

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 25 年 3 月 31 日現在

機関番号：24403

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2010 ～ 2012

課題番号：22510157

研究課題名（和文） 予期せぬ一時的看護師不足への対応を考慮した
ナース・スケジューリングシステム研究課題名（英文） A nurse scheduling system under the situation of
temporary shortage of nurses

研究代表者

森澤 和子（MORIZAWA KAZUKO）

大阪府立大学・工学研究科・准教授

研究者番号：60220050

研究成果の概要（和文）：本研究課題では、24 時間体制の病院で働く看護師の勤務表作成問題を対象に、骨折時やインフルエンザ罹患時のように複数日にわたって業務に従事できない看護師が急に発生し勤務可能な看護師の数が一時的に通常より少ない状況になった場合の勤務割当調整を迅速に行うための動的スケジューリングアルゴリズムを提案した。また、毎月の勤務表を作成する静的スケジューリングアルゴリズムと提案アルゴリズムの連携を考慮した実用的なナース・スケジューリングシステムの基礎を構築した。

研究成果の概要（英文）：In this research, a nurse rostering problem with several consecutive days of absence of nurses was formulated and a heuristic method based on the recursive search technique to generate new feasible rosters with a small number of task re-assignments was proposed. The proposed method initially implements following two phases recursively: (i) finding a nurse assignable to the absent position, (ii) changing one of the tasks assigned to the nurse into a day-off if any constraint violations arise, and then a tree search algorithm is implemented to get a better schedule with less number of re-assigned tasks. The results of numerical experiments for three-shift nurse rostering problems with real data in Japan show the effectiveness of the proposed method.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2010 年度	800,000	240,000	1040,000
2011 年度	900,000	270,000	1170,000
2012 年度	500,000	150,000	650,000
年度			
年度			
総計	2200,000	660,000	2860,000

研究分野：経営工学

科研費の分科・細目：社会・安全システム科学・社会システム工学・安全システム

キーワード：ナース・スケジューリング，医療・福祉，アルゴリズム

1. 研究開始当初の背景

ナース・スケジューリング問題は、24 時間体制で入院患者と外来患者に看護サービスを提供する病院等における看護師の勤務表を作成する問題である。看護師は医師の業務を支える重要な役割を担っており、患者とじ

かに接する時間も長い。質の高い看護体制が常時確保でき、かつ看護師一人一人が家庭環境に配慮しながら無理なく働くことのできる良好な勤務表を作成するためのシステムを構築することは、世界有数の長寿国であり社会の少子高齢化が進みつつある我が国に

において、医療・介護サービスのいっそうの充実・向上に寄与する重要な課題といえる。

ナース・スケジューリング問題に関する既存の研究のほとんどは、看護師に事前に提示する翌月分の勤務表の作成を目的とした静的なスケジューリング手法を提案するに留まっており、家族や看護師本人の急病等による突発的な欠勤に伴う勤務割当修正という現場で日常的に発生し、勤務表作成担当者をもっとも困らせる事態への対応は考慮できていない。このため申請者らは、平成 19～21 年度科学研究費補助金・基盤研究(C)「急な勤務変更への対応を考慮したナース・スケジューリングシステム」において、看護師の突発的な欠勤が発生当日の 1 日限りである場合について、代替勤務者の確保とそれに伴う欠勤発生日以降の勤務割当変更を行う再帰的代替勤務者探索アルゴリズムを提案し、これを用いた動的ナース・スケジューリングシステムを構築した。

看護師の突発的な欠勤は多くの場合その日 1 日限りのものであるが、新型インフルエンザ対策のように感染者・濃厚接触者に一定期間自宅療養が課される場合や看護師が骨折等の外科的損傷を負った場合には、欠勤が複数日にわたり、該当の看護師が職務に復帰するまでは一時的に通常より少ない人数体制で看護にあたらざるをえない。このような複数日にわたる欠勤発生に対応可能な動的ナース・スケジューリング法に関する研究は国内外ともにまだ行われていなかった。

