

GAによるナーススケジューリング問題の最適化

北見工業大学 ○池田晴一, 渡辺美知子, 鈴木育男, 岩館健司

要旨

本研究は、病院などに勤める看護師の勤務スケジュールを決定するナーススケジュール問題を取り扱い、様々な制約条件や多目的評価関数を用いて最適化する。この提案手法の有効性をシミュレーション実験により検証する。

1.はじめに

一般にスケジュール問題とは、プランニングの段階でまとまった一つの仕事の日程計画を立てようとするときに必然的に起こる問題である。それらの基礎的問題としては、順序づけ問題(Scheduling Problem, SP), プロジェクトスケジューリング問題(Project Scheduling Problem, PSP), 組み立て作業調整問題(Assembly Line Balancing Problem, ALBP)に分類することができる。

本研究で取り扱うナーススケジューリング問題(Nurse Scheduling Problem, NSP)とは、病院などの医療施設で働く看護師の勤務スケジュールを決定する問題¹⁾である。この人命を守る医療機関としての観点からは、看護の質を常に高いレベルで維持しつつ、その一方で看護師の観点からは過酷な勤務パターンは回避しなくてはならない。更に、24時間体制であることも考慮すると、生活リズムが激しく変動するような勤務パターンも回避する必要がある。また、看護師が特定の日に特定の勤務シフトや休暇を希望することもある。勤務スケジュール管理者は、このような多くの制約条件の基でそれを満たす勤務スケジュールを作成しなくてはならない。

本研究は、病院などで働く看護師の勤務スケジュールを決定するナーススケジュール問題(NSP)を取り扱い、様々な制約条件や多目的評価関数を用いて最適化することを目的とする。この最適化手法としては、遺伝的アルゴリズム(Genetic Algorithm, GA)を用い、数値実験により提案手法の有効性を検証する。

2.遺伝的アルゴリズム(Genetic Algorithm, GA)

2.1 GAの概要

GA²⁾とは、1975年にJohn Hollandが提唱し、生物の進化を模倣した最適化手法であり、多くの問題に応用されている。具体的には、ある集団の個体群の遺伝子が選択・交叉・突然変異などの遺伝子操作が何世代も繰り返し行われ、最終的に与えられた環境に適応した優秀な個体群が生成される。本研究では、各看護師の勤務スケジュールを遺伝子とする初期個体を生成し、その個体群に遺伝オペレータを適応して優秀な個体によるナーススケジュール表を作成する。また、GAにエリート保存を適用し、各世代の最も良い個体

を世代ごとに残すようにする。

2.2 GAのアルゴリズム

図1は、GAのアルゴリズムのフローチャートを示している。以下に、それぞれの機能について説明する。

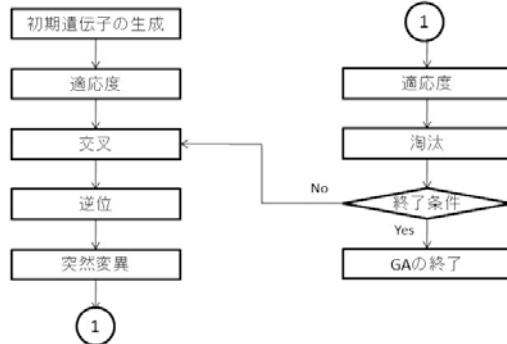


図1. GAのフローチャート

2.2.1 初期遺伝子の生成

初期遺伝子は必要ビット数で生成し、任意の個体数を発生する。

2.2.2 適応度と評価

適応度は、様々な制約条件を考慮しながら各個体の適応度を求める。この適応度は、環境に適した個体ほど高くなり、個体の集団内で生存する確率が高くなる。

一般に適応度は、以下の式(1)で定められている。

$$n_i = \left(\frac{F_i}{\sum_{i=1}^N F_i} N \right) + 1 \quad (1)$$

ここで、 n_i は各個体*i*の子の数、 N は環境に生存できる個体の総数である。また、 F_i は個体の評価値である。各個体は、この適応度によって子孫を増やすか死滅させるかが決定される。

2.2.3 交叉

2個体をランダムに選択し、遺伝子の一部を個体間で交換する操作である。本研究では始点と終点を設定し、その範囲を交換する二点交叉を採用する。

2.2.4 逆位

1個体をランダムに選択し、この個体の任意の範囲を選択する。この選択された範囲の遺伝子内で並び順を入れ替える操作である。

2.2.5 突然変異

1個体をランダムに選択し、遺伝子の1ビットを変更する操作である。

2.2.6 淘汰

淘汰は、前述の個体の適応度によって決められる。しかし、本研究では個体の評価の良い順から8割を子孫として残して2割を死滅させる。また、集団の個体数を維持するために上位2割の個体を複製する。

2.2.7 終了条件

終了条件とは、任意に決められた世代数で終了する。筆者は、最適解に至った場合と予め設定した世代数で終了するように設定した。

3.ナーススケジューリング問題におけるGAの適用

3.1 遺伝子の設計

看護師は3交代制を想定し、昼勤を1、夜勤を2、深夜勤を3、休暇を4として遺伝子表現とし、各個体の遺伝子操作を行いながら最適解を求める。ただし、シフト希望がある場合は、遺伝子操作を行わないようにする。

