1999年度日本オペレーションズ・リサーチ学会
春季研究発表会

整数計画問題に対する2重構造文字列表現を用いた遺伝的アルゴリズムによる近似解法の改良

01202665 広島大学 坂和 正敏 SAKAWA Masatoshi
01109775 広島大学 * 加藤 浩介 KATO Kosuke
広島大学 廣瀬 公彦 HIROSE Kimihiko

1. はじめに

自然界のシステムにおける生物の進化のメカニズムを模擬するアルゴリズムとして，遺伝的アルゴリズム(Genetic Algorithm) が J.H. Holland らにより提唱され，組合せ最適化問題への適用に関する研究が近年活発に行われてきている [1, 2, 4]．多目的 0-1 計画問題に対して，坂和らはすべての個体を実行可能解に対応づけるための 2 重構造文字列表現と対応するデコーディングアルゴリズムを用いた遺伝的アルゴリズム（2 重構造文字列 GA）による解法を提案し，その有効性を示している [4]．さらに，坂和ら [3] は，この 2 重構造文字列 GA の整数計画問題に対する拡張を行っているが，精度および計算時間に関してさらなる改善が望まれていた．

そこで，本研究では，2 重構造文字列 GA の探索効率を改善をするために，連続緩和問題の解の情報を用いた 2 重構造文字列 GA を提案する．

2. 整数計画問題

本研究で対象とする問題は，次のような整数計画問題である．

$$\begin{array}{ll} \text{minimize} & \boldsymbol{cx} \\ \text{subject to} & A\boldsymbol{x} \leq \boldsymbol{b} \\ & x_j \in \{0, 1, \dots, \nu_j\},\ j = 1, \dots, n \end{array} \tag{1}$$

ここで，$\boldsymbol{c}$ は n 次元の係数行ベクトル，$\boldsymbol{x}$ は n 次元の整数決定変数列ベクトルであり，ν_j は正の整数である．また，制約式 $A\boldsymbol{x} \leq \boldsymbol{b}$ は m 次元の制約，A は $m \times n$ の係数行列であり，$A, \boldsymbol{b}$ の各成分はすべて正であると仮定する．

このような整数計画問題に対する有望な近似解法として，坂和ら [3] は，2 重構造文字列表現を用いた遺伝的アルゴリズム（2 重構造文字列 GA）を提案してきているが，精度および計算時間に関してさらなる改善が望まれていた．そこで，本研究では，連続緩和問題の解の情報を利用することにより，2 重構造文字列 GA の探索効率を改善を試みる．

3. 連続緩和問題の解の情報を利用した遺伝的アルゴリズム

組合せ最適化問題の性質として，その問題の決定変数を連続変数に緩和した問題の最適解が，もとの問題の最適解に比較的近い解になるという性質があることが経験的に知られている．そこで，そのような情報を用いて探索する空間を絞り込むことにより，遺伝的アルゴリズムの探索効率の向上を目指す．

3.1 連続緩和問題の解の情報を用いた個体表現とデコーディングアルゴリズム

坂和ら [3] によって提案されている 2 重構造文字列による個体表現ではは，図 1 に示されるように，上段が変数の添字，下段が上段の添字番号をもつ変数の値の候補を表しており，左から優先的にデコーディング（個体から解への対応づけ）が行われる．

添字	$s(1)$	$s(2)$	$\cdots$	$s(j)$	$\cdots$	$s(n)$
変数の値	$g_{s(1)}$	$g_{s(2)}$	$\cdots$	$g_{s(j)}$	$\cdots$	$g_{s(n)}$

図 1: 2 重構造文字列を用いた個体表現

従来の 2 重構造文字列 GA においては，上段の添字の順列は，初期においてランダムに決定し，世代が進むにつれて変数の値とともに添字列におけるより良い順列を得ていた．しかしながら，整数計画問題のような探索空間が広大な問題においては，最適な決定変数の値だけでなく最適な順列を同時に得ることは非常に困難であると考えられる．

そこで，本研究においては，緩和問題を解くことで得られた解の情報を用いた個体表現と対応するデコーディングアルゴリズムを提案する．具体的には，問題 (1) の連続緩和問題の解 $\hat{\boldsymbol{x}}$ に基づいて，添字全体の集合を $I_0 = \{j \mid \hat{x}_j = 0\}$ と $I_+ = \{j \mid \hat{x}_j > 0\}$ に分けて表

