

都市高速道路における新たなリアルタイム流入制御手法に関する研究

—遺伝的アルゴリズムの適用—

A Study on the Real-time Ramp Control Method in Urban Highway Network

-Application of Genetic Algorithm-

森地 茂* 清水 哲夫**

by Shigeru MORICHI and Tetsuo SHIMIZU

1. はじめに

都市高速道路の渋滞は依然として大きな社会問題となっている。これを解決する方法は、①容量を増やす、②効率的な運用を図る、③需要を変化させるという3通りの考え方がある。①は路線の拡幅や新規路線の供用が必要となるが、特に大都市においては、建設費の高騰、建設スペースの欠如等の理由による建設期間の長期化により、即効性のある解決策ではない。一方、②は流入制御がその代表例として挙げられ、③はピークロードプライシング、経路推奨、情報提供等が挙げられるが、これらは運用に必要な装置さえ設置できれば、①に比べ早期の対応が可能である。本研究はこの視点に立ち、都市高速道路の渋滞緩和方策の1つとして、特に流入制御手法とピークロードプライシングに着目し、これらを融合させた制御手法の開発可能性に関する検討を目的としている。

2. 新たなランプ制御手法に関する検討

現在、首都高速道路では都心環状線への交通集中を防ぐためにランプ閉鎖が頻繁に行われているが、この手法は3つの問題点を抱えている。第一に、需要の大きいランプでは、閉鎖による一般街路への負担が大きくなるため、この手法が事実上実施できない現状にある。第二に、この手法が過去のフローパターンに基づいているため、また高速道路と一般街路の管理主体が異なるため、事故発生時のような急

速に渋滞が生じる場合の対処が困難である。第三に、通常、流入禁止時間が数十分に及ぶため、利用の機会が著しく損なわれる現状にある。

従来より流入制御を扱った研究は多い。これらは①ネットワークの目的関数を設定し、その最適化を図るアプローチ、②制御の効率化を図るための研究に大別される。①では、LP制御¹⁾の提案に始まり、待ち行列を考慮したモデル²⁾、整数LPによる定式化³⁾、交通量の空間的分布を考慮することにより、LP制御の制約である本線交通量の定常性を緩和した手法⁴⁾が提案されるといった改良が進んでいる。またこの応用として、本線交通量の非定常性を考慮した動的流入制御手法⁵⁾の提案、ドライバーの経路選択を考慮したLP制御⁶⁾が挙げられる。ただし、これらの手法は適用ネットワークを大きく設定した場合には、計算量が飛躍的に増大することが考えられる。一方、②では、ファジー推論を用いた管制官の判断を記述するモデルの作成⁷⁾、エキスパートシステムを用いた制御の効率化手法の提案⁸⁾が行われている。

本研究は、ランプの待ちスペースに一時的に車両を滞留させながら、高速道路本線に車両をタイミング良く流入させる流入制御手法の可能性を探るものである。明神ら⁹⁾は、ランプ閉鎖による一般街路への影響を考慮して、制約条件に最大滞留可能台数を用いているが、制御時間間隔が5分であることから、ランプの滞留スペースが小さい場合や流入需要が非常に大きい場合における適用は難しいと考えられる。そこで本研究では、制御時間間隔を短く設定し、上記の問題点をカバーすることを試みる。図1に都市高速道路のオンランプの概要図を示すが、通常は流入路にブースがあり、この部分で流入をコントロールすることができる。この時、待ちスペースを越えて車両が一般街路上に滞留しない程度のランプ開閉

キーワード：交通制御・交通管理

* 正会員 工博 東京大学教授 工学系研究科社会基盤工学専攻
(〒113 文京区本郷 7-3-1 TEL:03-3812-2111)

