nTSP と免疫アルゴリズムの親和性に関する基礎研究

琉 球 大 学　工 学 部
當間 愛晃　遠藤 聡志　山田 孝治

1997 年 10 月 30 日

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さまざまな研究成果により指摘されている。一方、生体系に内在するインテリジェントシステムである免疫系についての工学的応用に関する可能性及びその有効性は十分に議論されているとは言えない。

本稿では, 免疫システムの抗原の認識機構、抗体の記憶機構、抗原の排除機構に着目し, その工学問題に対する有効性を検討するために, マルチエージェントシステムに対する最適化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] へ適用し、アルゴリズムの性能、特徴について検討する。

2　分業巡回セールスマン問題:nTSP

巡回セールスマン問題 TSP は NP-hard に分類される問題の複雑さとその応用範囲の広さからさまざまな解法による検討がなされてきた。しかし今日の大規模

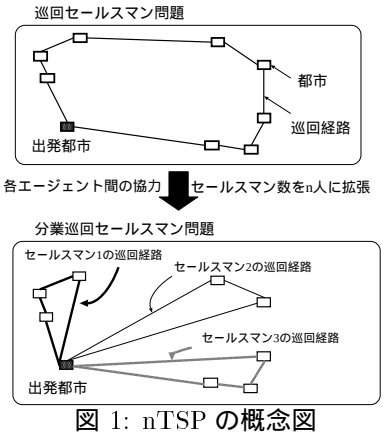

図 1: nTSP の概念図

複雑な工学的諸問題への対応には各エージェント間の協力による効率良く問題を解決を行なうマルチエージェントシステムなどのより強力な問題解決法が求められている。そこで TSP におけるエージェント数を n 人に拡張した nTSP 問題を設定し、マルチエージェント型アルゴリズムの性能評価の基準問題として位置付ける。

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 面性を持つ。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という特徴を持つ。免疫システムでは動的な環境に対する適応能力が期待されるためこの種の問題に対し有効な問題解決手法であると考えられる．

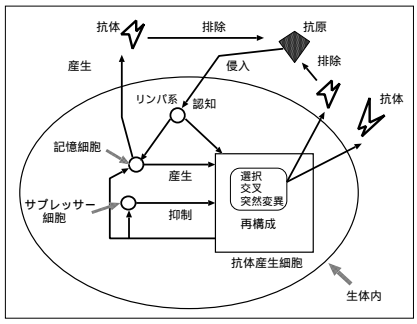

図 2: 免疫システムの概念図

3　免疫システム

免疫システムとは, 生体内に侵入する多種多様な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, 抗原を排除する生体監視防衛機構である (図 2).

工学的応用の一例に森らによってモデル化された免疫アルゴリズム [1,2] がある。本稿ではそのアルゴリズムの基本構成に従う。

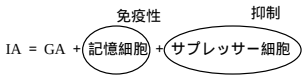

図 3: 免疫アルゴリズムの枠組み

免疫アルゴリズムはその基本構成を (1) 遺伝的アルゴリズムに基づく解の再構成 (2) 記憶細胞による有効解の記憶 (3) サプレッサー細胞による記憶解の再探索の抑制とする。この構成により GA の持つ強力な広域な探索能力に加え、有効解の再利用及び再探索の抑制による探索効率の上昇が期待される。免疫アルゴリズムの処理手順 (図 3) と nTSP との関係 (図 4) を示す。

4　nTSP に対する IA の設計

nTSP に IA を適用するためには, 問題の抗体を文字列表現しなければならない. 図 5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.

