

中都市圏におけるマルチエレメントGAを用いた交通制御の研究開発（102310001）

Research and development of traffic control using multi-element GA in the mid-sized city area

研究代表者

内村圭一（20113409） 熊本大学大学院自然科学研究科

Keiichi Uchimura Graduate School of Science and Technology, Kumamoto University

研究分担者

石垣信一[†] 杉谷浩[†] 上瀧剛^{††}

Shinichi Ishigaki[†] Hiroshi Sugitani[†] Gou Koutaki^{††}

[†]株式会社ネットワーク応用技術研究所 ^{††}熊本大学大学院自然科学研究科

[†]Network Applied Communication Laboratory Ltd. ^{††}Graduate School of Science and Technology, Kumamoto University

研究期間 平成 22 年度～平成 23 年度

概要

組合せ最適化問題の最適解を求める一手法である遺伝的アルゴリズム(GA)を独自に発展させたマルチエレメント GA により、複雑に絡んだ道路交通網の信号機の制御に活用した場合の問題点と効果を確認する。問題点や効果の確認は、実在する道路網や交通データ等を用いることで、実際の運用に即した交通シミュレータにより行う。

Abstract

Authors develop uniquely the genetic algorithm (GA) whose multi-element GA is the way method for calculating the optimal solution of combinatorial optimization. The problem and effect of utilizing the multi-element GA for control of the signal of the road traffic network involved intricately are confirmed. The confirmation is performed by the traffic simulator using a road traffic network, traffic data, etc. which exist really.

1. まえがき

車両の円滑な運行によって観光や商業を盛んにすることで地域に経済的な効用をもたらすことを目的として、信号機を有機的に制御する交通運行システムを構築するための技術・手法について研究開発を行う。車両の円滑な運行による渋滞の回避は低炭素社会の実現に向けた CO₂ 総排出量の削減の効果も併せ持つものである。このために、車両の流れを円滑にするように、最終的には信号機を有機的に制御する交通運行システムの構築を目指す。本研究では、複雑に絡んだ信号機制御の最適化を核としたアルゴリズムの確立とその検証を行う。

すなわち、最適解を求める一手法として遺伝的アルゴリズム(GA)が一般的に知られている。本研究では、これを独自に発展させたマルチエレメント GA(ME-GA)を交通制御に活用した場合の問題点と効果を確認する。問題点や効果の確認は実在する道路網や交通データ等を用いることで、実際の運用に即した交通シミュレータにより行う。

2. 研究内容及び成果

2.1 交通信号制御システム

2.1.1 システム概要

交通信号制御システムは図 1 に示すように ME-GA(図 1 左)、交通流シミュレータ Aimsun6.1(図 1 右)および Aimsun6.1 が提供する API(Application Programming Interface)(図 1 中央)で構成される。

ME-GA の作成、単純道路交通網のモデリングおよび API の作成を初年度の開発課題とした。交通信号制御では交通信号パラメータであるオフセット、スプリット、サイクルを最適化するように制御する。

2.1.2 マルチエレメント GA (ME-GA)

致死解を出さず、複雑な最適化問題においても確実に世代交代を行って最適解を導出する為に、独自に開発した

ME-GA を用いる。この ME-GA は個体表現を多次元配列化し、個体内の遺伝子に最適化問題毎にルール化するという特徴を持つ。選択としては、ランク付けスケールによるルーレット選択を提案した。これは、適応度の大小に応じてランク付けをし、スケールによりランク間の距離を調整し、その距離に応じてルーレット選択を行うものである。交叉についても、両親の或る行と列で囲まれている領域の遺伝子を交換するマルチ 2 点交叉を提案した。

単純な道路交通網を用いることで、ME-GA で生成された解が理論的に説明可能な値に収束していることを確認した。

2.1.3 目的関数

道路の交通状況を表す指標の中から、時間で表現する「遅延時間 (Delay Time : 理想的な到着時間から遅延した時間)」と、車両台数で表わす「流出台数 (Gone Out : 対象道路網から抜け出た車両台数)」、「滞留台数 (Vehicle In : 対象道路網内に残っている車両台数)」および「待機台数 (Wait Out : 対象道路網内に入ることができずに外で溢れて待っている車両台数)」を評価に用いた。評価式を以下に示す。

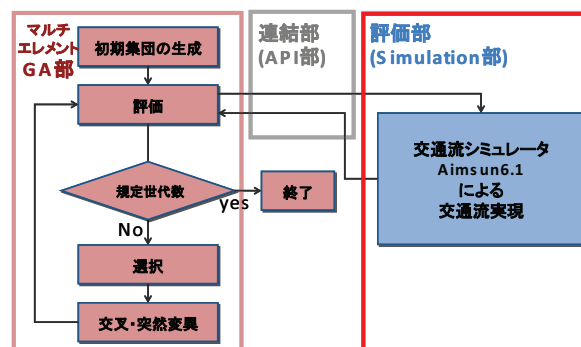


図 1 交通信号制御システムの概要

$$F1 = \exp\left(\frac{WaitOut}{C_{wo}}\right) + \exp\left(\frac{VehicleIn}{C_{vi}}\right) + \exp\left(\frac{DelayTime}{TotalTravelDistance \times C_{dt}}\right) \quad (1)$$

ここで、 C_{wo} 、 C_{vi} 、 C_{dt} は各指標の取りうる値の範囲の違いを調整する定数であるとともに、各指標の重みを調整する定数の両方の役目を果たしている。

$$F2 = \exp\left(\frac{DelayTime}{GoneOut}\right) \bullet \exp\left(1 - \frac{GoneOut}{GoneOut + VehicleIn + WaitOut}\right) \quad (2)$$

