

氏 名	ゲン 玄	ミツ 光	オ 男
学位(専攻分野)	博 士 (情 報 学)		
学 位 記 番 号	論 情 博 第 71 号		
学位授与の日付	平 成 18 年 9 月 25 日		
学位授与の要件	学 位 規 則 第 4 条 第 2 項 該 当		
学位論文題目	Study on Evolutionary Network Design by Multiobjective Hybrid Genetic Algorithm (多目的ハイブリッド型遺伝的アルゴリズムによる進化的ネットワーク設計に関する研究)		
論文調査委員	(主 査) 教 授 片 井 修	教 授 熊 本 博 光	教 授 喜 多 一

論 文 内 容 の 要 旨

インターネット技術の急速な進展・普及により、今日の産業経済もグローバル化が進み、製造業界や物流業界も大きく変革しており、各企業の生産・流通過程においては、迅速でかつ確かな情報の活用と合理的な意思決定が要求されている。具体的には、設計・生産スケジューリングと密着したタイムリーな配送計画など、いわゆるサプライチェーン・マネジメント (Supply Chain Management: SCM) システムによる全体最適化への対応が求められている。

本論文は、物流の配送計画問題、多段階 SCM ネットワーク問題、インターネットの OSPF (Open Shortest Path First) ルーティング問題、ネットワークの総コスト最小化と総フロー最大化の二目的ネットワーク問題などのようなネットワークモデルによって定式化される組合せ最適化問題に関して、進化技術法の一つである遺伝的アルゴリズム (Genetic Algorithm; GA) をベースにした新しい染色体の設計によって問題解決法を提案し、アルゴリズムを実現し、更には数値実験によって提案手法の効果を検証したものであり、全体で7章から構成されている。

第1章は序論であり、本研究の背景および動機と、論文全体の構成を紹介している。

第2章では、生物進化 (自然淘汰・交叉・突然変異) の現象を、コンピュータ・シミュレーションによって模倣する確率的探索・最適化・学習のメタヒューリスティック手法である遺伝的アルゴリズム (GA) にファジィ理論を導入したハイブリッド化を提案し、次に多目的ネットワーク問題を取り扱うために適応型重付け法を組み込んだ多目的 GA を提案している。

第3章では、 m 箇所の生産側と n 箇所の消費側からなる物流の配送計画問題において、従来の遺伝的アルゴリズムによる解法では、 $(n+m)$ 個のノードからなる問題の遺伝情報を伝える役目の染色体はサイズ $(n \times m)$ の2次元配列で表現してきたが、これを Prufer 数によって染色体をサイズ $(n+m-2)$ の一次元配列で表現するスパニング・トリー型 GA を提案し、複数の数値例により従来手法との比較実験を行い、提案手法の有効性を明らかにしている。

第4章では、多段階ネットワークで表現される SCM ネットワーク問題を扱っているが、これは NP (Nondeterministic Polynomial) 困難な混合整数計画モデルとして定式化される。本研究では優先順位による染色体設計に基づく優先順位型 GA を提案し、問題スケールの異なる複数の数値例により従来手法との比較実験を行い、提案手法の有効性を実証している。

第5章では、インターネットで最もよく利用されている OSPF プロトコル方式のルーティング問題を取り扱っている。これはネットワークの最短経路モデルを基本にしたものであるが、ランダムキーによる染色体設計法に基づくランダムキー型 GA を新たに提案し、ネットワークサイズの異なるベンチマーク問題の数値実験によって、従来手法との比較の結果、提案手法の有効性を評価している。例えば、320個のノードと10,208個のリンクからなるネットワークの最短経路問題では、様々な GA パラメータに対しても提案手法では最良解として最適解か準最適解を得ており、かつ従来手法と比較して計算時間も短縮している。

第6章では、ネットワークの総コストの最小化と総フローの最大化を行う二目的ネットワーク設計問題を扱っている。こ

れは多目的最適化問題として定式化されるが、目的関数間の競合関係を合理的に取り扱うために適応型重付け法と、ファジィ理論の導入により進化過程の世代ごとに適合関数の平均値に依存して GA パラメータの交叉確率と突然変異確率を生成する自動調整法を組み込んだ多目的ハイブリッド型 GA を提案し、数値実験により従来手法と比較して進化過程の収束率を改善し、提案手法の有効性を明らかにしている。

第 7 章は多目的ハイブリッド型遺伝的アルゴリズムによる進化ネットワーク設計に関する研究を総括している。

論文審査の結果の要旨

本論文は物流の配送計画問題、多段階 SCM (Supply Chain Management) ネットワーク問題、インターネットの OSPF (Open Shortest Path First) ルーティング問題、ネットワークの総コストの最小化と総フローの最大化を行う二目的ネットワーク問題などのようなネットワークモデルとして表される組合せ最適化問題を、進化技術の一つである遺伝的アルゴリズム (Genetic Algorithm; GA) によって考察したものであり、得られた主な成果は以下のように要約される。

1. ファジィ理論の導入により進化過程の世代ごとに変化する GA パラメータの交叉確率と突然変異確率を生成させる自動調整法を組み込んだハイブリッド型遺伝的アルゴリズムを構築した。
2. 多目的組合せ最適化問題の特別なモデルである二目的ネットワーク設計問題を取り扱うために、目的関数間の競合関係を合理的に取り扱うための適応型重付け法を提案し、多目的ハイブリッド型遺伝的アルゴリズムを構築した。
3. 物流の配送計画問題を解くために、一次元配列で表現する染色体設計に基づくスパニング・トリー型 GA を提案し、数値実験によって従来手法との比較により、提案手法の有効性を示した。
4. 多段階ネットワークで表現される SCM ネットワーク問題は混合整数計画モデルとして定式化されるが、優先順位による染色体設計に基づく優先順位型 GA を提案し、複数の数値例により従来手法との比較実験を行い、提案手法の有効性を明らかにした。
5. インターネットにおける OSPF プロトコル方式のルーティング問題はネットワークの最短経路モデルを基本にしたものであるが、ランダムキーによる染色体設計に基づくランダムキー型 GA を提案し、複数のベンチマーク問題の数値実験によって、従来手法との比較の結果、提案手法の有効性を明らかにした。
6. 本多目的ハイブリッド型遺伝的アルゴリズムの有効性を検証するため、ネットワーク問題の総コスト最小化と総フロー最大化を行う二目的ネットワーク設計問題を取り上げ、数値実験によって従来手法と比較して進化過程の収束率が改善していることを示し、本アルゴリズムの有効性を明らかにした。

以上のように本論文は、NP 困難な組合せ最適化問題であるネットワーク設計問題に、進化技術の一つである遺伝的アルゴリズムによる問題解決に新たな方法論を提案し、評価を行い、その有効性を実証するものであり、進化的ネットワーク設計法の確立に貢献するところ大であり、博士(情報学)の学位審査の請求に値するものと認める。また、平成18年8月14日実施した論文内容とそれに関連した試問の結果、合格と認めた。