

# 我が国におけるナース・スケジューリング問題

池上 敦子, 丹羽 明, 大倉 元宏

## 1. はじめに

我が国の病棟看護婦の勤務は、1日を日勤、準夜勤、深夜勤という3つの勤務シフトに分ける3交替制、もしくは日勤と夜勤に分ける2交替制である。看護婦の1ヶ月の勤務スケジュールは婦長もしくは主任が決定することになっており、毎月1回、看護婦勤務表作成の仕事、つまり「ナース・スケジューリング」が発生している。

ナース・スケジューリング問題については、Smith-Daniels, Schweikert and Smith-Daniels のサーベイ論文 [1] に示されるように、今までにもいくつかの研究がなされてきた。Miller [2] は、1シフトだけを対象としたスケジューリングの問題を数理計画問題として定式化し、これを解いている。Warner [3] は、3シフト (3交替) の問題を定式化して解いている。Warner のスケジューリング・システムは、実際にいくつかの病院において使用された。定式化は Miller と Warner いずれも7日、14日単位の勤務パターンを作成して組み合わせるといったものである。Arther and Ravindran [4] は、3シフトの問題に対し勤務日決定とシフト割当てを分けて解くことにより計算量を削減したが、多くの看護婦が1種類のシフトのみ受け持ち可能であることが前提となっている。また、これらスケジューリング・アルゴリズム実用にあたっては、ナース・スケジューリングから人間の判断を切り離すことの難しさから、勤務表作成者をサポートするインタラクティブなシステムが提案されている [3][5][6][7]。しかし、上記参照したどの3シフトの問題 [3][4][5][6][7] においても、1~2週間の単位でシフトが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

たもの) が前提となっている。

これに対し、我が国では、多くの看護婦がどのシフトも受け持ち可能なローテーション看護婦であり、ローテーションの周期が非常に短い [8]。それに加えて、ローテーション・パターンを固定した場合に起こる「同じメンバーの組合せの繰り返し」を好まない。つまり、スケジューリングの単位は非常に小さく、各日を別の単位として扱わなければならない。このことは、上記のナース・スケジューリング・モデルと大きく性質を違えるものである。

また、我が国ではこれまで、勤務表作成を手作業でおこなってきた。一部の病院では勤務表作成ワープロのようなものの導入も見られるが、スケジューリング機能をもったソフトの利用は、まだ一般的になっていない。しかし、かなり以前からスケジューリング自動化への要求が存在すること、そして現在の病院におけるコンピュータ・システム化への対応といったことから、いくつかの企業では看護婦勤務表作成ソフトの開発が始まっている。

これらのことから、我が国の特徴に合致するナース・スケジューリング・モデルを構築する意味は非常に大きいと考える。そこで、看護婦勤務表作成の現状把握からスタートし、このモデリングをおこなった。勤務表作成担当者に対するアンケート調査の結果 [9] からわかったことと、実際の勤務表を作成しながら婦長や主任と議論することによってわかったことをあわせて、モデルの拘束条件と目的関数を明らかにした。そして、提案するモデルに基づいて作成した勤務表を担当婦長に評価してもらい、その妥当性を確かめた。

