

メタヒューリスティクスと応用

6-1 ナーススケジューリング問題への応用



2013.07.10

M1 若林由弥

1

ナーススケジューリング問題(NSP)とは

医療施設に勤める看護師の勤務スケジュールを決める問題
モデル化, 解法ともに難しいとされている

NSPの特徴:

- ・24時間看護師を確保しなければならない
- ・シフトは3交代制(日勤, 夜勤, 深夜勤の各8時間)
- ・看護の質を一定に保つ必要がある
(ベテランがおらず新人ばかり, といったことを避ける)
- ・各看護師の勤務の均等化

2種類の制約条件

Hard制約:

労働基準法, 看護の質の確保など必ず満たさなければならない制約
→制約条件として定式化

Soft制約:

看護師の希望, 勤務パターンなどなるべく満たしたい制約
→ペナルティ関数として目的関数に加える

2 NSPのモデル化

変数の設定

看護師集合: $M = \{1, 2, \dots, m\}$

スケジュール対象日集合: $N = \{1, 2, \dots, n\}$

勤務シフト: $W = \{1, 2, 3, 4\}$

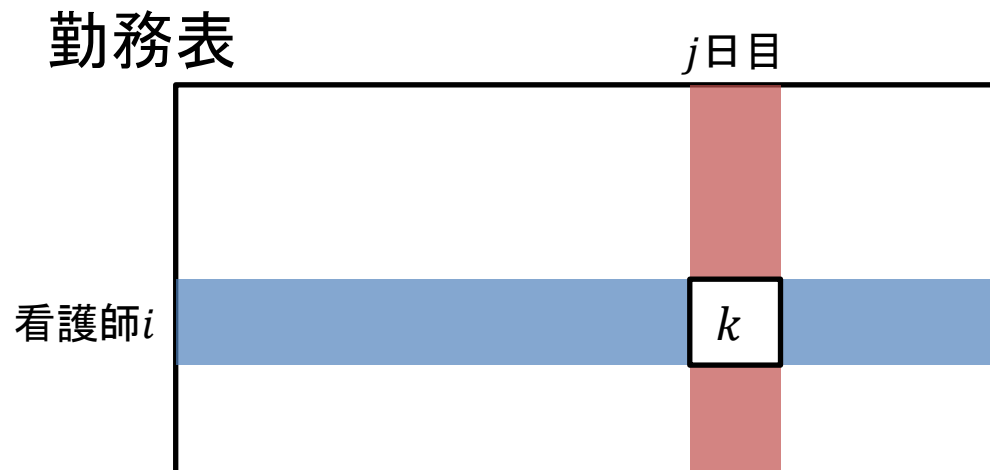
1:日勤, 2:夜勤, 3:深夜勤, 4:休み

ダミー変数: x_{ijk}

看護師*i*が*j*日目にシフト*k*であることを示すダミー変数

$$\sum_k x_{ijk} = 1$$

いずれかのシフトに属していることを表している



3

NSPの制約条件

Hard制約

R_{jk} :各シフトに最低限必要な人数
 休暇は事前に指定されている

$$\sum_i x_{ij1} \geq R_{j1} \quad \forall j \in N \quad (6.1)$$

$$\sum_i x_{ij2} = R_{j2} \quad \forall j \in N \quad (6.2)$$

$$\sum_i x_{ij3} = R_{j3} \quad \forall j \in N \quad (6.3)$$

$$x_{ij4} = 1 \quad \exists i \in M, \exists j \in N \quad (6.4)$$

Soft制約

①夜勤パターン制約 F_i^P

夜勤パターン:
 夜勤と深夜勤が連続したパターン
 パターンごとにペナルティを設定する

②連続夜勤日数制約 F_i^C

$$F_i^C = - \sum_{C_{il} > 4} 100 \times (C_{il} - 4) \quad (6.5)$$

l回目の夜勤パターン

③夜勤日数間隔制約 F_i^I

$$F_i^I = - \sum_l (d_l - Rd_l)^2 \quad (6.6)$$

理想的な夜勤間隔

$$F_i = \alpha F_i^P + \beta F_i^C + \gamma F_i^I \quad (6.7)$$

4 NSPの定式化

$$\min \frac{1}{N} \sum_i F_i \quad (6.8) \quad \text{ペナルティの平均値}$$

$$\min \sqrt{\frac{1}{N} \sum_i F_i^2 - \frac{1}{N^2} \left(\sum_i F_i \right)^2} \quad (6.9) \quad \begin{array}{l} \text{ペナルティの標準偏差} \\ \text{=スケジュールの偏り} \end{array}$$

subject to

$$\sum_i x_{ij1} \geq R_{j1} \quad \forall j \in N \quad (6.10)$$

$$\sum_i x_{ij2} = R_{j2} \quad \forall j \in N \quad (6.11)$$

$$\sum_i x_{ij3} = R_{j3} \quad \forall j \in N \quad (6.12)$$

$$x_{ij4} = 1 \quad \exists i \in M, \exists j \in N \quad (6.13)$$

$$\sum_k x_{ijk} = 1 \quad (6.14)$$

5

GAに基づく解法

共存型GA

解集団内の各個体がそれぞれの1個人の解を指すGA

※通常のGAでは、解の集団全てが1つの解の候補となる。

日付

1	2	3	4	1	2	3	4	1	2
2	3	4	1	2	3	4	1	2	3
3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
4	1	2	3	4	1	2	3	4	1
1	2	3	4	1	2	3	4	1	2
2	3	4	1	2	3	4	1	2	3
3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
4	1	2	3	4	1	2	3	4	1

