

対話的広域物流網最適化に対する GA の適用

1N-08

久保田 仙 前川 拓也 小野山 隆
日立ソフトウェアエンジニアリング (株)

1. はじめに

物流効率の向上には、複数企業の共同化による全国規模の広域物流網の最適化が必須である。この最適化問題は多数の部分問題に分割され、人間の専門家と同レベルの最適性を保証した解を、対話処理が可能な時間内(30 秒程度)に求めることが要求される。この問題に対して GA[1]を適用するために、要求時間内に可能な量を個体数や処理方式から導出した世代数に限定して処理する方式を提案する。1 世代での計算時間を短縮し、また GA の進化効率を上げるために、初期解の作成方式や、突然変異、交差の処理方法に対してヒューリスティクスを導入し、実験によって各解法の評価を行った。

2. 最適化問題とその課題

物流網の最適化は生産計画の諸条件の設定と、その条件下で各輸送トラックのルートを決めるシミュレーションとを繰り返す、より良い条件を探索することによって行う[2]。

物流網には 1,000 台程度のトラックが利用されており、1 日に 1 台のトラックが巡回できる配送拠点数は高々 40 程度である。このような問題を対話的に解決するためには、40 都市の TSP1,000 題を対話処理が可能な時間(30 秒)内で求める必要がある。さらに、各 TSP については、人間の専門家レベルの最適性(最適解からの誤差 3%以内)を保証する必要がある。DP[3]や分岐切除平面法(BC 法)[3]を始めとした厳密解法は、速度面でこの要求に合わないため、高速な近似解法の導入が必要である。

3. GA の改良方式

まず対話的な処理を保証するため、以下の手順で

Solving Method using GA for Dialogical Optimizing a Large-scale Distribution Network
Sen Kubota, Takuya Maekawa, Takashi Onoyama Hitachi Software Engineering Co., Ltd.

GA を適用する。この GA では、巡回する順の拠点(ノード)の配列を遺伝子として扱う。1)GA の集団サイズや交差、突然変異などの方式を決めて 1 世代の計算時間を求める。2)その値に基づいて制限時間内に計算可能な世代数を求め、その世代数に限定して GA の処理を行う。

また、突然変異や交叉、初期集団の作成にヒューリスティクスを導入し、解の収束の高速化を試みた。

3.1 交叉方式

GA を用いて迅速な解の収束を実現するために、形質遺伝性と、処理の高速性に優れた NI(Nearest Insertion)法 [4]を用いた交叉方式を提案する。この交叉は以下のステップを実行する。1)二つの遺伝子の交叉点を求める。2)片方の遺伝子の交叉点より前の部分で構成される部分ルートを求める。3)2)で求めた部分ルートに含まれていないノードを、もう一方の遺伝子から取り出す。4)取り出したノードを、取り出した順に NI 法で 2)で作成した部分ルートに挿入する。このようにして作成したルートを新しい遺伝子として用いる。

3.2 突然変異方式

突然変異には以下の 2 方式を用いた。

a) 2opt 型突然変異:これはランダムに選択した遺伝子を近傍探索法である 2opt 法[4]で改良する方式である。つまり遺伝子が表すルート中の二つのリンクを取り出して、その二つのリンクを交換してルート長を評価する。もしリンクの交換でルート長が短くなれば、二つのリンクを交換する。この操作をランダムな回数繰り返す。

b) ブロック再挿入型突然変異:この方式では、まずルート中の 1 つのノードをランダムに選択して、そのノードの近傍に含まれるノードをルートから削除する。次にルートから削除したノードを再び NI 法で再挿入して、新しいルートを作成する。

3.3 初期解の生成

GA で局所解への収束を防ぎ最適性の高い解を得るためには、初期集団の多様性が重要である。完全にランダムな初期集団は局所解回避に有効であるが、収束の速度は遅くなる。このため次の3種類の方式を用いて実験を行った。

