

今後の交通管制は何をめざすか

高羽 禎雄*

交通管制は、変動する交通実態や事故などの異常事象に対応して、交通の安全と円滑を維持することを目的とする。わが国では、最近の15年間に全国で74の交通管制センターが設置されたが、そのほぼ全体にわたる運用実績の調査により、人身事故の軽減や、旅行時間の短縮などの効果があきらかにされている。世界各国で広域信号制御のコンピュータ化の初期に採用された方法は、パラメータの常時更新が必要であり、近年その改善をはかった方法や、著しい交通渋滞に対処する方法が開発されつつある。交通情報提供についても路側通信などの新しい手段の導入がすすめられており、その体系化や情報収集手段の充実が望まれる。

What Traffic Control in the Future Aims at?

Sadao TAKABA*

The purpose of traffic control is to maintain traffic safety and its smooth running responded to the varying traffic situations or the abnormal phenomena like accidents. In recent fifteen years, traffic surveillance and control centers have been installed in seventy four sites all around our country, and the reduction of accidents involving persons as well as that of travel time has been proved by the comprehensive analysis of operating experiences in almost all of these systems. The methods of area traffic signal control which were adopted in the early days of the computerized systems in the world require continuous updating of parameters. Recently, the methods which attempt to improve this weak point or those which deal with the heavy congestion are being developed. Also, new means of traffic information services such as roadside radio are introduced. Its systematic installation and repletion of the means for information acquisition are advisable.

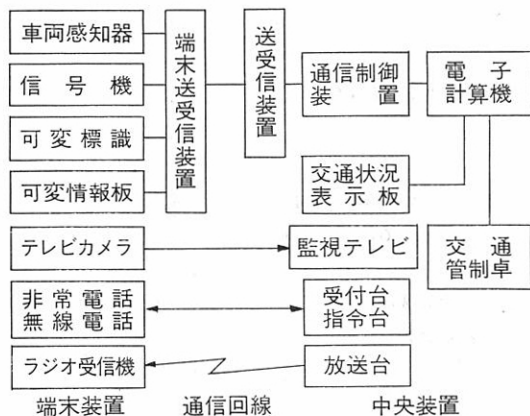
1. 交通管制の意義と形態

交通機関としての自動車の最大の特徴は、利用者が自ら車両を運転し、移動時刻や目的地・通過経路などを主体的に選択しうる利便性にある。道路整備が十分に行われ、適当な数の自動車が行き交うような交通環境が実現されていることは、道路利用者にとって理想である。しかし、今日のように多くの人口が都市に集中し、モータリゼーションに支えられて高度の産業活動や社会活動が営まれている状況の下では、経済的にもまた都市空間上の制約からも、前記のような状態を実現するのは困難であり、システムの管理を伴う交通運用によって限りのある道路資源を有効に活用し、交通の安全と円滑を維持する方策を講じなければならない。

交通管制は、時々刻々に、あるいは曜日や季節によって変動する交通実態や環境条件に応じて、あるいは事故などの予期しなかった異常事態の発生に対処して、いわゆる動的に交通管理を行うものである。管制の目的としては、事故の抑制、渋滞の解消、旅行時の遅れの軽減、排ガスや振動・騒音などの公害の回避、燃料の節約などが挙げられており、これらの互いに異なる次元をもつ評価指標は、大局的に見れば道路網の交通処理能力を最大限に発揮させ、自動車の道路網内における滞留をできるだけ短時間に行うことにより、大きな矛盾がなく両立して達成させることができる。

街路あるいは高速道路の交通管制システムは、センターに置かれたコンピュータその他の中央装置、路上に設置され、あるいは車両に搭載された端末装置、これらを結ぶ通信回線などによって構成される。その代表的な機器構成を Fig. 1 に示す。ここでは、道路上に設置されたテレビカメラや車両感知器によ

* 東京大学教授 (本学会員)
Professor, University of Tokyo
原稿受理 昭和60年10月5日

Fig. 1 交通管制システムの構成¹⁵⁾

Structure of the traffic control system

って交通の状況を把握し、交通信号機の制御、可変情報板やラジオ放送による案内や誘導などを行う。可変標識や中央線変移システムなどによる速度規制・車線規制・流入流出規制など、時間帯や交通状況に応じた動的な交通規制や、交通情報提供などの広報活動、異常事態に対処するための交通整理活動なども交通管制の一環として位置付けられる。

交通管制システムの導入は、1963年にカナダのトロントでコンピュータを用いる交通信号の広域制御が実施されて以来、アメリカ、イギリスなどの各国で行われ、1970年代には世界の多くの都市に普及するに至った。わが国においても1970年に東京で街路と高速道路の交通管制が行われており、特に1971年度から実施された交通安全施設等整備事業の一環として交通管制センターの整備が全国的に推進され、交通渋滞の解消と交通事故の軽減に寄与している。

