

我が国におけるナース・スケジューリング

— モデル化とアプローチ —

博士学位論文

2001年 3月

池上 敦子

目次

第1章	はじめに	1
1.1	病棟看護婦の交替制勤務	1
1.2	看護婦勤務表とは	1
1.3	看護婦勤務表作成の現状	6
1.4	過去の研究との違い	7
1.5	本研究の目的と論文の構成	8
第2章	現場調査による現状把握	11
2.1	東京女子医科大学附属病院における調査	11
2.2	私立医科大学附属病院 23 病院における調査	19
2.3	調査結果から明らかになったこと	20
第3章	問題のモデル化	23
3.1	勤務表作成における様々な視点	23
3.2	ナース・スケジューリング問題	24
3.3	定式化 1	25
3.4	定式化 2	28
3.5	問題の特徴	29
第4章	勤務表作成に有効なアプローチ	33
4.1	問題の切り分け	33
4.2	部分問題の設定	34
4.3	部分問題を利用したアプローチ	35
4.3.1	解の構築	36
4.3.2	解の改善	37
4.4	提案するアプローチの有効性について	39
第5章	2 交替制のアルゴリズムの構築	40
5.1	2 交替制勤務の特徴	40
5.2	緩和問題の利用	41
5.2.1	夜勤スケジューリング	41
5.2.2	日勤スケジューリング	42
5.3	アルゴリズムの手順	43

5.4	アルゴリズムによる勤務表の作成	45
5.5	考察	49
第6章	アルゴリズムの速度向上	54
6.1	パターン作成方法の変更	54
6.2	有効なパターンの絞り込み	54
6.3	解の近傍と実行時間の比較	62
6.4	考察	64
	おわりに	69
	謝辞	71
	参考文献	73
	付録	79
1	看護婦勤務表作成を支援するコンピュータ・システム	79
2	東京女子医科大学附属病院におけるアンケート調査結果	85
3	私立医科大学附属病院 23 病院におけるアンケート調査結果	105
4	勤務表作成データとスケジューリングの結果	121

第1章 はじめに

この論文では、病棟看護婦の勤務スケジュールを決定するナース・スケジューリングを取り扱う。

1.1 病棟看護婦の交替制勤務

現在、全国には1万を超す病院が存在し、約3万の看護部署に70万近い看護職員が働いている [34]。その中で病棟看護は24時間途切れることなくおこなわれる必要があるため、病棟看護婦は交替制の勤務をおこなっている。看護業務は人の命にかかわり失敗の許されないものであることから、配置される看護婦の人数やスキルレベル等、様々なことが考慮されなければならない。また、交替制勤務は勤務する者にとって、生活時間帯の違いによる社会的問題だけでなく、身体的負担の問題を抱えている。

我が国の看護婦交替制勤務には大きく2種類、1日を日勤と準夜勤と深夜勤に分けた3交替制と、日勤と夜勤に分けた2交替制がある。一般に3交替の勤務時間はどの勤務も等分に8時間前後に設定されているが、2交替の場合は夜勤の勤務時間が長く、3交替における準夜勤と深夜勤をあわせた約16時間(病院によっては約12時間)という2日間にわたる勤務になっている。

表1.1は厚生省が3年毎におこなっている医療施設調査(静態調査) [30][31][32][33][34] から3交替制、2交替制、当直制を取り入れている病院の数をまとめたものである。ここでは、各病院の中で、どの勤務形態(体制)をどの割合で採用しているかは明らかではないが、当直制を取り入れている病院でも病院内での当直制の割合は小さく、ほとんどが3交替制、2交替制を採用している [23]。

これまでは3交替制が主であったが、表1.1からもわかるように、ここ10数年の間に2交替制を導入する病院が増えてきている。2交替制を取り入れている病院の割合を図1.1に示す。さらに、1996年、厚生省による国立病院・療養所での2交替制導入が実施されたことにより、社会的にも看護婦の2交替制勤務に強い関心が持たれ [35]、この傾向は、現在も進んでいると思われる。このことを示す1つの例として図1.2に、著者が調査をした東京女子医科大学附属病院(2章2.1節参照)の2交替制部署の割合の推移を示す。

1.2 看護婦勤務表とは

勤務表は、一般に、部署毎(ナース・ステーション毎)に作成される。勤務表の中には、交替制勤務をおこなわない(日勤のみ)の婦長や主任、そして看護補助者のスケジュール

表 1.1: 勤務形態の推移 (各勤務形態を取り入れている病院数)

	1984年	1987年	1990年	1993年	1996年
3 交替制	5218	5626	4868	4911	4602
2 交替制	1673	1844	2571	3387	5114
当直制	3026	2864	3469	2654	911
その他	145	143	271	216	124
総数	10062	10477	10862	10826	10358

「医療施設調査 (静態調査)」(厚生省大臣官房統計情報部編) より: 一般病棟, 精神病棟の他に, 1984, 1987 年は老人病棟, 1990, 1993, 1996 年は特例許可老人病棟, 1996 年は療養型病床群を含む。

図 1.1: 2 交替制を取り入れている病院数の推移

図 1.2: 東京女子医科大学附属病院における 2 交替制部署の割合の推移

が含まれる場合もあるが、ここでは、ナース・スケジューリングの対象となる看護婦のみの勤務表を扱うことにする。勤務表の見方を説明するために、3 交替制勤務表と 2 交替制勤務表のそれぞれ簡略化したものを表 1.2 と表 1.3 に示す。

勤務表の 1 番左の列に看護婦氏名（この例では省略）や番号が記入される。そして、表の 1 番上に日付、その次の行に曜日が記入される。表中の各セルの中に勤務を表す文字や記号を記入することによって勤務スケジュールが決定していく。3 交替の勤務表の例では、- が日勤、= が準夜勤、N が深夜勤、/ が休み、+ がセミナーやその他の業務を表している。2 交替の例では、2 日に渡る夜勤を Nn の 2 つの文字の連続で表しているほか、日勤、休み、その他の勤務は 3 交替の例と同じ記号を使っている。これらの記号は病院毎に独自に設定されている [35]。勤務表を列毎に縦に見ていくと、その日の各勤務のメンバーを知ることができ、表下にはその合計人数が書き込まれる。逆に行毎に横に見ていくと、それぞれの看護婦のその期間のスケジュールを読み取ることができ、その右側にはスケジュール中の各勤務の数や休みの数が書き込まれる。

勤務表を作成するのは、その部署の管理者、具体的には婦長もしくは主任である。この勤務を決定していく際に最も重要とされるのは、毎日の「看護の質」を一定レベル以上に保たなければならないことである。ここで看護の質というのは数値になりにくいだが、勤務スケジュールが看護の質に及ぼす要素、つまり「看護の質をどう守ることができるか」について考えると、以下の 2 つのことが挙げられる。

1 つ目は、毎日の各勤務の看護婦メンバー構成でその質を守ることである。どんな事態

表 1.2: 3 交替制看護婦勤務表 (-:日勤,=:準夜勤,N:深夜勤,/ :休み,+ :その他の勤務)

看護婦番号	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	/	-	=	N	+	
	金	土	日	休	火	水	木	金	土	日	月	火	水	木	金	土	日	月	火	水	木	金	休	日	月	火	水	木	金	土	休み	日勤	準夜	深夜	ほか	
1	-	=	=	/	N	N	/	/	/	-	-	/	-	/	-	-	N	N	/	-	/	/	/	-	-	-	-	/	=	=	11	11	4	4	0	
2	/	/	-	-	-	/	/	-	-	-	/	=	/	-	N	N	/	/	-	/	=	=	=	/	N	N	/	/	-	-	12	10	4	4	0	
3	N	N	/	/	/	-	=	=	=	/	-	-	N	N	/	-	-	-	/	-	/	/	/	=	=	/	-	-	N	/	11	9	5	5	0	
4	=	=	N	N	/	/	-	-	/	=	=	/	-	-	/	/	-	=	N	N	/	/	/	/	-	-	/	+	-	-	N	10	9	5	5	1
5	/	-	/	=	=	/	-	-	N	N	/	-	-	/	-	=	=	/	-	/	/	-	N	N	/	-	=	=	/	-	10	10	6	4	0	
6	/	-	/	-	-	-	N	N	/	/	-	/	=	=	=	/	-	/	=	=	N	N	/	-	-	-	-	/	/	/	11	10	5	4	0	
7	-	/	/	/	=	/	-	-	/	N	N	/	-	-	=	/	-	-	/	-	-	-	/	=	=	N	N	/	-	10	11	5	4	0		
8	-	-	/	/	-	-	/	=	/	-	N	N	/	/	-	-	=	/	/	/	-	/	=	/	-	/	=	=	N	N	12	9	5	4	0	
9	/	-	-	-	/	=	/	N	/	=	=	=	/	N	N	/	-	-	-	/	/	/	/	-	-	=	/	-	=	=	10	9	8	3	0	
10	=	/	-	/	/	-	-	+	-	N	/	/	-	=	=	/	-	-	/	=	=	=	/	=	N	N	/	-	-	/	10	9	7	3	1	
11	-	/	=	=	N	N	/	/	=	=	/	-	-	/	+	-	/	=	=	/	/	-	/	-	-	-	N	N	/	-	10	9	6	4	1	
12	=	N	N	/	+	-	/	-	/	-	-	-	/	/	=	N	N	/	/	/	/	=	=	/	-	-	=	/	-	-	11	9	5	4	1	
13	/	-	/	=	/	/	-	-	N	N	/	-	=	/	-	-	N	N	/	/	-	-	/	-	-	-	/	/	-	11	12	3	4	0		
14	-	/	-	-	/	-	-	/	-	=	N	N	/	-	=	=	/	/	-	-	-	/	=	=	N	N	/	/	/	10	10	6	4	0		
15	N	/	=	=	/	-	-	=	=	/	/	-	-	N	N	/	/	-	-	=	/	/	N	N	/	-	/	-	=	10	9	6	5	0		
16	/	/	-	/	/	=	=	N	N	/	-	-	/	/	-	/	-	=	/	N	N	/	-	-	-	/	+	=	=	N	11	8	5	5	1	
17	-	=	/	/	-	N	N	/	/	-	-	=	=	/	-	/	/	=	/	-	-	-	/	-	=	/	N	N	/	11	9	6	4	0		
18	/	/	=	N	N	/	/	-	=	/	-	-	-	/	-	-	/	-	=	=	N	N	/	-	/	/	-	-	-	10	11	5	4	0		
19	-	-	/	-	=	N	N	/	/	/	=	=	/	/	-	/	-	=	=	N	N	/	-	-	/	-	-	/	/	11	9	6	4	0		
20	N	N	/	-	-	/	/	/	-	-	+	+	/	=	/	/	-	N	N	/	-	-	=	/	-	=	=	/	10	9	5	4	2			
21	=	=	/	-	-	/	/	/	-	/	-	-	N	N	/	=	=	/	-	/	-	N	N	/	=	=	/	-	=	10	9	7	4	0		
22	/	-	N	N	/	-	=	=	/	-	=	/	/	-	+	/	N	N	/	-	-	=	=	=	/	-	-	/	-	10	9	6	4	1		
- :日勤	7	7	5	7	6	8	5	7	7	7	7	8	8	5	7	7	7	7	7	7	5	8	5	8	12	7	8	6	8	7						
=:準夜勤	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						
N:深夜勤	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							

表 1.3: 2 交替制看護婦勤務表 (-:日勤,Nn:夜勤,/:休み,+:その他の勤務)

看護婦番号	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	/	-	Nn	+	
	水	木	休	土	日	月	火	水	木	金	土	日	月	火	水	木	金	土	日	月	火	水	休	金	土	日	月	火	水	木	休み	日勤	夜勤	ほか	
1	N	n	/	/	-	-	/	-	N	n	/	+	-	/	-	N	n	N	n	/	-	-	-	N	n	/	/	/	N	n	9	8	6	1	
2	-	N	n	/	-	-	-	/	/	N	n	N	n	/	/	/	-	-	N	n	N	n	/	/	/	-	+	-	-	N	9	9	6	1	
3	/	-	-	N	n	/	-	-	/	+	+	-	N	n	/	/	-	-	N	n	/	-	/	/	N	n	N	n	/	10	8	5	2		
4	/	/	/	-	-	-	/	-	-	-	/	/	-	/	-	/	-	-	+	/	-	-	-	-	-	-	-	-	/	10	19	0	1		
5	n	/	/	-	N	n	N	n	/	-	-	-	/	-	N	n	N	n	/	-	/	-	N	n	N	n	/	/	-	/	9	8	6	0	
6	/	-	-	/	/	N	n	N	n	/	-	/	-	N	n	N	n	/	-	+	-	N	n	/	/	/	-	-	-	-	9	10	5	1	
7	-	/	N	n	N	n	/	-	-	/	N	n	/	-	-	-	+	/	/	N	n	/	/	-	-	-	N	n	/	-	9	10	5	1	
8	-	-	N	n	/	-	/	N	n	/	/	-	-	/	N	n	/	N	n	/	/	/	/	N	n	N	n	/	-	-	10	8	6	0	
9	-	-	-	N	n	/	-	N	n	/	/	-	N	n	/	-	-	/	-	/	/	/	N	n	N	n	/	-	/	/	N	10	9	6	0
10	N	n	/	/	/	N	n	/	-	-	-	-	/	+	N	n	/	-	-	/	N	n	/	-	-	-	-	N	n	/	10	9	5	1	
11	+	-	/	-	N	n	N	n	/	/	-	-	/	N	n	/	-	/	/	-	-	-	/	-	/	-	-	N	n	/	-	10	11	4	1
12	n	/	-	-	-	/	-	/	/	N	n	N	n	/	-	-	-	/	/	N	n	/	/	-	-	-	/	N	n	N	n	10	9	5	0
13	-	N	n	/	/	/	-	-	N	n	/	-	-	/	-	N	n	/	-	-	N	n	/	-	-	/	-	-	/	/	10	12	4	0	
14	+	N	n	/	/	-	N	n	/	-	/	/	N	n	/	+	+	N	n	/	-	/	-	-	-	N	n	/	-	/	10	7	5	3	
15	N	n	/	-	-	-	+	/	-	-	/	/	-	-	/	+	-	-	N	n	/	/	N	n	/	-	/	N	n	/	10	10	4	2	
16	n	/	-	/	/	-	-	-	/	-	-	N	n	/	-	-	/	-	-	-	/	-	N	n	/	/	/	N	n	N	10	12	4	0	
17	-	/	N	n	/	/	+	N	n	/	/	/	N	n	/	-	-	N	n	/	-	-	-	/	N	n	/	-	-	+	10	8	5	2	
18	-	-	-	N	n	/	+	-	-	N	n	/	-	-	N	n	/	/	/	N	n	N	n	/	/	-	/	/	/	+	10	8	5	2	
19	/	/	/	-	N	n	/	-	-	N	n	/	-	-	/	N	n	/	-	-	-	-	/	-	N	n	/	-	-	10	12	4	0		
20	+	/	-	N	n	/	-	-	/	-	-	/	N	n	/	-	/	-	-	-	N	n	N	n	/	/	/	-	-	N	9	10	5	1	
21	N	n	/	/	/	N	n	/	-	+	+	/	-	N	n	/	-	-	N	n	/	-	/	-	-	N	n	/	-	-	9	9	5	2	
22	-	-	/	/	/	-	N	n	/	+	+	-	-	/	N	n	N	n	/	-	-	-	/	/	N	n	N	n	/	-	9	9	5	2	
23	/	/	/	-	-	N	n	N	n	/	-	+	N	n	/	-	-	N	n	/	-	-	/	-	N	n	/	-	+	/	9	9	5	2	
24	n	N	n	/	-	-	-	N	n	/	-	-	-	-	/	/	/	N	n	/	+	-	-	-	/	/	/	N	n	N	9	10	5	1	
25	N	n	/	/	/	-	-	/	N	n	/	/	/	-	-	N	n	/	+	-	N	n	/	-	-	-	-	-	-	-	9	10	5	1	
26	-	-	N	n	/	+	+	-	-	N	n	/	/	-	-	N	n	/	-	-	N	n	/	/	-	/	/	/	N	n	9	9	5	2	
27	-	N	n	/	/	-	-	-	N	n	/	/	-	-	-	N	n	/	/	-	N	n	/	-	-	-	N	n	/	/	9	11	5	0	
28	-	-	/	-	-	+	+	-	/	/	N	n	N	n	/	-	-	/	/	N	n	N	n	/	-	/	-	-	/	N	9	10	5	2	
29	-	-	/	/	/	-	N	n	/	-	-	N	n	/	/	-	-	-	/	-	/	/	N	n	N	n	/	-	-	-	N	9	12	5	0
30	n	/	/	-	-	N	n	/	-	/	-	N	n	N	n	/	-	/	-	+	-	/	N	n	/	-	-	N	n	/	9	9	5	1	
31	+	/	-	-	-	/	-	N	n	/	/	-	-	/	-	N	n	N	n	/	-	-	/	N	n	N	n	/	/	-	9	10	5	1	
32	-	/	N	n	N	n	/	-	-	-	/	-	+	N	n	/	-	-	N	n	/	/	/	/	N	n	/	-	-	-	9	10	5	1	
33	+	N	n	N	n	/	-	+	/	N	n	/	-	-	N	n	/	-	-	N	n	/	-	-	-	-	/	/	/	9	9	5	2		
34	+	-	/	N	n	N	n	/	-	-	-	/	N	n	N	n	/	/	/	/	-	-	-	-	/	N	n	/	-	+	9	9	5	2	
35	N	n	N	n	/	/	/	N	n	N	n	/	+	/	+	+	+	+	+	+	+	+	+	/	+	+	+	N	n	/	9	0	5	11	
36	/	-	-	-	N	n	/	-	-	-	/	/	+	-	-	+	/	/	N	n	N	n	/	-	/	/	N	n	N	n	9	9	5	2	
37	n	/	/	/	/	-	+	/	N	n	N	n	/	-	-	-	N	n	/	/	-	-	/	N	n	N	n	/	-	-	9	9	5	1	
38	/	-	/	/	/	-	-	/	/	/	/	-	-	-	-	N	n	/	/	-	-	/	-	/	/	/	-	-	/	-	17	13	0	0	
-:日勤	13	13	10	11	10	13	13	13	13	13	11	10	13	13	13	13	13	11	10	13	13	13	10	13	11	10	13	13	13						
Nn:夜勤	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6						

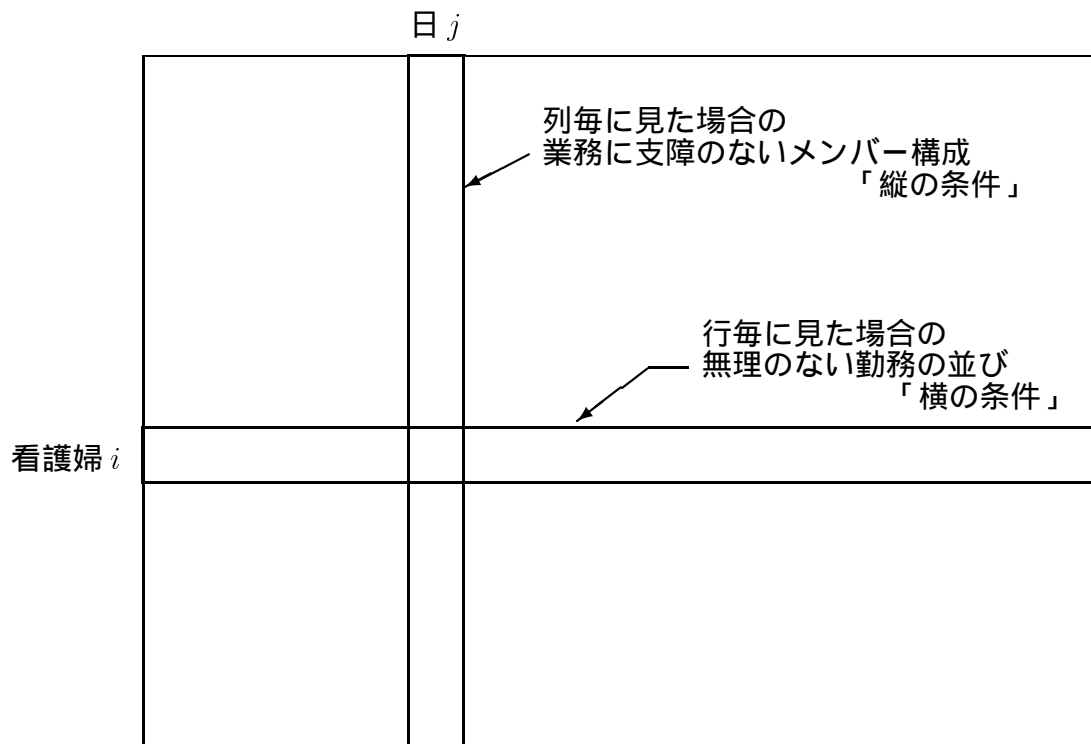


図 1.3: 勤務表 — 縦の条件と横の条件

にも対応できるメンバーを揃えておくということであり、勤務表を各列縦に見た場合のメンバー構成の充実ということである。この論文では、これを守るために挙げられる条件を「縦の条件」とよぶことにする。そして、もう1つは各看護婦についての勤務スケジュールである。同じ1人の看護婦でもその日のコンディションによってその看護の質も違ってくる。どの看護婦にとっても毎日1番よいコンディションで勤務に出てこれるようなスケジュールを組むことも看護の質を守る大きな要素と言える。これは勤務表を各行横に見た場合の無理のない勤務の並びということであり、これを守るために挙げられる条件を「横の条件」とよぶことにする(図 1.3 参照)。

勤務表作成(ナース・スケジューリング)問題の難しさは、看護婦数に全く余裕のない状況で、この縦の条件と横の条件を両方同時に満たそうとするとところにある。

縦の条件が複雑になってしまう理由のもう1つには「看護婦の早期退職者の多さ」から新人看護婦が常に数多く存在してしまうことが挙げられる。また、この退職者を減らすための工夫である「休みや勤務の希望を受け入れる」ことも縦の条件と横の条件の両方を更に難しくしている要因である。

1.3 看護婦勤務表作成の現状

看護婦勤務表を作成している婦長や主任のほとんどは、手書きで勤務表を作成している。非常に多くの時間を費やし休日のプライベート時間を利用しての作成であるが、勤務表を作成することの難しさは、これまでも報告されている [29][35][36][37][38][39]。実際、非

常に多くの時間を費して作成しているにもかかわらず，満足のいく勤務表が作成できないことも多く，どこかの条件をあきらめて作成しなければならない．また，対象の看護婦すべてを満足させることも難しく，勤務表作成者にとって，勤務表作成は非常に神経を使う仕事であり，人によっては精神的苦痛もあるという．

これらのことから，スケジューリング自動化への要求はかなり以前から存在するものである．それに対し勤務表作成者をサポートするためのソフトも数多く開発されてはいるが，「使える」という評価を得ることができるソフトが存在しないのが現状である [39]．コンピュータ・システム化の進んでいる病院では，既存ソフトは使えないという判断から，勤務表作成者が入力した勤務表に対し，各勤務の合計人数の計算や許されない条件などをチェックできるものを開発しているところもある [36]．しかし，スケジューリング部分においては，いまだに人間が頭を悩ますことになる．既存ソフトが使えないと言われる理由には，

- ・ 正しく条件を与えても良いスケジュールが得られない
- ・ 人間にしかわからない微妙な条件を組み込めない
- ・ コンピュータへの拒絶反応
- ・ 要求するシステムとのギャップ

などが挙げられている [36][38]．これらを改善すべくソフト開発も進んではいるが，以上の問題点を解決するには以下のことが議論されなくてはならない．

- ・ 問題の適切なモデル化
- ・ 精度の高いアルゴリズム
- ・ システム設計
- ・ ヒューマン・マシン・インタフェース

そのためには，まず勤務表作成の現状を正しく把握する必要がある．どんなシステムが望まれているか，良いスケジュールとはどんなものか，どんな条件を考慮すべきなのか，そして作成におけるその負荷がどのくらいなのかを把握しなければならない．しかし，これらに関する調査研究は，ほとんどおこなわれてこなかったのが現状である．

1.4 過去の研究との違い

ナース・スケジューリングについては Smith-Daniels, Schweikhert and Smith-Daniels [14] や Siferd and Benton [13], Li and Benton [5] のサーベイ論文に示されるように，今までにもいくつかの研究がなされてきた．Miller [8] 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 [16] 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．1 シフトだけの問題は Musa and Saxena [9], Rosenbloom and Goertzen [12], Venkataraman and Brusco [15] も扱っている．Arther and Ravindran [1] 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．

この他のスケジューリングの工夫としては、1人分のスケジュールを1週間ずらしで複数看護婦のスケジュールとする方法 [2][6]、7日単位のスケジュールを複数回繰り返す方法 [7][12]、7日単位のローテーションのパターンと個々の日が勤務日かそうでないかのパターンを別々に作成して組み合わせ方法 [11]、スケジューリング期間を7日、14日単位に切り分けて解いて積み上げる方法 [3][4][8][15][16] などが見られる。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 [2][10][11][16]。

しかし、上記参照のどの3シフトの問題 [1][4][6][10][11][16]、どの2シフトの問題 [2][3] においても、多くの看護婦が特定の時間帯の勤務のみを専門とする専従看護婦であったり、ローテーションをおこなっていても1種類の勤務の期間が1~2週間単位で続くというスケジューリング単位の大きい問題を扱っている。Millar and Kiragu[7] だけは1種類の勤務の期間がこれまでのものより短い2シフトの問題を扱い、ネットワーク・プログラミングで解いているが、解いた問題は同じスキルの看護婦高々8人の2週間分のスケジューリングという非常に小さいサイズのものである。

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 [28]。ローテーションの周期を長くするか短くするかは、概日周期といった体のリズムに対してどう対応するべきという生理的問題がからんでくるが¹、スケジューリングの観点からすると、ローテーションの周期が短い場合には前後日の勤務との関係を数多く考慮しなければならず、横の条件が非常にきつくなる。具体的には1種類の勤務を1~3回程度でローテーションすることになるが、そのなかで各看護婦の休み希望や勤務希望を入れたり、同じ勤務メンバー構成の繰り返しを避けようとする事は、「同じ勤務パターンの繰り返し」といった数日単位でのスケジューリング、そして「1勤務1~2週間単位のローテーション」を想定したアプローチを不可能とする。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 [20]。また、スケジューリングの対象となる看護婦数は平均22人であり [34]、各シフトにおいては人数を揃えるだけでなく、スキルレベル分けされた看護婦を組み合わせる条件が与えられている [23]。これは看護婦数に余裕がないなかでは、スキルレベル別に問題を切り分けることが不可能だからである。

これらのことから、我が国のナース・スケジューリングは、従来のナース・スケジューリングのモデルと大きく性質を違えるものと言える。

1.5 本研究の目的と論文の構成

本研究の目的は、全国で毎月3万以上の勤務表作成が発生し、これに対して莫大な時間と労力が注ぎ込まれながらも満足いく勤務表が作成できていない現状に対して、問題の構造をうまくとらえることによって貢献することである。我が国におけるナース・スケジューリング問題は、1.4節で述べたように、これまで海外で研究されてきたものと異なる特徴を

¹ 1つの種類の勤務が長く続けば体もその時間帯に順応してくるので楽になるが、人間本来の概日周期もくずれてしまう。

持つことから，そのモデルを構築する意味は非常に大きいと考える．

そこで，本研究では看護婦勤務表作成の現状把握からスタートし，我が国におけるナース・スケジューリング・モデルを構築する．そして，構築したモデルに対しては，その特徴をうまく扱えるアプローチを考える．さらに，提案するアプローチの有効性を確かめるために，その考えにのっとったアルゴリズムを作成し，現実の問題を解く．

1994年には東京女子医科大学附属病院において，1997年には全国に渡る23の大学病院において，勤務表作成担当者に対するアンケート調査や聞き取り調査をおこない，実際の勤務表を作成しながら作成担当者と議論するということを繰り返した．2章では，これらの調査で明らかになった結果を，勤務表作成の困難さと時間的負担，勤務表作成の手順，勤務表が満たすべき条件，望ましい勤務表の条件，スケジューリング・システムについての意見，に分けて紹介する．さらに，勤務表において守るべき条件を，縦の条件と横の条件に分けて洗い出して整理する．

3章では，2章で明らかになった「勤務表作成において守るべき条件とその目的」を基に，ナース・スケジューリング問題のモデル化をおこなう．まず「ナース・スケジューリング問題とは」を明らかにした後に，勤務表のセル毎に勤務の種類の数だけ0-1変数を設定した「定式化1」と，各看護婦について実行可能な勤務パターン(期間分のスケジュール)の集合が与えられた下で，すべての看護婦の実行可能勤務パターン毎に採用するか否かを決定する0-1変数を設定した「定式化2」の，2種類の定式化をおこなう．そして，問題の特徴について整理し，問題の実行可能性に大きく拘る条件について考察する．

4章では，提案するモデルに対して，その特徴をうまく扱えるアプローチを考える．問題を解く際に扱いやすい単位(問題の切り分け方)がどんなものであるかを考察し，部分問題を設定する．そして，複数の部分問題を繰り返し解くことにより，効率よく実行可能解を見つけるアプローチを提案する．

そして，提案するアプローチの有効性を確かめるために，5章では，このアプローチを具体化した2交替制部署のためのアルゴリズムを構築し，実際の勤務表を作成した結果を紹介する．さらに，6章では，提案するアルゴリズムの処理時間の短縮を図るために，部分問題の解き方に改善を加える．

論文の最後では，ナース・スケジューリング問題のモデル化により明らかになった問題点を基に，現在の看護体制に対する提案をおこなう．付録には，看護婦勤務表を支援するコンピュータ・システム，2章のアンケート調査結果の詳細，そして，5章と6章で使われた勤務表作成データとスケジューリングの結果を載せる．

第2章 現場調査による現状把握

看護婦勤務表の現状を把握するために、病院現場の勤務表作成担当者に対してアンケート調査や聞き取り調査をおこない、実際の勤務表を作成しながら作成担当者との議論を繰り返した。この章では、それらの調査から明らかになったことを紹介する。

2.1 東京女子医科大学附属病院における調査

1994年、東京女子医科大学附属病院（ベッド数1421）において、勤務表作成に関するアンケート調査をおこなった[19]。アンケート調査の対象者は、病棟看護婦の勤務表作成を担当している婦長3名と主任及び主任代理37名、計40名である。勤務表作成歴は、平均7年（5ヶ月～23年）であり、担当部署の勤務体制は3交替制が34部署、2交替制が6部署であった。

勤務表のスケジュールリング対象期間としては、夏休み、冬休みの時期を2～3ヶ月単位で作成することを除けば、アンケート回答者の39名が月初1日から月末までの1ヶ月単位でおこなっており、残りの1名はそれを15日の前後で分けた半月単位でおこなっている。スケジュールリング対象人数は、平均24.3人（最少12人、最多42人）である。

アンケートは29項目からなり、勤務表作成に費やす時間、精神的負担、具体的作成手順、コンピュータ・システムに対する期待などを質問にした。アンケート調査結果の詳細を付録に付けたが、ここでは、それらの結果を、勤務表作成の困難さと時間的負担、勤務表作成の手順、勤務表が満たすべき条件、望ましい勤務表、スケジュールリング・システムについての意見、に整理し考察する。