図2は、看護師数2人、期間3日とした場合の勤務スケジュールと遺伝子表現を示している。

	1日目	2日目	3日目
看護師1	(1,1)	(1,2)	(1,3)
看護師2	(2,1)	(2,2)	(2,3)
遺伝子	(1,1)(1,2)(1,3)(2,1)(2,2)(2,3)		

図2. 勤務スケジュールと遺伝子

3.2 減点法による評価値の設定

個体の評価は、看護師の勤務形態の制約を満たしていない場合に減点法を採用する。例えば、看護の質が下がる場合や看護師への負担が大きいパターンを設定し、それを満たしている場合に減点する。評価値が0の場合は、制約条件を満たした最適解とする。減点となる例を以下に示す。

- 各時間帯に勤務人数の目安を設定し、勤務人数がそれに満たさない場合、その差に応じて減点する。
- 期間内の各看護師に与える休暇の目安を設定し、それぞれの看護師の期間内の休暇がそれに満たさない場合、その差に応じて減点する。

3.3 致死遺伝子の修復

準夜勤や夜勤などは看護師への負担が大きく、制約を満たさない遺伝子が発生する。この解消のために以下の修復項目を設定する。

- 深夜勤の直後の昼勤および夜勤を禁止する
- 夜勤の直後の昼勤を禁止する
- 3日連続の深夜勤を禁止する
- 4日連続の夜勤を禁止する
- 単発の深夜勤を禁止する
- 6日連続の出勤を禁止する

3.4 実験条件

看護師の勤務形態とGAの実験条件は以下の通りである。

[看護師の勤務形態の制約]

1人当たりの休日：8日以上あること

1日当たりの昼勤務：9人、準夜勤：3人、夜勤：2人
[GAの実験条件]

個体数：100、看護師人数：20、期間：30、

交叉率：0.7、逆位率：0.4、突然変異率：0.2、

淘汰率：0.2

4.実験結果

図3は、縦軸に評価値と横軸に世代数を示した収束状況である。この図からは、適応度が0に近いほど良いスケジュールであり、階段状に適応度が改善されていることがわかる。図4は、最終的に得られた看護師の勤務スケジュール表を示している。