2. 交通管制センターのもたらしたものの

わが国におけるモータリゼーションの急速な進展に伴って急増した交通事故の防止対策として、1971年度から本年度まで3次に亘って実施された交通安全施設等整備事業五箇年計画は、その開始時において年間16,000名を越えていた交通事故による死者数を10年間でほぼ半減させるという成果を得た。この間、交通信号機の増設が鋭意行われ、本年度末には全国で12万基(1970年度の約5倍)に達する見込みである。事故の軽減には、横断歩道や立体横断施設、ガードレールなどの諸施設も寄与しているが、交通事故の主要部分を占める交差点において、交通信号機を設置した効果は少なくない。神奈川県¹⁾で1981年度に既設道路に新設された交通信号機273基につ

いての設置前後各6カ月間の調査では、人身事故件数が566件から113件へと80%(3.32件/基・年)減少したことが報告されており、同様の調査が行われた熊本県²⁾(1978年度から1982年度設置の338基)、埼玉県³⁾(1982年設置の276基)でも、それぞれ76%(1.98件/基・年)、72%(0.75件/基・年)の減少が報告されている。

交通管制センターの設置は、このように急増した交通信号機の動作を交通実態に応じて適切に制御するという観点からも必要となり、1971年度以降全都道府県庁所在地47都市に本部センターが、その他27都市に都市センターが設置され、これらの下にあるサブセンターを含めて約32,000基の信号機が制御されている。これは全国の人口集中地区(DID)人口3万人以上を持つ約340都市の2%をカバーするもので、その普及の程度は世界でももっとも進んでいるとい

ってよい。交通管制センターの設置の効果については、種々の検討がなされているが、斉藤威(科学警察研究所)は全国87の交通管制センター(サブセンターを含む、但し東京を除く)の運用開始に際して行われた事前事後調査のデータを基に、定量的分析を行った結果を次のように報告している⁴⁾。

(1) センターの概況

運用開始時の制御端末(信号機)数は8~321基(平均93基)、管制エリア面積は0.8~38km²(平均9.1km²)、制御路線長は1.8~88.3km(平均22.0km)である。

(2) 事故防止効果

単位路線長および単位端末数当りの人身事故件数及び死亡者数の事前事後各6カ月間の差を各センターについて求めたものの平均値をTable 1に示す。たとえば人身事故数の事前事後の差は、例外的な場合を除いても路線長1km当り-6~12件、単位端末当り-2~3件と広がりがあるが、平均的には信号機1

Table 1 交通管制センターの設置による事故の減少
—事前事後6カ月の比較— (斉藤威 1985)
Reductions in accidents as established by
traffic control center —Six month
comparison pre/post accident
(Takeshi SAITO 1985)

| 項目 | 単位 実数 (6ヵ月) | 単位路線長当り (/km) | 単位端末数当り (/基) |
|----------|-------------------|------------------|-----------------|
| 人身事故件数の差 | 3,567 件 | 1.598 | 0.469 |
| 死亡者数の差 | 68 人 | 0.031 | 0.009 |

基当り人身事故が年間1件減少している。

(3) 旅行時間等の節約効果

各センターの管制エリアのうち1~13路線(平均4.5路線)、その路線長0.6~9.8km(平均3.91km)を対象として測定を行っている。対象路線における交通流の概況は

- 旅行時間 90~360秒/km
- 停止時間 10~100秒/km
(旅行時間の13~40%)
- 停止回数 0.4~3.2回/km
(旅行時間100秒当り0.5~1.5回)
- 旅行速度 15~35km/時

であり、Fig. 2~Fig. 5はこれらの諸量の事前事後の差を路線数の分布として示したものである。

また、これらの諸量の差の平均値を、1センター当り、単位路線長当り、単位端末当りのそれぞれについて求めたものをTable 2に示す。

Fig. 2~5及びTable 2からあきらかなように、交通管制センターの導入によって、程度の差はあるにせよ旅行時間および停止時間が短縮されるとともに信号による停止回数が減少し、平均的には1km当り約27秒、信号機1基当り約7秒の旅行時間短縮の効果が得られていることがわかる。

このように、交通管制センターの設置により、交通事故は、交通信号機を設置しただけのときよりもいっそう減少し、一方で車両の旅行速度の向上による大きな時間便益が得られることが、きわめて多数の実測結果によってあきらかにされている。

3. 交通信号制御手法の動向

交通信号は、平面交差する交通流に対し通行権を明確にして交通の安全を確保する機能を果たすことはもちろんであるが、同時に一定量(たとえば1時間当り1,000台)以上の交通量に対しては交差点での交通処理能力を向上させる働きがあり、さらに交通流を整序して道路網の運用を容易にしたり、緊急車や公共車の優先通行に役立てることも期待できる。

交通の実態に応じて信号機の動作を適正化する手法としては、朝・夕などの時間帯に応じて信号の周期やスプリット(青時間の配分比)を変更する多段制御、車両感知器により個々の車両の到来を検出して青の継続時間を変更する地点感応制御、同一路線上の一連の信号機群のオフセット(青開始の時間差)を車群の走行時間に合せて設定する系統制御など、各種の方法がコンピュータの導入以前に開発されて