A. 勤務表作成の困難さと時間的負担

勤務表を作成するために費す平均時間は6.8時間（40名の平均）であり、ほぼ勤務1日分を費やしていることがわかった。そして、長くかかってしまうときには、30時間も費す人達がいるなど、作成時間の数字を見ただけでも時間的負担はかなり大きいものと思われる。このことをもっと強調するのは次の結果である。勤務表作成においてプライベート（勤務終了後や休日）の時間が占める割合を調べた結果、勤務時間内だけで作成できるのが2名だけであったのに対し、すべて勤務時間以外の時間を使っている人が18名もいた。この長い時間を要し、自分のプライベートの時間を割かねばならない勤務表作成に対しては、「楽しい」と感じている人が2名、「苦痛」に感じている人が28名であり、7割の人が苦痛に感じていることになる。ここで、楽しいと感じる場合の勤務表作成平均時間は3時間と4時間であり、勤務時間以外の時間が占める割合も0%と10%と非常に少ない。逆に、勤務表

作成平均時間が4時間を超してしまうと、苦痛と感じる割合が、4時間以内の場合の2倍以上(85.2%)になり、楽しいと感じる人もいなくなってしまう。

作成した勤務表に対するまわりの評価については、「苦心して作成しても文句が出る」と言いながらも、28名、つまり7割の人が「しかたない」とあきらめている。そして、勤務表作成を「やりたい」と思っているのは3名なのに対し、勤務表作成を「やりたくない」「できればやりたくない」と思っている人が、それぞれ6名と30名であり、全体の9割を占めていることもわかった。勤務表作成をやりたい理由としては、勤務表作成が病棟の運営において非常に重要なものであることが挙げられていた。逆に、勤務表作成をやりたくない、できればやりたくない理由としては、内容的に

- (1) 勤務表作成に費やす時間に関するもの
- (2) 勤務表作成の難しさを挙げたもの
- (3) ストレスを挙げたもの

の3つに分類できた。つまり、数多い条件の下での勤務表作成は非常に難しく、多くの作成時間を要し、プライベートの時間をも犠牲にしなくてはならないからである、しかし、この勤務表に対し、誰が作成するのが良いと思うかについては、8割の人が「主任」「婦長」を挙げていることから、「やりたくはないけれど自分がやらなくてはいけない仕事」と感じていることがわかる。

総合すると勤務表の作成は一般的に「苦勞が多くてむくわれぬ作業である」と評価されていると言えそうである。その困難の大きな理由には「勤務表作成に費やす時間の多さ」と、それゆえ「自分の私的時間を犠牲にしていること」、また「満足のいく勤務表を作成することの難しさ」があげられる。そして、努力や自己犠牲にもかかわらず、満足できるものができなかつたり、文句を言われたりすることに起因するストレスまでも苦痛の材料になってしまうと言える。

B. 勤務表作成の手順

まず、勤務表をどのように作成しているかを知るために、作成に使用する「道具」と「情報」について整理した。道具は使用の目的によって、筆記用具(勤務表作成用紙1~6枚、鉛筆、記号3~11種類、消しゴム、定規、色鉛筆、色マジック、ボールペン、修正液)、資料(前月の勤務表、数ヵ月前の勤務表、有給帳)、計算道具(電卓、表計算ソフト)の3つに分けることができた。情報については、変動のない個人情報、毎月変動のある個人情報、部署全体としての情報に分け、主なものを表2.1~表2.3に示す。

作成手順の大きな流れは、どの回答においても「優先順位の高い条件から順に、それらを満足するよう勤務を決定していく」というものであった。最優先する条件には、「行事」「個々の希望」「各シフトの人員確保」「各シフトのリーダーの確保」が挙げられている。ここで行事とは、院内教育、勉強会、研修、会議等のことである。これら以外に優先する条件としては、「休みの数の均等化」「各シフトのリーダーの確保」「深夜勤回数の均等化」「準夜勤回数の均等化」「制約の強い人の都合」というものが(2番目以降に)挙げられていた。この他、「人数が足りない場合、それを補えるメンバーにする」といったような「守るべき条件を満たせなかった場合の対応策」も挙げられていた。また、各日の勤務者数が不足しないように、勤務表作成前に「休み希望の出し方」について指示を出している場合が多い。

表 2.1: 勤務表作成に必要な個人情報 (変動のないもの)

(1) スキルに関するもの
現部署での年数 看護婦としての年数 勤務帯のリーダーを任せられるか否か 新人など教育的状況 年齢
(2) 規定されているもの
年休の付与日数 所属チーム
(3) 個人の都合
勤務の希望曜日 勤務シフトの希望順位 不可能な勤務シフト 通勤時間, 習い事, 育児, 健康状態などからの制約

表 2.2: 勤務表作成に必要な個人情報 (変動のあるもの)

(1) 業務予定
院内教育 カンファレンス 勉強会 ミーティングなど日常業務以外の予定
(2) 休み希望, 勤務希望関係
休みの希望日 年休の残数 各勤務の希望日 前月の勤務状況, 希望受け入れ状況
(3) 個人の都合
健康状態がどうであるか 精神状態がどうであるか

表 2.3: 勤務表作成に必要な全体情報

(1) 以前の勤務表
前月の勤務表 4月からの勤務表
(2) 病院のスケジュール
院内教育 勉強会 カンファレンス ミーティングなど日常業務以外の予定 オペや大きな検査の日程
(3) メンバーの組み合わせ上の相性

休み希望が重なった場合には「各人で調整」させ、希望を出せる回数に制限や優先順位をつけさせたり、多くの人数を必要とする特定の日には希望を出させないといった「受け入れる希望を押える」ような指示を出している。

C. 勤務表が満たすべき条件

勤務表作成において「絶対守るべき条件」に挙げられたものと「できれば守りたい条件」に挙げられたものをあわせると、どの部署においても、ほぼ同じような条件セットになっていた。これらの条件を(回答数が多かった順に)表 2.4 に示す。

また、同じ項目が、両方に挙げられていることから、部署によって条件の重要度が異なることがわかる。内容としては、印をつけた項目が、各シフトの業務に支障を起こさないための「人員確保」と「メンバー構成」に関する縦の条件、印をつけた項目が、各看護婦の勤務負荷を考慮する「勤務や休みの回数」や「勤務パターン」、そして、各看護婦の「希望する休み」を受け入れること等の、横の条件となっている。

「勤務や休みの回数」や「人数の確保」については、その数の上下限を数値によって与える条件であるので、ここでは、それら以外の「勤務パターン条件」と「メンバー構成条件」が、具体的にどのように与えられているかを整理する。

勤務パターン条件については、「好ましい基本パターン」があるとしている部署は半分以下だが、「禁止するパターンや好ましくないパターン」は、どの部署にも必ず存在する。しかし、基本パターンとして挙げられたものを観察すると、禁止するパターンや好ましくないパターンを考慮すれば、おのずと基本パターンが出来上がることがわかった。そこで、禁止するパターンや好ましくないパターンに注目すると、これらのパターンには、勤務が終了してから次の勤務までの時間が8時間を割るような勤務間隔の少ないパターン、同じ勤務(特に夜勤)が何日も続くパターン、休みが何日も入らないパターン、等が挙げられている。これらの勤務パターン¹を、3交替制について表 2.5 に、2交替制について表 2.6 に示す。

¹ 一般に、3交替での1日は、深夜勤、日勤、準夜勤、の順に構成されるのが標準的と言われているが、東

表 2.4: 勤務表作成において守るべき条件

<p>(1) 絶対守るべき条件</p> <ul style="list-style-type: none"> 休みの回数 各シフトの人員確保 深夜勤の回数 準夜勤の回数 希望する休み スキルからの組み合わせ 勤務パターンについて
<p>(2) できれば守りたい条件</p> <ul style="list-style-type: none"> 希望する休み 準夜勤の回数 深夜勤の回数 各シフトの人員確保 休みの回数 勤務パターンについて 公平さ メンバーの組み合わせ

表 2.5: 勤務パターン (3 交替制) の例

(1) 基本パターン
日勤 準夜勤 深夜勤 休み 日勤 準夜勤 深夜勤
(2) 禁止パターン
準夜勤 日勤 深夜勤 準夜勤 日勤 深夜勤 深夜勤 2 連続以上 深夜勤 3 連続以上 準夜勤 3 連続以上 準夜勤 4 連続以上 勤務 7 連続以上
(3) 好ましくないパターン
深夜勤 休み 日勤 準夜勤 日勤 深夜勤 深夜勤 休み 日勤 準夜勤 4 連続以上

表 2.6: 勤務パターン (2 交替制) の例

(1) 基本パターン
夜勤 夜勤 休み 休み 夜勤 夜勤 休み 夜勤 休み 日勤 日勤 夜勤 休み
(2) 禁止パターン
夜勤 日勤 夜勤 2 連続以上 勤務 7 連続以上
(3) 好ましくないパターン
夜勤 2 連続以上 夜勤 3 連続以上 何日も日勤が続く

また、看護婦同士の組合せの条件については、ほとんどの部署で考慮されていたので、具体的内容を表 2.7 に示す。

表 2.7: 看護婦同士の組合せ条件

(1)	スキルの不安やかたよりのない組合せを考慮しているもの リーダーをとれる人がいるように組み合わせる 新人同士をさけて組み合わせる
(2)	スキル以外のものでかたよりのない組合せを考慮しているもの 各チームのメンバーが均等に含まれる組み合わせ 同じメンバーを何度も組み合わせない
(3)	個人の組合せとして考慮しているもの 相性を考慮した組み合わせ 慣れ合いのない組み合わせ

D. 望ましい勤務表の条件

できあがった勤務表をみてどのような勤務表がよいと思うか、という質問に対しては、

- (1) 個々の希望が達成されている
- (2) 公平さが保たれている
- (3) 各シフトの人員確保とバランスよいメンバー構成
- (4) 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。具体的な項目を表 2.8 に示す。

ここで挙げられた条件は、目標とする「よい勤務表」の指標となるわけだが、守るべき条件として挙げられた項目と、ほぼ一致していることがわかる。(3) は縦の条件を満たしていること、(1)(2)(4) は横の条件を満たしていること、に対応している。これらの結果と「守るべき条件をすべて満足する勤務表を作成することが難しい」という現実から、看護婦勤務表においては、守るべき条件をできる限り満たすことが目的になっていることがわかる。

E. スケジューリング・システムについての意見

勤務表作成をコンピュータでおこなうことを考える場合、直接コンピュータに指示できないと思われる条件としては、相性、人間関係、個々の能力、性格、体調、プライバ

京女子医科大学附属病院では、日勤、準夜勤、深夜勤の順で構成されている。各勤務の時間帯は、多少のバリエーションはあるが、標準的には、日勤：8時～16時、準夜勤：15時30分～23時、深夜勤：22時30分～翌朝8時30分であった。例えば、パターン「日勤 準夜勤 深夜勤 休み」は、日勤の次の日が準夜勤、その次の日が深夜勤、その次の日が休み、といった勤務を表すものとする。また、2交替制における夜勤は、3交替の準夜勤と深夜勤をあわせた時間帯の勤務であり、勤務は2日間にわたる。よって「夜勤 夜勤」(2連続夜勤) というのは4日にわたる勤務であり、2回目の夜勤は1回目の夜勤入りの2日後に夜勤入りすることになる。

表 2.8: よい勤務表の条件

(1)	個々の希望が達成されている 休み希望の達成 勤務希望の達成 勤務意欲をもてる，納得できる
(2)	公平さが保たれている 準夜勤回数，深夜勤回数の均等化 休み回数の均等化 全体的な公平さ
(3)	各シフトの人員確保とバランスよいメンバー構成 メンバー構成のバランス 必要人数などの制約を守っている
(4)	望ましい勤務パターンになっている 無理のない勤務パターン 勤務のリズム(勤務間隔など)がよいもの

シー，人情といった，データとしてコンピュータ上に乗せにくいものの扱いが挙げられた。これは，数値化不可能という意味と，明確にすること自体に問題があるという意味の2つの解釈があると思われる。しかし，勤務表作成担当者が勤務表を作成する時点においては，具体的な「各勤務のメンバー構成」や「各看護婦の勤務の並び」に対して，好ましい，好ましくない，絶対許されない，等と判断しているので，これらを直接明確にしないで済む方法が存在すると思われる。また，これら以外に挙げられていた「条件を満たせなかった場合の評価尺度」や「守るべき条件の扱い」はアルゴリズムで対応すべきものであり，「勤務表の修正」はシステムのデザインで対応できるものとする。

また，勤務表作成を支援してくれるコンピュータ・システムがあったとしたら，どのようなものがよいか，4つの項目から選んでもらった結果は，以下の通りである(重複選択8名)。

- | | |
|------------------------------------|-----|
| (1) 与えた条件をチェックしてくれる表計算ワープロのようなもの | 6名 |
| (2) ある程度の条件を満たした勤務表を表示し，後で手直し可能なもの | 24名 |
| (3) 与えた条件に対して自動で勤務表を与えてくれるもの | 22名 |
| (4) 使いたくない | 0名 |

ここで「使いたくない」人がいないことに注目する。そして，38名までの人が(2)または(3)を選んでいたので，なんらかのスケジュールリングの機能をもったシステムが望まれていることもわかった。

2.2 私立医科大学附属病院 23 病院における調査

1997 年には、私立医科大学病院看護部長（総婦長）会の協力で、全国にわたる 23 の私立医科大学附属病院において、勤務表作成に関するアンケート調査をおこなった [23]。

この調査は、看護婦勤務表作成において、前節で明らかになった条件がその他の病院においても一般的であることを確かめ、さらに、それらの条件を詳しく把握することを目的におこなった。特に、勤務表作成における縦の条件と横の条件のそれぞれを、具体的に列挙できることを目標とした。

各病院には 10 名前後の看護婦勤務表作成担当者アンケート調査を依頼し、前節の調査項目を簡略化した質問に加えて、縦の条件、横の条件に関する具体的な数値など、合計 21 の項目を質問した。調査実施期間は 1997 年 2～3 月、回答数は 315 部署、回答者は 307 名（複数部署分の回答者あり）、回答者の役職は婦長 242 名、婦長代理 3 名、副婦長 2 名、主任 52 名（役職名無回答 8 名）であった。看護勤務体制は、3 交替制は 21 病院にわたる 238 部署、2 交替制は 9 病院にわたる 77 部署であった。また、2 交替制には、夜勤の長さが約 12 時間（34 部署）と、約 16 時間（43 部署）の 2 種類のものであった。

本調査で明らかになった「勤務表作成における困難さと時間的負担」や「勤務表作成ソフトに対する期待」については、前調査結果（2.1 節）と、ほぼ同様なものであった。

勤務表作成には 8 割の部署が手書きでおこなっており、勤務表作成ソフトを利用している 2 割弱の部署でも、スケジューリング機能を利用しているのはほんのわずかな数（全体の 3%）であった。そして利用している勤務表作成ソフトの欠点として挙げられたものは、1.3 節で挙げた「問題のモデル化」「アルゴリズム」「システム設計」「ヒューマン・マシン・インタフェース」に関するものであった。各質問項目に対する詳細な回答結果を付録に付けたが、ここでは勤務表作成において守るべき条件についてまとめておく。

勤務表作成の対象看護婦数は平均 24.5 人² であり、ローテーションしている看護婦数は平均 22.6 人であった。6 割近い部署が 20～29 人を対象として勤務表を作成している。勤務表作成対象期間は 8 割以上の部署で 1 ヶ月、残りのほとんどが 4 週間であり、2 週間は 1 部署だけであった。よって勤務表の大きさは 20 数行×約 30 列といったものが標準的³ と言える。そして、勤務表は、与えられた看護婦と日数に対して、以下に述べる縦の条件と横の条件に従って作成されていることがわかった。

A. 縦の条件

ある日のある勤務にどのメンバーを配置するかを決定するための条件（縦の条件）は、看護婦の能力レベルを 3 段階前後（最高で 6 段階）に分け「勤務や能力で分けたグループからの人数に制限をつける」というものであった。例えば、「深夜勤には新人は 1 人以下になるように」「リーダーレベルの看護婦が 1 人以上入るように」というように考えている。これは、回答のあったほとんどすべての部署において共通のことであった。また、教育面、そして業務量や業務の内容により配置人数やメンバー構成レベルを変えたり、人間関係により特定の看護婦同士の組み合わせを避けたりしている。

² 1996 年の全国平均は 22 人 [34]。

³ 最大では 70 を超す行数となる。

どうしてもすべての条件を満たす勤務表ができない場合、縦の条件では、日勤についての条件をあきらめて対応している。日勤帯には、ナース・スケジュールリングの対象となるローテーション看護婦の他に婦長や主任が勤務しているので、人数を減らしたりメンバーの組み合わせレベルを下げて、欠けた要素を婦長や主任が補えるからである。逆に、あきらめる条件として挙げられなかった夜勤（または深夜勤や準夜勤）における人数や構成メンバーについての条件は、必ず守らなくてはいけないことがわかる。

B. 横の条件

各看護婦のスケジュールに対する条件（横の条件）としては、

- ・ 期間内の休みや各勤務の回数、休みや勤務の希望
- ・ 研修会や他部署との関連等の日常業務以外の勤務
- ・ 土日祭日にあたる休みのあげ方

を考慮する以外に、

- ・ 「7日に1日は休みを入れる」というような勤務連続数の制限
- ・ 「夜勤を3回以上続けない」といったような同一勤務連続数の制限
- ・ 「夜勤と夜勤の間は4日以上あける」といったような同一勤務の間隔に対する制限
- ・ 「夜勤の次の日に日勤を入れない」といったような異種勤務の並びに対する制限

等を考えている。禁止される勤務の並びと好ましくない勤務の並びを、3交替制と2交替制に分けて、それぞれ、表2.9、表2.10に示す。

休みのあげ方としては、日曜祭日にあたる休みの回数の偏り、土曜にあたる休みの回数の偏り、土日祭日にあたる2連休の回数の偏りの、それぞれについて、「好ましくない」もしくは「許されない」とする部署が8割以上を占めていた。また、休み希望については、回答があったすべての部署において、必ず、もしくは、できるだけ受け入れるようにしており、勤務希望についても、9割近い部署で、受け入れようとしている。そして、公平さを保つように、希望受け入れ数を決めたり、希望に優先順位を付けさせたり、自分たちで調整させる、といった工夫がおこなわれている。逆に、どうしても勤務表が作成できなかった場合には、これらからあきらめる場合が多い。

この他に、あきらめる条件としては、勤務の並び方（休みの間隔、夜勤の間隔、夜勤連続数、勤務の並び）を厳しくしたり、休みや勤務数の公平さをあきらめることが挙げられ、これらについては2~3ヶ月の幅で公平にすることで対応している。

また、全ての看護婦共通の条件の他に、看護婦毎に、業務スケジュール、休みや勤務希望、体調等を考慮して横の条件を考えなければいけないことがわかった。

2.3 調査結果から明らかになったこと

2.1節の調査結果からは、勤務表作成について7割の人が苦痛を感じ、やりたくない、できればやりたくないと思っている人が9割を占めることが明らかになった。しかし、8割の人が、自分がやらなくてはいけない仕事と感じていることも事実である。そして、これら困難の要因は、大きくは「勤務表作成に費やす時間」と「満足のいく勤務表を作成することの難しさ」であることが明らかになった。

表 2.9: 3 交替制で禁止される勤務の並びと好ましくない勤務の並び

×××	9割以上の部署が「絶対許さない」
	深夜勤が4回以上続く 準夜勤が4回以上続く
××	7割以上の部署が「絶対許さない」
	深夜勤が3回以上続く 深夜勤と深夜勤の間に1日しかあかない 日勤と日勤の間が15日以上あく 準夜勤と深夜勤が休みなく続く(1日が、深夜勤、日勤、準夜勤、の順で構成される部署)
×	7割以上の部署が「絶対許したくないがやむを得ず組み込む場合がある」
	深夜勤と深夜勤の間に2日しかあかない
	9割以上の部署が「好ましくない」
	準夜勤が3回以上続く 準夜勤 日勤 日勤と日勤の間が9日以上あく
	7割以上の部署が「好ましくない」
	深夜勤と深夜勤の間に3日しかあかない 日勤と日勤の間が8日以上あく 深夜勤と日勤が休みなく続く(日勤、準夜勤、深夜勤、の順で構成される部署)

表 2.10: 2 交替制で禁止される勤務の並びと好ましくない勤務の並び

×××	9割以上の部署が「絶対許さない」
	夜勤が5回以上続く
××	7割以上の部署が「絶対許さない」
	夜勤が3回以上続く 日勤と日勤の間が20日以上あく
×	7割以上の部署が「絶対許したくないがやむを得ず組み込む場合がある」
	夜勤 日勤 日勤と日勤の間が15日以上あく
	7割以上の部署が「好ましくない」
	日勤が6回以上続く 夜勤と夜勤の間に2日しかあかない 日勤と日勤の間が9日以上あく

「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」の実現にあたっては、これらの要因に対して、

(a) 情報を上手く利用，操作できるような勤務表編集機能でサポートする

(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

ことが考えられる．(a) の勤務表編集のための具体的機能，そして，サポート・システムを設計する上での考慮点については，付録で論じることにするが，(b) の勤務表作成をアルゴリズムでサポートするための研究は，本研究の目的である．

2.1 節の調査では，勤務表が満たすべき条件と望ましい勤務表の条件を明らかにし，さらに，2.2 節の調査では，守るべき条件における縦の条件と横の条件を具体的に洗い出した．これらをあわせ，3 章でナース・スケジューリング問題としてのモデル化をおこなうために，勤務表が満たすべき条件と問題の目的を，以下にあらためて述べておく．

縦の条件は，毎日の各勤務について，その日の業務にあわせた「人数確保」と「メンバー構成」に対するものであり，業務で分けられたチーム，スキルレベルで分けられたグループ，相性から考慮すべきグループのそれぞれからの人数，そして，それらを合計した人数に上下限值を設定することで規定している．

一方，横の条件は，各看護婦について，スケジューリングの対象期間内の「休みや各勤務の回数」を規定するものと，「研修会等の日常業務以外の勤務や，休み希望，勤務希望」を受け入れるもの，そして「勤務の並び方を禁止するもの」の 3 種類が存在する．

縦の条件は人数に関るので，すべて数値で与えられる条件だが，横の条件には，直接数値では表しにくい条件（勤務の並び）が存在するという特徴がある．また，現実には，すべてを満たす勤務表の作成が困難であることから，勤務表作成担当者は，これらの条件をできる限り満たすことを目標に勤務表を作成している．

第3章 問題のモデル化

この章では、2章で明らかになった「勤務表作成において守るべき条件や目的」から、我が国のナース・スケジューリング問題のモデル化をおこなう。

3.1 勤務表作成における様々な視点

初めに、ナース・スケジューリング問題のモデルを、勤務表に関するそれぞれの立場に立って考えてみることにする。

勤務表に直接関わっているのは、病院経営者、病院人事、現場の管理者(婦長や主任)、実際に看護をおこなう看護婦、そして、その看護を受ける患者であるが、そのいずれの立場からみても共通の目標は「看護の質」を追求することであろう。勤務表作成において看護の質をどう扱うかについては後で述べることにして、ここではまず、それら以外の要求(目標)を考えてみる。

病院を経営する側から考えると「コスト最小化」の視点が考えられる。文献によっては、モデルの中に看護婦数の最小化やプールされている変動看護婦(float nurse)利用最小化といったように「支払う給料コスト最小化」の要素を含むことがある[4][7][15]。しかし我が国の勤務表作成においては、通常、コスト最小化の要素は含まれていない。コストは看護婦勤務表作成以前の「看護婦配置人数」に関っているからである。

病院が雇用する看護婦の数は、厚生省が定めた診療報酬評価に大きく依存する。患者数に対する看護婦の数や正看護婦が占める割合により評価が決まり、もらえる診療報酬が異なってくる。よって、目指す評価を達成するぎりぎりの数が最小コストとなる。この数をもって病院の人事は、各部署に看護婦を配置するわけだが、限りある中からの看護婦数とそのメンバーは、どの部署にとっても業務量をこなすぎりぎりのものになるという。言い換えれば、勤務表が作成できるぎりぎりの数の看護婦メンバーが配置されているのである。よって病院経営者や病院人事は、ナース・スケジューリング・モデルにとって絶対動かせないリソースの制約条件を課してくる立場と言える。

次に、スケジュールされる側の看護婦から見ると、希望する休みがとれたり、習い事のある曜日に準夜勤が入らなかったり、土曜日曜にあたる2連休がとれたり、プライベートなスケジュールや自分の体調にあったスケジュール(勤務の並び)であってほしい。これらを勤務表に反映させようとした場合には、勤務の並びに対する横の条件としてモデルに関ってくることになる。また、相性から「組みたい」「組みたくない」相手やグループがあるかも知れない。これを反映させるには縦の条件として考慮することになる。因みに、サイクリックなスケジュールを採用した場合に起きてくる「同じ勤務メンバーの繰り返し」が我

が国で好まれないのは「組みたくない相手と組むのは仕方がないが何度も組むのは避けたい」気持ちからだという。

そして、最後に勤務表作成担当者の視点を考える。作成担当者は、その部署の管理者である婦長や主任であることから、「看護の質をまもること」を自らの使命であると感じている。これは患者側からの要求とも重なるはずである。勤務表作成において看護の質がどう関わってくるのかは1章でも簡単に述べたが、あらためて以下に挙げておく。毎日の各勤務の看護の質を守るために勤務表作成でおこなうことの先ず1つ目は、その勤務での仕事の量を支障なくこなせる人数を確保することである。そして2つ目は、そのメンバーをスキル的にも業務内容的にも支障のないように構成することである。例えば、あるスキルレベル以上の看護婦が含まれるよう、そして新人ばかりにならないようなメンバー構成を決定する。また、スキルばかりでなく相性の悪さや慣れあい関係によって起きてくる不都合も避けなければならない。3つめは、各看護婦のコンディションをよりよい状態で保てるような勤務の並びを決定することである。これは、同じ1人の看護婦でもコンディションのよい日とそうでない日とではその看護の質もかわってくるからである。また個々の希望を取り入れることにより意欲を盛り上げることもその1つと言える。

この節では、勤務表に関するそれぞれの立場が要求するものを挙げたが、勤務表作成担当者はそれらをすべて組み入れるべく、2章で挙げられたその他の条件をあわせて、勤務表を作成している。つまり病院の経営者や人事から与えられた絶対の制約条件の下で、勤務表作成担当者は患者(看護の質)と、勤務する看護婦の双方を考慮しているのである。

よって本論文で扱うナース・スケジューリング・モデルは、勤務表作成担当者の視点に立って構築される。

3.2 ナース・スケジューリング問題

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。

- (拘束条件1) 毎日の各勤務に必要な人数を確保すること
- (拘束条件2) 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
- (拘束条件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
- (拘束条件4) セミナ等その他の業務や休みの希望を達成すること
- (拘束条件5) 禁止される勤務パターンを入れないこと

2章で調査したすべての部署がこれらの条件で構成されているが、拘束条件の1と2が縦の条件、拘束条件3~5が横の条件として捉えることができる。目的関数としては「達成目標との差の最小化」を考える。実際には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が考えられるだろう。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。

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3.3節と3.4節で，その定式化をおこなう [21][22][26] .

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，休み希望日，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 .