**正会員 工修 東京工業大学助手 工学部土木工学科
(〒152 目黒区大岡山 2-12-1 TEL:03-5734-2693)

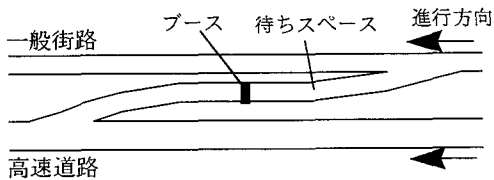


図1 オンランプの概要

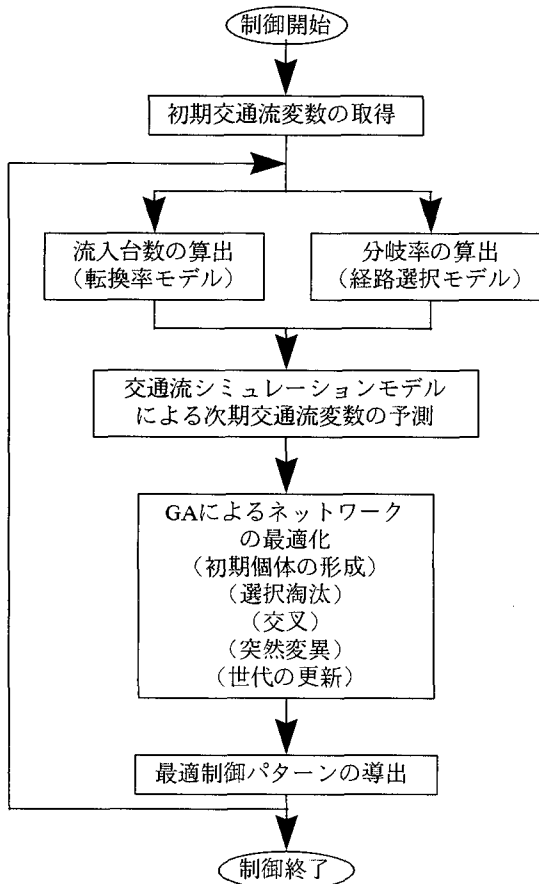


図2 本研究における流入制御手法の概要

を行えば、一般街路に負荷をかけない制御が可能となる。

本研究ではさらに、制御オプションとしてピークロードプライシングの導入を考える。これにより、従来の流入制御ではランプが閉鎖される状況でも、

高い料金を支払いさえすれば流入できるため、ドライバーにとって選択の幅が増えることになる。一方で、通常料金で利用したいドライバーがブースの手前で待つことができるスペースが必要であるが、その容量等の細かい設定は今回は行っていない。

以上で述べた制御手法の実現にとっての課題は、最適化問題の求解アルゴリズムの高速化である。この要求を満たすため、本研究では遺伝的アルゴリズム(Genetic Algorithm : GA)を適用⁹⁾する。

3. 流入制御手法の定式化について

本研究で構築する流入制御手法は、最適化問題を解くメインフレーム、交通流シミュレーションと経路選択、転換率モデルの2つのサブフレームで構成されている(図2)。以下にその概要を説明する。

(1) 交通流シミュレーションモデル¹⁰⁾

本研究では、マクロシミュレーションモデルを使用している。即ち、ネットワークを複数のリンクに分割し、各リンクの観測密度、速度を用いて、リンクの流出、流入交通量を算出し、これらを連続的に代入し、将来の密度、速度、交通量を予測するモデルである。図3にそのフロー図を示す。

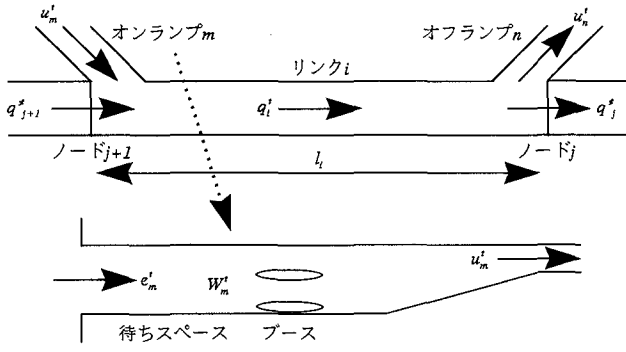
(2) 経路選択、転換率モデル

現在、都市高速道路はドライバーにとって複数の代替経路が存在するため、経路選択モデルが必要であるが、本研究では簡便化のために、ジャンクションにおける分流比を単位時間帯で一定と仮定している。また、ピークロードプライシングの導入により、転換率モデルが必要となるが、本研究では距離と費用の関数として簡略化している。

(3) 目的関数の考え方

従来の流入制御手法の目的関数(規範)としては、

①利用台数最大化、②所要時間最小化、③走行台キロ最大化が提案されている(式(1)~(3))。①は高速道路に交通を集中させる戦略である。②は利用者にとって有効な戦略であるが、ネットワーク中の車両台数を出来るだけ少なくする戦略であるため、一般



q_i^t : 時刻 t におけるリンク i の交通量
 q_j^t : 時刻 t におけるノード j の交通量
 u_m^t : 時刻 t におけるオンランプ m の本線流入量
 u_n^t : 時刻 t におけるオフランプ n の本線流出量
 l_i : リンク i のリンク長
 n_i^t : 時刻 t におけるリンク i の有効車線数
 v_i^t : 時刻 t におけるリンク i の速度
 d_i^t : 時刻 t におけるリンク i の密度
 Q_i^t : 時刻 t におけるリンク i の車両存在数
 e_m^t : 時刻 t におけるオンランプへの流入量
 w_m^t : 時刻 t におけるオンランプ m の待ち台数
 dt : 制御時間単位

