

# 街路交通の面制御理論

Theories on Area Control of Traffic

越 正 毅\*

Masaki KOSHI

街路交通を面的に制御するために、汎用デジタル計算機を用いた交通信号群の集中制御システムがすでに世界のいくつかの都市において実用に供されている。また、このようなシステムの建設中、採用を考慮中あるいは研究中の都市はさらに多数にのぼる。東京においても都心部においてひとつの実用システムが建設中の段階にあり、このようなシステムはかなり近い将来において都市内交通制御の一般的な手段になるものと予想される。ここには、交通工学的な交通制御手法についての解説を試みたい。

## 1. 概 説

都市中心部などにおいて交通信号が密に設けられている場合に、これらを単独に制御したのでは、信号待ちによる時間損失、発進停止による燃料損失、運転者の焦立ちによる混乱や事故などの好ましくない現象が生じてくる。信号間隔が極端に短い場合には交差点間に詰め込んだ車だけしか流すことができなくなって、交通容量の著しい低下をもたらす。

都市部における交通信号群の面的な集中系統制御の必要性はこのような理由から生じて来たものである。

さらに、交通需要の高い都市部交差点においては、もともと信号の周期長（サイクル）や青表示の配分（スプリット）を刻々の交通状況に適するように常に変えながら制御するといういわゆる交通感応機能が要求されるが、面制御システムの規模がある程度以上に大きくなるとこのような機能を個々の交差点信号に持たせるよりは、集中制御のための中央制御機に持たせ、端末制御機にはフェイルセーフのための簡単な機能だけ残すということの方がコスト的にも、ハードおよびソフトの保守の点でも有利になって来る。

面制御システムの中には、混雑地点を避けて代替路線に交通を流すための経路誘導標識群の制御を含むこともある（サンホゼおよびテルアビブの例）が、大部分のものは信号群の制御を主目的としている。

したがって交通信号の面制御という概念は特に新しいものではなく、中央制御機に情報処理機能を有しない面制御システムはかなり古くからあった。たとえばワシントン市では 1947 年に都市部の 400 個の信号を一つの主制御機で集中制御することが始められた。電子的な情報処理装置を持った面制御システムとしては、1963年にボルチモア市に建設された PR システムが最初である。PR システムとは、格子状街路網の面制御を目的として開発された製品の商品名であり、中央に情報処理装置としてアナログ計算機を有し、情報源として制御地域内の

代表地点に設置した比較的少数の車輛感知器を持つシステムである。PR システムの制御原理は、かなり思い切った単純化した交通状況パターンに基づいたものであるが、その基本的な考え方は、その後建設されたサンホゼ（1965年）あるいはトロント（1966年）のシステムなどの汎用デジタル計算機を用いた面制御システムにもほとんどそのままの形で踏襲されている。このことは逆に面制御の交通工学的な交通制御手法が PR システム以来あまり進歩しなかったことを意味するともいえるのである。しかし最近になって新しい制御原理とそれに基づく制御手法が提案されるようになった。ここには、汎用デジタル計算機を用いた交通信号の面制御における交通工学的な制御手法の最近の発展について、筆者の研究をまじえて紹介して行きたい。

## 2. プログラム選択制御とプログラム形成制御

従来の制御手法は、本質的にはプログラム選択制御であった。PR システムはその典型的なものである。しかし最近になってより高い制御効果を得るためには、プログラム形成制御が有利であることが知られるようになった。

プログラム選択制御においては、制御対象となる交通状況をあらかじめ有限個のパターンに分類し、それぞれの交通状況パターンに応じた制御プログラムを決めて置かなければならない。実際に適用される制御プログラムは、あらかじめ用意されている有限個の制御プログラムのうちのいずれかひとつである。

プログラム形成制御においては、交通状況をあらかじめ有限個のパターンに分類するということではなく、制御プログラムも有限個のものをあらかじめ準備して置くということもない。刻々の交通状況を感じし、それに適した制御プログラムをオンラインリアルタイムで作りながら制御するという手法である。

### 【制御プログラム決定のレベル】

これまで単に制御プログラムと呼んでいたものを、プログラムの形成または選択が行われる段階という点から

\* 東京大学生産技術研究所 第 5 部

次のようないくつかのレベルに分類することができる。

### (1) 制御モードの段階

筆者の提案した方法<sup>36)</sup>のように、交通の状況によって制御の評価基準を変更するために制御モードを選択する段階がある。この提案では、この段階は“プログラム選択”であり、あらかじめ用意した4つの制御モードの中のいずれかひとつを選択するようになっている。もちろんこの段階における“プログラム形成”も、概念的には可能であろうが、具体的な方法はまだ示されたことがない。