3.3 定式化 1

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

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

$R = \{ r \mid r \text{ は看護婦のグループ} \}$

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

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

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

$P_h = \{ (k_1, k_2, \dots, k_h), k_1, k_2, \dots, k_h \in W \mid$

勤務 k_1, k_2, \dots, k_h の連続勤務が禁止されている $\}, h \in \{ 2, 3, \dots \}$

$Q_h = \{ (k, u, v), k \in W, u, v \in \{ 0, 1, 2, \dots \} \mid$

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

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

$f_s(x_{ijk}, i \in M, j \in N, k \in W), s \in S$: 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 1

$$\min \sum_{s \in S} f_s(x_{ijk}, i \in M, j \in N, k \in W) \quad (3.0)$$

subject to

$$\sum_{i \in M} x_{ijk} \geq d_{jk} \quad j \in N, k \in W \quad (3.1)$$

$$a_{rjk} \leq \sum_{i \in G_r} x_{ijk} \leq b_{rjk} \quad r \in R, j \in N, k \in W \quad (3.2)$$

$$c_{ik} \leq \sum_{j \in N} x_{ijk} \leq e_{ik} \quad i \in M, k \in W \quad (3.3)$$

$$x_{ijk} = \tau \quad (i, j, k) \in F_\tau, \tau \in \{0, 1\} \quad (3.4)$$

$$\sum_{\alpha=1}^h x_{i \cdot j + \alpha - 1 \cdot k_\alpha} \leq h - 1 \quad i \in M, j \in \{1, \dots, n - h + 1\}, \quad (3.5)$$

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

$$u \leq \sum_{\alpha=1}^h x_{i \cdot j + \alpha - 1 \cdot k} \leq v \quad i \in M, j \in \{1, \dots, n - h + 1\}, \quad (3.6)$$

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

$$\sum_{k \in W} x_{ijk} = 1 \quad i \in M, j \in N \quad (3.7)$$

$$x_{ijk} = 0 \text{ or } 1 \quad i \in M, j \in N, k \in W \quad (3.8)$$

各式の意味は以下の通りである。

- (3.0) 目標値との差の加重合計最小化。
- (3.1) j 日の勤務 k の必要人数を満たす。
- (3.2) 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。
- (3.3) 看護婦 i の勤務 k の数が上下限の幅におさまる。
- (3.4) 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 ($\tau = 0$)。
- (3.5) 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。
- (3.6) 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。
- (3.7) 看護婦 i の j 日の勤務をちょうど 1 つ割当てて。
- (3.8) x_{ijk} は 0-1 変数である。

拘束条件 1 を (3.1) 式, 拘束条件 2 を (3.2) 式, 拘束条件 3 を (3.3) 式, 拘束条件 4 を (3.4) 式, 拘束条件 5 を (3.5) ~ (3.7) 式で表している。つまり (3.1) 式と (3.2) 式が各勤務のメンバーの組み合わせ条件である縦の条件, (3.3) ~ (3.7) 式が各看護婦の勤務パターン条件で

ある横の条件となる．縦と横に分類された拘束条件式の係数のマトリックスのイメージを図3.1に示す．ここでは横の条件が看護婦 i 毎に独立になっているのがわかるように，変数 x_{ijk} の i の値が同じものが対角にまとまるように x_{ijk} を並べ，(3.3) ~ (3.7) 式の順序も並べ換えて表したものである．

このブロック構造は，「全体問題を部分問題に分割し，部分問題の目的関数の修正をしながら繰り返し解くことにより部分問題の解を全体問題の解に収束させる」といった計画分割計算法的なアプローチを意識することができる．

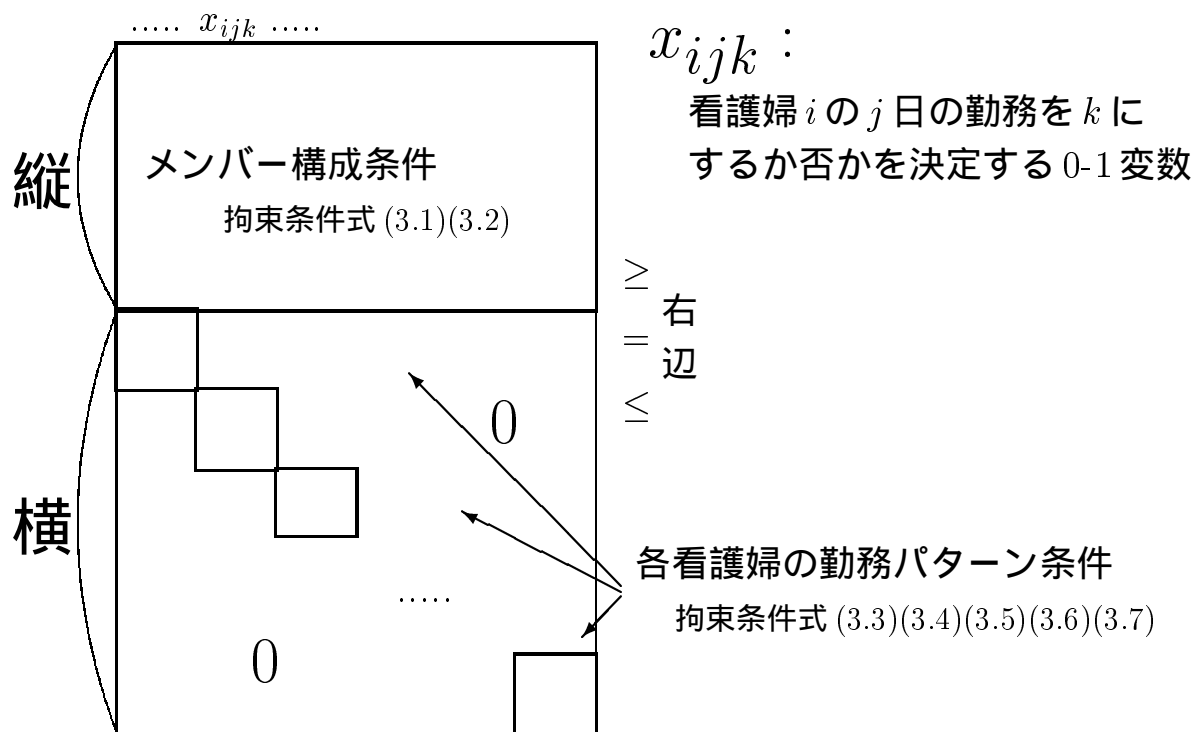


図 3.1: 定式化 1 の拘束条件の係数マトリックスのイメージ

拘束条件 5 における「禁止される勤務パターン」には，勤務連続日数が上限（通常 6 日）を超える並び，同一勤務連続数が上限を超える並び（例えば夜勤 3 連続），同一勤務の間隔日数が下限を下回る並び（例えば夜勤が終って次の夜勤までの間が 4 日未満），異種勤務の並び（例えば夜勤の翌日が日勤）の 4 種類が存在する．

勤務連続日数の上限条件は（上限値 + 1）日の間に休みが 1 回以上入るように (3.6) 式で設定し，同一勤務連続数の上限条件も (3.6) 式，同一勤務の間隔日数の下限条件，異種勤務の並びに対する条件は (3.5) 式で設定する．これら以外に（もしも存在するならば），勤務連続が下限を下回る並びや，同一勤務連続が下限を下回る並びに対しては，(3.5) 式，同一勤務の間隔が上限を超える並びに対しては，(3.6) 式で禁止することができる．

また，以上の条件を効率よく少ない数の式で表現するためには，(3.5) 式に対して，連続でない日の集合にも対応可能にすること，式の中で勤務 k に対する x_{ijk} と勤務 k 以外に対する $\sum_{k' \in W, k \neq k'} x_{ijk'}$ を扱えるようにすること，などの工夫が考えられるが，ここではわかりやすさを優先し，(3.5) 式で表現することにした．

(3.1) ~ (3.8) 式で表せない条件としては、「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と一緒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。これに対しては、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拘束条件で対応することが考えられる。よって、その場合には以下の拘束条件式を追加することにする。

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

$$\sum_{i \in G_{r_1}} x_{ijk} - \sum_{i \in G_{r_2}} x_{ijk} \leq g \quad (r_1, r_2, j, k, g) \in A \quad (3.9)$$

また、(3.1) 式では合計人数の下限値しか設定していないが、必要であれば上限値を設定する。実際、夜勤(または深夜勤や準夜勤)においては「合計人数をある数ちょうど」に設定することが標準的なので、この場合や上限条件が存在する場合には、 $G_r = M$ なるグループ r を設定し、(3.2) 式で表すことになる。

勤務の並びについては勤務のパターンを禁止する形で扱ったが、「各看護婦に土曜日曜祭日にあたる2連休を必ず与える」といったように、組み入れたい条件が存在した場合には、もっと効率のよい表し方を考慮する必要がある [25]。

3.4 定式化2

次に、各看護婦についての n 日分の実行可能勤務パターン(横の条件: 定式化1の拘束条件式 (3.3) (3.4) (3.5) (3.6) (3.7); を満たしたパターン) があらかじめわかっているならば、以下のような定式化の変換を考えることができる。

看護婦 $i \in M$ に対して実行可能勤務パターンの集合を P_i とし、勤務パターン $q \in P_i$ を δ_{iqjk} (j 日の勤務が k であるとき 1, そうでないとき 0) で表現する。そして、定式化1での x_{ijk} を看護婦 i について勤務パターン q を採用するかどうかを決定する変数 λ_{iq} (勤務パターン q を採用するとき 1, そうでないとき 0) を使って以下のように表す。

$$x_{ijk} = \sum_{q \in P_i} \delta_{iqjk} \lambda_{iq} \quad i \in M, j \in N, k \in W \quad (3.10)$$

$$\sum_{q \in P_i} \lambda_{iq} = 1 \quad i \in M \quad (3.11)$$

定式化1の (3.0) ~ (3.2) にこれらを代入、追加することで変換された定式化2は以下のようになる。ここで最小化される関数 f'_s は、 λ_{iq} の値で与えられる勤務表において、達成したい縦の条件 $s \in S'$ 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関数である。

定式化 2

$$\min \sum_{s \in S} f'_s(\lambda_{iq}, q \in P_i, i \in M) \quad (3.12)$$

subject to

$$\sum_{i \in M} \sum_{q \in P_i} \delta_{iqjk} \lambda_{iq} \geq d_{jk} \quad j \in N, k \in W \quad (3.13)$$

$$a_{rjk} \leq \sum_{i \in G_r} \sum_{q \in P_i} \delta_{iqjk} \lambda_{iq} \leq b_{rjk} \quad r \in R, j \in N, k \in W \quad (3.14)$$

$$\sum_{q \in P_i} \lambda_{iq} = 1 \quad i \in M \quad (3.15)$$

$$\lambda_{iq} = 0 \text{ or } 1 \quad i \in M, q \in P_i \quad (3.16)$$

各式の意味は以下の通りである．

(3.12) 目標値との差の加重合計最小化．

(3.13) j 日の勤務 k の必要人数を満たす．

(3.14) 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．

(3.15) 看護婦 i に対して実行可能勤務パターンをちょうど 1 つ割当てる．

(3.16) λ_{iq} は 0-1 変数である．

定式化 1 において非常に多かった拘束条件の数が減少し，逆に変数が増大した非常に横長のマトリックスをもつモデルとなる．拘束条件のマトリックスのイメージを図 3.2 に示しておく．

この定式化は問題を 2 つの段階で解くことを意識できる．各看護婦の実行可能勤務パターンを作成する部分とそれらを組み合わせる部分の 2 つである．前者は，前節の定式化 1 で述べた「ブロック構造における部分問題」に対応する．4 章では，この定式化 2 をベースにアプローチを考えていく．

3.5 問題の特徴

ナース・スケジューリング問題の拘束条件は，大きく縦の条件と横の条件の 2 つに分けられるが，我が国においては，看護婦の特徴（体調や希望等）を個々に考慮するので，横の条件として与えられるもの（定式化 1 の (3.3) ~ (3.7) 式）が，看護婦によって異なってくる．よって，定式化 2 で扱う実行可能勤務パターンの集合 P_i も看護婦によって異なる．さらに，縦の条件として与えられる勤務必要人数 d_{jk} , a_{rjk} , b_{rjk} も毎日の業務予定によって異なっているため，問題を構成するパラメータの数が非常に多くなる．

そして，これらすべての拘束条件を満たすことが非常に難しいことから，与えられた条件をできるだけ達成することが目標となっている．つまり，この問題は，広い実行可能領

λ_{iq} : 看護婦 i の勤務パターン q を採用するか否かを決定する 0-1 変数

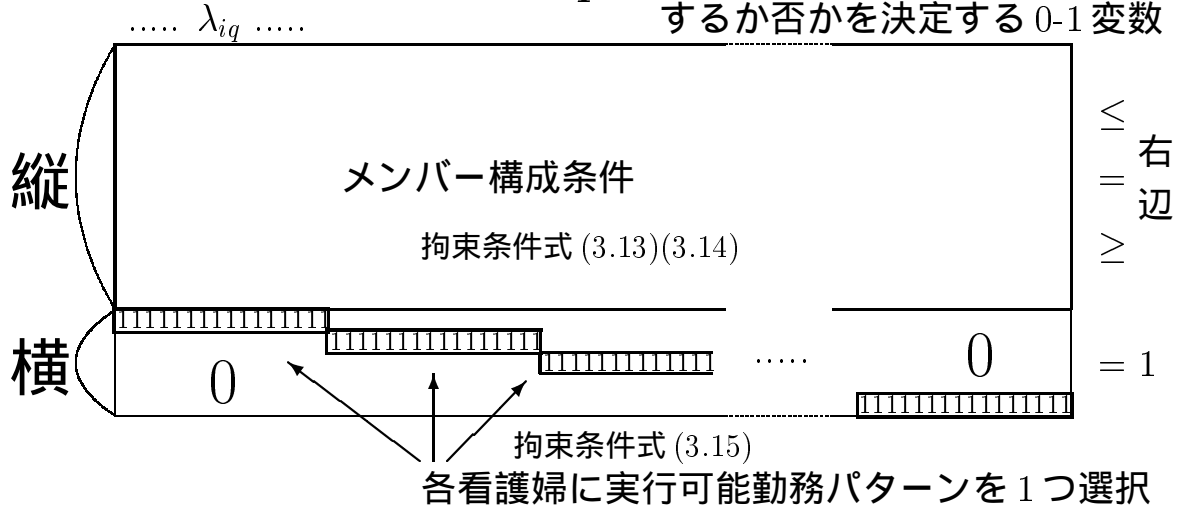


図 3.2: 定式化 2 の拘束条件の係数マトリックスのイメージ

域において何かを最適化したいというより、存在するのであれば1つでも実行可能解を見つけないという性質のものである。定式化 1, 定式化 2 では拘束条件の一部を達成目標として表せるように仮の目的関数を設定したが、実際に問題を解く際には、問題をすべて拘束条件で表し、それらを満たす解を探すアルゴリズムを考えるべきと考える。

また、どうしても実行可能解が見つからなかった場合には、どの条件ならあらかじめもよいかを検討し、どの条件が実行可能性にとって大きな妨げになっているのかを探った上で、緩和する条件を選んで解きなおすようなアプローチが必要である。これは、安易に重み付けをして問題を1回で解こうとすることには、以下に挙げる2つの問題点があるからである。

1つ目は、解の評価尺度についての問題点である。複数の条件を満たせなかった場合に、重要度の重み付けがそれぞれ小さくても、その組み合わせによっては現実には許されない解になる可能性があるからである。つまり、同じ条件であっても他の条件の満たされ具合によって重要度が変化するので、条件間の重要度の順序付けや重み付けが難しい。トータルで数千から数万存在する拘束条件に対し、「その条件1つだけを満たしていない解」を評価することにより重要度を順序付けすることはできても、それらの組合せまで考慮できるような順序付けや重み付けを予め設定しておくことは、現実的には不可能と言える¹。

2つ目は、アルゴリズムにおける問題点である。それは、実行可能解が存在する問題を対象としている場合でも、重み付けの大きい条件を優先して解いたがために局所最適解に陥り「重み付けの小さい条件を満たせなくなる可能性が大きくなる」危険性である。厳密

¹ 例えば、それぞれの条件に対して満たさなかった場合のペナルティを設定したとする。ペナルティ1の条件を2つ満たさない解とペナルティ2の条件を1つ満たさない解が同等であったとしても、ペナルティ1の条件を4つ満たさない解の悪さは3でペナルティ2の条件を2つ満たさない解の悪さは5、そして今度は、ペナルティ1の条件を5つ満たさない解の悪さは10でペナルティ2の条件を3つ満たさない解の悪さは7だという逆転現象も起きてくる。

解法が存在しない問題においては、拘束条件に重要度の重み付けをして解くことは、局所最適解に陥る可能性を増加させると考える²。

ここで、すべての条件を満たすことが困難と言われているこの問題について、どの条件が実行可能性にとって大きな妨げになっているのか、どの条件が「緩む」ことによって、その他の多くの条件が満たされやすくなるのかを、横の条件と縦の条件について考えてみる[24]。

定式化1において、拘束条件の数を大きく増やしているのは、横の条件であり、勤務の並び方の禁止を与える(3.5)式と(3.6)式である。このことは、2交替制に比べて勤務の種類が多い3交替制の勤務表において特に言えるので、3交替制の例で考えてみると、この(3.5)式と(3.6)式のうち、

- (1) 7日間に1度も休みが入らない連続勤務
- (2) 隣り合うことを許されない勤務並び(例：準夜勤翌日の日勤)
- (3) 1種類の勤務が、ある日数より長く続くこと(例：深夜勤が3日も4日も続く)

の3つは「すべての看護婦を1日おきの勤務(つまり1日おきに休み)にする」ことで、すべて満たすことができることがわかる。この場合、考慮すべき横の条件を大幅に削減できるので、縦の条件に多くの力を注いで勤務表を作成することができるが、毎日必要な人数をそろえるためには、1日に必要な数の2倍の看護婦数が必要となってくる。この数は、(1)(2)(3)の条件を満たすための看護婦数の上限値と言える³が、現実の看護婦数は、この数より少ないものとなっている⁴。

今度は逆に、(3.5)式、(3.6)式、そして(3.3)式や(3.4)式で各看護婦に与えられる横の条件のうち「休みの数の確保」の条件以外すべて無視することによって、必要看護婦数の下限値を考えてみる。これは、スケジュール期間の各勤務に必要な看護婦数の合計を、1人の看護婦が期間中に勤務できる日数で割ることによって得ることができる。この下限値に対して実際の看護婦数がぎりぎりの場合には、休み希望やセミナー等の通常業務以外の勤務そして勤務の並びといった横の条件を満たすことが非常に難しくなる⁵。

次に、横の条件すべてを満たした状況で、残された縦の条件を満たそうという状況について考えてみる。これは、定式化2の勤務パターン(期間分のスケジュール)があらかじめ得られている状況で(3.13)式や(3.14)式について条件を満たそうと考えることに等しいので、ここでは定式化2において話を進める。この定式化において拘束条件の数を増やして

² 6.4節では、この状況を示す簡単な例を紹介する。

³ 残された条件も満たされやすくなるが、必ず満たされるという保証はないので、問題に対する上限値とは言えない。

⁴ 実際の病院の3交替制の部署の例で具体的な数を考えてみる。日勤に最低8人、準夜勤に4人、深夜勤に3人必要なその部署では、業務ではAチームとBチームの2つに分けられ、レベルではベテランと新人に分けられている。そして、毎日の各勤務に必要なベテランの数は、各チーム日勤2人、準夜勤1人、深夜勤1人である。よって、(1)(2)(3)の条件を満たすための看護婦数の上限値は、全体で $(8+4+3) \times 2 = 30$ 人であり、AB各チームのベテランを、それぞれ $(2+1+1) \times 2 = 8$ 人含むような構成となる。因みに、実際のその部署に配属されている看護婦は25人、ベテランは各チーム6人であるので、この数より少ない。

⁵ 上の脚注の例で、スケジュール対象期間が30日、1人の看護婦の可能勤務日数が21日だったとすると、 $(8+4+3) \times 30 \div 21 = 21.43$ という計算から下限値は22人ということになる。実際には、その日の業務内容によって日勤必要数が8人より多い日があったり、各看護婦にもセミナー等の日常業務以外の勤務が存在するので、それらをすべて考慮して計算することになる。またベテランについて考えてみると $(2+1+1) \times 30 \div 21 = 5.71$ という計算から、各チーム6人のベテランが少なくとも必要であることがわかる。この部署では、全体の人数は十分そうに見えていても、ベテランの人数は、これ以上減らせないぎりぎりの数になっているわけである。

いるのは (3.14) 式である．これは各勤務における勤務メンバー構成条件であるが，主なものはメンバー全体のレベルをある高さ以上に保つために「あるスキルレベル以上の看護婦の人数を確保する」というものである．スキルレベルが詳細に分けられているほど，この条件は厳しく問題を縛ってしまう．逆にすべての看護婦があるレベルに達してさえいれば，(3.14) 式は，ほとんどなくなってしまうことになる．定式化 2 から (3.14) 式がなくなったものは，各勤務の合計人数を確保するだけの非常に解きやすい問題となる．

以上のことから，実行可能解が得られにくい状況が起こるのは横の条件が数多く存在するにもかかわらず，各勤務に必要な人数 d_{jk} , a_{rjk} に比較して看護婦数 m が足りないからだと言える．特に，どの勤務にも必要とされるベテラン看護婦の数が十分でないことがネックとなっている．

しかし，各部署に配置される看護婦数や構成メンバーは，勤務表作成担当者がナース・スケジュールリング問題を解く以前の，病院経営者や人事から与えられた制約条件であり，この条件の変更については，こことは異なる次元での議論が必要となる．逆に，この条件を与えられた状況で，実行可能解を (存在するのであれば) 見つけるためには，スキルレベルの高いベテラン看護婦を有効にスケジュールリングできることが重要なポイントとなることわかる．

また，勤務の次元で考えると，管理者が不在であり少ない人数で勤務をおこなう夜勤 (または深夜勤や準夜勤) に対しては，メンバーのスキルレベルや相性等の条件が非常に厳しく考慮され，合計人数には「ある数ちょうどであるべき」という等号条件も与えられる．そして，各看護婦にとっての夜勤回数や夜勤間隔等の横の条件も厳しいものとなっている．この特徴は，夜勤の時間が長い 2 交替制において特に強いものとなる．これらに対し，日勤に対する条件は，縦にも横にも比較的緩いものとなっている．よって，ナース・スケジュールリング問題においては，夜勤に対する条件が問題全体を大きく縛る要因となっていることから，夜勤割り当てを重視したスケジュールリングが必要となる．

第4章 勤務表作成に有効なアプローチ

本章では、ナース・スケジューリング問題を拘束条件だけで扱い、実行可能解を求めることを目的とする問題として解く。そして、できるだけ互いに独立になるような部分問題を設定し、それらの解を元の問題の部分解として組み合わせる際に、問題の実行可能性に大きく拘るベテラン看護婦のスケジュールに重きをおけるようなアプローチを提案する。

4.1 問題の切り分け

我が国では、対象看護婦のほとんどが全種類の勤務を非常に短い周期でローテーションしていることなどにより、スケジューリング単位が1日単位と非常に小さい。そこで、この小さい単位をどう扱って問題を解くか、または、どのようにまとめて扱うのが効率良いのかを考えなければならない。

「ある看護婦のある日のある勤務に決定したもの」を1つの単位として問題を解く場合、この単位を「看護婦数×スケジュール日数」分だけ組み合わせたものが解になる。この組み合わせは、各勤務の看護のレベルを守るために与えられた条件も、看護婦毎に与えられる勤務数や勤務の並びの条件も、両方満たすように決定されなくてはならない。

我が国のナース・スケジューリング問題をモデル化した論文[21]では、この単位で問題を解くことにしてシミュレーテッド・アニーリングを利用していた。初期解は毎日の各勤務の合計人数のみ満たすものを用意し、近傍には「ある日のある看護婦とある看護婦の勤務を交換したもの」を設定した。このように勤務表を縦にみてその要素を交換した「縦交換」を近傍に設定する他にも、各看護婦の勤務の数を満たした初期解を与えて「横交換」を設定する方法や、任意の状態からスタートして「ある日のある看護婦の勤務を他の勤務と交換したもの」を近傍に設定する方法、などが容易に思いつくことができる。しかし、いずれの場合も、解を比較するために全く異なる次元の評価尺度をすべて一緒に次元で扱わなければならない問題や、多くの条件を満たさない状態での局所解が数多く存在して、探索の効率を非常に悪くしてしまうという問題を抱える。

そこで、もう少し大きい単位で扱うことを考えると、勤務表を日毎に縦に見た場合の「あるグループに所属する看護婦のみの勤務を決定したもの」「ある勤務への割当てだけを決定したもの」、または、これらを組み合わせるともっと小さい単位にしたものや、逆にそれらの枠を外して「ある日の勤務すべてを決定したもの」のように、もっと大きい単位を考えることができる。また、勤務表を看護婦毎に横に見た場合にも、期間や勤務を限るなどして同様な単位を考えることができる。極端に言ってしまうと、与えられている拘束条件の部分集合の選び方で、いくらでも単位の設定が可能である。しかし、その選び方で、それ

が実行可能性に向かいやすいものになるか，困難なものになるかが決ってくる．

できる限り拘束条件を取り込み，それを満たす部分解が容易に得ることができ，それら部分解を縛る拘束条件が比較的緩いものが残されるように設定できれば，全体としての実行可能解が得やすくなるのは明らかである．

以上の観点から，この論文ではアルゴリズムで扱う単位を「各看護婦におけるスケジュール期間の長さを持つ勤務パターン（勤務の並び）」とするアプローチを提案する [26]．ここで，この勤務パターンとは，3.4 節の定式化 2 の $q \in P_i, i \in M$ のことであり，これらを組み合わせて満たすべき拘束条件は，毎日の各勤務に配置される人数を制約する縦の条件（定式化 2 の (3.13) 式と (3.14) 式）である．実行可能勤務パターンを構成するための横の条件（定式化 1 の (3.3) ~ (3.7) 式）は，さまざまな種類の条件を組み入れなくてはならないため縦の条件より複雑にならざるを得ないが，この単位で問題を扱うことで，性質の違う縦の条件と横の条件を異なる次元で扱えるようになる．残された縦の条件は比較的シンプルでその数も少ない．

また，実際の問題を解く際に，定式化 1 の拘束条件 (3.1) ~ (3.8) では表せない条件¹ が存在した場合についても，それらを縦の条件と横の条件に分類して扱うことにより，次節以降のアプローチ，アルゴリズムの展開に対応することが可能である．

4.2 部分問題の設定

ここで，提案するアプローチの考え方の核となる部分問題を定義する．これは 1 看護婦の実行可能勤務パターンを選び出す問題である．

部分問題 $i \in M$:

看護婦 i 以外の看護婦のスケジュールがすべて決定している下で，看護婦 i のスケジュールを最適に決定する．看護婦 i に対するすべての勤務パターン条件（横の条件）を拘束条件とし，目的関数は毎日の各勤務の人数確保とメンバー構成の条件（縦の条件）を違反する度合い（各条件に対する過不足数の加重合計）の最小化とする．

この「毎日の各勤務の人数確保とメンバー構成の条件を違反する度合い」のことを，今後は「実行不可能度」とよぶことにする．

定式化 2 の拘束条件 (3.13) 式と，(3.14) 式の下限值条件と上限値条件の重要度の重み付けを，それぞれ $w_{jk}, u_{rjk}, v_{rjk} \geq 0$ とし， $\alpha_{jk}^-, \alpha_{jk}^+, \beta_{rjk}^-, \beta_{rjk}^+, \gamma_{rjk}^-, \gamma_{rjk}^+ \geq 0$ を，それぞれの式のスラック変数，サープラス変数として，部分問題 i を以下のように定式化する．また，ここでの $\lambda_{i'q}, q \in P_{i'}, i' \in M, i' \neq i$ は，0 か 1 の定数として与えられている．

《部分問題 $i \in M$ の定式化》

¹ 表すことのできない縦の条件としては「毎日の各勤務の合計人数の上限」「新人看護婦が入る勤務には指導担当看護婦も勤務に組み入れる」，横の条件としては「各看護婦に土曜日曜の 2 連休を必ず与える」「2 連休の数の上下限」といったものが例に挙げられる．

$$\min \sum_{j \in N} \sum_{k \in W} w_{jk} \alpha_{jk}^- + \sum_{r \in G} \sum_{j \in N} \sum_{k \in W} u_{rjk} \beta_{rjk}^- + \sum_{r \in G} \sum_{j \in N} \sum_{k \in W} v_{rjk} \gamma_{rjk}^+ \quad (4.1)$$

subject to

$$\sum_{i' \in M} \sum_{q \in P_{i'}} \delta_{i'qjk} \lambda_{i'q} + \alpha_{jk}^- - \alpha_{jk}^+ = d_{jk} \quad j \in N, k \in W \quad (4.2)$$

$$\sum_{i' \in G_r} \sum_{q \in P_{i'}} \delta_{i'qjk} \lambda_{i'q} + \beta_{rjk}^- - \beta_{rjk}^+ = a_{rjk} \quad r \in R, j \in N, k \in W \quad (4.3)$$

$$\sum_{i' \in G_r} \sum_{q \in P_{i'}} \delta_{i'qjk} \lambda_{i'q} + \gamma_{rjk}^- - \gamma_{rjk}^+ = b_{rjk} \quad r \in R, j \in N, k \in W \quad (4.4)$$

$$\sum_{q \in P_i} \lambda_{iq} = 1 \quad (4.5)$$

$$\lambda_{iq} = 0 \text{ or } 1 \quad q \in P_i \quad (4.6)$$

$$\alpha_{jk}^-, \alpha_{jk}^+ \geq 0 \quad j \in N, k \in W \quad (4.7)$$

$$\beta_{rjk}^-, \beta_{rjk}^+, \gamma_{rjk}^-, \gamma_{rjk}^+ \geq 0 \quad r \in R, j \in N, k \in W \quad (4.8)$$

具体的には、看護婦 i 以外全員の勤務スケジュールがすべて決定している状態で

- ・看護婦 i の各勤務や休みの数が許される上下限の幅におさまる
- ・看護婦 i の休み希望や勤務希望その他の業務予定等を達成する
- ・禁止されている勤務の並びを入れない

という横の条件を満たした看護婦 i 用勤務パターン $q \in P_i$ の中で、

- ・毎日の各勤務の人数の確保（拘束条件 (3.13)）
- ・毎日の各勤務について各グループからの人数が上下限以内（拘束条件 (3.14)）

といったメンバー組み合わせ条件を違反してしまう度合い（実行不可能度）が最も少ないパターンを探すことである²。

提案するアプローチでは、看護婦数分だけ存在する部分問題の中で「最も優れた目的関数値を与える部分問題の解（勤務パターン）」を、現在の勤務表を最も改善できるものとして扱う。そして、この最も改善が可能な勤務パターンを「最大改善パターン」とよぶことにする。

4.3 部分問題を利用したアプローチ

提案するアプローチでは、解の構築と改善の2つのフェーズにおいて、部分問題群から得られた最大改善パターンを採用していく。

² 1つの式の中のスラック変数とサープラス変数のペア (α_{jk}^- と α_{jk}^+ , β_{rjk}^- と β_{rjk}^+ , γ_{rjk}^- と γ_{rjk}^+) は、どちらか一方が0となることを想定している。拘束条件にこの条件を入れていないのは、目的関数がこれらのペアの一方を最小化するので、最適解においては必ずこのことが達成されるからである。

4.3.1 解の構築

先ず、何も決定していない空の勤務表からスタートして、看護婦1人1人の勤務パターンを選ばなくてはならない。

このアプローチでは、勤務の決定していない状況を休みとして扱い、最大改善パターンを次々に採用していく。つまり、全員が毎日休みの状況で人数分の部分問題を解き、最大改善パターンを与えた部分問題に対応する看護婦に対して、そのパターンを採用する。そして、再び残りの看護婦について部分問題を解き、次に採用される看護婦を決定して、そのパターンを採用する。この「残りの看護婦について部分問題を解き、次に採用されるパターンを決定する」ということを、全ての看護婦に対して勤務パターンが選ばれるまで繰り返しおこなう。

各看護婦の勤務パターン（採用される時点における最大改善パターン）をベクトルで表し、それらを足しあわせて全体としての実行可能解を目指すイメージを図4.1に示す。

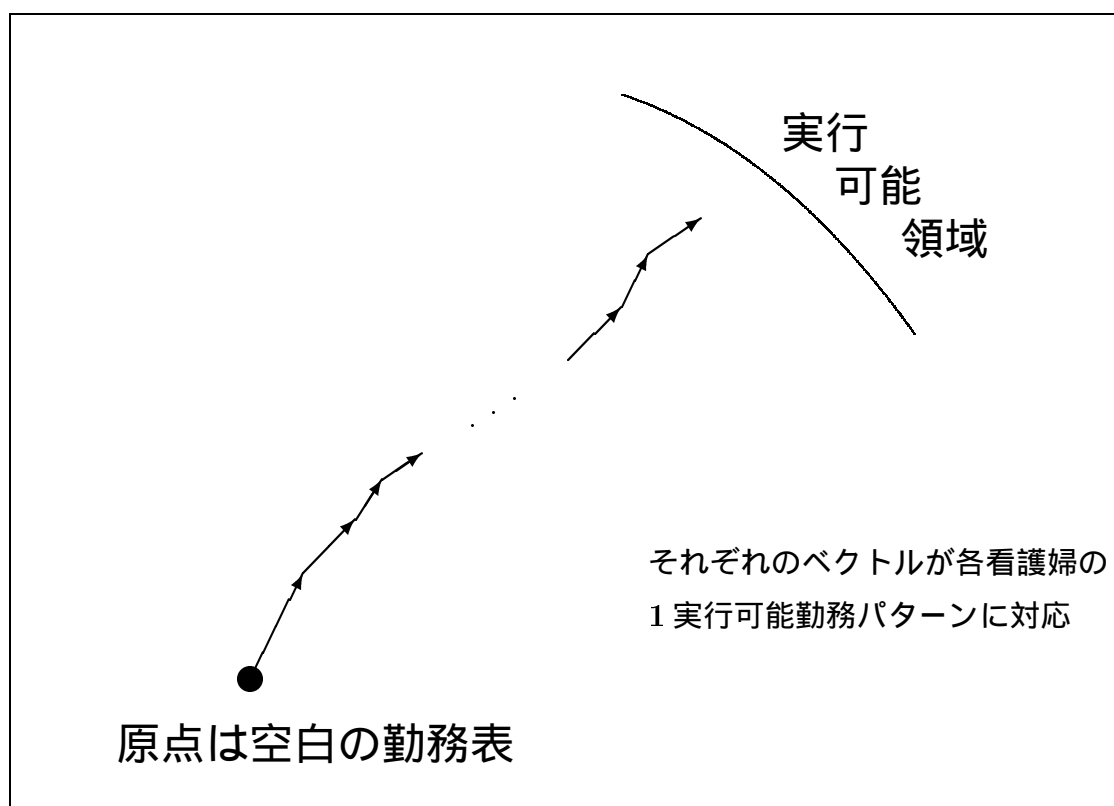


図 4.1: 解を構築するイメージ

ここでの解の空間の次元は、拘束条件の縦の条件に対応する。具体的には、縦の拘束条件に関わるグループの数を各日各勤務分足しあわせた数になる。例えば、2交替 n 日の各日各勤務とも $|R|$ 個のグループについて条件が与えられている部署を対象とすると、 $n \times 2 \times |R|$ の次元を考えることになる。そして、グループ r に所属している看護婦が j 日の勤務 k に勤務が決定してる場合には、ベクトル上の対応する要素³に1、そうでない場合には0、が

