

交通管制の最近の問題点†

定 方 希 夫*

管制地域の拡大

カナダのトロントで電子計算機による交通信号制御が本格的に実行されてから、世界各国でその効用が盛んに検討された。アメリカでは都市街路の形態がいわゆる格子状になっているので、計算機を用いたとしてもマクロ的な方法でかなり効果が得られている。しかし、ヨーロッパや日本では都市が城下町から成長した例が多いので、街路が複雑である。したがって、その管制はかなりマイクロな手法によらなければならない。とくに古い都市は、街路の交通容量が不連続でアンバランスであるから、交通信号による管制だけでは不十分である。1970年になってから公害からの人間性回復問題が強く叫ばれるようになり、大気汚染防止、歩行者往來の優先、交通事故の撲滅などが大きな世論となってきた。

このことは、アメリカや西ヨーロッパだけでなく、広大な国土を有するソ連などでも同じように問題になりつつある。また、東欧諸国でも、バケーションのための通過車両が市内交通と重なって都市交通を混雑させており、その対策に懸命である。

わが国においては、1964年ごろより専用アナログ計算機を使ってマクロ的に交通流を処理する系統式信号機が開発され、1965年から66年にかけて、東京銀座では第2世代の電子計算機を使った信号の面制御が実験的に実施された。

系統式信号機はその後全国的に普及し、幹線道路の交通流は非常によく流れるようになった。系統式と時を同じくして、ボトルネック交差点に対しても地点感応信号機が設置され、専用のハードウェアで、感知した車の数に比例し

た青時間を与えるような信号制御をするようになった。

このように、点と線の交通制御は実用段階に入っているが、街路網の制御や広域的管制については、ようやく研究開発の段階をすぎ、今後の発展が期待される場所である。世界各国でいままで設置運用された街路網制御や街路交通情報の代表的システムは、つぎのようなものがある。

- (1) カナダ；トロント交通信号制御
- (2) アメリカ；ウィチタホールズ、サンホセ、ニューヨーク交通信号制御
- (3) イギリス；ウェストロンドン、グラスゴー交通信号制御
- (4) スペイン；マドリッド交通信号制御
- (5) 日本；旧銀座広域実験、東京広域交通信号制御システム、神奈川交通管制センターシステム、埼玉・愛知・京都・福岡交通管制システム

これらのシステムは、いずれも第3世代の計算機によって交通情報を自動収集し、信号機を個別に直接制御できるようになっている。

わが国においては、これら技術上の成果と世論をバックに、交通管制に関する5カ年計画が警察庁によって作成され、予算化されることになった。

この計画では、人口30万人以上の都市を総合的に

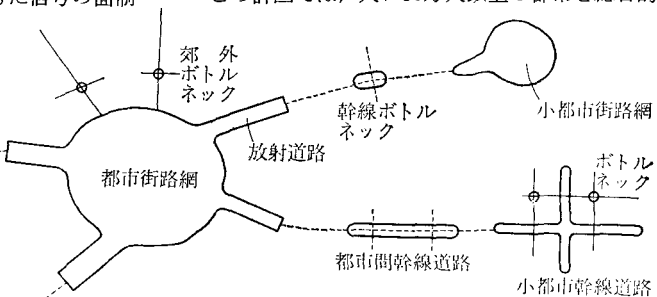


図-1 交通管制の規模

† 1971年1月19日 第1回月例講演会講演。

* 松下通信工業㈱。

交通管制しようとするもので、その規模は図-1に示すような形になる。東京の例では、環状6号線で囲まれた街路網地域と、そこから放射状に伸びる幹線道路と八王子や町田などのような小地域が含まれることになろう。都市中心街路網は年々その直径を拡大しているの、環状6号から7号へ、さらに8号へ広がることは必至であろう。試算によれば、環状8号で囲まれた地域に約8,000の信号が設置されるようになるとのことである。