Table 2 交通管制センターの設置による旅行時間等の差の平均値(斉藤 威 1985)
Average value differentials for travelling times etc.as established by traffic control center (Takeshi SAITO 1985)

| | 実 数 (/センター) | 単位路線長当り (/km) | 単位端末当り (/基) |
|--------|----------------|------------------|----------------|
| 旅行時間の差 | 1086.3 秒 | 26.5 | 6.8 |
| 停止時間の差 | 603.4 秒 | 13.7 | 3.6 |
| 停止回数の差 | 21.3 回 | 0.6 | .0.14 |
| 旅行時間の差 | -3.6 km/時 | — | — |

* 1センター当りの平均路線数4.5路線当り

いる。

1960年代におけるコンピュータの導入は、都市街路網における道路リンクの2次元的な接続関係を考慮して信号パラメータの最適化をはかる道を開いたばかりでなく、交通流情報ならびに端末機器の作動状態に関する情報をセンターで一元的に管理する手段を提供することにより、広域制御を実現させた。

1960年代から1970年代前半にかけて世界各国で開発された、いわば広域制御における第1世代の制御手法は、

定時制御:ある時間帯の交通需要を統計データに基づいて推定し、定常状態を仮定して遅れ時間・停止回数などの評価指標を最適化する信号パラメータをあらかじめ計算しておき、タイムテーブルに従って端末を作動させる方法

プログラム選択制御:交通需要をパターン化して、これに対する最適信号パラメータを求めておき、リアルタイムに計測される交通状態量から、どのパターンに近いかを選択して、対応するパラメータで端末を作動させる方法

などの方法、あるいは事実上それに近いものであった。

交通の実態に応じて信号パラメータの最適化をはかるためには、本来、交通状態の評価指標の最適化をはかるように、リアルタイムにフィードバック制御を行うべきである。しかし、評価指標の実測が困難で不正確であるとともに、交通量の変動や信号機動作の影響を除去するためのデータの平滑化によって数分以上の遅れを生じ、フィードバックが必ずしもよい結果を生じない。このため、統計データによる交通需要の予測が比較的容易であることを利用し、上のような方法を取ったものである。

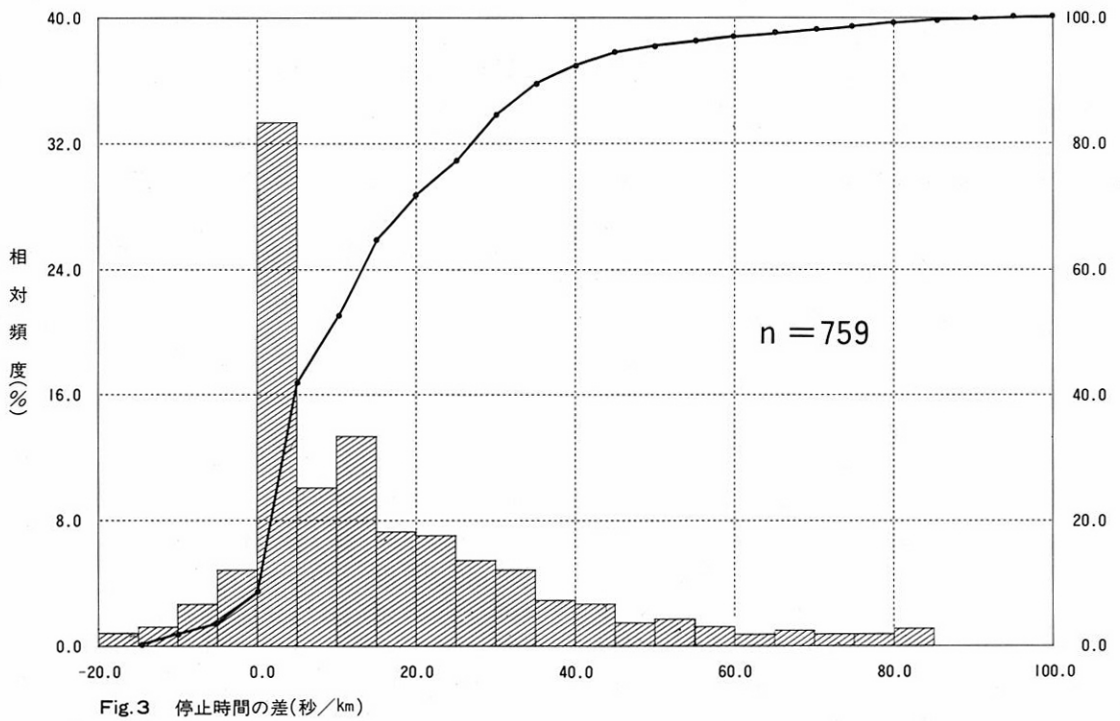
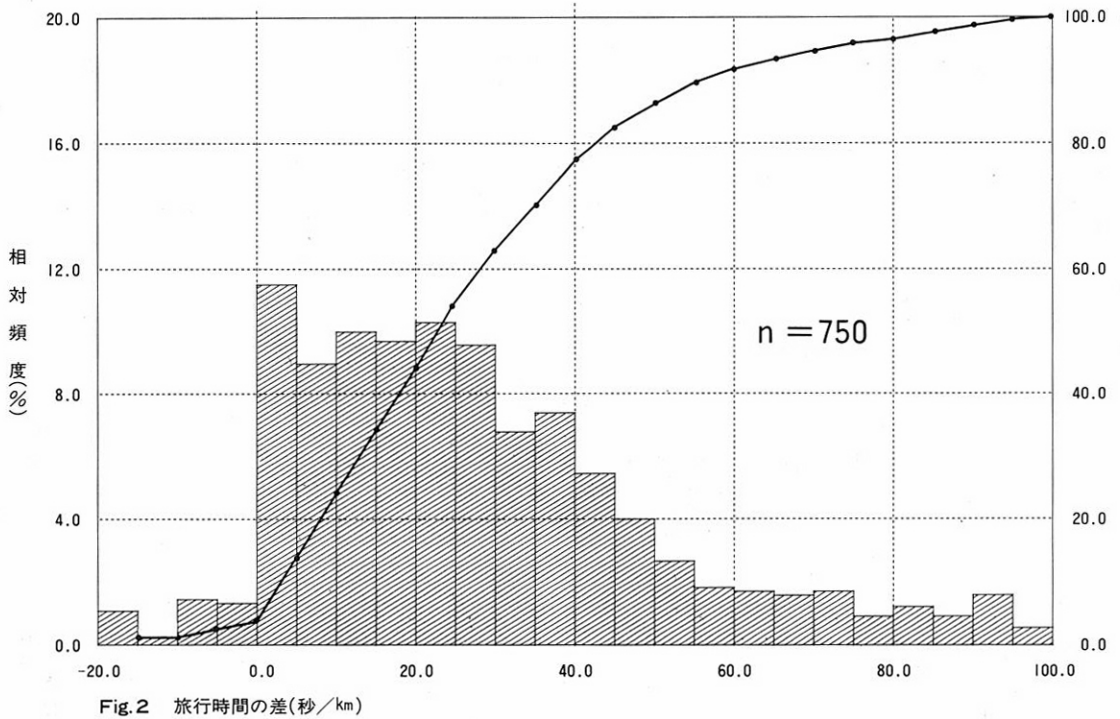


