

## 不確定環境型遺伝的アルゴリズムとモンテカルロ法による

## 確率的ナーススケジューリング問題の近似解法

01704426

京都府立大学

\*吉富康成

YOSHITOMI Yasunari

宮崎情報処理センター 橋本一郎

HASHIMOTO Ichirou

## 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、確率的ナーススケジューリング問題に不確定環境型 GA とモンテカルロ法をハイブリッドに用いる方法を検討した。本研究では、患者数を不確定とし、患者数に対して看護婦の数が不足する勤務時間帯数の期待値を最小にする問題を対象にした。

## 2. 対象とする問題

近年注目されてきた2交替制を扱った。そして、複数の看護婦の1ヶ月分のスケジュールを決定する問題を対象にした。看護婦の勤務パターンは、休日、日勤、夜勤の3つとし、スケジュール表では、各々、0, 1, 2と表す。なお夜勤は、2日にわたる勤務なので、連続する2つの記号(22)で表す。候補は、複数の看護婦の1ヶ月分の勤務表に、これらの勤務パターンを割り当てることで得られる。そして、勤務時間帯の種類及び担当する患者の種類に応じて、看護婦1人が担当可能な上限患者数を設定する。

患者数を確率変数とし、以下のようにして計算する。実数としての患者数が、所定の範囲に一様分布すると仮定し、その一様分布の中央値を確率変数として取り扱い、その確率分布を正規分布と仮定する。その正規分布の平均値と標準偏差を与え、その中央値の変動の大きさを表すパラメータとして、変動係数(標準偏差/平均値)を用いる。患者数は整数なので、上記方式で与えられた実数としての患者数の確率は、患者数を整数とした確率に変換されて用いら

れる。

次いで、1ヶ月分のスケジュールでのそれぞれの勤務時間帯で看護婦不足の有無を調べ、看護婦数の不足する勤務時間帯個数を  $x$  とし、 $x$  の期待値を目的関数とし、目的関数を最小にするスケジュールを求める。

制約条件は、文献[4]を基に以下のように与える。

- ・夜勤は連続できない
- ・夜勤のあとは必ず休みを  $J$  日入れる
- ・夜勤と夜勤の間は必ず  $J$  日以上空ける
- ・1ヶ月の夜勤回数は  $K$  回から  $L$  回とする
- ・日勤は連続  $M$  日まで
- ・7日間の内に最低  $N$  日は休みを入れる
- ・「休み、日勤、休み、日勤、休み」のパターンを入れない
- ・1か月の休みを  $P$  日から  $Q$  日とする

また、前月末の6日間のスケジュールを前提条件として用いる。

## 3. 不確定環境型 GA とモンテカルロ法のハイブリッド適用法

全看護婦のスケジュールを1つの個体に対応させる。左端から看護婦  $a$  の1日から月末日までのスケジュールを並べ、その後に看護婦  $b$  のスケジュールを1日から月末日まで並べ...という要領で遺伝子型個体を作成する。初期集団として、制約条件を満たす個体を所定数に達するまでランダムに発生させる。そして、各世代で、各勤務時間帯の患者数を所与の確率分布に従う乱数を用いて確定させる。1ヶ月分のそれぞれの勤務時間帯について看護婦の必要人数を求め、スケジュール表と比較して不足の有無を調べ、不足する勤務時間帯個数を  $x$  とし、適応度  $f = 1/(1+x)$  を求める。交叉ペアはルーレット戦略で選択し、一列に並んだスケジュール内を部分的に交叉させる。その時、看護婦1人のスケジュールの左端、右端も交叉点とすることができる2点交叉を行なう。なお、交叉点の選択は、夜勤スケジュールの並び(22)を壊さないという条件で行う。致死遺伝子の処理は交叉した個体について行ない、制約条件を満たしていない個体には以下の処理を行なう。