このように、都道府県の中心に設置されるものを管制センターと呼び、周辺の小地域に設置されるものをサブセンターと呼んで、この両センターの間は高速度の通信回線で接続されることになる。管制センターはさらに上位のシステムあるいは隣接のセンターと接続されるようになるであろう。

交通管制施設の内容

交通管制というのは、信号機の制御だけでなく、かなり幅広く考えられている。ここで取扱われる制御の内容あるいは施設の内容をつぎに列記する。

(1) 交通信号制御

- 地点多段定周期 (MULTI-DIAL SIGNAL CONTROL)
- 地点感应式 (VEHICLE ACTUATED SIGNAL CONTROL)
- 押ボタン式 (PEDESTRIAN ACTUATED SIGNAL CONTROL)
- 自動感应系統式 (VEHICLE ADJUSTED MULTI-PROGRAM COORDINATE SIGNAL CONTROL)
- 面制御 (NETWORK SIGNAL CONTROL)

(2) 交通指導装置

- 渋滞表示装置 (CONGESTION DISPLAY)
- 誘導回表示装置 (ROUTE GUIDANCE DISPLAY)

その他の表示装置 (TRAFFIC INFORMATION, ROAD CONDITION DISPLAY)

(3) 道路標識

- 進入禁止、一方通行、指定方向外進入禁止、追越禁止、駐停車禁止、速度指定あるいは警報など

(4) 道路表示

- 通行区分帯、導流線

(5) 高速道路安全施設

交通管制施設のなかでも、従来は、交通信号と道路標識が必ずしも一元的に取扱われていなかったり、交通指導装置がほとんど利用されなかったり、高速道路との関連が薄かったりであった。これらの手段はいまや別々に存在することができなくなってきており、しかも、ダイナミックな運用が必要になってきた。交通管制センターはいろいろな管制の手段をシステムとしてまとめあげ、フレキシブルに運用することを目標にしている。交通管制のシステム構成は図-2に示すようなものが計画されている。図-2には記入してないが、サブセンターが付属する場合には、通信制御装置を介してセンターのCPUとサブセンターのCPUが接続される。

交通管制官は管制卓や対話用装置を介してシステムに介入することができる。とくに管制卓には有線、無線の電話が接続されているので、管制官が割り込むことによって、電話から得た他の情報を追加した

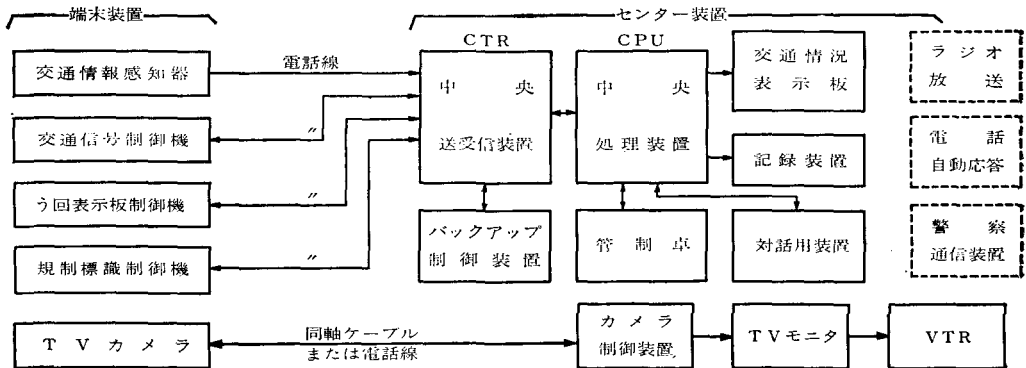


図-2 交通管制システム構成

り、このシステムの情報を外部へ発表したりすることができる。制御装置以外にも、図のようにラジオや自動応答電話によって情報を流すことができる。

交通信号制御

交通信号制御は管制システムの重要な要素である。とくに電子計算機が直接信号灯器を点滅できるので、いままでになかった新しい制御方式が可能になってきた。

交通信号は道路交通法で定められているとおりG、Y、Rの3色の灯器で交通流を時間分割するものであるが、その動作はサイクリックである。その一巡の長さをサイクル長(C)、G+Yのサイクルに対する割合をスプリット(μ)と呼んでいる。ほかの信号に関係のないある1つの信号機だけをとってみれば、制御のパラメーターはサイクル長とスプリットと黄色(Y)時間だけである。