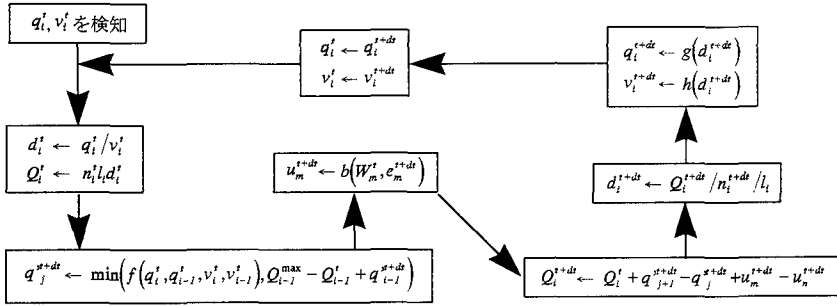


図3 交通流シミュレーションモデルの概要図

街路への負担が大きいと考えられる。③はいわば「高速道路の運動量」を最大化する戦略であるが、同時に長距離トリップに配慮した戦略でもあり、高速道路利用に対する平等性を欠くことになる。これらの考え方に対して、筆者は④通過交通量最大化を提案した¹¹⁾ (式(4))。即ち、ネットワーク全体の交通量を最大化する戦略であり、ネットワークの有効利用という観点からは望ましい規範である。しかし、より効率的な利用を目指した規範として本研究では新たに⑤容量率最大化を提案する (式(5))。ここで、容量率はリンクの交通容量に対する現在の交通流率の比である。図4に④と⑤の相違を示す。状態Aはネットワーク下流にボトルネックが生じており、上流は容量で流れている。一方状態Bは全リンクの交通量が同一である。この時、④では両者は同値であるが、⑤ではBの方が大きい。ネットワークとしての走行条件はBの方がよいことから、⑤を選択するのが望ましいと考えられる。なお、④及び⑤の目的関数値はリンクの切り方に依存するが、ネットワーク全体が一様に混んでいる (隣接したリンクの交通

量に大きな差がない) 状況では、その影響は小さいと考えている。制約条件は、⑥すべてのリンクが容量以下であること、及び⑦ランプ部における待ち台数がランプ待ち容量以下であることの2点である (式(6),(7))。制約条件の与え方については後述する。

①利用台数最大化
$$\max \sum_t \sum_m u_m^t \quad (1)$$

②所要時間最小化
$$\min \sum_t \left(\sum_i n_i^t l_i d_i^t + \sum_m w_m^t \right) \quad (2)$$

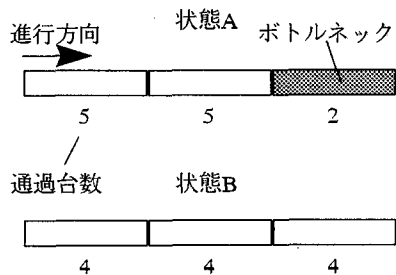
③走行台キロ最大化
$$\max \sum_t \sum_i n_i^t l_i d_i^t v_i^t \quad (3)$$

④通過交通量最大化
$$\max \sum_t \sum_i q_i^t \quad (4)$$

⑤容量率最大化
$$\max \prod_t \prod_i \left(q_i^t / q_i^{max} \right) \quad (5)$$

⑥リンク容量制約
$$0 \leq Q_i^t \leq Q_i^{max} \quad (6)$$

⑦ランプ容量制約
$$0 \leq W_m^t \leq W_m^{max} \quad (7)$$



Aの場合 Bの場合
 ④: $5+5+2=12$ 台 ④: $4+4+4=12$ 台
 ⑤: $1 \times 1 \times 0.4=0.4$ ⑤: $0.8 \times 0.8 \times 0.8=0.512$

