

# モデリングを通して見えた世界

池上 敦子

## 1. ナース・スケジューリングとの出会い

私が「ナース・スケジューリング」と出会ったのは、12年前、調査で倉敷中央病院に行ったときである。

当時、労働科学研究所の副所長であられた越河六郎先生のお手伝いでナースの業務実態調査に加わりタイムスタディを行った。「ヒューマン・ケア・ワークのシステム化と作業特性の変容に関する労働心理学的研究」に関する調査の一部である。当時の医療関係ではシステム導入化が検討されており、倉敷中央病院もまさに看護業務のシステム化を目前にしている時期だった。そこで、調査ではシステムの導入後と比較するために、対象部署のナース全員の業務量と業務内容を捉える必要があった。

もちろん、私はその分野の素人なので、アルバイトで依頼した看護学校の学生さんと同様、時計を片手に1人のナースに8時間以上べったり張り付き、30秒ごとに、時刻、ナースの姿勢、作業内容、場所、相手等を記録しているだけであった。1週間ほど倉敷に滞在し、深夜勤、日勤、準夜勤という三つのシフトで構成される1日24時間を4日分（もちろん私はその一部を）観察した。治療や見舞い以外で病院に滞在するのは初めての経験であったが、看護ナースの仕事のハードさと偉大さを知った感動の1週間であった。

初日の私の調査対象者は、その部署の婦長だった。当時、ナースは看護婦、師長は婦長と呼ばれていた。婦長は管理者であることから、通常のナースとは業務内容が多少異なる部分もあったが、その移動量と作業量の多さは目が回るほどだったことを憶えている。

調査対象者が通常と同じように業務ができるように調査者は透明人間のように行動しなくてはならないが、夕方も近くなった頃、移動中に婦長から看護業務に対する感想を聞かれた。患者に対するケア、ナース達に対する指示、電話、会議等、その業務のハードさに驚

いていることを述べると、「自分にとって忙しさは何でもない」との言葉が返ってきた。そして、「最も気が重い仕事は勤務表作成だ」ということだった。

勤務終了後、私はナースの勤務表を見せてもらい、いろいろな条件を考慮しつつ毎日の各シフトに必要なナースを揃えることがいかに難しいかという話を聞くことになった。まさに、このとき、苦しく、辛く、魅力的な「ナース・スケジューリング」という問題に出会ってしまったわけである。

このとき、私は勤務表作成が難しいという事実はナース数の不足にあるのではないかと考えた。もしも、この勤務表作成の問題に対し、論理的に「勤務表作成の困難な状況」を示すことができたなら（例えば、必要ナース数の下限値を示すことができたなら）とても意味のあることではないか、ORの視点で解決の糸口を掴むことができたなら、どんなに素晴らしいのではないかと感じたのだった。ちなみに、当時、時間指定のあるピークル・ルーティング問題に興味を持っていた私は、毎日の各シフトが「時間指定で必要なナースを要求」する顧客、そしてナースたちがそれらのシフトの間を走り回る車に思っていた。

## 2. 現場調査

東京に戻ってきた私は、同じく看護業務調査の集計・分析のお手伝いをしていた東京女子医科大学附属病院の松平信子婦長に「勤務表作成業務について知りたい」とお願いし、同病院において勤務表作成についてのアンケート調査と聞き取り調査を実施させてもらえることになった[1]。1994年3月のことである。

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、コンピュータ支援システムに対する期待などを質問した。交替制勤務を行っている40部署の勤務表作成担当者（婦長や主任）に回答してもらったが、調査結果の概要は次の通りである。

勤務表を作成するためには平均6.8時間を費やし、長いときには30時間も費やす場合もある。そして、

いけがみ あつこ

成蹊大学 理工学部

〒180-8633 武蔵野市吉祥寺北町3-3-1

休日や勤務終了後といった、プライベートの時間を利用することが多く、勤務時間内で作成できるのが40名中2名しかいないのに対し、勤務時間外だけで作成している人が18名もいた（一般的には、土日の2連休をつぶすという）。また、勤務表作成を苦痛であると感じているのが28名と全体の7割を占め、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のが36名と全体の9割を占めていた。勤務表作成をやりたくない理由としては大きく三つ、勤務表作成に費やす時間、勤務表作成の難しさ、そして、それに関わるストレスが挙げられていた。

勤務表作成の際に、絶対に守らなければいけない条件と、できれば守りたい条件を挙げてもらった結果、どの部署でもほとんど同じ条件セットを考慮していることが分かった。内容としては大きく二つ、各日の各シフトにおいて支障が起きないようにナースを揃えるための条件（必要人数、スキルレベル的に問題のないメンバ構成、相性や馴れ合いに対する考慮、等）と各ナースの勤務負荷や健康を考慮するための条件（休みや勤務シフトの数、休みや勤務の希望、セミナー等の予定、勤務と勤務の間が8時間未満や夜勤が何日も続くといった厳しいシフトの並びを避ける、等）に分けられることも分かった。