Fig.2—Fig.5 交通管制センターの設置による旅行時間等の路線毎の差の分布 (n=路線数) (齊藤 威 1985)
 Route distribution differentials for travelling times etc. as established by traffic control center (Takeshi SAITO 1985)

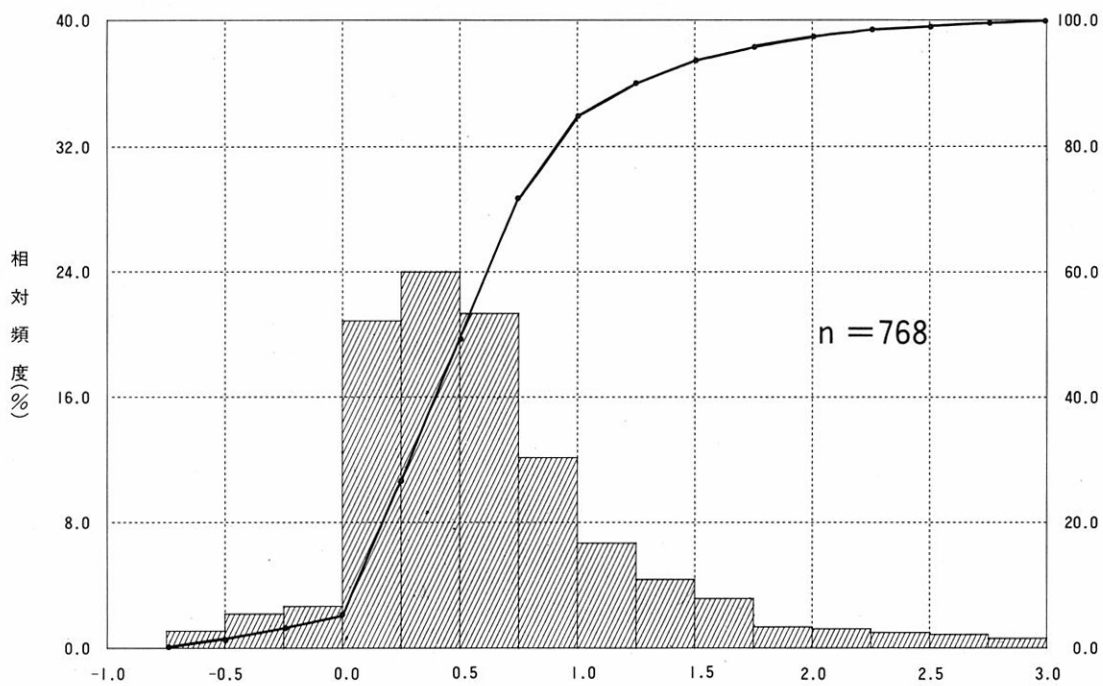


Fig. 4 停止回数の差(回数/km)