※いずれのリンクとも容量は5(台/10秒)とする

図4 本研究で提案する目的関数の考え方

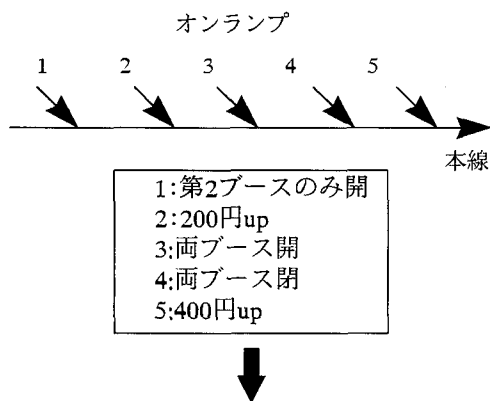


図5 線列の表現例

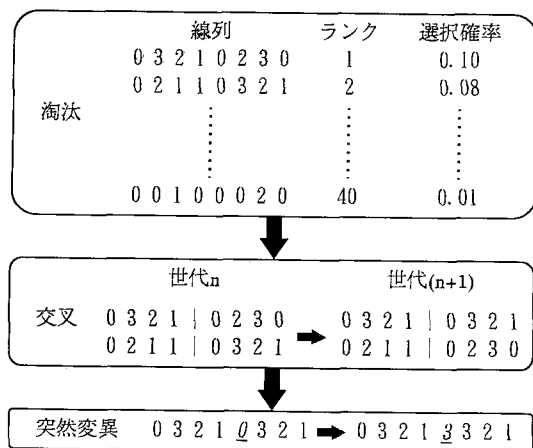


図6 本研究におけるGAの操作フロー

表1 遺伝子コードと制御オプション

コード	制御オプション
0	閉鎖
1	開放
2	200円up
3	400円up

表2 遺伝的操作及び遺伝パラメータ

遺伝的操作	
選択淘汰	ランク戦略
交叉	1点交叉
突然変異	1点突然変異
収束条件	20世代解の更新がない時終了
遺伝パラメータ	
遺伝子数	46
個体数	40
交叉率	100
突然変異率	10

(4) ピークロードプライシングの導入方法

本研究におけるピークロードプライシングは、通常の料金に対して 200 円、400 円と 2 段階で課金する簡単な方法を取っている。ここでのピークロードプライシングは、一般的な理論とは異なり、あくまでもネットワーク最適化の観点からの料金変化という意味であるが、これを車両 1 台がネットワークに流入することに対する迷惑料金であると解釈すれば、ある種のピークロードプライシングと拡大解釈できる。なお、料金帯の設定に関しては、特に 2 段階とする必要はないが、今回は手法の可能性の検討が目的であり、料金帯を少なく設定して、試算を行うことにした。

(5) GA の適用方法

以下では、GA の線列、遺伝的操作、制約条件の処理方法、制御時間間隔の設定に関する解説を行う。

GA における線列の設定方法は、その長さを制御対象の全オンランプに存在するブースの数とし、各ブースの制御オプションが線列の特定の位置のコード番号(表1)で表されるものとする。図5は、ネットワークの全制御対象オンランプ数が5、各ランプにブースが2つある場合の線列の表現例である。

表2に本研究で使用した遺伝的操作方法及びパラ

メータを、図6にGAの操作フローを示す。選択淘汰には適応度比例戦略を用いる例が多いが、本研究ではランク戦略を用いている。ランク戦略の長所は、各ランク（個体を目的関数の良い順に順位付けする）に対してあらかじめ固定した選択確率を設定できることにある。この時、高ランクの個体の選択確率を大きく設定すると、局所解へ急速に収束する可能性がある点に注意が必要である。

制約条件は、リンク容量制約に関しては交通流シミュレーションモデルで対応するが、ランプ容量制約は、各個体に対して、ランプの待ちスペースからはみ出ている車両数に応じて目的関数値を悪くするように補正している。即ち、制約条件を満たさない個体の選択確率が減ることになる。

4. 実ネットワークへの適用とその評価

ここでは、3で提案した手法を首都高速道路神奈川線5路線（横羽線、三ッ沢線、狩場線、湾岸線、大黒線）に適用し、平成6年11月14日の交通流データ（速度、交通量等）を用いて、本手法の実現可能性の検討を行った。制御開始時刻は、渋滞が発生する約15分前である午前5時半とし、以後1時間の制御効果を試算した。ネットワーク中のオンランプ数は24であるが、その中で21を制御対象ランプとし、リンク数は135とした。また、制御時間間隔は1分とした。以下に、ピークロードプライシングの効果の確認、目的関数間の比較、制御がオンランプ部付近の交通流に与える影響の考察、計算時間に関する考察を行う。

(1) ピークロードプライシング導入の効果

本研究では新たな制御オプションとしてピークロードプライシングを提案したが、その効果の確認が必要である。ここでは、目的関数に容量率最大化をとり、ピークロードプライシングの実施の有無による制御効果の違いを考察する。

表3に制御結果を示すが、ピークロードプライシング導入時では、全体的に完全閉鎖になる場合が少なく、特にランプ7においては、非導入時に6時過ぎから数分間の完全閉鎖が3回認められるが、導入

時には高い料金を払うことにより流入が可能であり、ここにプライシングの導入効果が顕著に表れている。特に、この試算ではプライシングが実行される時間帯は、主に当該ランプ付近のリンクが混雑が発生する直前であることが確認された。

