

ナース・スケジューリングにおける現場の課題と 勤務表改善アルゴリズム

伊藤 賢^{†1} 八巻 直一^{†2} 炭谷 正太郎^{†3}

概要: 作成者（管理職）が日々の業務に必要なメンバー構成、各ナースの体調、また、これらの調整作業、勤務表のチェックに大きな労力を費やしている。作成の仕方は、具体的な作成手順は無く作成者任せである。ソフトベンダも、研究者も大いに研究しているが、いまだに実用化されたとは言えない。既存のソフトウェアは、作成者への配慮が充分とはいえないものが多い。また、研究において「ナース・スケジューリング」は、研究分野の名前であって、題材として「解く対象」である。ナースとその現場を扱うものは少数であり、実用化されているアルゴリズムは数少ない。本研究では、勤務表がどのように作られているか、課題の洗い出しを行い、勤務表作成全体をサポートするツールを提案する。基本的な考え方として、勤務表作成は作成者が主体、コンピューターシステムはサポートに徹することとした。本稿では、この内、定量評価と評価値改善アルゴリズムを取り扱う。

キーワード: ナース・スケジューリング、勤務表作成、作成過程サポート、勤務表の定量評価

1. はじめに

ナース・スケジューリングとは、「ナースの勤務表作成」の事である。

勤務表作成は、翌月分の作成が基本で、図1のような流れで作成する。月初めに病棟内で決まっている予定を入れた勤務表に、各ナースが休暇や勤務希望を書き込む。作成者は病棟の管理職であり、これに法律や院内規則と照らし合わせつつ、各ナース間で調整する。調整は希望休・勤務のバッティング、各ナースからの要望など多岐にわたり、最も手間がかかる。1 部署 1 ヶ月分の勤務表を作成するために平均約 6.8 時間、長いときには 30 時間が費やされている、池上[1]との報告もある。

また、ナースの過剰な負担を軽減し、その能力を発揮するためには、勤務の希望をかなえると同時に、病棟の「勤務の質」、ナースの「生活の質」のバランスも考慮すべき事項である。勤務・生活の質は、

- 勤務の質：看護サービスの質
- 生活の質：ナースの勤務形態に対する希望の充足度の事である。

これらに対し、労力を減らそうと事前にパターンを用意しても、図2のように休・勤の希望があり、簡単には当てはめができない。パターンをできるだけ多くする事が考えられるが、今度は選びきれない。

既存研究は、池上[1]、長谷部ら[2]、島田ら[3]、Sato et al. [4]などがある。既存のソフトウェアは基幹システムの一部である場合や、専用品でもエンジニアの視点で作られているため、利用者（勤務表の作成者）への配慮が充分とはいえないものが多い。また、研究においては「ナース・スケジューリング」は、あくまで研究分野の名前であって、題材として「解く対象」である。ナースとその現場を扱うも

