

## IV-32

## 遺伝的アルゴリズムを用いた都市高速道路のランプ制御システムに関する研究

東京工業大学 正員 清水哲夫  
東京工業大学 正員 森地 茂

## 1. はじめに

我が国では、都市高速道路における渋滞問題が一向に解決されない現状にあり、既存ネットワークを有効に利用するための交通管理方策の早急な確立が必要である。現在、首都高速道路では混雑時にランプを閉鎖する方法が採られているが、これは一般街路の交通管理を行う警察の協力が必要であり、リアルタイムな渋滞現象に素早く対処することは非常に困難である。そこで、高速道路部のみで可能な制御方法の確立が必要である。即ち、混雑時にランプ部の待ちスペースに車両を一時的に滞留させるような制御方策の確立が望まれる。その制御手段は、短い時間間隔で交通流に関する最適化問題を順次解いていくことにほかならないが、これには迅速に最適解を算出するアルゴリズムが必要である。本研究では、この要求を満たすために、最適化問題の迅速な求解が可能である遺伝的アルゴリズム(GA)を適用する。また、GAの導入により、ピークロードプライシング等の、従来の流入制御モデルにはない制御オプションの導入も可能となる。本研究は、多様なランプ制御オプションをリアルタイムに評価する新たなモデル、即ちランプ制御評価システムの開発が目的である。

## 2. ランプ制御評価システムの概要

本研究で構築したランプ制御評価システムは、GAによる最適化問題の求解を行う主モデルに、副モデルとして交通流シミュレーションモデル、転換率モデルが内生化された構造となっている。図1にその概要を示す。交通流シミュレーションモデルは対象ネットワークを多数のリンクに分割し、その内部における単位時間当たりの車両台数の増減を連続式として表現したものである。また、転換率モデルは一般化費用を距離抵抗としたグラビティーモデルである。本システムは、ネットワーク中に設置された検知器から通過速度等の交通流変数を取得し、動的に変化するランプ制御ベクトル下での交通流変数の推移を算出して、様々な最適化戦略に従って望ましいランプ制御ベクトルを導出するものである。

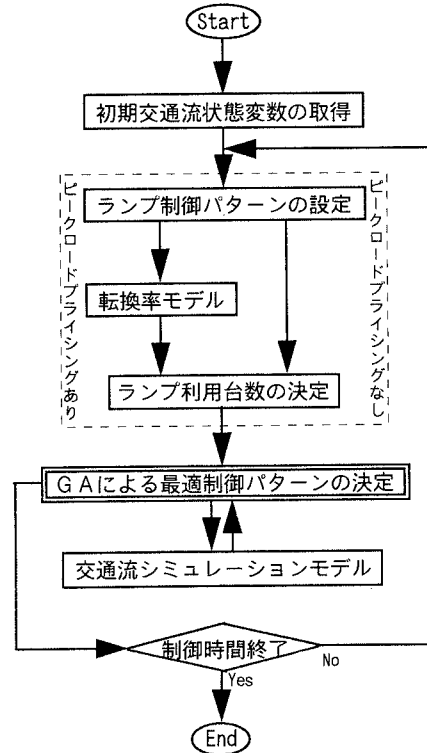


図1 ランプ制御評価システムの概要

## 3. 本システムにおけるGAの適用方法

GAは、最適化問題の求解を、比較的高精度で高速に行うことができることが知られている。土木計画分野においても近年その適用が進んできたが、リアルタイムな最適化問題には適用されていない。

GAでは、最適化問題の性質に応じて、コーディングと呼ばれる個体の表現方法の設定、及び選択淘汰、突然変異等の遺伝的操作のパラメータ設定を適切に行うことが求められる。以下に本研究におけるGAの適用方法を記す。

## (1) コーディング

染色体長が全オンランプ数と一致し、各遺伝子のコード番号が固有のオンランプの政策の種類を

表すような個体の設定を行う。表1に遺伝子のコード番号と制御方法の対応関係を示す。以下に個体の表現例を示すが、全ランプ数は10、第1,4,10ランプでは完全閉鎖という解釈ができる。

(例) 0120375210

表1 遺伝子コードとオプションの関係

| コード | 制御オプション | コード | 制御オプション |
|-----|---------|-----|---------|
| 0   | 完全閉鎖    | 4   | 200円up  |
| 1   | 17°ス閉鎖  | 5   | 300円up  |
| 2   | 完全解放    | 6   | 400円up  |
| 3   | 100円up  | 7   | 500円up  |

## (2) 遺伝的操作

本システムでは、遺伝的操作として1点交叉、1点突然変異、ランク戦略を選択している。ランク戦略は本研究のような問題には適していると考えられる。

最適化問題の目的関数としては、従来からの利用台数最大化、総走行時間最小化、総走行台キロ最大化に加え、通過交通量最大化という概念を導入する。これは、ネットワークを出来るだけQ-V曲線の頂上付近で利用するという戦略を表現している。