1 プランの情報を染色体に記述する必要がある. GA による TSP の一解法として Grefenstette による順序表現 [5] がある。nTSP では抗体情報を n セールスマンに分割しなければならないためそのコーディング法に分割情報を加え拡張した。染色体に分割情報であるセパ

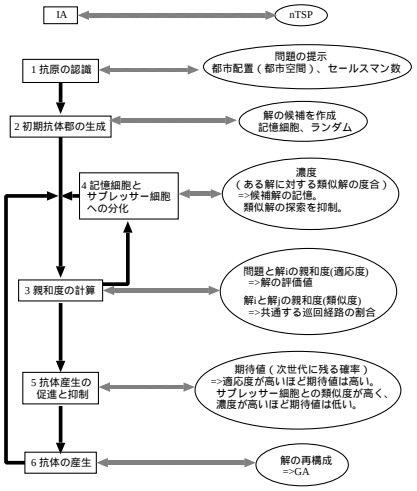

図 4: 免疫アルゴリズムからみた nTSP

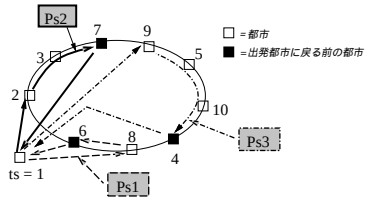

図 5: nTSP の解のイメージ

レータを加えたコーディング例が図 6 である。図 6では、(1) 各セールスマンのパス (P_{s_n}) と n セールスマンに分けるためのセパレータの位置を文字列表現し、(2) 各セールスマンのパス部分 (巡回経路部) を順序表現することでコーディングを施した例である。

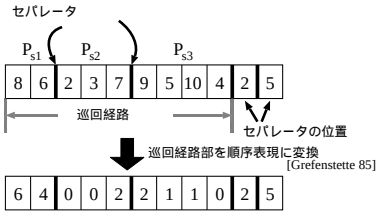

図 6: コーディング例

5 実験

5.1 実験方法

実験では , IA の探索効率を評価するために simpleGA との比較を行なった . 比較に用いた問題はセールスマン数 2 , 都市数 10 とし , ランダムな都市配置を 30 題用意した . また , IA と GA の各パラメータは , 以下のように設定した .

パラメータ	GA	IA
初期集団	一定	記憶細胞の再利用
集団数	50	50
交叉確率	0.2	0.2
突然変異確率	0.02	0.02
記憶細胞の総数	nothing	50
サプレッサー細胞の総数	nothing	5
濃度の閾値	nothing	0.35

また , 遺伝子の再構成に使用するオペレータは以下のように設定した .

- 交叉操作: 一点交叉
- 突然変異操作:
  - 巡回経路部: 遺伝子座$_i = random(m - i - 1)$
  - セパレータ部: 遺伝子座$_j = random(m - 1)$

5.2 実験結果

実験結果を図 7に示す . 図 7は , 横軸に問題番号 , 縦

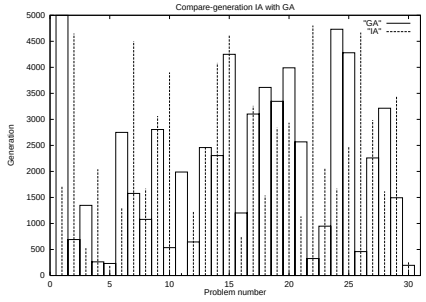

図 7: GA と IA の世代数比較

軸に世代数をとり , box が GA , line が IA を示している . グラフから , 30 題に対する準最適解探索までの世代数比較では , GA:IA=13:17 で IA が優位であることが分かる . また , 問題 11 では , IA が GA と比較して極めて早い世代で準最適解を獲得している . これは IA が過去に探索した候補解を記憶し , 利用することで , 類似性の高い問題に対して , 効果的に準最適解を求めることができることによると考えられる . このことは , 生体系における実際の免疫システムが一度記憶した抗原に対し適切に反応し , 自己防衛を行なう行動様式に一致する .

6 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 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 , 計算機実験によりその有効性について示した . 特に , 記憶機構を活用することで , 動的環境における類似問題の繰り返し解決を必要とする課題に対して有効に機能すると考えられる . 複数の問題解決器を基本とするマルチエージェント系の有効なアルゴリズムとしての IA の利用が期待される .

7 研究課題

問題の類似性を解析し , IA の特徴をより客観的に示す必要がある . また , 抗体間の類似度が探索結果に悪影響を与えていると考えられる部分も見られるため , もう一度見つめ直す必要がある .

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, 人工知能 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)