

GA による信号周期とオフセットの同時最適化

山口大学大学院 学生員 ○小田原 正和
山口大学工学部 正 員 久井 守

1. はじめに

系統信号制御では、周期とオフセットが重要な制御パラメータである。本研究では、遺伝的アルゴリズム（GA）を適用して周期とオフセットの同時最適化を行った。GA を適用したのは、局所解を避け全域的最適解を探索するためである。また GA の高機能化についても検討した。

2. 系統信号制御

系統信号系の制御パラメータには、周期、オフセットおよびスプリットの3つがある。制御パラメータのうちスプリットは与えられたものとし、周期とオフセットのみを未知数とした。計算は、任意の信号数からなる系統区間を対象として行った。最適化基準は、系統区間内の遅れ時間最小化とする。遅れ時間を求める交通流モデルには、TRANSYT モデルを適用する。これはヒストグラムで車群パターンを表現して、それを実際の系統区間で走行させるシミュレーションモデルである¹⁾。

3. GA（遺伝的アルゴリズム）の概要

GA は組み合わせ最適化問題の解法に適しているとされている。これは確率的探索による解法であるが、問題によっては、短時間で最適解もしくは最適解に近いすぐれた解を探索することができる。本研究では、Fig.1 に示すようにオフセットと周期を2進数でコーディングしてそれを線列（個体）とする。オフセットの単位は周期 T を 50 等分した ΔT としている。オフセットは 0 ～ 49 の値をとるので2進数 6 桁で表し、周期は2進数 8 桁で表現した。最適化基準となる適応度関数は（1）式のようにTRANSYT モデルで求めた遅れ時間の逆数とした。

$$f = 1 / d \tag{1}$$

ここで、f は適応度である。またスケーリングは、式（2）のようにした。

$$f' = (f \times 100)^4 \tag{2}$$

f は、スケーリング前の適応度で、f' はスケーリング後の適応度の値である。これより適応度の拡

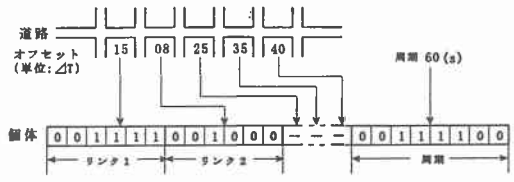


Fig.1 2進数によるコーディング

大を行っている。淘汰処理は、各個体の適応度に比例した確率で遺伝的処理を選択する適応度比例方式を採用した。この方式により、ある個体 i が選択される確率 p_{select_i} は、式（3）で表される。

$$p_{select_i} = \frac{f_i}{\sum_{j=1}^n f_j} \tag{3}$$

また各世代における集団内の最も適応度の高い遺伝子を次世代に無条件で受け継ぐエリート保存方式も採用した。遺伝的処理については、交叉確率 70.0 %、再生産確率 29.5 %、突然変異確率 0.5 % とした。また交叉は一点交叉、突然変異は遺伝子上の一点を変化させる反転処理とした。

4. GA の高機能化

一般に GA による解の探索は遺伝的処理のみに依存しているが、その探索能力を改善するためには対象とする問題の特質を考慮することが必要である。そこで最小遅れ時間と平均収束世代数という2つの観点から、GA の探索能力を改善し、演算速度を向上するために次のようなモデルを提案する。

モデル1：初期集団への優秀な線列導入モデル

浦田ら²⁾は、経験的に良好と思われる線列を初期集団に導入することを提案している。本研究では、集団内の初期個体のうち 12 個については周期が 40（秒）から 150（秒）まで 10（秒）刻みの周期を与える。またそのオフセットは、孤立 1 リンクの最適オフセットである基本オフセット³⁾を与える。残りの個体については、周期、オフセットとも乱数処理によってランダムに与えるものとする。

モデル2：収束判定改善モデル

これまでの計算では、集団内の適応度の平均値の変化が3世代連続して、 0.1×10^4 以下になった場合を収束条件としていた⁴⁾。その結果、実際の収束世代を越えた世代数まで計算を続ける結果になっている。したがってここでは、これまでの収束条件に加え、10世代連続して最小遅れ時間が更新されない場合でも計算を終了するようにした。

モデル3：高適応度個体抜粋方式⁵⁾

高適応度個体抜粋方式は淘汰処理の一つであり、適応度の低い個体を集団から淘汰する方式である。淘汰は、次の淘汰基準以下の個体を削除することによって実行した。

淘汰基準 = (最良個体の適応度) × (淘汰割合)