2. 研究の目的

本研究課題の目的は、日本の 3 交代制勤務の病院を想定したモデルを対象に、複数日にわたって職務に従事できない看護師が急に発生し、勤務可能な看護師の数が通常より一時的に少ない状況になった場合の勤務割当調整をも迅速に行うことができる動的ナース・スケジューリングアルゴリズムを開発し、毎月の勤務表作成と欠勤発生時の勤務表修正に対応可能な実用性の高いナース・スケジューリングシステムの基礎を構築することである。一時的な人数不足という看護の現場にとって極めて厳しい状況に対する最良の対応策を迅速に提示可能なシステムを開発することにより、予期せぬ事態における勤務表作成担当者の負担を軽減し、現場の混乱を抑え、看護サービスの充実・向上に寄与することをめざす。

3. 研究の方法

複数日にわたる欠勤が急に発生した場合の勤務表修正アルゴリズムの開発とそれを組み込んだナース・スケジューリングシステムの構築をめざして、以下の方法で研究に取り組んだ。

まず、勤務表修正のための動的ナース・スケジューリングアルゴリズムの開発に関しては、平成 19～21 年度科学研究費補助金・基盤研究(C)「急な勤務変更への対応を考慮したナース・スケジューリングシステム」で開発した看護師の欠勤が発生当日の 1 日限りである場合に対する再帰的代替勤務者探索アルゴリズムを、欠勤が複数日にわたる場合にも適用可能なものに拡張・改良する方向で研究を進めた。

勤務表の修正を行う動的スケジューリングでは、元の勤務表における各看護師への勤務割当をできるだけ変更することなく欠勤者の勤務を代替する看護師の決定とそれに伴う欠勤発生日以降の勤務割当調整を行い、勤務表作成時に考慮した各勤務シフトごとの必要人数制約や各看護師への勤務割当回数制約、禁止勤務パターン割当の回避、勤務希望の考慮などの看護の質や看護師の労働条件に関する様々な制約を引き続き満たした修正勤務表を作成することが望まれる。また、欠勤は当該勤務の開始直前に判明することも多いため、できるだけ短時間で修正案を作成できることも重要である。

前述の再帰的代替勤務者探索アルゴリズムを本研究課題で対象とする複数日連続欠勤のケースに直接適用すると、勤務割当変更が連鎖的に行われて元の勤務表とは大きく勤務割当が異なる修正勤務表が得られる可能性が高い。このため、 $w(\geq 1)$ 日にわたる欠勤をどのように取り扱うのか、また再帰的代替勤務者探索アルゴリズム自体に改良の余地はないのかの 2 点を中心に検討を行った。その際、動的環境を想定した生産スケジューリングや設備レイアウトを対象とした研究で培ったヒューリスティック・ルールに関する知見を援用した。

また、動的ナース・スケジューリングの難易度は静的スケジューリング段階で作成された元の勤務表の質につよく依存するため、複数日にわたる欠勤の発生に対応可能な実用的ナース・スケジューリングシステムを構築するためには、静的スケジューリング法の改良と動的スケジューリング法の開発・改良の両面からのアプローチが必要であると考えた。そこで、複数日にわたる欠勤の発生時に修正勤務表の作成が不可能(=実行可能解なし)とならないために元の勤務表が備えておくべき特性について数値実験結果に基づく分析を行った。計画期間途中での欠勤発生は不可避であるとの観点から、この分析によって得られた知見を別途開発した静的ナース・スケジューリングアルゴリズムに組み込み、数値実験によってその妥当性を検証し、静的スケジューリングと動的スケジューリングを連携させたナース・スケジューリングシステムの基礎を構築した。

4. 研究成果

(1) 複数日にわたる欠勤の発生に伴う一時的看護師不足に対応するための動的ナース・スケジューリングアルゴリズムの開発

①再帰的代替勤務者探索アルゴリズムの改良

1日限りの欠勤発生に対応することを前提として開発された再帰的代替勤務者探索アルゴリズムを、複数日連続欠勤の場合にも有効に適用するために、まずその性能の改良を試みた。ここで、アルゴリズムの性能は、得られた修正勤務表における勤務割当変更件数で評価するものとした。

再帰的代替勤務者探索アルゴリズムの基本手順は以下のとおりである。

<Step1>欠勤者に割り当てられていた勤務 k を“代替可能”な看護師 i を探索し、看護師 i の第 t 日の勤務を勤務 k に変更する。

<Step2> Step1 の勤務割当変更により、看護師 i に勤務制約違反が発生した場合は、看護師 i の第 t 日以降のいずれか1日の勤務割当を休暇に変更することでその制約違反を解消できないかを調べる。そのような日(これを第 t' 日とする)があれば看護師 i の第 t' 日の勤務を休暇に変更する。