のは少数であり、実用化されているアルゴリズムは数少ない。本研究では、勤務表作成における課題を明らかにし、実用的な支援ツールを提供することを目的とする。

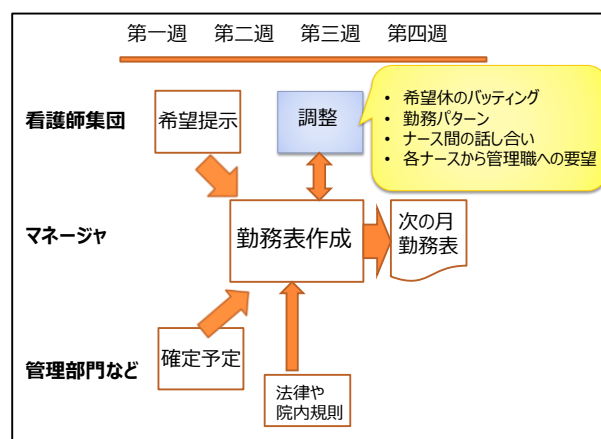


図1 勤務表作成の流れ

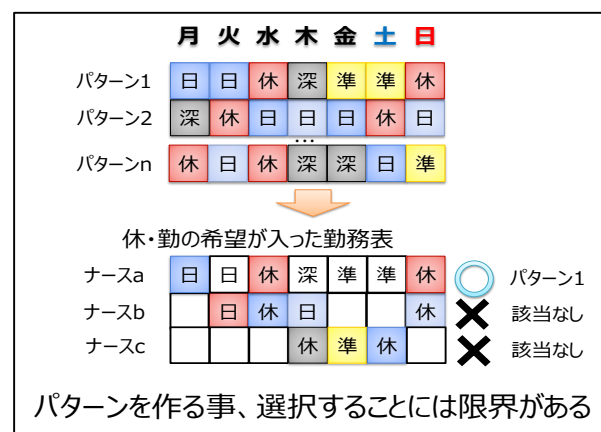


図2 パターン化と当てはめ

^{†1} 株式会社 ITSC （連絡先：itouken@itsc-ltd.co.jp）

^{†2} 静岡大学

^{†3} 聖隷クリストファー大学

2. 勤務表作成に携わる既知の病棟ナースの意見

勤務表作成に携わる病棟ナースの意見は以下である。

- 手間がかかり、他の業務に支障がでる
- 勤務表のシフトの割付のやり方は作成者に任されているため、技量や経験でばらつく
- 学べるものがあれば導入したい
- 勤務表作成のコンピュータソフトウェアはあるが、使えない

「他の業務」とは、現場の看護の仕事にはじまり、各ナースの育成などがある。特に育成の時間が奪われてしまうため、現場のスキルや業務の効率が上がらない悪循環をうむ。

「勤務表の作成の仕方」は管理職（作成者）に任されているが、管理職になる前の経験に依存するところが大きい。また、病棟ごとのルールがあり、別病棟に異動した際の勤務表作成は、戸惑う。各ナースの人物像が把握しきれていない中で作成された勤務表は、ルールに基づいて作成されているのかかわらず病棟全体に負担感が出る。

「学べるもの」について、効率よく勤務表を作成する術を会得したいが、自身の勤務表作成をかえりみることで、勤務表作成について作成者間の情報交換の機会に恵まれることはない。自身のやり方が客観的に評価できない、という課題がある。

「コンピュータソフトウェア」は、シフトの割り当てに使っている事例はほとんどない。機械的に作成された勤務表は、勤務するナースに説明が困難であることが主な理由である。勤務表の自動生成ソフトウェアに提示された勤務表は、作成者の意図とは合わず受け入れられにくい。また、割当入力操作で精一杯、禁止事項などに入力制限がかけられることがあるため、紙面に自分の想いを自由に巡らせた方がよいという意見もある。このため、コンピュータソフトウェアの使用は、主に配布用の清書、勤怠システムなどの基幹システムへの入力にとどまっている事が現状である。

3. 勤務表作成作業と課題の洗い出し

図3は一般的な勤務表作成をナースの勤務表作成に当てはめたものである。

「作業のボトルネック」は以下である。

- 希望と制約を調整する作業
- ナース間の調整作業
- 転記作業

転記作業は直すべきことがあるたびに行う。これから勤務表作成における課題は以下である。

- マネージャもナースであり作成業務の負担が大きい
- 各ナースの希望と制約条件を満たすことは実現困難
- 個々のナースとの勤務形態の調整に時間がかかる
- チェック作業が過大

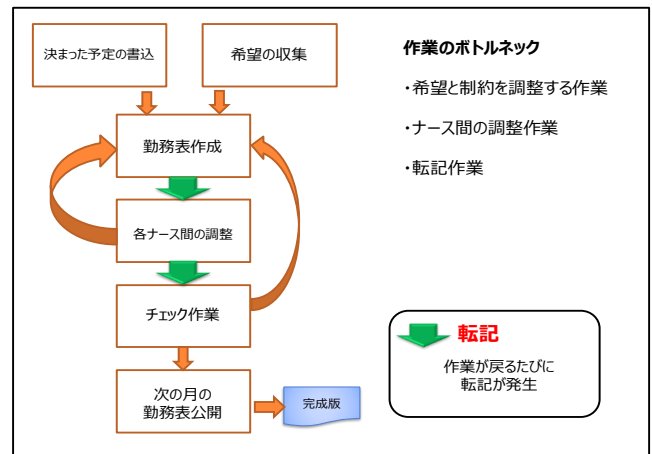


図3 作業概要とボトルネック

4. 課題への対応と用意するツール

勤務表作成の現場には、表示や入力などに適切な道具が必要である。希望の収集、調整作業など、ナース間でコミュニケーションが必要な作業のために、集約した勤務表に加え、充分な一覧性を持つ大型タッチパネルディスプレイなどの整備が必要であろう。これらのハードウェアを含む環境への提案は本論文では触れないが、今後提案したい。

