

信号制御パタン切換え頻度が制御効率に及ぼす影響について

山口大学大学院 学生会員 山本 耕作
山口大学工学部 正会員 久井 守

1. はじめに

1日の交通量が時間的に大きく変動するような系統信号路線では、その時間変動に回答して最適な信号制御を行うことが重要である。そのため複数の制御パタンを用意し、交通状況に応じて制御パタンを選択しながら制御するパタン選択制御がある。制御パタンは、共通サイクル長、オフセットおよびスプリットの3つから構成されるが、本研究では、この制御パタンをGAにより複数個作成し、それを用いてDPにより総遅れ時間を最小にする最適切換え政策を求め、その計算例からパタン切換え頻度が制御効率に及ぼす影響について考察する。交通量変動パタンは既知とする。また切換え時の交通の乱れを考慮するが、これが重要なポイントである。

2. DPによる定式化

制御パタンの最適な切換え政策はDPの手法を用いて求める。M組の制御パタンは与えられたとし、また制御対象時間帯の切換え回数Nは指定されたものとする。ただし、切換え回数は対象時間終了時に1回切換えるものとしてカウントする。制御対象時間帯の総遅れ時間を最小にする最適切換え政策は次のようなDPの1次元配分過程として定式化することができる。

$$f_n(x_n, P_k) = \min_{i, x_{n-1}} \{ f_{n-1}(x_{n-1}, P_i) + \sum_{t=x_{n-1}+1}^{x_n} D(P_i, P_k, t) \}$$

$$\text{ただし, } f_0(x_0, -) = 0, \quad x_0 = 0$$

ここに、 t : 5分間の時間インターバルで表した時刻($t = 1, 2, \dots$)、 x_n : n 回目の切換え時刻($n = 1, 2, \dots$)、 P_k : 第 k 番目の制御パタン($k = 1, 2, \dots, M$) (P_k はサイクル長, 絶対オフセット, 現示率を要素とするベクトル)、 $D(P_i, P_k, t)$: 制御パタンを P_i から P_k へ切換えた場合に時間インターバル t における総遅れ時間(時間)、 $f_n(x_n, P_k)$: 時間帯1 ~ x_n を n 分割し、 n 分割目を制御パタン P_k で制御した場合に時間帯1 ~ x_n における総遅れ時間(時間)の最小値

キーワード: パタン選択, 総遅れ時間, DP, シミュレーション, オフセット追従
連絡先: 〒755-8611 宇部市常盤台 2-16-1
TEL:0836-35-9485, FAX:0836-29-0053

3. 遅れ時間の計算

遅れ時間 $D(P_i, P_k, t)$ はTime Scanning方式のシミュレーションで求める。これはスキャニングタイム dt ごとに時間を進め、車両の速度と位置および信号状態を更新していくシミュレーションである。シミュレーションで求めた走行軌跡の一部を図1に示す。車両は停止と自由走行のいずれかとするが、待ち行列長を再現し先詰まりも考慮する。また、オフセットの切換えではオフセット追従を行い、切換え時の交通の乱れを考慮して遅れ時間を求める。DP計算を上位モデル、シミュレーションを下位モデルと位置付ける。DPから与えられる切換え政策に応じてシミュレーションを実行し、遅れ時間を求める。その遅れ時間に基づいてDP計算を行い最適切換え政策を求め、

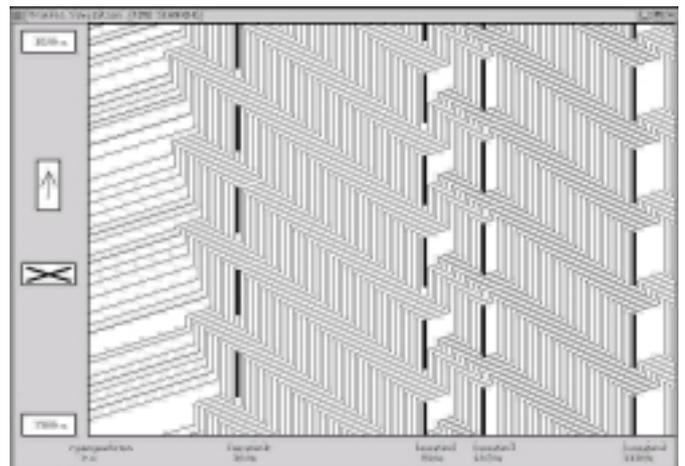


図1 シミュレーションによる車両の走行軌跡
(路線内の車両は、3台おきに表示)

4. 制御パタンの作成

図2に示すような9信号8リンクの系統信号路線を計算対象として多数の制御パタンをGAにより作成する¹⁾。ただし現示率は既知とし、損失時間は10秒とする。作成した制御パタンを遅れ時間と交通量の関係から検討した上で望ましい制御パタンを5種類($M=5$)選択した。それを表1に示す。

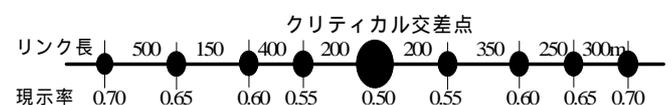


図2 対象とする系統信号路線

表1 GAにより作成した5種類の制御パタン

制御パタン番号	サイクル長(秒)	絶対オフセット(サイクル長比)									
		0.00	0.02	0.66	0.86	0.34	0.84	0.56	0.08	0.54	
1	40	0.00	0.02	0.66	0.86	0.34	0.84	0.56	0.08	0.54	
2	60	0.00	0.46	0.24	0.68	0.42	0.68	0.14	0.88	0.30	
3	80	0.00	0.50	0.48	0.98	0.96	0.14	0.72	0.78	0.28	
4	100	0.00	0.48	0.48	0.10	0.98	0.10	0.44	0.52	0.74	
5	130	0.00	0.56	0.56	0.30	0.22	0.28	0.42	0.56	0.78	

