

ナース・スケジューリング

池上 敦子

我が国におけるナース・スケジューリング研究がスタートしてから15年がたつ。病院現場においても、OR、数理計画の効力が発揮できる準備がいよいよ整ってきた。本稿では、ナース・スケジューリング問題のモデル構築からアルゴリズム構築、勤務表作成支援システム構築までの流れを紹介することにより、その難しさと面白さ、そして研究を進める上での考慮すべきポイント等について述べたい。

キーワード：勤務表作成，モデリング，Subproblem-centric Approach（部分問題軸アプローチ）

1. はじめに

ナース・スケジューリングとは、病院の病棟ナースの勤務表を作成する問題のことである。人の命に関わる現場で、看護の質を守りながら、ナースの希望や健康状態をも考慮する勤務表作成は、責任が重く、神経も時間も費やす困難な問題として有名である。

筆者がこの問題に出会って15年がたつ。その経緯については、本誌の2005年8月号「モデリング特集」で詳しく紹介させていただいた[1]（OR学会電子資料館でもダウンロードできる）ので、本稿と一緒に読んでいただけたら幸いである。

1970年代～1980年代前半のアメリカで一頃取り上げられて[2][3][4]以降、世界中でも扱われることになかったこの問題について、あらためて我が国独自のナース・スケジューリング・モデルを構築しようと、1994年、東京女子医科大学病院や倉敷中央病院を対象に本格的に調査を始めた。東京女子医科大学病院の（ICUなど特別な部署以外の）ほぼすべての部署（40部署）で、毎月ナースの勤務表を作成している婦長（現在の師長）や主任ナースの40名に対してアンケート調査や聞き取り調査を行った[5]。

調査結果に基づき、簡単なアルゴリズムを作成して実際の勤務表を作成しながら評価・議論することにより、この問題のモデルを構築した[6]。さらに、全国にわたる23の私立大学病院315部署に対するアンケート調査を行うことにより、提案モデルが妥当であることを確認した[7]。

偶然なのか、必然なのか、提案モデルに基づいて構築したアルゴリズム[8]を発表した1998年には、イギリスやカナダでもこの研究に対する論文が出てきた[9][10][11]。問題サイズやローテーションの性質が異なるものの、ナース・スケジューリングに挑んでいる研究者が存在することに感動したり、焦ったりしたことを憶えている。

提案モデルの拘束条件をすべて満たした勤務表であれば、現場でそのまま、もしくは簡単な手直し程度で利用できることがわかった（モデルの妥当性が確認できた）後は、アルゴリズムの構築に力を注いだ。

2交替制のためのアルゴリズム[8][12]は高速に実行可能解（現場にとって好ましい勤務表）を得ることから、現場でも高く評価された。

このアルゴリズムは、Subproblem-centric Approach（部分問題軸アプローチ）という考え方に基づいて構築されたが、同様に構築された3交替制のためのアルゴリズム[13][14]とともに、その有効性は勤務スケジュールのベンチマーク問題集のサイト[15]に国旗（日の丸）付で紹介されている。このサイトはイギリスのノッティンガム大学のものであるが、3交替制の問題（Ikegami-3shift-DATA1）に対し、我々の解[13]より優れた解（設定した評価値がよい解）を出すのは難しいとのメールを、サイト管理者からもらっている。

一方、国内でも、提案モデルをベースにナース・スケジューリングの研究が始まった[16][17][18]。もちろん、海外でも1998年以降、多くの論文が出版され続けている[19][20][21][22]。

本稿では、我が国におけるナース・スケジューリング問題を紹介し、その難しさと面白さ、そして筆者が行ってきた研究を辿ることにより、これからのナー

ス・スケジューリング研究の必要性を述べたいと思う。

2. 我が国のナース・スケジューリング

1996年の論文「我が国におけるナース・スケジューリング問題」[6]では、問題を以下のように定義した。
ナース・スケジューリング問題

ナース数 m , スケジュール日数 n , シフトの種類の数 w , スキルレベルやチーム構成等によるグループ, 同じシフトでの組合せを避けるナースペアまたはグループ, 前月の勤務表が与えられ, 毎日の各シフト(日勤/夜勤, または, 日勤/準夜勤/深夜勤)に必要なナース数と各グループからの人数の下限と上限, 各ナースの各シフトや休みに対する回数の下限と上限, それら以外の業務の日程, 休み希望日, そして禁止されるシフトパターン, 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。

