

論 文 要 旨

論 文 題 目

A Study on Immune Optimizations for Multimodal Functions and Division-of-labor Problems

In this paper, in order to validate the potentialities of the engineering models inspired from a biological immune system, we made some models from analogies; algorithms based on the models, and then, investigated the principle behaviors, the performances through the computer simulations.

Especially, we dealt with multimodal functions and division-of-labor problems as the target problems that issue included strongly required demands from users.

In the first target problem, the objective of multimodal function optimizations was to obtain robust solutions, which could provide some rooms to choose carrying solution for users.

The optimization methods for that purpose were required to obtain multi optimal solutions at a problem solving. As a method for multimodal function optimization, we proposed an Adaptive Memorizing Immune Algorithm (AMIA) with two memory mechanisms, which AMIA was an extended algorithm of Mori's IA. IA based on the biological immune system can obtained multi optimal solutions without the constraint in sharing and niche method that the number of individuals in the population (i.e., the population size) should be greater than the number of optimal solutions. However, there are two issues; (1) appropriate parameters adjustment is critical point, but any method for the adjustment doesn't support, and (2) the use of obtained good solutions carries out only for the second solving time.

The two memory mechanisms were achieved to resolve the above-mentions two issues. The basic idea is how to use a secondary immune response on the first problem solving. The secondary immune response, which can carry out effective problem solving as antigen elimination, exploits on the after second elimination only. In point of first issue, the parameters adjustment got easily though establishment obtaining memory and restraining re-search individually. About second issue, the search ability was enhanced through use of obtaining memory and secondary immune response in fist solving time also. The introduced memory mechanisms consist of following two information processing mechanisms.

In the computational experiments, AMIA was applied to a deceptive problem in TSP and Bipolar Deceptive Function to investigate the principle behavior and the performances. And from these results:

- validity of a local search
- stability of obtaining memory,

- possibility to search high fitness solutions,
- improvement of the search ability, and
- enhancement to obtain superior solutions

were validated, and we concluded the search efficiency of AMIA improved by a memory mechanism's working effectively.

In the second target problem, we attempted an application to division-of-labor problems in MAS to verify the further potentialities. The objective was to make best distributions, which were satisfied (1) equaling work assignment, (2) optimizing a work-cost individually, and (3) optimizing all amount of work-costs. And the problem was required to minimize a total cost in a parallel distributed processing such as scheduling problem, job scheduling and so on.

As the optimization methods, we constructed two kinds of immune based optimization algorithms. As first algorithm, we proposed an immune distributed competitive problem solver with MHC and immune network. The MHC was used for elimination of the states of competition among agents. The immune network was used to produce adaptive behaviors for agents. This competitive algorithm can obtain optimal solution, but it has two disadvantages: we were not able to compute even work domain and the divergence. And so, as second algorithm, we proposed a new immune optimization algorithm so that the immune cell-cooperation, which is a framework in a broad sense of elimination of antigens, may be applied rather than having it applied directly to the local functions.

The purposes of the algorithm were to propose and evaluate an immune optimization algorithm using a biological immune co-evolutionary phenomenon and cell-cooperation. The co-evolutionary models searched the solution through the interactions between two kinds of agents, one of the agents was called immune agent, which optimized the cost of its own work. The other was called antigen agent, which realized the equal work assignment. This algorithm solved division-of-labor problems in MAS through the three kinds of interactions: division-and-integration processing was used for optimization of the work-cost of immune agents and, escape processing was used to perform equal work assignment as a result of evolving the antigen agents. And the antigen agent computes even division of work domain using escape processing based on a phenomenon that the antigen evolves to escape from the elimination of immune system.

In the computational experiments, the immune co-evolutionary method was applied to n-TSP to investigate the principle behavior and the performances. From these results:

- validity of an immune co-evolutionary algorithm,
- stability of the obtaining superior solutions,
- quickness of the running time, and
- applicability to solve general problems

were validated. In this way, we concluded the optimization ability for division-of-labor problems was pretty good approach.

