

平成22年 3 月 31 日現在

研究種目： 基盤研究 (C)  
 研究期間： 2007 ~ 2009  
 課題番号： 19510151  
 研究課題名 (和文) 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  
 研究課題名 (英文) A nurse scheduling system for rerostering following a sudden absence 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、看護師に事前に提示する翌月分の勤務表を種々の制約条件を考慮して自動的に作成する静的スケジューリング機能に加えて、勤務予定の当日になってやむをえず出勤できない看護師が発生してしまった場合に提示済みの勤務割当をできるだけ変更することなく欠勤を補うための代替人員を選定し、かつその日以降の勤務割当を必要に応じて修正する動的スケジューリングの機能も備えたナース・スケジューリングシステムの基幹アルゴリズムを開発した。

研究成果の概要 (英文) : A heuristic recursive search method for solving the nurse rerostering problems following a sudden absence of nurses is proposed in this research. Aiming at generating "feasible" schedules which satisfy some important conditions such as required numbers and skill levels of nurses at every-day-shifts, prohibited shift patterns and limits of workload for individual nurse, the proposed method solves the nurse rerostering problems by repeating a task re-assignment for filling up the absent position with an appropriate nurse and a 'day-off' task assignment for eliminating any violation of the feasible conditions in the current schedule in a recursive way. Numerical examples in 3-shift nurse rerostering problems with real data in Japan are shown to demonstrate that the proposed method can generate acceptable schedules for practical use efficiently.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	1,000,000	300,000	1,300,000
2008年度	800,000	240,000	1,040,000
2009年度	600,000	180,000	780,000
年度			
年度			
総計	2,400,000	720,000	3,120,000

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, 組合せ最適化, ヒューリスティック, 医療・福祉

## 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。ナース・スケジューリングでは、日勤、準夜勤、深夜勤などのシフトごとの必要人数や同一シフトで勤務する看護師のメンバー構成など看護の質を確保するための様々な制約条件を満たし、各看護師の勤務回数や勤務パターンのバランス、さらには看護師から出される休暇希望なども考慮した勤務表の作成が求められる。しかし、これらの条件をすべて満たした解(勤務表)を得ることは非常に困難であり、制約違反を最低限に抑えた妥当な勤務表を作成するために勤務表作成担当者(多くの場合は看護師長)は毎回多大な労力を費やしている。

ナース・スケジューリング問題に対しては、1990年頃から、これを組合せ最適化問題あるいは制約充足問題として定式化し、おもに分枝限定法などの数理計画手法や遺伝的アルゴリズム(GA)やタブーサーチ(TS)などのメタヒューリスティックを用いて解を得ようとする研究が国内外で活発に行われてきた。しかし、既存の解法の多くは計算に非常に時間がかかる、柔軟性/汎用性が低いといった実用上の問題点をかかえていた。また、それらの解法のほとんどは、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スケジューリング手法であった。

## 2. 研究の目的

看護の現場では、看護師あるいはその子供の急病などにより急に欠勤者が発生し、それを補うために事前に提示していた勤務割当を変更せざるをえない事態が日常的に生じている。しかし、このような事態への対応を想定した動的なナース・スケジューリングに関する研究はまだほとんど行われていない。また、動的スケジューリングでは静的スケジューリングの場合とは異なり、現在の勤務表における勤務割当をできるだけ変更することなく、各種の制約条件を満たすように代替勤務者の確保と勤務表の修正を行わなければならないため、既存の静的スケジューリング法を援用することも難しい。

本研究課題の目的は、このような急な欠勤者の発生時における代替勤務者選定とその日以降の勤務割当調整を迅速に行うことができる実用性の高いナース・スケジューリングシステムを構築することである。これにより勤務表作成担当者の負担を大幅に軽減できると考えられる。また、これまで担当者が手作業で作成していたものよりも勤務割当のバランスがよく、看護師の方にとって無理なく勤務できるスケジューリングを作成できる可能性もある。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ができる良好な勤務表を提供できるシステムを構築することで、少子高齢化がすすむ我が国の医療・介