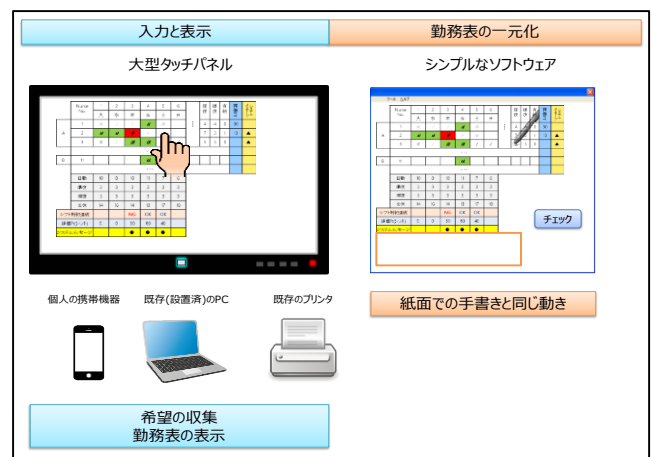


図4 用意するツールのイメージ

5. 勤務表の定量評価

勤務表作成の主役は作成者とする。ツール内のソフトウェアは以下の考え方で作る。

- 勤務表の良否について定量評価を行う
- 勤務表の自動生成は行わない
- 人数の過不足、実現できないシフトが割り付けられても、評価のみを行う
- 作成者が「より良いシフトの割付」を見つけるために簡単な評価値改善アルゴリズムを用いる

勤務表は、各ナース、日々の勤務に設定した「目標数もしくは必要数と実績数との差」。各ナースの生活の質はこれ

に加えて「日々のシフトの並び」と「休みが土日祝と重なるか」を考慮する。各ナースの希望休・勤務を取り入れたうえで、シフトの並びから加点減点を行う。これは「希望休・勤務がなかった」としても他のシフトが厳しくなってしまう事、ナース間での公平感に関する配慮である。勤務の質と生活の質の評価値の合計を勤務表の定量評価とする。

ツールに実装するソフトウェアへの入力には紙面での手書きのような自由度を持たせる。作成途中で「勤務の質」「生活の質」に禁止事項などがあっても、定量評価をすることで作成者に伝えるが、入力の制限や辻褃合わせは行わない。

6. 定量評価のための定式化

F を定量評価値, P を生活の質の評価値, Q を勤務の質の評価値とすると, $F = P + Q$ となる。 P については式 (1)~(12), Q については式 (13)~(18) のとおりである。生活の質と勤務の質の評価値はそれぞれ,

- 生活の質
各ナースの希望を取り入れた上での目標数と割付実績の差とシフトの禁止や好ましさの評価値
- 勤務の質
各日の看護サービスの質を充足するための必要数と割付実績数との差の評価値

となる。

i, j, l は,

$i = \{1, 2, \dots, n\}$: ナース番号

$j = \{1, 2, \dots, m\}$: 日付

$l = \{1, 2, 3, 4\}$: 割り付けるシフト

と表す。 l は 1 : 日勤, 2 : 準夜, 3 : 深夜, 4 : 休み, の4つとした。

- 生活の質の評価値

ナース i の j 日のシフト l を a_{ijl} と表す。 l はここでは4つの値をとるので,

$$a_{ijl} = \begin{cases} a_{ij1} = 1 : \text{日勤} \\ a_{ij2} = 1 : \text{準夜} \\ a_{ij3} = 1 : \text{深夜} \\ a_{ij4} = 1 : \text{休み} \end{cases} \quad (1)$$