### (2) サブエリアへの分割の段階

局地的な交通状況に應ずるために制御地域をいくつかのサブエリアに分割する段階がある。この段階についてもプログラム形成および選択の両手法が可能であるが、筆者が提案した方法<sup>36)</sup>では“プログラム形成”となっている。

### (3) 制御パラメーター決定の段階

サイクル、スプリット、オフセットの3つの制御パラメーターの決定は、狭義には制御プログラムの決定と同義であり、プログラム形成か選択かの議論もほとんどの場合はこの段階についてなされるといってよい。

オフセットのプログラム形成制御については、特にこれまでのところ具体的内容が与えられたことがなく、単に概念に適さなかったが、筆者はこれについてのひとつの具体的な方法を示した<sup>35)36)</sup>。

オフセットといわれるものにはさらに個々の信号の絶対オフセット、相隣る2信号間の相対オフセット、制御地域全体またはサブエリアにおけるオフセット（絶対オフセットまたは相対オフセット）の組み合わせの“パターン”（オフセットパターン）といったレベルを考慮ことができ、またスプリットについても同様に、個々の信号のスプリットと制御地域全体またはサブエリアにおけるスプリットの組み合わせのパターン（スプリットパターン）というレベルがある。

サイクルについても、サブエリアへの分割とサブエリアごとに異なったサイクルを適用することとを考慮すると制御地域全体におけるサイクルのパターン（どの信号または信号群にどのようなサイクルを適用するか）といったものを考えることができる。

プログラム選択制御は、予期できる交通状況に対しては、それに応じた制御プログラムをあらかじめ用意して置くならば容易に順応できることは当然である。

しかし、予期しないか、またはあらかじめ用意して置いた制御プログラムが適しないような交通状況に対しては、プログラム選択制御はほとんど無力である。

したがって、プログラム選択方式の採用は、あらかじめ予期できないような交通状況が出現することは非常に稀で、しかも出現する交通状況のほとんどは、かなり少

数のパターンに分類することができる、という前提に立たなければならない。しかし、交通条件や道路条件、市街地開発などによる交通状況の経年変化といったものについては予期が困難あるいはほとんど不可能であり、プログラム選択制御による場合には別に人間による定期的なプログラムの修正とプログラム選択方法の手直しとを行わなければならない。

プログラム形成制御による場合には、いかなる交通パターンも予期していないのであって、毎日きまって出現する交通状況も、非常に特異な交通状況も原理的にはまったく同様に扱われることになる。

## 3. サブエリアへの分割

制御地域が広くなるにつれて、交通状況の地域変動を考慮する必要が高くなり、いくつかのサブエリアに分割して制御することによって制御効果を上げることができるようになる。

サブエリアへの分割を考慮しているのはニューヨークとトロントのシステム<sup>37)</sup>であるが、トロントのシステムでは60のグループは常に互いに独立であるので単に60組の路線システムのマスターコントローラを一個所に集めたに過ぎず、ここで考えている意味でのサブエリアではない。

ニューヨークのシステムでは、サブエリアのサイクルはマスターコントローラが定めるようになっており、隣接したサブエリアは時には共通のサイクルで実際上ひとつのエリアになったり、時には別個のサイクルで別個のエリアになったりする。

筆者が提示した方法<sup>36)</sup>では、全制御地域をあらかじめいくつかの潜在的なサブエリアの構成単位に分割して置き、各構成単位内のあらかじめ指定したキー交差点の飽和度または行列長に従っていくつかの隣接する構成単位を統合して、ひとつのサブエリアを“プログラム形成”する。したがって、各構成単位は時によって他の構成単位と合体したり分離したりする。

## 4. 評価基準の切り換え

交通状況によって制御の評価基準を切り換えるという思想は、グラスゴーおよびニューヨークのシステムにかがうことができるが、明確に示してはいない。また、ウェストロンドンのシステムにおいても、流出部の渋滞によって青を打ち切るという制御が示唆されている程度である。

ニューヨークのシステムにおいては、クリティカルインターセクションの制御が交通状況によって他の信号と異った特別な制御方式となること、その方式の中にはグラスゴーの制御原理で提案されている制御モードと同様な思想（現示の需要、密度またはその両方で青を制御す

