

東京における街路交通制御の現状と将来

岡 本 博 之*

図一1 交通情報センター俯瞰図

1. ま え が き

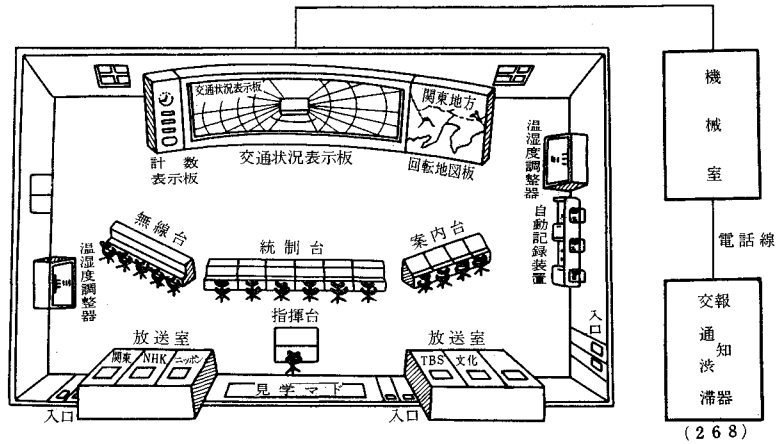
都市交通の逼迫に伴い、何とか既設街路網を少しでも効率的に使用するため、目下世界的に、いろいろな考え方に基づいた高度の交通制御システムが試みられている。東京においても、法に基づく交通規制の広域的な視野からの実施が考えられているほか、警察官による交通整理活動の組織化、交通信号施設の機能高度化、交通情報の広報による交通流の自発的分散の促進といった方法を、総合的に運営して交通の確保に努めている現状である。

本稿においては、東京で現在行なわれているこれら諸方策のうち、特に交通制御技術に注目すべき問題に主眼をおいて、その概要を紹介する。

2. 交通情報センター

このシステムは、主として交通制御のための警察活動の組織化を目的として昭和 38 年に建設されたもので、クロスバースイッチをかなめにした専用の有線通信網の活用を中心に構成されており、SATIC (Semi-Automatic Traffic Information and Control) システムと呼ばれている。図一1 は本システムを中心である交通情報センターの俯瞰図である。機能を簡単に説明すると、交通渋滞報知器は、交通上の要点に設置されており(現在は区部の 268 ヲ所)、警察官が交通の渋滞列の状況を観察し、報知器のボタン操作によって交通情報をセンターに向けて送る。この情報は、センターの交通状況表示板上に、ランプの色によって表示される。交通渋滞状況は、5 段

* 警視庁交通部交通管制課長



階に格付けされて把握されることとなっており、渋滞度 5 (900 m 以上) は赤、渋滞度 4 (360 m 以上) は黄、渋滞度 3 (180 m 以上) は緑でそれぞれ表示される。統制台の係員は、交通状況表示板を監視していて、交通の異常を発見したときは、交通整理警察官の配置要請、レッカー車の出動手配、広域的な車両の迂回誘導措置等の交通整理対策を講ずる。統制台と交通渋滞報知器との間には、通話機能も与えられているので、各種の相互連絡も容易に行なうことができる。そのほか、ここでは、無線台によってパトロールカーとの相互連絡ができ、案内台によって各種の問い合わせに必ずるサービスを行なっているほか、NHK、民間放送会社のスタジオも併置されていて、ここから直接ニュースを流して、一般交通の自発的分散をはかることも実施している。

3. 交通信号制御機能の高度化

交通信号制御機として最もプリミティブなものは、いわゆる定周期式と呼ばれているもので、あらかじめ機械に設定されたサイクル(青から次の青まで一巡するに要する時間)、およびスプリット(各流入路に与えられる

青時間のサイクルに対する比率)により、一定の信号表示を繰り返すものであるが、さらに、いくつかの信号が比較的短い間隔で設置されているところでは、これらの信号制御機を電線でつなぎ、各信号の青のはじまりを、主道路につき一定の時間間隔だけずらせて表示するようにした、いわゆる単純系統制御という方法が古くから行なわれていた。前記の青の始まりのずれのことをオフセットと称しており、信号機間の距離をその区間における車両の速度で割り、これをその系統信号の共通サイクルに対する比率で表わす。