本論文の目的は、現場でも妥当であろうと評価された我々のモデルを我が国のナース・スケジューリング・モデルとして提案することである。

いけがみ あつこ, にわ あきら,

おおくら もとひろ

成蹊大学 工学部

〒180 武蔵野市吉祥寺北町 3-3-1

受理 96. 2. 8 採択 96. 6. 13

看護婦番号	日																														1ヶ月間の勤務回数						
	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	休	日	準	深	他		
1	日	準	準	深	深	—	—	—	日	日	—	日	日	日	深	深	—	日	準	準	—	日	日	日	日	日	—	準	準	11	11	4	4	0			
2	—	深	準	—	—	—	—	—	日	日	準	日	日	日	深	深	—	日	準	準	—	日	日	日	日	日	—	準	準	12	10	4	4	0			
3	—	深	準	—	—	—	—	—	日	日	準	日	日	日	深	深	—	日	準	準	—	日	日	日	日	日	—	準	準	11	9	5	5	0			
4	準	準	深	深	—	—	—	—	日	日	準	日	日	日	深	深	—	日	準	準	—	日	日	日	日	日	—	準	準	10	9	5	5	1			
5	—	日	—	—	—	—	—	—	日	日	準	日	日	日	深	深	—	日	準	準	—	日	日	日	日	日	—	準	準	10	10	6	4	0			
6	—	日	—	—	—	—	—	—	日	日	準	日	日	日	深	深	—	日	準	準	—	日	日	日	日	日	—	準	準	11	10	5	4	0			
7	—	日	—	—	—	—	—	—	日	日	準	日	日	日	深	深	—	日	準	準	—	日	日	日	日	日	—	準	準	10	11	5	4	0			
8	—	日	—	—	—	—	—	—	日	日	準	日	日	日	深	深	—	日	準	準	—	日	日	日	日	日	—	準	準	12	9	5	4	0			
9	—	日	—	—	—	—	—	—	日	日	準	日	日	日	深	深	—	日	準	準	—	日	日	日	日	日	—	準	準	10	9	8	3	0			
10	準	日	準	準	深	深	—	—	他	日	深	準	準	準	—	日	準	準	—	日	準	準	準	準	準	準	準	準	10	9	7	3	1				
11	—	日	準	準	深	深	—	—	他	日	深	準	準	準	—	日	準	準	—	日	準	準	準	準	準	準	準	準	10	9	6	4	1				
12	準	深	深	—	他	日	—	—	日	日	深	準	準	準	—	日	準	準	—	日	準	準	準	準	準	準	準	準	11	9	5	4	1				
13	—	日	—	—	—	—	—	—	日	日	深	準	準	準	—	日	準	準	—	日	準	準	準	準	準	準	準	準	11	12	3	4	0				
14	—	日	—	—	—	—	—	—	日	日	深	準	準	準	—	日	準	準	—	日	準	準	準	準	準	準	準	準	10	10	6	4	0				
15	深	—	準	準	—	—	—	—	日	日	深	準	準	準	—	日	準	準	—	日	準	準	準	準	準	準	準	準	10	9	6	5	0				
16	—	日	—	—	—	—	—	—	日	日	深	準	準	準	—	日	準	準	—	日	準	準	準	準	準	準	準	準	11	8	5	5	1				
17	日	準	—	—	—	—	—	—	日	日	深	準	準	準	—	日	準	準	—	日	準	準	準	準	準	準	準	準	11	9	6	4	0				
18	—	日	準	深	深	—	—	—	日	日	深	準	準	準	—	日	準	準	—	日	準	準	準	準	準	準	準	準	10	11	5	4	0				
19	—	日	準	準	準	深	深	—	—	—	日	日	深	準	準	—	日	準	準	—	日	準	準	準	準	準	準	準	11	9	6	4	0				
20	深	深	—	—	—	—	—	—	日	日	深	準	準	準	—	日	準	準	—	日	準	準	準	準	準	準	準	準	10	9	5	4	2				
21	準	準	—	—	—	—	—	—	日	日	深	準	準	準	—	日	準	準	—	日	準	準	準	準	準	準	準	準	10	9	7	4	0				
22	—	日	深	深	—	—	—	—	日	日	準	—	—	他	日	深	深	—	日	準	準	準	準	準	準	準	準	準	10	9	6	4	1				
△ □ ○ 計	日動	7	7	5	7	6	8	5	7	7	7	8	8	5	7	7	7	7	7	7	7	5	8	5	8	12	7	8	6	8	7						
	準夜動	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4					
	深夜動	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3					
	他業務	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0						

図1 看護婦勤務表

図1に実際の勤務表をコンピュータ用に簡略化したものの例を示す。実際の勤務表においては、看護婦番号のかわりに看護婦名、そして勤務の記号はその病院独自の記号となっている。大きくは、縦にみて「1日の各勤務のメンバー」の情報を得、横にみて「1看護婦の1ヶ月分のスケジュール」の情報を得る、といったものである。

## 2. 勤務表作成の現状

1994年3月、現在手書きの表を使って病棟看護婦勤務表を作成している婦長と主任の合計40名に対してアンケート調査がおこなわれた。詳しい調査報告[9]の中から、その一部を紹介する。