る)が織り込まれている。

グラスゴーのシステム<sup>8)</sup>では、中位の交通に対しては遅れを(等飽和度のモード)、容量いっぱい状況に対しては容量を(飽和流モード)評価基準とする意図がうかがわれる。しかし、交通状況によっていろいろな制御モードを適用するための基準が示されていないので、制御の評価基準を交通状況によって切り換えるという明確な思想は示されていない。

筆者は、各サブエリアごとに、キー交差点の飽和度または行列長によって4つの評価基準を“プログラム選択”し、それに対応する制御モードを適用するという方法を提案した。評価基準の選択基準として交通量を用いないのは、ポジティブなフィードバックになるのを避けるためである。評価基準としては、飽和度の低い順に、停止台数、遅れ、容量、行列長の4つを考えている。

従来のシステムの欠陥の多くは、単一評価基準、単一制御モードによって様々に状況の異なる交通を制御しようとしたことにあると考えられるので、複数の評価基準と制御モードとを切り換えて適用することはかなり重要であろうと思われる。

### 5. 重交通交差点の処理

トロントでは系統とまったく切り離れた上で単独交差点としての volume-density 制御を行っており、ニューヨークではクリティカルインターセクションの制御として系統に組み入れたままの系統感應制御と系統から切り離しての単独交差点としての全感應制御とを考えている。グラスゴーではニューヨークと同様な制御方法の他に、1秒ごとに交通現象のシミュレーションを行なって青を打ち切るかどうかを判断するという制御方法も考えられている。

これらの重交通交差点の制御方法は、主としてスプリット制御の問題として扱われており、制御の評価基準はニューヨークおよびグラスゴーにおいては遅れと容量とが考えられている。また、容量を評価基準とする制御の場合には、単に従来の全感應信号のように車頭間隔のみによって感應する方式は、筆者の提案した方法<sup>36)</sup>も含めていずれのシステムにも採用されてはいない。筆者等の研究<sup>40)</sup>によっても、容量に近いまたは過飽和の状態のもとでは、この方式の容量特性はあまり良好でない。

### 6. サイクルの決定

サイクルの決定は、その算出根拠が比較的単純であり実際上あまり問題が生じないので、これまでの諸報告および論文においてもほとんど扱われていない。

サイクルの決定についてただひとつの問題となろうと考えられるのは、ニューヨークのシステムにみられるようなサブエリアごとのサイクル決定の方法であろう。隣

接したサブエリアにそれぞれ最適のサイクルがあまり大きく違わない時に共通のサイクルとするか別個のサイクルとするかは、他のサブエリアとの関連も考えて決定しなければならないので、少なくとも理論的にはかなり困難な問題となろう。

### 7. スプリットの決定

重交通交差点の制御におけるスプリットの決定については前述したが、それ以外の系統路線上の交差点についてはあまり真剣に問題にされていない。多くの場合は経験によって定める値を用いるものと推定される。

ただグラスゴーのシステムにおいては、等飽和度になるようにスプリットを定めるという原則的な考え方が示されている。この方法は Webster によって孤立した交差点の単独定周期制御に対しては期待遅れを最小にすることが証明されているが<sup>38)</sup>、系統制御の場合については必ずしも最小遅れを与えるとは考えられない。しかし、経験的にはこの方法によってかなり妥当なスプリットが得られるということはできよう。

系統制御におけるスプリットは重交通交差点を除いて在来のすべてのシステムにおいてスプリットパタンのプログラム選択によってなされている。

### 8. オフセットの決定

上で見た諸都市のシステムのいずれにおいても、オフセットの決定はオフセットパタンのプログラム選択によってなされている。

オフセットパタンを求める方法は系統設計の中心的問題でこれについては多くの論文が発表されている。

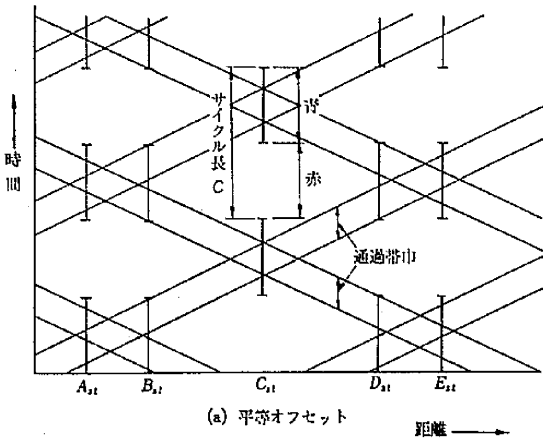
#### (通適帯(図1)を最大にする方法)

