

追従の円滑性を考慮した交通信号オフセットの連続生成

山口大学大学院 学生会員○伊賀上 聡

山口大学工学部 正会員 久井 守

1. はじめに

パタン選択型の系統式信号制御では、オフセット切り替え時に、旧オフセットから新オフセットへの移行、すなわちいわゆるオフセット（絶対オフセットの）追従という動作が必要となる。また共通サイクル長の切り替え時でも、サイクル長の変更にともなって最適オフセットも変化するので、やはりオフセット追従動作が必要となる。このオフセット追従は毎サイクル徐々に行い完了までには数サイクルを要する。また追従途中では交通の乱れが生じる。特に追従途中でオフセット反転状態になると、すなわち最適な新オフセット（相対オフセット）に比べて位相が半サイクルずれた状態になると、交通の乱れが特に大きくなる可能性がある。このような事情を考慮すると、交通量変化にตอบสนองしてオフセットを切り替えるというきめ細かい制御を行っても、その場合のメリットが追従時のデメリットによって減殺されることになる。これがパタン選択型制御のひとつの弱点である。

この弱点を軽減することをねらいとして、本研究では旧オフセットから新オフセットへオフセット変更を行う場合のオフセット変更量に対して上限と下限を設け、これを制約条件とし、かつ変更前の旧オフセットを既知として変更後の新オフセットを最適化するひとつの方法を提案する。この方法はオンラインリアルタイムでオフセットを自動生成するひとつの方法ともなる。

2. オフセットの追従方法

旧オフセットから新オフセットへのオフセット変更、すなわちオフセット追従は絶対オフセットを毎サイクル少しずつ変更することによって実行する。絶対オフセットの変更には、Fig.1に示すようにサイクル長を長くするプラス追従と、サイクル長を短くするマイナス追従がある。オフセット変更量が大きい場合には、追従途中で反転状態を通過する。このような状態は好ましい状態ではないのでできるだけこれを避けるのが望ましい。

3. オフセットの反転防止の制約条件

Fig.2に示すように各信号の絶対オフセットの変更量をサイクル長の $\pm 1/4$ の範囲内に制限する。このようにするとリンクの相対オフセットの変更量 $y'_i - y_i$ はサイクル長の $\pm 1/2$ 以内に制限することができ、

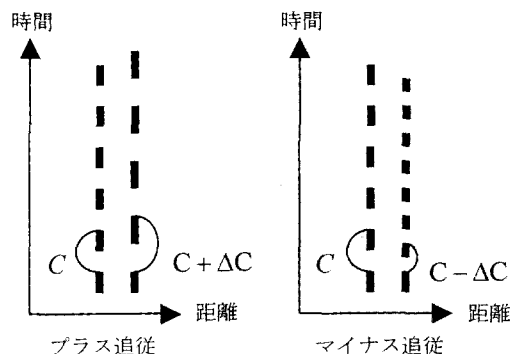


Fig.1 プラス追従とマイナス追従

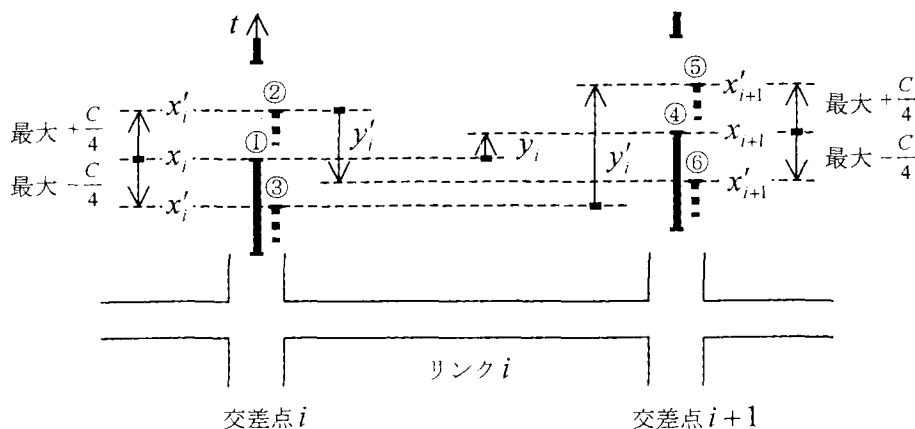


Fig.2 絶対オフセットの変更量

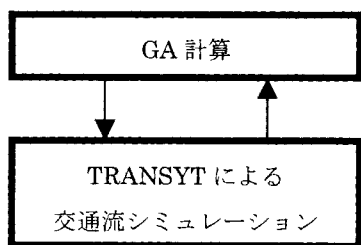


Fig.3 オフセット生成の計算システム

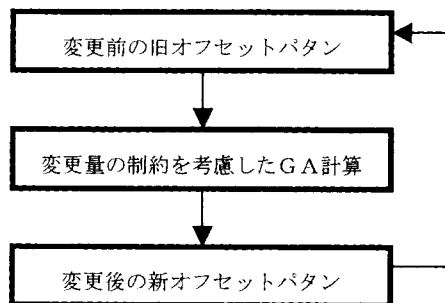


Fig.4 GA の反復計算

Table1 交通量水準 (台/秒)