信号制御機能の高度化は、以上の定周期制御を、交通実態の時間的変動にできるだけ忠実に追従させるよう改善するものである。

(1) 多段切替式地点信号機

電動機による機械式信号制御機の中に、いくつかの現示パターンをあらかじめ設定しておいて、これをタイムスイッチにより定時に切り替えるものである。現用のものは、最大4段(朝、昼、夕方、深夜)から2段(昼間、夜間)まで各種である。

(2) 感応式地点信号機

交差点へ入ってくる車両に対して感知器を設けておき、車両感知がある時だけ青にしておいて、車がこなくなったらすみやかに他の方向へ青を移すように工夫されているものである。その仕組みを詳述すると、青時間を初期青時間帯と延長青時間帯とに分ける。初期青時間帯というのは、少なくとも信号が青になったら停止線のところに止まっていた先頭の車だけは、発進加速して交差点を通り抜けられることを保障するために設ける時間帯である。実際には、歩行者の横断があるのが普通であるから、実用上は、この歩行者横断時間で初期青の時間がきまる場合が多い。

初期青時間帯が終わると、延長青時間帯に入る。この時間帯では、後続車が感知器上を通過するごとに、一定の青時間を1単位ずつ延長してゆく。この1単位の時間のことを単位延長青時間と称し、延長青時間帯の中では、1つの感知があつてから、1単位延長青時間が経過してしまう以前に次の感知があれば青は順次延長されてゆく。そして、この1単位以上車がとぎれると、その方向の信号は黄に変わり、続いて赤になってしまう。なお、この青の延長には、あらかじめ許し得る最大値を設定しておいて、この最大値のところまで青が延長されてくれば、後続車があつても強制的に青を止めてしまう。

この感応式制御は、交通感応の機能を交差点の各流入路の全部に与えるか、一部に与えるかによって、全感応式と半感応式とに分けられる。

全感応式というのは、各流入路ともに交通量が多く、いずれの流入路も平等に感応機能を有するものである。半感応式というのは、たとえば、交通量の非常に多い幹線道路に比較的小さい横丁が交差しているような場合に、その横丁のみに感応機能を持たせておいて、常時は幹線道路の方を青にしておき、横丁には、交通需要があったときのみ、しかもその交通量に応ずる最低限の青時間を与えることによって、能率的な信号制御を行なうものである。なお、最近急速に増加しつつある押しボタン式の横断歩道用(単路用)信号機も、この半感応式信号機の一つとみられるものであり、正規の半感応式と異なる点は、歩行者の一人一人を感知することは技術的に困難であるので、初期青時間、延長青時間等の考えはすべて排して、歩行者感応(ボタンを押したこと)があれば、横断人数のいかんにかかわらず、一定の青時間を与えるようにしているものである。

車両感知器は、当初ゴムチューブを用いた例もあるが、現在は、ループコイル式を用いており、今後は、超音波式のものも多く用いられるようになるであろう。また、感応式信号機は、ほとんどの場合、電子式の装置である。

(3) 多段切替式系統信号機

多段切替式系統信号機は、系統信号制御を、交通実態に応じて定時に切り替えるもので、各ローカルコントローラーにいくつかの制御パターンをあらかじめ設定しておいて、これらを電線で接続し、その中心に一つの主制御機を置き、これで全システムの同期をとりながら、その主制御機に設けられたプログラムの切替え装置により、全システムの信号パターンを定時に切り替えるものである。初期のものは、この切替えを人手によって行なっていたが、最近では、円筒形のプログラム切替え装置(1週間分の切替プログラムを設定できる)により、自動的に切り替えることとしており、最も新しいものは、朝、昼、夕方、深夜の4段切替え方式を採用している。