この方法は、閉ループを含む系や規模の大きな信号数の多い系には実用上意味のある通適帯幅を与えることができなくなるといっても、また遅れや停止をまったく考慮していないといっても、大規模な面制御には適当でない。しかし計算が比較的簡単なので路線系統設計にはよく用いられる。

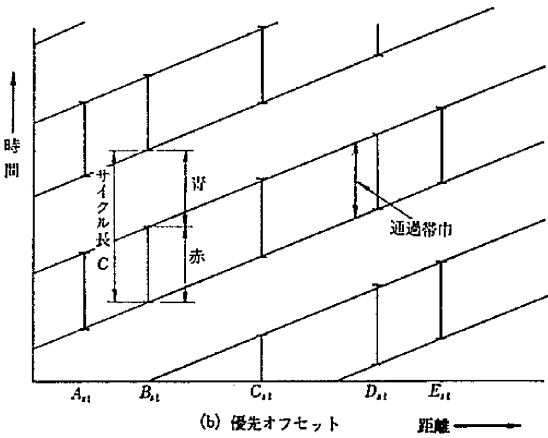
Fieser, Morgan, Little<sup>27)</sup>, 高田<sup>21)</sup>, 越<sup>20)</sup>などの論文がある。

Fieser の方法はわが国でもよく用いられており、系統速度が一様で上り下りとも同じ、信号間隔とスプリットは等しくなくてもよい、という条件のもとで実用範囲での最適サイクル長とオフセットを求めることができる。しかし厳密には特別の場合の理論的最適解を見逃すことがある。それは、スプリットの不整によるオフセット補正の方法から生じて来るもので、スプリットがすべて等しい場合であれば常に最適解が得られる。

Morgan, Little の方法は、系統速度は一様でなく、上り下りも等しくない、信号間隔とスプリットも不整とい



(a) 平等オフセット



(b) 優先オフセット

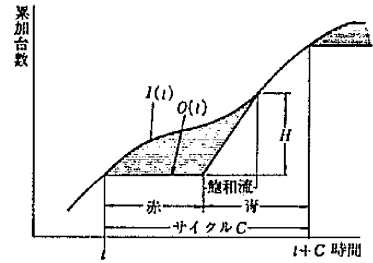
図1 通過帯

う一般的条件のもとで、与えられたサイクルについてオフセットの最近解を与える。したがってサイクルの最適値は求められない。また、計算手段としては電子計算機を用いることを前提としている。

高田の方法<sup>21)</sup>は、系統速度は一様ではないが上り下りについては等しい、信号間隔およびスプリットは不整という条件のもとで、与えられたサイクルについてオフセットの最適解を与える。最適サイクルを求めるための手掛り（オフセットの安定性）は与えているが、実用的な計算法としては示していない。

筆者の方法<sup>20)</sup>は系統速度は一様でなく上り下りも等しくない、信号間隔およびスプリットも不整という一般的条件のもとで、最適サイクルと最適オフセットとを与える。実用的な計算法として図式解法を示している。この図式解法によれば、どの信号を除去（立体化等により）すれば最も都合か、どの信号のスプリットを変えれば広い通過帯がとれるか、などが知られる。

Fieser の方法を除く他の3つの方法では、得られた通過帯を任意に上下各方向に配分する方法も示している。筆者の方法ではさらに、得られた通過帯をせばめことなく移動し得る各信号のオフセット（オフセットの自由



$I(t)$ : 到着交通  
 $O(t)$ : 出発交通  
 $H$ : 1 サイクル当たり停止台数  
 $\ominus$ : 1 サイクル当たり遅れ  $\int_0^C [I(t) - O(t)] dt$

図2 信号交差点における遅れと停止

度) を与えている。

〔定形波モデルによって遅れ(図2)を最小にする方法〕

尾崎、遠藤<sup>22)</sup>は到着、発進ともに飽和流のみの方形波モデルを考え、“余裕度”なる量を導入して余裕度が最大となるような、平等および優先オフセットの適用範囲を論じた。しかし、実は余裕度は遅れの一種の補数とみなすことができ、余裕度最大ということは遅れ最小ということと同じである。スプリットは50~50、到着波形は手前の信号の青の始めの部分に集中した単一の飽和流方形波という仮定が導入されている。