³ 例えば、 $2|R|(j-1) + |R|(k-1) + r$ 番目の要素。

情報として与えるものとする⁴。このようなベクトルを足しあわせることは、メンバー構成条件に対応する看護婦の勤務人数を各日の勤務毎にカウントしていることに等しい。

また、各次元(メンバー構成)では、上下限条件が与えられ、各勤務の合計人数に対しても下限(または上下限)条件が与えられているので、(存在するのであれば)対応する実行可能領域が与えられる。前節で定義した実行不可能度は、与えられた解と、この実行可能領域との距離尺度と言える。解の構築フェーズでは、誰も勤務に配置されていない原点からスタートして、実行可能領域に最も近づけるベクトル(勤務パターン)を持つ看護婦を選び、そのベクトルを採用して積み上げていくので、 $\cup_{i \in M} P_i$ を対象に、欲張り法的に勤務パターンを選んで解を構築することになる。

解の構築過程を探索木の上で考えて見ると、1番上のノードからは最大改善パターンを持つ看護婦の、すべての実行可能勤務パターンに対応するように分枝することになる。そして、最大改善パターンに対応する枝を選び、「その下での最大改善パターン」を持つ看護婦のすべての実行可能勤務パターンに対応するよう分枝し、よい枝(最大改善パターン)を選ぶということを繰り返す。実行可能勤務パターンは1看護婦について数万から数10万種類存在するのが標準的と思われるが、例えば各看護婦10000パターンずつであったとしても 10000^m の葉(探索対象となる勤務表)が存在することになる。解の構築過程では、このうちの1つの勤務表を(深さ優先で)選び出すことに対応する。

ここでは、後に解の改善過程を説明しやすくするために、全く現実的ではないが、ベテラン、中堅、新人の3人しかいない勤務表の例について考えてみる。各看護婦とも3種類ずつしか実行可能勤務パターンを持たなかったとし、ベテラン、中堅、新人の順に最大改善パターンが見つかったものとして、その探索木を図4.2に表してみる。合計 $3^3 = 27$ の葉に対して、欲張り法的に1番左の枝を選んでいき初期解にたどり着いたものを表している。

各看護婦に勤務パターンが採択されたところで初期解は完成するが、実行不可能度0での完成は難しいことが予測できるので、その後の解の改善を考えなければいけない。

4.3.2 解の改善

現在与えられている勤務表に対して、さらに各部分問題を解いて最大改善パターンを求め、現在採用されているパターンと交換することにより、解の改善をおこなう。

このパターン交換の繰り返しを全体としての実行可能解が得られるまでおこなっていくが、改善フェーズにおいては、局所解に陥ることを避けるために、実行可能勤務パターン集合 P_i の一部の要素(例えば、現在採用されているものや、パターン交換で外されたばかりのもの)を対象としないで部分問題を解く、といった工夫が必要となってくる。

ここでは、現在採用のパターンを対象から外す場合で、さきほどの探索木で考えてみる。ベテラン看護婦に対応する部分問題では左から10番目と19番目の解のなかで最も実行不可能度が小さい解を選び、中堅看護婦に対応する部分問題では左から4番目と7番目の解

⁴ 2交替30日の各日各勤務に対し4グループについて条件が与えられている場合、 $30 \times 2 \times 4 = 240$ の次元を考えることになる。そして、上の脚注で挙げた要素の対応で考えると、グループの1と2に所属する看護婦の、1日目に夜勤が入っている勤務パターンを表すベクトルは、0,0,0,0,1,1,0,0,で始まり、以降(残り29日分)の0,1並びとあわせて、合計240個の要素をもつものとなる。ここで、最初の4つの0は日勤に対応し、次の4つの数字は夜勤に対応する。2つの1は、グループ1と2に所属していることを表す。

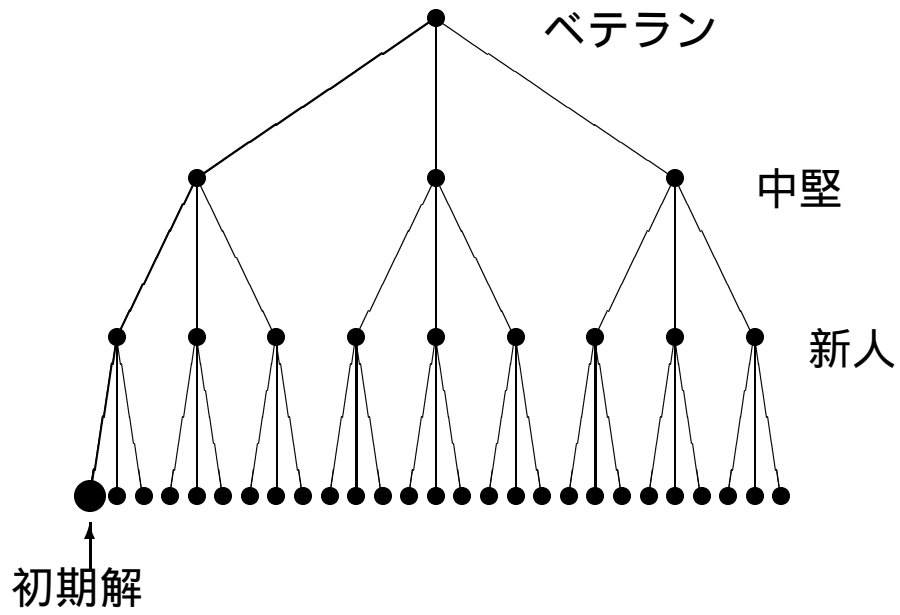


図 4.2: 探索木における初期解

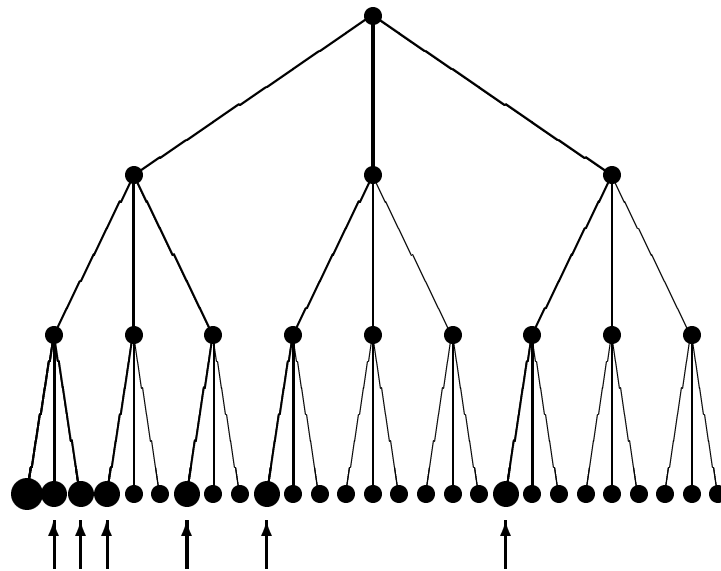


図 4.3: 探索木における次解候補

のなかで最も実行不可能度が小さい解を選び、新人看護婦に対応する部分問題では左から2番目と3番目の解のなかで最も実行不可能度が小さい解を選び、これら選ばれた3つの解のうち最も実行不可能度が小さい解(現在の勤務表に対する最大改善パターンを採用したもの)を次の解として採用していくことになる(図4.3参照)。

通常の深さ優先探索が探索木の下方での枝(パターン)交換を優先して比較評価していくのに対し、探索木の上方での枝(パターン)交換も評価の対象としていることがわかる。

この例では27ある解のうちの6つについて評価をするが、 m 人の看護婦がそれぞれ10000パターンずつ実行可能勤務パターンをもっていた場合には 10000^m ある解のうちの約 $10000 \times m$ の解だけを評価して改善の対象としているわけである。

ベクトル積み上げの図4.1においては、看護婦数だけあるベクトルのそれぞれが向きを変えながら全体としての長さを実行可能領域方向に伸ばし、その先が実行可能領域に到達するように勤務パターン交換をおこなっていきこうというものである。

4.4 提案するアプローチの有効性について

このアプローチでは、各看護婦に対応する部分問題を解くことにより、その時点において最も問題の実行可能性に影響する看護婦を選びだし、最大改善パターンを採用することで解を構築または改善していく。これは、解の構築フェーズにおいては、探索木の上の枝分けをする看護婦を選ぶことと探索を続ける枝を選ぶことを同時におこなっていることになる。そして、解の改善フェーズにおいては、探索を続けるノードと枝を選び、その枝より先(下の枝)では現在採用されている枝と同じものを採用した葉のみを改善対象として探索を続けることになる。このことは一部の看護婦の勤務パターン交換評価に偏ることなく、しかも巨大な探索空間中わずかな数の、有効な葉のみの探索を可能にする。

また、横の条件つまり勤務パターン作成の条件を切り出して考えることは、問題を解きやすくするばかりでなく、病院特有の条件やその部署の特徴等を考慮した勤務パターンを意識においたまま問題を解くことを可能にする。さらに、横の条件を看護婦毎に別々の部分問題として扱っているので、「それぞれの看護婦に対して体力や希望や公平感を配慮しやすい」構造を提供できる。つまり実行可能な勤務パターンしか対象としないことで問題を解いていくことは、効果的に解空間を絞り込むばかりでなく、解の構築や改善の段階においても人間が利用可能なたたき台を提供できると考えるのである。

現場でナース・スケジューリングのアルゴリズムが実際利用されるためには、勤務表作成者にとって「作成の考え方」が理解できることが重要であるが、提案するアプローチは「それぞれの看護婦にとって好ましい勤務パターンを組み合わせる毎日の勤務メンバーを揃えようとする」誰にでも理解できる考え方がベースになっている。さらに、このアプローチは、ナース・スケジューリング問題全体に対してだけでなく、勤務の次元で切り分けられた「夜勤だけを決定する問題」や「日勤だけを決定する問題」のそれぞれに対しても適用が可能である。

第5章 2交替制のアルゴリズムの構築

この章では、提案するアプローチを具体的なアルゴリズムとして実現するために、今後主流になると言われている2交替制勤務に対する問題を取り上げた。

構築されるアルゴリズムは、問題の探索空間を広げないように考慮した上で、日勤に対する条件の一部を緩和する。そして、この緩和問題を解くことにより夜勤と日勤の一部を決定し、その後、残された日勤を決定するという2段階で問題を解く。そして、それぞれのスケジューリングにおいて提案するアプローチを適用する。

5.1 2交替制勤務の特徴

現在、病院現場では3交替制から2交替制への移行が議論され、2交替制部署の数が増加し続けている(1.1節参照)。

2交替制勤務の多くは1日をおおよそ8時間と16時間の2つに分けた勤務帯となっている。これは3交替制の準夜勤と深夜勤を一緒にあわせて1つの夜勤としたものである。1回が2単位分にあたる長時間夜勤に対して、1ヶ月あたりの夜勤数の制約の他、連続夜勤が可能かどうか、夜勤と夜勤の間は最低何日あけるべきか等、夜勤の並び(夜勤パターン)に対する条件が厳しく与えられる。また、日勤と違って夜勤は勤務者数が少ないことや婦長が不在であることから、あらゆる事態に対応できるようにメンバーが組み込まれていなければならない¹。

逆に、日勤については勤務者数も多くメンバー組合せ条件も夜勤に比べて緩いこと、日勤と休みの並び(日勤パターン)についての条件も緩いことから、夜勤スケジュールが決定した下で、日勤と休みを決定する問題は比較的解き易いものとなる²。つまり、2交替制ナース・スケジューリングでは夜勤のスケジューリングについての拘束条件が全体問題としての解空間を絞り込んでいることから、なんらかの形で日勤メンバーを考慮しながら解くことが可能であれば、夜勤スケジューリング問題を解いて得られた解が全体としての実行可能解の部分解になる可能性が非常に高くなると考えられる。

¹ 同じ2交替でも1日を約半分に分けた「約12時間の夜勤」の部署も存在するが、夜勤に与えられる条件は約16時間の夜勤の場合と同様である。

² 実際、勤務表作成担当者は夜勤スケジューリングが完成した時点で「勤務表作成は終わったようなもの」と思い、その夜勤にあわせて日勤と休みを、数を調整しながら決定していくという。

5.2 緩和問題の利用

2 交替制ナース・スケジューリングに対して、夜勤スケジューリングを核として解くアルゴリズムを考案した。具体的には、日勤に対する条件の中でも重要なメンバー組み合わせの下限值条件(定式化 2 の (3.13) 式と (3.14) 式の下限值条件)のみを夜勤スケジューリングに組み込むことを考えた。

ここで解かれる問題は、元の問題において比較的余裕があって融通のきく「日勤の横の条件とメンバー組み合わせの上限值条件」³を緩和した問題と言える。この日勤の一部を緩和した問題を最初に扱うことにし、そこで与えられた解をベースに、残された(緩和されていた)条件を満たすよう日勤を決定していくことを考える。便宜上、今後は、前者の緩和問題を「夜勤スケジューリング」、残された後者の問題を「日勤スケジューリング」とよぶことにする。

アルゴリズムでは、夜勤スケジューリングと日勤スケジューリングの 2 段階で、前章で提案したアプローチを適用する。そして、各スケジューリングでは、実行可能勤務パターン $P_i, i \in M$ の要素と部分問題における目的関数中の重み付け係数 w_{jk}, u_{rjk}, v_{rjk} の値だけが異なる問題を解く。

5.2.1 夜勤スケジューリング

まず勤務の種類を「夜勤」「日勤」という 2 種類⁴を設定し、 $W = \{\text{night}, \text{day}\}$ と表わす。夜勤は 2 日にわたる勤務なので便宜上、夜勤入りの日(夜勤 1 日目)を「夜勤日」とよぶ。以下に、それぞれの実行可能勤務パターン $q \in P_i, i \in M$ の作成方法について説明する。

看護婦毎の実行可能勤務パターンはそれぞれの横の条件を満たしたものであるが、夜勤スケジューリングにおいては、 $(i, j, k) \in F_1$ で決定されているスケジュールの下で(その他の日勤や休みの並びについての条件を無視して)夜勤パターンを作成する。具体的には、計画期間内の夜勤回数、連続して勤務してもよい夜勤数の上下限や夜勤が終了して次の夜勤入りまでの日数の上下限を守った夜勤パターンを作成する。表 5.1、表 5.2 に夜勤パターンの例(30 日に夜勤回数 5 回の場合の例)を示す。

作成された実行可能夜勤パターン $q \in P_i, i \in M$ において δ_{iqjk} の値を以下のように設定する。夜勤日 j に対して $\delta_{iqj, \text{night}}$ は値 1, そうでない j に対して値 0, そして $\delta_{iqj, \text{day}}$ の値は夜勤や休み希望やその他の勤務から考えて日勤勤務が可能な日 j に対して値 1, そうでない j に対し値 0 を設定する。したがって実行可能夜勤パターンは夜勤に関する横の条件を満足し、さらに日勤や休みに関する横の条件を無視した日勤数最大のパターンになる。部

³ これらの条件は、比較的簡単に満たしやすい上に、たとえ満たせなかった場合においても、婦長や主任がフォローできるので、実際に使える勤務表を作成できる。逆に、これら以外の条件を 1 つでも満たせなかった場合には、実際に使える勤務表は作成できない。

⁴ 定式化 1 の拘束条件 (3.7) に対応するためには「夜勤入り(1 日目)」「夜勤明け(2 日目)」「日勤」「決定しているその他の勤務」「休み」の 5 種類必要である。ここではアルゴリズム説明をシンプルにするために、部分問題の拘束条件 (4.2)(4.3)(4.4) に関わる勤務だけ取り上げて説明するが、実際には 5 種類設定したものと同等に問題を解いている。(この説明においては $\sum_{k \in W} \delta_{iqjk} \leq 1, j \in N, q \in P_i, i \in M$.)

表 5.1: 連続夜勤 2 回以下で夜勤の間が 3 日以上，連続夜勤の間は 4 日以上．

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
-	-	-	-	-	N	n	N	n	/	-	-	-	N	n	N	n	/	-	-	N	n	/	-	-	-	-	-	-	-

⏟
4 日以上
⏟
3 日以上

表 5.2: 連続夜勤禁止で夜勤の間が 3 日以上 (Nn:夜勤,/:休み,-:日勤可能日)

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
-	-	-	N	n	/	-	-	N	n	/	-	-	-	N	n	/	-	-	N	n	/	-	-	N	n	/	-	-	-

⏟
3 日以上

分問題の目的関数中の係数 w_{jk}, u_{rjk}, v_{rjk} の値は，条件の重要度に従って設定するが，夜勤スケジュールリングでは日勤人数の上限を考慮する必要がないので $v_{rj\cdot\text{day}}$ の値はすべて 0 とする．

5.2.2 日勤スケジュールリング

日勤スケジュールリングにおける実行可能勤務パターン $q \in P_i, i \in M$ は，すでに決定された夜勤や休みや日勤⁵ を固定した下で，可能な日勤と休みのパターンを作成したもの（看護婦 i の横の条件すべてを満たしたもの）である．

夜勤スケジュールリングで得られたある看護婦の夜勤パターンが，表 5.2 で示したパターンであったとして，実行可能勤務パターンの例を，表 5.3 に示す．ここでは，日勤の横の条件として，7 日に 1 度は休みが入り，合計 9 ~ 10 日の休みが必要で，3 日連続日勤が好ましくなかったとする．通常，1 つの夜勤パターンに対し，数個から数 100 個の実行可能勤務パターンが存在する．

表 5.3: 実行可能勤務パターンの例

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
/	-	-	N	n	/	-	-	N	n	/	/	-	-	N	n	/	/	-	N	n	/	-	-	N	n	/	/	-	-

ここで， $q \in P_i, i \in M$ における $\delta_{iqj\cdot\text{night}}, j \in N$ の値には夜勤スケジュールリングで得られたパターンの値が入り，日勤日 j に対しては $\delta_{iqj\cdot\text{day}} = 1$ となる．また，日勤スケジュー

⁵ 日勤可能人数が全体人数やグループからの必要人数と等しくなっている場合には，その要素となっている日勤も確定してしまう．

リングでは，すでに夜勤に関する条件が満たされているので，目的関数中の係数 $w_{j\text{-night}}$ ， $u_{rj\text{-night}}$ ， $v_{rj\text{-night}}$ の値は意味をもたない（値 0 の項の係数）．

5.3 アルゴリズムの手順

アルゴリズムの概要：

各看護婦に対して夜勤パターンに対する条件だけの部分問題を作成し，その目的関数には「夜勤の合計人数条件やメンバー構成条件を満たさない度合い」と「日勤可能な状態の看護婦が日勤の合計人数やメンバー構成での必要人数を下回る度合い」を設定して最小化問題とする．そして，勤務がなにも決定していない状態からスタートし，「すべての部分問題を解いて得られた最大改善夜勤パターンを現在採用されているパターンと交換すること」を目的関数値 0 の夜勤パターン交換が見つかるまで繰り返す．ただし，1 度はずされたパターンは，あらかじめ設定した回数だけ交換の対象としない．さらに，夜勤スケジュールが決定した下では，それらを固定された勤務として各看護婦に対して日勤パターンに対する条件だけの部分問題を作成し，その目的関数に「日勤の合計人数条件やメンバー構成条件を満たさない度合い」を設定して最小化問題とする．夜勤スケジュールリングと同様に，部分問題を解くことによって全体としての実行可能解に到達するまで勤務パターン交換を繰り返す．

ここで，アルゴリズムを実際に動かすための工夫点を挙げておく．各看護婦の実行可能勤務パターンは各自の勤務条件やスケジュールによって異なってくるが，すべての看護婦について共通の条件があらかじめ明らかである場合，対象勤務パターンを絞り込んでおくことは可能である．そこで，夜勤のパターンに関しては共通条件のみで与えられる夜勤パターンの集合を P として，アルゴリズム起動の前，または初めに作成しておく ($\forall i \in M, P_i \subseteq P$)．そして，アルゴリズム起動時にこれらを入力し，個々の看護婦の条件にあわせて絞り込んで，実行可能夜勤パターン集合 $P_i, i \in M$ を設定する．

アルゴリズムの初めに勤務が決定していない状況を表現するためには，各看護婦に対してダミー・パターン q_0 を用意する必要がある．ここでは，夜勤スケジュールリングにおいては日勤可能な日のみ日勤記号が入った（出来る限り日勤を埋め，それ以外は記号の入っていない）パターンを利用し，日勤スケジュールリングにおいては夜勤スケジュールリングで得られたパターンをそのまま利用することを考える．そして，実行可能夜勤パターン（または実行可能勤務パターン）作成時にダミー・パターン q_0 も P_i に加え，パターン交換でダミー・パターンがはずされると同時に P_i からはずす．

なお，ダミー・パターンがいつまでも残ってしまう事態を避けるために，部分問題の目的関数値として与えられる値より十分大きな数 Big を設定し部分問題 i の目的関数に $Big \cdot \sum_{k \in W} \max\{0, c_{ik} - \sum_{j \in N} \delta_{iq_0jk}\} \cdot \lambda_{iq_0}$ の項を加えておく．アルゴリズム中の夜勤日勤両スケジュールリングにおける部分問題の目的関数式は以下ようになる．

$$\min \sum_{j \in N} \sum_{k \in W} w_{jk} \alpha_{jk}^- + \sum_{r \in G} \sum_{j \in N} \sum_{k \in W} u_{rjk} \beta_{rjk}^- + \sum_{r \in G} \sum_{j \in N} \sum_{k \in W} v_{rjk} \gamma_{rjk}^+$$

$$+Big \cdot \sum_{k \in W} \max\{0, c_{ik} - \sum_{j \in N} \delta_{iq_0jk}\} \cdot \lambda_{iq_0} \quad (5.1)$$

また，局所解に陥ることを避けるためにパターン交換で1度はずされたパターンについては，あらかじめ設定した回数だけ交換の対象としないことを考える．この回数を TL とよぶことにする．

アルゴリズム実行の際，部分問題 i を解いたときの目的関数値を z_i ，それらの中で最小の値を，そのパターンを採用した際の実行不可能度 z^* とよぶことにし，以下にアルゴリズムの具体的手順を示す．ここでは，看護婦 i のパターン q が勤務表から外されたときのイテレーション番号 (*counter* で表す) を $exchanged_{iq}$ に憶えておき (手順6)，この値が「イテレーション番号から TL を引いた数」以上である間は，パターン交換対象から外している (手順5)．最初は，実行可能夜勤 (日勤) パターンのすべてを交換対象とするため， $exchanged_{iq}$ の初期値はすべて $-\infty$ と設定する (手順1，手順8)．

《手順》

0. すべての看護婦に共通な条件を満たす夜勤パターンをすべて列挙し (集合 P の作成) ファイル P に保存しておく．
1. ファイル P から 集合 P を入力し，各看護婦 $i \in M$ に与えられた条件によって実行可能夜勤パターンを選び出し (P_i の作成)， $exchanged_{iq} = -\infty, q \in P_i$ と設定する．
2. 各看護婦 $i \in M$ についてダミー・パターン q_0 を作成し $P_i = P_i \cup \{q_0\}$ とする．
3. 各看護婦 $i \in M$ にダミー・パターン q_0 を割り当てる ($q^i = q_0$)．
4. $counter = 1$ ．
5. 各部分問題 $i \in M$ において，集合 $TABU_i = \{q | exchanged_{iq} \geq counter - TL\} \cup \{q^i\}$ を設定し，現在割り当てられているパターン q^i とすべての $q \in (P_i \setminus TABU_i)$ を交換してみた中で目的関数値を最小にするパターンを選び，その目的関数値を z_i とする (部分問題 i に $\lambda_{iq} = 0, q \in TABU_i$ を拘束条件として加えて解く)．
6. $z^* = \min_{i \in M} z_i$ を与えた部分問題 i で選ばれたパターン q^* を現在のパターン q^i と交換する ($q' = q^i, q^i = q^*$)． $q' = q_0$ ならば $P_i = P_i \setminus \{q_0\}$ とする． $exchanged_{iq'} = counter$ ， $counter = counter + 1$ ．
7. 実行不可能度 $z^* = 0$ ならば，現在の $q^i, i \in M$ を夜勤スケジュールとして決定する．そうでないならば手順5へ．
8. 各看護婦 $i \in M$ の夜勤スケジュールに対して実行可能日勤パターンを作成し (P_i の作成)， $exchanged_{iq} = -\infty, q \in P_i$ と設定する．
9. 各看護婦 $i \in M$ についてダミー・パターン q_0 を作成し $P_i = P_i \cup \{q_0\}$ とする．
10. 各看護婦 $i \in M$ にダミー・パターン q_0 を割り当てる ($q^i = q_0$)．

11. $counter = 1$.

12. 日勤スケジュールリングにおいて $z^* = 0$ になるまで手順 5~6 を繰り返す .

5.4 アルゴリズムによる勤務表の作成

前節で紹介したアルゴリズムで、東京女子医科大学附属病院の2交替制部署における1996年11月の勤務表を作成した結果を以下に示す .

対象部署は業務内容からABCの3チームに分かれており、対象看護婦は合計28人、各チームそれぞれ10人、9人、9人で構成されている . そのうち3年目以上が、それぞれ3人、2人、2人、2年目が、それぞれ4人、5人、5人、新人が、それぞれ3人、2人、2人となっている .

すべての月の全看護婦に共通な夜勤パターンについての条件は以下の通りである .

- ・夜勤は連続できない
- ・夜勤のあとは必ず休みを1日入れる
- ・夜勤と夜勤の間は3日以上あける
- ・夜勤回数は0~5回 .

各看護婦についての夜勤回数の上下限は、

- ・「0回」がBチーム新人に1人(看護婦19)
- ・「2~3回」がCチーム新人に1人(看護婦28)
- ・他26人は「4~5回」 .

さらに、その月のすべての看護婦に共通な条件として「土曜日曜または日曜祭日にあたる2連休が必ず1回は保証されること」があったので、個々の実行可能夜勤パターンの集合 P_i を設定する際に、集合 P で与えられた1夜勤パターンに対し必ず1回は土日祭日にあたる2連日が連休になるように実行可能夜勤パターンを作成する . よって土日祭日の2連休可能な箇所が複数存在すればその数だけ「 $\delta_{iqj, \text{night}}, j \in N$ の値は同じだが $\delta_{iqj, \text{day}}, j \in N$ の値が一部異なる」実行可能夜勤パターンが作成される⁶ . このパターン増幅の例を図5.1に示す .

日勤パターンについての条件は各看護婦、

- ・日勤は連続3日まで
- ・7日に1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
- ・休みは9~10日(看護婦19のみ8日も許す) .

夜勤メンバー組合せ条件は、

- ・必要人数は4人
- ・各チームから2年目以上が1人以上
- ・全体で3年目以上が1人以上 .

⁶ 34ページの脚注で述べた「拘束条件(3.0)~(3.8)で表せない」横の条件であったので、集合 P_i 作成において対応した .