- a) ランダム構成法:完全にランダムな順番にノードをつなぎルートを構成する。
- b) ランダム NI 法:ノードをランダムな順序に並べ、NI 法でルートに追加する。
- c) 多段 NI 法:NI 法でノードをルートに追加する時、追加による距離の増分が挿入先ノード間距離の一定倍率よりも大きい場合には、挿入を後回しにする。この倍率を大きくしながら段階的に挿入を行う。

4. 実験結果

Intel Pentium II(450MHz)プロセッサの PC を用いて、40 都市をランダムに配置した 20,000 個の異なる拠点配置パターンに対して各解法による実験を行った。各拠点配置パターンについてそれぞれの解法で 100 回ずつ解き、最適解と 1%誤差解、2%誤差解、3%誤差解の出現頻度を求めた。1%誤差解とは、最適解に比較して誤差が 1%以内の解を示す。

初期集団の作成には、「ランダム初期解」と「ランダム NI 法」、「ランダム NI 法と段階的 NI 法の混合」を用いた。ランダム NI 法と段階的 NI 法の混合は、両方式の初期解を集団数の 50%ずつ混ぜ合わせたものである。また段階的 NI 法は倍率 0.5,1.0,1.5,制限なしの 4 段階で用いている。突然変異には 2opt 型突然変異と、ブロック再挿入型突然変異を用い、それを組み合わせた各解法による結果を比較した。

4.2 実験結果

まず対話的な処理を保証するため、1,000 ルートの作成を 30 秒以内で行えるための各解法による GA の処理世代数を決定した。

表 1 各方式の計算可能世代数

#	初期解	突然変異	世代数
1	ランダム	2opt 型	20
2	ランダム NI		18
3	多段 NI		15
4	ランダム	ブロック再挿入型 (BL)	25
5	ランダム NI		22
6	多段的 NI		20

表 1 に各方式で遺伝子集団サイズを 100 にした場合の 30 ミリ秒以内で計算可能な世代数を示す。

次に、表 1 で得られた世代数制限に従って各解法で 20,000 個の TSP 問題を 100 回ずつ解いた。得られた解の精度による出現頻度の分類結果を表 2 に示す。

表 2 各解法の精度

#	解法	最適解	1%誤差	3%誤差
1	ランダム+2opt	78	98.75	99.995
2	ランダム NI+2opt	84	99.0	99.996
3	多段的 NI+2opt	88.0	99.0	99.998
4	ランダム+BL	81.08	98.9	99.993
5	ランダム NI+BL	89.95	99.0	99.998
6	多段的 NI+BL	90.08	99.68	99.9997

提案方式は、各方式とも 30 ミリ秒以内に 99.99%以上の確率、誤差 3%以内の精度で 40 都市 TSP の解を求めることができています。特に初期解に多段 NI 法とランダム NI 法を併用して、ブロック再挿入型突然変異を用いた場合には最良の結果が得られている。2opt 型突然変異は、ブロック再挿入型突然変異よりも悪い結果を示している。これは 2opt が、ブロック再挿入型突然変異で用いる NI 法に比べ処理に時間がかかり、計算可能世代数が少ないためと考えられる。また、初期解の生成方法には段階的 NI 法を用いた方式が良い結果を出している。これは計算時間が制限されているため、初期解作成にヒューリスティクスを用いた方式が、より精度の高い解への収束が早いためと考えられる。

5. おわりに

全国規模の広域物流網最適化問題に対して、各種のヒューリスティクスを用い、処理する世代を限定した GA の適用を提案した。

実験により、提案解法で 1 台の PC を用いて広域物流網の対話的な最適化を実現できることが明らかになった。

6. 参考文献

- [1] 北野 宏明:遺伝的アルゴリズム:産業図書(1993)
- [2] 久保田 仙 他:Traveling Salesman Problem Solving Method fit for Interactive Repetitive Simulation of Large-scale Distribution Networks, IEEE SMC '99
- [3] 茨木 俊秀:離散最適化法とアルゴリズム:岩波書店(1993)
- [4] 久保 幹雄,山本 芳嗣,"巡回セールスマン問題への招待",朝倉書店(1998)