

不確定環境型遺伝的アルゴリズムによる 確率的巡回セールスマン問題の近似解法

01704426 防衛庁 河原一将 KAWAHARA Kazumasa
京都府立大学 *吉富康成 YOSHITOMI Yasunari

1. 緒言

著者らは、確率計画問題の近似解法として、遺伝的アルゴリズム(GA)の環境(目的関数、制約条件)に確率変動を導入した手法(不確定環境型 GA)を提案した[1]。本法では、世代ごとに、目的関数、制約条件で定義される適応度関数を所与の確率分布に応じて変化させ、全世代を通じての個体の集合とその出現頻度を算出する。そして、まずこれにより、期待値最大の解が得られるかどうかの検討を行なった。その結果、選択方式として、ルーレット戦略の下で、出現頻度が最も高い個体(解)を選べば、それが期待値最大を与える個体となることを実証し、本法を確率的画像圧縮問題、確率的ジョブショップ問題などへ適用し、その有効性を示した[1,2,3]。

本報では、確率的巡回セールスマン問題に不確定環境型 GA を適用し、その有効性を検討した。本研究では、都市間の移動時間を不確定とし、全ての都市の巡回時間の期待値を最小にする問題を対象にした。

2. GAの環境への確率変動の導入と計算手順

確率計画問題において、確率変数の変動にともない解の目的関数値が変動することを、GAにおいては、同じ個体の適応度が確率的変動を含んでいると考えることとする。本研究では、セールスマンが、決められた数の都市を巡回する。そして、都市の順序(ツアー)を与えられた個体の、巡回時間の逆数を適応度とし、世代ごとに都市間の移動時間を確率的に変動させることにより、適応度の確率的変動を実現する。すなわち、GAの各世代の環境が不確定であるとして取り扱う。そして、全世代を通じての個体の集合とその出現頻度を算出した。計算手順を以下に示す。個体の各遺伝子は、都市と対応している。

- ①都市を配置する。
- ②初期集団の生成を行う。
- ③所与の世代まで以下の処理を行う。
 - (a)確率分布に従う乱数を用いて、都市間の移動時間を確定し、適応度を計算する。
 - (b)適応度の高い個体(親候補)が確率的に選ばれやすいルーレット戦略によって、新しい個体の集

団を生成する。

- (c)可能な親の対を全て作り、それぞれの親の対で交叉を行う。ここで行う交叉は、サブツアー交換交叉[4]であり、二つの親の間で部分的に同じ遺伝子の集合があれば交換し、遺伝子を並び替えた新たな個体(子)を作るというのである。
 - (d)全ての子の適応度を計算し、適応度の高い子から順に、所与の交叉確率に従って次世代の個体として残し、残りの個体は親候補からランダムに選択する。
 - (e)所与の突然変異確率に従って突然変異を行う。ここで行う突然変異は子に対し、ランダムに選んだ二つの遺伝子を入れ替えるというものである。
- ④全世代での各個体(解)の発生頻度を求める。

本研究では確率計画問題において、期待値最大の解を得ることを目標とした。このため、選択方式として、ルーレット戦略をとり、全世代を通じて発生頻度が最も高い個体を、期待値最大を与える個体(最適解)の近似最適解とした。

3. 実験

3.1 条件

サイズ 1.0×1.0 の領域にランダムに都市を 10 または 100 配置した。都市間の移動時間の確率分布を、(a)距離の逆数を平均値とした正規分布とする、(b)この平均値を一部の都市間のみ十分大きな値に置き換える確率を 0.5 とする、の 2 つの場合を検討した。これらの条件では、最適解は確率変動にかかわらず同じとなる。本法の性能評価のためこれらの条件を用いる。個体数を 10、交叉確率を 0.4、突然変異確率を 0.1、世代数を 1000(10 都市)または 2000(100 都市)とし、正規分布における変動係数 0(確率変動なし)、0.1、0.2、0.3 の条件で実験を行った。

都市数 10 の場合 3 つの都市配置条件で、確率変動を与えない場合の本法の近似最適解と、ツアーのすべての場合を尽くした解のうち、巡回時間の最小値を与える解(最適解)とを比較した。そして、確率変動を与えた場合での本法の近似最適解を求めた。

次に、都市数 100 の場合に、確率変動を与えない場合の、初期集団の最良ツアーと、1000 世代目の最良ツアーを比較した。また、各確率変動条件で、最大適応度の収束を調べた。