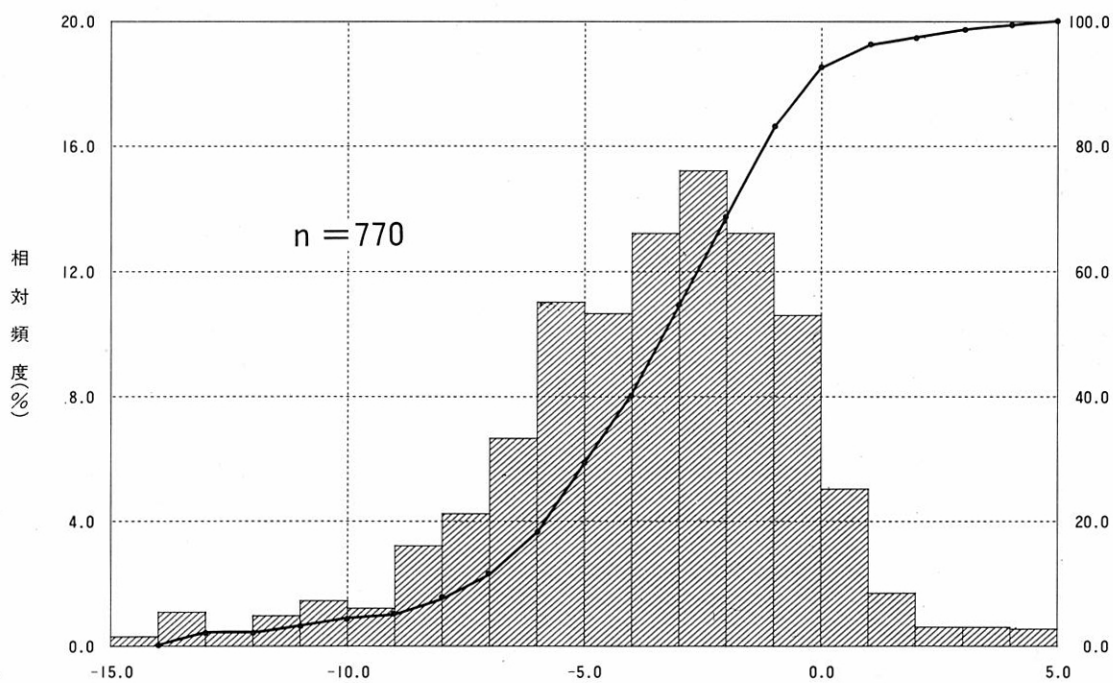


Fig. 5 旅行速度の差(km/時)

イギリスでは、1967年～1969年にグラスゴーで行った野外実験の結果に基づいて、不完全な交通順応制御より定時制御がすぐれていると判断し、あらかじめシミュレーションで信号パラメータの最適化をはかるプログラム TRANSYT を導入した。わが国ではプログラム選択制御を改良して部分的に信号パラメータをリアルタイムに算出するプログラム形成制御を開発した。

これらの手法は、その原理からいって、制御の最適性の保証がないとともに、交通状況が想定したパターンからずれた場合にはあらかじめ設定したパラメータを修正しなければならないので定期的なアップデートが必要であり、また異常事態への対処も困難である。とくに定時制御では、あらかじめ想定した交通需要の変動そのものにも対応しにくく、TRANSYT を用いたシステムでは、遅れ時間の増加が1例では年間4～5%、他の例では年間3%あったとの報告⁵⁾がある。

したがって、第1世代の信号制御手法を用いるシステムでは、運用によって性能の維持・改善をはかることが極めて重要である。アメリカの11の都市で実施された、交通信号制御の運用改善を行うプロジェクトでは TRANSYT-7F を用いて最適パラメータを算出し運用改善を行った結果、これらに要した直接経費が1交差点当り約11万円(工数約40時間)、再実施の場合は約8万円であるのに対し、1交差点当りの年間便益は、11都市の平均で

遅れ時間 15,500 (台・時間)
 停止回数 456,000 (回)
 消費燃料 10,500 (ガロン)

すなわち経済便益に換算して約700万円と推定されている⁶⁾。

Table 3 SCOOTによる旅行速度の改善
 —グラスゴー中心部での走行調査結果⁵⁾
 Travelling speed improvement through
 SCOOT —Travel survey results for
 Glasgow city center

| 1 | 日 | 朝のピーク | オフピーク | 夕のピーク |
|-----------------------|-------|-------|-------|-------|
| 平均旅行距離(台・km/時) | | 3,993 | 3,769 | 4,456 |
| 1 km当りの 旅行時間(sec.) | 定時制御 | 245 | 302 | 263 |
| | SCOOT | 248 | 280 | 248 |
| SCOOTによる改善(%) | | -1 | 7 | 6 |
| 95%水準での統計的有意性 | | no | yes | yes |