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

急な欠勤者の発生による勤務割当変更への対応が可能なナース・スケジューリングシステムを構築するために、以下のような方法で研究を進めた。

実用的なシステムの構築を目指す本研究課題では、ナース・スケジューリングの現状やスケジューリングにおける制約条件の詳細などを把握しておくことが不可欠である。そこでまず、実際に病院で看護師の勤務表作成にあたっておられる担当者(看護師長)に聞き取り調査にご協力いただき、それらの情報を獲得した。聞き取り調査をとおして得られた知見に基づいて、現場の意思決定基準を反映した一連のヒューリスティック・ルールを考案し、それらを組み込んだ静的/動的スケジューリング・アルゴリズムを開発した。その過程では、開発途中のアルゴリズムによって作成した勤務表を担当者の方に見ていただいて問題点をご指摘いただいた。それを解消し実用に耐えうる勤務表を作成できるようアルゴリズムの改良を重ねた。

また、スケジューリング・アルゴリズムの開発に関しては、まず所与の条件下で翌月分の勤務表を作成する静的スケジューリング・アルゴリズムについて検討したのちに、その内容をふまえて欠勤発生に伴う勤務表修正を行う動的スケジューリング・アルゴリズムに取り組んだ。これは、静的スケジューリング段階で作成された勤務表の質が、動的スケジューリング段階での勤務表修正の容易さを大きく左右するからである。

静的スケジューリング・アルゴリズムは、欠勤への対応を念頭に置き、各看護師については①できるだけ標準勤務パターンで勤務すること、②連休を多く含むこと、各勤務シフトについては担当メンバーの平均スキルレベルの日ごとのばらつきが少ないことに特に留意してアルゴリズムの構築と改良を行った。一方、動的スケジューリング・アルゴリズムは、欠勤が当該勤務の開始直前に判明することも多く、一刻も早く代替勤務者を選定し確保することが必要であることから、①効率的であること、②混乱を避けるため勤務割当変更はできるだけ少人数かつ少ない件数・短い期間に留めることを重視してアルゴリズムの構築と改良を行った。

最終的には、動的スケジューリング・アルゴリズムにより欠勤発生日以降の勤務割当を必要に応じて修正した勤務表を修正箇所を選択基準を変えて複数作成し、それぞれの特徴(月初めの計画との変更箇所や制約違反の有無など)とともにわかりやすく担当者に提示し、担当者がそれらの中から最も好まし

い案を選択できるシステムを構築した。

#### 4. 研究成果

3 交替制勤務の場合を対象に、以下のような前提条件と制約条件の下でナース・スケジューリングシステムを構築した。

##### <前提条件>

- ・1日の勤務は深夜勤(0:00~8:00), 日勤/研修/会議(8:00~16:00), 準夜勤(16:00~24:00)の3交替制である。
- ・すべての看護師は毎日, 日勤, 準夜勤, 深夜勤, 研修/会議, 休暇のいずれか1つに従事する。
- ・静的スケジューリングでは1カ月間の勤務表を作成する。
- ・各看護師の1ヶ月間の各勤務の回数には上下限が定められている。
- ・各看護師は担当症例別に構成されるモジュール(チーム)のいずれかに所属している。複数のモジュールに所属することや一時的な所属モジュールの変更は許されない。
- ・看護師はスキルに応じて, 看護師長, モジュールリーダー, ベテラン, 中堅, 2年目, 新人に分類される。看護師長はスケジューリングの対象外である。
- ・日勤, 準夜勤, 深夜勤には, 全体としての総必要勤務者数とモジュール別の必要勤務者数が平日・休日別にそれぞれ定められている。
- ・日勤, 準夜勤, 深夜勤には, 各シフトで勤務する看護師の必要平均スキルレベルが定められている。
- ・連続する何日かの勤務について, 労働条件の観点から推奨される「標準勤務パターン」と避けるべき「禁止勤務パターン」が定められている。
- ・各看護師からは事前にその月の勤務割当についての希望がその優先度とともに勤務表作成者に提出されている。
- ・看護師間には相性の良否があり, それは勤務状態にも影響を与える。
- ・以下のデータは所与とする。  
各看護師の過去2ヶ月の月別準夜勤/深夜勤回数, 勤務希望の達成度, 前月の準夜勤/深夜勤の最終勤務日

