

ソフトコンピューティング演習

第5回 進化計算 — 遺伝アルゴリズム

講義用 HP : <http://www.robot.t.u-tokyo.ac.jp/dcm/lec/softcomp.htm>

1.1 遺伝的アルゴリズム

遺伝的アルゴリズムは、適用範囲の非常に広い、生物の進化を模した学習アルゴリズムです。つまり生物の進化の遺伝的法則を工学的にモデル化した学習方法といえます。基本的な遺伝的アルゴリズムは、ある世代(Generation)を形成している個体(Individual)の集合(Population)の中で、タスクへの適合度(Fitness)の高い個体が高い確率で生き残るようになっていきます(増殖と淘汰)。さらに、交叉(Crossover)や突然変異(Mutation)といった遺伝子操作(Operation)によって、次の世代の個体群が形成されていきます(図1)。なお遺伝的アルゴリズムにおいて、各個体は染色体(Chromosome)によって特徴付けられています。これら染色体は複数個の遺伝子座(Locus)からなる遺伝子(Gene)の集まりにより構成されています(図2)。

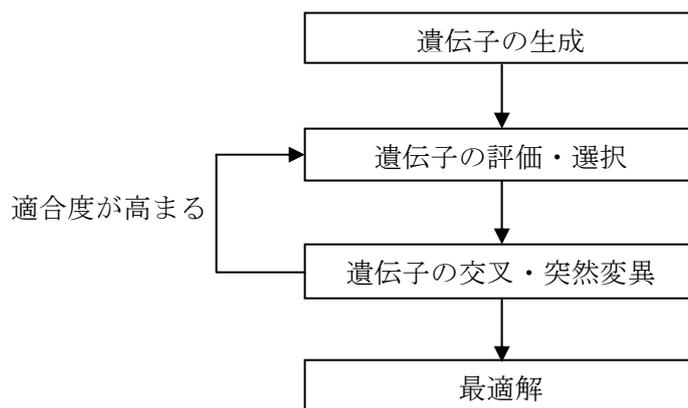


図1 遺伝的アルゴリズムの簡略化フローチャート

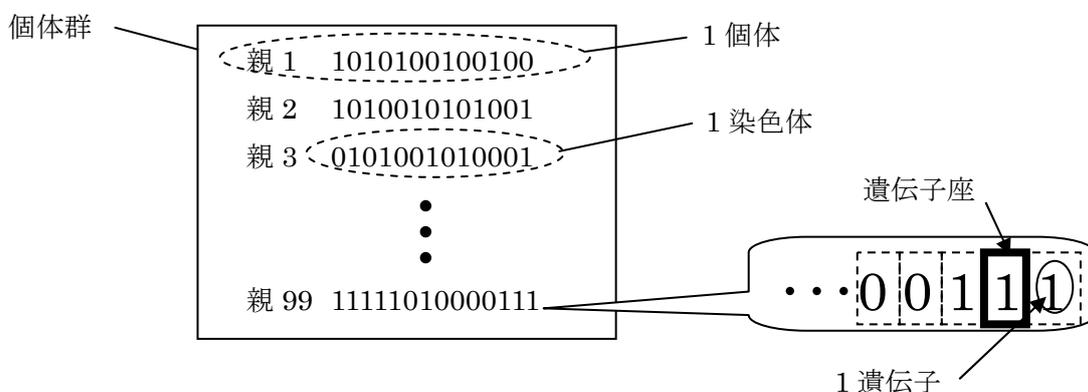


図2 個体の表現方法

1.2 遺伝子の淘汰（選択方式）

遺伝的アルゴリズムでは、各個体の評価・選択を行います。評価とは各個体がどの程度タスクに適合しているかを数値で表現することであり、この数値は適合度と呼ばれます。また選択とは各個体を評価し、その個体集団の中で適合度の低い個体はそのタスクに適合していないため淘汰され、適応度の高い個体は残されます。遺伝的アルゴリズムの代表的な選択方式として、ルーレット方式・エリート戦略・トーナメント方式などがあります。

