

IV-132 信号相互の影響を考慮した 広域信号制御の最適化

山口大学工学部 正員 久井 守
建設省九州地建 磯村 弘志

1. まえがき

本研究は信号区間相互の影響を考慮した道路網のオフセット最適化を検討したものである。すでに路線系統制御のオフセットをDPによって最適化した研究¹⁾および他の信号区間の影響は考慮していないが、面制御のオフセットを分解原理によって最適化した研究²⁾がある。ここでは、この両者を組み合わせることによって信号区間相互の影響を考慮した格子状道路網のオフセット最適化について検討を行なう。

2. DPによる路線系統制御の最適化

信号交差点では車群パターンが次々に変換を受ける点に着目し、系統化路線を多段決定過程とみなし、DPにより路線全体の総遅れ時間を最小にする最適オフセットを求める。交通流は不飽和流とし流体的に取扱い車群を単一の矩形波と仮定する。DPの適用においては交通流の2方向性を特に考慮して定式化する。

3. Varaiya の分解原理

面制御のオフセット最適化はVaraiyaの分解原理を適用して行なう。制約条件はループ閉合条件、目的関数は総遅れ時間である。最適オフセット x^* を得るためのアルゴリズムは次のとおりである³⁾。

ステップ1: 補助パラメータ p_i ($i=1,2,\dots,n$)の初期値を0ベクトルとおく(n は路線数)。

ステップ2: 各路線(サブシステム) i ごとに、DPの手法によって $\{f_i(x_i) + p_i^T \cdot x_i\}$ を最小にするオフセット x_i を求める($i=1,2,\dots,n$)。

ステップ3: センターレベルにおいて誤差ベクトル

$$e(p) = \sum_i A_i x_i - c$$

を計算し、もし $\|e(p)\| \leq \epsilon$ ならば計算を終了し、そうでない場合は、

$$p_i^{k+1} = p_i^k + A_i^T e(p) \Delta t \quad (i=1,2,\dots,n)$$

に従って補助パラメータを変更しステップ2にもどる。ここで K はくり返し回数、 Δt は補助パラメータ変更のステップ幅、 ϵ は許容誤差であり、 T は転置を意味する。

4. オフセットの最適化問題

まず図-1のような4つのループからなる格子型道路網を例として、オフセット最適化問題を説明する。

i 番目道路 j 番目リンクの相対オフセットを x_{ij} とする。 i 番目道路の決定変数と補助パラメータは、

$$x_i = \begin{bmatrix} x_{i1} \\ x_{i2} \end{bmatrix}, \quad p_i = \begin{bmatrix} p_{i1} \\ p_{i2} \end{bmatrix}$$

となる。また各ループにおけるループ閉合条件は次のようになる。

$$-x_{11} + x_{21} + x_{41} - x_{51} = c_1$$

$$-x_{12} + x_{22} + x_{51} - x_{61} = c_2$$

$$-x_{21} + x_{31} + x_{42} - x_{52} = c_3$$

$$-x_{22} + x_{32} + x_{52} - x_{62} = c_4$$

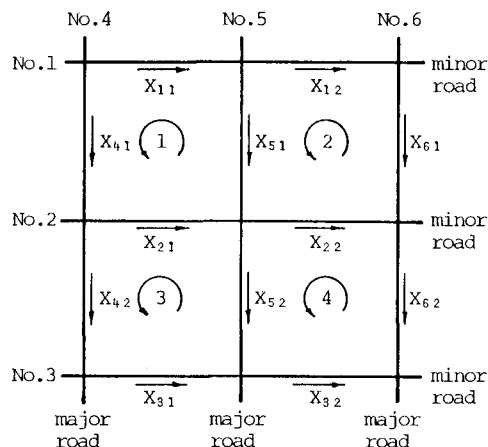


図-1 サブシステムの分割とオフセットの定義

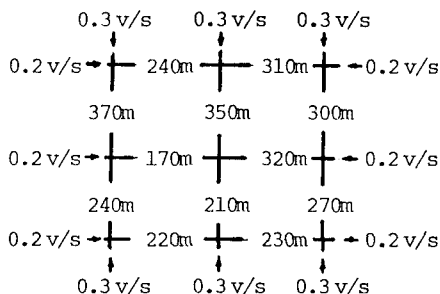


図-2 計算対象の道路網(その1)

