

## ナース・スケジューリング・システム構築のためのモデリング

01009840 成蹊大学 池上敦子 IKEGAMI Atsuko

## 1. 背景

我が国の病棟看護婦の勤務は、3交替制（日勤、準夜勤、深夜勤）もしくは2交替制（日勤、夜勤）であり、多くの看護婦はどのシフトも受け持つローテーション・ナースである。

ナース・スケジューリングについては、今までにも海外で多くの研究がおこなわれてきた。1シフト（日勤のみ）、3シフト（3交替）等の問題の定式化や、それを解くアルゴリズムが研究されている。実際に病院において使用されたシステムも存在している。しかし、3シフトの問題については、多くの看護婦が1種類の勤務シフトのみ受け持ち可能であることが前提となっていたり、1～2週間の単位で勤務シフトが1種類に固定されている勤務パターン（例えば、休日以外はすべて深夜勤といったもの）が前提となっている。これは、できるだけ同じ勤務を続けられないようにしている我が国の勤務パターンとは大きく性質を違えるものである。

看護婦に対して勤務シフトが固定されていない場合、スケジューリングの単位がもっと詳細にならざるを得ない。このことは、我が国独自のナース・スケジューリング・モデルの必要性を示すものである。

ここでは、総合病院の看護婦勤務表作成者に行ったアンケートの結果から、この病院におけるナース・スケジューリング問題のモデル化を行った結果とその定式化を紹介する。

## 2. ナース・スケジューリング・モデル

1994年3月に、現在手書きの表で勤務表を作成している医科大学付属総合病院の婦長と主任（合計40名）に対してアンケート調査をおこなった。内容は大きく以下の通りである。

- (a) どんなシステムを望んでいるか
- (b) よいスケジュールの条件とは
- (c) どんな条件を考慮すべきか
- (d) 実際どう作成しているか
- (e) 作成におけるその負荷

ここでは、アンケート(b)(c)(d)の集計結果から得られた勤務表作成のスケジューリング問題の拘束条件と目的関数を示す。

勤務表作成において絶対守るべき条件としては『休日数』『各シフトの人員確保』『深夜勤数』『準夜勤数』を半数以上の人が挙げ、できれば守りたい条件とあわせると、その他『希望する休日』『スキルからの組合せ』『勤務パターン』『公平さ』等が挙げられた。そしてよい勤務表の条件としては『個々の希望が達成されている』『公平さが保たれている』『各シフトの人員確保とバランスよいメンバー構成になっている』『望ましい勤務パターンになっている』といった内容のものが挙げられた。それ以外のアンケート結果をあわせ、これらを以下のようにまとめた。

絶対守るべき条件（拘束条件）は、

- (1) 各シフトに必要な人数を確保すること、
- (2) 各シフトがスキルレベルや所属グループを考慮したメンバー構成であること、
- (3) 各看護婦について各勤務の回数が決められた範囲であること、
- (4) 禁止される勤務パターンを入れないこと、
- (5) 休日希望を達成すること。

そして、目的関数としては『勤務の公平さ』を考える。また、休日希望を達成することは絶対守るべき条件としてと挙げたが、達成不可能な場合には、その達成度合いを勤務の公平さの1尺度として加えることも考えられる。

以上のことから、この勤務表作成の問題を、ナース・スケジューリング問題として、一般化した形で、以下に示す。

【ナース・スケジューリング問題】

看護婦数、スケジュール日数、シフト数、スキルレベルでのグループ化やその他の尺度（例えば、チーム）でのグループ化、各シフトに必要な看護婦数と各グループからの人数の上限と下限、それら以外の業務の日程と必要人数や担当看護婦、各看護婦の各勤務に対する回数の上限と下限、休日希望日、同じシフトでの勤務を避ける看護婦の組合せ、禁止勤務パターン、が明かであるとき、これらの条件の下で各看護婦の負荷が平準化されるようなスケジュールを組みたい。

この問題の定式化したものを以下に示す。

【記号説明】

$M = \{1, \dots, m\}$  :  $m$ 人の個々の看護婦を表すインデックスの集合

$N = \{1, \dots, n\}$  : スケジュール日の集合

$W = \{1, \dots, w\}$  : 勤務を表すインデックスの集合

$K = \{1, \dots, w, w+1, \dots\}$  : 勤務と休日を表すインデックスの集合

$F = \{(i, j, k) \mid \text{看護婦 } i \text{ の } j \text{ 日の勤務が勤務 } k \text{ に決定している}\}$