となり, シフト l は必ず1つが割り付けられるので,

$$\sum_{l=1}^4 a_{ijl} = 1 \quad (2)$$

となる。

ナース i に1か月分のシフト l を割り付ける目標数を,

$$b_{il} = \begin{cases} b_{i1} : \text{ナース } i \text{ の日勤の目標数} \\ b_{i2} : \text{ナース } i \text{ の準夜の目標数} \\ b_{i3} : \text{ナース } i \text{ の深夜の目標数} \\ b_{i4} : \text{ナース } i \text{ の休みの目標数} \end{cases} \quad (3)$$

と表す。

ナース i に1か月分 (m 日) のシフト l を割付けた実績数を,

$$c_{il} = \sum_{j=1}^m a_{ijl} \quad (4)$$

とする。

ナース i のシフト l の割付実績数と目標数の差につける重み付けを,

$$w_l = \begin{cases} w_{l1}, & c_{il} < b_{il} \\ w_{l2}, & c_{il} \geq b_{il} \end{cases} \quad (5)$$

とする。

ナース n 名のシフト l の割付実績数と目標数との差の評価は,

$$G_l = \sum_{i=1}^n w_l |c_{il} - b_{il}| \quad (6)$$

となる。ここではシフト l を4種類としているので, 目標数との差の評価は,

$$G = \sum_{l=1}^4 G_l \quad (7)$$

となる。

シフトの並びには, j 日と $j+1$ 日のシフトの並びに禁止パターンがある。禁止パターン α , $\alpha = \{1, 2, \dots, t\}$ の出現数に負の重みを付けることで評価値を下げる設定を考える。ナース i の禁止パターンの出現数を h_{ai} とし, 禁止パターンつける重み付けをそれぞれ x_α とすると, ナース i に禁止パターンがあったときの評価値は,

$$H_i = \sum_{\alpha=1}^t x_\alpha h_{ai} \quad (8)$$

となる。

ナース全員分 (n 名) の禁止パターンがあったときの評価値は,

$$H = \sum_{i=1}^n H_i \quad (9)$$

となる.

推奨されるシフトの並びも禁止シフトの並びと同様に, 推奨パターン β , $\beta = \{1, 2, \dots, k\}$ の出現数に正の重みをつける事で評価値を上げる設定とする. ナース i の推奨パターンの出現数を $s_{\beta i}$ とし, 推奨パターンにつける重みをそれぞれ y_{β} とすると, ナース i に推奨パターンがあったときの評価値は,

$$S_i = \sum_{\beta=1}^k y_{\beta} s_{\beta i} \quad (10)$$

となる.

ナース全員分 (n 名) の推奨パターンがあったときの評価値は,

$$S = \sum_{i=1}^n S_i \quad (11)$$

となる.

生活の質の評価値は, 式 (7), (9), (11) より, 以下となる.

$$P = G + H + S \quad (12)$$

- 勤務の質の評価値

ナース i の j 日のシフト l は, 式 (1) より, a_{ijl} で表せる.

j 日にシフト l を割り付ける必要数は式 (1) と同様に 4 種類であるので,

$$d_{jl} = \begin{cases} d_{j1} : j \text{ 日の日勤の必要数} \\ d_{j2} : j \text{ 日の準夜の必要数} \\ d_{j3} : j \text{ 日の深夜の必要数} \\ d_{j4} : j \text{ 日の休みの必要数} \end{cases} \quad (13)$$

となる.

j 日に n 名のナースに, シフト l を割付けた実績数は,

$$e_{jl} = \sum_{i=1}^n a_{ijl} \quad (14)$$

と表される.

j 日のシフト l の割付実績数と必要数の差につける重みを,

$$v_l = \begin{cases} v_{l1}, & e_{jl} < d_{jl} \\ v_{l2}, & e_{jl} \geq d_{jl} \end{cases} \quad (15)$$

とする.

1 ヶ月の日数 m 日にシフト l の割付実績数と必要数との差の評価は,

$$R_l = \sum_{j=1}^m v_l |e_{jl} - d_{jl}| \quad (16)$$

となる. 式 (7) と同様, シフト l を 4 種類としているので必要数との差の評価は,

$$R = \sum_{l=1}^4 R_l \quad (17)$$

となる.

