

遺伝的アルゴリズムを用いたグループ分け問題の解法とその応用

1M-04

中本昌由[†]
広島大学大学院工学研究科

籾元孝夫[‡]
広島大学工学部

1. はじめに

遺伝学の知見に基づいて開発された遺伝的アルゴリズム [1] (GA) は、巡回セールスマン問題などの組み合わせ最適問題に対して優れた近似解を算出する。GA には、大域的探索に優れ、様々な問題に容易に応用できるという特長がある。本論文では、「グループ分け問題」なる組み合わせ最適化問題を設定し、GA による解法を示す。さらに、本アルゴリズムの誤差フィードバック回路への応用について述べる。なお、数値実験の結果については大会当日に報告する。

2. 遺伝的アルゴリズム

GA の基本的手続きは、まず探索点の集まりである個体集団を発生させる。その集団に対して、選択、交差、突然変異といった GA のオペレーションを繰り返すことで世代交代を進め、個体集団を進化させる。GA と探索問題は、個体の遺伝子型と適応度関数によって結び付けられる。

遺伝子型の構成、適応度の与え方、選択、交差、突然変異の実行方法は各問題に合わせて利用者が決定する必要がある。以下にそれらを示す。

- 初期集団の生成
- ↓
- 選択 (selection)
- ↓
- 交差 (crossover)
- ↓
- 突然変異 (mutation)
- ↓
- 次世代の形成
- ↓
- 終了判定 Yes: 終了, No: 選択へ

2.1 初期集団の生成

初期集団は、乱数を用いてランダムに発生させる。それぞれの個体は遺伝子型と呼ばれる記号列で表される。遺伝子型の要素である遺伝子には、一般に 2 進数や整数が用いられる。各個体が示す探索点がどの程度探索問題の条件を満たしているかを評価する目安が適応度である。ここでは、個体 I_k の適応度を $F(I_k)$ とする。

2.2 選択

初期集団に対して淘汰・増殖を実行して次世代の個体集団を作る。ここでは、現世代の N 個の個体から重複を許して新たな N 個の個体を選択する。個体 I_k の選択確率 $P(I_k)$ は

$$P(I_k) = \frac{F(I_k)}{N} \frac{1}{\sum_{l=1}^N F(I_l)} \quad (1)$$

のように計算する。

2.3 交差

図 1 に示すようにある遺伝子 l_c から最後の遺伝子までを確率 P_{cross} で交換する。 l_c は等確率で決定される。このような交差手法は一点交差と呼ばれている。

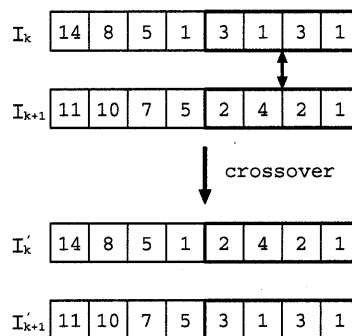


図 1. 交差オペレーション

Formed Groups Problem Solution using Genetic Algorithm and Its Application

Masayoshi NAKAMOTO[†] and Takao HINAMOTO[‡]

[†]Graduate School of Engineering, Hiroshima University, Higashi-hiroshima-shi, 739-8527, Japan

[‡]Faculty of Engineering, Hiroshima University, Higashi-hiroshima-shi, 739-8527, Japan

2.4 突然変異

図 2 に示すようにある遺伝子 l_m を確率 P_{mut} で等確率で任意の整数に変換する。ただし、 l_m は等確率で決定

される。

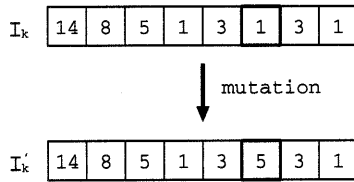


図 2. 突然変異オペレーション

3. 問題の設定

3.1 グループ分け問題

N 個 (偶数) の要素

$$x_1, x_2, \dots, x_N$$

を考える。この中から 2 個 1 組で $N/2$ グループ作る問題 (ただし、各グループに区別はない) を考えると、組み合わせ総数は

$$\binom{N}{2} \cdot \binom{N-2}{2} \cdots \binom{2}{2} \div \left(\frac{N}{2}\right)! \quad (2)$$