対象となったこの病院では、34ヶ所が3交替制、残りの6ヶ所が2交替制である。勤務表作成は1ヶ月単位でおこなっており、対象看護婦数は平均24.3人、最少12人、最多42人である。「平均勤務表作成時間」の40名分の平均は6.8時間、また「最大作成時間」では、30時間という大きな時間の回答が2名あった。また、これら勤務表作成に費やす時間については、18名つまり45%までの人が休日や勤務終了後といったプライベート時間のみを利用して作成しており、勤務時間内で作成できている人はわずか2名だけの5%である。これらから「勤務表作成時間」の負担は大きな問題となっていることが明らかであるが、事実、勤務表作成に対して70%の人が「苦痛」と答え、90%の人が「やりたくない」「できればやりたくない」と答えている。

また、やりたくない大きな理由には、「勤務表作成に費やす時間」に加えて「勤務表作成が難しい」ことが挙げられていた。

ここで「勤務表作成が難しい」原因には、看護婦の絶対数が足りないことがまず挙げられる。そして若年早期退職が多く、常に新人が大きな割合を占めるので勤務上の看護婦組合せを十分考慮しなくてはならない。また、交替制勤務ということから身体的に厳しい勤務続きにならないような考慮も必要である。ぎりぎりの人数でこれらの条件を守ろうと思っても、なかなか満足できるような勤務表が作成できないというのが現実である。その難しさを示す1つの例として、出来上がった勤務表で、ある看護婦の勤務を1ヶ所を変更するために1ヶ月分の全員の勤務表を最初から作り直すということが実際にあるという。

また、勤務表作成に対するコンピュータの利用については、「使いたくない」という回答は0名であり、38名つまり95%までが「なんらかのスケジューリング機能をもったコンピュータ・システム」を望んでいることがわかった。

そして「勤務表作成の負荷をできる限り軽減できるようなサポート・システム」としては、(a)情報を上手く利用、操作できるような勤務表編集機能、(b)勤務表作成の難しさをなんらかのアルゴリズムでサポートすること、の2つの機能が提案され、それらの要件が整理された。

ここでは、その中からスケジューリングに直接関わ

る部分を取り上げて紹介する。

勤務表作成において絶対守るべき条件、最優先したい条件として挙げられていたものは以下の通りである。

(I) 毎日の各勤務に支障を起こさないための条件:

「各勤務の人員確保」

「スキルや業務を考慮したメンバー構成」

(II) 各看護婦の勤務負荷を考慮するための条件:

「休日数」「深夜勤務」

「準夜勤務」「勤務パターン」「公平さ」

(III) その他:「行事(セミナー等その他の業務)への参加」

「休日希望を達成」

ここで「勤務パターン」というのは、勤務の並び方のことであるが、禁止される勤務パターンとしては以下の2種類がある。1つは「夜勤の次の日の勤務は日勤にしない」「夜勤は3回以上続けない」というような連続勤務を禁止するものである。これを「連続禁止パターン」とよぶことにする。もう1つは「連続する7日間に休日がない」「夜勤と夜勤の間隔が近すぎる」というような連続するある日数における勤務(休日も含む)の回数の過不足を禁止するものである。これを「回数禁止パターン」とよぶことにする。

また、看護婦同士の組合せとしては、スキルや業務上のバランスを考慮する以外に、同じメンバーばかりを組み合わせないこと、悪い相性や慣れ合いが起きないような組合せを考慮すること、が挙げられている。

そして、上記の条件をすべて満たすことができないのが現状であることから、それらの条件をできるだけ満たすことが目標となっている。

### 3. ナース・スケジューリング・モデル

前節で紹介したアンケート結果から、我が国の看護婦勤務表作成、つまりナース・スケジューリング問題のモデル化をおこなった。

まず、勤務表作成において守るべき条件は以下の5つの拘束条件にまとめられる。

(I) 毎日の各勤務に必要な人数を確保すること

(II) スキルレベルや業務上の所属チームを考慮して各勤務のメンバーを構成すること

(III) 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

(IV) セミナ等その他の業務や休日の希望を達成すること

(V) 禁止される勤務パターンを入れないこと

目的関数としては「達成目標との差の最小化」を考える。与えられた拘束条件をすべて満たすことが難しいことから、厳しい拘束条件のみを拘束条件として設定し、残りの条件を達成目標として扱い、適当な重みづけをして目的関数に組み込むことを考えなければならぬ。ただし、どの拘束条件を目的関数に組み込むかについては適用場面によって異なってくることから、ここでの議論は避け、定式化においてはすべて拘束条件側に表す。また「達成目標」には「望ましいもの」例えば、各看護婦について土曜日曜に続けて休日が取れる回数の目標値なども含めて考えることにする。

