

東京工業大学土木工学科 正員 片倉正彦
三井海洋開発株式会社 正員 ○ 島田生徳

1. 概 説

大都市の交通事情は悪化の傾向をたどり次第に回復が困難となっている。このような状況にあって、現在首都高速道路の混雑を解消するための効果的手段として流入制御が実施されているが、その運用等に明確な体系が確立されているとは言えず不明な点や問題点が多い。そこで、この研究は高速道路へ流入する交通量などの様に制御して望ましい交通運用を図ったらよいかと言う課題に対して、実用性を有する最適制御を理論的に求めるアルゴリズムを研究開発したものである。そして、首都高速道路を対象モデルとしてケース・スタディを行った。

2. 問題 の 設 定

従来、流入制御を数値計画手法により理論的に研究されたものとしてはLPモデルによるものがある。これはある定常な時間帯のネットワークとしての最適性が考慮されたもので1日全体を通しての最適性が図られていない。更に、実際上の制御において制約条件となる ①利用機会の均等化を図りコントロールランプの集中化防止 ②現実の制御による流入量は0台、300台、……と階段上の値となる ③制御予告の必要 等が考えられていない。本研究では、このような現実の制御における条件を満足してかつ時間系に対しても望ましい交通運用となるようにモデルを拡張し、流入制御をDPとLPのコンビネーションモデルとして考えた。今、30分を1期間として容量をオーバーしない様な制御における総トリップ数最大化を考えると、制御対象期間Nまでの目標函数 f_N はDPの問題として次の様に表現できる。

$$\begin{cases} f_1 = \max_{P_1^1, \dots, P_{m_1}^1 \in P_1} [g_1(P_1^1, P_2^1, \dots, P_{m_1}^1)] \\ f_K = \max_{P_K^k, \dots, P_{m_K}^k \in P_K} [g_K(P_K^k, P_2^k, \dots, P_{m_K}^k) + f_{K-1}] \quad (K=2, 3, \dots, N) \end{cases}$$

ここに、 $P_j^K (v_1, \dots, v_L)$ K期のj番目の政策で各ランプの流入コントロール量 v_L を要素に持つ $P_K = \{P_1^K, \dots, P_{m_K}^K\}$ K期の政策集合 g_K = K期のトリップ数 f_K = K期まで最適なオペレーションを行った場合のK期までの総トリップ数

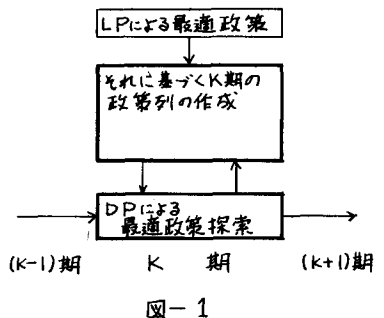


図-1

これより問題は f_N を求めることであり f_N が期待できる各期の政策 P^K を選択することになる。DPの各期間での選択すべき政策は前期間の政策に関係するのでその期間でのより望ましい政策を求めるためには種々の政策が探索の対象となる。この各期の政策列をLPで作成することも考えた。概念図は図-1に示す通りである。

3. LPによるトリップ数最大化

各期が各々定常性が仮定できることから交通状況を表わす変数としてリンクフローを用いるとトラフの理論に従って流入量の1次式として交通流モデルが設定でき⁽¹⁾、トリップ数最大化は次のように定式化される。

$$\begin{cases} Q = F \cdot R \\ X = Q \cdot U \leq C \\ 0 \leq U \leq U^D \end{cases} \quad \begin{cases} \text{ここに、} \\ F = \text{OD構成比ベクトル} \\ X = \text{リンクフローベクトル} \\ U = (u_1, \dots, u_L) \text{ 流入量ベクトル} \\ U^D = \text{流入需要量ベクトル} \end{cases} \quad \begin{cases} R = \text{経路マトリックス} \\ Q = \text{推移確率マトリックス} \\ C = \text{リンク容量ベクトル} \end{cases}$$

の条件で $\sum_{i=1}^L u_i \rightarrow \max$

計算上では、容量を超えるリンクに影響するランプがコントロールの対象となること、制約条件は容量を超えるリンクについてだけでよいことの2点から制御変数と制約条件を減らし計算時間の短縮化を図った。又、実際上の制約からLP解も直接政策として採用することはできないため図-2の様に切捨た。