1.2.1 ルーレット方式

適応度に比例した割合に基づいたルーレットを作成し、そのルーレットを使用してランダムに選択する方法です。例えば、下表に示されるように個体数が 5 で且つ各個体の適応度が 30, 25, 20, 15, 10 であるとします。適応度に比例した割合を利用してルーレットを作成すれば、下図のようになります。個体数が 5 つなのでこのルーレットを 5 回まわして、5 つの個体を選びます。

個体	適応度	割合[%]
A	6	30
B	5	25
C	4	20
D	3	15
E	2	10

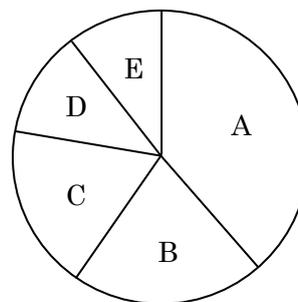


図 3 ルーレット

1.2.2 エリート戦略

個体群の中で適応度の高い（エリート）上位 $n\%$ を残す方法です（ n :任意の値）。この方法では、局所的最適解に陥る可能性が高いという問題や、各個体を適応度が高い順に並べ替えるのに時間がかかるという問題などがあります。

適応度	染色体	→	適応度順	染色体
4	1000101001		7	1010010001
1	1000010101		5	0100101111
3	1010000100		4	1000101001
5	0100101111		3	1010000100
7	1010010001		2	1010101011
2	1010101011		1	1000010101

図 4 上位 50%を採用したエリート戦略の例

1.2.3 トーナメント選択方式

個体群（全個体数 N 個）の中から n 個の個体（ n =任意の値, $n < N$ ）をランダムに選び出し、その中で適合度の最も高い個体を選択します。このプロセスを個体が N 個得られるまで繰り返す方式です。