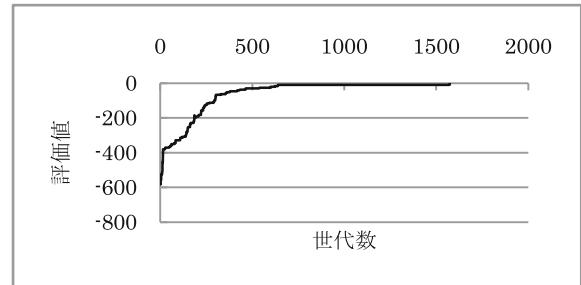


図3. GAの収束状況

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
早	休	夜	休	早	休	夜	休	早	休	夜	休	早	休	夜	休	早	休	夜	休	早	休	夜	休	早	休	夜	休	早	休
休	休	早	休	夜	休	休	早	休	夜	休	休	早	休	夜	休	早	休	夜	休	休	早	休	夜	休	休	早	休	夜	休
早	休	夜	休	早	休	夜	休	早	休	夜	休	早	休	夜	休	早	休	夜	休	休	早	休	夜	休	休	早	休	夜	休
休	休	早	休	夜	休	休	早	休	夜	休	休	早	休	夜	休	早	休	夜	休	休	早	休	夜	休	休	早	休	夜	休
早	休	夜	休	早	休	夜	休	早	休	夜	休	早	休	夜	休	早	休	夜	休	休	早	休	夜	休	休	早	休	夜	休
休	休	早	休	夜	休	休	早	休	夜	休	休	早	休	夜	休	早	休	夜	休	休	早	休	夜	休	休	早	休	夜	休
早	休	夜	休	早	休	夜	休	早	休	夜	休	早	休	夜	休	早	休	夜	休	休	早	休	夜	休	休	早	休	夜	休
休	休	早	休	夜	休	休	早	休	夜	休	休	早	休	夜	休	早	休	夜	休	休	早	休	夜	休	休	早	休	夜	休
早	休	夜	休	早	休	夜	休	早	休	夜	休	早	休	夜	休	早	休	夜	休	休	早	休	夜	休	休	早	休	夜	休
休	休	早	休	夜	休	休	早	休	夜	休	休	早	休	夜	休	早	休	夜	休	休	早	休	夜	休	休	早	休	夜	休
早	休	夜	休	早	休	夜	休	早	休	夜	休	早	休	夜	休	早	休	夜	休	休	早	休	夜	休	休	早	休	夜	休
休	休	早	休	夜	休	休	早	休	夜	休	休	早	休	夜	休	早	休	夜	休	休	早	休	夜	休	休	早	休	夜	休
早	休	夜	休	早	休	夜	休	早	休	夜	休	早	休	夜	休	早	休	夜	休	休	早	休	夜	休	休	早	休	夜	休
休	休	早	休	夜	休	休	早	休	夜	休	休	早	休	夜	休	早	休	夜	休	休	早	休	夜	休	休	早	休	夜	休
早	休	夜	休	早	休	夜	休	早	休	夜	休	早	休	夜	休	早	休	夜	休	休	早	休	夜	休	休	早	休	夜	休
休	休	早	休	夜	休	休	早	休	夜	休	休	早	休	夜	休	早	休	夜	休	休	早	休	夜	休	休	早	休	夜	休
早	休	夜	休	早	休	夜	休	早	休	夜	休	早	休	夜	休	早	休	夜	休	休	早	休	夜	休	休	早	休	夜	休
休	休	早	休	夜	休	休	早	休	夜	休	休	早	休	夜	休	早	休	夜	休	休	早	休	夜	休	休	早	休	夜	休
早	休	夜	休	早	休	夜	休	早	休	夜	休	早	休	夜	休	早	休	夜	休	休	早	休	夜	休	休	早	休	夜	休
休	休	早	休	夜	休	休	早	休	夜	休	休	早	休	夜	休	早	休	夜	休	休	早	休	夜	休	休	早	休	夜	休
早	休	夜	休	早	休	夜	休	早	休	夜	休	早	休	夜	休	早	休	夜	休	休	早	休	夜	休	休	早	休	夜	休
休	休	早	休	夜	休	休	早	休	夜	休	休	早	休	夜	休	早	休	夜	休	休	早	休	夜	休	休	早	休	夜	休
早	休	夜	休	早	休	夜	休	早	休	夜	休	早	休	夜	休	早	休	夜	休	休	早	休	夜	休	休	早	休	夜	休
休	休	早	休	夜	休	休	早	休	夜	休	休	早	休	夜	休	早	休	夜	休	休	早	休	夜	休	休	早	休	夜	休
早	休	夜	休	早	休	夜	休	早	休	夜	休	早	休	夜	休	早	休	夜	休	休	早	休	夜	休	休	早	休	夜	休
休	休	早	休	夜	休	休	早	休	夜	休	休	早	休	夜	休	早	休	夜	休	休	早	休	夜	休	休	早	休	夜	休
早	休	夜	休	早	休	夜	休	早	休	夜	休	早	休	夜	休	早	休	夜	休	休	早	休	夜	休	休	早	休	夜	休
休	休	早	休	夜	休	休	早	休	夜	休	休	早	休	夜	休	早	休	夜	休	休	早	休	夜	休	休	早	休	夜	休
早	休	夜	休	早	休	夜	休	早	休	夜	休	早	休	夜	休	早	休	夜	休	休	早	休	夜	休	休	早	休	夜	休
休	休	早	休	夜	休	休	早	休	夜	休	休	早	休	夜	休	早	休	夜	休	休	早	休	夜	休	休	早	休	夜	休
早	休	夜	休	早	休	夜	休	早	休	夜	休	早	休	夜	休	早	休	夜	休	休	早	休	夜	休	休	早	休	夜	休
休	休	早	休	夜	休	休	早	休	夜	休	休	早	休	夜	休	早	休	夜	休	休	早	休	夜	休	休	早	休	夜	休
早	休	夜	休	早	休	夜	休	早	休	夜	休	早	休	夜	休	早	休	夜	休	休	早	休	夜	休	休	早	休	夜	休
休	休	早	休	夜	休	休	早	休	夜	休	休	早	休	夜	休	早	休	夜	休	休	早	休	夜	休	休	早	休	夜	休
早	休	夜	休	早	休	夜	休	早	休	夜	休	早	休	夜	休	早	休	夜	休	休	早	休	夜	休	休	早	休	夜	休
休	休	早	休	夜	休	休	早	休	夜	休	休	早	休	夜	休	早	休	夜	休	休	早	休	夜	休	休	早	休	夜	休
早	休	夜	休	早	休	夜	休	早	休	夜	休	早	休	夜	休	早	休	夜	休	休	早	休	夜	休	休	早	休	夜	休
休	休	早	休	夜	休	休	早	休	夜	休	休	早	休	夜	休	早	休	夜	休	休	早	休	夜	休	休	早	休	夜	休
早	休	夜	休	早	休	夜	休	早	休	夜	休	早	休	夜	休	早	休	夜	休	休	早	休	夜	休	休	早	休	夜	休
休	休	早	休	夜	休	休	早	休	夜	休	休	早	休	夜	休	早	休	夜	休	休	早	休	夜	休	休	早	休	夜	休
早	休	夜	休	早	休	夜	休	早	休	夜	休	早	休	夜	休	早	休	夜	休	休	早	休	夜	休	休	早	休	夜	休
休	休	早	休	夜	休	休	早	休	夜	休	休	早	休	夜	休	早	休	夜	休	休	早	休	夜	休	休	早	休	夜	休
早	休	夜	休	早	休	夜	休	早	休	夜	休	早	休	夜	休	早	休	夜	休	休	早	休	夜	休	休	早	休	夜	休
休	休	早	休	夜	休	休	早	休	夜	休	休	早	休	夜	休	早													