においても影響のないよう免振装置を採用し万全を期した。

4-3 監視システム

システムの稼働状況を常に監視し、異常が発生した場合は直ちに警報を発する装置であり、異常な装置をバックアップに切り替えることも監視卓

から簡単に行える方式とした。

保全卓は監視用CRTの監視画面19種類・切替指令画面2種類とコンソール操作部で構成され、交通管制の中央装置・端末装置のすべてを統括するものである。

4-4 管制室

交通管制システムが有効に運用されるためには、管制官が交通管制システムに各種の情報を適切かつ迅速に入力できることが条件になる。

そのために、管制卓の形状や配置・色彩さらには管制室全体の形状や色彩などの環境を整備し、管制官の快適な運用が可能な環境整備をおこなった。

写真-1に管制室の配置を示す。

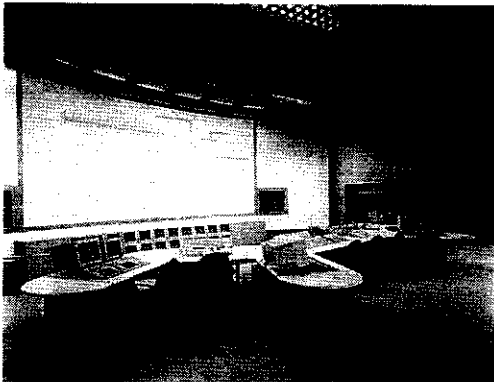


写真-1

4-5 自動電話案内

一般の電話や自動車電話で阪神高速道路の情報提供をおこなうシステムを大阪(06-567-1620 100CH)、神戸(078-321-1620 50CH)を導入した。

本装置は1通話3分以内で阪神高速全線の情報を提供するので、情報は文章のはじめから聞ける方式を新規開発した。

4-6 新しい情報提供方法

今回各種の情報提供装置を新たに導入したが、その中でパソコン通信については特筆する必要がある。

パソコン通信を用いた情報提供は、『渋滞・交

通障害・所要時間・入路閉鎖・お知らせ』の5種類についてその内容を文字で提供している。将来的には、コンピュータグラフィックやゲームにみられるような図形表示で情報提供したり、利用者の目的に合った情報を会話形式で簡単に抽出したり、アンケート調査や回数券販売などの端末としても利用が可能で、自動車電話がもっと一般的に普及すれば、車に乗車中の利用者に直接豊富な道路情報を提供することも可能となる。

また、交通管制システムが保有する膨大な統計データなども、中央装置にデータベースを作成すれば、より有効で迅速な活用ができる検索システムを構築することも可能である。

4-7 見学者システム

今後は、阪神高速の情報提供の重要性が増していくが、これまでは阪神高速道路公団が渋滞対策や安全対策に努力している現状を理解してもらう手段はパンフレットとビデオであった。

今回、交通管制システムの目的や方法を多くの人々に理解をしてもらうために70インチ大型ビデオプロジェクタと、専用コンピュータによる自動画像表示、交通管制データ、交通流監視テレビ画像などを表示し、より解り易くシステムの紹介ができる見学者システムを導入した。

これまでに多くの見学者が訪れ、この見学者システムを使った案内を行ってきたが、予想以上の好評を得ている。

4-8 情報交換

近畿地建、日本道路公団(大阪管理局)、大阪府警と渋滞状況・交通障害内容・情報提供内容等について、オンライン接続を行い、交換したデータは、阪神公団の情報板等に情報として、計算機により自動的に表示している。

5 システムの移行

今回の施工面でのハイライトは、情報提供設備を停止することなく、中央装置の設置場所を四つ

橋から朝潮橋へ移すという今までに経験したことがない条件の中で、旧システムから新システムへの切り替えを行うことであった。

更に、システムの切り替え完了後は新たに導入する所要時間表示板・図形情報板・自動電話案内などの端末設備を『国際花と緑の博覧会』の開催までに稼働させることも大きな課題であった。

この条件を満足させるために、請け負った製作メーカーの工場での十分な検査や試験の実施はもちろんであるが、システムを円滑に稼働させるために現地での実データによる調整が必須条件となる。

現地での実データでの調整時間に比例してシステムの信頼度は向上するが、既に運用中の情報提供設備を停止せずに最大の効果を得る方法を工夫しなければならなかった。

そのため、朝潮橋に中央装置を設置し機器の単体試験やソフトウェアの試験を完了させた後に、車両検知器のデータを四つ橋と朝潮橋のシステムに同時に伝送するように改造し、実際の収集データにより渋滞や情報提供内容・各種CRT画面のデバックを行った。

次に、すべての情報板の制御回線を瞬時に切り替える切替装置を仮設し、緊急時には朝潮橋から瞬時に四つ橋のシステムに戻せるようにした。

この方法により、運用の停止や誤った情報提供のないよう確実な試験調整を夜間に行い信頼性を高めて、管制官の協力を得て数回に分けて最終調整や確認のための仮運用を行った後、3月24日一晩でシステムの切り替えを完了した。

あとがき

本工事を完成するにあたり、新しい装置の設計や開発のため短期間に集中的に審議を願った委員会の方々や、本工事の進捗に協力していただいた建築工事や電気通信工事の関係各位、夜間の切替調整に協力していただいた管制官の皆さんに紙面をお借りしてお礼を申し上げます。

参考文献

- 1) 阪神高速道路公団：交通管制委員会報告書（平成元年3月）
- 2) 阪神高速道路公団：端末仕様検討会報告書（平成元年3月、平成2年3月）
- 3) 建設電気設備協会：阪神高速道路新交通管制システムの紹介
- 4) 交通工学：阪神高速道路の所要時間予測システム（VOL.24 1989）