もう少し整理すると, ナース・スケジューリングで考慮するすべての条件は, 本質的に異なる2つのタイプのグループ; 各シフトのスキルレベルを守るもの(シフト拘束条件)と, 各ナースの負荷に関わるもの(ナース拘束条件)とに分けられる。

シフト拘束条件

シフト拘束条件は, 各シフトに適した人数とスキルレベルのナースを割り当てることにより看護の質を守ろうというものである。具体的には, 各シフトの合計勤務人数や各グループからの人数に下限と上限を設定するものである。

相性の悪い(もしくは馴染み合いのある)ナースの組合せを避けたり, 夜勤における同じ組合せの繰り返しを避ける場合にも, 対象となるナースだけのグループを考え, 対象シフト(例えば夜勤)への人数の上限を設定することで考慮できる。

ナース拘束条件

ナース拘束条件は, 以下の3つのタイプの拘束条件からなり, 各ナースの労働負荷を考慮するものである:

1. 各シフトや休みの回数が適切であること
2. 休みやシフトの希望日やセミナー参加を達成すること
3. ナースの健康に悪影響をもたらす(もしくは規則的に禁止されている)シフトの並びを避けること

3つ目のタイプは, さらに以下の3つに分類できる。

(i)同一シフトの連続回数に関するもの。例えば「3連続夜勤は許されない」等。(ii)同一シフトの間隔に関するもの。例えば「夜勤と夜勤の間は少なくとも4日はあける」「休みと休みの間は6日以下」等。(iii)異種シフトの並びに関するもの。例えば「夜勤翌日の日勤は許されない」等。

このように拘束条件を分けて考えることは, ある拘束条件が満たされない場合, なにが影響を受けてしまうのかを意識できる利点がある。また, 我々が提案する Subproblem-centric Approach や Branch and Price といった列生成に基づくアルゴリズムを利用しやすくするばかりでなく, 3節に述べるように, 修正しやすい勤務表を提供するためにも重要なことと考える。

また, 問題分解の観点から見ると, ナース・スケジューリング問題の拘束条件は, ブロック対角構造をしている。この構造の中では, 各ナースのナース拘束条件が対角に並んだ各ブロックに対応し, それらは結合制約を無視すれば独立に扱うことができる。シフト拘束条件は結合制約に対応するが, ナースの人数の上下限条件なので扱いやすい。ブロック内のナース拘束条件の合計数に比べて, はるかに数が少ない。

3. 部分問題を意識した定式化

モデル構築した際に利用した勤務表作成アルゴリズム[6]では, シミュレーテッドアニーリングを利用していたが, シフトへの人数確保を優先する初期解と近傍を設定していたことで, ナース拘束条件をいくつか満たさない勤務表が与えられた。目的関数値(条件を満たしていない数)的にはよさそうな解でも, 不自然なシフトの並びや, 決して容認できない3連続深夜勤等が残ると, 現場でも受け入れられず, すでに各シフトに人数が確保できている中での手直しは, あらたに勤務表を作成するより手間がかかるといわれた。

このように, ナース・スケジューリングの現実的な難しさの1つに「与えた条件を満たせなかった勤務表の評価の難しさ」が挙げられる。さらに, 所属ナースの人数やスキルレベルにも関わらず, 勤務表作成者が「実行不可能になってしまうほど多くの拘束条件を課してしまう」こともこの問題に大きく影響する。

すべての拘束条件を満たす勤務表を作成できない場合には, 一般的にはナース拘束条件を緩和することで対応するというが, この緩和を行えるのは, スタッフ・ナースの好み, 性格, 健康状態等をよく把握して