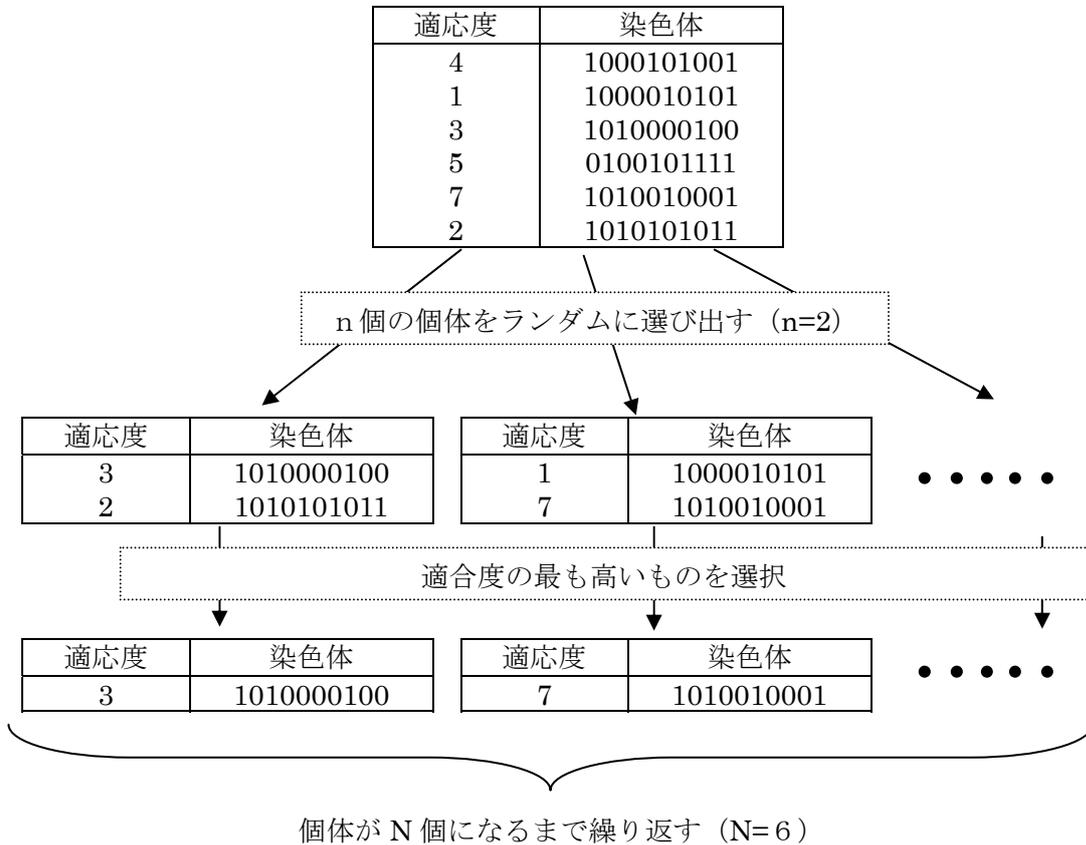


図 5 トーナメント選択方式のフローチャート

1.3 遺伝子の交叉・突然変異

1.3.1 交叉 (Crossover)

交叉は、個体間で染色体（親）の組替えにより新しい個体生成（子）する操作です。遺伝的アルゴリズムの一般的な交叉方法としては、一点交叉・多点交叉・一様交叉などが挙げられます。

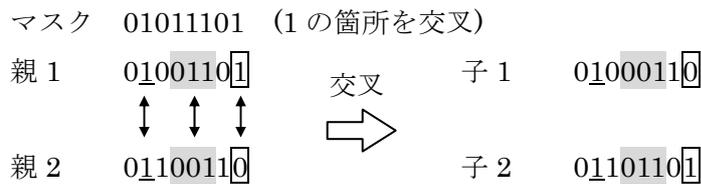
(i) 一点交叉法：染色体内で切断する遺伝子座をランダムに 1 箇所指定し、その箇所で親の遺伝子を交換します。



(ii) 多点交叉法：染色体内で切断する遺伝子座をランダムに n 箇所指定し、それらの箇所では親の遺伝子を交換します。



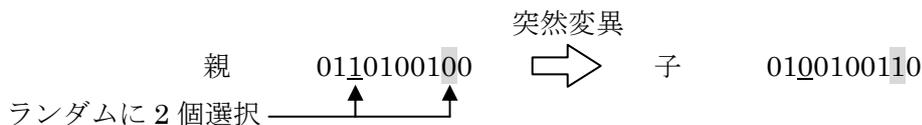
(iii) 一様交叉法：マスクを用いることにより、染色体の遺伝子座を指定し、それらの箇所では親の遺伝子を交換します。なおマスクの長さは染色体と同じであり、マスクの値は任意に決定することができます。



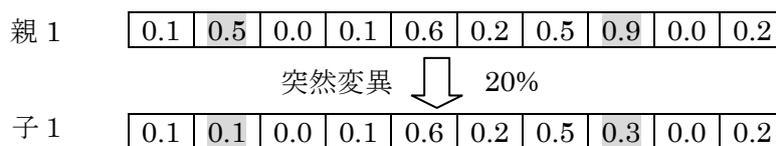
1.3.2 突然変異

突然変異は、染色体上の遺伝子座の遺伝子を別の対立遺伝子に一定の確率で置き換えることです。この確率を突然変異率と呼びます。遺伝的アルゴリズムでは、突然変異を行うことで染色体の一部を変更し、多様性を持たせます。一般の突然変異では、全ての遺伝子座について突然変異を行うかどうかの判定を行う必要があるため、計算コストが高くなります。このとき、あらかじめ突然変異を行う遺伝子座の数 M を与えることにより計算コストの低減を計ることが可能となります。なお、突然変異率を高く設定してしまうとランダム探索と同じ結果となってしまうので気をつけましょう。

(例) 突然変異率 20% → $M=10 \times 0.2=2$



また遺伝的アルゴリズムによっては、遺伝子が「0」、「1」の 2 進数で表現されるのではなく、「0 から 1 までの 0.01 刻みの値」など実数で表現される場合もあります。



1.4 適合関数および適合度

適合度を算出する適合関数を設定することが最適解を求めるのに重要なこととなります。この演習の課題（振子システム）においても、様々な適合関数の設定方法が考えられます。例えば、適合関数にエネルギー関数を用いてエネルギーが最小となる重みの最適解を求める方法です(i)。また、適合関数を任意時間後の最大振幅角度として、その角度が最小となる重みの最適解を求める方法もあります(ii)。