$H = \{1, 2, \dots\}$  : グループを表すインデックス集合

$G_h = \{i \mid \text{グループ } h \text{ のメンバーである看護婦のインデックス}\}$ ,  $h \in H$

$Q = \{2, 3, \dots\}$  : 禁止パターンの長さを表す数の集合

$Y_q = \{(k_1, k_2, \dots, k_q) \mid \text{勤務 } k_1, k_2, \dots, k_q \text{ の連続勤務禁止}\}$ ,  $q \in Q$

$R = \{(i_1, i_2, k) \mid \text{看護婦 } i_1 \text{ と看護婦 } i_2 \text{ は、勤務 } k \text{ では組み合わせない}\}$

$d_{jk}$ ,  $j \in N, k \in K$  :  $j$  日の勤務  $k$  に必要な人数

$c_{ik}$ ,  $i \in M, k \in K$  : 看護婦  $i$  の勤務  $k$  に対する勤務数の下限

$e_{ik}$ ,  $i \in M, k \in K$  : 看護婦  $i$  の勤務  $k$  に対する勤務数の上限

$a_{hk}$ ,  $h \in H, k \in W$  : 勤務  $k$  に対するグループ  $h$  からの下限

$b_{hk}$ ,  $h \in H, k \in W$  : 勤務  $k$  に対するグループ  $h$  からの上限

$x_{ijk}$  : 看護婦  $i$  の  $j$  日の勤務を勤務  $k$  にするとき値 1 をとり、そうでないとき値 0 をとるような 0-1 変数

【定式化】

拘束条件を以下に示したあと、各々の式についての説明をつける。

$$(1) \sum_{k \in K} x_{ijk} = 1 \quad i \in M, j \in N$$

$$(2) \sum_{i \in M} x_{ijk} = d_{jk} \quad j \in N, k \in W$$

$$(3) c_{ik} \leq \sum_{j \in N} x_{ijk} \leq e_{ik} \quad i \in M, k \in K$$

$$(4) x_{ijk} = 1 \quad (i, j, k) \in F$$

$$(5) a_{jk} \leq \sum_{i \in G_h} x_{ijk} \leq b_{jk} \quad j \in N, k \in W$$

$$(6) x_{i_1jk} + x_{i_2jk} \leq 1 \quad (i_1, i_2, k) \in R, j \in N$$

$$(7) \sum_{\alpha=1}^q x_{i_1 \cdot j + \alpha - 1 \cdot k_\alpha} \leq q - 1 \quad (k_1, k_2, \dots, k_q) \in Y_q, j = 1, \dots, n - q + 1, q \in Q, i \in M$$

(1) は、看護婦  $i$  の  $j$  日の勤務 (休日も含む) が確実に 1 つ割り当てられることを示す。

(2) は、 $j$  日のシフト  $k$  に必要な人数が満たされることを示す。

(3) は、看護婦  $i$  の勤務  $k$  の数が、下限、上限の条件を満たすことを示す。

(4) は、看護婦  $i$  の  $j$  日の勤務を決定することを示す。

(5) は、 $j$  日の勤務  $k$  のグループ  $h$  からの人数が、下限、上限の条件を満たすことを示す。

(6) は、勤務  $k$  において、看護婦  $i_1$  と看護婦  $i_2$  の組合せを禁止することを示す。

(7) は、 $j$  日から連続する  $q$  日間に、禁止パターンが割り当てられないことを示す。

仮に、看護婦  $i$  の負荷を表す関数  $g_i(X)$  が、深夜勤の回数や希望休日の回数などを使って計算できたとする。また負荷の目標値  $goal$  も設定できたとする。負荷の平準化は、

$$\sum_{i \in M} |g_i(X) - goal| \text{ の最小化}$$

: 目標値との差の合計を最小化

$$\max_{i \in M} \{g_i(X) - goal\} \text{ の最小化}$$

: 目標値との差の最大値を最小化

などと表すことができる。

3. おわりに

この問題に対するアプローチ方法としては、一般 0-1 整数計画問題として扱う他、クルー・スケジューリング問題やピークル・ルーティング問題に対するアプローチ法、そしてメタ戦略等の適用が考えられる。予備的な数値実験からは「各シフトの人員確保、各看護婦の勤務数の平準化、希望休日や勤務指定を満たすだけ」にまで緩和した問題であれば、局所探索法のようなシンプルなものでも短時間で解を得ることができている。残された条件等をどう考慮していくか、今後の課題である。