わが国でも、警視庁交通管制センターでは1981年以降信号運用システムによる信号制御定数の再設定を行っており、近年の交通量の漸増にもかかわらず渋滞時間が横ばいとなっているのは、そのような努力もあずかっているものと想像されている⁷⁾。

広域制御における第2世代の制御手法では、第1世代の制御手法における問題点を解決するため、交通状態の評価指標を求め、その最適化をはかることが考えられている。その有力な方法は、交通流計測の対象を従来の広域制御で用いていたようなマクロな量ではなく、信号周期内のミクロな量に着目し、信号周期を単位としてフィードバックを行うもので、越は1970年代の初期に、この考え方によるオフセット制御およびスプリット制御を提案して実験的にもその有用性をあきらかにしている⁸⁾⁹⁾。

イギリスでは、定時制御の問題点に対する反省から、1973年には交通感応形の制御手法であるSCOOTの開発に着手した。この手法は、交差点各流入路の交通需要を上流側交差点流出部の計測値を用いてシミュレーションにより求め、各信号周期毎にパラメータの最適化をはかるもので、グラスゴー(1979)、コベントリーなどでの実験による評価を経て、ロンドン中心部その他で実用されている。Table 3はグラスゴー中心部での測定の結果を示したもので、定時制御(TRANSYTでパラメータのアップデートを行ったもの)に対する優位性があきらかにされている⁵⁾。

第2世代の信号制御手法は、第1世代のそのように、信号パラメータのアップデートを要しないという利点はあるが、多数の車両感知器が必要でコストパフォーマンスに問題があること、現用の車両感

Table 4 過飽和制御の旅行時間改善率と時間便益
 —現行制御との比較¹³⁾
 Oversaturation control travelling time
 improvement ratio and time benefit
 —Comparison with current controls

| 実験場所 | 制御内容 | 旅行時間/日 (台時) | (%) | 年間時間便益 (億円) |
|--------------|-------|----------------|-----|----------------|
| 巽橋 (地点) | 総合制御 | 2,771 | 42 | 1.4 |
| | マクロ処理 | 2,434 | 37 | 1.2 |
| | 右折感応 | 1,428 | 22 | 0.7 |
| 玉川通り (系統) | 総合制御 | 1,535 | 47 | 0.8 |
| | マクロ処理 | 1,350 | 41 | 0.7 |

知器の性能が手法上の要求をみたしていないことなどの問題点があり、次章に述べる情報収集手段が充実されれば、その導入がいつそう容易となるものと考えられる。

一方、より現実的な取り組み方として、交通渋滞に対処する信号制御手法がわが国で開発されつつある¹⁰⁾。

渋滞発生の要因となる飽和状態の交差点における交通処理能力(交通容量)の維持・改善に有効なひとつの方法として、右折交通需要を車両感知器で計測し、その変動に対して右折現示時間を制御する、いわゆる右折感応制御が実用されている。これはいわば古典的な地点感応制御を右折車線に適用したものともいえるが、東京都心部における実施効果の計測(平日5日間の平均)では右折矢時間が1時間当たり690秒から500秒へと削減され、この時間の活用により行列長300m以上の渋滞時間が1日当たり2時間10分減少したという成果を得ている。

過飽和交差点の制御方策としては、マクロ処理とミクロ処理を組合せた一方式が提案され、実験されている。マクロ処理では、車両感知器で計測された行列長に基づいて渋滞が著しくない時には総遅れを最小化し、待行列が成長した場合には、その上流側主要交差点への到達をなるべく遅らせるなどの3つの制御目標の組合せで作られた制御モードのひとつを選択し、ミクロ処理では各流入路停止線の50m上流側に設置された感知器により、単位時間当たり捌け量最大の時点で青現示を終了させる処理を行う。Table 4は東京都内周辺部の巽橋(単独交差点)および玉川通り(複数交差点)で上記の制御手法の一部または組合せを適用した実験結果を示す。現行制御と比べて40%以上の旅行時間の短縮が実現されている。

交通信号制御システムが世界各国に普及して10余年を経過し、運用の見直しや手法の検討が種々行われているが、実測の結果不成功と判断された制御方式も多く、問題の困難さが認識されつつある。今後の方式開発にあたっては、閑散時・通常時・飽和時などの各種の交通状態が取り扱える信号制御設計用シミュレータを利用し、リアルタイムで演算する項目を取捨選択してコストパフォーマンスの向上をはかることが考えられ、たとえば旅行時間を評価指標とした制御、時差・右折矢現示を変更する制御などを取り入れた交通感応制御方式を開発することが提案されている¹³⁾。