<Step3> Step2 の勤務割当変更により新たに制約違反が発生した場合は、この休暇割当を欠勤発生とみなして、元の勤務表で第 t' 日に看護師 i に割り当てられていた勤務を勤務 k 、 $t := t'$ として Step1 へ戻る。制約違反が発生しなかった場合、または発生した制約違反が解消できないと判明した場合は手順終了。

Step1 の勤務 k を“代替可能”な看護師とは、第 t 日に休暇が割り当てられており、かつ勤務 k を割り当てても勤務回数制約、必要スキル値、勤務希望に関して制約違反を起こさない看護師をいう。勤務 k を代替可能な看護師が存在しない場合は「勤務希望違反を起こさない」→「必要スキル値制約違反を起こさない」→「禁止勤務パターン制約違反を起こさない」→「勤務回数制約違反を起こさない」の順で看護師を選定する。

このアルゴリズムの終了時点では、修正勤務表を得るまでの勤務割当変更過程と各段階での候補看護師の情報が残っている。そこで、これらを探索木に記憶し、分枝限定法のバックトラッキングと同様にして、より良い勤務割当変更案を探索できるようにアルゴリズムを改良した。探索木の高さは再帰レベルと等価であり、1レベルにつき通常2件の勤務割当変更が実施される。本研究課題にご協力いただいたある病院の勤務表作成担当者の方からいただいた「実用の観点からは、

勤務割当変更件数は10件以下が望ましい」とのご意見を反映し、最大再帰レベルを5に制限した。以上の改良を加えたアルゴリズムによれば、欠勤がその日1日限りの場合については、計算時間を大幅に増加させることなく勤務割当変更件数がより少ない実行可能な修正勤務表を作成できることを数値実験により確認した(図1参照)。

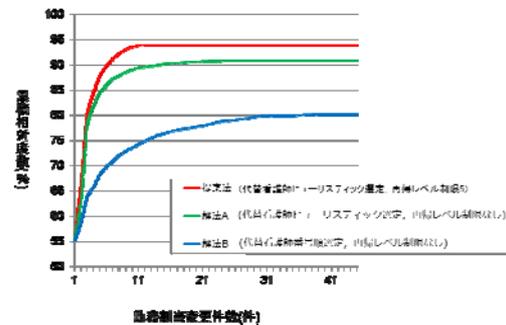


図1 提案法(改良型再帰的代替勤務者探索アルゴリズム)による数値実験結果

②複数日連続欠勤への改良版再帰的代替勤務者探索アルゴリズムの適用

$w(\geq 2)$ 日間わたる複数日連続欠勤発生に伴う動的ナース・スケジューリング問題(元問題)を w 個の欠勤が1日限りの動的ナース・スケジューリング問題(部分問題)に分割し、これらにそれぞれ改良版再帰的代替勤務者探索アルゴリズムを適用することで、元問題の解決を図った。この場合も連鎖的な勤務割当変更を回避するためには w 個の部分問題をどのような順で解くかが重要となる。

まず部分問題の中に“easily solvable”な問題がないかをチェックし、そのような部分問題があればそれらをすべて解く。ここで“easily solvable”な問題とは、再帰的代替勤務者探索アルゴリズムの Step1 の最初の実行時において欠勤者の勤務を“代替可能”な看護師が存在し、1件の勤務割当変更により直ちに実行可能な修正勤務表が得られる問題である。“easily solvable”な問題では勤務表の修正が欠勤発生日当日のみで完了するため、このような部分問題が複数存在する場合もそれらを解く順番は任意でよい。

次に、ここまでで得られた各修正勤務表の勤務割当により元の勤務表を更新したうえで、“easily solvable”でない部分問題を改良版再帰的代替勤務者探索アルゴリズムにより暦日順に解く。得られた修正勤務表によって元の勤務表を更新してから次の部分問題を解くという操作を繰り返し、最後の部分問題を解き終わった段階で得られた修正勤務表を提案アルゴリズムによる元問題の解とする。