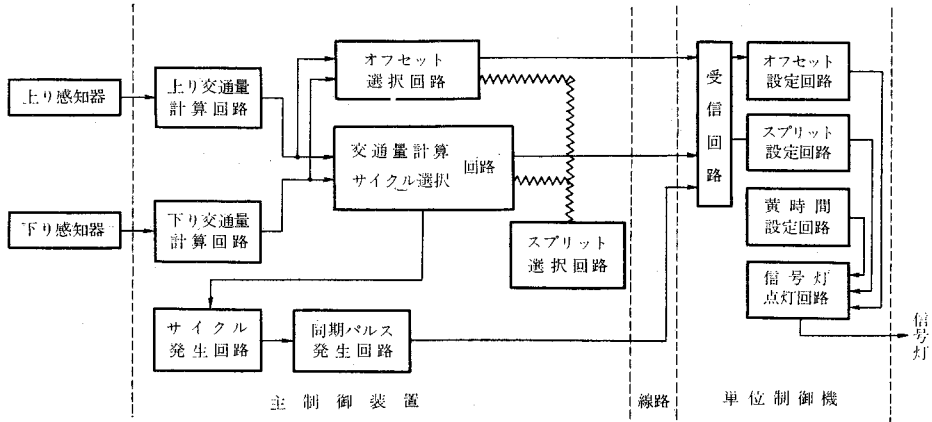
(4) 自動感応式系統信号機

図-2は、本装置の構成図である。

上り、下りの各感知器から主制御装置へ入ってきた情報は、それぞれの計算回路で電氣的に1時間交通量として計算される。このデータは、上り、下り加えられて合計交通量となり、サイクル選択回路を制御する。サイクル選択回路には、交通量の値に応じて何種類かのサイクル長が選択できるよう、あらかじめダイヤル設定がなされている。わが国では普通6種類をとっている。

また、上り交通量と下り交通量とは、オフセット選択回路に入り、比較回路にかけられる。比較回路では、あ

図一 自動感應式系統信号機の構成図



注：wwwwww は設計者の判断によりあらかじめオフセット選択回路かサイクル選択回路かのいずれかにリンクされる。

あらかじめ設定されている値と比較して、上り交通量が多いか下り交通量が多いか、あるいは両者に差が認められないかを判定して、「上り優先」、「下り優先」、「平等」のオフセットパターンのうちいずれを選定すべきかを決定する。なお、オフセットパターンには、このほか混雑時用として、完全同時のパターンを入れて4種類にするのが普通である。

スプリットは、4種類の選択ができるようにするのが普通であって、これの選択は、サイクルの選択またはオフセットの選択と、ある一定の関係の組合せであらかじめ接続しておくのが普通である。

以上のようにして、その時点でのサイクル、オフセット、スプリットが選択されると、サイクルは同期用パルス間隔の形で、オフセット、スプリットはそれぞれのパターン番号で、電線を通して各単位制御機へ送られる。

各単位制御機には、その地点ごとに応じた各パターン番号に対応する実際のオフセットの値、スプリットの値が設定されていて、これに同期信号を通じて送られてくるサイクル長、制御機に設定されている黄時間等を組み合わせ、信号の点灯回路を制御し、信号を所定の色に点灯させる。

なお、信号制御パターンの切替えに伴って生ずる技術上の問題として、切替え時の混乱防止の問題がある。たとえば、たまたま青が始まった直後に切替えを行なうことになったとする。このとき新しいパターンでは、オフセットの関係から赤であるべき時点だったとするならば、そのままだちに切替えが行なわれると、青が数秒出ていきなり赤になるという奇怪な信号が出て、交通が混乱するのみならず衝突の危険を生ずる。このような事態を生じさせないよう、切替えはある程度の時間をかけて徐々に行なわせるという機能を与えておかなければならない。この機能は、単位制御機にもたせておくのが普

通で、現在わが国では、単位制御機が切替え指令を受けてから、それに続く数サイクルの間に、変化量を等分に分けて一步一步新しいパターンへ入ってゆくという方法をとっている。