以上のことから、この問題をナース・スケジューリング問題として一般化した形で示し、その定式化をおこなう。

#### ナース・スケジューリング問題

看護婦の人数  $m$ 、スケジュール日数  $n$ 、勤務の種類の数  $w$ 、スキルレベルやチーム構成等によるグループ、同じ勤務での組合せを避ける看護婦ペアまたはグループ、前月の勤務表が与えられ、毎日の各勤務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、各看護婦の各勤務に対する回数の上限と下限、それら以外の業務の日程、休日希望日、そして禁止される勤務パターン、が明らかであるとき、これらの条件の下でできるだけ希望目標が達成されるようなスケジュールを組みたい。

#### 〈記号説明〉

$M = \{ \text{看護婦 } 1, \text{看護婦 } 2, \dots, \text{看護婦 } m \}$  :

スケジュール対象となる看護婦の集合

$N = \{ 1, 2, \dots, n \}$  : スケジュール対象となる日の集合

$W = \{ \text{勤務 } 1, \text{勤務 } 2, \dots, \text{勤務 } w \}$  : 勤務の集合

$R = \{ r | r \text{ は看護婦のグループ} \}$

$G_r = \{ i | i \text{ はグループ } r \text{ に所属する看護婦} \}, r \in R$

$F_1 = \{ (i, j, k), i \in M, j \in N, k \in W | \text{看護婦 } i \text{ の } j \text{ 日の勤務がすでに勤務 } k \text{ に決定している} \}$

$F_0 = \{ (i, j, k), i \in M, j \in N, k \in W | \text{看護婦 } i \text{ の } j \text{ 日に対して勤務 } k \text{ が禁止されている} \}$

$P_h = \{ (k_1, k_2, \dots, k_h), k_1, k_2, \dots, k_h \in W | \text{勤務 } k_1, k_2, \dots, k_h \text{ の連続勤務が禁止されている} \}, h \in \{ 2, 3, \dots \}$

$Q_h = \{(k, u, v), k \in W, u, v \in \{0, 1, 2, \dots\}\}$   
 勤務  $k$  は、連続する  $h$  日間に  $u$  回以上  $v$  回以下},  
 $h \in \{2, 3, \dots\}$

$d_{jk}, j \in N, k \in W$ :  $j$  日の勤務  $k$  に必要な人数  
 $a_{rjk}, r \in R, j \in N, k \in W$ :  $j$  日の勤務  $k$  に対する  
 グループ  $r$  からの人数の下限

$b_{rjk}, r \in R, j \in N, k \in W$ :  $j$  日の勤務  $k$  に対する  
 グループ  $r$  からの人数の上限

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

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

$x_{ijk}, i \in M, j \in N, k \in W$ :  
 看護婦  $i$  の  $j$  日の勤務を  $k$  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

目的関数において、いろいろな達成目標が扱えるよ  
 うに、達成目標  $s$  と目標未達成関数  $f_s$  を以下のように  
 定義した。

$S = \{s | s \text{ は達成したい条件や希望} \}^*$

$f_s(x_{ijk}, i \in M, j \in N, k \in W), s \in S$ :

$x_{ijk}$  の値で与えられる勤務表において達成したい  
 条件  $s$  に対する未達成度 (達成目標値との差等) に  
 重要度の重み付けしたペナルティを与える関数