いる人間だけ（師長や主任）である。つまり、ナース・スケジューリングのためのアルゴリズムは、それらの条件を安易に扱うべきではなく、勤務表作成者が後から手直ししやすいように、十分な柔軟性を持った勤務表を与えなくてはならないのである¹。よって、勤務表作成者にナース拘束条件緩和の自由度を与えるためには、いくつかのシフト拘束条件を満たすことに失敗してもナース拘束条件をすべて満たすことができるアルゴリズムを構築する必要があった。そして、ナース拘束条件をシフト拘束条件と別扱いにして解くことが、実用上有効であると考えた。

そこで、個々のナースの実行可能シフトパターンを作成する問題を部分問題として意識できる定式化を提案した。

問題の目的

この問題の目的は、なにかを最適化したいというより、ここで述べた拘束条件をすべて満たすことである。したがって、すべての要望を問題の拘束条件として表現し、それを満たさない度合いを目的関数として設定する。

意思決定変数

1人のナースの実行可能シフトパターンを「そのナースに関するすべてのナース拘束条件を満たすスケジュール」と定義する。そして、実行可能シフトパターンを各ナースに対して陽的もしくは陰的に用意した下で、実行可能シフトパターンの最適な組合せを見つける問題として定式化する。そこで、ナース i が実行可能シフトパターン q を割り当てられるとき 1、そうでないとき 0、となる意思決定変数 λ_{iq} を使うことにした。

記号

$M = \{1, 2, \dots, m\}$: ナース番号の集合。

$N = \{1, 2, \dots, n\}$: スケジューリング対象日の集合。

$W = \{\text{shift 1, shift 2, } \dots, \text{shift } w\}$: シフト（例えば、日勤、夜勤、休み）の集合。

$R = \{r | r \text{ はグループ}\}$: スキルや担当患者で分けられたグループの集合。

$G_r = \{i | \text{ナース } i \text{ はグループ } r \text{ に所属}\}, r \in R$ 。

$a_{rjk}, r \in R, j \in N, k \in W$: j 日のシフト k に対するグループ r からの人数の下限値。

$b_{rjk}, r \in R, j \in N, k \in W$: j 日のシフト k に対するグループ r からの人数の上限値。

P_i : ナース i の n 日分の実行可能シフトパターン（スケジュール）の集合。各パターンは δ_{iqjk} （パターン q の j 日にシフト k が割当てられていれば 1、そうでなければ 0）で表現されている。

シフト拘束条件

シフト拘束条件は、割り当てるナース数の下限と上限を守るものである。グループ $r \in R$, 日 $j \in N$, シフト $k \in W$ に対し、以下のように表される。

$$a_{rjk} \leq \sum_{i \in G_r} \sum_{q \in P_i} \delta_{iqjk} \lambda_{iq} \leq b_{rjk} \quad (1)$$

以下で示す定式化では、この式を下限に対する条件と上限に対する条件の 2 つに分け、さらに等式として表すため $\alpha_{rjk}^-, \alpha_{rjk}^+, \beta_{rjk}^-, \beta_{rjk}^+ \geq 0$ というスラック、サージ変数を利用して表すことにする。

定式化

$$\text{Minimize } \sum_{i \in M} \sum_{q \in P_i} \sum_{r \in G_j} \sum_{k \in W} (w_{rjk}^- \alpha_{rjk}^- + w_{rjk}^+ \beta_{rjk}^+) \quad (2)$$

subject to

$$\sum_{i \in G_r} \sum_{q \in P_i} \delta_{iqjk} \lambda_{iq} + \alpha_{rjk}^- - \alpha_{rjk}^+ = a_{rjk} \quad (3)$$

$$r \in R, j \in N, k \in W$$

$$\sum_{i \in G_r} \sum_{q \in P_i} \delta_{iqjk} \lambda_{iq} + \beta_{rjk}^- - \beta_{rjk}^+ = b_{rjk} \quad (4)$$