表3 制御結果（目的関数が容量率最大化の場合）

時 分	プライシング無									プライシング有								
No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	2	3	4	5	6	7	8	9
5 31	1	1	1	3	1	2	1	2	2	1	2	2	1	1	2	1	2	2
5 32	2	2	1	1	1	1	1	2	1	2	1	2	1	1	2	1	2	1
5 33	1	1	1	2	2	1	1	2	2	2	1	1	2	2	5	1	2	2
5 34	1	1	1	2	2	2	1	2	2	2	1	2	1	1	1	2	1	2
5 35	1	2	1	2	2	0	2	2	2	2	1	2	1	2	1	2	1	2
5 36	2	1	2	2	1	1	1	2	1	1	2	1	1	1	1	1	1	2
5 37	2	2	1	3	2	1	2	0	1	2	2	1	4	1	2	1	2	2
5 38	1	1	2	4	2	1	1	3	2	2	2	1	2	3	2	2	2	2
5 39	1	2	1	4	2	1	2	2	2	2	6	1	6	4	2	1	2	1
5 40	1	1	2	1	1	1	1	2	1	1	1	2	1	1	1	2	1	3
5 41	2	1	1	3	1	2	2	2	2	2	1	1	6	1	1	1	0	1
5 42	1	1	2	2	2	2	2	1	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1
5 43	2	1	1	3	1	1	1	2	2	2	6	2	6	2	1	2	2	3
5 44	1	2	2	2	2	1	1	1	2	2	1	1	2	3	1	1	2	2
5 45	2	2	2	2	1	2	2	2	2	2	2	2	1	3	1	1	1	6
5 46	1	1	1	1	1	2	1	2	1	1	2	2	2	2	1	1	2	2
5 47	2	1	1	3	1	1	1	1	1	1	6	1	2	3	1	2	1	2
5 48	2	1	1	1	2	2	2	3	1	1	2	2	1	2	2	1	1	2
5 49	1	1	1	1	1	0	2	3	1	1	2	1	2	6	1	6	1	2
5 50	1	1	2	2	1	0	2	2	2	2	1	1	1	6	1	6	1	2
5 51	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	6	1	2	2	2	1
5 52	1	1	2	2	2	1	1	1	2	2	1	1	2	6	2	1	1	2
5 53	2	1	1	3	2	1	1	2	2	2	6	2	1	6	2	1	1	3
5 54	2	1	2	3	2	1	1	1	2	2	1	1	2	2	1	1	2	1
5 55	2	1	1	3	2	2	1	2	2	2	2	1	2	6	2	1	2	2
5 56	2	2	2	3	1	1	1	2	2	2	1	1	2	5	2	1	2	2
5 57	1	1	2	2	2	2	1	3	1	1	0	1	5	2	1	1	2	1
5 58	2	1	2	1	2	0	1	2	2	2	1	1	2	5	1	5	1	1
5 59	2	1	2	2	2	1	2	1	1	1	2	1	0	6	1	1	1	1
6 0	1	1	1	0	1	2	1	1	1	1	2	1	1	6	2	1	1	1
6 1	1	2	1	1	2	1	2	2	2	2	1	1	1	1	2	1	1	2
6 2	1	2	2	3	2	2	2	1	1	1	1	0	6	1	2	1	2	2
6 3	1	1	2	4	2	2	1	2	1	1	2	1	2	2	1	1	3	6
6 4	0	1	2	3	2	1	1	1	1	1	6	1	1	1	2	1	2	2
6 5	2	2	1	2	2	1	1	2	1	1	0	1	3	2	1	1	2	2
6 6	0	2	2	2	2	1	0	2	1	1	2	2	3	2	6	1	2	1
6 7	1	1	2	2	2	1	0	2	2	2	1	1	3	1	2	2	3	2
6 8	1	2	1	3	2	2	2	3	1	1	2	1	2	2	2	1	2	6
6 9	0	2	2	2	2	1	2	2	1	1	6	2	6	3	5	1	1	2
6 10	1	1	2	2	2	2	1	1	2	2	5	5	2	1	2	0	1	1
6 11	1	1	2	3	2	2	1	2	1	1	2	2	2	3	2	2	1	6
6 12	1	1	1	2	2	2	1	2	2	2	2	1	2	4	2	1	5	3
6 13	1	1	1	2	2	2	1	1	1	1	2	2	1	4	1	1	1	2
6 14	1	1	0	3	2	1	0	1	1	1	2	2	2	5	1	1	3	1
6 15	1	1	0	2	2	2	0	2	1	1	6	1	1	4	2	2	0	5
6 16	1	1	2	2	2	2	0	2	1	1	2	2	1	2	2	1	0	2
6 17	1	2	0	4	2	1	0	1	0	1	5	2	1	4	2	1	0	2
6 18	1	1	0	2	2	2	0	2	1	1	6	2	0	2	2	1	0	1
6 19	2	2	0	2	2	1	0	2	1	1	5	1	6	2	2	1	1	3
6 20	2	2	2	2	2	0	3	1	1	1	6	2	2	1	2	1	2	3
6 21	2	1	0	2	2	1	1	1	1	1	2	1	2	2	1	1	6	1
6 22	1	1	0	3	2	1	1	1	1	1	5	1	1	3	2	1	6	1
6 23	0	2	0	3	2	2	0	1	1	1	1	1	0	2	2	1	6	1
6 24	1	2	0	2	1	2	0	1	2	2	2	2	0	3	2	2	6	1
6 25	1	1	1	3	2	1	0	2	2	2	6	1	2	2	2	2	6	1
6 26	2	1	0	2	2	2	0	2	1	1	0	1	1	3	1	2	6	2
6 27	1	2	0	2	2	2	0	3	1	1	2	0	4	2	1	6	2	1
6 28	0	1	1	3	2	1	1	2	2	2	1	5	2	2	1	5	1	1
6 29	1	1	0	3	2	2	2	2	1	1	2	1	2	3	1	2	5	1