氏 名 Naruaki Toma

(様式第 5-2 号)

平成 14 年 2 月 10 日

琉球大学大学院
理工学研究科長 殿

論文審査委員

主査 氏 名 宮城 隼夫
副査 氏 名 玉城 史朗
副査 氏 名 和田 知久
副査 氏 名 遠藤 聡志
副査 氏 名 山田 孝治



学位（博士）論文審査及び最終試験の終了報告書

学位（博士）の申請に対し、学位論文の審査及び最終試験を終了したので、下記のとおり報告します。

記

申請者	専攻名 総合知能工学専攻 氏名 當間 愛晃 学籍番号 [REDACTED]		
指導教官名	宮城 隼夫		
成績評価	学位論文	合格 不合格	最終試験 合格 不合格
論文題目	A Study on Immune Optimizations for Multimodal Functions and Division-of-labor Problems		
審査要旨（2000 字以内）			
免疫系とは、生体の営みを害する抗原を排除することにより生体防御を実現している情報処理機構であり、免疫的記憶・抑制機構・MHC など様々なサブシステムの連携により抗原排除を行っている。本研究では、免疫系のもつ上述のサブシステムを工学モデルとして設計し、それを応用した免疫的システムの工学応用可能性を検証している。免疫アルゴリズムとは免疫系の知見に学んだ計算論的枠組みの総称であり、本研究では二つの最適化問題を対象とした三つの新規手法を提案し、その工学応用可能性について論述している。			

(次頁へ続く)

審査要旨

第一の最適化問題である多峰性関数では、一度の問題解決で複数最適解を獲得すること目的とした探索システムを構築している。従来の多峰性関数最適化手法として、森らにより IA が提案された。IA はシェアリング法やすみ分け型アルゴリズムにおける制約を受けることなく複数最適解を獲得することが可能であるが、(1) パラメータ調整の困難性および、(2) 記憶細胞を活用した探索能力の向上という課題が残されたままであった。本研究では、適切な記憶を獲得するためのパラメータ設定が困難である IA に対し、その調節の簡単化および局所探索能力の付加による探索効率化を行なう探索アルゴリズム AMIA を提案している。その基本的な考え方は、二次免疫応答を一度目の問題解決において活用するためにはどうすればよいのか、という点にある。二次免疫応答とは、一次免疫応答時に獲得した記憶細胞を活用することでより素早い抗原排除を実現する機構であり、生体内の免疫系では二度目以降の抗原進入時にしか活用されていない。そこで記憶に関わるシステム（一次および二次免疫応答、抑制機構）を工学モデルとして構築し、それらを探索システムとして応用するための二種類の記憶機構として構築している。先に述べた検討点 (1) は、記憶獲得と再探索抑制を二種類の記憶機構として各々独立させることにより、パラメータ調整が容易にしている。検討点 (2) は、免疫システムにおける記憶獲得と二次免疫応答を一度目の問題解決時にも活用することにより、探索能力の向上が図られており、巡回セールスマン問題と Bipolar Deceptive Function への適用を通じた計算機実験により、

- ・局所探索の妥当性
- ・記憶獲得の安定性
- ・高適応度の解探索可能性
- ・探索効率の向上
- ・優位解獲得の効率化

を検証している。

第二の工学応用問題では MAS における分業問題最適化システムを対象とした検証を行っている。分業問題とは、(1) 作業配分平等化、(2) 各作業コストの最適化、(3) 全作業コストの最適化を満足する解を求めることを目的とした課題である。分業問題最適化システムとして提案した第一の手法、免疫的競合型アルゴリズムは、抗原を認識するための MHC と、免疫細胞群の相互作用により抗体産生を行う免疫ネットワークに基づき構築されている。同アルゴリズムは、MHC によるエージェント間競合状態の排除と、免疫ネットワークによる行動生成により適応的に解を探索することが可能であるが、一方では適応度を保つことによる探索への影響が強すぎるため、平等な分業結果が得られにくいという短所が確認された。そこで、第二の分業問題最適化システムとして、免疫的共進化現象および細胞間協同作用を応用したアルゴリズムを提案している。

免疫的共進化型アルゴリズムは二種類のエージェント（免疫エージェント、高原エージェント）による相互作用を通して分業問題を解決する手法であり、免疫エージェントの細胞間協同作用による作業コスト最適化と、抗原エージェントの逃避行動による平等な作業配分獲得に基づく探索を基本動作とする。これらの基本動作は、分割・統合処理および逃避処理として実装されている。抗原エージェントの逃避行動は、効率良く作業を行っている免疫系の最適化行動を妨害することで免疫エージェント全体の作業コストを平等に配分するように実装しており、免疫エージェントによる最適化との相互進化によって分業解を獲得することが可能である。計算機実験では、提案手法の基本性能および探索性能を評価するために典型的な分業問題の一つである分業巡回セールスマン問題へ適用し、

- ・免疫的共進化型アルゴリズムの妥当性
- ・安定した優れた解の獲得
- ・短時間での問題解決

を検証している。

以上のように、本論文は工学的に価値のある新しい研究成果が示されており、また、上記の者は専門分野および関連分野の十分な知識を有することも確認できたので、学位論文および最終試験とも合格とする。