元の夜勤パターン

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
金	土	日	休	火	水	木	金	土	日	月	火	水	木	金	土	日	月	火	水	木	金	休	日	月	火	水	木	金	土
-	N	n	/	-	-	N	n	/	-	-	-	-	-	N	n	/	-	-	N	n	/	-	-	N	n	/	-	-	-



2つのパターンに増幅

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
金	土	日	休	火	水	木	金	土	日	月	火	水	木	金	土	日	月	火	水	木	金	休	日	月	火	水	木	金	土
-	N	n	/	-	-	N	n	/	/	-	-	-	-	N	n	/	-	-	N	n	/	-	-	N	n	/	-	-	-

2 連休確定

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
金	土	日	休	火	水	木	金	土	日	月	火	水	木	金	土	日	月	火	水	木	金	休	日	月	火	水	木	金	土
-	N	n	/	-	-	N	n	/	-	-	-	-	-	N	n	/	-	-	N	n	/	/	/	N	n	/	-	-	-

2 連休確定

図 5.1: パターン増幅の例 (Nn:夜勤,/:休み,-:日勤可能日)

日勤メンバー組合せ条件は，

- ・必要人数はその日の業務内容により異なっており，6日と19日が12～14人，26日が12～16人，その他の平日が10～11人，日曜祭日は9人
- ・各チームからは，6日と19日が4～5人，26日が4～6人，その他の平日が3～4人，日曜祭日は3人
- ・各チームから2年目以上が，26日が2～5人，その他の日が2～4人
- ・全体で3年目以上が1人以上．

前月末の勤務表と当月の勤務希望，休み希望，セミナー等固定された勤務，曜日が書き込まれた勤務表を表5.4に示す（各チームとも，上から3年目以上，2年目，新人の順になっている）．そして，それらを考慮して各看護婦について選択された実行可能夜勤パターンの数を表5.5に示す．

表 5.4: 前月末勤務表と勤務希望等

看護婦 番号	26 土	27 日	28 月	29 火	30 水	31 木	1 金	2 土	3 日	4 月	5 火	6 水	7 木	8 金	9 土	10 日	11 月	12 火	13 水	14 木	15 金	16 土	17 日	18 月	19 火	20 水	21 木	22 金	23 休	24 日	25 月	26 火	27 水	28 木	29 金	30 土				
A	1	/	/	/	-	-	N	n	/																															
	2	/	/	/	-	-	/	/														*																	*	
	3	-	N	n	/	-	-			/	/												/																	
	4	N	n	/	/	N	n	/																	/															
	5	-	-	N	n	/	-																																	
	6	n	/	-	-	N	n	/																																
	7	-	-	+	N	n	/								+		/	/																						
	8	/	/	N	n	/	-							+		+																								
	9	N	n	/	-	-	+																																	
	10	/	-	-	-	+	+								/																									
B	11	/	/	/	-	N	n	/																																
	12	N	n	/	/	/	-			/																														
	13	/	/	N	n	/	/	/																																
	14	-	-	-	N	n	/														/	/																		
	15	n	/	-	-	-	N	n	/						+											/														
	16	-	N	n	/	-	-																																	
	17	/	/	-	N	n	/																																	
	18	-	-	-	-	+	-																																	
	19	-	-	-	/	-	-			/																														
C	20	-	N	n	/	/	-						/																											
	21	-	-	-	/	-	/																																	
	22	/	/	N	n	/	-																		/															
	23	N	n	/	-	-									+																									
	24	n	/	+	N	n	/								+																									
	25	/	-	-	+	-	N	n	/						N	n	/																							
	26	/	/	/	/	N	n	/							N	n	+																							
	27	/	-	-	-	-	N	n	/																															
	28	-	N	n	/	+	-																																	

(Nn:夜勤,-:日勤,+ :他勤務,/ :休み,* :夜勤不可,x :日勤不可)

表 5.5: 各看護婦の実行可能夜勤パターン数

A チーム										
看護婦番号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
パターン数	1965	2752	6822	4222	9164	6187	1906	1593	782	6502
B チーム										
看護婦番号	11	12	13	14	15	16	17	18	19	—
パターン数	1949	10173	1200	4269	134	235	3951	4614	5	—
C チーム										
看護婦番号	20	21	22	23	24	25	26	27	28	—
パターン数	9260	13150	6171	5420	3767	177	519	354	6601	—

ここで、部分問題における目的関数中の重み付け係数 w_{jk}, u_{rjk}, v_{rjk} は、夜勤スケジュールリングにおける $v_{rj \cdot \text{day}}, r \in R, j \in N$ を 0 に設定した以外はすべて 1 に設定した。1 度はずしたパターンを交換の対象としない期間 TL のサイズは問題の大きさによってチューニングが必要と思われるが、この問題では 30 回とした。

これらの条件の下で夜勤スケジュールリングした結果、全員がダミー・パターンからスタートして 33 回のパターン交換まで実行不可能度を増やすことなく値 2 まで解を改善できた。そして、115 回目（改善フェーズに入って 87 回目）の交換で 1 個目の実行可能解が得られた。

また、実行不可能度 $z^* = 0$ となったあとも実行可能解を 30 個見つけるまでアルゴリズムを延長させたところ、197 回目までの交換でそれらの解が得られた（ただしこれらの解には土日祭日にあたる 2 連休の位置が異なるだけで夜勤自体は同じパターンで与えられているものも多く含まれるので、異なる夜勤のパターンのスケジュールは 4 種類である）。全看護婦に共通な条件だけを満たす夜勤パターン（夜勤回数 0 ~ 5 : 6958 パターン）をすべて列挙してファイル P に保存するのに 4.9 秒、ファイル P から夜勤パターンを入力し個々の看護婦の実行可能パターンを選び出して 1 個目の実行可能解を探すのに 368.7 秒、そして 2 個目から 30 個目までを探すのに 259.8 秒を要した（使用計算機は Sun SS20）。

残された日勤と休みのスケジュールリングには、1 個目に得られた解（夜勤スケジュール）を利用した。利用した夜勤スケジュール（確定している夜勤、休み、固定勤務）を表 5.6 に示す。また、各グループにおいて日勤可能看護婦の数が日勤必要数（下限値）と等しくなっている部分は日勤が確定するので日勤マーク「-」が書き込まれている。これに対する各看護婦についての実行可能日勤パターンの数を表 5.7 に示す。

日勤スケジュールリングにおいては、日勤パターンを作成（全列挙）したあと、61 回のパターン交換により実行可能な勤務表が得られた（10.9 秒）。その結果を表 5.8 に示す。

また、30 個目までの実行可能解を求めたところ、1 個目の解が見つかったからのパターン交換毎に 1 個ずつ得ることができた（2.5 秒）⁷。

5.5 考察

提案する 2 交替制のアルゴリズムを利用して、実際のデータに対し、実行可能な勤務表を作成することができた。

2 交替制問題の核となる夜勤スケジュールリングについては、同じ部署の他の月の勤務表⁸ やそれらの条件を緩めたものなど複数のデータで勤務表を作成した。横の条件のきつさによって実行可能夜勤パターンの数が異なることや、各スキルレベルの構成人数によっても縦の条件のきつさが変わってくるので、解が得られるまでの時間にばらつき（数秒 ~ 30 数分）はあるものの、すべての場合において与えた条件を満たす勤務表を得ることができた。このことは、全条件を満たす勤務表の作成が達成できないため休み希望をあきらめて

⁷ このことからわかるように、日勤に関しては拘束条件が緩やかなことから、あとから人による手直しも可能である。

⁸ 同じ部署の翌年 3 月の勤務表。6 章では、アルゴリズムの振るまいを観察するために、5.4 節で扱った問題をデータ 1、翌年 3 月の問題をデータ 2 として扱う。問題の拘束条件やスケジュールリング結果の詳細については付録を参照。

表 5.6: 夜勤スケジュールリングの結果

看護婦 番号	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	/	-	N	n	+
	金	土	日	休	火	水	木	金	土	日	月	火	水	木	金	土	日	月	火	水	木	金	休	日	月	火	水	木	金	土	休み	日勤	夜勤	ほか	
1	n	/	/	-	-				-		+	N	n	/	-	-	N	n	/			N	n	/		/	N	n	/			7	13	4	1
2	/	N	n	/	-	N	n	/	/		N	n	/		-	N	n	/			N	n	/			/	/					9	11	5	0
3	N	n	/	/		N	n	/		-	N	n	/		/	/								N	n	/	-			N		7	14	5	0
4	/		-	N	n	/			N	n	/	-		N	n	/	-			/	N	n	/	/		N	n	/			8	12	5	0	
5	-		N	n	/	-			-		-			N	n	/			N	n	/	/	/	N	n	/					6	16	4	0	
6	/	/	/	N	n	/			N	n	/				N	n	/								-		N	n	/		7	15	4	0	
7	-	-	-	/	-	+	N	n	/	/	-	N	n	/	/	/		N	n	/			-		-		-		N	n	7	14	4	1	
8			-		+	+	N	n	/	-		N	n	/	/			N	n	/	/	/	N	n	/					7	13	4	2		
9	N	n	/			N	n	/	/	/	+			N	n	/						N	n	/	/		N	n	/		8	11	5	1	
10		/	/	N	n	/	/			N	n	/				-	-	N	n	/				-		-			N	n	6	16	4	0	
11	/	-	-	N	n	/	-		N	n	/	+		N	n	/	-			N	n	/	/	/		/	/		N	n	9	10	5	1	
12		/	/		N	n	/			N	n	/		-	N	n	/							-	N	n	/			N	6	15	5	0	
13	/	N	n	/	-		N	n	/	/		N	n	/		-	N	n	/					N	n	/					7	13	5	0	
14		-	N	n	/		-	/	/		-	/	/	-	-	N	n	/			N	n	/	-					N	7	16	4	0		
15	n	/	-		-	+	N	n	/		-		-	N	n	/			/	N	n	/	/		-		N	n	/	7	13	4	1		
16	N	n	/		-	N	n	/		-	N	n	/	-	/	/					N	n	/	-	N	n	/			7	13	5	0		
17		-	-	N	n	/			-		+	N	n	/	/	/		N	n	/			-		N	n	/			6	15	4	1		
18	/	N	n	/				N	n	/		-	+		N	n	/			N	n	/	/		N	n	/			7	12	5	1		
19		/	/						-		+	+	-	-										-		-				2	26	0	2		
20			N	n	/	/	-	N	n	/		-		N	n	/		-		N	n	/	/		N	n	/			7	13	5	0		
21			-	N	n	/	-		N	n	/	-		N	n	/	/		N	n	/			-			N	n	/		6	14	5	0	
22		N	n	/	-		N	n	/	/		N	n	/			N	n	/	/		N	n	/						7	13	5	0		
23	N	n	/	/	-	+		-	N	n	/				N	n	/	-			/	N	n	/			N	n	6	13	5	1			
24			N	n	/	/	+	/	/	N	n	/			-	-					N	n	/			N	n	/		6	15	4	1		
25	n	/	/	-	-	N	n	/	-	-		-	N	n	/		-	N	n	/				N	n	/			N	6	14	5	0		
26	/		-	-	N	n	+	/	-	-	N	n	/		/	/		-	N	n	/		-	N	n	/		-	7	14	4	1			
27	n	/	/	/			N	n	/	-		+	/			N	n	/		+		N	n	/			N	n	/	8	11	4	2		
28			-	-		-	/	/			N	n	/			-		N	n	/			-							4	22	2	0		
-:日勤	13	13	9	12	15	14	11	14	12	9	15	10	16	12	15	11	9	16	16	13	15	16	12	9	15	15	13	15	16	16					
Nn:夜勤	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				

表 5.7: 各看護婦の実行可能勤務パターン数

A チーム										
看護婦番号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
パターン数	25	10	136	37	155	75	7	44	37	81
B チーム										
看護婦番号	11	12	13	14	15	16	17	18	19	—
パターン数	7	533	104	101	22	94	105	136	3374	—
C チーム										
看護婦番号	20	21	22	23	24	25	26	27	28	—
パターン数	109	149	136	136	121	56	56	55	396	—

表 5.8: 日勤スケジュールリングの結果

看護婦 番号	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				
	金	土	日	休	火	水	木	金	土	日	月	火	水	木	金	土	日	月	火	水	木	金	休	日	月	火	水	木	金	土	休み	日勤	夜勤	ほか
1	n	/	/	-	-	/	/	-	-	-	+	N	n	/	-	-	N	n	/	-	-	N	n	/	-	/	N	n	/	9	11	4	1	
2	/	N	n	/	-	-	N	n	/	/	-	N	n	/	-	-	N	n	/	/	-	N	n	/	-	-	/	/	-	-	10	10	5	0
3	N	n	/	/	-	N	n	/	/	-	N	n	/	-	-	/	/	-	-	-	/	-	-	N	n	/	-	-	/	N	10	11	5	0
4	/	-	-	N	n	/	-	-	N	n	/	-	-	N	n	/	-	-	-	/	N	n	/	/	-	N	n	/	/	/	10	10	5	0
5	-	-	N	n	/	-	-	-	/	-	-	-	/	-	N	n	/	/	/	N	n	/	/	/	N	n	/	-	-	-	10	12	4	0
6	/	-	/	/	N	n	/	-	-	N	n	/	-	-	-	N	n	/	-	-	-	/	/	-	-	-	N	n	/	/	10	12	4	0
7	-	/	-	-	/	-	+	N	n	/	/	-	N	n	/	/	/	-	N	n	/	-	-	-	/	-	-	/	N	n	10	11	4	1
8	-	/	-	/	/	+	-	+	N	n	/	-	-	N	n	/	/	-	-	N	n	/	/	/	N	n	/	-	-	-	10	10	4	2
9	N	n	/	-	-	N	n	/	/	/	-	+	-	-	N	n	/	/	-	-	-	N	n	/	/	-	N	n	/	/	10	9	5	1
10	-	/	/	N	n	/	/	-	-	N	n	/	/	/	-	-	-	N	n	/	/	-	-	-	/	-	-	-	N	n	10	12	4	0
11	/	-	-	N	n	/	-	-	N	n	/	+	/	N	n	/	-	-	-	N	n	/	/	/	-	/	/	-	N	n	10	9	5	1
12	-	/	/	/	N	n	/	-	/	N	n	/	-	-	-	N	n	/	/	-	-	/	-	-	N	n	/	-	-	N	10	11	5	0
13	/	N	n	/	-	-	N	n	/	/	-	N	n	/	/	-	N	n	/	/	-	-	-	N	n	/	-	-	/	-	10	10	5	0
14	-	-	N	n	/	-	-	-	/	/	/	-	-	/	/	-	-	N	n	/	/	-	N	n	/	-	-	/	-	N	10	13	4	0
15	n	/	-	-	-	/	+	N	n	/	-	-	/	-	N	n	/	-	-	/	N	n	/	/	-	-	-	N	n	/	9	11	4	1
16	N	n	/	-	-	N	n	/	-	-	N	n	/	-	-	/	/	-	/	-	-	N	n	/	-	-	N	n	/	/	9	11	5	0
17	/	-	-	-	N	n	/	-	-	-	/	+	N	n	/	/	/	-	N	n	/	-	-	-	/	N	n	/	/	-	10	11	4	1
18	/	N	n	/	/	-	-	N	n	/	-	-	/	+	-	N	n	/	-	-	N	n	/	/	-	N	n	/	-	/	10	9	5	1
19	-	/	/	/	/	-	-	/	-	-	/	+	-	+	-	-	-	/	-	-	/	-	-	/	-	-	/	-	-	10	18	0	2	
20	-	-	N	n	/	/	-	N	n	/	-	-	/	-	N	n	/	-	-	-	N	n	/	/	-	N	n	/	-	/	9	11	5	0
21	-	-	-	N	n	/	-	/	N	n	/	-	-	N	n	/	/	/	N	n	/	/	-	-	/	-	N	n	/	-	10	10	5	0
22	-	N	n	/	-	-	N	n	/	/	-	N	n	/	/	-	N	n	/	/	-	N	n	/	-	-	-	/	/	-	10	10	5	0
23	N	n	/	/	-	/	+	-	-	N	n	/	-	/	-	N	n	/	-	-	/	-	/	N	n	/	-	-	N	n	9	10	5	1
24	/	-	N	n	/	-	+	-	/	/	N	n	/	-	-	/	-	-	-	/	-	-	N	n	/	-	-	N	n	/	9	12	4	1
25	n	/	/	-	-	N	n	/	-	-	/	-	N	n	/	-	-	N	n	/	-	/	-	N	n	/	/	-	-	N	9	11	5	0
26	/	-	-	-	N	n	+	/	-	-	N	n	/	-	/	/	/	/	-	N	n	/	-	-	N	n	/	/	-	-	10	11	4	1
27	n	/	/	/	-	-	N	n	/	-	-	+	-	/	-	-	N	n	/	-	+	/	N	n	/	-	-	N	n	/	9	10	4	2
28	/	/	-	-	/	-	-	-	/	/	-	N	n	/	/	-	-	-	N	n	/	-	/	-	-	-	/	-	-	10	16	2	0	
-:日勤	10	10	9	9	11	12	10	11	9	9	11	10	10	10	11	10	9	11	13	10	10	11	10	9	10	15	11	10	11	10				
Nn:夜勤	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				

もったり日勤のメンバー構成等のいくつかの条件を緩めて作成している現在の状況に対して、大きく貢献できるものとする。

また、アルゴリズムは夜勤スケジュールリングと日勤スケジュールリングの2段階で問題を解いている。しかし、すでに夜勤スケジュールリングにおいて、日勤に対する重要な条件も含めて解いているので、夜勤スケジュールリングの解は、そのまま利用できる部分解として、勤務表作成担当者に提供することもできる⁹。

これらの実行において興味深かったのは、1つ目の解を探すのに多少時間を要しても、その周辺に実行可能解が複数存在していたことである。このことは、複数の勤務表提示の可能性を与えるが、現在与えられている勤務表に一部修正を加えた上での再スケジュールリングの可能性としても検討していくべきものとする。

また、スケジュールリングの最中にも、どの条件を満たせないのかを表示させたので、理屈にあわない条件¹⁰ やネックになっている条件を発見することもできた。

⁹ 残りの日勤スケジュールリングは手作業でおこなえる。

¹⁰ 例えば、休み希望が同じ日に重なりすぎているときなど。

第6章 アルゴリズムの速度向上

ここでは、部分問題を効率よく解く方法を提案し、アルゴリズムの速度向上を図る [27]。無駄な列挙 (パターンの評価計算) を省くために、まず、パターン交換の際に採用される最大改善パターンの性質について考察する。更に、それら明らかになった性質を確かめるために、5章のアルゴリズムが実行可能解を得るまでにどのような振るまいをするのかを観察する。そして、最大改善パターンの性質を利用した「改善アルゴリズム」を構築し、5章のアルゴリズムと比較する。今後は、5章のアルゴリズムを「基本アルゴリズム」とよぶことにする。

6.1 パターン作成方法の変更

この節では、アルゴリズム改善の議論に入る前に、5章で実際に問題を解いた際の $q \in P_i, i \in M$ の生成方法に一部修正を加えておく。5章では各看護婦に対して「土日祭日にあたる2連休を確実にする」ために、夜勤に対する条件に従って生成されたパターンそれぞれを、土日2連休を確定した複数のパターンに増幅していた。しかし、すでに休み希望などから土日祭日の2連休が確定されている看護婦についてはパターン増幅が不要であるにもかかわらず全看護婦に対しパターン増幅をおこなっていたので、この場合のパターン増幅をおこなわないよう生成方法を修正した。パターン増幅をおこなわない例を、パターン増幅をおこなう例 (5章の図 5.1 で示した例) と一緒に、図 6.1 に示す。下の例では、元の夜勤パターンが「9日10日の土日にあたる2連休」をすでに休み希望として確定しているので、パターン増幅をおこなわない。

また、この修正により、5章の夜勤スケジューリングの段階で得られたもの (表 5.6) と一部異なる解が得られたので新しい解¹ を表 6.1 に示す。

5章ではパターン交換の手順を 115 回繰り返すことにより解を得たが、表 6.1 の解は 47 回で得ることができた。9 人 (看護婦 1,4,5,6,8,9,11,12,18,28) に夜勤位置や回数の変更が見られたが、すべての条件を満たした勤務表が得られるという点で同等な解になっている。よって、この新しい解を基本アルゴリズムで解いた解として次節以降の議論を進める。

6.2 有効なパターンの絞り込み

1 人の看護婦に着目した場合、他の看護婦の勤務パターンの組み方によって、どの実行可能勤務パターンが全体としての実行不可能度を減らせるかが異なってくるので、基本

¹ この解に対する日勤スケジューリングの結果は付録を参照。

パターン増幅する例：

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
金	土	日	休	火	水	木	金	土	日	月	火	水	木	金	土	日	月	火	水	木	金	休	日	月	火	水	木	金	土
-	N	n	/	-	-	N	n	/	-	-	-	-	-	N	n	/	-	-	N	n	/	-	-	N	n	/	-	-	-

↓
2つのパターンに増幅

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
金	土	日	休	火	水	木	金	土	日	月	火	水	木	金	土	日	月	火	水	木	金	休	日	月	火	水	木	金	土
-	N	n	/	-	-	N	n	/	/	-	-	-	-	N	n	/	-	-	N	n	/	-	-	N	n	/	-	-	-

⏟
2 連休確定

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
金	土	日	休	火	水	木	金	土	日	月	火	水	木	金	土	日	月	火	水	木	金	休	日	月	火	水	木	金	土
-	N	n	/	-	-	N	n	/	-	-	-	-	-	N	n	/	-	-	N	n	/	/	/	N	n	/	-	-	-

⏟
2 連休確定

パターン増幅しない例：

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
金	土	日	休	火	水	木	金	土	日	月	火	水	木	金	土	日	月	火	水	木	金	休	日	月	火	水	木	金	土
-	N	n	/	-	-	N	n	/	/	-	-	-	-	N	n	/	-	-	N	n	/	-	-	N	n	/	-	-	-

⏟
休み希望

↓
パターン増幅しない(そのまま登録)

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
金	土	日	休	火	水	木	金	土	日	月	火	水	木	金	土	日	月	火	水	木	金	休	日	月	火	水	木	金	土
-	N	n	/	-	-	N	n	/	/	-	-	-	-	N	n	/	-	-	N	n	/	-	-	N	n	/	-	-	-

図 6.1: パターン増幅の例 (Nn:夜勤,/:休み,-:日勤可能日)

表 6.1: 夜勤スケジュールリングの結果 (パターン増幅方法変更後)

看護婦 番号	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	/	-	Nn	+
	金	土	日	休	火	水	木	金	土	日	月	火	水	木	金	土	日	月	火	水	木	金	休	日	月	火	水	木	金	土	休み	日勤	夜勤	ほか
1	n	/	/	-	N	n	/	-	-	-	+	N	n	/	-	-	N	n	/			N	n	/		/	N	n	/	8	10	5	1	
2	/	N	n	/		-	N	n	/	/		N	n	/		-	N	n	/			N	n	/		/	/			9	11	5	0	
3	N	n	/	/		N	n	/		-	N	n	/			-	/						-	N	n	/	-		N	6	15	5	0	
4	/	/	/	/		-	-	N	n	/	-		N	n	/	-		/	N	n	/	-		N	n	/			8	14	4	0		
5	-	N	n	/	-		N	n	/		-			N	n	/			N	n	/	/	/	N	n	/			7	13	5	0		
6	/	/	-	N	n	/	/	-		N	n	/				N	n	/			/	/				N	n	/	7	15	4	0		
7	-	-	-	/	-	+	N	n	/	/	-	N	n	/	/	/		N	n	/		-	-		-		N	n	7	14	4	1		
8		N	n	/		+	+	N	n	/	-		N	n	/	-			N	n	/	/	/	N	n	/			7	11	5	2		
9		/	/	-	N	n	/			-	+			N	n	/				N	n	/	/		N	n	/		7	14	4	1		
10			-	N	n	/	/			N	n	/			/	/	N	n	/			-	-		-		N	n	6	16	4	0		
11	/	/	-	N	n	/	/			N	n	/	+		N	n	/	-			N	n	/	/	/	/	/		N	n	9	10	5	1
12	N	n	/	/						N	n	/		-	N	n	/								N	n	/		5	17	4	0		
13	/	N	n	/			N	n	/	/		N	n	/	-	N	n	/					N	n	/				7	13	5	0		
14	-	N	n	/					-	-	/	/	/	/	N	n	/				N	n	/	-			N	7	16	4	0			
15	n	/	/	/			+	N	n	/		-	-	N	n	/		/	N	n	/		-		N	n	/	8	12	4	1			
16	N	n	/	-		N	n	/		-	N	n	/	-	/	/				N	n	/	-	N	n	/		7	13	5	0			
17	-	-	-	N	n	/	/	/		+	N	n	/	-	-		N	n	/					N	n	/		6	15	4	1			
18	/	/	-		N	n	/		-	-	+			N	n	/			N	n	/	/		N	n	/		6	15	4	1			
19	-	/						/	/		+	+	-	-											-			3	25	0	2			
20			N	n	/	/	-	N	n	/		-		N	n	/	-		N	n	/	/		N	n	/		7	13	5	0			
21			-	N	n	/	-		N	n	/	-		N	n	/	/		N	n	/		-		N	n	/	6	14	5	0			
22		N	n	/	-		N	n	/	/		N	n	/			N	n	/	/		N	n	/				7	13	5	0			
23	N	n	/	/	-		+	-	N	n	/			N	n	/	-		/	N	n	/			N	n	/	6	13	5	1			
24			N	n	/		+	/	/	N	n	/			-	-				N	n	/			N	n	/	6	15	4	1			
25	n	/	/	-	-	N	n	/	-	-		-	N	n	/		-	N	n	/			N	n	/		N	6	14	5	0			
26	/	/	-	-	N	n	+	/	-	-	N	n	/		/	/		-	N	n	/		-	N	n	/		-	7	14	4	1		
27	n	/	/	/			N	n	/	-		+	/			N	n	/		+		N	n	/		N	n	/	8	11	4	2		
28			-	-		-	/	/			N	n	/		-		N	n	/			-					N	4	21	3	0			
-:日勤	13	15	9	10	15	14	11	14	12	9	15	10	16	12	15	11	9	16	16	13	15	16	11	10	15	15	13	15	16	16				
Nn:夜勤	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			

(-:日勤 , Nn:2 日間にわたる夜勤 , +:その他の勤務 , /:休み)

アルゴリズムでは勤務パターンが採用される度に、各看護婦に対応する部分問題を解いて次の採用勤務パターンを決めている。また、その部分問題を解く際には、対応する看護婦の実行可能勤務パターン $q \in P_i$ の目的関数値（実行不可能度）をすべてを計算して、その値の比較によって選択をおこなっている。よって1つのパターン交換の際には、およそ $\sum_{i \in M} |P_i|$ 回の比較計算がおこなわれていることになる。基本アルゴリズムでは、この比較計算において現在採用されているパターン q^i と評価するパターン q の異なる部分の「勤務が変わることによる目的関数値の変化」のみを計算しているが、その計算時間の合計は解を得るまでの時間の大きな割合を占めている。5.4節の問題(表6.1)を解く際には約97%を占めた。

しかし、対象となる実行可能勤務パターンの中にも、全体の実行可能性にとって、よい方向を持つものと全く反対の方向を持つものが存在するはずである。そこで、どんな勤務パターンがよい方向を持ち得るのかを、実行可能パターン数の多い夜勤スケジューリングにおいて考察し、部分問題の解として選ばれない(実行可能方向に向かわない)パターンについて比較評価の省略を考える。

ここで、よい方向をもつパターンとは「現在満たしている条件を守ったまま満たしていない条件を改善できる(実行不可能度を減らせる)パターン」と考えると、現在満たされていない条件の1つについてだけ改善できる夜勤パターンが存在するならば、それは現在採用されている夜勤パターンと夜勤位置に関して高々1ヶ所だけ異なる(増えたり減ったりしている)パターンである。これは「夜勤の合計人数がある数ちょうどであるべき」という、ナース・スケジューリング問題特有の条件から与えられる特徴であり、他のどの夜勤が増えたり減ったりしても、必ず実行不可能度に影響が及ぶからである。

このことを、簡単な例を表6.2に挙げて説明する。

表 6.2: 1夜勤条件のみ改善できる夜勤パターンの例

	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
	金	土	日	休	火	水	木	金	土	日	月	火	水	木	金	土	日	月	火	水	木	金	休	日	月	火	水	木	金	土
Nn	4	4	4	4	4	4	4	4	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
現在	-	/	/	N	n	/	-	-	-	-	-	-	-	-	N	n	/	-	-	N	n	/	-	-	N	n	/	-	-	-
(1)	-	/	/	N	n	/	-	-	N	n	/	-	-	-	N	n	/	-	-	N	n	/	-	-	N	n	/	-	-	-
(2)	-	-	-	N	n	/	-	-	N	n	/	-	-	-	N	n	/	-	-	N	n	/	/	/	N	n	/	-	-	-

夜勤が4名ちょうどであるべき条件の下で、1ヶ所条件を満たしていない(9日の夜勤人数が足りない)勤務表に対して、この条件を改善できる実行可能夜勤パターンを持つ看護婦が存在したとする。この看護婦には夜勤の数が4~5回が許されていて、実行可能夜勤パターンは土日祭日2連休が確定(パターン増幅)して作成されている。また、23日と24日に残された日勤の数が必要人数下限値よりも多かったものとして、この看護婦に現在採用されている勤務パターンを表6.2の「現在」の行に、9日の夜勤条件を改善できる2つの夜勤パターンを(1)と(2)の行に示す。

これらは夜勤位置に関して1ヶ所(9日に入ったこと)のみ現在採用されているものと異なるパターンであるが、夜勤人数が超過している条件が対象の場合には「夜勤が1ヶ所減つ

たパターン」，日勤に残される人数が足りない条件が対象の場合には夜勤位置はそのまま「2連休の位置のみ移動したパターン」が対応する．また，現在満たしている条件を守ったまま複数ヶ所の条件を一度に改善できるパターンが存在したとすれば，高々その数だけ夜勤位置が異なるパターンということになる．

さらに，現在採用されているパターンに1ヶ所夜勤が増えたり減ったりした場合でも，現在満たしていない条件を複数満たせる場合がある．例えば，ある日の夜勤の全体人数とグループに必要な人数の両方を満たしていない状況で，そのグループに属している看護婦の「現在採用されているパターンにその日の夜勤をつけ加えた」パターンを採用した場合がそうである．

これらのことにより，現在採用されている勤務パターンと高々「改善したい条件の数」だけ夜勤の位置が異なるパターンのみを，交換の対象として比較計算することが有効ではないかと考えた．そして，解の改善フェーズにおいては，すでに満たしていない条件数は少なくなっていることと，1人の看護婦に許される夜勤の数にはほとんど幅がなく²，夜勤の数の増減は通常1回程度であることから，ほとんど夜勤位置がかわらないパターンがその対象になると思われる．

そこで，基本アルゴリズムのパターン交換において上記のようなパターンが実際に選択されているかどうかを調べることにした．パターン交換がおこなわれた2つのパターン（基本アルゴリズムの手順6における現在の q^i と選ばれた q^* ）の夜勤位置の比較をおこなうために，2つのパターンの一方が夜勤日（夜勤入りの日）であるのもう一方がそうではない日の数を夜勤パターン間の「差」と定義した．パターン q とパターン q' の差を以下の式で与える．

$$\sum_{j=1}^n |\delta_{iqj \cdot \text{night}} - \delta_{iq'j \cdot \text{night}}| \quad (6.1)$$

夜勤回数が同一であるときのパターン間の差は偶数(0,2,4,...)となるが，1人の看護婦に与えられる夜勤回数に幅があった場合には，夜勤回数が1回違いの場合は奇数(1,3,5,...)の差，2回違いの場合には再び偶数(2,4,8,...)の差，というようになる．例えば，表6.2の現在のパターンと(1)や(2)のパターンとの差はそれぞれ1，(1)のパターンと(2)のパターンとの差は0である．

調べる対象としては，東京女子医科大学附属病院の2交替制部署28人の2ヵ月分のデータにおける夜勤スケジュールリングを取り上げた．データ1は5.4節で扱った1996年11月の問題(表6.1)³，そしてデータ2は同じ部署の翌年3月の問題⁴である．それぞれの夜勤スケジュールリングにおける勤務(夜勤)パターン交換の過程を調べた．基本アルゴリズムでは，データ1に対して47回，データ2に対して972回のパターン交換で解を得ることができた（実行不可能度の重み付け係数 w_{jk}, u_{rjk}, v_{rjk} は，5.4節と同様に $v_{rj \cdot \text{day}}$ を0とした以外はすべて1に設定した． $TL = 30$ ）．それぞれのデータについて，解の改善フェーズにおける実行不可能度の変化のグラフを図6.2と図6.3に示す．それぞれのグラフでは実行不可能度0の解を30個得るまでを表している．

² 例えば4~5回．

³ データ1における拘束条件は付録にも載せた．

⁴ データ2における拘束条件とスケジュールリング結果の勤務表については付録を参照．

図 6.2: データ 1 の解の改善フェーズにおける実行不可能度の変化

図 6.3: データ 2 の解の改善フェーズにおける実行不可能度の変化

各看護婦の実行可能夜勤パターン数 (P_i の要素数) は, 表 6.3 と表 6.4 の通りである. パターンの増幅方法の変更のために, データ 1 の看護婦 3 と 8 のパターン数が, 5.4 節の表 5.5 と異なっている.

表 6.3: 各看護婦の実行可能夜勤パターン数 (データ 1)

看護婦番号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
パターン数	1965	2752	1925	4222	9164	6187	1906	710	782	6502
看護婦番号	11	12	13	14	15	16	17	18	19	—
パターン数	1949	10173	1200	4269	134	235	3951	4614	5	—
看護婦番号	20	21	22	23	24	25	26	27	28	—
パターン数	9260	13150	6171	5420	3767	177	519	354	6601	—

表 6.4: 各看護婦の実行可能夜勤パターン数 (データ 2)

看護婦番号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
パターン数	124	286	1233	4694	3093	3087	2362	247	452	3894
看護婦番号	11	12	13	14	15	16	17	18	19	—
パターン数	407	219	4734	211	780	1537	466	2030	1	—
看護婦番号	20	21	22	23	24	25	26	27	28	—
パターン数	283	28	190	9854	30	6480	766	19140	408	—

そこで, 解の改善フェーズにおいてパターン交換された 2 つのパターンの差がいくつであったか調べ, 表 6.5 にまとめた. ここで, 各看護婦の実行可能パターン中の夜勤回数は, 標準で 4 回もしくは 5 回だが, データ 1 では, 2 回もしくは 3 回が 1 人, 0 回が 1 人, データ 2 では, 3 回もしくは 4 回が 4 人, 0 回 1 人, 4 回 1 人, 5 回 5 人が存在する.

この結果を見ると, パターン交換の多くが「差 0 のパターン間での交換」だったことがわかる. 差 0 のパターンとは夜勤の位置が全く同じで土日祭日 2 連休の位置だけが異なるパターンのことなので, この交換は日勤に残せる人数の調整だけをおこなっていることになる. また, それ以外の場合でも共通部分を多くもつ, 差が 1 か 2 のパターン間で交換が起きている.