## 4. システムの実ネットワークへの適用と評価

次に、構築したシステムを首都高速道路の神奈川線に適用し、その実用性の評価を行った。対象ネットワーク内には24のオンランプがあり、そのうち21のオンランプを制御対象ランプとした。また、ネットワークのリンク分割数は75に設定した。なお、本研究では、交通流シミュレーションモデルの再現性を評価するために、対象ネットワークの実検知器データを使用している。

表2は、朝のピーク時間帯における利用台数の比較的多い9のオンランプでの制御結果の一例である。ここでは、目的関数を交通量最大化、制御時間間隔を1分、制御時間を15分とし、流入制御とピークロードプライシングを含めた制御を比較している。前者では、流入が不可能なランプにおいても、後者では高い料金を払えば流入が可能となっており、ピークロードプライシングを考慮した制御は、利用排除性をある程度緩和できることが分かる。この傾向は他の目的関数を設定しても同様であった。15分間での目的関数値の改善率(制

御ありなしによる目的関数値の改善を表す)は、共に数%に留まったが、これは、実現交通流がQ-V曲線の頂上に近い状態であったこと、適用ネットワーク中のランプの利用台数が比較的少なかったことが原因である。また、求解時間は長くても10分程度であり、本システムを用いたリアルタイムな制御が十分可能であると言える。

表2 制御結果の例

| 時分   | 流入制御    |   |   |   |   |   |   |   |   |   | ピークロードプライシング |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|------|---------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|--------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
|      | 東横      |   |   |   |   | 本 |   |   |   |   | 東横           |   |   |   |   | 本 |   |   |   |   |
|      | 大川      | 浜 | 神 | 公 | 浅 | 花 | 生 | 之 | 永 | 牧 | 大川           | 浜 | 神 | 公 | 浅 | 花 | 生 | 之 | 永 | 牧 |
| 7:31 | 0       | 2 | 1 | 0 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 6            | 7 | 0 | 7 | 2 | 4 | 5 | 4 | 6 |   |
| 7:32 | 0       | 0 | 0 | 0 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 7            | 4 | 0 | 5 | 3 | 6 | 1 | 1 | 4 |   |
| 7:33 | 0       | 1 | 0 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 1 |   | 2            | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |   |
| 7:34 | 0       | 0 | 2 | 2 | 1 | 0 | 1 | 2 | 0 |   | 3            | 7 | 2 | 2 | 1 | 2 | 1 | 2 | 5 |   |
| 7:35 | 0       | 0 | 2 | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 |   | 7            | 5 | 6 | 2 | 1 | 6 | 1 | 5 | 4 |   |
| 7:36 | 0       | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 1 | 2 | 2 |   | 4            | 0 | 1 | 0 | 1 | 2 | 2 | 7 | 2 |   |
| 7:37 | 0       | 0 | 2 | 1 | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 |   | 6            | 0 | 2 | 1 | 1 | 4 | 2 | 2 | 3 |   |
| 7:38 | 1       | 0 | 2 | 0 | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 |   | 6            | 0 | 5 | 1 | 1 | 2 | 5 | 6 | 6 |   |
| 7:39 | 0       | 0 | 2 | 2 | 0 | 0 | 2 | 2 | 2 |   | 0            | 7 | 0 | 7 | 1 | 1 | 0 | 3 | 2 |   |
| 7:40 | 0       | 0 | 2 | 0 | 2 | 1 | 1 | 0 | 0 |   | 0            | 5 | 1 | 3 | 1 | 2 | 6 | 5 | 6 |   |
| 7:41 | 1       | 0 | 2 | 0 | 2 | 0 | 2 | 2 | 2 |   | 1            | 1 | 3 | 1 | 1 | 0 | 3 | 1 | 4 |   |
| 7:42 | 0       | 0 | 1 | 2 | 1 | 1 | 1 | 2 | 0 |   | 0            | 5 | 1 | 6 | 1 | 5 | 1 | 1 | 1 |   |
| 7:43 | 1       | 0 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 1 | 0 |   | 0            | 7 | 1 | 1 | 2 | 4 | 6 | 6 | 3 |   |
| 7:44 | 2       | 0 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 0 | 1 |   | 0            | 0 | 2 | 5 | 2 | 0 | 6 | 4 | 3 |   |
| 収束   | 2分21秒43 |   |   |   |   |   |   |   |   |   | 6分56秒03      |   |   |   |   |   |   |   |   |   |

## 5. おわりに

本研究では、従来では不可能であった、多様な制御オプションを考慮したランプ制御システムを構築し、その有用性を確認した。今後の課題としては、

- (1) 交通流シミュレーションモデルの精度の向上
- (2) GAの求解性能の向上、求解時間の短縮
- (3) 自動料金徴収システム導入を考慮した制御オプションの導入

等が考えられる。最後に、本研究の遂行に当たり、データを快く提供していただいた首都高速道路公団交通管制部の関係各位に深く感謝の意を表します。

## (参考文献)

- 1) 田村他: 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, No482, 1994