以上の方法で、連続欠勤日数が3日の場合について作成された修正勤務表の一例を図2に示す。図中の記号‘D’は日勤、‘E’は準

夜勤、‘N’は深夜勤、‘M’は研修、‘-’は休暇をそれぞれ表している。この数値例では提案アルゴリズムにより6件の勤務割当変更で実行可能な修正勤務表を作成できている。看護師数24名に対する1か月間の勤務表を所与とし、連続欠勤日数が2日から5日の各場合について数値実験を行った結果、提案アルゴリズムは欠勤日数の増加に伴い勤務割当変更件数が増加する傾向はみられたものの、いずれの場合も約3500問の例題のうち80%以上について実行可能な修正勤務表を作成できた。また、提案アルゴリズムによる1問あたりの計算時間は高々10秒程度と効率的であることもわかった(アルゴリズムをMicrosoft Visual C++でコーディング、CPU: Phenom II X6, 3.20GHzのPC使用時)。

		scheduling period																							
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22		
nurses (24 persons)	module 1	E	-	D	-	D	D	N	E	-	D	D	D	N	E	-	D	D	D	-	D	N	E	-	
	7	D	D	D	N	E	-	D	-	D	N	E	-	D	-	D	D	D	N	E	-	D	-		
	10	-	D	N	E	-	D	-	D	N	E	-	D	-	D	D	D	N	E	-	D	-			
	13	N	E	-	D	-	D	D	N	E	-	D	-	D	-	D	D	D	N	E	-	D	-		
	16	D	-	D	-	D	N	E	-	D	-	D	-	D	D	D	N	E	-	D	-	D	-		
	19	D	N	E	-	D	-	D	D	N	E	-	D	-	D	D	D	N	E	-	D	-			
	22	D	-	D	-	D	N	E	-	D	-	D	-	D	-	D	D	D	N	E	-	D	-		
	3	D	N	E	-	D	-	D	D	N	E	-	D	-	D	-	D	D	D	N	E	-	D	-	
	5	D	N	E	-	D	-	D	D	N	E	-	D	-	D	-	D	D	D	N	E	-	D	-	
	8	-	D	N	E	-	D	-	D	-	D	N	E	-	D	-	D	D	D	N	E	-	D	-	
11	N	E	-	D	-	D	D	D	N	E	-	D	-	D	D	D	N	E	-	D	-				
14	E	-	D	-	D	N	E	-	D	-	D	-	D	-	D	D	D	N	E	-	D	-			
17	E	-	D	-	D	N	E	-	D	-	D	-	D	-	D	D	D	N	E	-	D	-			
20	D	-	D	-	D	N	E	-	D	-	D	-	D	-	D	-	D	D	D	N	E	-			
23	-	D	D	D	-	D	N	E	-	D	-	D	-	D	-	D	D	D	N	E	-	D	-		
3	-	E	-	D	-	D	N	E	-	D	-	D	-	D	-	D	D	D	N	E	-	D	-		
6	N	D	-	D	N	E	-	D	-	D	-	D	-	D	-	D	D	D	N	E	-	D	-		
9	D	D	D	-	D	D	D	-	D	-	D	-	D	-	D	-	D	D	D	N	E	-			
12	E	-	D	-	D	N	E	-	D	-	D	-	D	-	D	-	D	D	D	N	E	-			
15	D	N	E	-	D	-	D	D	N	E	-	D	-	D	-	D	-	D	D	D	N	E	-		
18	-	D	-	D	D	D	-	D	-	D	N	E	-	D	-	D	-	D	D	D	N	E	-		
21	D	N	E	-	D	-	D	D	N	E	-	D	-	D	-	D	-	D	D	D	N	E	-		
24	M	D	M	N	-	E	-	D	-	D	N	E	-	D	-	D	-	D	D	D	N	E	-		
skill level	D	144	144	144	144	144	144	144	144	144	144	144	144	144	144	144	144	144	144	144	144	144	144		
E	144	144	144	144	144	144	144	144	144	144	144	144	144	144	144	144	144	144	144	144	144	144	144		
N	144	144	144	144	144	144	144	144	144	144	144	144	144	144	144	144	144	144	144	144	144	144	144		

図2 提案法による修正勤務表の一例 (看護師8が3日連続欠勤した場合)

(2) 欠勤発生に対応可能な看護師勤務表の特性解析と静的ナース・スケジューリングアルゴリズムの改良

(1)の動的ナース・スケジューリングアルゴリズムの性能評価のための数値実験の過程で、所与とした元の勤務表における勤務割当が原因で、設定した複数日連続欠勤に対する動的ナース・スケジューリング問題が実行可能解をもたないケースが存在することがわかった。これらのケースを分析し、動的スケジューリング段階での対応を容易にするために静的スケジューリング段階で避けるべき勤務割当を導出した。5日間連続勤務を避ける(6日間連続勤務は禁止勤務パターン)、各勤務シフトの必要平均スキル値に対する余裕が10%以下となるメンバー構成を避けるなど、静的スケジューリング段階で絶対制約条件を余裕をもって満たしておくことの重要性を示唆する結果が得られた。