勤務の質の評価は式 (17) より, 以下となる.

$$Q = R \quad (18)$$

勤務表の定量評価においては, いくつかのウェイトを導入することを提案しているが, それらの値をどう設定するかは各現場での試行錯誤が必要となる. 本論文では, 仮の値を設定して検証する. しかし, 仮の値による定量評価であっても, 現場の納得は得られているようである.

設定データの例は, ナースの生活の質については, 表 1 は各ナースに割り振る目標数. その差に割り振る重み付けを表 2 とする. 禁止および推奨パターンの種類と重み付けは, 表 3 とする.

勤務の質の評価については必要数とその差に割り振る重み付けを表 4, 表 5 とする.

表 1 各ナースに割り振る目標数

	ナース i			
シフト l	1	2	3	4
日勤	2	2	1	1
準夜	1	1	2	2
深夜	2	2	0	2
休み	1	2	1	1

表 2 各ナースへの実績数と目標数との差の重み付け

			$c_{ul} < b_{ul}$	$c_{ul} \geq b_{ul}$
l	1	日勤	-2	1
	2	準夜	1	-1
	3	深夜	2	-3
	4	休み	-4	3

表 3 禁止および推奨パターンと重み付け

	シフト	評価	評価理由
禁止パターン	準・日	-10	不可能な勤務
	日・深	-10	禁止されている勤務
	休・深	-1	休み最後が次勤務の準備
推奨パターン	準・休	1	次勤務までの間隔長い
	休	1	休みが土日祝と一致

表 4 各日の勤務の必要数

シフト	日付				
	1	2	3	4	5
日勤	2	2	2	2	2
準夜	1	1	1	1	1
深夜	1	1	1	1	1
休み	0	0	0	0	0

表 5 実績数と必要数との差の重み付け

			$e_{jl} < d_{jl}$	$e_{jl} \geq d_{jl}$
l	1	日勤	-1	1
	2	準夜	-10	1
	3	深夜	-10	1
	4	休み	0	0

7. 評価値改善アルゴリズム

作成者が「より良いシフトの割付」を見つけるために以下のような評価値改善アルゴリズムを用いる。

- 事前の設定
 1. 定量評価された勤務表に対し
 2. 作成者が、ある日のあるナースのシフトを1つ選ぶ
- アルゴリズム
 1. 選択したナースのシフトとすべてのナース、すべての日付のシフトを入れかえて評価値を全部計算する
 2. 評価値が最も大きくなったシフトと選択したシフトを入れ替える

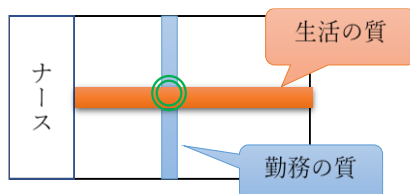


図 5: 選択をするシフト

8. 検証

表 1 から表 5 の値を使って検証を行う。検証は Excel に

で行った。

生活の質では、禁止および不可能なシフトの並びが許されない。勤務の質では準夜、深夜では、人数不足が許されない。これらは制約としては固い、よって大きな負のウェイトを与えて評価の値に反映されるように設定した。また、勤務の質では定量評価に休みの割付けの実績数と必要数は考えないので、すべてのウェイトを 0 に設定して表現した。

表 6 の勤務表は禁止や不可能なシフトの並びがないものを作成し、定量評価を行ったものである。

評価値改善アルゴリズムの適用結果は表 7 である。成績改善アルゴリズムを適用する際に選択したシフトは、生活の質が高いナース、勤務の質が低い日付の「ナース 3 の 5 日」とした。

この検証では、勤務表が小さいため、公開されている勤務表 Ikegami-3Shift-DATA1[1] を引用し、この検証にあわせてデータを加工した。引用した勤務表の大きさは、ナース数 25 名、30 日である。

こちらも同様に定量評価および、評価値改善アルゴリズムを適用し、改善ができた。

表 6 勤務表の定量評価例

	1	2	3	4	5	
ナース名	土	日	月	火	水	P_i
1	深	日	休	深	日	0
2	深	休	準	休	準	1
3	準	休	日	準	休	3
4	準	準	深	日	休	0
Q_i	0	-11	-1	-1	-11	