次に, 実行可能パターンの中で, 差の値の分布がどのようになっているかを調べてみた. ここでは, データ 1 において実行可能夜勤パターン数が標準的な看護婦 17 の 3951 個の実行可能パターンを例にとり, 解が構築された直後において, 採択されていたパターンに対する残りの 3950 個のパターンの差の値の分布の累積グラフを図 6.4 に示す.

この例では, 差 3 までのパターン数 89 は全体の 2% である. 逆に言うと, パターンの比較計算の 98% が無駄に終わっていたことになる.

そこで, 次節では, アルゴリズムにおいて勤務パターンの交換対象を, 現在採用されている勤務パターンと差が少ないものだけに絞った場合, どの程度スピードアップが図れる

表 6.5: パターン交換されたパターン間の「差」の分布

差	データ 1	データ 2
(解構築イテレーション)	28	28
0	11	816
1	7	87
2	0	41
3	1	0
4 ~ 10	0	0
合計	47	972

図 6.4: 差の値によるパターンの分布の例

のかを実験する。部分問題を解く際に、提案されているアルゴリズムが、すべての解（勤務パターン）の目的関数値を計算比較することによって部分問題の最適解を求めているのに対し、この交換対象の絞り込みは部分問題を解くためのヒューリスティック解法と言える。

6.3 解の近傍と実行時間の比較

変更を加えられた新しいアルゴリズムの夜勤スケジューリング部分を示す。パターン交換対象を絞り込む範囲を「現在採用されているパターンとの差」で規定し、その差の値を $DIFF$ とよぶことにする。また、看護婦 i の実行可能夜勤パターンの集合 P_i の中から現在採用されているパターン q^i と $DIFF$ の値から絞り込まれるパターン交換対象集合を \tilde{P}_i とし、実際にパターン交換がおきた看護婦について、その都度あらたに作成するものとする。 $k = \text{night}$ として、集合 \tilde{P}_i の定義を以下に示す。

$$\tilde{P}_i = \{q \mid \sum_{j=1}^n |\delta_{iqjk} - \delta_{iq^i jk}| \leq DIFF, q \in P_i\} \quad (6.2)$$

ここでは、すべての $q \in P_i$ を調べて、 q^i との差が $DIFF$ 以下であるパターンを選び出して \tilde{P}_i を作成することにする。

また、実行可能解が短時間で得ることができなかつた場合の終了条件として、イテレーション数の上限 ITE を導入し、ここでは $ITE=100000$ と設定した。以下に手順を示す。

《改善アルゴリズムの手順》

0. すべての看護婦に共通な条件を満たす夜勤パターンをすべて列挙し（集合 P の作成）ファイル P に保存しておく。
1. ファイル P から 集合 P を入力し、各看護婦 $i \in M$ に与えられた条件によって実行可能夜勤パターンを選び出し（ P_i の作成）、 $exchanged_{iq} = -\infty, q \in P_i$ と設定する。
2. 各看護婦 $i \in M$ についてダミー・パターン q_0 を作成して割り当てる（ $q^i = q_0$ ）。
3. 各 $i \in M$ について $\tilde{P}_i = P_i, counter = 1$ 。
4. 各部分問題 $i \in M$ において、集合 $TABU_i = \{q \mid exchanged_{iq} \geq counter - TL\} \cup \{q^i\}$ を設定し、現在割り当てられているパターン q^i とすべての $q \in (\tilde{P}_i \setminus TABU_i)$ を交換してみた中で目的関数値を最小にするパターンを選び、その目的関数値を z_i とする。
5. $z^* = \min_{i \in M} z_i$ を与えた部分問題 i で選ばれたパターン q^* を現在のパターン q^i と交換する（ $q' = q^i, q^i = q^*$ ）。そして \tilde{P}_i を作成し直す（ $\tilde{P}_i = \{q \mid \sum_{j=1}^n |\delta_{iqjk} - \delta_{iq^i jk}| \leq DIFF, q \in P_i\}$ ）。 $exchanged_{iq'} = counter, counter = counter + 1$ 。
6. 実行不可能度 $z^* = 0$ ならば、現在の $q^i, i \in M$ を夜勤スケジュールとして決定する。そうでないならば、 $counter \geq ITE$ の場合には終了し、それ以外の場合は手順 4 へ。

以上に従い, $DIFF$ の値を 1~10 に設定し, 前節で調べた夜勤スケジューリング問題を解いた. 扱う夜勤パターン中の夜勤の数の最大が 5 であることから, パターン間の差は高々 10 である. よって, このアルゴリズムを $DIFF = 10$ に設定して解くことは, 基本アルゴリズムで解くことに等しい. 実行可能解が得られるまでの時間を比較した結果を, $DIFF = 1, 2, 3, 10$ の場合について表 6.6 に, $DIFF = 1 \sim 10$ についてのグラフを図 6.5 に示す. 使用計算機は GATEWAY G6-266(OS:FreeBSD2.2.2) である.

表 6.6: パターン交換の対象の違い ($DIFF = 1, 2, 3, 10$) による実行時間の比較

(カッコ内は実行可能解を得るまでにおこなわれたパターン交換の回数)

$DIFF$	データ 1	データ 2
1	10.8 秒 (78)	————
2	10.8 秒 (34)	18.0 秒 (972)
3	11.5 秒 (47)	31.4 秒 (972)
10(全て)	71.3 秒 (47)	500.7 秒 (972)

図 6.5: パターン交換対象の違い ($DIFF = 1 \sim 10$) による実行時間の比較

データ 1 では $DIFF$ が 3 以上, データ 2 では $DIFF$ が 2 以上に設定された場合に, 同じパターン交換過程となり全く同じ解が得られるが, 比較計算の量が異なってくるので $DIFF$ の値によって実行時間は大きく異なる. 基本アルゴリズムと同じ解をデータ 1 では約 6 倍, データ 2 では約 28 倍の速さで解くことができている.

$DIFF$ の値を、さらに小さく $DIFF = 1$ と設定し、データ 1 のように各イテレーションでの計算時間を減らすかわりにパターン交換回数を増やす可能性をもたせることで、高速化を図ることも考えられる。しかし、逆に実行可能解に到達できない状況に陥る危険性もでてくる。データ 2 を $DIFF = 1$ で解いた場合、パターン交換 100000 回以内で実行可能解を得ることができなかった ($ITE = 100000$ の時点で $z^* = 7$)。これは、差 1 のパターン (夜勤が 1ヶ所増えたり減ったりしたもの) というのは、夜勤回数に許される幅が小さい場合や休み希望やセミナー等が数多く設定されている状況では、存在しにくいからである。例えば、夜勤回数が「ある数ちょうど」であるべき⁵ ならば、差 1 のパターンは存在しないので、差 0 のパターンとの交換だけとなり夜勤位置が初めに選ばれたパターンのものに固定されてしまう。また、1 より大きい奇数差のパターンも夜勤回数が異なるので、パターンの数は少ない (図 6.4 参照)。よって、これらの「差の値によるパターンの分布」の特徴と、以上の考察・実験結果から、 $DIFF$ の値を 2~3 に設定することは有効であると考えられる。

また、データ 1 で $DIFF$ を 1 や 2 に設定した場合の解は、それぞれ基本アルゴリズムと異なっていたが、夜勤に対する条件のすべてを満たすという点では同等なものであった。ただし $DIFF$ を 2 に設定した場合の解は、日勤スケジューリングにおいて「日勤は連続 3 日まで」という条件を満たせない看護婦がでてしまったので、夜勤スケジューリングで複数個得た解の 10 番目のものを使って勤務表を完成させることになった⁶。ナース・スケジューリングにおいて日勤に対する条件は比較的緩いが、このような状況に陥る可能性は基本アルゴリズムにおいても改善アルゴリズムのどんな $DIFF$ の値を設定したものにおいても同じように残されている。これらを回避する手段としては、上記で述べたように、夜勤スケジューリングにおいて得られる複数の解を利用することが考えられる。アルゴリズムは 2 番目以降の解を非常に速く得ることができるからである。データ 1 で $DIFF$ を 2 に設定した場合には、2~10 番目の解を 0.1 秒、11~30 番目の解を 0.5 秒で得ている。

6.4 考察

5 章の基本アルゴリズムは、解を得るまでの時間に問題を残していた。そこで本章では、短い時間内で最大限のパターン交換が可能となる改善をおこなった。具体的には、定義した近傍の中に実行可能性にとって有効なパターンとそうでないものが存在することから、勤務パターン交換の対象を絞り込んだ。解の近傍の中のすべてのパターンを比較評価して次に交換するパターンを選んでくるやり方に対して、この絞り込みはアルゴリズムの実行速度を数倍から数 10 倍速くする。これは実際に利用できる看護婦勤務表作成ソフトの実現に大きく貢献するものと考えられる。

また、改善アルゴリズムの \tilde{P}_i の生成では、新しく q^i が採用された際に、すでに列挙されているすべての実行可能パターン $q \in P_i$ との差を調べて選び出しているが、与えられた勤務パターン q^i と $DIFF$ の値だけで \tilde{P}_i を生成できる簡便な方法⁷ で置き換えることにより

⁵ データ 2 では 6 人存在した。

⁶ データ 1 で $DIFF$ を 1 や 2 に設定した場合の夜勤スケジューリングの結果とそれに対する日勤スケジューリングの結果は付録を参照。

⁷ $DIFF$ の値が小さいときには簡単な「夜勤位置の移動」で可能と思われる。

更に速度向上が可能と思われる。

ここでは、パターン交換がサイクルを起こさないように設定した TL の値や、縦の条件に対する重み付け係数 w_{jk}, u_{rjk}, v_{rjk} の値の設定方法については詳しく述べなかったが、これらの値を変えることによって「アルゴリズムの効率がどう変化するか」を調べた実験結果を以下に示しておく。この実験では夜勤スケジューリングを対象とし、改善アルゴリズムの $DIFF$ を 3 に設定したものを利用した。

図 6.6 と図 6.7 は、それぞれデータ 1, データ 2 において、 TL の値を 10 から 100 まで 10 種類設定して、30 個までの実行可能解を得る過程 (パターン交換回数) を比較したものである。運よくサイクルを起こさなければ、この値は小さい方が有効なパターンが外された場合でもすぐ利用できるようになるので効率がよい。しかし、データ 2 では、この値を 10 と 20 に設定した場合、10000 回のパターン交換の後でも実行可能解を得ることができなかった。

重み付け係数 w_{jk}, u_{rjk}, v_{rjk} については、日勤の人数下限値条件に対する重み付けを 1 に固定して、重要度の高い夜勤に関する全条件を 1 から 5 まで設定し、30 個までの実行可能解を得る過程において、これらと比較した ($w_{j\cdot\text{day}} = u_{rj\cdot\text{day}} = 1, v_{rj\cdot\text{day}} = 0$ の下で、 $w_{j\cdot\text{night}} = u_{rj\cdot\text{night}} = v_{rj\cdot\text{night}}$ を 1 から 5 に設定)。図 6.8 と図 6.9 はデータ 1 において、図 6.10 と図 6.11 はデータ 2 において、それぞれ TL の値を 30 と 50 に設定した場合を比較したものである。3.5 節でも述べたが、重み付けすることにより、実行可能解を得ることができなかつたり、アルゴリズムの効率が悪くなっていることがわかる。 TL の値を 50 に設定した場合には、30 に設定した場合よりもその危険性は落ちているように思われるが、2 つのデータにおいても重み付けの値を 5 に設定した場合には、10000 回のパターン交換の後でも実行可能解を得ることができなかった。また、重み付けの値と TL の値との関係がアルゴリズムの有効性に関っていることもわかる。

最後に、この論文では 2 交替制のアルゴリズムを構築したが、3 交替制のアルゴリズムについての考えを述べる。2 交替制と 3 交替制の問題は、勤務の種類の数異なるだけの同じモデルとして表すことができるので、同じアプローチ方法が有効と考えられる。しかし、3 交替制の問題においては、同一勤務間における拘束条件は比較的緩いが異種勤務の並びについての条件が厳しいため、アルゴリズム構築において勤務の次元で問題を切り分けることが難しい⁸。つまり、3 交替制の問題においては、日勤、準夜勤、深夜勤すべてが埋まった実行可能勤務パターンを得る部分問題を設定しなければならない。これに対し、3 交替制の実行可能勤務パターンの数は膨大ではあるが、本章の議論から明らかになったように、深夜勤と準夜勤の位置に着目した「解の近傍」を有効に設定すればパターンの全列挙をおこなわないで部分問題を解くことが可能になると思われ、3 交替制の問題にも有効なアルゴリズムが構築できると考える。

⁸ 実際、深夜勤、準夜勤、日勤の 3 段階で解くアルゴリズムは、実行可能解に近い解を得ることができたが、最後の日勤の並びにおいて (日勤と休みが 1 日おきになるなど) 不自然な部分を残す結果となった。

図 6.6: TL の値と 30 個目の実行可能解が得られるまでのパターン交換回数 (データ 1)

図 6.7: TL の値と 30 個目の実行可能解が得られるまでのパターン交換回数 (データ 2)

図 6.8: 夜勤条件の重み付けとパターン交換回数 (データ 1, $TL = 30$)

図 6.9: 夜勤条件の重み付けとパターン交換回数 (データ 1, $TL = 50$)

図 6.10: 夜勤条件の重み付けとパターン交換回数 (データ 2, $TL = 30$)

図 6.11: 夜勤条件の重み付けとパターン交換回数 (データ 2, $TL = 50$)

おわりに

この論文では、病棟看護婦勤務表作成をナース・スケジューリング問題としてモデル化をおこない、そのモデルに対して有効なアプローチ方法を提案した。

提案するアプローチを具体化した2交替制スケジューリングのアルゴリズムは、実際の勤務表データに対して実行可能な勤務表を与え、その改善アルゴリズムは、それと同じ実行可能勤務表を飛躍的に短い時間で提供することを可能にした。ここで扱ったモデルは、我が国特有な条件を組み込めるように構築されたが、これまで海外で扱われてきた問題も対象に考えることができる。従って、提案するアプローチやアルゴリズムも、それらに適用することが可能と思われる。

この論文で提案したモデルやアルゴリズムが病院現場で勤務表作成担当者を有効に支援できるようにするためには、それらを正しく理解できるようなコンピュータ・システムが必要である。また、3.5節でも述べたが、ナース・スケジューリング問題のように、膨大な数の拘束条件を持ち実行可能解の存在も保証されていないような問題においては、それぞれの拘束条件に対して、重要度の順序付けや重み付けが難しい。このような解の評価尺度が複雑かつ曖昧な問題に対しては、勤務表作成担当者の頭の中の目的(評価尺度)を引き出すような仕組みが必要である。実行可能解が得られない場合には、妨げになっている拘束条件を把握できるようにしたり、実行可能解が複数存在するのであれば、それらを簡単に比較できるようにしたり、そして、作成担当者の思考を助けるような情報の与え方を考慮すべきと考える。システムのデザインやインタフェースについての考察を付録に付けたが、今後は、これらを考慮した「看護婦勤務表作成サポート・システム」を構築していきたい。

病院で雇用する看護婦の人数については、3.1節で述べたとおり、厚生省の定めた診療報酬評価に大きく依存する。雇用された看護婦合計数に従って各部署の配置看護婦数も決定されるが、現場にとっては、毎日の各勤務を支障なくおこなうためのぎりぎりの人数だけが配置され、勤務パターンのなかの勤務の並びや休み希望の達成については、勤務表作成担当者の腕次第という状況を設定されているわけである。目指す勤務表が作成できなかった場合には、休み希望をあきらめてもらったり、厳しい勤務を我慢してもらうことになるが、これは作成担当者の腕の問題の前に「すべての条件を満たすために必要な看護婦数が確保できていない」可能性が非常に高いことが問題として挙げられる¹。また、合計人数では十分にみえる場合であっても、構成メンバーのスキルのレベルによって、実行可能解の存在の可能性は大きく異なることを3.5節で述べた。各日各勤務の看護の質を落さずに、実行可能な勤務表を作成するためには「スキルレベルの高い看護婦の人数を増やすこと」

¹ 診療報酬評価を達成するぎりぎりの数では、看護婦数が足りない現状に対し、看護婦必要数を正しく算出するために看護量の表し方等の研究をおこなっている病院もある。

が必要である．そのためには「看護教育の充実」の他にも，離職率を下げるような「雇用条件の向上」，そして質の高い看護をおこなうことが病院経営にとって負担材料にならないような「診療報酬評価基準の見直し」等を訴えていくべきであるとする．

謝辞

この研究は本当に多くの方に支えられてまとめ上げることができました。

大学卒業したてで何もわからない頃、そして私が本気に研究に取り組もうと決心してから現在に至るまで、ときには厳しく、ときには優しく励まして下さりながら御指導下さいました成蹊大学丹羽明教授に心より感謝致します。この研究をここまで築き上げて来られたのも、ひとえに先生の御指導のたまものと思っております。

何もわからなかった頃の私に研究者としての心構えを教えて下さり今日まで絶えることなく応援して頂きました成蹊大学大倉元宏教授、御多忙なお時間を割いて本論文を審査して下さい貴重な御助言を下さいました成蹊大学上田徹教授、そして、この研究を初めから見守って下さり問題の面白さを絶えず一緒に御討論下さいました統計数理研究所土谷隆助教授に深く感謝致します。

ナース・スケジュールリングの研究のきっかけを与えて下さり、いつも温かい励ましと貴重な御助言を頂きました松蔭女子大学越河六郎教授に心より感謝致します。また、ORの初歩から御指導下さり、その面白さを教えて頂いた元成蹊大学教授（現 NEC USA, NEC America SVP）星孝雄先生には、成蹊大学をお辞めになってからも様々な御討論と御指導を頂きました。心から感謝致します。

東京女子医科大学附属病院松平信子婦長には、この研究を始めるにあたって多大なる御協力と強い励ましを頂き、感謝の気持ちでいっぱいです。心より御礼申し上げます。

京都大学茨木俊秀教授には、この研究の初期に非常に貴重な御助言を頂きました。また、慶應義塾大学中村善太郎教授、河野宏和教授には幾度にも渡って御討論頂き、この研究をまとめるための原動力になりました。そして統計数理研究所田邊國士教授には、この問題のモデルについて貴重なご意見を頂きました。各先生方に心から感謝の意を表したいと思えます。

この研究の意義について御討論頂き、いつも勇気の出る励ましを頂きました元中央大学教授野中敏雄先生、OR 研究者としての御助言や励ましを頂きました成蹊大学前田活郎名誉教授に深く感謝致します。そして、労働科学研究所元所長西岡昭先生、立教大学数学科時代からの恩師遠藤幹彦教授、成蹊大学窪田悟助教授、篠田心治助手には、様々な視点での御助言を頂き、くじけそうになったときにも何度も何度も勇気付けて頂きました。感謝の気持ちでいっぱいです。

元慶應義塾大学専任講師川瀬武志先生、慶應義塾大学小野桂之介教授、労働科学研究所飯田裕康先生、早稲田大学森戸晋教授、数理モデリング研究所野末尚次先生、慶應義塾大学金沢孝専任講師、東京大学松井知巳助教授、東海大学松井泰子専任講師、文教大学根本俊男助教授、広島市立大学開和生助手には、それぞれ貴重な御助言と温かい励ましを頂き

ましたことを心から感謝致します。

この研究を進めるにあたっては、成蹊大学大学院卒業生相澤学氏，嶋田葉子氏，労働科学研究所平田敦子氏にいろいろな場面で助けて頂き本当に心強く思いました。皆様に強く感謝致します。

そして現場の問題を正しく把握するために東京女子医科大学附属病院看護部の皆様には本当にたくさんの情報を頂きました。藤枝知子元看護部長，森山弘子現看護部長，山崎慶子看護副部長，山田照婦長，秋山恵美主任他，看護部の皆様に深く御礼申し上げます。そして，この研究を理解して下さり，多くの大学病院の看護婦勤務表作成を把握する機会を下さいました北里大学病院古庄富美子元看護部長，小島恭子現看護部長，私立大学看護部長会の皆様，そして，実際に夜勤まで看護婦の方々とご一緒して下さいました倉敷中央病院の高木貞二氏はじめ，藤井佐千子元看護部長，岸本茂子現看護部長，江尻美恵子副看護部長他，看護部の皆様に心から御礼申し上げます。

いつも絶えることなく励まし続けて下さり，この研究が実際に応用できるチャンスを与えて下さいました日本電気岡部正治部長，そして実際に御支援頂いた日本電気医療システム事業部，日本インターシステムズ株式会社に深く感謝し御礼申し上げます。

最後になってしまいましたが，いつも励まし勇気付けて下さいました成蹊大学工学部経営工学科の先生方，助手の方々，事務の方々，大倉研究室の皆様，そして，星研究室の皆様に心から感謝申し上げたいと思います。

関連図書

- [1] Jeffrey L. Arther and A. Ravindran. A multiple objective nurse scheduling model. *AIIE transactions*, Vol. 13, No. 1, pp. 55–60, 1981.
- [2] Peter C. Bell, Genevieve Hay, and Y. Liang. A visual interactive decision support system for workforce (nurse) scheduling. *INFOR*, Vol. 24, No. 2, pp. 134–145, 1986.
- [3] Kathryn A. Dowsland. Nurse scheduling with tabu search and strategic oscillation. *European Journal of Operational Research*, Vol. 106, No. 2–3, pp. 393–407, 1998.
- [4] Brigitte Jaumard, Frederic Semet, and Tsevi Vovor. A generalized linear programming model for nurse scheduling. *European Journal of Operational Research*, Vol. 107, No. 2, pp. 1–18, 1998.
- [5] L. X. Li and W. C. Benton. Performance measurement criteria in health care organization: Review and future research directions. *European Journal of Operational Research*, Vol. 93, No. 3, pp. 449–468, 1996.
- [6] Joe D. Megeath. Successful hospital personnel scheduling. *Interfaces*, Vol. 8, No. 2, pp. 55–59, 1978.
- [7] Harvey H. Millar and Mona Kiragu. Cyclic and non-cyclic scheduling of 12 h shift nurses by network programming. *European Journal of Operational Research*, Vol. 104, No. 3, pp. 582–592, 1998.
- [8] Holmen E. Miller, William P. Pierskalla, and Gustave J. Rath. Nurse scheduling using mathematical programming. *Operations Research*, Vol. 24, No. 5, pp. 857–870, 1976.
- [9] A. A. Musa and U.Saxena. Scheduling nurses using goal-programming techniques. *IIE transactions*, Vol. 16, No. 3, pp. 216–221, 1984.
- [10] Irem Ozkarahan and James Bailey. Goal programming model subsystem of a flexible nurse scheduling support system. *IIE Transactions*, Vol. 20, No. 3, pp. 306–316, 1988.
- [11] Sabah U. Randhawa and Darwin Sitompul. A heuristic-based computerized nurse scheduling system. *Computer & Operations Research*, Vol. 20, No. 8, pp. 837–844, 1993.

- [12] E. S. Rosenbloom and N. F. Goertzen. Cyclic nurse scheduling. *European Journal of Operational Research*, Vol. 31, No. 1, pp. 19–23, 1987.
- [13] Sue Perrott Siferd and W. C. Benton. Workforce staffing and scheduling: Hospital nursing specific models. *European Journal of Operational Research*, Vol. 60, No. 3, pp. 223–246, 1992.
- [14] Vicki L. Smith-Daniels, Sharon B. Schweikhert, and Dwight E. Smith-Daniels. Capacity management in health care services: review and future research directions. *Decision Sciences*, Vol. 19, No. 4, pp. 889–919, 1988.
- [15] R Venkataraman and Mj Brusco. An integrated analysis of nurse staffing and scheduling policies. *Omega*, Vol. 24, No. 1, pp. 57–71, 1996.
- [16] D. Michael Warner. Scheduling nursing personnel according to nursing preference : A mathematical programming approach. *Operations Research*, Vol. 24, No. 5, pp. 842–856, 1976.
- [17] 相澤学, 池上敦子, 大倉元宏. 表画面におけるマウスカーソルの形状に関する実験的検討. 日本人間工学会第 36 回大会講演集, pp. 190–191, 6 1995.
- [18] 相澤学, 池上敦子, 大倉元宏. 見やすい表画面の設計に関する実験的検討. 日本人間工学会第 37 回大会講演集, pp. 318–319, 5 1996.
- [19] 池上敦子, 相澤学, 大倉元宏, 若狭紅子, 松平信子, 越河六郎. ナース・スケジューリング・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.
- [20] 池上敦子, 丹羽明. ナース・スケジューリング問題の特徴. 統計数理研究所共同レポート 92「最適化：モデリングとアルゴリズム 9」, pp. 250–260, 1996.
- [21] 池上敦子, 丹羽明, 大倉元宏. 我が国におけるナース・スケジューリング問題. オペレーションズ・リサーチ, Vol. 41, No. 8, pp. 436–442, 1996.
- [22] 池上敦子, 丹羽明. ナース・スケジューリングについての 1 解法. 統計数理研究所共同レポート 104「最適化：モデリングとアルゴリズム 11」, pp. 77–90, 1997.
- [23] 池上敦子, 越河六郎. 看護婦勤務表作成におけるアンケート調査. 私立医科大学病院看護部長会 (総婦長会) 調査報告書資料, 12 1997.
- [24] 池上敦子. ナース・スケジューリング・モデルについて. 統計数理研究所共同レポート 113「最適化：モデリングとアルゴリズム 12」, pp. 70–78, 1998.
- [25] 池上敦子, 丹羽明. ナース・スケジューリング・モデルの補足. OR 学会春季研究発表会アブストラクト集, pp. 52–53, 5 1998.

- [26] 池上敦子, 丹羽明. ナース・スケジュール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. *Journal of Operations Research Society of Japan*, Vol. 41, No. 4, pp. 572–588, 1998.
- [27] 池上敦子. 2 交替制ナース・スケジュールリングのアルゴリズム改善. *Journal of Operations Research Society of Japan*, Vol. 43, No. 3, pp. 365–381, 2000.
- [28] 一条勝夫. 柔軟思考で対応を - 夜勤体制の検討課題. *看護*, Vol. 44, No. 11, pp. 22–31, 1992.
- [29] 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.
- [30] 厚生省大臣官房統計情報部編. 昭和 59 年医療施設調査・病院報告. 厚生省, 1986.
- [31] 厚生省大臣官房統計情報部編. 昭和 62 年医療施設調査・病院報告. 厚生省, 1989.
- [32] 厚生省大臣官房統計情報部編. 平成 2 年医療施設調査・病院報告. 厚生省, 1992.
- [33] 厚生省大臣官房統計情報部編. 平成 5 年医療施設調査・病院報告. 厚生省, 1995.
- [34] 厚生省大臣官房統計情報部編. 平成 8 年医療施設調査・病院報告. 厚生省, 1998.
- [35] 宮子あずさ監修. まるごと一冊勤務表. *Nursing Today*, Vol. 12, No. 5, 1997.
- [36] 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.
- [37] 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.
- [38] 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.
- [39] 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.