そのほか、この制御の場合には、ひんばんなパターンの切替えが起こる可能性もあり、かえって交通の混乱を生ずる恐れがあるので、1つのパターンが選択されたら、一定時間は必ずそれを持続させるよう、一部感度の抑制を与える措置を講じたり、交通状況が交通量による制御の範囲を逸脱するような事態になったときは、手動で強制的に所要パターンを選択できるような機能も付加されている。

(5) 銀座地区広域信号制御施設

このシステムは、昭和40年に銀座地区約1km²の40信号機を対象として建設されたものであるが、近く、後述する広域交通制御システムの建設に伴い、その運用を休止することとなっているものである。しかし、これはわが国で初めてつくられた面的制御システムであり、その効果を非常に発揮したものであって、ここにその考えの骨子を簡単にご紹介しておく。

このシステムは、一口にいえば、前項で述べた自動感應系統式の考え方を、網の目状の街路網について敷衍したものである。すなわち、車両感知器を東西方向、南北方向のそれぞれの主要2路線ずつに計4ヵ所設置し、それらから得られる情報を電子計算機で処理し、次に示すようなパラメーター構成によって得られるパターンの中から最適なものを選択して信号制御を行なうものである。ここで注目されるのは、被選択パターンの数が多いことと、東西方向、南北方向の最適オフセットパターンを別々にとっている点とである。

① サイクル 50 秒、平等 オフセット (O_1)、普通ス

プリット (S_1)

- ② サイクル 60 秒, 70 秒, 80 秒, 90 秒, 100 秒, 110 秒

オフセット 最大平等 (O_2, O_3), 北優先, 南優先, 東優先, 西優先

スプリット 普通スプリット (S_2, S_3)

- ③ サイクル 120 秒, 遅れ最小オフセット, 混雑時スプリット (S_4)

本システムの装置構成については, 主制御装置として計数型電子計算機を用いているほかは, 基本的には前項で述べた自動感応式系統信号機とほぼ同様である。

4. 交通管制システム

以上述べてきたように, 東京における交通制御方式は, 交通情報センターを中心とするいわば人的交通制御と, 交通信号制御方法の高度化による機械的交通制御とが, どちらかといえば二元的な形で進んできた。しかし, 都市交通激化の重圧はいよいよ厳しくわれわれの背にのしかかり, その一元化の必要が痛感されるようになってきた。すなわち, 交通情報センターにおいては, 交通渋滞報知器が手動操作であるための情報把握の正確さ, 迅速さの欠陥や, 異常交通発生の場合の信号臨時調整の不便さが問題となり, 自動感応式系統信号機や銀座地区広域信号制御装置においては, 異常交通発生下におけるみかけ上での交通量の減少からくる主制御装置の自動的判断のあやまりが目立ち, また, これら信号制御システムの主制御装置が対象地域内に個々に置かれるため, 手動による応急修正が困難であり, 障害発生時の認知も容易でないなどいくつかの問題点が具体化してきた。

こうした事態に対処するためには, どうしても制御中枢の集中化, 人的制御と機械的制御の一体化をはかって, いわば交通管制システムともいわれるべき総合的なものがつくられなければならないという考え方が強まってきた。

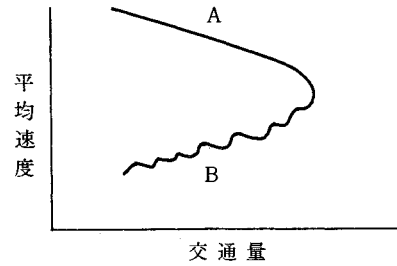
(1) 自動感応式系統信号機の集中監視制御

こうした事態に対処するための一つの方策として, 昭和 42 年, 警視庁において, 自動感応式系統信号機の集中監視制御方式という考え方による装置が建設された。この考え方の基本は, 次の 3 点である。