また、どのような勤務表が望ましいのかについては、どの部署でも「上記条件を満たす勤務表」が挙げられ

ており、現実には、すべての条件を満たすことが難しいということが報告されていた。

ここで、勤務表を簡略化した例を表1に示す。列が各日、行が各ナースに対応しており、表中には、そのナースのその日の勤務の記号が書き込まれている。

### 3. シフト拘束とナース拘束

アンケート調査を実施してからモデルらしきものが頭に浮かんでくるまでに1年以上の歳月が流れた。アンケートは8頁にわたり、その多くが記述式の回答となっていたため、集計結果は膨大な文章の山であった。初めは問題の構造が全く見えず、ただ数限りない条件が広がる平面の世界に立たされている気分であった。

問題を知りたいと切望して実施したアンケート調査であったのに、1年が過ぎようとする頃には、なぜこんなやっかいな問題に手をつけたのかと、すっかり後悔の気持ちでいっぱいになっていた。

しかし、アンケート実施翌年のゴールデンウィークのある日、誰もいない研究室で、アンケートで挙げられた条件と実際の勤務表を交互に見渡しているときに、突然、勤務表の中に縦のラインが見えると同時に横のラインがくっきり見えてきたのである。

今となっては当たり前過ぎる事実なのだが、勤務表作成者は、毎日の各シフトに適切な人数と適切な構成のナースを揃えようと、勤務表を列ごとに見て、誰が

表1 3交替制勤務表（-：日勤，＝：準夜勤，N：深夜勤，/：休み，+：その他の勤務）

ナース番号	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						

どのシフトに入るべきかを考えると同時に、勤務表を行ごとに見て、対象ナースの勤務の負荷が適正であるかどうかを考えている。実際の勤務表作成作業でも、勤務表作成者が長い定規を列にあてたり、行にあてたりしながら、その記号の並びを見て考えていることが観察されている[2]。私は、前者に関わる条件を「シフト拘束条件」もしくは「縦の条件」と呼ぶことにした。そして、後者に関わる条件を「ナース拘束条件」もしくは「横の条件」と呼ぶことにした。

当然、スキルレベルの高いナースを多くのシフトに配置したいものの、ナースの負荷を考えるとそのバランスの調整は難しい。一見、各シフトの質と、各ナースのスケジュールの質はトレードオフの関係にあるようにも見える。医療・介護のスタッフ・スケジューリングにおいて、スタッフのスケジュールの質を守ろうとすること、つまり、スタッフの健康や生活を守ろうとすることに対し、「人を扱う業務においてスタッフの都合を考えると甘い、けしからん」と怒る人もいるくらいである。はてさて、本当にそうであろうか？ ナース拘束条件を満たそうとすることは、ナースを甘やかす悪いことなのだろうか？

この件については次節でも述べるが、日本においてはシフト拘束条件とナース拘束条件の両方を考慮することになるので、スケジューリングが難しくなっている[3]。看護の質を守るためには、これらの両方をあきらめてはいけないのである。

ちなみに、海外のナース・スケジューリング研究では、シフト別に違うナースを雇用していたり、ローテーション周期が非常に長いうえ、1週間や2週間だけを対象とする場合も多く、問題におけるナース拘束条件が非常に緩いものになっている。

#### 4. 問題の目的はなにか

この問題に出会った頃から、ナース・スケジューリングは、何かを最適化したいというより、すべての拘束条件をできるだけ満たしたいといった性質の問題であると感じていた。では、この問題に目的はないのか？

私は、ナース・スケジューリング問題の目的を「看護の質を守ること」と考えている。看護の質を数値で表現することは難しいが、看護の質を守るためには数理的な考え方が力を発揮できると信じている。

看護の質を守るために、ナース・スケジューリングができることは、シフト拘束条件により適切なメンバ

を揃えることと、ナース拘束条件により個々のナースが自分の力なりに最良の看護の質を提供できるようにすることである。シフト拘束条件が「看護の質」に直接関わることは理解しやすいので、ナース拘束条件について補足するが、同じナースでも体調や不満のありなしにより提供できる看護の質が違ってくると考えるからである。健康に悪影響を及ぼす勤務が続いたり、希望する休みが取れなかったりすると、次第に士気も薄れ、看護の質が落ちるばかりでなく、最終的には、退職者を出してしまうという問題まで引き起こす。

#### 5. モデリングの視点

1998年、私は患者としてこの問題を考える機会に恵まれた。ナース・スケジューリングに没頭し過ぎたせいか、私は病に倒れ、入院生活を送ることになった。より真剣にこの問題を考えるよう神様が試練を与えたのかもしれない。

ナース・スケジューリング研究者の威信をかけ、客観的な観察を誓っていたが、自分の体調が切羽詰ってくると、観察というより、夜勤帯にどのナースが勤務しているかが最大の興味になった。そのメンバ構成が夜勤の質に大きく関わり、自分の不安の大きさに圧倒的な影響を及ぼす。優しいナースだと安心して眠れ、そうでないと不安な夜が過ぎるわけである。

