3AG-3

免疫アルゴリズムの nTSP への適用*

當間 愛晃　遠藤 聡志　山田 孝治†

琉球大学工学部‡

1　はじめに

マルチエージェントシステムの構成において適応アルゴリズムの有効性が指摘されている. 免疫アルゴリズム (Immune Algorithms; 以後, IA) [1,2,3] は人間の免疫機構を模倣した適応アルゴリズムの一種であるが, その有効性及び工学的応用に関する可能性はまだ十分に議論されていない.

本稿では, 免疫システムの多種多様な抗原 (環境) への対応能力に着目し, その有効性を見るため, マルチエージェントシステムの代表的な問題の一例である分業巡回セールスマン問題 (n-Traveling Salesman Problem; 以後, nTSP) [4] への適用を行なう.

2　免疫アルゴリズム

免疫システムとは, 生体内に侵入する非常に多くの未知の抗原に対応するために, 細胞遺伝子の再構築を行なって抗原に対応する抗体を産生し, 抗原を排除する機構である. 本稿では, 森らによって提案された免疫アルゴリズム [1,2] を採用する. 以下にその概要 (図 1) を示す.

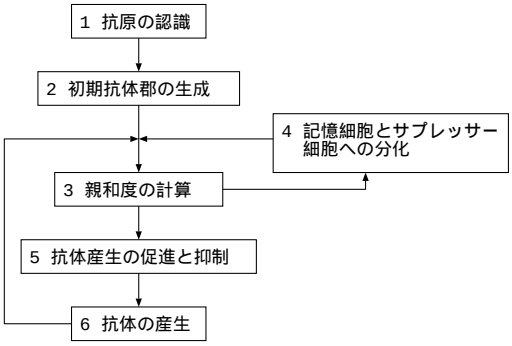

図 1: 免疫アルゴリズム

1. 抗原の認識
   抗原を入力情報として認識する.

2. 初期抗体群の生成
   記憶細胞から過去に有効であった抗体群を生成する.

3. 親和度の計算
   抗原と抗体 vの親和度 ax_v と抗体 vと抗体 wの親和度 $ay_{v,w}$を計算する.

4. 記憶細胞とサプレッサー細胞への分化
   全ての抗体の濃度を計算し, 抗体 vの濃度 c_vが閾値 Tc を越えた場合に, 抗体 vを記憶細胞 m に分化させる. また, 新しく分化した記憶細胞と同じ遺伝子を持つサプレッサー細胞 s を分化させ, サプレッサー細胞との親和度が, 類似度の閾値以上の抗体を消滅させる.

5. 抗体産生の促進と抑制
   次世代に残る抗体 vの期待値 e_vを計算し, 現世代の抗体の親和度の低いものから $N/2$ 個の抗体を消滅させる.

6. 抗体の産生
   4 で消滅させた抗体に変わる新しい抗体を, 乱数を用いてその遺伝子をランダムに決定することによって産生する. 以下, 世代があらかじめ設定した最終世代に達するまで 3 ~6 を繰り返す.

3　分業巡回セールスマン問題

3.1　nTSP の特徴

マルチエージェントシステムは各エージェント間の協調により効率の良い問題解決を行なうことを目的とした枠組である．一方，nTSP は TSP を n 人セールスマンに拡張することにより，都市の巡回を効率良く行なうことを目的とする問題であることから，マルチエージェントシステムが解決すべき問題の典型例となっている．

nTSP は本質的に各セールスマンに対する都市配分とその最短経路探索という 2 面性を持ち, これらはともに NP 完全問題である. また, これらの 2 面性は相互に関連しているため個別に逐次的に解くことが困難である．

*Application of Immune Algorithms to n-Traveling Salesman Problem

†Naruaki Toma, Satoshi Endo, Koji Yamada

‡Faculty of Engineering, University of the Ryukyus

免疫システムは複数の環境に対する適応能力があるためこのような問題への有効な問題解決手法であると考えられる．以下に nTSP の IA による解法を示す．

3.2 nTSP の免疫システムにおける解法

目的：

各セールスマンのパス (都市を巡回する順序) の合計 (コスト) を最小にするようなプランを探索する．

制約条件：

各セールスマンのパスは出発都市 (=最終都市) を同一とする．また, 各パスの出発都市以外の都市は他のセールスマンのパスに含まれない．

以下に本稿で使用する記号及び関数を説明する．

n	セールスマン数
m	都市数
d_{ij}	都市 i から都市 jへの距離
$(x_i,\ y_i)$	各都市位置の座標
S_i	セールスマン i
P_{S_i}	セールスマン i のパス
$Plan_k$	1 巡回計画

