

# GA のオブジェクト指向モデルとソレノイダルなベクトル場への応用

## Object-oriented Modeling of GA and its Application to Solenoidal Vector Field

発表者 小木陽輔

指導教員 坪井一洋

### 1 はじめに

遺伝的アルゴリズム(GA)とは、自然界において生物が環境に適応しながら進化する過程を工学的にモデル化した進化的アルゴリズムである<sup>[1]</sup>。

GA のオブジェクト指向モデルを考える際に、GA における解を表現する個体をオブジェクトと考えるのが自然である。そして、この個体群が集団の中で交叉を繰り返しながら、出来のよい個体に進化していくようなモデルを考える。

本研究ではGAが持つ階層構造を直接表現したクラス設計を行い、GA の自然なオブジェクトモデルを作成した。そして、このモデルをベクトル場の離散近似表現に対する組合せ最適化問題に適用することで、作成したモデルを検証した。

### 2 遺伝的アルゴリズム

遺伝的アルゴリズム(Genetic Algorithm : GA)とは、自然界において優秀な個体だけが子孫を残し、劣った個体は淘汰されるというダーウィンの進化論をモチーフとして、それを工学的にモデル化したアルゴリズムである。

GA の設計に際して、遺伝子、染色体、個体、集団という4つのクラスを考えた。これらは入れ子構造になっており、集団の中に個体、個体の中に染色体、染色体の中に遺伝子がある。

遺伝子クラスは、boolean型の変数として遺伝情報を属性に持ち、1ビットの変数として振る舞う。そして、ごく低い確率で遺伝情報を反転させる突然変異の処理を行う。

染色体クラスは遺伝子クラスから与えられた遺伝情報のビット列を10進数の整数値に変換する処

理を行う。(図1参照)。



図1 遺伝情報の変換

### 3 ソレノイダルなベクトル場への応用

ある空間領域において、閉曲面によって囲まれる領域内へ流入、流出するベクトルの総量(発散)が0となるベクトル場を「ソレノイダルである」という。

以下では2次元の正方形領域のベクトル場を考える<sup>[2]</sup>。この領域を矩形に分割し、各矩形の辺上で未知のベクトル  $f_i$  の成分を指定することでソレノイダルな場が形成される条件を導く。平面領域を  $3 \times 3$  で分割したベクトル場の例を図2に示す。

このように離散化されたベクトル場のソレノイダル性を評価する関数を評価関数  $Z$  とする。ソレノイダルなベクトル場の閉曲面を貫く流束は常に0なので<sup>[3]</sup>、図2に示した例に対する  $Z$  は以下の式で与えられる。

$$\begin{aligned} Z = & |-f_0 + f_1 - f_2 + f_3| + \\ & |-f_1 + f_4 - f_5 + f_6| + |-f_4 + f_7 - \\ & f_8 + f_9| + |-f_{10} + f_{11} - f_{12} + f_2| + \\ & |-f_{11} + f_{13} - f_{14} + f_5| + \\ & |-f_{13} + f_{15} - f_{16} + f_8| + \\ & |-f_{17} + f_{18} - f_{19} + f_{13}| + \\ & |-f_{18} + f_{20} - f_{21} + f_{14}| + \\ & |-f_{20} + f_{22} - f_{23} + f_{16}| \end{aligned} \quad (1)$$

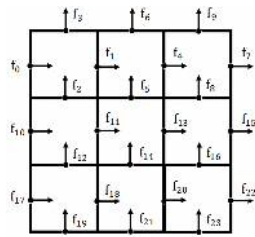


図2 ベクトル場の離散化

#### 4 計算結果

図3に示すような3×3の離散ベクトル場のうちソレノイダルになる組み合わせをGAを用いて探索する。この例では最外周の辺上の成分、つまり  $i = 0, 3, 6, 7, 9, 10, 15, 17, 21, 22$  に対して  $f_i = 0$  であり、左下で  $f_{19} = +1$ 、右下で  $f_{23} = -1$  という制約条件がある。

これらの条件のもとで、他の成分をソレノイダル性を満たすように決定する。したがって、この場合の解は一般に複数存在する。また、各成分のとりうる値の範囲によっても解の数は異なる。そこで、ここでは各成分の値を符号付きの2ビットとして解を求めた。

計算条件を表1にまとめる。集団が取りうる組み合わせの数を考えると、個体に含まれる染色体の数は12個あり、各染色体は-1, 0, +1の3通りの値がとれる。よって、集団は  $3^{12} = 531441 \approx 5.31 \times 10^6$  通りの組み合わせを持つ。そこで実際、100個の個体を持つ集団を100000世代更新すると、可能な組み合わせの数は  $100 \times 100000 = 1.00 \times 10^7$  通りなので、この条件で探索するならば集団は全ての組み合わせを網羅できるはずである。

この条件のもとで計算した結果、21個の解を見出すことができた。その一部を図4に示す。

#### 5 まとめ

本研究ではGAのオブジェクト化を行った。今回の設計ではGAが持つ階層構造をそのままオブジェクト化した。特に、遺伝子オブジェクトは1ビット

の変数であり、遺伝子を配列した染色体オブジェクトが数値を表す。

今回設計したGAモデルを、ソレノイダル性を持ったベクトル場の探索問題に適用した。2次元ベクトル場の離散近似表現に対して、発散の離散表現を評価関数と考えることで、この問題は組合せ最適化問題として定式化できる。いくつかの条件下で探索を行うことで複数の最適解を見出すことができた。

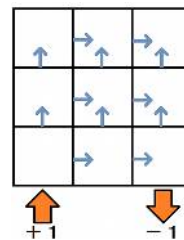


図3 想定したベクトル場

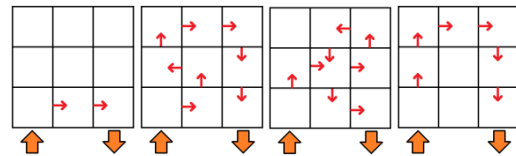


図4 ソレノイダルなベクトル場の例

表1 計算条件

世代の更新回数	100000
集団中の個体の数	100
成分が取りうる値	-1, 0, +1(符号付き2ビット)
交差法	一点交差
選択方法	適応度の降順
突然変異率	0.3

#### 参考文献

- [1] 畠山 慧:「GAのオブジェクト指向モデリング」平成21年度卒業論文(2010)
- [2] 竹内 望:「ソレノイダルなベクトル場の計算へのGAの応用」平成20年度卒業論文(2009)
- [3] 棚橋 隆彦:「連続体の力学(6)-ベクトル場の微分と積分