##### <絶対的制約条件>

- ・すべての日勤, 準夜勤, 深夜勤は定められた必要勤務者数以上(全体およびモジュール別)の看護師で実施されなければならない。
- ・すべての日勤, 準夜勤, 深夜勤は, 平均スキルレベルが定められた必要平均スキルレベル以上となるメンバー構成で実施されなければならない。
- ・各看護師の1ヶ月間の総勤務回数およびシフト別勤務回数はその上下限を越えてはならない。

- ・看護師に禁止勤務パターンで勤務を割り当ててはならない。

##### <目標制約条件>

- ・看護師から提出された勤務希望を満たす。
- ・看護師間の勤務回数/休暇数のバラツキをなくす。
- ・各看護師に標準勤務パターンで勤務を割り当てる。
- ・看護師間の相性を考慮して勤務を割り当てる。
- ・新人看護師に対する教育条件を満たして勤務を割り当てる。

本研究課題で得られた成果を要約すると以下のとおりである。

##### (1) 静的ナース・スケジューリング問題に対するヒューリスティック解法の開発

急な勤務変更に対応可能な動的ナース・スケジューリングシステム開発のための準備段階として, 看護師に前もって提示する翌月分の勤務表を種々の制約条件を考慮して自動的に作成する静的スケジューリングシステムを開発した。本課題の開始に先立って構築を進めていた静的ナース・スケジューリングシステムのプロトタイプをベースに, まず各看護師に経験等に応じたスキル値を設定することで看護の質を定量的に扱えるようにし, さらに制約条件の優先度変更に関する汎用性を高めるためのアルゴリズム修正, 日勤と休暇の割当ルールの改善などを行い, 以下の10phaseからなる静的スケジューリング法を提案した。提案法は準夜勤と深夜勤の割当を決定する第1段階(Phase1~6)と日勤の割当を決定する第2段階(Phase7~10)からなり, 各Phaseにおける勤務割当は制約条件の優先度を考慮した辞書式探索(もしくは制約条件の優先度を考慮した逐次的制約緩和)に基づいてヒューリスティックに決定している。

Phase1: 優先度の高い勤務希望の割当

Phase2: 必要平均スキルを確保するための日勤事前割当

Phase3: 高スキル看護師への準夜勤割当

Phase4: 高スキル看護師への深夜勤割当

Phase5: 高スキル看護師以外への準夜勤割当

Phase6: 高スキル看護師以外への深夜勤割当

Phase7: 勤務人数に余裕がない日/モジュールに対する日勤割当

Phase8: 高スキル看護師への日勤割当

Phase9: 全看護師を対象とした日勤割当

Phase10: 看護師間の休暇日数調整

提案法をC言語でプログラミングし, 実際の病院を模した看護師数24名(3モジュール, 8名/モジュール)のナース・スケジューリング問題を上述の前提条件・制約条件のもとで解いて勤務表を作成した結果, 必要スキルレベルと必要人数の確保, 禁止勤務パターンの割当回避など絶対的に重要な制約条件をす

べて満たし、標準勤務パターン、連休、勤務希望を従来のプロトタイプ・システムよりも多く割り当てた良好な勤務表が作成できた。計算時間はパーソナルコンピュータ (CPU: pentium4, 2.8GHz) で約 5 秒と効率的であった。ご協力いただいた勤務表作成担当者からも提案法により作成された勤務表は実際に病院での使用も可能との評価をいただいた。

なお、得られた勤務表では、ほとんどの日についてその日が連休初日もしくは連休最終日となっている看護師が 1 名ずつ存在し、急な欠勤者がでた場合にはこれらの看護師を代替勤務者の第 1 候補とすることが可能である。

#### (2) 動的ナース・スケジューリング問題に対する再帰的解法の開発

静的なナース・スケジューリングシステムによって作成された勤務表にしたがって勤務を行っている状況下で、ある日の任意の勤務シフトに欠勤者が出てしまった場合に、制約条件を考慮しつつ代替勤務者の確保とそれに伴う勤務割当変更を行う再帰的ヒューリスティック・アルゴリズムを提案した。