① システム制御の基本因子として, 従来の交通量のほかに平均速度を加え, 交通密度による信号制御を行なう。

② 従来ローカルに置かれていたパターン設定盤や定数設定盤を, すべて中央 (交通情報センター) へもってくる。

図-3 交通量—平均速度関係図



③ 感知器から得られる情報の処理によって, 交通の異常を検出し, 交通情報センターのコンソールに知らせる。

このシステムの出現により, 前に述べた問題点に対し, かなり良好な改善が得られつつある。

交通の流れには 図-3 に示すような特性がある。交通量が比較的少ないときは, 車の平均速度はかなり高いが, だんだん交通量が増してゆくと, 車の自由走行は次第に制限を受け, 平均速度はしだいに下がってくる。そして, ついに道路の能力いっぱいのところまで達する。これまでが 図-3 の A の部分である。このように, 道路の能力いっぱいになり車が行き詰ると, さらに多くの交通需要があったり, なんらかの原因で道路の能力が落ちてくると, 車は動けなくなり, 図-3 の B の部分へ落ち込み, 速度は落ち, 交通量は急速に減少してくる。これがすなわち交通の異常状態である。交通量のみを基本因子として交通流制御を行ない得るのは, 図-3 の A の範囲であって, B の範囲にあるかどうかを知るためには, 交通量と平均速度の両方を知らなければならない。

この交通流の特性を基本として昭和 42 年, 警視庁において, 自動感応式系統信号機に一部機能を付加して, 図-4 に示すような集中監視制御方式を完成した。写真-1 は, その設置状況の一部を示すものである。

動作の概要を説明すると, 道路上の代表地点に設置された感知器の出力は, 電話線を通じて電氣的に本部の計数型電子計算機へ送られ, ここで処理されて, 1 時間交通量, 平均速度および交通密度が計算される。交通量と平均速度とは, 数字表示管によって表示部に表示されるとともに, 異常交通状況 (交通量と平均速度がいずれも減少した場合) になったときは, 警報ブザーが鳴動する。また, 交通密度の値は, 系統主制御部に入り, 自動感応式系統式の場合に準じた制御方法で, そのシステム内の最適信号パターンを選択し, 定数設定部にあらかじめ設定されている各交差点の信号タイミングの値に応じて, それぞれの信号の青黄赤の切替え時点を決定し, その指令を電話線で端末へ送る。端末では, 付加装置がこの指令を受信して信号の点灯回路を動かし, 信号の切替