P : 生活の質	4
Q : 勤務の質	-24
定量評価	-20

表 7 評価値改善アルゴリズム適用結果

	1	2	3	4	5	
ナース名	土	日	月	火	水	P_i
1	休	日	休	深	日	5
2	深	休	準	休	準	1
3	準	休	日	準	深	-4
4	準	準	深	日	休	0
Q_i	-1	-11	-1	-1	-1	

P : 生活の質	2
Q : 勤務の質	-15
定量評価	-13

9. 今後にむけて

今回は、既知の病棟ナースの勤務表作成に関する意見、一般的な勤務表作成をナース・スケジューリングに当てはめてみて、ボトルネックとなっている作業と課題を洗い出した。

課題に対し、勤務表作成の主役は作成者であり、ツールは代わりに作ってくれるものではなく、支援するものを基本的な考え方とした。そのあり方としてコミュニケーションが必要な作業には充分な一覧性を持つもの、シフトの入力は制御せず評価値で「知らせる」事に徹することで「紙に自身の想いを巡らせた方が良い」という意見へ対応した。

勤務表の定量評価について、ナースの生活の質については、目標数との差の評価に加えて「禁止もしくは推奨パターンがあったときの評価」を加えた。これまで、各ナースのシフトの割付けが目標数を満たしていても働きやすいか否か、公平に勤務が割り振られているかが見えにくかったが、条件を整理して適切に加えれば、新たな指標となりうる。今回はごく簡単なアルゴリズムを作成し検証をしたが、勤務表作成の支援の方向性を示すことができた。

今後は、定量評価の仕組みに、生活の質の視点では休み希望、勤務の質では、チーム編成の機能を追加していく。

定量評価のための重み付けについて、今回は仮の値として設定した。重み付けの設定については今後の研究課題であり、病院の課題でもある。これらを含めて現場での試行を行っていく予定である。

10. 倫理的配慮について

本研究において対象者はなく、先行研究および一般に入手可能な資料などを用いた。このため、特に倫理的配慮を要しない。

参考文献

- [1] 池上敦子, 「ナース・スケジューリング問題把握とモデリング」, 近代科学社 (2018).
- [2] 長谷部 勝也, 池上 敦子, 野々部 宏司, “ナーススケジューリング最適解の多数生成と特徴分析,” オペレーションズ・リサーチ, Vol. 63, No. 3, pp. 139-145 (2018).
- [3] 島田 佳明, 新田 利博, 多田 明巧, “汎用的なシフトスケジューリングツール～モデリングとその開発～,” スケジューリング・シンポジウム 2008 講演論文集, pp. 177-182 (2008).
- [4] Satoh M., Watanabe I. and Asakura K., “Determinants Strengthening Japanese Nurses’ Intention to Stay at Their Current Hospital,” *The Tohoku Journal of Experimental Medicine*, Vol. 246, Issue 3, pp. 175-182 (2018).

Field issues in nurse scheduling and work schedule improvement algorithm

Ken Ito^{†1} Naokazu Yamaki^{†2} Shotaro Sumitani^{†3}

Abstract: Work schedule creators (managers) spend a great deal of effort in the course of their daily work tracking member composition, the health of each nurse, coordinating these elements, and checking work schedules. There is no specific procedure for making schedules, so the details of the task are left up to each work schedule creator. Software vendors and researchers have done considerable research into this topic, but have not achieved practical results. Most existing software cannot be said to be made with much consideration for the work schedule creators. In research, nurse scheduling is the name of a field, and exists as a “problem to be solved”. There are very few nurses and people who handle their field, and few algorithms have been put to practical use. In this research, we identify tasks to find how work schedules are made, and propose tools that support making entire work schedules. The basic principle is that the work schedule creator should take the lead role in making schedules, and the computer system should serve primarily for support. This paper deals with quantitative evaluation and evaluation value improvement algorithms.

Keywords: nurse scheduling, work schedule creation, creation process support, quantitative evaluation of work schedules

^{†1} ITSC Co., Ltd. (Correspondence Author: itouken@itsc-ltd.co.jp)

^{†2} Shizuoka University

^{†3} Seirei Christopher University