[目的関数]

$$min \quad \left(cost_k = \sum_i f_d(P_{S_i}) \right) \tag{1}$$

式 (1) で, P_{S_i}はセールスマン S_iのパスで, 出発都市と最終都市を除いたパスである．f_dは S_iの距離の総和を求める関数である．

[制約条件]

$$P_{S_i} \cap P_{S_j} = \emptyset,\ i \neq j\ (\forall i, j) \tag{2}$$

式 (2) はセールスマン i と jのパス上に都市の重複がないことを意味する制約条件である．

$$Plan_k = \begin{bmatrix} t_s & P_{S_1} & t_s \\ t_s & P_{S_2} & t_s \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ t_s & P_{S_n} & t_s \end{bmatrix} \tag{3}$$

式 (3) の各行は各々のセールスマンのパスを表しているプランである．P_{S_1}はセールスマン S_1のパスを意味する．

4 nTSP を解くための IA の設計

nTSP の解を IA で求めるためには, 問題の抗体を文字列で表現しなければならない． 図 2は, 都市数 $m = 10$, セールスマン数 $n = 3$ に置ける 1 プランの概念図を表している．コーディングでは GA と同じように, 1 プランの情報を遺伝子 (抗体) に持たせる必要がある．同図

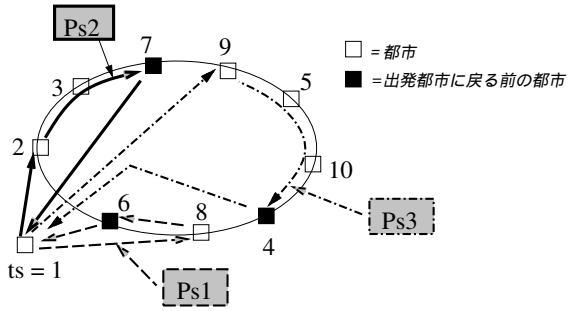

図 2: nTSP の解のイメージ

より抗体情報には各セールスマンのパス (P_{s_n}), 及び各パスの大きさ $(|P_{s_n}|)$ を文字列表現すれば良いことがわかる． この 2 つの情報を順序表現 [5] によりコーディングを行なった．図 3は図 2に置けるコーディング例である．

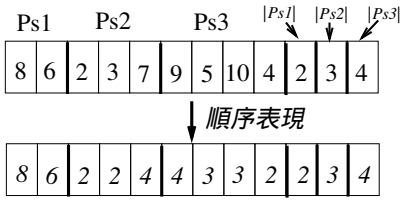

図 3: コーディング例

5 おわりに

適応アルゴリズムの一手法である免疫アルゴリズムをマルチエージェントシステムの典型問題である nTSP へ適用し，その工学的応用に対する可能性について検討した．免疫アルゴリズムはマルチエージェントシステムにおける有力な問題解決手法と考えることが出来る．

参考文献

[1] 森 一之, 築山 誠, 福田 豊生, 多様性を持つ免疫的アルゴリズムの提案と負荷割り当て問題への応用, T.IEE Japan, Vol.133-C, No.10, 1993.

[2] 森 一之, 築山 誠, 福田 豊生, 免疫アルゴリズムによる多峰性関数最適化, T.IEE Japan, Vol.117-C, No.5, 1997.

[3] 和田 健之介, 和田 佳子, 山登り飛び虫の進化と免疫システム論について, 数理科学, NO.353, NOVEMBER, 1992

[4] 中村 友洋, 角田 達彦, 田中 英彦, 分業セールスマン問題のニューラルネットワークによる解法, 人口知能 94-2, (1994, 6, 20)

[5] J.Grefenstette, R.Gopal, B.J.Rosmaita and D.Van Gucht : Genetic Algorithms for the Traveling Salesman Problem, Proc. of ICGA '85, 16/168 (1985)