$$r \in R, j \in N, k \in W$$

$$\sum_{q \in P_i} \lambda_{iq} = 1 \quad i \in M \quad (5)$$

$$\lambda_{iq} = 0 \text{ or } 1 \quad i \in M, q \in P_i \quad (6)$$

$$\alpha_{rjk}^-, \alpha_{rjk}^+, \beta_{rjk}^-, \beta_{rjk}^+ \geq 0 \quad (7)$$

$$r \in R, j \in N, k \in W$$

ここで、 $w_{rjk}^-, w_{rjk}^+ \geq 0$ は、シフト拘束条件の重み付けである。通常、 $w_{rjk}^-, w_{rjk}^+ = 1$ と設定することにするが、これは、これまでの経験で、このシンプルな設定が有効だったからであり、 w_{rjk}^-, w_{rjk}^+ に対する他の重み付けの利点を見つけれなかったからである。

しかしながら、これらの重み付けをあえて表現することにより、外部に依頼するナース（変動ナース：floating nurse）のコストを最小化するタイプのナース・スケジューリング問題に対しても、「日 j のシフト k に変動ナースを利用する場合にかかるコスト」を w_{rjk}^- に直接代入することで、適用できるようになっている。これは、国外のナース・スケジューリングへの幅広い適用可能性を示す重要なポイントである。

¹ 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満たしたまま手直しすることに比べて、いくつかのシフト拘束条件を満たしていない勤務表について、ナース拘束条件の一部を適切に緩和しながら、実際に使える勤務表に手直しする方が、はるかに簡単であることは、現場での勤務表作成調査からわかっている。

4. Subproblem-centric Approach

3節で示した定式化は、 λ_{iq} の値の変更、つまりナース拘束条件を満たしている実行可能パターンを入れ替えることにより、シフト拘束条件を違反する度合いを最小化するアルゴリズムを意識している。

そこで、ナース i の実行可能シフトパターンを選択する ($\lambda_{iq}=1$ とすべき q を見つける) 問題を部分問題とするため、以下のように考えた。

部分問題

ナース $i \in M$ を選んで、それ以外のナースのスケジュールを与えられた試行解のもので固定した場合、定式化の拘束条件は、元の問題のブロック対角構造の1ブロック (部分問題) であり、目的関数は結合制約を満たそうというものである。このように他のナースのスケジュールを固定して目的関数を最小化する問題をナース i についての部分問題とし、以下のように表す：

$$\text{Minimize } \sum_{i \in M} \sum_{q \in P_i} \sum_{r \in R} \sum_{j \in N} \sum_{k \in W} (w_{rjk}^- \alpha_{rjk}^- + w_{rjk}^+ \beta_{rjk}^+) \quad (8)$$

subject to

$$\sum_{i \in M} \sum_{q \in P_i} \delta_{i'qjk} \lambda_{i'q} + \alpha_{rjk}^- - \alpha_{rjk}^+ = a_{rjk} \quad (9)$$

$$r \in R, j \in N, k \in W$$

$$\sum_{i \in M} \sum_{q \in P_i} \delta_{i'qjk} \lambda_{i'q} + \beta_{rjk}^- - \beta_{rjk}^+ = b_{rjk} \quad (10)$$

$$r \in R, j \in N, k \in W$$

$$\sum_{q \in P_i} \lambda_{iq} = 1 \quad (11)$$

$$\lambda_{iq} = 0 \text{ or } 1, q \in P_i \quad (12)$$

$$\alpha_{rjk}^-, \alpha_{rjk}^+, \beta_{rjk}^-, \beta_{rjk}^+ \geq 0 \quad (13)$$

$$r \in R, j \in N, k \in W$$

ここで、この構造をうまく利用するために、以下のような反復方策を使うことを考えた。適当な試行解からスタートし、各ナースについて部分問題(8)-(13)を解き、それらの結果の中から最良な解を次の試行解として採用する。そして、このプロセスを目的関数値が0になるまで繰り返す。