図-4 自動感應式系統信号機の集中監視制御方式の構成図

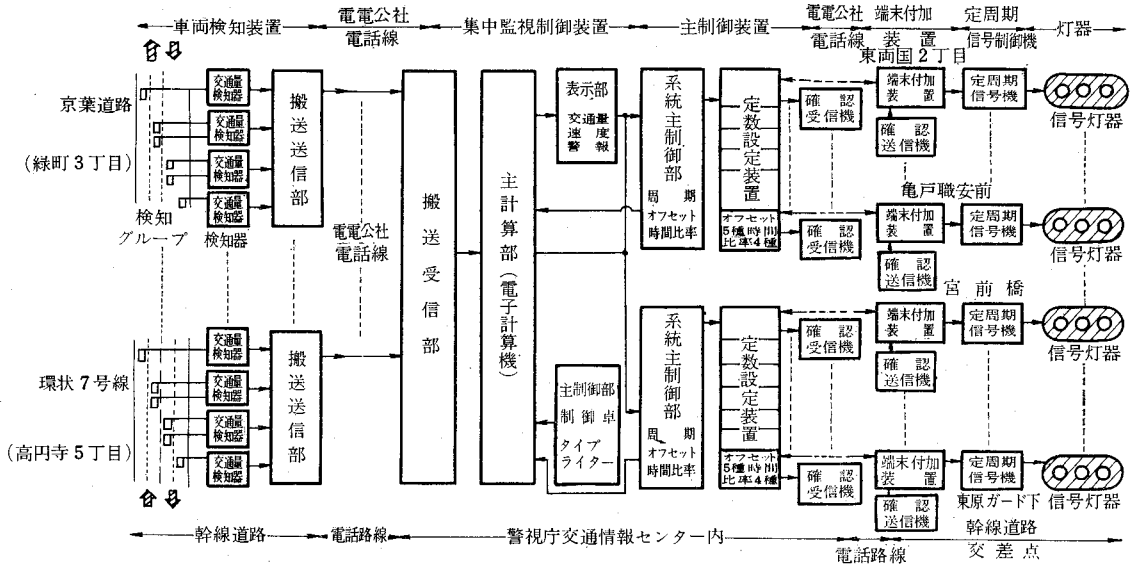


写真-1 交通情報センターの一部



えを行なう。この場合には、点灯回路は、従来から設置されていた定周期式制御機のものをもそのまま使用している。

なお、途中の線路の障害による誤動作を防止するため、端末から現在の信号表示の種類を中央へ送り返して、これと照合したうえで信号切替え指令を出すなど、技術的な細部の対策が考慮されている。

(2) 広域交通制御システム

目下新たに建設中のシステムは、図-5 に示す約 5 km²、120 信号機を制御するもので、用いられる車両感知器の数も約 200 におよぶものである。このシステムに用いられる装置は、基本的には集中監視制御システムのものと同様であるが、床面積を節約するために、定数設定はすべて紙テープの変更によるプログラム修正で行なうこととしている点、およびこれら多数の感知器から得られる情報の表示方法について、さらにこれを検討し

た上でよりよいものを開発すべく、今回はとりあえずこれを見送ったことなど、若干の相違点がある。

このシステムは5月中旬運用開始の予定であり、いくつかの斬新な考え方による制御が導入されることになっているが、これらの運用実績を見きわめつつ逐次制御内容を固めてゆく予定となっている。したがって、現時点では明確に固まった制御内容を紹介できる段階ではなく、ここでは、今回試みられようとしている新しい考え方の概要を説明するにとどめる。

① 混雑状態にある交通の制御に重点をおいた新しい考え方のプログラムを試みる。したがって、従来の交通量を基本因子とする考え方はとらない。

② 複雑な街路網においては、特に重要な交差点でのきめ細かい制御が非常に大切である。そこで、制御の重点を従来の路線中心の考え方から、交差点中心の考え方へ移す。そのため、交差点の流入路に設ける感知器の数を飛躍的に多くし、渋滞車列長の測定も新たに考えに入れることにする。しかし、系統特性は必要不可欠であって、前記スプリット制御と系統特性とをかみ合せた制御を行なうようなプログラムとする。