(注) ランプ4, 8はブース数が各々4, 3 それ以外は全て2

(注) 4以下の番号は開いているブース数, 5は200円, 6は400円

表4 制御結果（ピークロードプライシング導入時：5分おきに表示）

時 分		所要時間最小化									通過交通量最大化									容量率最大化								
No.		1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	2	3	4	5	6	7	8	9
5	35	6	2	6	6	5	5	5	6	6	1	1	1	2	2	5	1	3	2	1	2	1	2	1	2	1	2	2
5	40	6	5	6	5	6	6	1	6	5	2	1	2	3	1	1	0	2	1	1	2	1	1	2	1	3	2	
5	45	6	6	6	6	5	6	5	6	5	2	1	1	2	2	1	1	2	2	2	2	1	3	1	1	1	6	2
5	50	6	5	6	6	5	1	5	6	6	1	1	1	2	2	2	1	2	2	1	1	6	1	6	1	2	2	
5	55	6	6	6	6	6	5	6	6	6	2	6	6	5	2	2	1	2	2	2	1	2	6	2	1	2	2	
6	0	6	6	6	6	6	6	6	6	5	1	2	1	2	2	1	2	3	1	2	1	6	2	1	1	1	1	
6	5	5	5	6	6	6	6	6	6	6	1	2	2	2	6	2	1	2	1	0	1	1	3	2	1	1	2	
6	10	6	6	6	6	6	6	6	6	6	2	1	2	3	2	1	1	1	1	5	5	2	1	2	0	1	1	
6	15	6	5	6	6	6	5	6	6	2	1	1	1	1	2	1	5	3	1	6	1	1	4	2	2	0	2	
6	20	6	6	6	6	6	5	6	6	2	0	2	0	2	2	2	0	2	1	6	2	2	1	2	1	2	3	
6	25	6	6	6	6	6	5	6	5	1	1	2	1	3	2	2	6	1	1	6	1	2	2	2	2	6	1	

表5 改善率（5分おきに表示）

時 分	所要時間	通過交通量	容量率
5 35	6.11	-0.08	-0.07
5 40	11.17	-0.10	-0.05
5 45	15.25	-0.16	-0.12
5 50	18.09	-0.17	0.01
5 55	20.27	-0.20	0.26
6 0	22.08	-0.19	0.29
6 5	23.66	-0.20	0.33
6 10	25.04	-0.21	0.31
6 15	26.47	-0.22	0.26
6 20	28.00	-0.28	0.22
6 25	29.58	-0.36	0.14

ここで、

 IP : 改善率 O_{with} : 制御を行う場合の目的関数値 $O_{without}$: 制御を行わない場合の目的関数値

所要時間最小化の改善率がかなり大きいのが、これはプライシングが頻繁に行われていることにより、呼損率が20%程度に達していることが原因である。今後は、呼損率を制約条件に用いる必要があると考えられる。一方、通過交通量最大化及び容量率最大化では、制御による改善はほとんど見られない。これは、最適制御パターンでなく、その近傍にある多数の次善制御パターンに向かって解が収束したことが原因であると予想される。表2にも示した通り、突然変異率を10%としているが、最適解がなかなか更新されない場合には、突然変異率を突然上げ、個体パターンの大幅な更新を図る¹²⁾といった措置が今後必要であると考えられる。

(2) 目的関数間の比較

ここでは、特に所要時間最小化、通過交通量最大化及び容量率最大化を目的関数にとり、これらがネットワークの交通流に与える影響を分析する。

表4に制御結果を示す。通過交通量最大化と容量率最大化はだいたい似た制御パターンを示すが、所要時間最小化ではほとんどの時間でプライシングを行うことが分かる。この原因として、プライシングを行うことでランプに流入する車両数が減少し、その結果ネットワーク中の車両数が減少するためである。