このアプローチは、問題分解に基づく局所探索の1つである。個々のナースに関わる部分問題に焦点を当てながら全体問題を扱うことから、線形計画法における Decomposition Algorithm (分解アルゴリズム) との混同を避けるため、Subproblem-centric Approach (部分問題軸アプローチ) と呼んでいる。さらに、もっと広い意味で Subproblem-centric Approach を捉えて、目的関数に「結合制約を違反する度合い最小化」を含むような部分問題を繰り返し解くことによって目的関数を最小化する「ブロック対角

勤務表作成支援システム		1998年12月																												週末6 代休2							
子	残	看護婦名	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	31	夜	休	日	
		T.M.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		A.M.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
x	28	F.M.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	28	W.A.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
x	16	U.F.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	16	K.N.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	16	K.T.	外	外	外	外	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Δ	18	I.S.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	8	K.R.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	8	M.A.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	23	I.N.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	18	U.Y.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	18	I.K.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Δ	18	K.K.	指	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
x	13	N.S.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	12	Y.Y.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	13	N.Y.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	8	N.M.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
x		T.M.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	17	S.Y.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Δ	19	W.K.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	15	T.K.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	11	T.T.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	8	T.Y.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	8	T.N.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		夜勤	4	3	3	3	3	3	3	3	4	3	4	3	3	3	3	4	4	4	3	3	3	3	4	4	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
		ヘルパー																																			
		子エック	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
		日勤A	3	3	3	3	2	2	3	3	3	3	3	2	2	3	3	3	3	3	3	2	2	3	3	2	3	3	2	3	3	2	3	4	2	2	
		日勤B	3	3	3	3	2	2	3	3	3	3	3	3	2	4	3	3	3	3	2	2	3	3	2	3	3	2	3	2	3	3	2	2	2	2	
		日勤C	3	3	3	3	2	2	3	3	3	3	3	3	2	3	3	3	3	2	2	3	3	2	3	3	2	3	2	3	3	3	2	2	2	2	
		日勤合計	9	9	9	9	6	6	9	9	9	9	9	8	6	10	9	9	9	6	6	9	9	6	9	9	7	6	9	10	6	6	6	6	6		

図1 タスク分析で明らかになった求められる機能

構造問題のためのアプローチ」として提案した[13].

Subproblem-centric Approachに基づくアルゴリズムの詳細は、論文[12][13][14]を参照していただきたい。

5. 勤務表作成支援システム

効率よく勤務表を作成するアルゴリズムがあっても、使いやすいインターフェースがなければ現場で利用されることはない。このことについては、何度も苦い思いを重ねてきた。勤務表作成支援システム構築を申し込んでくる企業は多かったが、モデルとアルゴリズムとインターフェースの関係をなかなか理解してもらえず、

提案アルゴリズムは市販品として出回っていない。

一方、研究としては、成蹊大学院生だった相澤学氏[23]、嶋田葉子氏[24][25]、笹川裕也氏[26]、他多くが、インターフェースに関する研究を進めた。図1は、現場の勤務表作成作業をビデオに撮って行ったタスク分析で明らかになった「勤務表作成を支援するために必要な機能」の一部である[25]。また、提案アルゴリズムが実装されている勤務表作成支援システムのメニュー画面と、結果の勤務表画面[26]を、図2と図3に示す。

実際に現場で利用できる解（勤務表）を提供するため、現在、法政大学の野々部宏司氏と勤務表の評価の考え方と、新たな次元（今までの数理計画モデルと異なった形）のモデル構築を試みている。また、ナース・スケジューリングだけに限らないが、勤務表作成支援システムのあり方については、3節でも述べた「後から手直しをしやすい解を与える」ことについて、総合研究大学院大学の久保琢磨氏が、現場での評価実験を行いながら研究を進めている[27]。

6. おわりに

ナース・スケジューリングを深く知りたいと思ったときに「それならば、病院でしっかり調査をしたら」と、アンケート調査を設定して下さったのは、当時、東京女子医科大学病院婦長だった松平信子氏である。