猪瀬、藤崎、浜田<sup>24)31)33)</sup>は、到着、発進ともに一様な方形波モデルを与え、遅れを最小とするオフセットとは交通量の多い方向の優先オフセットであるという結論を導いている。方形波の幅はその方向の青の長さと同じとしている。ネットワークにおけるオフセットパターンとしては、オフセットによる遅れ減少効果の大きいリンクより成る tree を取り出し、tree としての最適オフセットパターンを用いることを提唱している。この方法は相対オフセットの選択基準が単純でオフセットパタンの計算も簡単なので、相対オフセットのプログラム選択-オフセットパタンのプログラム形成という制御手法に応用し得るが、反面交通流モデルの実現象との対応の問題の他に交通量のみからオフセットを定めること、速度、飽和交通量を仮定しなければならないことなどの問題も残される。また、tree に組み込まれなかったリンクの相対オフセットが無視されるという点も実用上の問題となるかも知れない。

Hillier がグラスゴーの実験システムについて提唱している方法<sup>1)39)</sup>は方形波とか三角波とかの単純な定形波モデルではないが、あるリンクで生ずる遅れが、そのリンクの相対オフセットのみによって決まるという仮定を導入しているという点で実質的には定形波モデルを想定したことと同等である。ただ、Hillier は遅れと相対オフセットとの関係を交通流モデルから演算で求める代わりに、実現象から帰納するという方法をとっている。

グラスゴーの実験における非常にユニークな点は、ネ

ネットワークにおけるオフセットパタンの求め方であり、ネットワークを便宜上いくつかの小部分に分割し、各部分に対してダイナミックプログラミングの手法（一次元配分適程）を応用して近似的な遅れ最小のオフセットパターンを求めようとしていることである。しかし、この方法はどのようなネットワークに対しても用いることができるというような普遍性を持ってはおらず、格子状態にも一般には適用できない。

このグラスゴーの実験におけるオフセット解法は、相対オフセットと遅れとの関係をオフライン解析から求めるという前提と、ネットワークにおけるオフセットパターン解法の演算時間とから考えて、プログラム形成制御には応用し難いものと考えられる。

〔不定形波モデルによって遅れを最小にする方法〕

この方法は信号交差点への到着交通流をある一定の波形に仮定せず、ひとつ手前の信号からの発進交通波形によって定まるとするもので、そのため個々の信号における交通現象や遅れを一般的に数学的に表現することができない。しかし、実現象との相似性は定形波モデルよりかなり良好である。

Chan の方法<sup>35)</sup>は、次のようなかなり単純化した交通流モデルに基づいている。

1. 信号  $i$  から信号  $j$  へ向う車は、すべて同じ速度  $V_{ij}$  で走行する。
2. 車は行列から一定レートで発進し、無視できる時間内に希望速度に達する。
3. 境界交差点への到着交通は車群を成している。各車群内では各車は等間隔に到着する。毎サイクルに同じ車群が到着する。
4. すべての車が直進する。

Chan はこの方法によって求めたオフセットパターンによって、サンホゼにおいて従来の通過帯法から求められたオフセットにくらべて 10% の遅れ減少を得ることができたと報告している。

この方法では、適当な出発点(初期オフセットパターン)から始めて、まず手計算による粗い survey を行い、次に計算機によって gradient search 法、または sequential 法を用いて細調整を行うという手順によってオフセットパターンを求めている。粗い survey とは、system をいくつかの subsystem (たとえばいくつかの路線)に分割し、各 subsystem について通過帯法などによって大よそのオフセットを決めることである。したがって、この方法はオフラインでのオフセット解法であって、オンラインリアルタイムで用いることはできない。

筆者<sup>36)</sup>は、右左折車率および飽和交通量を各流入路別に、また各リンクごとに流出交通量を与え、速度分布による波形変化を考慮に入れて、各流入路に許された待行列長の制約のもとで、遅れと停止回数との任意の加重