#### 〈定式化〉

$$(0) \text{ Minimize } \sum_{s \in S} f_s(x_{ijk}, i \in M, j \in N, k \in W)$$

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

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

$$(3) a_{rjk} \leq \sum_{i \in G_r} x_{ijk} \leq b_{rjk} \quad r \in R, j \in N, k \in W$$

$$(4) c_{ik} \leq \sum_{j \in N} x_{ijk} \leq e_{ik} \quad i \in M, k \in W$$

$$(5) x_{ijk} = \tau \quad (i, j, k) \in F_\tau, \tau \in \{0, 1\}$$

$$(6) \sum_{\alpha=1}^h x_{i, j+\alpha-1, k_\alpha} \leq h-1 \quad i \in M, j \in \{1, \dots, n-h+1\},$$

$$(k_1, k_2, \dots, k_h) \in P_h, h \in \{2, 3, \dots\}$$

$$(7) u \leq \sum_{\alpha=1}^h x_{i, j+\alpha-1, k} \leq v \quad i \in M, j \in \{1, \dots, n-h+1\},$$

$$(k, u, v) \in Q_h, h \in \{2, 3, \dots\}$$

$$(8) x_{ijk} = 0 \text{ or } 1 \quad i \in M, j \in N, k \in W$$

各式の意味は以下の通りである。

(0) 目標値との差の合計最小化。

(1) 看護婦  $i$  の  $j$  日の勤務をちょうど 1 つ割当てて。

(2)  $j$  日の勤務  $k$  の必要人数を満たす。

(3)  $j$  日の勤務  $k$  におけるグループ  $r$  からの人数が上下  
 限の幅におさまる。

(4) 看護婦  $i$  の勤務  $k$  の数が上下限の幅におさまる。

(5) 看護婦  $i$  の  $j$  日の勤務を  $k$  に固定する ( $\tau = 1$ ) また  
 は  $k$  を禁止する ( $\tau = 0$ )。

(6)  $j$  日から連続する  $h$  日間に、連続禁止パターンが  
 割り当てられない。

(7)  $j$  日から連続する  $h$  日間の勤務  $k$  の数が上下限の  
 幅におさまる。

(8)  $x_{ijk}$  は 0-1 変数である。

慣れ合いや相性の悪さから夜勤などでの組合せを  
 避ける看護婦に対する条件は、それらの 2 人または  
 3 人以上の看護婦だけで構成されるダミーのグループ  
 を設定し、指定された勤務に対するそのグループから  
 の人数の上限を 1 または適する値にすることで表現す  
 ることができる。

また、前月勤務表とのつながりについては、前月末  
 の必要日数分をスケジュール対象日に入れ、「すでに  
 勤務が決定しているもの」として  $F_1$  で扱うことによ  
 り考慮できる。

#### 4. モデルのバリエーション

ここで、拘束条件 (1)~(9) における変数の係数が 0  
 または 1 であることに着目すると、これらの条件すべ

\*達成目標  $s$  は具体的に 5 節で扱う。例えば「土日連休を各  
 看護婦に 1 回ずつ与える」。

ては、変数のある部分集合に関して値1を取るものを「足し算」して、その数を制限するものであることがわかる。この性質は、ヒューリスティック解法等において実行可能性のチェックやコスト計算に利用することができる。特に(6)式における連続禁止パターンの表現で、拘束条件毎に値1になる変数を数えるカウンターを設定しておけば、勤務列のマッチングをこのカウンターの値判定のみでおこなうことができる。

これに対し「新人の教育過程において、ある新人看護婦がある勤務に入った場合、決められた指導看護婦がその勤務にいっしょに入らなければいけない」ことが、わずかな期間だが出てくることがあるという。これは「組合せの強制」となる。つまり「足し算」ではなく「引き算」の拘束条件式を考えなければならない。具体的には、その看護婦それぞれに対応するグループを設定し、そのグループ間の人数の差を規定する(例えば0)拘束条件で対応する。こういった「組合せの強制」の条件は、看護婦に対してだけでなく、ある特定の日についても考えられる。例えば「土日は連続して休日にする」は、目的関数でなく拘束条件として扱った場合「組合せの強制」となる。土日のどちらか一方を休日にする場合にはもう一方も休日にしなければいけないと考える。