そこで、別途開発済みの「ヒューリスティック・ルールに基づく静的ナース・スケジューリングアルゴリズム」に避けるべき勤務割当に関する知見を新たなヒューリスティック・ルールとして組み込み、さらにルール間の優先順位の変更、感度分析に基づくパラメ

ータの調整などの改良を加えた。数値実験を行い、改良後のアルゴリズムによれば欠勤発生に伴う看護師不足に対応不可能なケースを従来法の約4分の1以下に抑えた勤務表を作成できることを明らかにした。また、動的ナース・スケジューリングにより修正勤務表が得られたケースについても、勤務割当変更件数は従来法による勤務表を用いた場合より減少する傾向がみられたことから、改良後のアルゴリズムは動的スケジューリングへの対応に関して改良前よりも頑健であることも確認できた。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[学会発表] (計 11 件)

- ① K. Morizawa, M. Kitada, N. Hirabayashi, A Static Nurse Scheduling Method to Generate Robust Schedule for Rerostering, 22nd International Conference on Production Research, 2013年7月28日~2013年8月1日, Iguassu Falls, Brazil
- ② M. Kitada, K. Morizawa, A Recursive Approach for Solving Nurse Rerostering Problems with a Sudden Absence for Several Consecutive Days, International Symposium on Scheduling 2013, 2013年7月18日~2013年7月20日, 東京
- ③ 松田淳志, 北田学, 森澤和子, 動的ナーススケジューリング問題の定式化とヒューリスティック解法の性能評価, 日本経営工学会平成24年度秋季研究大会, 2012年11月18日, 大阪市
- ④ N. Hirabayashi, K. Morizawa, A study on Facility Layout using Evolution Strategies in case of Different Shapes and Areas of Facilities, ASME/ISCIE 2012 International Symposium on Flexible Automation, 2012年6月, St. Louis, USA
- ⑤ 鮫島佑典, 森澤和子, 相性制約細分化と前月勤務を考慮した静的ナーススケジューリング法, 日本経営工学会平成23年度秋季研究大会, 2011年11月12日, 盛岡市
- ⑥ 杉村貴久, 森澤和子, ナーススケジューリング問題の定式化とヒューリスティック解法の性能評価, 日本経営工学会平成23年度秋季研究大会, 2011年11月12日, 盛岡市
- ⑦ K. Morizawa, M. Kitada, N. Hirabayashi, A Heuristic Approach for Nurse Scheduling Problems, 21st Inter-

national Conference on Production Research, 2011年8月3日, Stuttgart, Germany

- ⑧ N. Hirabayashi, K. Morizawa, Effects of Simple and Correlated Mutation on Evolution Strategies for Static and Dynamic Facility Layout Problems, 21st International Conference on Production Research, 2011年8月3日, Stuttgart, Germany
- ⑨ M. Kitada, K. Morizawa, H. Nagasawa, A Heuristic Method in Nurse Rerostring Following a Sudden Absence of Nurses, The 11th Asia Pacific Industrial Engineering and Management Systems Conference, 2010年12月9日, Melaka, Malaysia
- ⑩ 水山由里, 平林直樹, ダイナミック設備レイアウトへの進化戦略の適用に関する研究, 日本経営工学会平成22年度秋季研究大会, 2010年10月24日, 福岡市
- ⑪ 松永洋祐, 森澤和子, ハイブリッド・プロシヨップにおけるメイクスパン最小化スケジューリング, 日本経営工学会平成22年度秋季研究大会, 2010年10月23日, 福岡市

6. 研究組織

(1) 研究代表者

森澤 和子 (MORIZAWA KAZUKO)
大阪府立大学・工学研究科・准教授
研究者番号: 60220050

(2) 研究分担者

平林 直樹 (HIRABAYASHI NAOKI)
大阪府立大学・工学研究科・准教授
研究者番号: 80199091

長澤 啓行 (NAGASAWA HIROYUKI)
大阪府立大学工業高等専門学校・校長
研究者番号: 30117999

(3) 連携研究者

なし