4. 交通情報提供の展開

道路交通では、自動車の走行は最終的には運転者の意志と行動に委ねられるので、交通情報提供によって意志決定を左右することができれば、管制の有力な手段となる。現在の交通管制システムでも交通情報提供はその主要機能のひとつに位置付けられている¹¹⁾¹²⁾。

道標が道路の歴史とともに在ったように、定常的な道路案内情報の提供は古くから行われているが、渋滞状況案内、迂回推奨、経路誘導などを目的として、可変情報板によって文字、図形、色灯などを用いた情報提供は1970年頃から実用された。現在ではたとえば、首都高速道路では電光表示板により、「三宅坂事故渋滞6km」というように渋滞地点・渋滞原因・渋滞長などの情報を提供している。また成田空港と東京都心部を結ぶ高速道路の2ルート(東関東自動車道と京葉道路)の分岐点では、それぞれのルート上の渋滞距離と早道推奨のメッセージを表示している。これらのような可変情報板を、道路利用者の約70%が走行の参考にしてている。

ラジオによる交通情報放送は、交通管制センターに駐在する担当者によって行われているが、約90%の道路利用者が参考としている。交通情報に対する需要の増大に応じて放送回数も増加しつつあり、1983年度に勸日本道路交通情報センターが行った情報提供回数は全国年間約17万件に達している。

可変情報板、ラジオ放送とも利用者からみた満足度はいまひとつ十分ではなく、前者については、文字数の制約により情報量が少ない、情報内容が不正確である、情報提供が遅れるなどの批判があり、後者については、望む時に自分の欲しい情報が得られないなどの不満がある。

交通管制センターから運転者への音声による情報提供手段としては、ARI(西ドイツ)、HAR(アメリカ)などの、利用者による選択機能または伝達の局所性を高めたシステムが実用されている。わが国でもHARの方式を取入れた路側通信のシステムを道路管理者あるいは警察が電波の免許を受けて運営することが可能となり、都心晴海通り、東名高速道路川崎IC付近その他で実用されている。

このシステムは、Fig. 6に示すように、道路の数km程度の区間を対象として路側に誘導線アンテナを設置し、周波数1620KHz、10ワット以下のアンテナ出力で電波を送出するもので、自動車では予告標識に

よってAMラジオを起動・同調し、自動音声合成装置によって組立てられ、録音された20~40秒程度の音声メッセージを2~3回繰返して受信できる¹⁴⁾。アンテナとして漏洩同軸ケーブルやループアンテナなどを使用して交信可能領域を幹線道路沿い、交差点近傍などに適宜設定することも可能である。

交通管制における情報提供は、利用者側からの要望の高まりが実感されながらも、その利便性についての定量的検討は十分とはいえず、将来の発達・普及についての具体的計画も固まっていない。今後、次の諸点に留意しつつ、検討と計画立案をすすめてゆくのが望ましいと考えられる。

(1) 新しい管制手法における位置付けの明確化

わが国では、この10年間で自動車保有台数がほぼ倍増したように、依然としてモータリゼーションの進展期にある。このため、交通管制にかかる期待はますます大きくなっており、今後もこの傾向は続くと考えられる。その場合、交通需要と交通処理能力のバランスから、交通信号制御のみでは対処し得ず、流入制限、経路配分、車線規制など、規制要素の

強い管制手法を組合せ用いることが要請される。交通事故や自然災害などの異常事象の影響とその対応策も、いっそう複雑になる。このような事態に対して、情報提供により交通状況をあらかじめするとともに、指示内容を明確に示して運転者の理解と納得を求め、その協調のもとに各種の管制手法の適用効果を高め、できる限り快適で円滑な交通環境をつくり出すことが必要となると思われる。

(2) 情報提供の体系化

従来の情報提供機器の配置および情報提供の内容は、利用者がその有用性を認識できるものではあっても、旅行行動の判断を委ね、安心して従えるほどに体系的なものとはなっていなかった。

アメリカのHARが長い歴史を持ちながらも、空港・橋・トンネル・公園などの局所的な交通案内や観光案内の域を出ていないのに対し、わが国の路側通信では、たとえば都市間高速道路上に組織的に配置し、各情報提供区間における情報提供内容の整合性について配慮することを考えているのは注目すべきことであり、今後、この特徴を発揮させるために、積極的に情報提供区間の増加をはかるべきであろう。