これらを一般的に表したものが(9)(10)式であり、モデルのバリエーションと考える。

$$A = \{(i, J_1, J_2, k_1, k_2, g), i \in M, J_1, J_2 \subset N, k_1, k_2 \in W \mid \text{看護婦 } i \text{ の } J_1 \text{ での勤務が } k_1 \text{ になる回数と } J_2 \text{ での勤務が } k_2 \text{ になる回数との差は } g \text{ 以下}\}$$

$$B = \{(r_1, r_2, j, k, g), r_1, r_2 \in R, j \in N, k \in W \mid \text{日 } j \text{ の勤務 } k \text{ におけるグループ } r_1 \text{ からの人数とグループ } r_2 \text{ からの人数との差は } g \text{ 以下}\}$$

として、次のように表現できる。

$$(9) \quad \sum_{j \in J_1} x_{ijk_1} - \sum_{j \in J_2} x_{ijk_2} \leq g \quad (i, J_1, J_2, k_1, k_2, g) \in A$$

$$(10) \quad \sum_{i \in G_{r_1}} x_{ijk} - \sum_{i \in G_{r_2}} x_{ijk} \leq g \quad (r_1, r_2, j, k, g) \in B$$

## 5. 勤務表の作成

今回おこなったモデル化の妥当性を確かめる目的と、アンケートに出てこなかった条件などをあらい出

す目的のために、提案するモデルで表される条件を満たすような勤務表作成を試みた。

拘束条件を規定する具体的な値は、アンケート調査[9]で対象となった病院の婦長と主任との議論から決定し、1995年11月の勤務表を作成した。

スケジューリング対象看護婦は、患者担当業務面ではAチームとBチームの2グループ、スキル面では1年目の新人と2年目以上のリーダーの2グループに分けられる25人で、勤務体制は3交替である。日勤、準夜勤、深夜勤の各勤務に対して、全体に必要な人数、AB各チームからの人数や各チーム新人グループとリーダーグループからの人数の下限と上限を設定した。そして、各グループに所属する看護婦に対しては、各勤務の1ヶ月分の回数が平準化されるように下限と上限の幅(差)を2に納まるように設定した。連続禁止パターンとしては、絶対に許されない「深夜勤後の日勤」「深夜勤後の準夜勤」「準夜勤後の日勤」「3連続深夜勤」と、できるだけ許したくない「4連続準夜勤」「5連続準夜勤」「1回だけの孤立深夜勤」「前後が休日となる孤立勤務」を設定した。そして、後者が勤務表に現れた場合のペナルティを標準とし前者はその2倍<sup>†</sup>になるように設定した。また回数禁止パターンとしては、「7日間に1回も休日が入らない」「深夜勤と深夜勤の間が8日未満(10日間で3回以上の深夜勤)」「7日間に1回も日勤が入らない」を設定し、標準ペナルティを対応させた。人数面での過不足については、それぞれ下限や上限からの差をペナルティとした。具体的には、日勤でリーダーが1人だけ足りなくなる場合には婦長や主任がフォローできることからペナルティを標準に、それ以外の各グループからの過不足については絶対許されないものとしてペナルティを標準の2倍<sup>†</sup>にした。セミナーや休日希望などすでに固定されている勤務は75ヶ所あり、看護婦組合せ条件は上記グループでの設定以外に個人的組合せをいくつか設定した。

ここでは、モデルの特徴やアルゴリズムについての研究は今後の課題とし、上記目的をはたすための勤務表作成の道具として、シミュレーテッド・アニーリング法を利用した。初期解は、拘束条件の(1)(2)(5)(8)のみ満たす解、つまり固定されている勤務を考慮しながら

<sup>†</sup>ここでの2倍という数は、後からの手直しを前提に解のバランスをみながら試行錯誤的に選んだものである。この数を大きくしすぎると、絶対守るべき条件は満たしていても残された部分で手直しのきかない非現実的な解を与えてしまう。データに依存するこれらの値をどう決定するかは今後の検討課題である。

ら毎日の各勤務の人員確保のみを満たすよう表の上の看護婦から順に日勤、準夜勤、深夜勤の必要人数まで勤務を決定し、残りを休日としたものである。そして、乱数で与えられた「ある日のある看護婦とある看護婦の勤務を交換する、または、しない」といった作業を繰り返すことにした。目的関数には、土日連休を各看護婦に1回ずつ与えることを目標にすることに加えて、拘束条件(3)(4)(6)(7)を達成しなかった度合いをペナルティとして足し合わせて最小化した。