(1) 地点信号制御

この制御方式はすでに確立しているとみてよい。いま任意の交差点の一方の流入交通容量を P_i 台/時、流入交通の需要を Q_i 台/時とすれば、

$$\rho_i = Q_i / P_i$$

これを飽和度と称している。交差点が東西南北の4叉路であれば、東と西の流入路の飽和度の大きいほう、南と北の飽和度の大きいほうをとって加えれば、交差点全体の飽和度となる。

$$\rho = \rho_1 + \rho_2$$

信号をGからRへ切り換えるつぎめのクリアー時間を a_i とすれば、まえと同様に

$$A = a_1 + a_2$$

信号サイクルの最小条件は

$$C_{min} = A / (1 - \rho)$$

となる。 a_i の値は交差点によってほぼ一定とみることができるから、交通需要を測定して ρ を計算すればサイクル長を求めることができる。スプリットは ρ_1 と ρ_2 を比較すれば直ちに求められる。

電子計算機はこのような測定と計算をして制御するわけであるが、短時間の変動に追隨した制御のやり方もある。それは、流入路に車両が到着するごとに必要なある一定時間の青を延長する方法である。これをVEHICLE ACTUATEというが、計算量が増加し短時間に判定計算をしなければならないので、計算スピードが速い必要がある。

このほか、流入路の待ち行列長によってGの時間を延長したり、平均待ち時間を計算してスプリット

を決定したりする方法がある。

(2) 系統信号制御

幹線道路では、短い間隔において信号が連続して設置してある場合が多い。信号の間隔が短いと隣接信号機との相関が大きくなり、流入する交通がランダムではなくなってくる。図-3にこの関係を示すが、I信号とJ信号の距離 l_{ij} が数百メートル以下であれば相関は大きいといわれている。

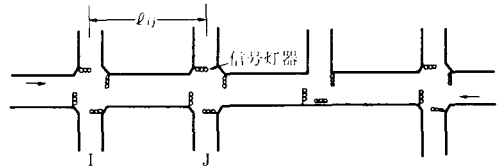


図-3 連続して設置した信号機

I信号に到着するランダム流の交通量レートを $q_i(t)$ とすれば、赤信号Rによってできる待ち行列の台数 Q は、

$$Q = \int_0^{R+\tau} q_i(t) dt$$

待ち行列の長さ l は

$$l = Q / K_j = 1 / K_j \int_0^{R+\tau} q_i(t) dt$$

ただし K_j =Jam Density (台/km)

となる。待ち行列から発進していく車両は図-4の

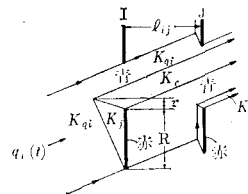


図-4 I信号を発進する車群

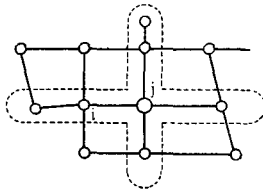
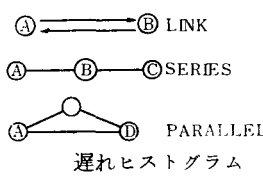
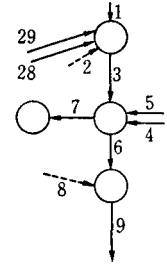
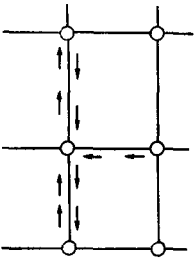
ごとく、かなり高い密度(K_c)と、到着波と同じ密度(K_{qi})と、零密度の3種類になる。