融合モデル：モデル1、2、3を融合したモデル

これらの4モデル、および周期とオフセットを乱数処理して与えた乱数発生モデルを比較して、GAの高機能化の効果について検討を行った。

5. 計算結果

11信号10リンクの系統区間について、まず共役勾配法の一つであるFR法とGAとの比較を行った。GAの計算回数は20回とした。計算結果をFig.1に示す。この図よりGAの方がFR法よりも最小遅れ時間が小さく、すぐれた解を探索することができたと判断される。

次に最小遅れ時間と平均収束世代数について乱数発生モデルと高機能化モデルの比較を行った。その結果をそれぞれFig.3およびFig.4に示す。Fig.3の最小遅れ時間から判断すると、高適応度個体抜粋方式を採用すれば最もすぐれた解を探索することができる。Fig.4の平均収束世代数から、融合モデルおよび収束判定改善モデルによれば、乱数発生モデルの1/3以下の世代数で収束することができる。

これらの結果を総合的に考えると高機能化モデルを適用すれば、GAの探索能力を向上させることができる。また初期周期および初期オフセットを乱数発生するよりも何らかの知識を導入したり淘汰処理を行った方が、GAの探索能力を高めることができることがわかった。しかし各処理ともそれぞれに長所、短所があるために、モデルを融合して用いる場合には、そのバランスを考慮することが必要であると考えられる。

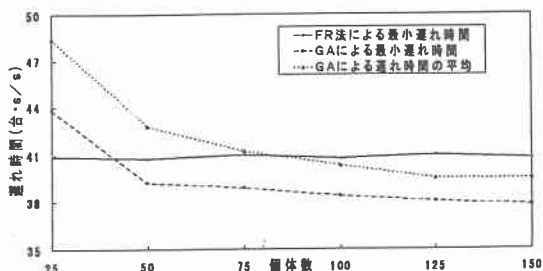


Fig.2 GAとFR法の遅れ時間の比較

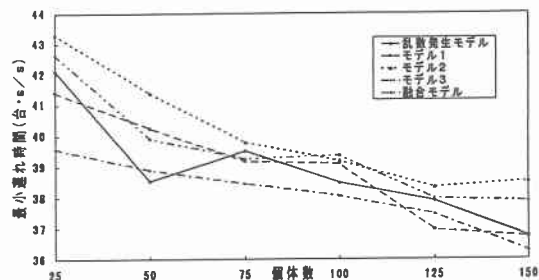


Fig.3 5モデルによる最小遅れ時間の比較

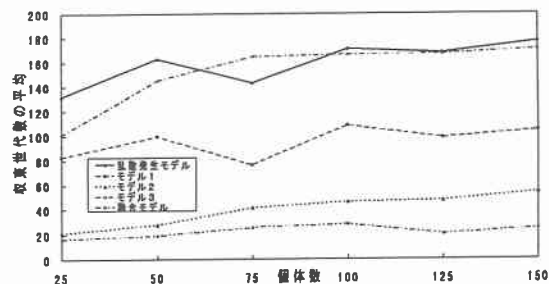


Fig.4 5モデルの平均収束世代数の比較

6. おわりに

本研究の計算例から、GAが系統信号系の制御パラメータ最適化に適用できることがわかった。またGAの高機能化について検討を行うことができた。今後の課題としては、

- 1)新しい遺伝的処理の開発
 - 2)GAと他の手法を組み合わせたハイブリッド化
 - 3)大規模ネットワークへの適用
- などが考えられる。

参考文献

- 1)久井守：複数信号機の最適制御に関する基礎的研究，pp.32-34，昭和60年
- 2)浦田，有村，田村，樹谷，斉藤：GAを用いた複数モードのスケジューリング，土木計画学研究・論文集，No.13，pp.821-826，1996年
- 3)高田弘，栗本謙：系統信号制御による街路交通制御に関する一考察，土木学会論文集第124号，pp.12-20，1965年
- 4)河村圭，久井守，高橋昌之：GAの系統信号制御最適化への適用性，第15回交通工学研究発表会論文報告集，pp.89-92，1995年
- 5)米沢保雄：遺伝的アルゴリズム—進化理論の情報科学—，森北出版，p.104，1993年