LP解	実用解
82台	0台
420台	360台
780台	720台

図-2

4. 最適政策探索のアルゴリズム

可能なあらゆる組み合わせに対してこの様にLP計算を行って政策を作成すると計算時間が膨大となり解くことが困難となる。そこで、図-3に示すようなフローに従って政策列を作成することを考えた。これは、LPによる最適政策に基づいて各期の政策を最適つまり制限量の小さい政策から順に2個作成するようにしたものである。こうしてDP計算に入り1日全体についての最適なオペレーションを求める。もし解が求まらない場合は、図-3に示すアルゴリズムにおいて除去するランプの数を増した時の政策を求めて W_k を増加させ最適解の探索をおこなう。

5. ケース・スタディ

諸元は表-1のようにとった。流入需要交通量及び需要OD表は首都高速道路公団が昭和47年7月11日に行った調査を基にして求めた。推移確率マトリックスの算定にあたっては、OD表と経路マトリックスの読み込みを工夫して電算機のメモリーを大幅に節減するようにした。更に特異な変動をなくすため移動平均法によりスムージングを行った。利用機会の均等化を図る意味で連続2期に渡っては同一ランプがコントロールを受けないものとした。(CASE1) 比較のために、この様な制約を設けない場合についてもケーススタディを行ってみた(CASE2) その結果明らかとなった主な点は次の通りである。①CASE1の制限量はCASE2とあまり差がみられない ②CASE2はコントロールランプの集中化が顕著にあらわれ連続して制御されている。(表-2)

6. 結論

流入制御を現実の種々の制約条件を考慮に入れたDPとLPのコンビネーションモデルとして計算時間の短縮化を図るとともに総トリップ数を最大とする最適制御の解を求めるアルゴリズムを開発した。次に、ケーススタディの結果からトリップ数をあまり減らすことなく利用機会の均等化等の制約条件を満たす制御が可能であることを明らかにした。参考文献(1) T.Sasaki and S.

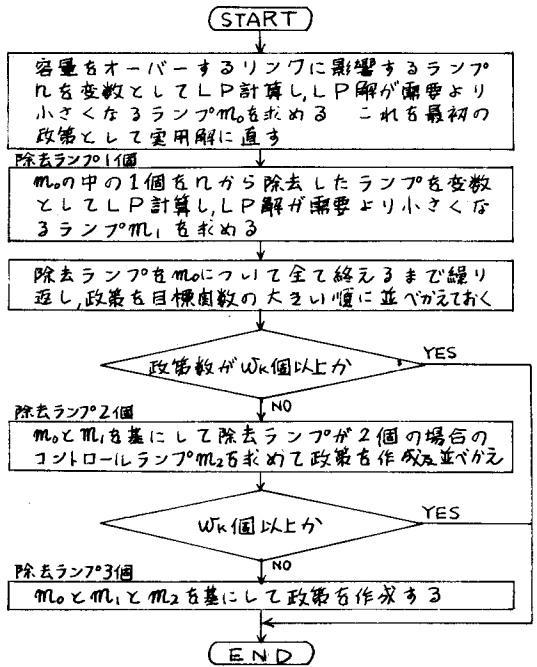


図 3

工 程 目	内 容
オンランプ数	36ヶ所(集約化してある)
各オンランプのデス数	2ヶ所 集約料金所は3~6ヶ所
デス容量	360台/30分/デス
リンク数	環状線 36リンク
リンク容量	2,000~2,100台/30分/2車線 ボトルネックは1,800台/30分/2車線
制御対象期間	13:00~18:30の11期間(1期間:30分)
制御期間の総需要交通量	136,599台

表-1

	CASE1	CASE2
期間	コントロールランプ番号	コントロールランプ番号
1	2 3 10	1 2 12
2	1 12 20 21 22 30	1 3 5 12 30
3	2 3 24 30	1 2 27 30
4	5 12 20 21 24	1 2 5 12
5	1 2 30	1 2 29
6	27 29	29 30
7	1 18 24 30	1 18 23 25 29
8	2 11 25 29	2 12 25 29
9	1 3 9 12 26 27 30	2 3 9 12 26 27 29
10	2 11 13 20	1 12 13 21
11	1 3	1 2
制限量	8,072台(5.9%)	5,588台(4.1%)

表-2