交通量水準	上り方向	下り方向
①	0.37	0.20
②	0.30	0.30
③	0.20	0.37

したがってオフセットの反転を起こすことがない。絶対オフセット変更量の制約を式で示すと次のようになる。

$$-\frac{C}{4} \leq x'_{i+1} - x_{i+1} \leq +\frac{C}{4} \quad +\frac{C}{4} \geq x'_i - x_i \geq -\frac{C}{4}$$

ここで、 x_i は変更前の絶対オフセット、 x'_i は変更後の絶対オフセットである。±1/2の範囲内ということは相対オフセットの探索範囲に制限がないのと同等となる。ただしこれは1リンク路線を対象とした場合にいえることであって、複数のリンクからなる路線を対象とした場合には探索範囲が制限されることとなり、最適解の保証がなくなる。したがってFig.4のような反復計算を行うこととする。ただしこの計算法でも最適解が得られるということを数学的に証明するのは困難である。そこで計算例によって確認する。

4. オフセット生成の計算例

オフセット生成の計算例を示す。旧オフセットに対して新オフセットを生成する場合の最適化ではGAを用いる。評価指標は遅れ時間と停止回数の加重和とする。この評価指標はTRANSYT交通流モデルで求める。したがって全体の計算はFig.3に示すようにGAを上位とし、シミュレーションを下位とする2レベルの計算システムとする。なおシミュレーションの交通条

件としては対象路線両端からの到着交通流率のみを用いる。ただし実システムに実装する場合には計測に基づく交通条件はこれを取り込むようにするのが望ましい。しかしこの計算例ではとりあえずTRANSYTを用いる。評価指標は到着プロファイルの確定遅れのほかランダム遅れも考慮する。計算のフローはFig.4に示すとおりである。交通量はTable1に示すような3水準を対象とする。計算結果をTable2とTable3に示す。計算対象として用いた系統信号路線の道路・交通・信号条件は以下のとおりである。

リンク長 510, 160, 410, 210, 210, 360, 260, 310 (m)

飽和交通流率 0.9 (台/s) 系統速度 12 (m/s)

スプリット 0.70, 0.65, 0.60, 0.55, 0.50, 0.55, 0.60, 0.65, 0.70

サイクル長 100 (s) 損失時間 16 (s)

Table2 各交通量水準について

独立に求めたオフセットパターン

	交差点1	交差点2	交差点3	交差点4	交差点5	交差点6	交差点7	交差点8	交差点9
①	0.00	0.86	0.30	0.48	0.58	0.90	0.08	0.22	0.50
②	0.00	0.88	0.32	0.18	0.14	0.56	0.66	0.78	0.36
③	0.00	0.84	0.48	0.34	0.18	0.80	0.68	0.10	0.70

Table3 連続生成で求めたオフセットパターン

	交差点1	交差点2	交差点3	交差点4	交差点5	交差点6	交差点7	交差点8	交差点9
①	0.00	0.86	0.30	0.48	0.58	0.90	0.08	0.22	0.50
②-1	0.00	0.86	0.40	0.46	0.60	0.00	0.06	0.22	0.44
②-2	0.00	0.86	0.44	0.48	0.62	0.04	0.14	0.26	0.32
②-3	0.00	0.86	0.36	0.44	0.56	0.26	0.38	0.40	0.46
②-4	0.00	0.86	0.40	0.48	0.62	0.04	0.20	0.26	0.34
②-5	0.00	0.86	0.42	0.52	0.66	0.08	0.24	0.30	0.30
③-1	0.00	0.84	0.54	0.64	0.60	0.22	0.08	0.50	0.34
③-2	0.00	0.92	0.72	0.64	0.48	0.10	0.00	0.44	0.38
③-3	0.00	0.92	0.72	0.64	0.48	0.10	0.00	0.44	0.20
③-4	0.00	0.94	0.72	0.64	0.48	0.10	0.00	0.44	0.18
③-5	0.00	0.98	0.72	0.64	0.48	0.10	0.00	0.44	0.24

5. オフセット生成法のメリット

本研究で提案したオフセット生成法では、①交通量変動を与件とする必要はなく、②オンラインの計測交通量を用いることができ、また③上流の交通流やプロファイルなどの情報を活用することができる。④またオフセット追従に要するサイクル数は2サイクル程度ですむ、などのメリットがある。

6. まとめ

本研究ではオフセット変更量に制約を課して新たにオフセットを生成する計算法を示した。ただし本研究の計算例による限り、確実に最適解が得られるという確証を得るまでには至っていない。今後さらに検討していきたい。