## 6. モデルの評価

我々が作成した勤務表については担当婦長との間で何度も議論を重ね、拘束条件の微調整を繰り返した。ここでわかったことは「勤務表作成者は言語化していない考慮点をいくつも抱えている」という事実である。アンケート調査や聞き取り調査では出てこなかった条件が、新しい勤務表を提示する度に明らかになった。例えば、個々の看護婦の健康についても作成者本人の意識に残らないながらいろいろな考慮をしており、それにそぐわない勤務表を見たときに初めて「これは、おかしい」と反応する。担当婦長自身もこれらを議論しているうちに「感情が入っていることに気がついた」という。「感情といってもその人の体調とかチームで期待していることが勤務表に現れる」ということである。

我々は、明らかになった考慮点を含むよう勤務表をその都度作成し直したが、次の議論では、また新たな考慮点が浮かび上がるといった状況を何度も繰り返した。例えば、当初「土日連休」は我々の考慮点に含まれていなかった。その時点で作成された勤務表においては、連続禁止パターンの「3連続深夜勤」が2ヶ所残っていた。しかし、担当婦長の評価は「連続禁止パターンがあるがこれがなくなれば少し手直してなんとか使えそう」というものであった。ここでの手直し部分というのが「土日連休を各看護婦1回は入れたい」であったので、目的関数にこれらを入れることにした。そして「休日希望の前日には深夜勤を入れないようにする」「ある看護婦について深夜勤数やその間隔を考慮する」「手術がある日の深夜勤メンバーは考慮して選びたい」などといった条件も明らかになっていった。また、「深夜勤+休日の後の日勤」も好ましくないこともわかったが、これを他の条件と同じレベル(ペナルティ)で考慮すると望む勤務表を得ること

が非常に難しくなることも試行錯誤の結果からわかった。そして、担当婦長が作成した現実の勤務表においても、これらのパターンを許している。このように拘束条件同士にも相性が存在すると思われるが、勤務表作成者は過去の経験からこれらの適切な取捨をおこなっている。

現在、明らかになった条件すべてを考慮しながら勤務表作成を続けているが、「深夜勤後の日勤が1ヶ所存在する」とか「ある日の日勤の1チームが新人ばかりになっている」といったものが1ヶ所くらい残ってしまう勤務表までしか作成できていない。実際の勤務表においては、休日希望を1部削除すること等でこの状況を回避している。しかし、作成の道具(シミュレテッド・アニーリング法)の適用の仕方や適用自体の問題、ペナルティの与え方の問題、拘束条件の相性の問題等、多くの課題を抱えてはいるが、これらの議論で挙がってきた条件に対してモデル上の数値部分の修正のみで対応できたこと、担当婦長の「休日の入り方や勤務のバランスはうまくいっている」という評価から、提案するモデルのある程度の妥当性が示せたといえる。また、新人看護婦のスキルの向上にともなって2~3ヶ月の単位で条件が大幅に変化するが、これらの変化はモデルのパラメータの違いとして処理することが可能であり、提案するモデルの枠組みの中で扱えることが明らかになった。

## 7. おわりに

我が国特有の条件を考慮したナース・スケジューリング・モデルを構築し、その妥当性を検討するためにモデルに基づく勤務表の作成を試みた。勤務表を繰り返し作成するなかでは、勤務表作成者が無意識のうちに考慮している条件の存在を無視できないことがわかった。しかし、初めから与えた条件も作成を重ねるうちに出てきた条件も、モデル上の拘束条件式で表現できたことから、我々の提案するモデルについての妥当性はほぼ確認できたといえる。

ここでのモデリングは1つの病院のみの調査からおこなったが、標準的な総合病院であったことやこれまでの勤務表作成の現状報告等[9][10][11][12][13][14]からも、構築したモデルは我が国において標準的なものになりうると考える。よって、このモデルを我が国のナース・スケジューリング・モデルとして提案する。