この波形が l_{ij} の距離を走行するとその形と位相が異なり、しかもゆがんでくる。この位相差をオフセットと呼び、ゆがみの程度をスミージングファクターと呼んでいる。

系統信号では、このようにオフセットというパラメーターが必要になってくる。計算機は前述のサイクル、スプリットのほかに、走行速度(V_s)や図-4のような到着波形をみながらオフセットを計算しなければならない。

このオフセットは、交通量 $q_i(t)$ と距離 l_{ij} とから定まるパターンとして与える場合と、J交差点直前で波形を観測しながらリアルタイムで計算する場合

表-1 面制御オフセットの計算法

MODEL名	モデルの概要	演算	実施都市	効果	備考
CHANG	 <p>変数：交通量、待ち行列長 仮定：交差点での右左折なし すべての車は等速 評価：Total Delay を Min. $D = \sum_j \int_0^T q_j(t) dt$</p>	OFF-LINE でオフセットを計算し、パターンを組立て.	SAN-JOSE (NETWORK, ARTERY)	delay/car を実測し従来に比し10%減小した.	(1)
COMBINATION METHOD (G. L. C. COMBINATION METHOD)	 <p>変数：交通量、速度 (既知) とオフセットによる 遅れヒストグラム LINK DELAY, SERIES DELAY, PARALLEL DELAY から NETWORK の TOTAL DELAY を計算, 最小化</p>	OFF-LINE でオフセットパターンを計算.	WEST LONDON, GLASGOW (NETWORK)	TRAVELING TIME 9~16%減 DELAY 18.5%減 人身事故 14%減 省力 28人→13人	(2) (3)
TRANSYT	 <p>仮定：すべての信号は同一か1/2のサイクル。交通量はすべての流入路共に一定のレート (ネットワークへの流入のみ) 右左折率はすべて既知。 評価：地域全体の停止台数を最小にする。</p>	OFF-LINE 流出交通流の波形, スムーズイングファクターによる到着交通流の波形. 停止台数の計算.	GLASGOW (NETWORK)	JOURNEY TIME 16%減 NETWORK CAPACITY 25%増	(4)
TOKYO	 <p>変数：交通量(飽和流) 行列長の微係数 仮定：飽和流は一定という仮定の場合は流出Detector節約。 評価：NETWORKの TOTAL DELAY, 交通量最大, 停止回数最小 その他, 行列解消 } 解消時間あるいは渋滞 渋滞解消 } 度 停止モード } という制御ランクを設けモー 遅れモード } どごとに評価関数を定めてい 容量モード } る。 行列モード } 渋滞モード }</p>	ON-LINE モード計算. サブエリア計算. パターン計算. オフセット自動制御. スプリット自動制御.	東京 銀座, 国会周辺, 虎ノ門周辺, 大手町周辺.		(5)

- (1) A. CHANG. *IBM JOURNAL*, JULY 1967, 436-441.
- (2) J. A. HILLIER. *TRAFFIC ENGINEERING & CONTROL*, JAN. 1966, 569-571.
- (3) 猪瀬他, 調査団報告 (非公開).
- (4) D. I. ROBERTSON, *TRAFFIC ENGINEERING & CONTROL*, OCT. 1969, 276-281.
- (5) 交通工学研究会資料および交通工学.