これらの評価式は ME-GA による最適解を求める時に使用し、より小さな値がより良い評価となる。

2.2 道路交通網のモデリング

熊本市内で平日の朝夕に通勤、通学のために激しい渋滞が発生する大江・渡鹿地域を実環境におけるモデル地域として選定した。

現実の道路交通網をシミュレータ内に作成し、この道路交通網をシミュレーションに用いる。本稿で作成した交通道路網を図 2 に示す。図 2 には 4 個の交差点が存在し、道路交通網モデルに渋滞の影響を与えるように、右折専用信号、歩行者信号や周辺の信号機を表したトラヒック擬似が設定されている。

2.3 シミュレーション結果および検討

各交通信号パラメータ値を用いた交通シミュレーションを行い、待機台数などの交通量を求めた。シミュレータ内に入力する流入量は実測した現実の値を使用した。

(1) 実測した交通信号パラメータにてシミュレータを稼働した結果

現実の大江・渡鹿地域の交差点で実測した交通信号パラメータ値を用い、シミュレータに反映してシミュレーションした結果を表 1 の 2 行目に示す。道路交通網は、右折専用信号前後の黄色時間や歩行者信号と車両信号との時間差は考慮して設計されているが、時差式信号は考慮されていない。

(2) ME-GA での最適交通信号パラメータにてシミュレータを稼働した結果

ME-GA を用いた交通信号制御のシミュレーションにて、最適な交通信号パラメータ値を得た。この値をシミュレータに反映してシミュレーションした結果を表 1 に示す。ここで表 1 の 3 行目と同 4 行目はそれぞれ評価式(1)と評価式(2)を用いた結果である。

交通信号パラメータの最適化を行った表 1 の 3 行目と 4 行目は最適化を行っていない実測パラメータを用いた同表の 2 行目と比べて、対象道路網内を通過した流出台数は実測パラメータを使用した時より 25～28%改善ができた。また、対象道路網内に入ることができずに外で溢れて待っている待機台数は 84～86%改善され、対象道路網内に残っている残留台数も 30～43%改善されている。流出台数に重きを置いた評価式(2)を用いた方が評価式(1)と比べて、



図 2 交通シミュレータで作成した道路交通網モデル

表 1 シミュレーション結果

評価関数	待機台数	残留台数	流出台数
実測パラメータ使用	882	1095	3651
式(1)	120	758	4575
式(2)	145	624	4688

流出台数が多くなっており、評価関数による影響が結果に表れていることが見て取れる。

3. むすび

複雑な要素を含む組合せ最適化問題に対する最適解を求める手法としてマルチエレメント GA(ME-GA)が有用であることを示した。実際の道路交通網におけるシミュレーションを行い、ME-GA 用いた信号機制御システムは交通流を大幅に改善できることを示した。本研究で対象とした交差点は日本の多くの地域でも同構造であるため、本研究を拡張することで、交通渋滞への貢献が期待できる。

今後は、本研究結果の有用性を検証するために、実証実験を行う。

【誌上発表リスト】

- [1] I Gede Pasek Suta Wijaya, Keiichi Uchimura, Gou Koutaki, Toshiki Nishihara, Syunta Matsumoto, Shinichi Ishigaki, Hiroshi Sugitani, "The Improvement ME-GA Based Traffic Signal Control Optimization Using New Fitness Model", GSTF Journal on Computing Vol.2 No.2 pp.64-69(June 2012)
- [2] I Gede Pasek Suta Wijaya, Keiichi Uchimura, Gou Koutaki, Toshiki Nishihara, Syunta Matsumoto, Shinichi Ishigaki, Hiroshi Sugitani, "Traffic Signal Control Parameters Optimization Using Multi-Element Genetic Algorithm", 2nd Annual International Conference on Control, Automation and Robotics (Bangkok, Thailand) (March 2012)
- [3] Toshiki Nishihara, I Gede Pasek Suta Wijaya, Syunta Matsumoto, Gou Koutaki, Keiichi Uchimura, Hiroshi Sugitani, Shinichi Ishigaki, "The Verification with Real-World Road Network on Optimization of Traffic Signal Parameters using Multi-Element Genetic Algorithms", 19th World Congress on Intelligent Transport Systems, Vienna, Austria (accepted, October 2012)

【申請特許リスト】

- [1] 内村圭一、上瀧剛、杉谷浩、石垣信一、情報処理装置、情報処理方法及びプログラム、日本、平成 23 年 7 月 5 日

【受賞リスト】

- [1] Gede Pasek Suta Wijaya and Keiichi Uchimura, Best Research Paper, "Traffic Signal Control Parameters Optimization Using Multi-Element Genetic Algorithm", 2012 年 3 月 12 日

【報道発表リスト】

- [1] "熊本大 遺伝的アルゴリズム活用 交通制御システム開発"、日刊工業新聞、平成 24 年 3 月 21 日
- [2] "熊本大、遺伝的アルゴリズム活用した交通制御システム開発"、日刊工業新聞 Business Line、平成 24 年 3 月 21 日
- [3] "熊本大 遺伝的アルゴリズム活用 交通制御システム開発"、朝日新聞デジタル、平成 24 年 3 月 21 日

【本研究開発課題を掲載したホームページ】

<http://navi.cs.kumamoto-u.ac.jp/>