(i) 開始から振子が収束するまでの総エネルギー量を適合関数とする方法

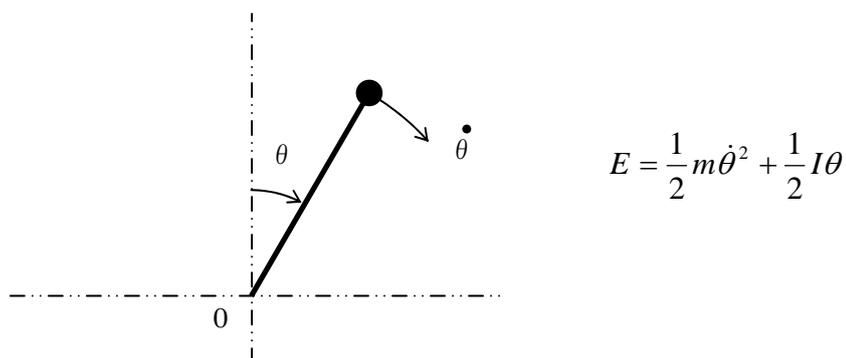


図 6 倒立振り子の概念図

(ii) 開始後の任意の時間からの振子の最大振幅角度を適合関数とする方法

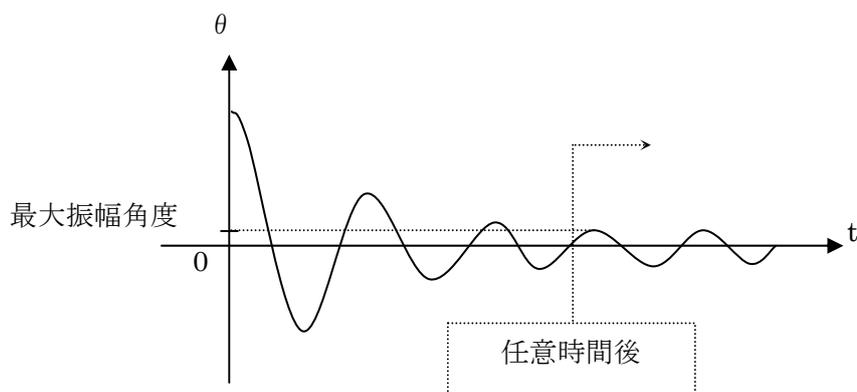


図 7 倒立振り子の角度遷移図

1.5 遺伝的アルゴリズムのフローチャート（エリート戦略）

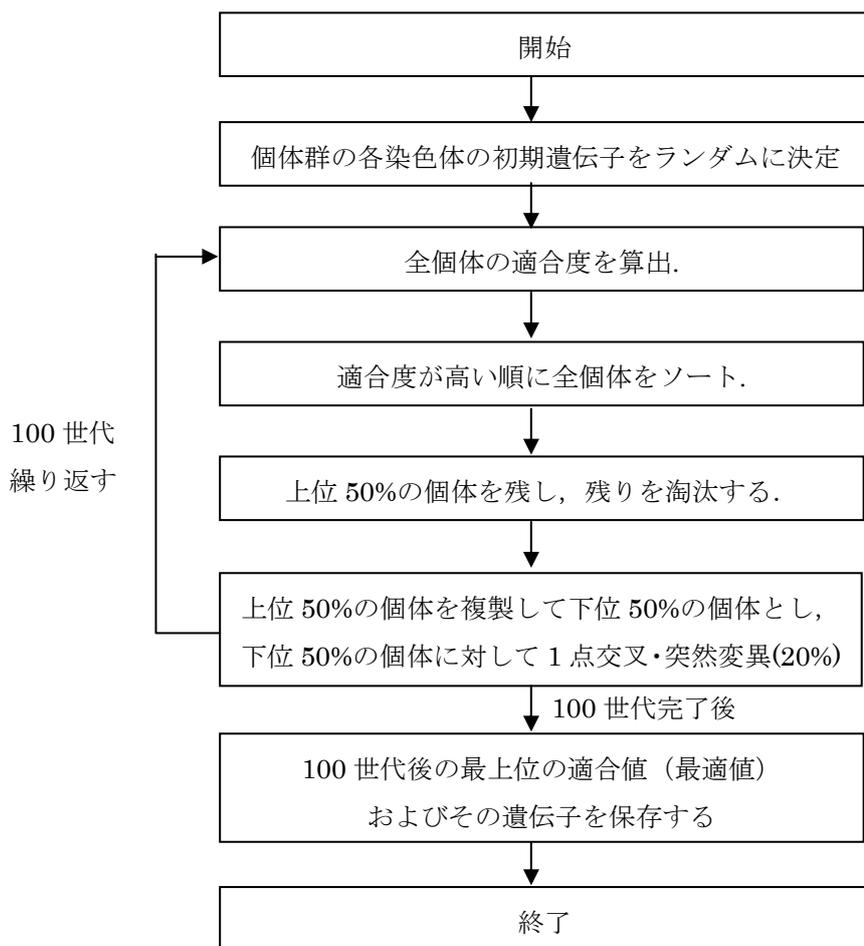


図 8 遺伝的アルゴリズムのフローチャート

[課題 1] カード問題

1 から 10 までの番号が書いてあるカード 10 枚があるとする。今、これらカードを 2 つのグループ（グループ 0 とグループ 1）に分類して、グループ 0 のカード番号の総和を 36，グループ 1 のカード番号の積が 360 となるようなグループ分けをしたい。遺伝的アルゴリズムを使用してこの最適解を求めよ。

表 染色体

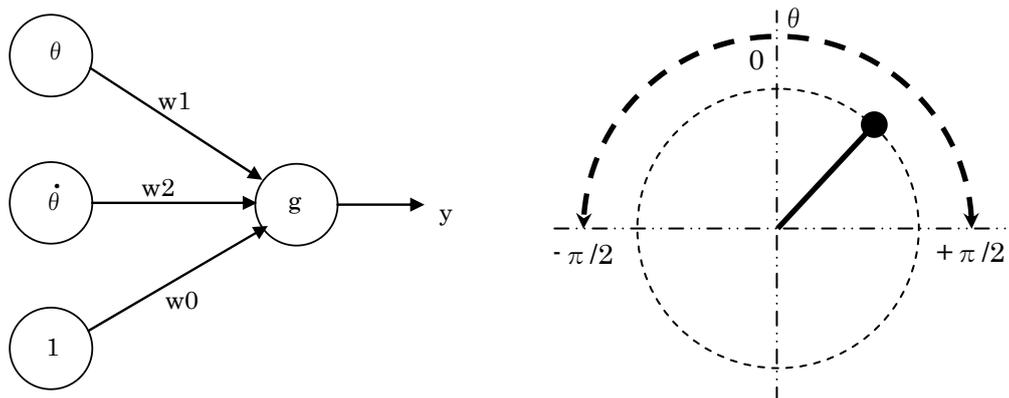
カード番号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
染色体	0	0	1	1	1	0	0	1	0	1

表 適合度

グループ 0 (総和)	$1 + 2 + 6 + 7 + 9 = 25$