和を目的関数とした任意のネットワークの最適オフセットパタンの近似解を得る方法を示している。

最適解探究の手順としては、オフセットの粗い刻み値(25%)から始めて 12%, 2% と順次各刻み値での逐次近似計算をくりかえしながら細かい刻み値に進み、2%刻みでの最適オフセットパターンを求めるという方法をとっており、すべて電子計算機によって計算する。このモデルは他のどのモデルよりも実現象との近似は良好でありいかに複雑な道路網形態と交通パターンに対しても適用し得る。しかし計算時間が長く、Chan の方法と同様オンラインリアルタイムでの解法としては使用できない。

〔プログラム形成によって最適相対オフセットを求める方法〕

筆者<sup>35),36)</sup>は、プログラム形成によって最適相対オフセットを求める方法を提示している。この方法は、信号待ちによる遅れおよび停止が図2のように表現されることから、図3のような感知器配置によって、図4に示される諸量を計測し、図5における  $P$  と  $A$  または  $h$  との比を求めることによって各リンクの遅れまたは停止の相

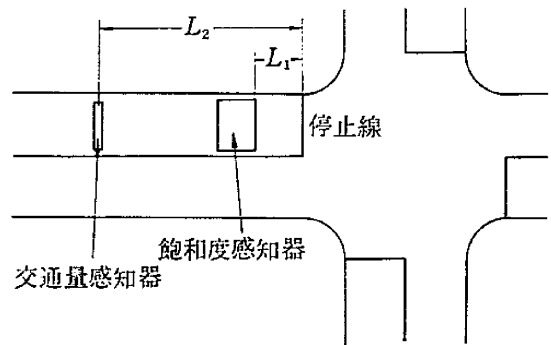


図3 オフセットのプログラム形成のための感知器配置

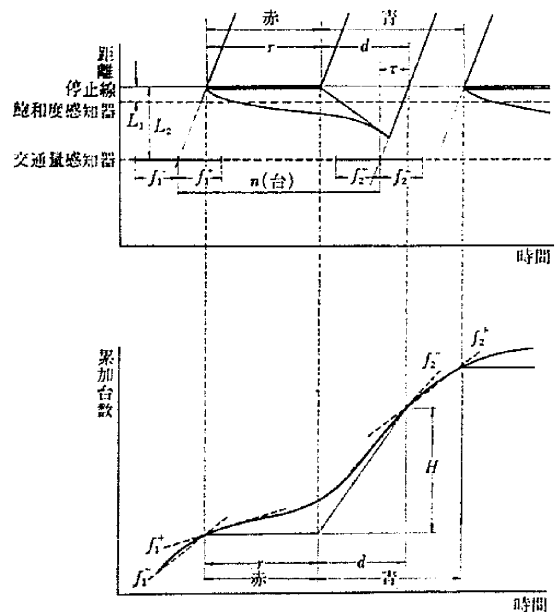


図4 オフセットのプログラム形成のための測定量

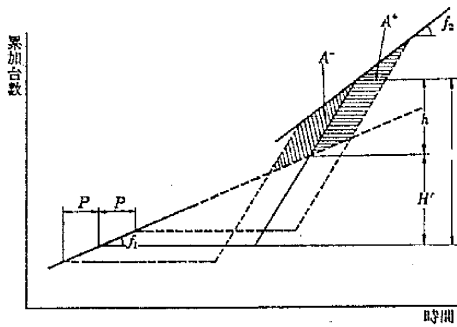


図5 オフセットの移動と遅れおよび停止の増減

対オフセットについての微係数を式(1)および式(2)のように求め、オフセットのフィードバック制御を行なうというものである。過去数分または数サイクルにおけるこの微係数を用いて、常に遅れまたは停止の減少量が最大になるような相対オフセットの移動量を計算し、次のサイクルでこれを実行する。

$$\left. \begin{aligned} & \text{進み側へのオフセット移動による遅れの減少量 } (A^-) \\ & = P \left( \frac{S-f_1}{S} \right) \left\{ h - \frac{1}{2} S P \left( \frac{f_2-f_1}{S-f_2} \right) \right\} \\ & \text{遅れ側へのオフセット移動による遅れの減少量 } (-A^+) \\ & = P \left( \frac{S-f_1}{S} \right) \left\{ -h - S P \left( \frac{f_2-f_1}{S-f_2} \right) \right\} \end{aligned} \right\} (1)$$

$$\left. \begin{aligned} & \text{進み側へのオフセット移動による停止台数の減少} \\ & = P \frac{f_2-f_1}{S-f_2} S \\ & \text{遅れ側へのオフセット移動による停止台数の減少} \\ & = P \frac{f_1-f_2}{S-f_2} S \end{aligned} \right\} (2)$$