表5は制御による累積改善率を示す。累積改善率とは、制御の有無により目的関数値がどれほど改善されたかを、制御開始時刻から現時刻までの目的関数の累積値で求める指標であり、正で大きい値ほど改善効果がある。これを式で表わすと以下のようになる。

最大化の場合

$$IP = (O_{with} - O_{without}) / O_{without} \times 100 \quad (8)$$

最小化の場合

$$IP = (O_{without} - O_{with}) / O_{without} \times 100 \quad (9)$$

(3) オンランプ部付近の交通流への影響

ここでは、目的関数を容量率最大化とし、制御によるオンランプ部付近の交通流への影響に関して考察を行う。

図7は、ランプ1の上流リンクにおける制御時間内の速度、通過交通量及びランプ1の流入交通量の変化を、ピークロードプライシングを導入した場合と制御を行わない場合で比較したものである。表3に示す通り、制御時間帯の後半はピークロードプライシングが実行されており、流入台数が減少しているため、リンクの速度が上昇していることが見て取れる。即ち、制御の効果はネットワーク全体としては小さいが、例えばランプ付近のようなネットワー

クの一部では存在することが分かる。

(4)計算時間に関する考察

本手法の計算時間は1時間の制御に対して、ピークロードプライシング非導入時で約25分、導入時で約50分である(Sun-Sparc Station 10を使用)。ここで、ピークロードプライシング導入時のGAの線列を2進法で表現すれば、その長さは非導入時の2倍となり、擬似的にネットワーク中のオンランプ数が2倍になった場合、及び制御オプション数が2倍になった場合とみなすことができる。今回の計算例では約2倍であり、(遺伝パラメータの設定によって倍率が多少変化することが予想されるが)飛躍的な計算時間の増大を防ぐことができた。この点がGA適用の大きな利点であると考えている。実際の適用においては、スーパーコンピュータの使用により、より速い求解が可能であり、本手法の実用の可能性は高いと考えられる。

5. おわりに

本研究では、従来からの流入制御理論にピークロードプライシングをミックスさせたりアルタイム流入制御手法を提案し、いくつかの試算により、その実用の可能性を確認した。本研究で得られた知見は以下の通りである。

- ①制御オプションにピークロードプライシングを導入することにより、流入禁止となる時間帯を減らすことができる。
- ②GAの適用により、適用するネットワークの規模が大きくなっても、求解時間の飛躍的な増大を防ぐことができる。

なお、今後の課題は以下の通りである。

- ①ランプ部において、料金の変化に対してドライバーがどのような行動をとるか、明らかでない。本研究では、簡単な転換率モデルを用いてピークロードプライシングの効果の算出を行ったが、より正確な把握のためには、料金変化時における高速度道路選択モデルの構築が必要である。
- ②本研究で提案した制御は、ネットワーク全体の交通流改善に対して、あまり効果的でなかったが、