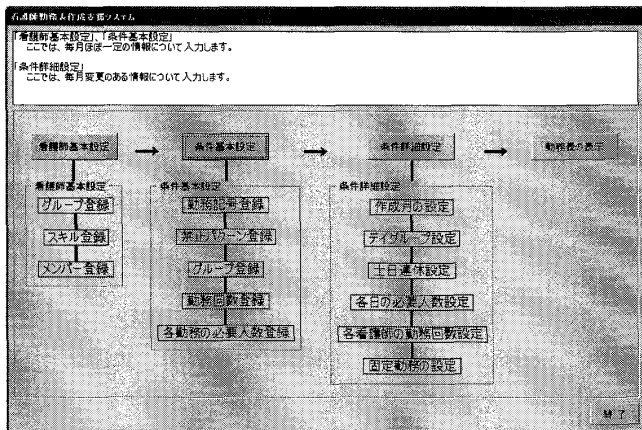


図2 支援システムのメニュー画面

図3 支援システムで作成された勤務表

その松平氏が、現在、副院長と看護局長をされている東京女子医科大学病院八千代医療センター（病床数355）を2009年4月17日に訪問してきた。

八千代医療センターは、2006年12月に開院されたばかりの近代的で開放感ある綺麗な病院である。まずは、現在の勤務表作成の話をつかがい、現在利用されている勤務表作成支援システム（医療情報システムに組み込まれたもの）も見せていただいた。

一番驚いたのは、インタフェースである。10数年前とは比べ物にならないくらい洗練されており、我々が提案した機能がすでに実装されていた。特に、シフト拘束条件、ナース拘束条件を目で確認できる（視線のずれを防いで行や列を見渡せる視線の手がかりとしての）ラインカーソルは、1995年から我々が日本人間工学会[23][24][25]で発表・提案してきたものである。

現在のシステムでは、勤務回数等のチェックが行えるため、まず手書きで勤務表を作成した後、システムに入力して利用しているという。一方、「勤務表作成が難しい、困難である」という声は今も現場に残っているという。つまり、スケジューリング自体は、看護師長（もしくは主任）が、いまだに紙の勤務表を使って自ら行っているからである。

この日の訪問では、市販システムでも多くの条件を意識できるようになってきたことも確認できた。つまり、15年をかけてナース・スケジューリングの基盤が整備されてきたことを実感することができた。いよいよナース・スケジューリングのアルゴリズムが活躍できる準備が整ってきたということである。

アルゴリズムについても、提案してきたものを改善すると同時に、新しい考え方を取り入れていきたい。現在、東京農工大学の新妻真輔氏と様々な可能性を検討中である[28]。

ナース・スケジューリングのモデル[6]を発表したのは1996年だが、その後、多くの人に興味を持っていただいたことをうれしく憶えている。また、いまや、このモデルが当たり前のものとして、学会等で研究発表がなされるのを見ると、当時とはまた別のうれしい思いである。サービスサイエンス、サービスイノベーションというキーワードを、ここそこで聞かれるようになってきたが、勤務表作成、スタッフスケジューリングの代表選手として、そして、組合せ最適化の中の魅力的な問題の1つとして、ナース・スケジューリングの研究が盛んになっていくことを心より願って