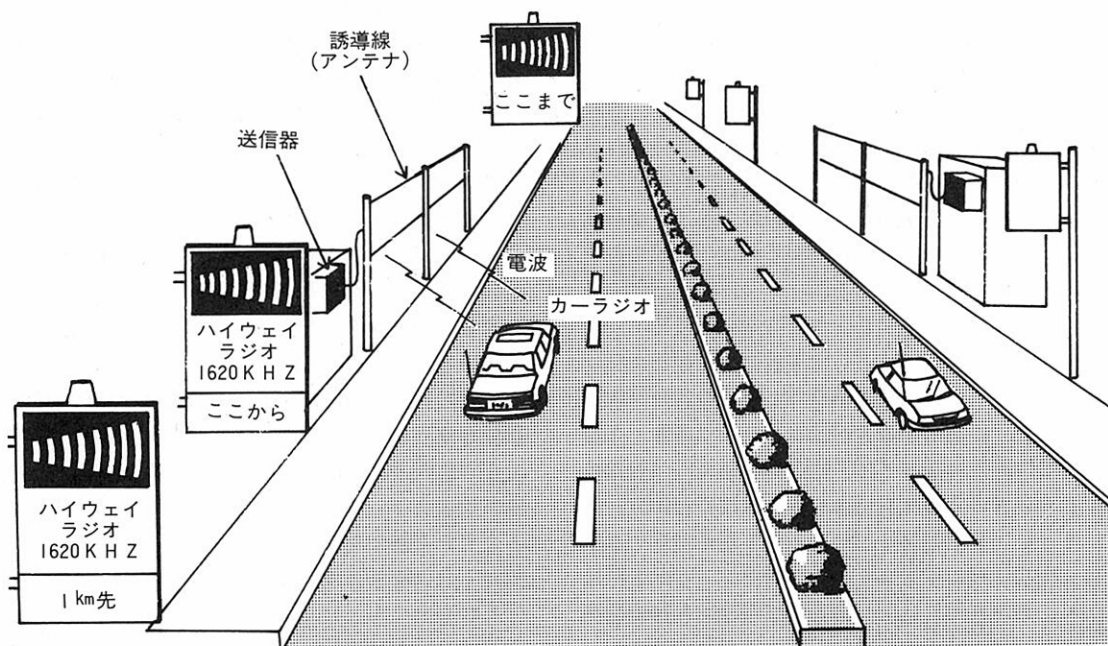


Fig. 6 ハイウェイラジオ(路側通信)の概要¹⁴⁾
Outline of "Highway Radio" (Roadside Transmission)

その際には、カーラジオの自動起動・同調機能の付加などの性能向上をはかることが望ましい。

また、可変情報板についても、文字・図形などの自由な組合せを表示できるフリーパターン式のものを用い、情報提供地点が明確となる特徴を活用して、路側通信と組合せ、情報提供の体系化に役立てるべきである。さらに将来は、ビデオテックスなどのニューメディアを活用した情報提供システム、自動車と地上あるいは自動車相互間の通信を行うシステムなどとのネットワーク化も望ましいであろう。

(3) 情報収集手段の充実

正確な情報提供の前提となるのは、いうまでもなく十分な情報収集手段が用意されていることであり、この点は、現在の交通管制システムにおける最大の課題である。現用の車両感知器あるいは監視用テレビの性能は、基本的には20年以上以前のもので変わっていない。車線別・車種別・経路別の交通量、旅行時間、待行列長、道路リンクの滞留車両台数などの諸量を正確に計測すること、ならびに網としての渋滞の様相や事故その他の思常の発生など、知的判断を要する事象を検出することなどを目標として、路上機器のみによる計測ばかりでなく、車両との通信、あるいは運転者からの通報を活用することを含めて新しい機器を開発し、情報収集手段の充実をはかることを望みたい。

参考文献

- 1) 神奈川県警：信号機設置による交通事故抑止効果について，交通管制No.23, 1983, 9, pp.47-48
- 2) 熊本県警：信号機設置による交通事故抑止効果について，同上，pp.37-40
- 3) 埼玉県警：信号機による交通事故防止効果について，同上No.24, 1984, 3, pp.25-27
- 4) 斉藤威：交通管制センターの導入に伴う効果に関する分析結果，同上No.27, 1985, 9.
- 5) P.B.Hunt et. al. : SCOOT—a traffic responsive method of coordinating signals, TRRL Laboratory Report 1014, 1981
- 6) G.W.Euler: Traffic Signal Timing Optimization Achieving National Objectives Through State and Local Government Actions, ITE Journal, 1983, 9
- 7) 警視庁：信号運用システムの開発と活用効果について，交通管制No.25, 1984, 9, pp.3-7
- 8) 越正毅：交通信号制御の最適化について，IATSS Review, Vol.1, No.1, 1975
- 9) 越正毅：交通信号制御手法に関する実験的研究，生産研究 Vol.26, No.11, 1974,11, pp.67-75
- 10) 池之上慶一郎：信号制御手法の改善について，OECD—マイクロエレクトロニクス利用に関する道路交通管理セミナー，1984, pp.1-6
- 11) 高羽禎雄：交通情報の動向，IATSS Review, Vol.10, No.2, 1984,6, pp.6-7
- 12) シンポジウム：道路利用者情報の現状と展望，同上，pp.135-145
- 13) 日本交通管理技術協会：自動車交通情報システムの研究開発(II)，1985.3
- 14) 日本道路交通情報センター：ハイウェイラジオに関する調査研究，1984, 2
- 15) 高羽禎雄：交通管制機器の最近の進展，電子通信学会誌，60,6, 1983,6, pp.591-596