現し，I_+ に含まれる添字をもつ変数に対して優先的にデコーディングを行う．

3.2 緩和問題の解の情報を用いた初期個体群の生成法

従来の2重構造文字列GAにおいては，2重構造文字列の下段の値は，初期個体群の発生において [0, 上限値] の値をランダムに発生させていた．しかしながら，もし連続緩和問題の解が整数計画問題の解に近いならば，初期個体群の発生において，連続緩和問題の解の情報を積極的に利用することにより，探索効率の向上が図られると期待される．

そこで，本研究では，連続緩和問題の解の情報を用いた初期個体群の生成法を提案する．具体的には，連続緩和問題を解いて得られた解を $\hat{x}$ とした場合，2重構造文字列の上段の値が j であるとき，その下段の値は平均値が $\hat{x}_j$ であるガウス確率変数として生成する．

3.3 緩和問題の解の情報を用いた突然変異

従来の2重構造文字列GAでは，2重構造文字列のある場所で突然変異を行う場合，[0, 上限値] の値をランダムに発生させて，その値を突然変異後のその場所の下段の値としていた．しかしながら，上記の初期個体群発生の場合と同様に，連続緩和問題の解が整数計画問題の解に近いならば，突然変異において，連続緩和問題の解の情報は有用であると考えられる．

そこで，本研究では，連続緩和問題を解いて得られた解を $\hat{x}$ とした場合，突然変異を行う場所の上段の値を j とするとき，その下段の値は平均値が $\hat{x}_j$ であるガウス確率変数として生成する，という突然変異方法を提案する．

4. アルゴリズムの概要

これまで述べてきたような遺伝的操作を含むGAのアルゴリズムは次のようになる．

手順 0 （初期設定）
GAの最大世代数 T，個体群サイズ N，交叉率 p_c および突然変異率 p_m を設定する．

手順 1 （初期個体群の生成）
3.1節で提案された形式の個体を，3.2節の初期個体群生成方法にしたがって，N 個生成する．世代 t を1と設定する．

手順 2 （終了判定）
もし，$t > T$ ならば，終了．そうでなければ，手順3に進む．

手順 3 （評価）
各個体に対して3.1節で提案しているようなデコーディングを行い，得られた実行可能解から適合度を求める．

手順 4 （再生）
各個体の適合度に対して，適当なスケーリングを行った後，スケーリングされた適合度に基づいて所定の再生方法（本研究ではエリート期待値選択）に従って，個体を再生する．

手順 5 （交叉）
手順0で定められた交叉率 p_c にしたがって交叉（本研究では部分一致交叉）を行う．

手順 6 （突然変異）
手順0で定められた突然変異率 p_m にしたがって3.3節で提案する突然変異を行う．$t = t + 1$ として手順2に戻る．

5. おわりに

本研究においては，整数計画問題に対する有望な近似解法として，坂和ら [3] により提案されている2重構造文字列表現を用いた遺伝的アルゴリズムの改良について考察した．具体的には，坂和らの2重構造文字列GAに対して，探索効率の向上に有効であると考えられる連続緩和問題の解の情報に基づいた個体表現と対応するデコーディングアルゴリズム，初期個体群生成方法，突然変異オペレータを提案し，これらをとり入れたアルゴリズムの概要を示した．

参考文献

[1] M. Gen and R. Cheng, *Genetic Algorithms & Engineering Design*, Wiley-Interscience, New York, 1996.

[2] Z. Michalewicz, *Genetic Algorithms + Data Structures = Evolution Programs*, Springer-Verlag, 1992, Second extended edition, 1994, Third revised and extended edition, 1996.

[3] 坂和正敏, 柴野俊弘, 加藤浩介, “多目的整数計画問題に対する遺伝的アルゴリズムによる対話型ファジィ満足化手法”, 日本ファジィ学会誌, vol.10, No.1, pp. 108-116, 1998.

[4] 坂和正敏, 田中雅博, 遺伝的アルゴリズム, 朝倉書店, 1995.