グループ 1 (積)	$3 * 4 * 5 * 8 * 10 = 4800$
適合度	$ 360 - 4800 + 36 - 25 = 4451$

[課題 2] 遺伝的アルゴリズムを用いた最適な重みの決定

演習第 4 回課題 3 では, ANN の重み w_0, w_1, w_2 をランダム探索により決定しました. ここでは, 遺伝的アルゴリズムを利用した重みの決定を行います. $k=1000$ に固定し w_0, w_1, w_2 を $[-1.0, 1.0]$ の範囲値として, N Step 経過後, 振れ角が最も小さくなる w_0, w_1, w_2 を求めてください.



$$\text{ANN} : y = g(\theta * w_1 + \dot{\theta} * w_2 + w_0)$$

$$\text{特性関数} : g(u) = u$$

$$\text{制御器} : F = k \cdot y$$

k : ゲイン

■ レポート課題 3

遺伝的アルゴリズムを利用して最適な倒立振子システムの ANN 制御器を作成し考察せよ. レポートには, ANN の式および図, プログラムも記述すること.

提出方法 : 横井教官宛 (soft_computing@robot.t.u-tokyo.ac.jp) にメールで送付

提出ファイル名 : kadai3_xxxxxx.doc, または kadai3_xxxxxx.pdf (※xxxxxx は学籍番号)