- ・ 0(休日)、1(日勤)、0(休日)、1(日勤)、0(休日)の並びがあれば、2、3、4、5番目からランダムに1つ選び、0は1に、1は0に置き換える
  - ・ 「日勤は連続  $M$ 日まで」の制約条件を満たしていき、日勤が連続  $M+1$ 日続いた場合、連続  $M+1$ 日の最後の日勤を休日にする
  - ・ 1ヶ月の休日数の制約条件を満たしていないときは、休日が多い場合には、休日をランダムに1つ日勤に変え、日勤が多い場合には、日勤をランダムに1つ休日に変える
  - ・ 1ヶ月の夜勤回数の制約条件を満たさないときは、致死遺伝子でない個体からランダムに1つ選び、クローンとして置き換える
- 突然変異は、遺伝子の 0(休日)、1(日勤)のみに対して行い、ランダムに1つ選び、0を1に、1を0に置き換える1点突然変異を用いる。この際、制約条件を満たさなくなる突然変異は施さない。そして、所定世代以降、最終世代までの個体出現頻度を求め、高頻度個体に相当する解を近似最適候補とする。

上記複数の近似最適候補に対して、モンテカルロ法を用いて目的関数の近似値を求め、その値が最小となる解を近似最適解とする。

#### 4. 適用例

##### 4.1 条件

文献[4]を参考にして、看護婦を28人、1ヶ月を30日とし、制約条件のパラメータを、 $I=1, J=3, K=0, L=5, M=3, N=1, P=8, Q=11$ とし、前月末6日間のスケジュールを作成した。そして、予備実験の結果を基に、個体数3000、世代数1000、交叉率0.6、突然変異率0.1で、患者数に関する変動係数は、0~0.3の条件で本実験を行った。看護婦1人あたり担当可能な患者数は、表1の条件を用いた。個体の出現頻度を、世代501~1000の間で調査し、高頻度上位10個の個体(解)を候補とし、モンテカルロ法を用いて、その候補解から近似最適解を求めた。

##### 4.2 結果

各世代での看護婦不足の勤務数の平均値と最小値(ベスト値)の例を図1に示す。実験結果例を表2に示す。ここで、表2における( )内の数字は、選ばれた近似最適解に対応する個体の出現頻度順位を示している。各実験において、501~1000世代での個体の種類は、81~83万であった。また、上位10位までの個体の出現頻度は47~28であった。不確定環境型GAにより、良好な近似最適解の候補が得られた。また、モンテカルロ法を近似最適決定に用いることも有効であった。

	平日 日勤	平日 夜勤	土日祝日 日勤	土日祝日 夜勤
外来患者	2		2	
入院患者	8	10	8	10

表1 看護婦1人あたりの担当可能な上限患者数

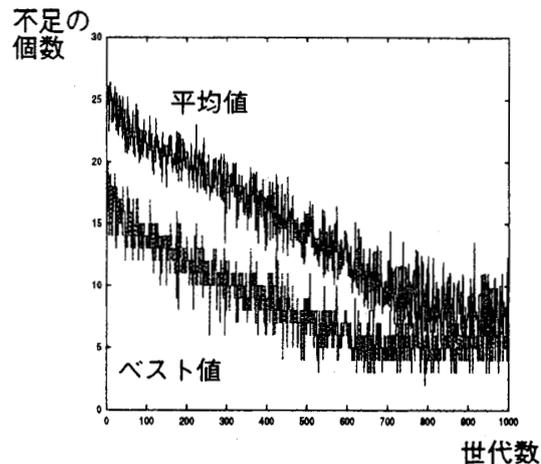


図1 各世代での看護婦不足の勤務時間帯数の平均値と最小値(ベスト値) (変動係数=0.2の場合)

変動係数	0	0.1	0.2	0.3
看護婦不足	4.0(1)	3.8(1)	7.4(8)	11.9(6)

表2 近似最適解での看護婦不足の勤務数平均値

#### 5. 結論

確率的ナーススケジューリング問題へ不確定環境型GAとモンテカルロ法をハイブリッドに適用する方法を検討し、その有効性を示した。今後の課題として、目的関数の再検討や更に細かな制約条件を加えることによる本法の実用化検討が挙げられる。

#### 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] 池上敦子, 丹羽明, "ナーススケジューリングに有効なアプローチ - 2 交替制アルゴリズムにおける実現-", 日本オペレーションズ・リサーチ学会論文誌, 41(1998), 572-587.