一方、ナースたちはこの問題をどう考えているのだろうか。聞き取り調査の他に、仲良くなったナースたちとの雑談の中で次の二つの評価尺度を聞くことができた。自分に与えられたスケジュールを見て、希望する休みがもらえたか、いつに休みがもらえるかなど、自分の生活に直接関わってくる部分と、夜勤に誰と組むかといった勤務のやりやすさや、体調を良い状態で保てるスケジュール（シフトの並び）になっているか、患者をちゃんと観察できるよう日勤の間隔があき過ぎてないかなど、自分が与える勤務の質に関わる部分をチェックするのだという。

経営者は、より良い医療や看護を提供すること以外にも「コスト最小化」を目指す。ナース・スケジューリングにおいて、コストは雇用費に関わるので、各部署に配属されるナースの数に影響する。

勤務表作成者は、配属されたナースの数やそのメンバの特性を把握し、勤務表の良し悪しに影響を受ける患者の立場、ナースの立場を考慮してナース・スケジューリングを行っていることになる。

## 6. 勤務表を作成する

この問題を解く際に突き当たった最大の難しさは、できあがった勤務表の評価である。与えた条件のすべてを満たした勤務表については問題ないが、いくつかの条件を満たせなかった複数の勤務表の比較が単純にはできないからである。個々の条件を守らない場合のペナルティを決めてペナルティの和で評価することも考えられるが、実際には、その組合せによって個々の条件の意味合い、特に、ナース拘束条件の個々の意味合いが異なってくるため不可能な場合が多い。

これらの難しさをどう解決するかについて検討し、勤務表を作成する際のアプローチを(1)各ナースのスケジュールの質を適正レベルに保ちつつ、各シフトに適切なナースを揃えようとする、(2)各シフトに適切なナースを揃えつつ、ナースのスケジュールの質を適正レベルに到達させようとする、(3)これらを区別せずに、もしくは、条件の重要度の重み付けをして満たそうとする、という三つに分けて考えた。

私は「ナース数の不足を訴えたい」という気持ちがあったので、一つ目の考え方を採用したが、幸運にも次のような利点にも恵まれた。

シフト拘束条件は、スキルレベルや担当患者によりチーム分けしたナースのグループに対し「各シフトへの勤務人数の上下限値を設定する」だけで扱うことができるが、ナース拘束条件はその表現も複雑なうえ、その数はシフト拘束条件よりはるかに多い。そして、これらの条件を定式化すると、各ナースのナース拘束条件群が互いに独立なブロック対角構造を持つことがわかる。各ブロックに対して実行可能な解を求めておき、シフト拘束条件を結合制約として扱うことは、探索空間を縮小する意味でも非常に効率が良い。

一方、現場では、与えた条件をすべて満たす勤務表作成ができなかった場合、ナース拘束条件を緩和して(ナースに我慢してもらって)作成することが多いという。シフト拘束条件は満たさないわけにはいかないと考えられているからある。しかし、自らが勤務表を作成し現場の勤務表作成者と議論を重ねるうちに、勤務表を手直しする際には、「ナース拘束条件をいくつか満たしていない勤務表」をシフト拘束条件を守ったまま実際に利用可能な勤務表に書き換えるより「シフト拘束条件をいくつか満たしていない勤務表」に対し

てナース拘束条件の一部を適切に緩和して利用可能な勤務表に作り変える方がはるかに簡単であることが分かってきた。また、ナース拘束条件をできる限り守った勤務表の「ナースの急な休みや勤務変更にも柔軟に対応できる」利点も現実的には有効である。

さらに、次のような海外の問題にも適用可能である。スケジューリングにおいてナースの数が足りない場合に病院内のナース・プールのナースや病院外の登録ナースを利用するといった「補ったナースにコストが発生する」タイプの問題に対し、シフト拘束条件を満たさない度合い、つまり、ナース不足数の最小化をコスト最小化に読み替えることができるからである。

## 7. おわりに

紙面の関係上、ナース・スケジューリングの定式化[3]やアルゴリズム[4]の詳細については触れなかったが、ここで述べた考え方が実現できるようなアルゴリズムや方法を考えていきたい。

ナース・スケジューリングに対し、考慮すべき条件が無限に存在するような掴みどころのない問題に見えていた頃から、拘束条件の構造や関係が立体的に見えてくるまでの間に、人間の評価尺度の難しさ、不思議さ、長期的な意味での「看護の質を守る」ことの難しさ、そして、多くの視点や考え方に遭遇することになった。

未だ完成しない私のナース・スケジューリング研究を応援して下さい先生方、病院現場のナースの皆さんに心より感謝致します。

### 参考文献

- [1] 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, 71, 413-423 (1995).
- [2] 嶋田葉子, 池上敦子, 大倉元宏: “看護婦勤務表作成支援システムの開発を意図したタスク分析”, 人間工学, 37, 125-133 (2001).
- [3] 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”, オペレーションズ・リサーチ, 41, 436-442 (1996).
- [4] Ikegami A. and Niwa A.: “A Subproblem-centric Model and Approach to the Nurse Scheduling Problem”, *Mathematical Programming*, 97, 517-541 (2003).