となる。ただし、

$$\binom{N}{k} = \frac{N!}{k!(N-k)!} \quad (3)$$

3.2 遺伝子型への変換

遺伝子型への変換手順は次に示すとおりである。例として 6 個の要素

$$x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6$$

から

$$(x_1, x_3), (x_2, x_6), (x_4, x_5)$$

というグループ分けを行う。これを遺伝子型に変換する。6 個の要素に対し、次のように番号付けを行う。

$$x_1^{(1)}, x_2^{(2)}, x_3^{(3)}, x_4^{(4)}, x_5^{(5)}, x_6^{(6)}$$

右肩の番号は、相対的な番号である (相対番号と呼ぶ)。

(1) 最初に相対番号 1 を取り除き、残りの要素に対して再番号付けを行う。

$$x_2^{(1)}, x_3^{(2)}, x_4^{(3)}, x_5^{(4)}, x_6^{(5)}$$

(2) x_1 と x_3 が同じグループなので相対番号 2 の x_3 を選択し、遺伝子情報「2」を得る。残りの要素に対して再番号付けを行う。

$$x_2^{(1)}, x_4^{(2)}, x_5^{(3)}, x_6^{(4)}$$

(3) 相対番号 1 を取り除き、残りの要素に対して再番号付けを行う。

$$x_4^{(1)}, x_5^{(2)}, x_6^{(3)}$$

(4) x_2 と x_6 が同じグループなので相対番号 3 の x_6 を選択する。遺伝子情報「3」を得る。残りの要素に対して再番号付けを行う。

$$x_4^{(1)}, x_5^{(2)}$$

(5) 相対番号 1 を取り除き、残りの要素に対して再番号付けを行う。

$$x_5^{(1)}$$

(6) x_4 と x_5 が同じグループなので相対番号 1 の x_5 を選択する。遺伝子情報「1」を得る。

以上の手続きによって、(2), (4), (6) の遺伝子情報一つにまとめて遺伝子型「231」を得る。

4. 応用例

ディジタルフィルタに組み込む誤差フィードバック (FB) 回路は、積和演算の丸めによって発生する出力雑音の低減化に有効である。誤差 FB 回路の設計に関する研究は、雑音低減化特性の向上とコスト削減の工夫 (誤差 FB 係数に対する制約条件の付加) が同時に行われてきた。誤差 FB 係数の制約条件とは、2 つの係数を同符号または異符号で同じ値とするものであり、この条件下では乗算回数を制約が無い場合の 2 分の一に減らすことができる。文献 [2],[3] では、FB 係数に対称・奇対称の制約を加えることにより乗算回数の削減を図っている。しかしながら、FB 回路の性能と低コスト実現との間にはトレードオフの関係があり、これらを両立させることは回路設計の重要な問題となっている。本研究では、提案したグループ分けアルゴリズムを用いることにより、無制約の場合の半分の乗算回数で最大効率 (雑音の最大低減化特性) を有する誤差 FB 回路の制約条件を決定する。

参考文献

- [1] D.E.Goldberg "Genetic Algorithms in Search, Optimization and Machine Learning", Addison Wesley, 1989.
- [2] T. I. Laakso and I. O. Hartimo, "Noise reduction in recursive digital filters using high-order error feedback", IEEE Trans, Signal Processing, vol.40, no.5, pp.1096-1107, May 1992.
- [3] T. Hinamoto, S. Karino, N. Kuroda and T. Kuma, "Error Spectrum Shaping in Two-Dimensional Recursive Digital Filters", IEEE Trans, Circuits Syst., vol.46, no.10, pp.1203-1215, Oct. 1999.