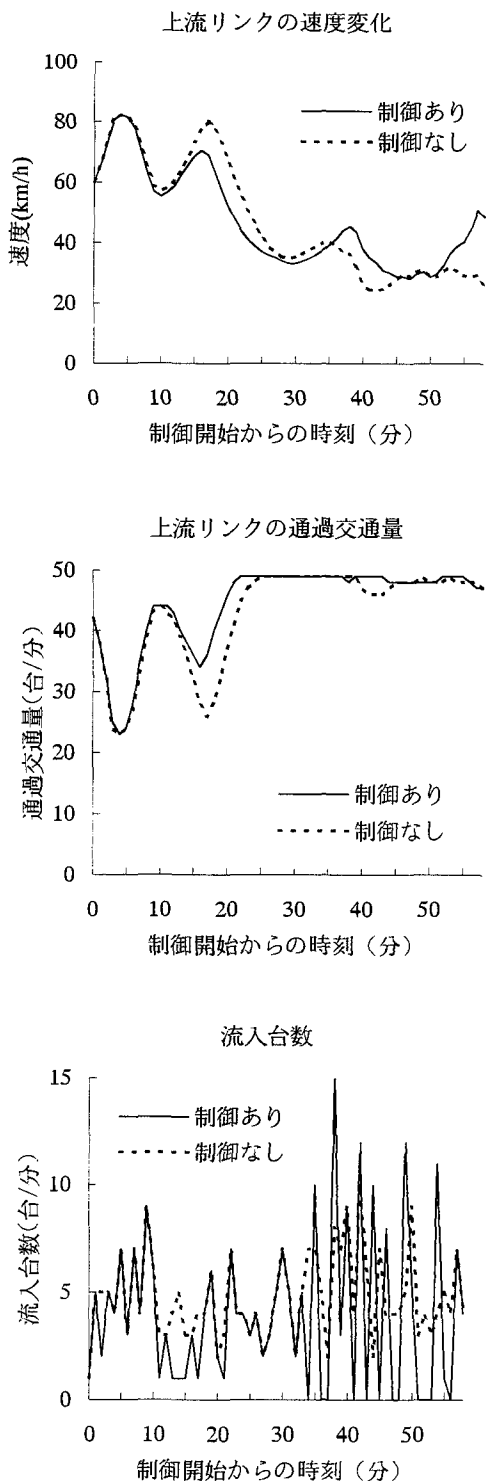


図7 制御の有無による比較(ランプ1)

1つのオンランプに着目した場合には、制御による付近の高速道路本線及び一般街路の交通流改善効果は大きいと予想される。これは、最適化を行う範囲を1つのオンランプの周辺のみとし、効果の算出を行うことで確認できる。その際、ランプ部におけるミクロ交通流現象の把握が必要となる。

③本手法の評価のために、長時間の交通流の変遷を記述できるシミュレーションモデルを開発する必要がある。

最後に、本研究の遂行に当たり、トラフィックカウンタのデータを首都高速道路公団交通管制部に提供して頂いた。ここに感謝の意を表します。

(参考文献)

- 1) 佐佐木・明神：都市高速道路網における流入車制御理論，交通工学，Vol.3，No.3，pp.8～16，1968
- 2) 明神・坂本・岩本：流入待ち行列長を考慮したLP制御，交通工学，Vol.10，No.4，pp.15～23，1975
- 3) 井上・辻本・多和：整数LPを用いた高速道路ブース数制御，土木計画学研究・講演集，No.11，pp.133～140，1988
- 4) 松井・藤田・堀尾：交通量の空間的分布を考慮したファジーLP制御，土木計画学研究・論文集，No.10，pp.95～102，1992
- 5) 松井・佐藤：都市高速道路の動的流入制御理論に関する研究，土木学会論文報告集[326]，pp.103～114，1982
- 6) 飯田・朝倉・田中：複数経路を持つ都市高速道路網における最適流入制御モデルの定式化と解法，土木学会論文集[449]，pp.135～144，1992
- 7) 秋山・佐佐木・奥村・広川：ファジー流入制御モデルの作成と検討，土木計画学研究・論文集，No.4，pp.93～100，1986
- 8) 秋山・堀田：交通制御エキスパートシステムについての考察，土木計画学研究・論文集，No.5，pp.91～98，1987
- 9) 例えば桑原・上田・赤羽・森田：都市内高速道路を対象とした経路選択機能を持つネットワークシミュレーションモデルの開発，交通工学，Vol.28，No.4，pp.11～20，1993
- 10) 北野編：遺伝的アルゴリズム，産業図書，1993
- 11) Shigeru MORICHI and Tetsuo SHIMIZU: A Study on the Real-time Ramp Control System in Urban Highway with Genetic Algorithm, Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies, Vol.1, No.3, pp.1089～1104, 1995
- 12) 例えば田村・杉本・上前：遺伝的アルゴリズムの道路整備順位決定問題への適用，土木学会論文集[482]，pp.37～46，1994

都市高速道路における新たなリアルタイム流入制御手法に関する研究 — 遺伝的アルゴリズムの適用 —

森地 茂・清水哲夫

現在，都市高速道路では渋滞緩和対策の1つとして流入制御が行われているが，一般街路への負荷が大きいこと，事故発生時及び渋滞発生時のような非定常な交通状態に対処できない等の問題を抱えている。本研究は，ランプの待ちスペースに車両を滞留させながらリアルタイムに車両を流入させる手法の開発可能性を検討することが目的である。その際，制御オプションの1つとしてピークロードプライシングを導入するが，これにより流入禁止時間を減らす工夫を試みる。このような制御には，急速な求解が可能な最適化アルゴリズムが必要であるが，本研究では遺伝的アルゴリズム(GA)の適用により，この問題の解決を試みる。

A Study on the Real-time Ramp Control Method in Urban Highway Network -Application of Genetic Algorithm-

By Shigeru MORICHI and Tetsuo SHIMIZU

The present ramp control method of urban highway is not effective especially in the condition of heavy congestion because many operational constraints exist. The objective of this paper is to make a Real-time Ramp Control Method which is applicable to unstable traffic flow such as congestion. Peak load pricing is applied to this method in order to reduce the time that on-ramp is closed. In constructing such method, the main difficulty is the lack of algorithm which can quickly solve the optimization problem. In this paper, Genetic Algorithm is applied to help solve this particular problem.