- ここに  $f_1$ : 赤始点における到着交通量  
 $f_2$ : 飽和流終点における到着交通量  
 $S$ : 飽和交通量  
 $H$ : 飽和流で流れる台数 (または停止台数)  
 $H'$ : 到着交通が  $f_1$  の一様流であると仮定した場合の、飽和流で流れる台数 (または停止台数)  
 $h$ :  $H-H'$   
 $P$ : オフセットの移動量  
 $H' = \frac{S}{S-f_1} f_1 r$   
 $r$ : 赤時間

しかし、このとき損失減少量が必ずしも最大にならなくても、損失が減少しさえすればオフセット移動の回を重ねるにしたがって最適制御に近づくことには変わりがない。ただ、交通状況が常に変動していることと、たとえそれが定常的であってもその収束の速度 (制御の追従

性) とを考慮すれば、1回のオフセット移動による損失減少量が大きい方がよいというに過ぎない。

プログラム形成制御を採り入れることによって、一挙に最適プログラム (オフセットパターン) を求める必要はなくなり、常に現在のオフセットをより損失の小さな方向へ移動するという操作をくり返せばよいことになりプログラム選択制御に基本的には欠けているプログラム間の連続性、プログラムの多様性およびフィードバックの条件も満たされることになる。

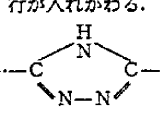
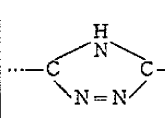
この方法によれば、速度、右左折、飽和流量、交通量、オフセットに対する感度などのほとんどすべての必要な要素を考慮してオフセットをオンラインリアルタイムで制御することができる。この方法はいまだ理論的に構成された段階であり、実験による検討が目下進行中である。  
 (1969年7月25日受理)

参考文献

- 1) Eith International Study Week in Traffic Engineering Theme V, Traffic Control, Barcelona, 1966
- 2) National Report from Great Britain, PIARC 13th Congress, Question V, 1967, Tokyo
- 3) Research on Road Traffic, Road Research Laboratory, London, 1965
- 4) 広域交通信号制御の研究報告書, 交通工学研究会, 昭和41年3月
- 5) Traffic Automation Part. 1 & Part. 2, James J. Fleet, Date and Control Jan. & Feb 1966
- 6) Willbur S. Smith: New York City Pioneers an Unique Traffic Signal System, Traffic Engineering & Control, July 1965
- 7) Richard Overmyer: "Philadelphias Electronic Controlled Signal System, Traffic Engineering & Control, Sept 1960
- 8) John A. Hiller: Glasgow's Experiment in Area Traffic Control, Traffic Engineering & Control Dec. 1965 & Jan 1966
- 9) Computer to Control West London Traffic, Plessey Automation Group, Process and Automation, Jan. 1966
- 10) B. M. Cobbe: West London Traffic Scheme, Traffic Engineering & Control, Jan. 1966
- 11) San Jose: Traffic Control Project Process Report
- 12) San Jose: Traffic Control Project, Calif
- 13) 岩本俊輔: 都市の広域交通制御, オートメーションニュース, No. 30
- 14) Ralph Dobriner: Automated Traffic Systems Picking up Speed, Electronic Design, Jan. 18, 1965
- 15) Stephen B. Gray: More Computers going into, Electronics, Dec 28, 1962
- 16) Alan J. Miller: A Computer Control System for Traffic Networks 2nd International Symposium on Theory of Road Traffic control control and the use of digital computers, Transactions of The Society of Interment Technology, June, 1960
- 17) R. A. French: Coordinated Traffic Signalling System-Sydney, Australia, Traffic Quarterly Jan. 1965
- 18) Alan J. Miller: Computers in the Analysis and Control of Traffic, Traffic Quarterly, Oct. 1965
- 19) 越正毅: 交通信号の路線系統化について, 道路, 昭和40年5月

