

動的な信号制御の最適性に関する若干の考察

信州大学工学部 正会員 奥谷 巖
信州大学大学院 学生員 ○山崎 直人

1. はじめに

現在、我が国の一般道路交通は信号によって制御されており、制御パターンは基本的に、周期、スプリット、オフセットという三つのパラメータによって決定されている。多くの信号では、制御パラメータの組み合わせを複数個用意しておき、その変更により、制御パターンを変更するという動的な制御を行っている。その種類としては、過去のデータから交通パターンを予測し、それに対して最適制御パターンを決定し、時間ごとにオフラインで制御パターンを変更する方法と、車両感知器により、随時交通を測定し、オンラインで、それに対する最適制御パターンを求め一定時間制御する方法とがある。しかし両方法とも、時間的差こそあれ、予測交通量に対する最適制御であるため、予測と異なった交通が発生した場合は、効果的に制御を行っているとは言い難い。又、制御パターン変更時には、交通の混乱を防ぐべく、制御パラメータを徐々に変化させて行くという方法を取ることから、過渡時間が発生し、その間は最適制御パターンによって制御されているとは言い難い状態となる。このような動的制御の欠点を考慮すると、長い時間帯を考えた場合、頻繁に制御パターンを変更しないほうが効率が良くなる可能性がある。

以上のような観点から本研究では、オフラインによる動的信号制御を念頭におき、交通需要の予測誤差と選択された制御パターンの有効性のからみについて基礎的な立場から検討を加える。

2. シミュレーションの方法

シミュレーションに際して、基本的な車両の動きはDYNEMOの交通流シミュレーションモデルを利用した。DYNEMOの理論に関しては、THOMAS SCHWERTFEGGERのDYNEMOを参照されたい。

対象区域の上流端における車両の発生は、交通流の平均値をデータとして与えておき、一定時間ごとに、その時間のデータからポアソン分布により発生台数を決定し、次の発生時刻まで、シミュレーションの最小単位時間ごとと均一に、最上流部の区間の最後尾の車両の後に等間隔に発生させる。交差点は、図-1のように区間分けをし、左右、上下方向をそれぞれ、主、従方向とする。主方向の区間を J_i で表し、区間 J_i の始点、終点を J_{i-1} 、 J_i とする。 $(i: \text{方向の番号 } i=1, 2)$ 車両の動きは、主方向のみを考え、従方向は、主方向への合流のみを考える。ここで主方向の信号表示が赤の場合は、主方向の車両が交差点内 $(=J_{i+1})$ に侵入することができないので、 J_i 区間までに車両をとどめるとし、 J_i 点に J_i 区間の先頭の車両を停止させ、それに追いついてきた車両は、次々に最小車両間距離をあけて並べる。この場合、車両の速度、動きは、DYNEMO理論とは異なった形態となる。主方向信号表示が青の場合は J_i 区間は他の一般区間と同様に車両を動かし J_{i+1} 区間は、従方向へ、右左折する車両を想定し、右左折したとする車両は、その存在を無くする。従方向の信号表示が青の場合は、方向1に流入する車両数は、方向1の左折車と、方向2の右折車の和、方向2に流入する車両数は、方向1の右折車と方向2の左折車との和ということになりそれぞれ J_{i+1} 、 J_{i+2} 区間に発生させることにより、従方向からの流入とする。発生方法は、上流端の発生と同様とする。信号は、複数の交差点を含む対象区域の場合、周期、スプリット、オフセットの三つのパラメータにより制御されており、周期は