ここに c_i は各信号の現示率によって決まる定数に整数 N_i を加えたものである。

5. 計算例

計算対象としては、図-2および図-3に示した2つの道路網を用いる。交差点の右左折率、沿道への流入率とはともに0とし、各信号の現示率はすべて0.5とする。またDPにおける格子探索法でのきざみ幅は0.025とする。なおループ閉合条件式における整数 N_i は、できるかぎり閉合誤差を小さくするようにセンターレベルで各ループごとに定め、閉合誤差に応じて変化させる。交通量条件は図-2、図-3のとおりとし信号周期 $T=70$ sのときの閉合誤差の収束状況の例を図-4、図-5に示す。Eは誤差ベクトル $e(p)$ の各成分の絶対値の平均である。この2つの例ではいずれも閉合誤差は単調減少とはなっていない。

その原因としては、まず目的関数の凸性についての保証がない点が挙げられる。またDPでは上下両方向の交通流が、各交差点における車群の変換原則を満足しなければならないという条件があり、そのため各信号区間のオフセットは必ずしも自由な値をとり得ないという点も理由の1つと考えられる。

しかし、4つの閉ループからなる道路網については閉合誤差はかなり小さく収束しており、計算途中の遅れ時間の増加も少ない。図-6に初期オフセットおよび求められた最適オフセットを示す。8つの閉ループからなるやや規模の大きい道路網の計算例でも、一応閉合誤差の減少はみられた。しかし、その収束性は十分であるとはいえず、また収束途中で遅れ時間の値がかなり増加するという傾向がみられた。

6. むすび

本研究では、信号区間相互の影響を考慮した広域信号制御の最適化を行ない、規模の小さい道路網については最適オフセットを得ることができた。大規模な道路網については、最適解への収束性に問題があり、その点が今後の課題である。

参考文献

- 1) 枝村俊郎・久井 守・藤井登史雄：DPによる系統信号の最適化とシミュレーションによる検討，土木学会論文報告集，第209号，pp.115~122, 1973年1月
- 2) 久井 守：分解原理による街路網のオフセット最適化に関する研究，土木学会論文報告集，第347号，pp.69~76, 1984年7月
- 3) 田村担之：大規模システムの最適化理論，電気学会雑誌，Vol.92, No.11, pp. 209~218, 1988年11月

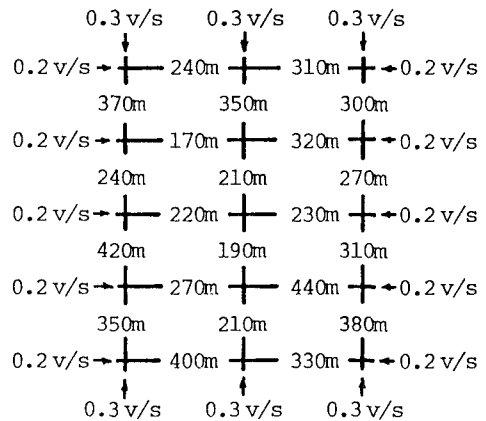


図-3 計算対象の道路網(その2)

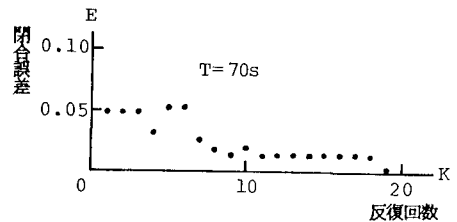


図-4 誤差の収束性-道路網(その1)

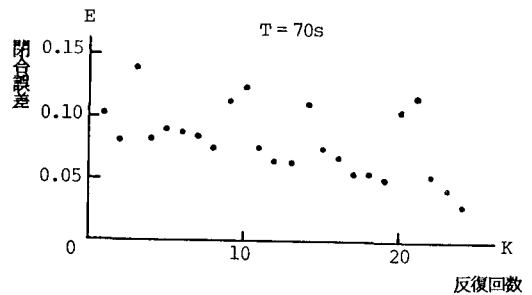
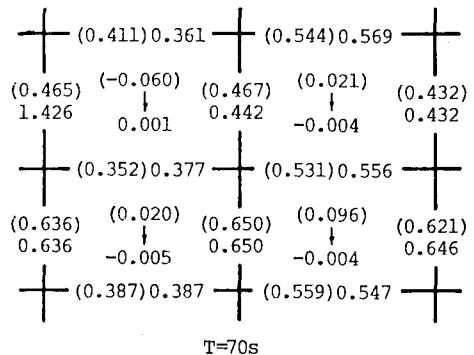


図-5 誤差の収束性-道路網(その2)



$$E=0.049-0.003(K=19) \quad Z=54.054+54.912(h/h)$$

図-6 初期オフセットと最適オフセット