看
護
師

1つの個体
=1人の個人のシフト

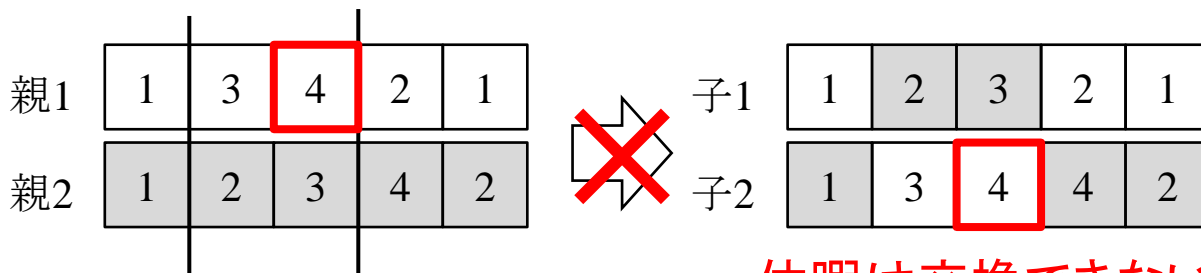
目的関数は集団に対して求まる

6

GAに基づく解法

交叉

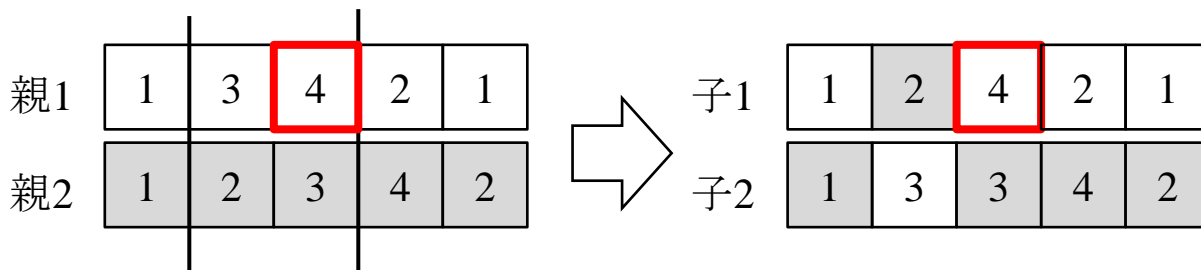
2点交叉を用いる. 2点間に休暇(k=4)がある場合は交叉すると致死遺伝子となるため交叉を行わない



休暇は交換できないので致死遺伝子となる

エスケープオペレータ(突然変異)

ランダムに個体を2つ選び, 休暇以外の部分について2点交叉を行う



強制的に2点交叉を行うため, 評価値が悪い解を生み出す場合があるが, 局所解から抜け出すことができる

7 数値実験

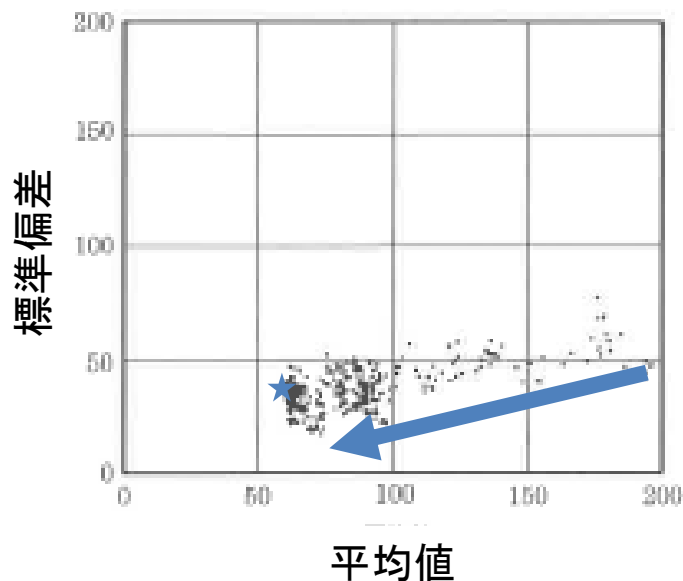
看護師数: $m = 15$, 日数: $n = 30$

ペナルティパラメータ: $\alpha = \beta = \gamma = 1$

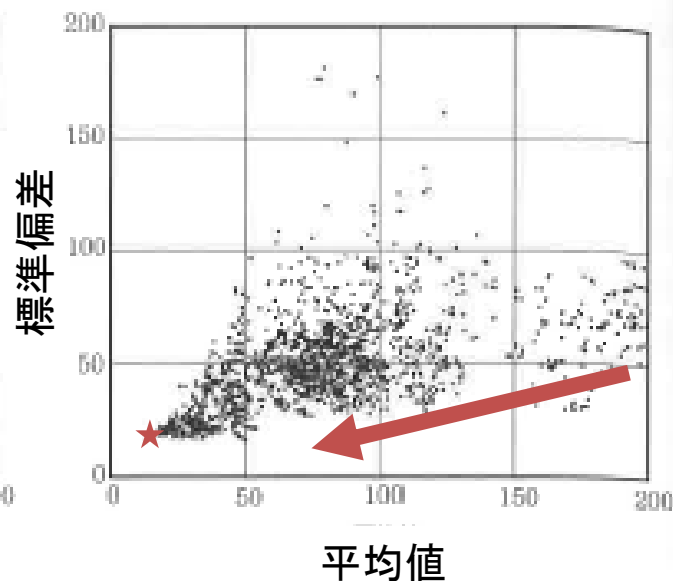
各日付における必要人数: $R_{j_1} = 9$, $R_{j_2} = 2$, $R_{j_3} = 2$

理想連続夜勤日数: $Rd_l = 11$

エスケープオペレータ無



エスケープオペレータ有



エスケープオペレータを組み込んで、より良い解を得ることができた