- 21) 高田 弘他: 系統信号方式による街路交通制御に関する一考察, 土木学会論文集, No.124, 昭和40年12月
- 22) 尾崎章太郎他: 交通流の解析, 機械試験所報告 第54号 1965年3月
- 23) 越 正毅: 信号系の最適オフセットパターンの近似解. 生産研究, 昭和41年3月, 研究速報
- 24) 猪瀬 博他: 一連の交差点における交通流の待合せおよび信号制御. 東大工学部総合試験所年報 第24巻第1号 (1965)
- 25) F. V. Webster: Delays at Traffic Signals: Fixed-Time Signals, Road Research Laboratory, Research Note 2374
- 25) 井上広胤: 車両感知器とその評価, 交通工学, 昭和42年5月
- 27) John T. Morgan, John D. C. Little: Synchronizing Traffic Signals for Maximal Bandwidth, JORSA Dec. 1964
- 28) A. Chan: Synchronization of Traffic Signals in Grid Networks, IBM Journal, July 1967
- 29) 坂井利之, 長尾 真: 電子計算機を用いた交通網地図の記憶と処理, 電気通信学会誌 第40巻4号, 昭和42年4月
- 30) 猪瀬 博他: 道路交通管制, 電気学会誌 Vol. 86~11, NO. 938, 11/66
- 31) 猪瀬 博他: 道路網における信号機群制御の一方式, 電気学会誌 第87巻第949号, 10/67
- 32) 猪瀬 博他: 道路網における交通流制御, 東大総合試験所年報 第24巻2号 (1966)
- 33) 猪瀬 博他: 巨視的交通流モデルに基づく道路交通制御の理論, 電気学会誌 第87巻第947号, 8/67
- 34) 越 正毅: 交通信号の系統制御オフセットパターンの一解法, 土木学会論文集第147号 (昭42.11)
- 35) 越 正毅: 広域交通制御における信号オフセットのプログラム形成のひとつの方法, 生産研究 第20巻第3号 (昭和43年3月)
- 36) 越 正毅: 広域交通制御のひとつの可能な方法, 生産研究 第20巻第1号 (昭和43年1月)
- 37) 越 正毅: 広域交通制御の現状, 土木学会誌 52-9 Sept 1967
- 38) J. Almond, R. S. Lott, The Glasgow Experiment (ii) Implementation and Assessment
- 39) 広域交通信号制御の研究報告書 (NO. 3), 交通工学研究会, 昭和43年3月
- 40) 越 正毅, 坂下雅美: 全感応交通信号の容量特性, 生産研究 第20巻第8号 (昭和43年8月)

正 誤 表 (9月号)

ページ	段	行	種 別	正	誤
6	右	下6~7	3 表紙説明 本 文	(本文 p. 1 参照) 全容積は $1.37 \times 10^{11} \text{ m}^3$ ,	脱落 全容積は $1.37 \times 10^8 \text{ m}^3$ ,
10	左	下1~2	表 3	泡沫相 (B)(%) 0.90 0.45	泡沫相 (B)(%) 0.95 0.95
11	右	下11	文 献	*海水中のウラン	*海水中のウラン
"	"	下2	"	---Ion Exchange	---Ion Exchange
12	"	"	英文題名	---Industrial Materials	---Industrial Material
"	"	"	英文副題名	---Polybenzimidazole---	---Polybenzimidazole---
"	左	6	本 文	.....熱変	.....熱変
14	"	1~3	"	} 14 ページ左段 1~3 行と 15 ページ左段 1~3 行が入れかわる.	
15	"	1~3	"		
14	右		図 2	 トリアゾール	 トリアゾール
15	左	下11	本 文	り 強度は 0.7 g/den, .....	り 強度は 0.7 g/den, .....
"	"	下5	"	.....として, シュウ酸, .....	.....として, ショウ酸, .....
17	"	3	"	.....高分子	.....高分子
18	右		図2, 4	図2と図4が入れかわる	
"	"		図 3	理論曲線固定ロール 理論曲線回転ロール	理論曲線回転ロール 理論曲線固定ロール
25	左	11	本 文	..... = M (1)	脱落
"	"	16	"	今簡単のため M が常数で,	今簡単のため μ が常数で
"	右	下4	"	で, $\lambda = 2\pi/T_R$ は横揺れの.....	で, $\lambda = 2\pi/T_R$ の横揺れの.....
26	"		図 5	$M_{t\theta}$	$M_{t\theta}$
27	"	下10	本 文	---Mathieu 方程式であるが,	---Mathieu 方程式であるが,
28	"			Fig. 1 と Fig. 2 の説明文が入れかわる	
"	右		Table I	in rotations about [011]	in rotations about [110]
29	左	1	本 文	取扱わなければならない.	取扱わなければならない.
"	右	22~23	"	このような擬対応格子点	このような擬対応格子点.