付録

1 看護婦勤務表作成を支援するコンピュータ・システム

看護婦勤務表の作成を支援するコンピュータ・システムにおいては2.3節で述べたように，アルゴリズムでサポートするのと同時に，情報を上手く利用，操作でき，与えられた勤務表を読み取ったり，修正したり，場合によっては初めから勤務表を作成できるような編集機能が必要である．そこで，それらの具体的機能を考察し，さらに看護婦勤務表作成画面を例にとって，どのような機能が必要かを明らかにする．そして最後に，どのような考え方でシステムを構築していけばよいかを考察する．

A. 看護婦勤務表作成画面の編集機能について

まず，現在の勤務表作成と同じ作業を可能にするために，使われている道具について，サポート・システムにおける対応する機能を挙げる．勤務表作成のための道具としては，筆記用具，資料，計算道具の3種類があったが，資料は情報にまとめることにして，ここでは筆記用具と計算道具について，表7.1に示す．

表 7.1: 勤務表作成に利用する道具に対応するサポート・システムの機能

道具	機能
勤務表作成用紙	勤務表作成ワークシート (表画面)
鉛筆，ボールペン，定規	入力
記号，色鉛筆 (マジック)	勤務表示
消しゴム，修正液	修正
電卓，表計算ソフト	計算

次に，勤務表作成 (スケジューリング) に利用する情報として，入力や表示する必要があるものを考える．個人データ (年に数回のデータ変更) としては

- (1) スキルに関するもの (履歴，スキルレベル，等)
- (2) 決められているもの (年休の数，所属チーム)
- (3) 個人の都合 (勤務希望，勤務時間制約，健康状態，等)

個人データ (毎月入力が必要なもの) としては，

- (1) 業務予定 (病院のスケジュールにあわせた業務予定)

(2) 休み希望，勤務希望関係（休みの希望日，年休の残数，等）

(3) 個人の都合（健康状態，等）

全体のデータとしては，

(1) 以前の勤務表

(2) 毎月の病院のスケジュール

(3) メンバーの組合せ上の相性

等が必要と思われる．

以上のことから，上記で述べた道具としての機能を持ち，上記に挙げたデータを便利に利用（入力，表示を含む）できるシステムが必要であると言える．そして，そのシステムを使うことによって，現在の勤務表作成時間が短縮されたり，作成の難しさが削減されるよう，これらがデザインされなければならない．

具体的には，

(1) 勤務表作成画面のデザインとそこでの編集機能

(2) 情報としてのデータの入力方法と表示方法

(3) 勤務表作成にかかわる計算機能の利用方法

が挙げられる．

また，スケジューリング・アルゴリズムによるサポートを考えた場合は，これに加えて，現在勤務表作成者が自分の頭に入れて使っている情報（守るべき条件など）もデータとして入力しなければならない．よって，

(4) 守るべき条件の入力方法

(5) 守るべき条件のチェック機能やその結果の表示方法

も考慮すべきものであると考える．

B. 看護婦勤務表作成画面の設計について

看護婦勤務表を表示したり編集をする画面がどのようなものであったらよいかを探るために，勤務表画面におけるカーソルの形状に関する実験 [17] と勤務表画面の背景に関する実験 [18] をおこなった．ここでは簡単に結果だけを紹介し，それらを考察する．

カーソルの形状は図 7.1 に示すように

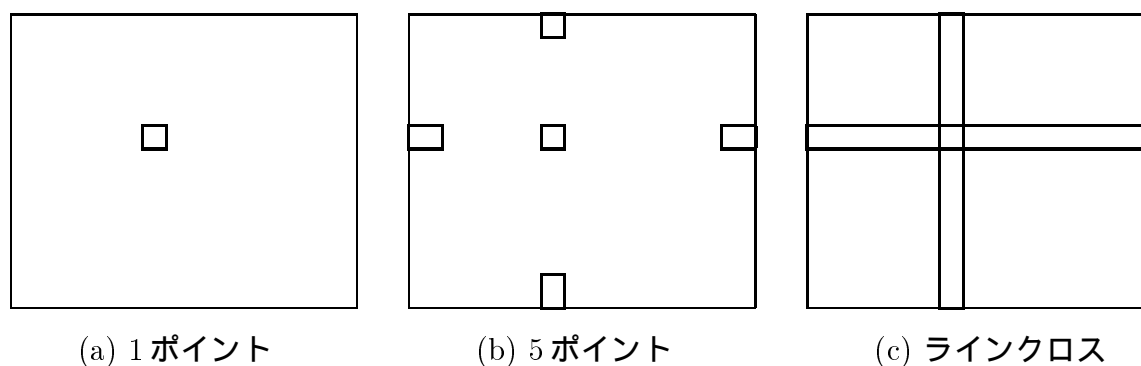


図 7.1: 3種類のカーソル形状

- (a) 注目セルのみをハイライトする「1ポイント」
- (b) 注目セルに加えて、対応する看護婦の名前と勤務数、対応する日付と勤務合計数の5ヶ所をハイライトする「5ポイント」
- (c) 注目セルで交差するような水平、垂直な帯を表の全幅、全高にわたってハイライトする「ラインクロス」

の3種類を対象に比較実験をおこなった。

カーソルの移動はマウスでおこない、カーソル上の勤務記号を左クリック(1クリック毎に日勤、準夜勤、深夜勤、休みとサイクリックに記号が変わる)により変更させる。

実験課題には、修正課題として「指定した看護婦と日付に対応するセルの勤務記号を指定する勤務記号に変更する作業」を30回、読み取り課題として「指定した看護婦の勤務数または指定した日付の勤務人数を読み取る作業(カーソル移動は自由)」を30回の2つを設定した。そして大学生30名の被験者を対象に、作業時間、エラー数、主観アンケート調査(最も作業しやすかったカーソルに10点、残りの2つに相対的な点を求めた)の結果を比較した。この実験において有意な差がみられた項目を以下に挙げる。

- (1) 修正課題における主観評価の点数は、ラインクロス、5ポイント、1ポイントの順に高く、それぞれの間には有意な差が認められた。
- (2) 読み取り課題における主観評価の点数は、ラインクロス、5ポイント、1ポイントの順に高く、ラインクロスと1ポイントの間、5ポイントと1ポイントの間には有意な差が認められた。
- (3) 読み取り課題におけるエラー数に関しては、ラインクロスが最も少なく、他の2種類の形状との間に有意な差がみられた。

この他、有意な差はなかったものの、両課題における作業時間と、修正課題におけるエラー数についても、ラインクロスの値が最も小さいという結果であった。

次に、この実験で評価の高かった方から2つの、ラインクロスと5ポイントのカーソルに対して、背景についての比較実験をおこなった。

背景の種類は、

- (d) 「無地」
- (e) 「無地」の全行全列に罫線を入れた「罫線」
- (f) 1行毎に色の濃淡をつけた「1行濃淡」
- (g) 5行毎と7列毎(日曜日毎)に色の濃淡をつけた「5行濃淡」
- (h) 5行毎と10列毎に色の濃淡をつけた「5行濃淡2」
- (i) 「罫線」において5行毎10列毎に線が強調されている「罫線2」

の6種類である。

前の実験において、マウスをクリックする際に、隣(上下左右)のセルにカーソル位置がずれてしまうエラーが多かったことから、カーソル移動には矢印キー、勤務記号変更にはスペースキーを利用した。

先ず「罫線」「1行濃淡」「5行濃淡」のそれぞれを「無地」と比較する3つの実験を各8名の被験者(大学生合計24名)に設定し、前の実験と同じ課題(各作業32回ずつ)をおこなってもらった。ただし読み取り課題においては、背景の比較を優先させたことからカーソル移動は禁止した。

修正課題，読み取り課題ともに，どの背景においても作業時間，エラーに差はみられなかったが，主観評価ではラインクロス・カーソルが高い評価を得た．

また，ラインクロス・カーソル使用時の4種類の背景に関する主観評価点数を比較すると，修正課題では「5行濃淡」がラインクロス・カーソルと干渉しあうために評価が低く，逆に読み取り課題では「5行濃淡」が領域を区切るにより目標セルの探索範囲を限定しやすかったので評価が高くなっていた（いずれも他の3つの背景と有意な差がみられた）．

そこで，評価の高かったラインクロス・カーソルと背景が相互干渉せずに領域を区切ることができる「罫線2」を考え，「5行濃淡」と比較してみることにした．

比較実験の課題には曜日との関りがなかったため，ここでは10日単位で濃淡や強調線を入れることにし，実際には「5行濃淡2」と「罫線2」について前と同様な比較評価実験を被験者8名におこった．

この実験においても両課題の作業時間とエラーともに差がみられなかったが，主観評価は両課題とも「罫線2」の評価が高く，修正課題においては「5行濃淡2」との間に有意な差がみられた．

そこで，これらの結果から，看護婦勤務表作成を支援する勤務表画面がどのようなものであればよいか，を考察する．

看護婦勤務表の1つのセルは看護婦と日付に関しており，勤務記号を記入したり変更することは，その看護婦の休みや勤務の数，その日の勤務者数にも関わってくる．実験課題においては，約看護婦数×約30という非常に数が多く小さいセルが並ぶ画面上，これらの情報が存在する5ヶ所に対して視線が行き来することになった．そして，その結果，視線移動の手がかりの多いものが評価され，1ポイント・カーソルより5ポイント・カーソル，更に5ポイント・カーソルよりラインクロス・カーソルが高い評価を得た．

しかし，実際の勤務表編集や読み取りにおいては，これら5ヶ所の情報の他に，「縦の条件」のために縦1列の記号の並び，「横の条件」のために横1行の記号の並びを正確に見る必要があるため，ラインクロス・カーソルの有効性は更に増すと思われる．

勤務表作成において利用される道具については表7.1に示したが，その中で「定規」は，勤務記号の清書に利用されるだけでなく，勤務表中の1行の並びや1列の並びを見るために「縦や横にして勤務表にあてる」といった使われ方をしている．これは，まさしくラインクロス・カーソルが持ちうる機能である．

そして，現場の勤務表作成担当者にも，実験で利用したカーソルや背景を使って簡単な操作をしてもらったが，上記の理由から「ラインクロス・カーソルは非常に好ましい」との評価を受けた．

以上のことにより，看護婦勤務表作成を支援するための，勤務表画面におけるカーソルの形状として「ラインクロス」を提案する．

また，なんらかの単位で列や行に強調線を入れることは，目指すセルを探すための領域の区切りとして役立つばかりでなく，看護婦名から離れた勤務表右寄りのセルや，日付から離れた勤務表下方のセルにとっての位置情報の手がかりになっているということが，被験者の意見からわかった．

実際の勤務表作成においては，曜日により勤務人数やメンバー構成条件が変わること，土日祭日にあたる休みの数などを考慮していること等から，曜日を意識しやすいように週

単位で強調(区切り)の線を入れることが適していると思われる。そして行に関しては、メンバー構成条件を考慮しやすくチーム単位で強調の線を入れることが適していると思われる。

以上のように、利用されている道具やその使い方の意味を注意深く観察すること、そして作業の詳細な手順や意味を考察することは、サポート・システムの機能や画面設計における「有効な要素」を導き出すために、必ずおこなうべき重要なことと言える。

現場の勤務表作成担当者の意見としては「ラインクロス・カーソルが好ましい」ことの他に「土日祭日などの目印があったほうがよい」「全体的に色はおさえてモノトーンに近いものがよい」「記号はいつも利用しているものと同じがよい」「1画面で全員のスケジュールがみれるものがよい」などが挙げられた。

C. システムの設計についての考慮点

既存の勤務表作成ソフトが評価されてこなかった理由には、私立医科大学附属病院 23 病院におけるアンケート調査結果や 1.3 節で挙げたように、編集機能の使い勝手の他に「考慮すべき条件が入力できない」といったように正しいモデルが対応していないことや「正しく条件を与えても良い勤務表が得られない」といったようにアルゴリズムの問題があった。

これらについては 3~6 章で議論してきたが、実際に提案するモデルやアルゴリズムが有効に使用されるための重要なポイントは「ソフトが勝手に作成してくれる」のではなく「自分が作成している」という感覚である。

勤務表を作成している現場管理者は、質のよい看護を提供するために、勤務表作成においても強い使命感を持っている。一番現場の仕事と看護婦を把握している者が勤務表を作成するべきであると思っていることは、2つの現場調査結果からも明らかであったが、現場を把握していない人間やコンピュータが勝手な勤務表を作成しているという感覚が残る限り、それを採用することは決してないという。

そこで、自分が作成する道具としての「勤務表作成サポート・システム」であるためには、どのようなことが考慮されるべきかを以下に挙げる。

- (1) 勤務表作成担当者が考慮している条件とそれに対応するデータの输入の関係がわかりやすく適切であること
- (2) 条件の書き換えが簡単にできること
- (3) 理解できるアルゴリズムであること
- (4) 複数解を提供して勤務表作成担当者が選択ができるようにすること
- (5) 意味のある部分解を提供できること
- (6) 勤務表作成担当者の思考を助ける適切な情報と道具をもっていること
- (7) アルゴリズムの実行時間が短いこと

まず(1)の例から考えてみる。勤務表作成担当者が各勤務のメンバー構成条件を「勤務や能力で分けたグループからの人数に制限をつける」ことによって考えていることは、2.2 節で明らかになっている。「各グループからの下限値や上限値の値を入力する」ことが、それに対応すると感じられるようなインタフェースがない限り「考慮すべき条件を入力できない」と判断されてしまう。同様に、それ以外の条件に対しても、看護婦に対して個別に

考慮できることや、業務内容によってメンバー構成も日別に考慮できること等が、わかりやすくなっている必要がある。

(2) は、条件の与え方によっては勤務表が作成できない場合も起こり得るので、理屈にあわない条件を排除したり、条件の一部を変更して、納得がいく勤務表が得られるまで、何度も作成し直すことが必要だからである。

(3) については、「自分で作成している」という意識にとって重要な要素になっている。そして、アルゴリズムの考え方を理解することによって、作成されてくる勤務表をおおまかに予測できることが重要であるという。これは、条件を少しずつ変更しながら実行可能解を探していく過程でも要求される。また、作成される過程の考え方が理解できないと、その勤務表に対する手直しも困難であり、むしろ初めから自分で作成し直した方が効率がよいという。

(4) は、同じように条件を満たした勤務表(実行可能解)の中にも、入力しなかった条件に対する優劣があったり、感覚的に好ましい勤務表とそうでない勤務表が存在する可能性があるからである。それらの中から最も好ましいものを勤務表作成担当者が自由に選べるようにすることは「説明できない微妙な条件」を無視しないためにも必要なことである。

(5) の例を挙げると「夜勤だけを決定した勤務表を提供する」といったことであり、残された融通のきく「日勤に対する条件」を適切に取捨しながら勤務表を作成したいような場合を想定している。重要な条件を満たさないまま無理矢理完成させた勤務表が、手直しにとってじゃまになる場合も多いからである。

(6) については、意識しておきたい業務上のスケジュール(カンファレンスや手術日等)や考慮条件の表示のほかに、前節で提案したようなリンクロス・カーソルや、正しい位置情報を与える勤務表画面、そして理屈にあわない条件を入力した場合に対するチェック機能等が、勤務表作成担当者の思考を助けられると思われる。

(7) は、条件を変更しながら何度も勤務表作成を繰り返せるようにするためには、実行時間が短いことが重要である。

以上、勤務表作成サポート・システムの必要条件を具体的に挙げてみたが、システム構築の際には、病院内の他の業務システム(例えば看護システム)との情報の流れを考慮したり、実績管理の機能をあわせ持つこと等が検討されるべきである。

2 東京女子医科大学附属病院におけるアンケート調査結果

看護婦勤務表の現状を把握するために1994年、東京女子医科大学附属病院（ベッド数1421）において、勤務表作成に関するアンケート調査をおこなった[19]。アンケート調査の対象者は、病棟看護婦の勤務表作成を担当している婦長3名と主任及び主任代理37名、計40名である。

アンケートは29項目からなり、勤務表作成に費やす時間、精神的負担、具体的作成手順、コンピュータ・システムに対する期待などを質問にした。アンケートは記名式で、各自記入後封筒に入れ、期日までに提出箱に提出してもらう方式をとった。調査は1994年3月におこない、回収率は100%であった(1)～(29)の質問項目に対する回答結果を順に示す。

(1) 勤務表作成歴

1年未満	5名
1年～4年未満	10名
4年～7年未満	8名
7年～10年未満	5名
10年以上	12名

平均7年(5ヶ月～23年)である。

(2) 担当部署の勤務体制

3交替制(変則3交替を含む)	34部署
2交替制	6部署

(3) 担当部署の看護提供システム

チームナーシング	20部署
プライマリーナーシング	4部署
日替わり受け持ち制	1部署
以上の混合型	15部署

(4) 勤務表作成対象期間

夏休み、冬休みの時期を2～3ヶ月単位で作成することを除けば、

初1日から月末までの1ヶ月単位	39部署
初1日から月末までの1ヶ月を15日の前後で分けた半月単位	1部署

(5) 勤務表(スケジュールリング)対象看護婦

20人未満	10部署
20～29人	20部署
30～39人	8部署
40人以上	2部署

平均 24.3 人(12～42 人)であった。

(6) 勤務表作成に要する時間

勤務表の作成にかかる最小時間，平均時間，最大時間を調査した結果を図 7.2 に示す。

図 7.2: 勤務表の作成にかかる最小時間，平均時間，最大時間

作成平均時間の平均は 6.8 時間で，ほぼ勤務 1 日分を費やしている。最大時間については 30 時間が 2 名いる。

(7) どのような時間を利用して勤務表を作成しているか

勤務表作成に利用する時間と勤務時間以外(勤務終了後や休日)を利用する割合を，回答者すべてについて，表 7.2 に示す。表中は，上から勤務表作成歴が長い順になっている。

多くの人が休日や勤務終了後の自宅での時間と回答している。勤務表作成において勤務時間以外の時間が占める割合の分布を図 7.3 に示す。

表 7.2: 勤務表作成に利用する時間と勤務時間以外を利用する割合 (%)

利用している時間	勤務時間以外利用する割合 (%)
勤務の合間及び終了後	30～40
午後時間のある時または自宅で	50
プライベート時間 (深夜自宅で)	100
家に持ち帰って作成	100
通常の業務を終えた後やその合間に	30
休日に作成	100
勤務中に作ることもあるが自宅が多い	50
帰宅後の時間	100
自分の休日または勤務中の多忙な間のわずかな時間	95
業務のあいた時間、勤務後のプライベートな時間がほとんど	70
勤務中に作成するのは難しいので自宅に持ち帰る	100
休日自宅、カンファ日、日勤の合間	60
午後のあいた時間、勤務終了後	30～40
勤務内で手があいた時間	0
勤務中	10
主として帰宅後または自分の休日、たまに勤務中チェック	100
勤務時間外が多い	90
勤務時間外	100
家に持ち帰り休日を利用	100
プライベートな時間で自宅で作成	100
勤務中のあいた時間、勤務終了後	60
私用時間	100
勤務内で手があいた時間、時間外、自宅で	20
休みの日を利用	100
1. 自宅、2. 勤務の合間に少し	70～80
休日、勤務終了して会議のない日	100
余暇中	100
自分やチームの状態で空いた時間	20
ほとんどが時間外 (帰宅後)	90
休日、勤務中	80
全く個人の時間	100
日勤終了後 17～19 時頃、または休日	50
1. 休日、2. 日勤終了後、3. 日勤時間内	70
勤務時間内	0
主任代行を置き (午前または午後) 集中的に	10
自宅に帰ってからが主である	100
勤務終了後自宅で	100
自分の時間で家に帰ってから	100
自宅で夜が主、日勤で空き時間があるとき	70
勤務中のあいた時、仕事終了後	80

図 7.3: 勤務表作成に利用する時間のうち勤務時間以外の時間が占める割合

100 %勤務時間以外の時間を使っている人は 18 名，逆に勤務時間内だけで作成している人は 2 名だけである．

(8) 勤務表作成は楽しいか，やりがいがあるか，苦痛か

楽しい	2 名
やりがいがある	9 名
苦痛	28 名

7 割の人が苦痛に感じていることになる．ここで，楽しいと感じる 2 名の勤務表作成平均時間を見ると 3 時間と 4 時間であり，勤務時間以外の時間が占めるパーセンテージは 0 %と 10 %である．そこで，勤務表作成平均時間を 4 時間以内と 4 時間を超す場合に分けた場合の「楽しい」「やりがいがある」「苦痛」と感じる人の割合を図 7.4 に示す．

(9) 作成した勤務表に対するまわりの評価は，はげみになるか，しかたないか，苦痛か

はげみになる	11 名
しかたない	28 名
苦痛である	2 名

「はげみになる」「しかたない」の重複回答が 1 名ある．因みに「はげみになる」と答えた人 11 名のうち 8 名までが 4 時間以内の平均時間で作成している．

図 7.4: 勤務表作成時間と「楽しい」「やりがいがある」「苦痛」と感じる人の割合

(10) 勤務表作成をやりたいか、やりたくないか、できればやりたくないか

やりたい	3名
やりたくない	6名
できればやりたくない	30名
どちらでもない	1名

「やりたい」と答えのうち2名が4時間以内の平均時間で作成している。勤務表作成を「やりたい」理由としては「作成することで、今の個々の看護婦の能力をあらためて認識し把握するようしており夜勤の状況など目の届かない部分をメンバーから情報を得ることで問題発見につながることもある」「病棟を管理していく上で勤務の組立はどうしても必要なのでやらなければならないと思う」という回答があった。「やりたくない」6名の理由と「できればやりたくない」30名の理由は、内容的に

- (1) 勤務表作成に費やす時間に関するもの
- (2) 勤務表作成の難しさを挙げたもの
- (3) ストレスを挙げたもの

の3つに分類できたので、その内容を表 7.3 に示す。

表 7.3: 勤務表作成をやりたくない理由

(1) 勤務表作成に費やす時間に関するもの	
「家に帰って自分の時間を使うから」	13名
「時間がかかる」	4名
「勤務中になかなか時間がとれない」	1名
(2) 勤務表作成の難しさを挙げたもの	
「休み希望調整が難しい」	9名
「能力，個性，勤務体制，休み希望，その他条件，公平さを ふまえての勤務表作成は難しい」	7名
「苦手である」	1名
(3) ストレスを挙げたもの	
「苦心して作成しても文句が出る」	8名
「満足した勤務表ができないので自分自身のストレスになる」	5名
「重要だから疲れる，非常に神経を使う」	5名
「苦痛，気が重い」	4名
「自分の希望を犠牲にしている」	1名
「自分勝手な勤務希望を出す」	1名
「スタッフの期待がプレッシャー」	1名

そして、「コンピュータ化して合理化をはかってほしい」2名、「スタッフの希望が取り入れられた勤務表ができれば誰がつくってもコンピュータでも良いと思う」1名という意見もあった。また、「どちらでもない」1名の回答は「コンピュータによる作成が可能なら短時間で出来るのではないかと思うのでどちらでもない」であった。

(11) 勤務表作成にかけている時間を他の業務に向けたい希望があるか

ある	26名
ない	8名
無回答	6名

「ない」という回答者と無回答の中に、「勤務時間以外に作成しているので、あてはまらない」とコメントをつけた人が4名存在した。

(12) 誰が作成するのが良いと思うか

婦長	1名
婦長・主任	6名
婦長・主任・リーダー	2名
婦長とクラーク	1名
主任	14名
主任・リーダー	8名
看護婦全員	2名
誰でもよい	4名
無回答	2名

8割の人が「主任」「婦長」をあげ、「自分がやらなくてはいけない仕事」と感じていることがわかる。また、「看護婦全員」「誰でもよい」と答えた中には「コンピュータでもよい」「コンピュータにやってもらいたい」という意見もあった。

(13) 勤務表作成に使用するもの

勤務表作成に使用する道具を複数挙げてもらった結果を、使用の目的により筆記用具、資料、計算道具の3つに分け、表7.4に示す。

(14) 勤務表作成に必要な個人情報

勤務表作成に使用する情報を複数挙げてもらった結果のうち、変動のない個人情報を、

- (1) スキルに関するもの
- (2) 規定されているもの
- (3) 個人の都合

の3つの種類に分けて、表7.5に示し、
変動のある個人情報も、

表 7.4: 勤務表作成に必要な道具

(1) 筆記用具	
勤務表作成用紙 (1~6枚)	40名
鉛筆	40名
記号 (3~11種類)	27名
消しゴム	11名
定規	7名
色鉛筆 (マジック)	6名
ボールペン	4名
修正液	3名
(2) 資料	
前月の勤務表	3名
数ヵ月前の勤務表	1名
有給帳	1名
(3) 計算道具	
電卓	10名
表計算ソフト	1名

表 7.5: 勤務表作成に必要な個人情報 (変動のないもの)

(1) スキルに関するもの	
現部署での年数	37 名
看護婦としての年数	31 名
勤務帯のリーダーを任せられるか否か	39 名
新人など教育的状況	37 名
年齢	22 名
(2) 規定されているもの	
年休の付与日数	39 名
所属チーム	19 名
(3) 個人の都合	
勤務の希望曜日	34 名
勤務シフトの希望順位	33 名
不可能な勤務シフト	31 名
通勤時間	14 名
学校, 習い事, 育児などからの時間的制約	2 名
健康状態	2 名
未婚か既婚か	2 名

(複数人の回答が得られたもの)

- (1) 業務予定
 - (2) 休み希望，勤務希望関係
 - (3) 個人の都合
- の3つの種類に分けて，表 7.6 に示す．

表 7.6: 勤務表作成に必要な個人情報 (変動のあるもの)

(1) 業務予定	
院内教育	38 名
カンファレンス	36 名
勉強会	29 名
ミーティングなど日常業務以外の予定	23 名
(2) 休み希望，勤務希望関係	
休みの希望日	38 名
年休の残数	38 名
各勤務の希望日	2 名
前月の勤務状況，希望受け入れ状況	2 名
(3) 個人の都合	
健康状態がどうであるか	9 名
精神状態がどうであるか	2 名

(複数人の回答が得られたもの)

(15) 勤務表作成に必要な全体情報

勤務表作成に使用する全体の情報を複数挙げてもらった結果を，

- (1) 以前の勤務表
- (2) 病院のスケジュール
- (3) メンバーの組合せ上の相性

の3つの種類に分け，表 7.7 に示す．

(16) 勤務表作成において守るべき条件 (17) できれば守りたい条件

勤務表作成における守るべき条件とできれば守りたい条件を挙げてもらった結果は，表 7.8 の通りである．内容としては，各シフトの業務に支障を起こさないための「人員確保」と「メンバー構成」，各看護婦の勤務負荷を考慮する「勤務や休みの数」や「勤務パターン」，そして各看護婦の「希望する休み」を受け入れること等が挙げられている．

(18) 基本パターンがあるかどうか

表 7.7: 勤務表作成に必要な全体情報

(1) 以前の勤務表	
前月の勤務表	40 名
4 月からの勤務表	7 名
(2) 病院のスケジュール	
院内教育	39 名
勉強会	39 名
カンファレンス	34 名
ミーティングなど日常業務以外の予定	24 名
オペや大きな検査の日程	18 名
(3) メンバーの組み合わせ上の相性	
	29 名

(複数人の回答が得られたもの)

表 7.8: 勤務表作成において守るべき条件

(1) 絶対守るべき条件	
休みの数	34 名
各シフトの人員確保	36 名
深夜勤の数	28 名
準夜勤の数	23 名
希望する休み	19 名
スキルからの組み合わせ	3 名
勤務パターンについて	2 名
(2) できれば守りたい条件	
希望する休み	30 名
準夜勤の数	25 名
深夜勤の数	22 名
各シフトの人員確保	11 名
休みの数	9 名
勤務パターンについて	4 名
公平さ	2 名
メンバーの組み合わせ	2 名
その他	2 名

(19) 禁止パターンがあるかどうか

(20) 好ましくないパターンがあるかどうか

勤務パターンについては、好ましい基本パターンがあるかどうか、逆に、禁止するパターンや好ましくないパターンがあるかどうか質問した結果は、以下の通りであった。

基本パターン	ある	15名
	ない	25名
禁止パターン	ある	36名
	ない	2名
	わからない	1名
	無回答	1名
好ましくないパターン	ある	31名
	ない	5名
	わからない	1名
	無回答	3名

具体的なこれらの勤務パターンを見るために、3交替制については複数人名が挙げたパターンを表7.9に、2交替制については挙げられたパターンのすべてを表7.10に示す。

3交替での1日は、日勤、準夜勤、深夜勤の順で構成されている。各勤務の時間帯は、多少のバリエーションはあるが、標準的には、日勤：8時～16時、準夜勤：15時30分～23時、深夜勤：22時30分～翌朝8時30分である。例えば、パターン「日勤 準夜勤 深夜勤 休み」は、日勤の次の日が準夜勤、その次の日が深夜勤、その次の日が休み、といった勤務を表すものとする。

ここで、禁止パターンに挙げられている「深夜勤 日勤」というパターンは17時間30分以上の勤務が連続する。勤務の間に1シフトあいている「準夜勤 日勤」を禁止パターンに挙げているのが27名であるのに「深夜勤 日勤」を禁止パターンとして挙げているのが4名だけであったのは、多くの人が「当然このパターンは禁止されているもの」と判断したからであったと思われる。

2交替制における夜勤は、3交替の準夜勤と深夜勤をあわせた時間帯の勤務であり、勤務は2日間にわたる。よって「夜勤 夜勤」(2連続夜勤)というのは4日にわたる勤務であり、2回目の夜勤は1回目の夜勤入りの2日後に夜勤入りすることになる。

表 7.9: 勤務パターン (3 交替制)

(1) 基本パターン				
日勤	準夜勤	深夜勤	休み	5名
日勤	準夜勤	深夜勤		3名
(2) 禁止パターン				
準夜勤	日勤			27名
勤務7連続以上				5名
深夜勤	日勤			4名
日勤	深夜勤			4名
深夜勤3連続以上				3名
準夜勤4連続以上				2名
準夜勤3連続以上				2名
深夜勤	深夜勤			2名
深夜勤	準夜勤			2名
(3) 好ましくないパターン				
深夜勤	休み	日勤		7名
準夜勤	日勤			6名
深夜勤	深夜勤	休み	日勤	3名
準夜勤4連続				2名

(複数人の回答が得られたもの)

表 7.10: 勤務パターン (2 交替制)

(1) 基本パターン					
夜勤	夜勤	休み	休み		1名
夜勤	夜勤	休み			1名
夜勤	休み				1名
日勤	日勤	夜勤	休み		1名
(2) 禁止パターン					
夜勤	日勤				2名
勤務 7 連続以上					1名
夜勤 2 連続以上					1名
(3) 好ましくないパターン					
何日も日勤が続く					1名
夜勤 2 連続					1名
夜勤 3 連続					1名

(21) 看護婦の組み合わせ条件があるか

ある	38名
ない	1名
無回答	1名

考えている条件としては、

- (1) スキルの不安やかたよりのない組合せを考慮しているもの
- (2) スキル以外のものかたよりのない組合せを考慮しているもの
- (3) 個人の組合せとして考慮しているもの

といったものであった。具体的内容を表 7.11 に示す。

表 7.11: 看護婦同士の組合せ条件

(1) スキルの不安やかたよりのない組合せを考慮しているもの	
リーダーをとれる人がいるように組み合わせる	9名
新人同士をさけて組み合わせる	8名
その他、スキルを考慮した具体的組み合わせ 31項目	各1名
(2) スキル以外のものかたよりのない組合せを考慮しているもの	
各チームのメンバーが1人以上含まれる組み合わせ	1名
1ヵ月間同じメンバーは組み合わせない	1名
(3) 個人の組合せとして考慮しているもの	
相性を考慮した組み合わせ	7名
慣れ合いのない組み合わせ	1名

上記以外のことで考慮すべきこととして挙げられた意見には「個人的な考え（感情）の入らない客観的な勤務表を作成すべきである」「看護婦個々の得意とする時間帯、および切望する勤務を把握する」「各スタッフの能力、性格、健康状態、生活態度などを考慮」というものがあつた。

(22) 休みなどの希望をとる前に指示する項目があるか

ある	36名
ない	3名
無回答	1名

「指示する項目」としては、表 7.12 が示すように各日の勤務者数が不足しないための工夫が多く、

- (1) 看護婦同士で調整させるためのもの
- (2) 個々で調整させるためのもの
- (3) 諸ルール
- (4) 事務的なことや諸注意

といった内容であった。

「ない」と答えた中にも「ある数以上重ならないように希望を出すのが暗黙の了解」といった、看護婦同士での調整の工夫がなされていることを示す回答があった。また、これらの指示をしても「言うことをきいてくれないのが現状」という回答もあった。

表 7.12: 勤務希望をとる前に指示する項目

(1) 看護婦同士で調整させる工夫として	
休み希望日が重ならないようお互いに調整させる (休み希望人数指示)	27 名
院内教育日, 研修日, 日祭日等, 特定の日や時期の休み希望人数を制限	5 名
長期休み希望を出す場合, お互い重ならないよう調整させる	3 名
(2) 個々で調整させる工夫として	
希望回数を何回までと制限する	9 名
複数希望の場合, 希望順位をつけさせる	4 名
その他	1 名
(3) ルールを作ることによる工夫として	
院内教育日, カンファレンス日, 行事, 他, 特定の日や時期の休み希望は取り入れない	12 名
シフト指定はさせない	3 名
人数確保が難しい場合, 冠婚葬祭など特定の希望しかとらない	2 名
その他	4 名
(4) 事務的なことや諸注意として	
勤務希望申告の締め切り日を提示する	2 名
その他	4 名

(23) コンピュータによる勤務表作成において、直接コンピュータに指示できないと思われる条件はあるか

ある	19 名
ない	13 名
わからない	2 名
無回答	4 名

直接コンピュータに指示できないと思われる中身としては、

(1) データとして、コンピュータ上に乗せにくいデータの扱い

(2) 評価尺度が明確にできないものの扱い

が挙げられた他に、

(3) スケジューリングのアルゴリズムにかかわる問題

(4) システムのデザインにかかわる問題

として検討されるべき内容のものが挙げられた。

(1) は数値化不可能という意味と、明確にすること自体に問題があるという意味の、2つの解釈があると思われる。具体的な項目を表 7.13 に示すが、「わからない」「あると思うがわからない」という人もそれぞれ2名いた。この他に「コンピュータだと冷たい勤務表になる気がする」という意見もあった。

表 7.13: 直接コンピュータに指示できないと思う条件に挙げられた項目

(1) データとして、コンピュータ上に乗せにくいデータの扱い	
相性、人間関係	8名
個々の能力	7名
個々の性格	2名
個々の体調	2名
プライバシー	1名
人情	1名
条件の入力(数値化)	1名
(2) 評価尺度が明確にできないものの扱い	
休み希望と他の条件とのトレードオフ	1名
(3) スケジューリングのアルゴリズムにかかわる問題	
スキルから考えたメンバーの組み合わせ	6名
標準的でない条件の扱い	1名
休み希望が重なったときの調整	1名
休み希望や勤務指定の扱い	1名
好ましい勤務パターンの扱い	1名
(4) システムのデザインにかかわる問題	
勤務表の修正	1名

(24) 勤務表作成の手順

勤務表作成の手順を、優先する条件の順位や工夫点、そして気をつけていることがわかるように具体的に示してもらったが、作成手順の大きな流れは、どの回答においても「優先順位の高い条件から順に、それらを満足するよう勤務を決定していく」というものであった。ここで最優先する条件としては、