5. 最適切換え政策

5種類の制御パタンを用いて4時間の時間帯を対象に最適切換え政策を求めると交通量変動は上下両方向とも同一とし図3のように仮定した。制御パタンの切換えは15分間に2度は行わないことにした。

まず各制御パタンを設定してシミュレーションを行い、5分間ごとに遅れ時間を求めた。求めた遅れ時間の変化を図4に示す。交通量が少ない時間帯ではサイクル長の小さい方が遅れ時間も小さくなり、交通量が多い時間帯ではサイクル長の大きい方が遅れ時間が小さくなるという結果になった。これは定性的に予想されるとおりの結果である。次にDP計算で求めた最適切換え政策を図5に示す。交通量が少ない時間帯ではサイクル長の小さい制御パタンを選択し、交通量が多い時間帯ではサイクル長の大きい制御パタンを選択するという結果になった。これも定性的に予想されるとおりの結果である。最後に、切換え回数と総遅れ時間の関係を図6に示す。総遅れ時間を最小にする切換え回数は6回という結果となった。これは切換えを行わない場合に比べ、総遅

れ時間の減少は22%である。このように高い減少率が得られたことから、交通量が大きく変動する時間帯では制御パタンの切換えを行うことが有効であることが立証できた。また図6より切換えをあまり頻繁に行いすぎると総遅れ時間が増加し逆効果となることがわかる。これは、久井の研究²⁾とは異なり、制御パタン切換え時の交通混乱を考慮に入れて遅れ時間を求めた成果である。

6. まとめと今後の課題

本研究では、DPで求めた制御パタンの切換え政策の有効性を示すことができた。また切換え回数を多くしすぎると逆効果になることがわかった。

本研究では、交通量変動パタンを仮定した上で計算を行った。今後は、実際の路線の交通量変動パタンを用いまたそれに対応した制御パタンを用意し切換え政策を求め計算例を蓄積することが課題である。

参考文献

- 1)小田原正和,久井守:GAによる系統交通信号の共通サイクル長に関する研究,土木計画学研究・講演集20(2),pp.815-818,1997
- 2)市原薫,枝村俊郎編:道路施設工学,森北出版,pp.191-194,1976



図3 5分間交通量の変動

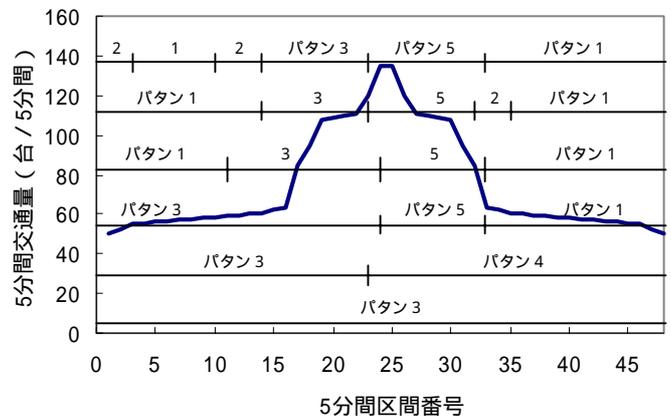


図5 交通量変動および最適切換え政策

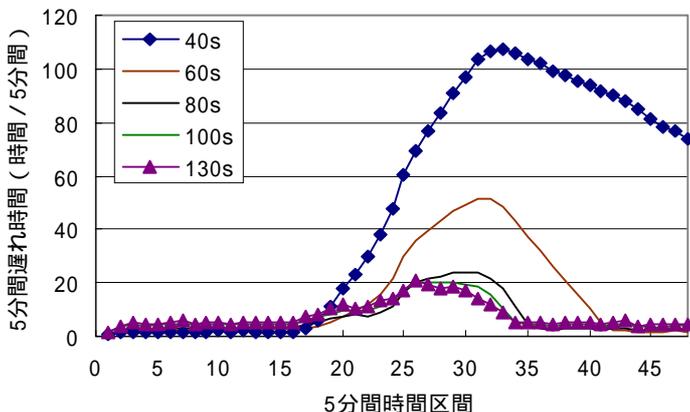


図4 5分間遅れ時間の変動

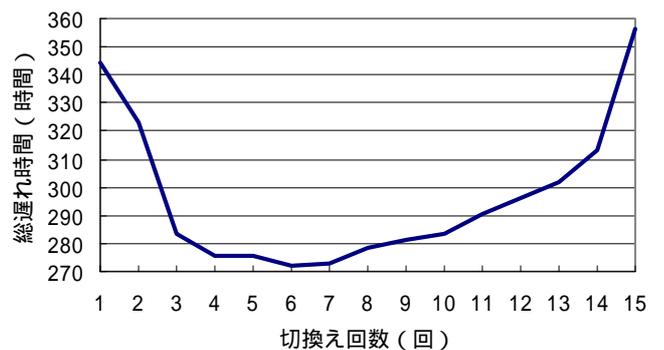


図6 切換え回数と総遅れ時間の関係