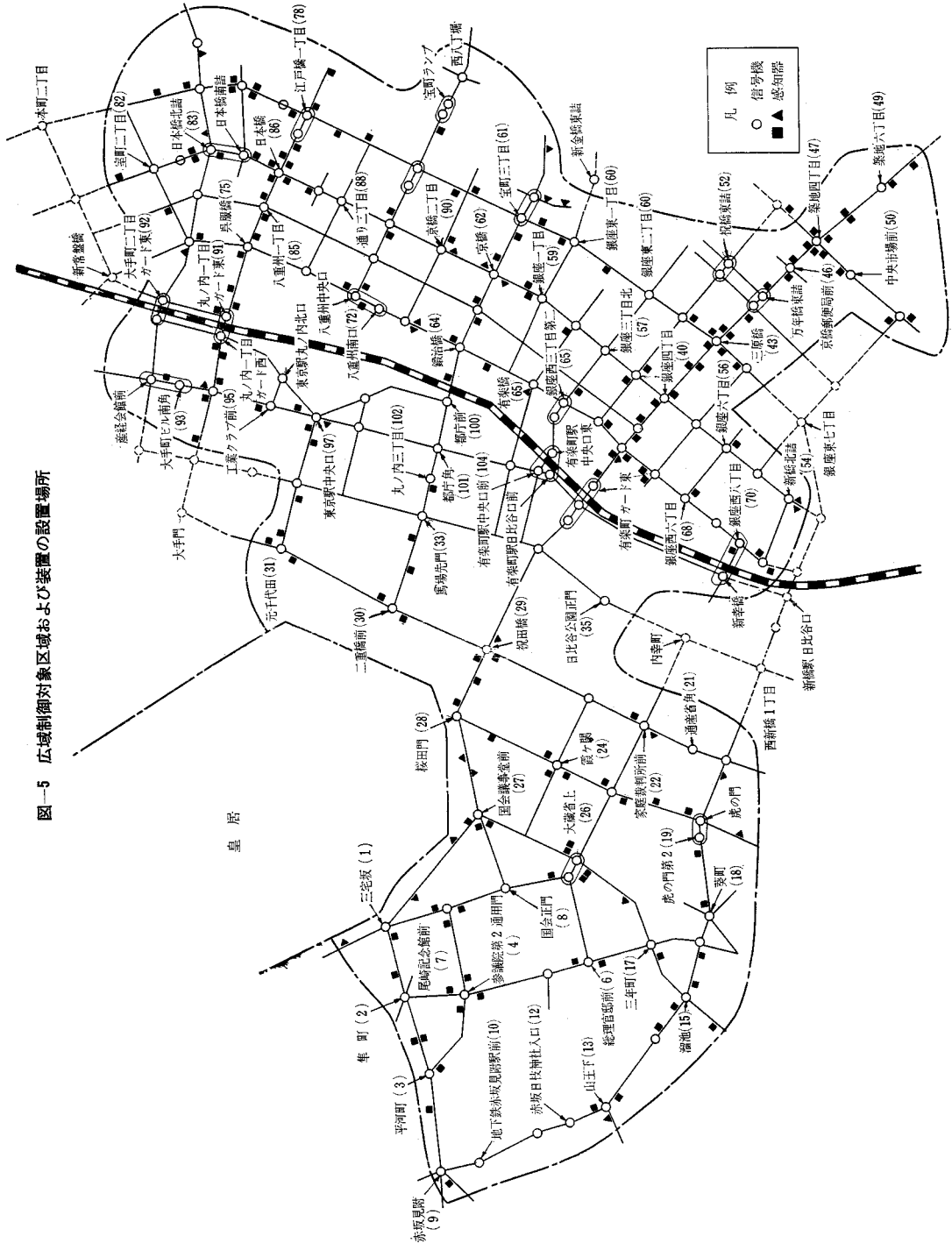
③ オフセット制御を、より円滑にするため、従来のパターン切替え方式の代わりに、時々刻々の交通状況の変化に応じて連続的にオフセットを計算制御してゆく、いわゆるプログラムフォーミング法を試みる。

④ 従来は、少数の代表地点における測定資料をもとにして、しかもこれの算術平均的な値による制御であったため、システム内の局所的な交通に対する追従が十分でなく、制御の集中力がにぶる傾向にあった。こうした点を補なおうという考え方から、“コーン”と略称される制御単位を基本にした制御プログラムを試みることに

なっている。コーンの種類として、スプリットコーン、サイクルコーン、オフセットコーン、トリーコーン、モードコーンの5種類を考える。これらコーンの編成の姿は、1つの交差点に着目してみると、それはいずれのコーンにも属しており、また、1つのコーンに属する交差点の組合せは、種類によって必ずしも同様ではな

い。

スプリットコーンは、1つの重要な交差点とこれを取りまく従属的な交差点からなる。場合によっては、1つの重要な交差点が単独でコーンとなることもある。1つのスプリットコーンの中では、9つのスプリットパターンが選択可能となっている。



図一5 広域制御対象区域および装置の設置場所

サイクル コーンは、同一のサイクル長に保たれるべき最小単位である。そのサイクルの長さは、その領域内での交通実態に最も適するよう、計算式により計算される。隣り合っているサイクル コーンは、あらかじめ決められている判断規準にしたがって、同一のサイクル長に統合された方がよいと判断されれば、統合される。こうして統合された共通 サイクルの地域を、サブ エリアと呼ぶ。

トリー コーンは、常に 1 つの経路に結ばれて、系統制御されるべき交差点で構成される。1 つのトリー コーンが 2 つ以上の隣接トリー コーンに分岐する場合には、そのいずれにつながるべきかが所定の判断規準で判断され、順次木の枝状に結ばれてゆく。