また、作成した勤務表の結果からも非常に拘束条

件がタイトに与えられている問題であることがわかった。すべての条件を満たすことが困難である現状への対応策としては、条件の未達成度を目的関数にもって、最小化するほかに、拘束式を規定する上下限値を緩めたり禁止勤務パターンを外すといった拘束緩和をしながら実行可能領域を作り出すことが考えられる。これは勤務表作成者が実際に頭の中でおこなっていることでもあるが、効率よく1回でこれをおこなうには、やはり「条件へのプライオリティ設定やうまいペナルティ設定の下での目的関数最小化」で対応することになる。

最後に、今後の課題として部分解の作成として「夜勤スケジューリング問題」を挙げる。2節で述べた「勤務表の1ヶ所の修正が勤務表全体の作り直しに及ぶことがある」事実からもわかるように、勤務表作成者にとってへたなたき台を提供されることはかえってスケジューリングのじゃまになる。そこで、たたき台の提供の仕方の1つとして部分解の作成を考える。勤務表作成担当の婦長や主任からの聞き取りで「勤務表作成における最大の困難は3交替制では深夜勤、2交替制では夜勤のメンバーの確保である」という問題が明らかになった。すでに決定している勤務や休日の希望を満たしながらの深夜勤または夜勤を確定さえできれば勤務表作成の大部分は終わったようなものだという意見もある。実際、夜勤と夜勤との間に必要とされる日数が大きい場合にメンバー構成条件が厳しく重なってくると、このスケジューリングの自由度はほとんどなくなってしまふ。よって、夜勤スケジューリングは、たたき台を提供するという目的においてもそのみで十分意味のある問題であると考えられる。また、完全な勤務表を作成するナース・スケジューリングのアプローチとしても、この部分解の作成を独立させることは有効と思われる。

謝辞 貴重な御助言を頂いた査読委員および編集委員会の方々、そして勤務表作成の御指導を頂いた東京女子医科大学病院松平信子婦長、山田照婦長、秋山恵美主任に心から感謝する。

## 参考文献

- [1] Smith-Daniels, Schweikert and Smith-Daniels: Capacity management in health care services: Review and future research directions. *Decision Sciences*, Vol.19, pp.889-919, 1988.
- [2] Miller, Pierskalla and Rath: Nurse scheduling using mathematical programming. *Operations Research*, Vol.24, pp.857-870, 1976.
- [3] Warner: Scheduling nursing personnel according to nursing preference: A mathematical programming approach. *Operations Research*, Vol.24, pp.842-856, 1976.
- [4] Arther and Ravindran: A multiple objective nurse scheduling model. *AIIE transactions*, Vol.13, pp.55-60, 1981.
- [5] Bell, Hay and Liang: A visual interactive decision support system for workforce (nurse) scheduling. *INFOR*, Vol.24, No.2, pp.134-145, 1986.
- [6] Ozkarahan and Bailey: Goal programming model subsystem of a flexible nurse scheduling support system. *IIE Transactions*, Vol.20, No.3, pp.306-316, 1988.
- [7] Randhawa and Sitompul: A heuristic-based computerized nurse scheduling system. *Computer & Operations Research*, Vol.20, No.8, pp.837-844, 1993.
- [8] 一条勝夫: 柔軟思考で対応を一夜勤体制の検討課題. *看護*, Vol.44, No.11, pp.22-31, 1992.
- [9] 池上, 相澤, 大倉, 若狭, 松平, 越河: ナース・スケジュール・システム構築のための基礎的調査研究. *労働科学*, Vol.71, No.10, pp.413-423, 1995.
- [10] 竹本敬子: コンピュータによる看護婦勤務表作成の隘路1. *看護管理*, Vol.3, No.1, pp.39-42, 1993.
- [11] 宇都由美子: コンピュータによる看護婦勤務表作成の隘路2. *看護管理*, Vol.3, No.2, pp.120-125, 1993.
- [12] 佐々木悠子: コンピュータによる看護婦勤務表作成の隘路3. *看護管理*, Vol.3, No.3, pp.171-176, 1993.
- [13] 櫻井律子: コンピュータによる看護婦勤務表作成の隘路4. *看護管理*, Vol.3, No.4, pp.261-265, 1993.
- [14] 加藤千津子: コンピュータによる看護婦勤務表作成の隘路5. *看護管理*, Vol.3, No.5, pp.319-325, 1993.