合の2方法がある。自動感応系統式では前者をとっているから、演算は比較的容易である。

(3) 面制御

街路網の制御は幹線道路の系統制御より複雑で、検討すべき項目が多い。なかでも重要なものは、つぎの諸点である。

- (a) 地域の分割
- (b) 交通状態による制御の評価基準の変更
- (c) オフセットの計算
- (d) 時間配分（スプリット）の計算
- (e) 待ち行列の処理

これらの問題点のなかで多くの研究結果が発表されているのは、オフセットの計算法である。

表-1はすでに発表されたものなから、おもなオフセットの計算法についてまとめたものである。

いろいろな道路で構成される街路網は、交通容量、交通流、交差点パラメーターなど変動要因が多く、速い応答の制御がむずかしい。しかし、平均化の時間が大きいと制御系が発振することがある。したがって、予測の手法が重要になってくる。

交通指導装置

交通信号制御の限界は交差点個々の飽和度が100%までの状態である。しかし、実際は地域内のすべての交差点あるいは路線が平等に使われるのではなく、特定の地点や路線に交通が集中するものである。また、交通事故などによって急に任意地点の交通容量が激減することがある。このように、地域内の交通密度がアンバランスであることは、街路網を有効に使用しているとはいえない。つまり、密度の均一化が有効な1つの手段といえる。

街路網のなかの特定地点、あるいは特定路線が定期的にボトルネックであれば、交通規制でこれをカバーできるかもしれないが、ボトルネックが時間的に移動したり突然発生したりする場合は、従来のいわゆる規制ではうまくゆかない。そこで、交通指導装置を管制システムに組み込んで運用することになった。

現在実用されている指導装置は、つぎのごときものである。

(1) 道路や気象の状況を表示するもの

これは、主として道路管理者が運用しているが、道路工事の状態、霧、雪、氷結、視界の状態、交通事故などを表示している。都市間高速道路ではとくに必要な指導装置である。

(2) トンネル内の状況を表示するもの

自動車専用トンネルでは交通事故と空気汚染がもつとも注意されている。したがって、トンネル入口にこの状況を表示して、進入を禁止したり、車頭間隔を調整したりできるようになっている。

(3) 渋滞表示、誘導回表示

市街地の交差点やボトルネックでは、待ち行列が全体の交通能率を低下させる。とくに街路網では、ある方向の待ち行列のためにそれと直角方向の交通が阻害されることがある。このような状態になると渋滞は四方へ拡大し、街路網をうめつくしてしまうことになる。渋滞の表示は、このような状況を道路をさかのぼった上流に表示して、その地域への進入を抑制しようとするものである。

都市内高速道路でも、ある地点に渋滞が発生すると、オンランプ、オフランプを閉塞してしまうから、隣接ランプへの出入も阻害するようになる。したがって、渋滞が発生したら上流側のオフランプで一般街路へおろせば、ネックはその区間だけとなり、他は有効に使えることになる。このような場合には、渋滞表示や誘導表示が効果をあげるのので、すでに使用されているか設置が立案されている。

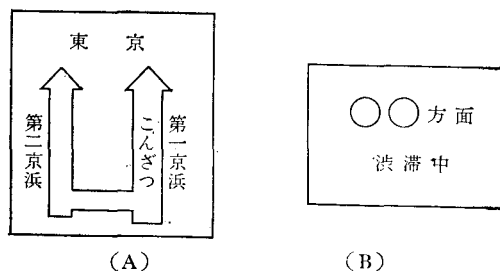


図-5 渋滞回表示

表示装置はいろいろな方法が試みられているが、大きさやコストの制限があつてむずかしい。

図-5に代表的な例を示しているが、Aはルート別の渋滞度を比較して、渋滞度の絶対値がある値をこえた場合は、相対値の大きいほうを「こんざつ」と赤点滅によって表示することにより、他のルートへ回させようとするものである。Bは電光文字で、渋滞する地点、地域、ルートなどを示そうとするものである。

(4) 道路標識

道路交通法で規制標識が定められているが、これはスタティックなものである。とくに標識のなかに数字の入ったものは規制の時間帯を規定しているが、この数字は普通の走行状態では読み取ることがむず

かしい。

交通管制システムでは、このような標識を可変標識として、遠方制御することにより、任意の時間にダイナミックに表示変更をしようとするものである。標識板から時間帯指定の数字を抜き取ることによって見やすくし、遵守性を向上できれば、別な面の効果も期待できる。しかし、半面、規制標識は固定的なものであるという先入観があるので、ダイナミックな変更が可能かどうか疑問視するむきもある。