いる。

最後に、ナース・スケジューリングを本特集に企画して下さった、八木恭子先生、編集委員会の先生方に感謝します。

参考文献

- [1] 池上敦子：“モデリングを通して見えた世界,” オペレーションズ・リサーチ, 50, 564-567 (2005) OR学会電子資料館 http://www.orsj.or.jp/~archive/pdf/bul/Vol.50_08_564.pdf
- [2] Warner, D.M.: “Scheduling nursing personnel according to nursing preference: A mathematical programming approach,” *Operations Research*, 24, 842-856 (1976).
- [3] Miller, H. E., Pierskalla, W.P. and Rath, G. J.: “Nurse scheduling using mathematical programming,” *Operations Research*, 24, 857-870 (1976).
- [4] Arther, J. L. and Ravindran, A.: “A multiple objective nurse scheduling model,” *AIIE transactions*, 13, 55-60 (1981).
- [5] 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, 413-412 (1995).
- [6] 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*, 41, 436-442 (1996).
- [7] 池上敦子: “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,” 博士論文, 成蹊大学, 東京 (2001).
- [8] 池上敦子, 丹羽明: “ナース・スケジュー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 the Operations Research Society of Japan*, 41, 572-586 (1998).
- [9] Dowsland, K. A.: “Nurse scheduling with tabu search and strategic oscillation,” *European Journal of Operational Research*, 106, 393-407 (1998).
- [10] Jaumard, B., Semet, F. and Vovor, T.: “A generalized linear programming model for nurse scheduling,” *European Journal of Operational Research*, 107, 1-18 (1998).
- [11] Millar, H. H. and Kiragu, M.: “Cyclic and non-cyclic scheduling of 12 h shift nurses by network programming,” *European Journal of Operational Research*, 104, 582-592 (1998).
- [12] 池上敦子: “2交替制ナース・スケジューリングのアルゴリズム改善,” *Journal of the Operations Research Society of Japan*, 43, 365-381 (2000).

- [13] Ikegami, A. and Niwa, A.: "A Subproblem-centric Model and Approach to the Nurse Scheduling Problem," *Mathematical Programming*, 97, 517-541 (2003).
- [14] 池上敦子: "ナース・スケジューリング—調査・モデリング・アルゴリズム—," *統計数理*, 53, 231-259 (2005).
- [15] "Personnel Scheduling Data Sets and Benchmarks": <http://www.cs.nott.ac.uk/tec/NRP/>
- [16] Nonobe, K. and Ibaraki, T.: "A tabu search approach to the constraint satisfaction problem as a general problem solver," *European Journal of Operational Research*, 106, 599-623 (1998).
- [17] Osogami, T. and Imai, H.: "Classification of various neighborhood operations for the nurse scheduling problem," *Lecture Notes in Computer Science*, 1969, 72-83 (2000).
- [18] 長谷川精也: "IP-based local searchによるナーススケジューリング問題の近似解法," *電子情報通信学会論文誌, J 89-D*, 2251-2259 (2006).
- [19] Aickelin, U. and Dowsland, K. A.: "Exploiting problem structure in a genetic algorithm approach to a nurse rostering problem," *Journal of Scheduling*, 3, 139-153 (2000).
- [20] Meyer auf'm Hofe, H.: "Nurse rostering as constraint Satisfaction with Fuzzy constraints and inferred control strategies," *DIMACS Series in Discrete Mathematics and Theoretical Computer Science*, 57, 67-99 (2001).
- [21] Bard, J. F. and Purumo, H. W.: "Preference scheduling for nurses using column generation," *European Journal of Operational Research*, 164, 510-534 (2005).
- [22] Belien, J. and Demeulemeester, E.: "A Branch-and-price approach for integrating nurse and surgery scheduling," *European Journal of Operational Research*, 189, 652-688 (2008).
- [23] 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," *人間工学*, 31, 特別号, 190-191 (1995).
- [24] 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).
- [25] 嶋田葉子, 池上敦子, 大倉元宏: "タスク分析に基づく看護婦勤務表作成支援システムのユーザインターフェースの開発と評価," *人間工学*, 38, 261-271 (2002).
- [26] 笹川裕也: "ナース・スケジューリング支援システム—Human-Centered Designの実現—," *成蹊大学修士論文* (2006).
- [27] 久保琢磨, 宇野毅明: "スタッフスケジューリングにおける修正しやすさを知る為の実験とその考察," *日本OR学会秋季研究発表会*, 40-41 (2009).
- [28] 新妻真輔, 池上敦子, 品野勇治: "列生成法におけるナーススケジューリング問題の解法," *情報処理学会, 2009-MPS-073*, 221-224 (2009).