3. 2 結果と考察

都市数 10 の場合、最適解と本法の近似最適解は 11/16 の割合で一致した。不一致の場合でも、最適解の頻度は上位 4 番以内であった。そして、10000 (= 個体数 × 世代数) 個の総個体のうち、494~6414 は最頻度解であった。この最頻度解の個数は、変動係数が大きい程少なかった。また、この最頻度解の個数が少ない場合に、本法の近似最適解と最適解が一致しにくい傾向があった。不確定環境型 GA で高頻度解を所定量選び、その解の巡回時間の期待値の近似値をモンテカルロ法で求めることにより、それらの解から最適解を選択することができた。

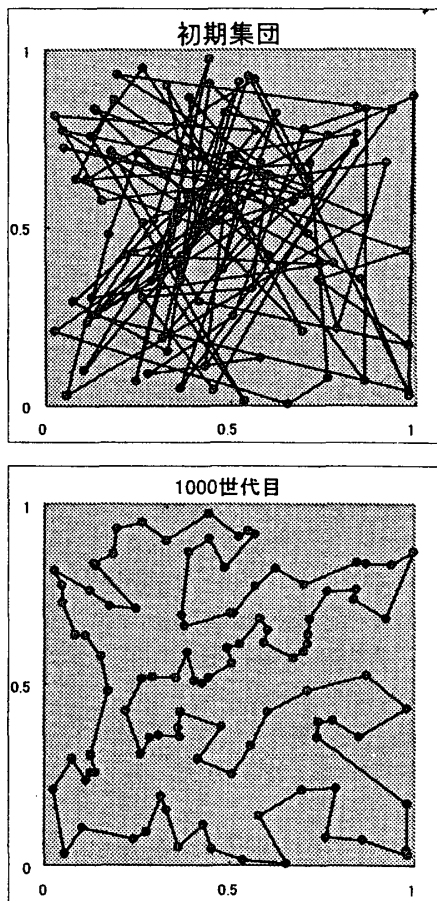


図1 最良ツアー

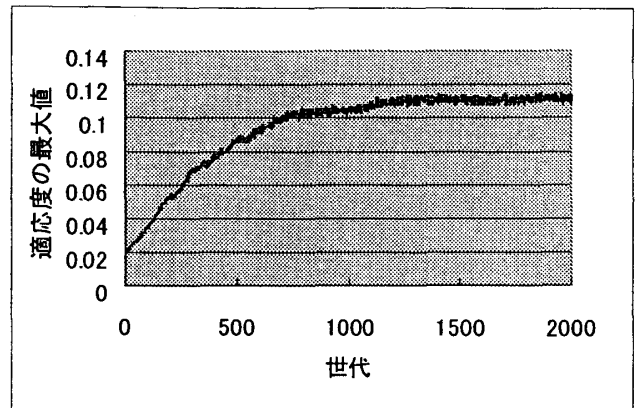


図2 適応度の変化

都市を 100 とした場合、平面上の都市とツアーは図 1 のようになり、初期集団と比べると 1000 世代目では経路の交わる部分がなくなり、より良いツアーが得られた(変動係数=0)。また、図 2 に示すように、世代が進むにつれ、適応度の最大値が収束した(変動係数=0.2)。

4. 結論

確率的巡回セールスマン問題に不確定環境型 GA を適用した。巡回時間の期待値を最小にする問題を対象にし、本法の有効性を実証した。今後の課題としては、所定の時間以上に巡回時間がかかる確率を最小にする解なども決定できるように選択等 GA のオペレータを検討することなどがあげられる。

参考文献

- [1] Y.Yoshitomi, H.Ikenoue, T.Takeba and S.Tomita, "Genetic Algorithm in Uncertain Environments for Solving Stochastic Programming Problem", 日本オペレーションズ・リサーチ学会論文誌, 43(2000), 266-290.
- [2] 吉富康成, "不確定環境型遺伝的アルゴリズムによる確率的ジョブショップ問題の解法", スケジューリング・シンポジウム'99 講演論文集, (1999), 119-124.
- [3] 吉富康成, 山口理絵, "不確定環境型 GA とヒューリスティック法による確率的ジョブショップ問題の近似解法", 日本オペレーションズ・リサーチ学会秋季研究発表会アブストラクト集, (2000), 96-97.
- [4] 山村雅幸, 小野貴久, 小林重信, "形質の遺伝を重視した遺伝的アルゴリズムに基づく巡回セールスマン問題の解法", 7(1992), 1049-1059.