いずれにしても、交通信号、渋滞表示、可変規制標識を混用すれば、従来おこない得なかった複雑な制御が可能となり、とくに渋滞時には効果があるのではないかと考えられる。

(5) 道路表示

わが国の道路は一般に幅員が狭いので車線（走行レーン）の概念が薄いのが、幅員の広い道路ではレーンマークがなければ走行できない。TWO-WAYの場合には、上り下りそれぞれ同じ幅が原則になっているが、これを交通需要に合わせて変更できればつごうがよい。

シカゴ市内のミンガン湖畔を走る道路では、通勤ラッシュを処理するためにレーンチェンジを以前からやっている。理想的なレーンチェンジは5車線道路で、平常は上下各2車線ずつとし、真中の1車線は緩衝地帯にしておく。この道路を朝の通勤ラッシュは上り3車線、下り2車線として使い、夕方はこの逆にする使い方である。この使い方では、真中車線は上り交通、緩衝地帯、下り交通、緩衝地帯という順に切換えが行なわれるから、危険なしに制御が

できる。4車線道路で3：1に切り換えようとするとき、切換過程の処理がむずかしい。

レーンをわける表示には、コーンラバー、コンクリートブロック、綱、青赤の信号灯器、矢印表示などが使われているが、自動的に制御するには信号灯器や矢印表示が便利である。この表示は数十メートルから数百メートルの間隔ごとに密におこななければ危険である。

交通管制の今後の問題

いままで述べたように、各種の手法を使って交通管制を行なうようになってきたが、道路交通管制の最大の難問は、不特定多数の車両を制御対象とすることである。

車の性能や運転技術や、その行き先にはバラツキが多く、1メートル先の行動もわからない。したがって、現時点の情報で制御しなければならぬ。ミクロな制御をするためには、あらゆる地点に無数の情報感知器を置かなければならぬが、これは制約条件が多くて実行不可能であろう。少ない情報でいかに推定するか、これは1つの課題である。

将来は、車両すべてが管制システムと直接対話できるようになるかもしれない。そうなれば、地点的、時間的な需要の推定は容易になるであろうし、制御も可能になってくる。すなわち、交通管制の将来は、無数の情報感知器が施設として設置できるか、すべての車両と対話できるかのいずれかが解決できれば、1つの飛躍があるものと考えられる。

.....月例講演会にご参加ください.....

本誌第14巻第3号でお知らせしたように、46年1月から、毎年1回“月例講演会”が開催されています。第5回までの講演会は、下記のようなテーマと講師で開催されました。

- 第1回（1月） 交通管制の最近の問題点（松下通工・定方希夫氏）
- 第2回（2月） 整数計画法における最近の進歩と動向（防衛庁・成久洋之氏）
- 第3回（3月） 電気事業におけるOR（電力中研・若林 剛氏）
- 第4回（4月） PPBSの問題点（防衛大・今村和男氏、国鉄・矢部 真氏）
- 第5回（5月） 新日本製鉄・君津製鉄所情報処理システム（新日鉄・舟木義治氏）

第4回からは、資料代として100～300円程度の参加費をいただくようになっておりますが、事務処理の都合上、そのつど領収書等の発行ができませんので、1年分前納の制度を設けて、請求書・領収書が必要な方のご便宜をはかっております。代金は下記のとおりですが、1年後の清算はいたしませんので、ご承知おきください。

賛助会員（会費1口につき3名まで）・・1名につき3,000円 **個人会員**（通常・名誉・学生会員およびフェロー）・・3,000円 **その他**・・5,000円
 なお、資料郵送をご希望の場合は、郵送料として年間600円が加算されます。月例講演会の開催日は、毎月1回“OR学会だより”でご案内しております。皆様の積極的なご参加をお願いいたします。