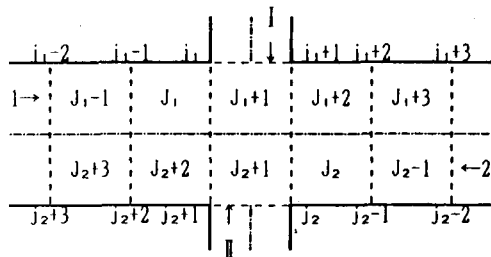


図-1 交差点区間

系統だてて制御する信号全て同一、スプリットは、各交差点固有の値、オフセットは、基準信号に対する青表示開始時刻の遅れを表し、その絶対値は、周期の半分以上となる。制御パターンの変更は、周期、オフセットのみとし、その方法は図-2のように信号1（基準信号）は周期のみの変更で、信号2の変化量は、信号1の変化させる周期の青始点からオフセット分だけ送れた青始点を含む周期において、信号1の変化量にオフセットの変化量を加えたものである。もしB'、またはCがA'より前になると、時間を溯って、変化を開始しなければならず、この場合は、一周遅らせて変化させる。また一周に置ける変化時間の最大値を決めておき、変化量がそれを越える場合は、周期、オフセットの変化量を複数の周期に分配し最大値を越えないようにする。交差点が3個以上ある場合も基準信号を一つ決め、それに対する、他全ての信号で上の条件を満たすような方法を用いて制御パターンを変更する。

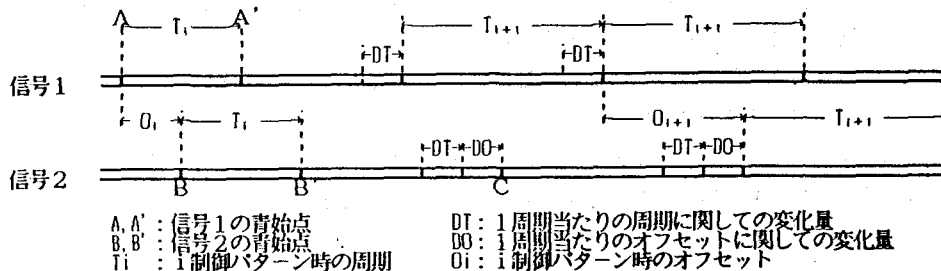


図-2 制御パターンの変更

3. 適用例

今回の実験では、図-3のような3交差点の対象区域を考え、図-4のように予測交通量の平均値を与え実際に発生した交通量として、予測交通量に対する誤差が、0, ±10, ±20, ±30%の7種類を考慮し、それらを、予測交通量に対する最適制御パターン（期待値）で制御した場合と、実際に発生した個々の交通パターンに対する最適制御パターン（真値）で制御した場合との、Total Travel Time を求め、その結果を表-1に示す。この結果からわかる通り、期待値で制御した場合は、真値での制御に比較して、発生交通量30%増加以外は、期待値の制御によるTotal Travel Time が真値の制御によるそれに比べて、10%程大きな値になっている。30%増加の場合は、交通量が大きくなりすぎ制御パターンの善し悪しが表れにくかったのではないと思われる。又、発生交通量が予測交通量に対して0, ±10, ±20, ±30%となる確率をデータとして与えることにより(1)式のようにして、Total Travel Time を予測することができるのではないと思われる。

$$T = TT_{-30} \cdot P_{-30} + TT_{-20} \cdot P_{-20} + TT_{-10} \cdot P_{-10} + TT_0 \cdot P_0 + TT_{10} \cdot P_{10} + TT_{20} \cdot P_{20} + TT_{30} \cdot P_{30} \quad (1)$$

TT_i : 発生交通量が予測交通量より i %多い時のTotal Travel Time

P_i : 発生交通量が予測交通量より i %多いことの起こる確立

【参考文献】 THOMAS SCHWERTFEGER 'DYNEMO: A MODEL FOR THE SIMULATION OF TRAFFIC FLOW IN MOTORWAY NETWORKS'

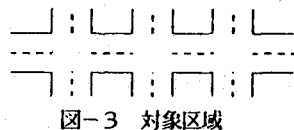


図-3 対象区域

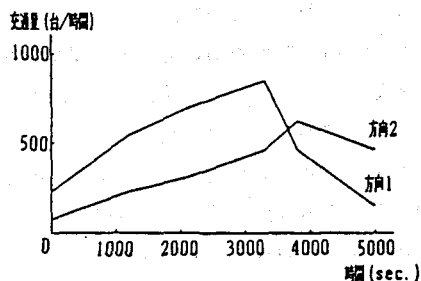


図-4 予測発生交通量

表-1 Total Travel Time

発生交通量 (対予測交通量)	期待値の総和 (秒)	真値の総和 (秒)	誤差 (%)
+30%	46783	43183	5.88
+20%	43389	39714	9.52
+10%	39742	36299	9.49
0%	37309	33481	9.70
-10%	33855	30609	10.60
-20%	28974	26421	9.66
-30%	27176	24288	11.90