オフセット コーンは、常に必ず系統制御 されなければならないような交差点関係になっているものの最小単位である。1 つのオフセット コーンの中では、9 種類のオフセット パターンが選択可能で、交通の実態に応じて、その中の 1 つが選択される。この選ばれたオフセット パターンと前記のトリー コーンの結合によりつくられた経路によって、このシステム内の最適系統網が編成される。

モード コーンは、交通の実態の 5 分類 (過飽和、待行列、飽和、遅れ、停止) に対応して、そのコーン内がこの実態にあると判断されたときは、それらが一まとめとなって制御されなければならないと考えられる最小単位である。各モードは、それぞれの状態となったとき、最も

適していると考えられる制御プログラムを持っている。

以上 5 種類のコーン (サイクルについてはサブ エリア) の間には、全体の制御プログラムを決定するに際しての優先度があり、互いに競合する制御が要求される場合には、優先度の高い方に決定される。

⑤ 交通流のパターンの変化に応ずるため、信号現示を変更できる機能を付与している。その取り得る数は、今回は一応 3 種類までとしている。

5. む す び

新しい広域交通制御システムは、昭和 45 年度において、図-6 で述べた地域からさらに東へのびる地域 (約 6 km², 約 120 信号機) へ拡大される予定となっており、その後できる限り速かに、環状 6 号線と隅田川とで囲まれる地域 (約 178 km², 1 820 信号機) へ拡大される計画となっている。また上記地域の外側については主要放射道路および環状道路約 40 路線について自動感応式系統信号機 (集中監視制御システム) および自動 4 段切替式系統信号機を順次整備してゆくことになっている。

そして、以上のようなシステム整備に伴って得られる多数の交通情報は、交通情報センターの渋滞報知にも活用する計画であって、これらが実現したあかつきには、文字通り、一大交通管制センターが実現し、東京の街路網における交通制御の中核としての役割を演ずることとなる。

(1970.3.2・受付)

海外ニュース

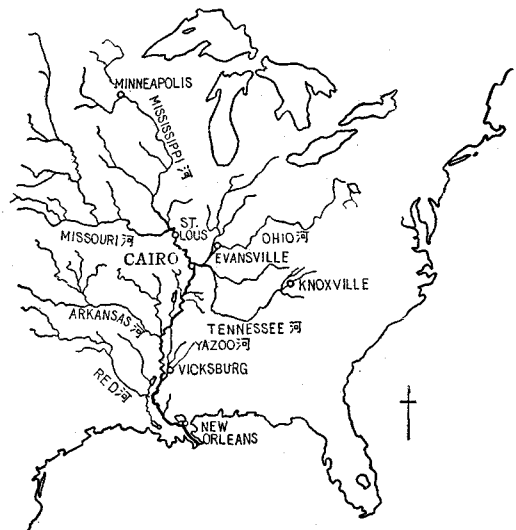
完成間近いアメリカ・アーカンソー川 総合開発計画

ミシシッピ川の支流である、アーカンソー川で、いま TVA に見るような大規模な、総合開発計画が進められており、20 年間にわたる計画、設計、工事により、12 億ドルにのぼる工事の 80% ほどが完成している。

アーカンソー川流域は、石炭、木材、鉱石等豊富な天然資源にめぐまれているが、陸上輸送ではコスト高のため、ほとんど手がつけられていなかった。そこで、これらの資源の水陸輸送を可能にするための水路と、洪水調節、水力発電、観光施設等の多目的をもった、総合開発計画が“U.S. Army Corps of Engineers”および流域の州、都市を主体として計画された。計画のあらまは、

航路全長	446 mile
高低差	420 ft
閘門、ダム	17 カ所

で、とくにこの計画で注目されることは、この河川がアメリカにおいて屈指の砂礫の流量の多い河川であるため年間を通じて航行に必要な水深を確保するのに、大きな努力が払われていることである。ダム、ロック (閘門)、護岸、しゅんせつ等について、その技術的な問題の解決方法と経済性の両面から、種々、検討を加えながら現在



に至った経過が述べられている。

“The Arkansas River Project” by Ronald A. Antonino
Civil Engineering ASCE, December 1969, Vol. 39 No. 12
(清水功雄・訳)