行事	16名
個々の希望	14名
各シフトの人員確保	9名
各シフトのリーダーの確保	1名

が挙げられていた。ここで行事とは、院内教育、勉強会、研修、会議等のことである。

また、優先項目に順位をつけ複数提示している人が多く、2番目に優先しているものとしては、「個々の希望」15名、「行事」7名、「各シフト人員確保」9名、「休みの数の均等化」3名、「各シフトのリーダーの確保」2名、であった。これら以外で、3番目以降に挙げられた項目としては、「深夜勤数の均等化」「準夜勤数の均等化」「制約の強い人の都合」というものがあつた。

勤務表作成のためにおこなっている工夫については、「休み希望が重なった場合、各人で調整させる」「勤務希望について前もって制約事項を提示する」という回答があつた。

勤務表作成上、気をつけていることは、勤務数の均等化、スキルなどによる勤務メンバーの組合せ等、後述の「望ましい勤務表の条件」についての回答項目とほぼ重なっているが、それ以外では、「"休んだ"と実感できるような休みの取らせ方をしたい」「同じメンバーばかり組ませない」「人数が足りない場合、それを補えるメンバーにする」「希望を出さない人へのしわ寄せがないようにする」という回答があつた。

(25) 勤務表作成で苦労している点はなにか

(26) できあがった勤務表をみてどのような勤務表がよいと思うか

勤務表作成で苦労している点はなにか、という質問と、できあがった勤務表をみてどのような勤務表がよいと思うか、という質問に対しては、同様な内容を回答した人が多くみられた。つまり、目指す「よい勤務表」を作成したいがために苦労している人が多いと言えそうである。

よい勤務表の条件としては、

- (1) 個々の希望が達成されている
- (2) 公平さが保たれている
- (3) 各シフトの人員確保とバランスよいメンバー構成
- (4) 望ましい勤務パターンになっている
- (5) その他

といった内容のものが挙げられた。具体的な項目を表 7.14 に示す。

この他、「どのようなものがよいかわからない」「決められている条件さえみたせばよい」という回答もあつた。

ここで挙げられた(1)～(4)の条件は、目標とする「よい勤務表」の指標となるわけだが、守るべき条件として挙げられた項目と、ほぼ一致している。

表 7.14: よい勤務表の条件

(1) 個々の希望が達成されている	
休み希望の達成	13名
勤務希望の達成	8名
勤務意欲をもてる, 納得できる	2名
その他	1名
(2) 公平さが保たれている	
準夜勤, 深夜勤の均等化	15名
休みの数の均等化	11名
全体的な公平さ	3名
その他	2名
(3) 各シフトの人員確保とバランスよいメンバー構成	
メンバー構成のバランス	14名
必要人数など, 制約を守っている	4名
(4) 望ましい勤務パターンになっている	
無理のない勤務パターン	16名
勤務のリズム(勤務間隔など)がよいもの	2名
その他	1名
(5) その他	
勤務人数にゆとりがある	4名

(27) 上記以外で考慮すべき条件があるか

以上の回答において挙げられた以外の「考慮すべき条件」としては、「各スタッフの能力，性格，健康状況，生活態度等」「夜勤明けの休みのあげ方」「可能な限り客観的に（個人感情が入らないよう）作成すべき」「土曜，日曜，祭日にあたる休みを均等にする」が挙げられていた。

(28) 勤務表作成を支援してくれるソフトはどんなものがよいか

勤務表作成を支援してくれるコンピュータ・システムがあったとしたら，どんなものがいいか，4つの項目から選んでもらった。結果は，以下の通りであった。重複選択が8名いる。

- | | |
|------------------------------------|-----|
| (1) 与えた条件をチェックしてくれる表計算ワークシートのようなもの | 6名 |
| (2) ある程度の条件を満たした勤務表を表示し，後で手直し可能なもの | 24名 |
| (3) 与えた条件に対して自動で勤務表を与えてくれるもの | 22名 |
| (4) 使いたくない | 0名 |

「使いたくない」人はいなかったうえ，38名までの人が(2)または(3)を選んでいたので，なんらかのスケジューリングの機能をもったシステムが望まれていることがわかる。

この項目についての意見で，(1)だけを選んだ人の意見には「コンピュータに任せられる部分は限られていると思う(1)はある程度できた勤務表をチェックしてくれれば時間短縮になる(2)は見直しに時間がかかるのでやりたくない。」というものがあり(3)だけを選んだ人の意見には「できあがったものの手直しは時間がかかる。手直し作業は，精神衛生上，本当によくない。」「ぜひ私達でも使えるソフトを作ってほしい。勤務表作成のための労力を他のことにまわしたい。」「使いやすさが第一。入力操作が面倒だと手作業の方が早い。しかし，ぜひコンピュータ化できればいいと思う。」というものがあつた。

(29) その他のコメント

前項までに書ききれなかった意見を挙げてもらったが，コンピュータ・システムについては「早く，スケジューリングのソフトを作ってほしい」「データベースを事務で組んでもらい，最終チェックを現場でできれば負担が少なくなる」「コンピュータ化するなら，短時間でできるものにしてほしい」といった意見が挙げられていた。

3 私立医科大学附属病院 23 病院におけるアンケート調査結果

1997年に、私立医科大学病院看護部長（総婦長）会の協力で、23の私立大学附属病院において看護婦勤務表作成担当者にアンケート調査をおこなった[23]。調査協力23病院を表7.15に、調査協力23病院のデータ（1997年3月現在）を表7.16に示す。

表 7.15: 調査協力病院

愛知医科大学附属病院	岩手医科大学附属病院
大阪医科大学附属病院	金沢医科大学病院
北里大学病院	杏林大学医学部附属病院
近畿大学医学部附属病院	久留米大学病院
慶應義塾大学病院	自治医科大学附属病院
順天堂大学医学部附属順天堂医院	昭和大学病院
聖マリアンナ医科大学病院	東海大学医学部附属病院
東京医科大学病院	東京慈恵会医科大学附属病院
東京女子医科大学病院	東邦大学医学部附属大森病院
獨協医科大学病院	日本大学医学部附属板橋病院
兵庫医科大学病院	福岡大学病院
藤田保健衛生大学病院	（以上あいうえお順）

各病院には10名前後の看護婦勤務表作成担当者アンケート調査を依頼し、合計307名（7～27名）322部署の回答を回収、うち3交替制と2交替制に対する315部署について集計をおこなった。

アンケート用紙は3種類（3交替制で1日の勤務が深夜勤・日勤・準夜勤の順で構成されている部署用、日勤・準夜勤・深夜勤の順で構成されている部署用、2交替制部署用）を作成し、前節の調査項目を簡略化した質問に加えて、縦の条件と横の条件に関する具体的数値など、合計21項目を質問にした。

調査実施期間は1997年2～3月、回答数は315部署、回答者は307名（複数部署分の回答者あり）、回答者の役職は婦長242名、婦長代理3名、副婦長2名、主任52名（役職名無回答8名）であった。看護勤務体制は、3交替制は21病院にわたる238部署（変則3交替制3部署を含む）、2交替制は9病院にわたる77部署（変則2交替制2部署を含む）であった。

（1）～（21）の質問項目に対する回答結果を順に示す。質問（13）以降が「勤務表作成の際に考慮している条件」についての質問である。

早出（早番）遅出（遅番）半日勤務（半日休み）当直等に関する質問項目はなかったが、「早出，早番」が回答やコメントに出てきたのは7病院13部署、「遅出，遅番」12病院22部署、「半休，半日，短」11病院16部署、「当直」が変則3交替制1部署と変則2交替制1部署に出てきた。

表 7.16: 調査協力 23 病院のデータ (1997 年 3 月現在)

ベット数	平均	1117 床	(849 ~ 1673 床)
看護婦数	平均	745 人	(544 ~ 1214 人)
勤務表作成を必要とする部署数			
	平均	36 部署	(11 ~ 78 部署)
勤務表作成を必要とする部署のうち 24 時間 (交替制) 勤務の部署数			
	平均	27 部署	(11 ~ 44 部署)
23 病院の合計		615 部署	
勤務表作成を必要とする 24 時間勤務部署の勤務体制 (23 病院の合計)			
3 交替制		419 部署	(変則 3 交替制含)
2 交替制		179 部署	(変則 2 交替制含)
3 交替 2 交替の混合		11 部署	
当直制		6 部署	

(注) 看護婦数には看護助手, 補助者は含まれていない。

(1) 勤務時間

3 交替制勤務の場合, 変則の 3 部署を除けば各勤務時間はほぼ均等 (約 8 時間)

1 日が深夜勤, 日勤, 準夜勤の順に構成	19 病院	219 部署
1 日が日勤, 準夜勤, 深夜勤の順に構成	2 病院	19 部署

2 交替制勤務には大きく以下の 3 種類の勤務時間帯区分

1 日を約 8 時間 (日勤) と 16 時間 (夜勤) に分けるもの	6 病院	43 部署
1 日を約半分に分け日勤と夜勤がほぼ同じ長さのもの	2 病院	7 部署
複数種類の長さの日勤を設定しているもの (夜勤は 12 ~ 13 時間)		
8 時頃から約 8 時間の日勤と昼頃から約 8 時間の中勤	1 病院	5 部署
8 時頃に始まり約 8 時間の日勤と約 12 時間の日中勤	2 病院	22 部署

(2) 勤務表作成対象期間

1ヶ月	254 部署
4週間	52 部署
1ヶ月と4週間	2 部署
2週間	1 部署
無回答	6 部署

(3) 勤務表(スケジューリング)対象看護婦

対象看護婦人数	平均	24.5人
全勤務ローテーションしている看護婦数	平均	22.6人
(注)対象部署数は315(2部署分回答が6,無回答が6)		

看護婦数の最小は14人,最大は74人であった。対象看護婦人数の分布を図7.5に示す。

図 7.5: 勤務表対象看護婦人数の分布

(4) 勤務表作成に要する時間

勤務表に向かって	平均	7.2時間	(回答283部署の平均)
	最短	4.8時間	(回答252部署の平均)
	最長	10.7時間	(回答250部署の平均)
考えている時間も含めて	平均	11.0時間	(回答268部署の平均)
	最短	7.1時間	(回答240部署の平均)
	最長	15.9時間	(回答234部署の平均)
プライベート時間利用率	平均	69.7%	(回答283名の平均)

勤務表の作成にかかる最小時間,平均時間,最大時間を調査した結果を図7.6に示す。

図 7.6: 考えている時間も含めて勤務表の作成にかかる最小時間, 平均時間, 最大時間

(5) 勤務表作成は楽しいか, やりがいがあるか, 苦痛か

楽しい	20 名
楽しい・やりがいがある	4 名
楽しい・やりがいがある・苦痛	3 名
楽しい・苦痛	6 名
やりがいがある	73 名
やりがいがある・苦痛	19 名
苦痛	145 名
無記入	37 名

あわせると「楽しい」気持ちがあるのが 33 名 (11%), 多少なりとも「苦痛」を感じているのが 173 名 (56%) であった。

(6) 勤務表作成はやりたいか、やりたくないか、できればやりたくないか

やりたい	66名
やりたい・できればやりたくない	2名
やりたい・やりたくない	1名
できればやりたくない	195名
やりたくない	13名
無記入	30名

あわせると「やりたい」気持ちがあるのが69名(22%)、多少なりとも「やりたくない」気持ちがあるのが211名(69%)であった。

やりたい理由には、

病棟運営(患者ケア, スタッフ管理)上大事なことである	11名
自分の考えが反映できる	10名
任務, 義務だと思う	14名
勤務表作成過程で得るもの(スタッフ把握, コミュニケーション等)	7名
おもしろい	4名

やりたくない・できればやりたくない理由には、

作成時間に費やす時間の多さ	28名
プライベート時間を費やしてしまう	35名
作成が難しい	46名
スタッフとの勤務希望調整, スタッフからの不平	19名
疲れ	14名
苦痛・憂鬱・ストレス・好まない	7名
プライバシーに入り込む	3名

「やりたくない」「できればやりたくない」との回答者や無記入者のコメントにも「職務上必要または義務である」というものが21名があった。

(7) 勤務表は誰が作成するべきか

婦長	165名
婦長・主任	66名
婦長・主任・その他	1名
婦長・その他	2名
主任	36名
主任・婦長主任以外の看護婦	4名
主任・その他	2名
婦長主任以外の看護婦	3名
その他	15名
無回答	13名

(8) 勤務表をどのように作成しているか

手書き	224名
手書き・ワープロ	1名
手書き・表計算ソフト	8名
手書き・ワープロ・表計算ソフト	1名
手書き・勤務表作成ソフト	12名
勤務表作成ソフト	40名
勤務表作成ソフト・ワープロ	1名
勤務表作成ソフト・表計算ソフト	2名
ワープロ	5名
表計算ソフト	9名
その他	0名
無回答	4名

手書きでおこなっているのが246部署(80%)、勤務表作成ソフトを利用しているのが55部署(18%)である。勤務表作成ソフトを利用している部署とそれ以外の部署を勤務表作成時間の平均で比べてみると、

	勤務表に向かって	考えている時間も含めて
勤務表作成ソフト利用	6.0時間	11.0時間
それ以外	7.5時間	11.0時間

と、勤務表に向かっている時間には30分ほど差があったが、考えている時間を含めてみた場合にはその差はなかった。コメントには、手書き勤務表作成後に各ソフト(勤務表作成ソフト、表計算ソフト、ワープロ)に入力して使っていると説明しているものが13名あった。

(9) 勤務表作成ソフト使用方法

作成した勤務表を入力して、休みの数、勤務人数、禁止されている条件などのチェックに利用	45名
ある程度の条件を入力しソフトが提示した勤務表を後から自分で手直ししている	9名
すべての条件を入れてソフトにすべて任せて作成させている	1名
その他(「表計算ワープロのように」)	1名
(無回答3名、重複回答1&2が3名、2&3が1名)	

(10) 勤務表作成ソフトの利用を試みたことがあるか

ある	79名
ない	184名
無回答	44名

利用を試みた勤務表作成ソフトに「欠点」があるかないか

ある	38名
ない	9名
無回答	32名

「利用を試みたことがある」が現在利用していないのが24名。「利用を試みたソフトに欠点はない」と回答した9名のうち8名までが、病院の「独自開発ソフト」を使っており、作成した勤務表を入力し条件チェックに利用している。残りの1名は手書き作成した勤務表を市販ソフトに入力して条件チェックに利用している。よって「欠点がない」との判断にはスケジューリング機能利用は対象にされていないと思われる。

具体的「欠点」については以下のようなことが挙げられた。

すべての条件を満たしたものができない、または条件を入れても 思うような勤務表が作成できない	13名
希望や他の条件を入れると作成不可能になる	9名
自動作成できない、調整できない、困難、無理だと思う	5名
手直しにかえて時間がかかる	5名
考慮すべき条件が入力できない	4名
見にくい表示、また表示方法など思うような使い方ができない	4名
時間がかかる	1名

(11) 勤務表作成を支援してくれるソフトはどんなものがよいか

以下の5項目から選択してもらった。

1. 作成した勤務表を入力すると、休みの数、勤務人数、禁止されている条件などをチェックしてくれる表計算ワープロのようなもの 31名
2. 休みの数、勤務人数、予定など、すでに固定された条件の他、ある程度の条件を満たした勤務表を提示してくれて、後から自分で手直し可能なもの 127名
3. すべての条件を入れさえすれば自動で勤務表を提示してくれるもの 146名
4. 支援ソフトは使いたくない 1名
5. その他(2名)

(無回答33名、重複回答[1,2,3]7名、[1,2]4名、[2,3]8名、[1,3]5名、[2,3,5]1名)

スケジュール機能のある2または3を回答したのが257名(84%)である。「支援ソフトは使いたくない」回答者は現在勤務表作成ソフト(病院独自開発)に手書き作成した勤務表を入力して利用している。コメントでは、自動で勤務表を提示してくれるうえに「複数案提示してくれるもの」「時間計算できるもの」を望むことが挙げられていた。また「スタッフの個別性、技術、知識に差がある場合は利用が難しいのではないか」というコメントもあった。

(12) 勤務表作成ソフトで夜勤だけでも決定してくれるものがあったら利用したいか

3 交替では

深夜勤のみでも利用したい	7名
深夜勤と準夜勤の両方を決定してくれるのなら利用したい	94名
残された部分の作成にじゃまになるので使いたくない	79名
その他	22名
(無回答33名、重複回答1&2が1名)	

2 交替では

利用したい	22名
残された部分の作成にじゃまになるので使いたくない	42名
その他	3名
(無回答8名)	

(13) 勤務表を看護婦毎に横に見た場合の「勤務の並び」について

各「勤務の並び」について

- ×× 絶対に許さない
- × 絶対許したくないがやむを得ず組み込む場合もある
好ましくない(できるだけ避けたい)
- 問題なく許している
- できるだけ組み入れたい

の記号で回答された結果を3交替制238部署、2交替制(約12時間夜勤)34部署、2交替制(約16時間夜勤)43部署の順に、それぞれ、表7.17、表7.18、表7.19に示す。

マーク付けは同じ病院の部署間で共通パターンがみられたが、回答ミスと思われる部分も数ヶ所存在した。例えば「深夜勤と深夜勤の間の日数1日」が もしくは との回答が7部署あったが、マーク付けの流れから考えると「本来は××、×または」と思われるものがほとんどであった。

表 7.17: 勤務表を横に見た場合の勤務の並びについて (3 交替)

		××	×					無記入
連続深夜勤日数	5日	212	2	1	0	0	0	23
	4日	202	9	3	0	0	0	24
	3日	162	18	36	1	0	0	21
	2日	12	22	42	92	64	0	6
	1日	0	5	7	109	97	0	20
連続準夜勤日数	5日	212	2	1	0	0	0	23
	4日	195	17	5	0	0	0	21
	3日	114	35	62	9	0	0	18
	2日	3	12	19	114	83	0	7
	1日	0	5	5	124	82	0	22
連続日勤日数	6日	76	38	61	37	4	0	22
	5日	19	35	56	89	18	0	21
	4日	5	8	23	129	52	0	21
	3日	0	3	5	122	92	0	16
	2日	3	7	14	141	47	0	26
	1日	13	13	30	125	21	0	36
深夜勤と深夜勤の間	1日	146	28	25	4	3	0	32
	2日	114	44	38	7	2	0	33
	3日	53	51	69	31	2	0	32
	4日	24	32	57	79	11	0	35
	5日	13	21	27	108	32	0	37
	6日	7	13	22	117	43	0	36
	7日	6	9	15	113	55	0	40
	8日	12	9	19	109	43	0	46
	9日	17	10	30	95	38	0	48
	10日	24	12	32	78	47	0	45
日勤と日勤の間	5日	3	4	15	137	52	0	27
	6日	5	9	35	128	23	0	38
	7日	10	22	67	92	10	0	37
	8日	28	40	74	45	6	0	45
	9日	46	53	72	19	1	0	47
	10日	74	57	48	15	1	0	43
	15日	137	30	21	4	0	1	45
20日	165	15	13	2	0	1	42	
30日	167	13	12	2	0	1	43	
深日準の3交替	準 深	171	10	6	6	4	0	22
	日 深	73	17	19	76	19	1	14
	準 日	63	32	80	22	0	1	21
	深 日	14	31	76	79	3	0	16
	休 日 休	1	16	65	102	10	0	25
	休 準 休	8	15	59	100	13	1	23
	休 深 休	41	32	48	53	19	1	25
日準深の3交替	準 日	6	8	4	0	0	0	1
	深 休 日	0	0	2	10	6	0	1
	深 日	2	6	4	4	0	0	3
	深 準	5	2	2	7	1	0	2
	休 日 休	0	2	4	10	0	0	3
	休 準 休	0	2	4	10	2	0	1
	休 深 休	2	3	4	8	1	0	1
日祭日休数の偏り	20	56	139	19	0	0	4	
土曜休み数の偏り	13	48	134	40	0	0	3	
土日連休数の偏り	16	53	138	27	1	0	3	

(× × : 絶対に許さない , × : 絶対許したくないがやむを得ず組み込む場合がある ,
: 好ましくない , : 問題なく許している , : できるだけ組み入りたい .)

(注1)「 」は「わからない」とコメントつけられていた数 (注2)「偏り」とは看護婦間で数の差が出てくる場合をいう .

表 7.18: 勤務表を横に見た場合の勤務の並びについて (2 交替約 12 時間夜勤 : 34 部署)

		× ×	×				無記入
連続夜勤日数	5 日	32	1	0	0	0	1
	4 日	31	2	0	0	0	1
	3 日	28	3	2	0	0	1
	2 日	1	3	7	11	12	0
	1 日	10	0	1	12	10	1
連続日勤日数	6 日	13	3	13	3	1	1
	5 日	11	2	5	15	1	0
	4 日	7	3	1	21	1	1
	3 日	5	0	2	21	5	1
	2 日	0	0	3	24	6	1
	1 日	0	11	7	9	5	2
夜勤と夜勤の間	1 日	12	9	3	7	1	2
	2 日	12	6	4	7	4	1
	3 日	1	13	3	11	3	3
	4 日	2	0	5	21	3	3
	5 日	5	0	3	21	3	2
	6 日	5	0	1	23	1	4
	7 日	6	1	1	19	4	3
	8 日	8	0	3	16	3	4
	9 日	8	0	4	16	2	4
	10 日	8	0	4	15	3	4
日勤と日勤の間	5 日	0	4	5	18	4	3
	6 日	2	5	6	16	2	3
	7 日	5	5	7	14	1	2
	8 日	8	5	7	11	0	3
	9 日	10	5	4	11	0	4
	10 日	12	6	1	11	0	4
	15 日	18	1	0	11	0	4
	20 日	18	1	0	10	0	5
	30 日	19	11	0	0	0	4
	夜 日	9	19	3	2	0	1
	夜 休 日	0	10	0	11	12	1
	休 日 休	0	2	8	23	0	1
	休 夜 休	0	1	6	22	5	0
	日祭日休み数の偏り	2	9	21	1	1	0
	土曜休み数の偏り	2	5	21	5	1	0
	土日連休数の偏り	2	7	21	3	1	0

(× × : 絶対に許さない , × : 絶対許したくないがやむを得ず組み込む場合がある ,
: 好ましくない , : 問題なく許している , : できるだけ組み入りたい .)

(注) 「 偏り 」 とは看護婦間で数の差が出てくる場合をいう .

表 7.19: 勤務表を横に見た場合の勤務の並びについて (2 交替約 16 時間夜勤 : 43 部署)

		× ×	×				無記入
連続夜勤日数	5 日	40	0	0	0	0	3
	4 日	30	5	3	0	0	5
	3 日	27	4	5	2	0	5
	2 日	8	3	6	10	13	3
	1 日	4	0	4	13	16	6
連続日勤日数	6 日	23	3	8	5	1	3
	5 日	9	8	7	9	5	5
	4 日	2	4	4	15	11	7
	3 日	1	1	2	16	15	8
	2 日	1	1	1	20	11	9
	1 日	3	5	11	12	2	10
夜勤と夜勤の間	1 日	22	5	7	4	0	5
	2 日	15	7	9	5	1	6
	3 日	7	6	9	13	1	7
	4 日	5	3	3	16	10	6
	5 日	4	2	3	19	8	7
	6 日	7	1	2	15	11	7
	7 日	5	1	4	10	15	8
	8 日	5	3	8	13	5	9
	9 日	5	4	11	12	2	9
	10 日	11	3	10	8	4	7
日勤と日勤の間	5 日	3	1	1	18	13	7
	6 日	3	2	5	19	5	9
	7 日	4	8	8	13	2	8
	8 日	8	8	5	11	0	11
	9 日	10	7	10	5	0	11
	10 日	13	8	9	2	0	11
	15 日	25	6	2	0	0	10
	20 日	30	1	2	0	0	10
	30 日	33	1	1	0	0	8
	夜 日	18	11	5	5	1	3
	夜 休 日	0	0	1	17	21	4
	休 日 休	1	1	16	13	1	11
	休 夜 休	2	2	8	14	5	12
	日祭日休み数の偏り	3	15	22	1	1	1
	土曜休み数の偏り	1	16	21	3	1	1
	土日連休数の偏り	2	19	19	0	2	1

(× × : 絶対に許さない , × : 絶対許したくないがやむを得ず組み込む場合がある ,
: 好ましくない , : 問題なく許している , : できるだけ組み入りたい .)

(注) 「 偏り 」 とは看護婦間で数の差が出てくる場合をいう .

(14)(13)で挙げられた以外で考慮している条件について

連続勤務日数または休みと休みの間隔	31 部署
勤務や休みの回数	25 部署
休みのあげかた	21 部署
休みや勤務希望	16 部署
リーダー期間の続け方	6 部署
研修会等	5 部署
健康, 家庭, スキルなど個々のスタッフについてのこと	5 部署
外来や他部署との関係	4 部署
スクーリング, 習い事	2 部署
勤務時間数	2 部署
具体的な勤務の並び (パターン&マークつけ)	106 種類

(15)メンバー組み合わせ条件のために能力レベルを何段階に分け考慮しているか

3 交替制部署では	日勤	平均	3.2 段階
	準夜勤	平均	2.8 段階
	深夜勤	平均	2.8 段階
2 交替制部署では	日勤	平均	3.2 段階
	夜勤	平均	2.9 段階

表 7.20, 表 7.21 に, 回答された段階数とその部署数を示す.

表 7.20: 3 交替における各勤務に設定された能力レベル段階数とその部署数

	日勤	準夜勤	深夜勤
1 段階	0	2	2
2 段階	17	62	69
3 段階	159	152	144
4 段階	42	15	16
5 段階	14	2	2
無回答	5	5	5

表 7.21: 2 交替における各勤務に設定された能力レベル段階数とその部署数

	日勤	夜勤
1 段階	0	0
2 段階	12	19
3 段階	43	46
4 段階	11	4
5 段階	5	3
6 段階	1	2
無回答	5	3

(16) メンバー組み合わせ条件を「勤務や能力で分けたグループからの人数に制限をつける」こと(例: 深夜勤には新人が1人以下, リーダーレベルが1人以上)によって考えているか

考えている	311 部署
考えていない	0 部署
無回答	4 部署

(17) メンバー組み合わせ条件を(16)以外で考えている方法

教育面	24 部署
業務量や業務内容	19 部署
人間関係	18 部署
スタッフの能力や個性	16 部署
看護システムに従って	13 部署
同じ組み合わせが繰り返さないようにする	5 部署
勤務の引き継ぎ	3 部署
具体的組み合わせ例	28 部署

この他「力量の平均化」「組み合わせの希望」「健康」などが挙げられていた。また「人数が足りないので条件にはあまりこだわれない」とのコメントもあった。

(18) 勤務や休みの希望を受け入れているか

休み希望と勤務希望に対して回答された段階数とその部署数を3交替制部署と2交替制部署にわけてそれぞれ表7.22, 表7.23に示す。

表 7.22: 休み希望を受け入れているか (回答部署数)

	3 交替	2 交替	合計
必ず受け入れる	67	24	91
できるだけ受け入れる	170	53	223
受け入れない	0	0	0
無回答	1	0	1
合計	238	77	315

表 7.23: 勤務希望を受け入れているか (回答部署数)

	3 交替	2 交替	合計
必ず受け入れる	37	11	48
必ず・できるだけ受け入れる	2	0	2
できるだけ受け入れる	169	48	217
できるだけ受け入れる・受け入れない	1	0	1
受け入れない	24	18	42
無回答	5	0	5
合計	238	77	315

コメントでは「いくつめまでの希望は受け入れる」(3部署)といったような具体的な受け入れ方や「公平になるように」(2部署)といった考慮点,そして状況によって多少対応が変わること(4部署)等が挙げられていた。また「自分たちで調整させる」(2部署)「優先順位を決める」「1年間の統計をとっている」という工夫点も挙げられた。また「希望者同士の夜勤にならないようにする」「状況に応じ部長の指示を受ける」というコメントもあった。

(19) メンバー組み合わせ条件（勤務表を縦にみた場合の条件）と勤務のパターンや勤務数などの条件（横にみた場合の条件）では，どちらの方に難しい条件が多いか

それぞれに回答された部署数を 3 交替制部署と 2 交替制部署にわけて表 7.24 に示す．

表 7.24: 縦の条件と横の条件ではどちらに難しい条件が多いか (回答部署数)

	3 交替	2 交替	合計
縦の条件	89	23	112
横の条件	30	10	40
同じくらい	119	42	161
無回答	0	2	2
合計	238	77	315

コメントに「一方を優先させるのでもう一方が難しくなる」ことや「人数少ないので両方同じくらい難しい」ことが挙げられていた。

(20) どうしてもすべての条件を満たす勤務表ができない場合，どんな条件からあきらめるか，どう対処するか

休み希望・勤務希望からあきらめる	163 部署
横の条件からあきらめる	53 部署
縦の条件からあきらめる	40 部署
希望の取り方を工夫する	6 部署
話し合いをする	6 部署

具体的内容は表 7.25 の通り．

表 7.25: 条件のあきらかめ方

<p>休み希望，勤務希望に対して</p> <p>希望を削除または変更する 重複希望を当事者で話し合ってもらう 希望について当事者と話し合う これらについては「優先順位を考慮する」などしている</p>
<p>横の条件に対して</p> <p>勤務の並び方を厳しくする(休みの間隔，夜勤の間隔，夜勤連続数，勤務の並び)日数，勤務数の増減(公平さをあきらめる) 土日にあたる休みや連休の公平さをあきらめる これらに対し「翌月の勤務表で調整」「2~3ヶ月の幅で公平に」している</p>
<p>縦の条件に対して</p> <p>日勤のレベルを下げる(人数，リーダー・レベル，スタッフ・レベル) 組み合わせレベルを下げる これらに対し「婦長，主任，リーダーでカバー」「時差勤務者でカバー」「指導しておく」「前後のシフトを強化」「業務量を減らす」「スタッフのレベルでカバー」「数でカバー」するなどしている</p>

(21) その他の考慮点や勤務表作成のポイント，その他のコメント

考慮していることとしては，

公平さ	15 部署
休み希望・勤務希望	10 部署
教育	6 部署
日常業務以外のもの (カンファレンス，リーダー会，チーム会，会議，研修，学会)	4 部署
メンバー組み合わせにおける具体的考慮点	12 部署
個々のスタッフについて (健康面，精神面，社会的な生活面，人間関係面，教育面)	10 部署
業務量の差 (手術日，検査日，曜日による業務の差) についての対応	10 部署
具体的な勤務の並びの条件	7 部署

その他「能力を査定し勤務に反映」「可能日数，可能人員の変動」「学生指導委員会」「職種の違い(助産婦等)」「変則勤務」等について考慮していることが挙げられた。

コメントには，勤務表作成の重要さや難しさの他に勤務表作成における工夫点(希望の取り方の工夫)，勤務表作成ソフトに対する期待などが挙げられていた。

4 勤務表作成データとスケジューリングの結果

- 1 データ1の拘束条件
- 2 データ1の基本アルゴリズムによる結果
- 3 データ1の改善アルゴリズム ($DIFF = 1$) による結果
- 4 データ1の改善アルゴリズム ($DIFF = 2$) による結果
- 5 データ2の拘束条件
- 6 データ2のスケジューリングの結果