提案法の基本的手順は以下のように要約できる。

<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。

ここで、勤務  $k$  を“代替可能”な看護師とは、元の勤務表における第  $t$  日の勤務割当が勤務  $k$ 、または研修/会議以外で、かつ、この日に勤務  $k$  を割り当てても勤務回数制約に違反せず、必要スキル値制約違反も起こさない看護師をいう。Step1 で勤務  $k$  を代替可能な看護師が複数存在する場合は、「欠勤した看護師と同モジュールの看護師」→「スキル値の高い看護師」の順に候補を絞り込む。これにより、欠勤による勤務割当変更が複数モジ

ュールに及ぶことを抑制する。制約違反を起こすことなく勤務  $k$  を代替可能な看護師が存在しない場合は、各看護師の勤務回数制約を無視して代替看護師  $i$  を確保し、その後、Step2 により勤務回数制約違反の解消を図る。

また、Step2 により必要人数制約違反が発生した場合は、第  $t'$  日に休暇を割り当てられている看護師のなかから、必要スキル値制約違反を起こすことなく人数不足となっている勤務に割当可能な看護師を一人選び、その勤務を割り当てる。これとは逆に、勤務割当人数が過多となった場合は、スキルレベル維持の観点から、第  $t'$  日にその勤務を割り当てられている看護師のうち最もスキルレベルが低い看護師に休暇を割り当てる。

この再帰的アルゴリズムを組み込んだ動的スケジューリングシステムを開発した。その有効性を静的スケジューリングシステムの検証に用いたものと同じ前提条件・制約条件をもつナース・スケジューリング問題を対象に数値実験により検証した。

結果の一例を図 1 および図 2 に示す。図 1 は本課題で開発した静的スケジューリングシステムによって作成された当月の勤務表の一部である。1 行目の 1~15 の数字は暦日を、また第 1 列の No. は看護師番号をそれぞれ表している。勤務表内の□は日勤、▲は準夜勤、●は深夜勤、研は研修または会議、— は休暇を意味している。24 名の看護師が 3 つのモジュールに分かれて所属しており、各シフトの必要勤務者数は平日・休日ともに日勤は各モジュールから 3 名以上、合計 10 名、準夜勤/深夜勤は各モジュールから 1 名以上、合計 3 名である。また、各看護師のスキル値は、ご協力いただいている勤務表作成担当者の助言に基づいてモジュールリーダー、ベテラン、中堅、2 年目、新人の分類ごとに設定した値であり、看護の質を保証するための必要平均スキル値は各シフトともに 1.3 とした。図 1 の勤務表は重要な制約条件(絶対的制約条件)をすべて満たしている。

この勤務表に従って勤務に従事している状況下で、8 日の夕方になって翌日 9 日に看護師 No. 1 が割り当てられていた日勤を欠勤することが判明した場合を考える(図 1 の赤いセルが欠勤となる部分)。提案法は、まずこの日勤の代替勤務者として同じモジュールに属する No. 19 の看護師を選定している。No. 19 の看護師の 9 日の勤務を深夜勤から日勤に変更し、それに伴い No. 16 の看護師の 9 日の勤務を休暇から深夜勤に変更して必要人数制約を満たす。その結果、No. 16 の看護師は連続勤務が 6 日以上となって禁止勤務パターンが発生する。これを解消するために No. 16 の看護師の 10 日の勤務を休暇に変更し、この休暇を新たな欠勤発生とみなして手順を繰り返していく。最終的には図 2 に緑色の

セルで示した 10 件の勤務割当変更により重要な制約違反のない修正勤務表が得られた。

No	スキル値	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	5	□	-	-	□	●	▲	-	□	□	□	□	□	□	-	●
4	3	▲	-	-	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	-
7	3	-	□	□	●	▲	-	-	□	□	□	□	□	□	-	-
10	1	-	-	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□
13	1	●	▲	-	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□
16	0.8	□	●	▲	-	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□
19	0.8	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□
22	0.5	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□
2	5	-	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□
5	3	□	●	▲	-	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□
8	1	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□
11	1	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□
14	1	-	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□
17	0.8	●	▲	-	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□
20	0.8	▲	-	研	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□
23	0.5	研	▲	-	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□
3	5	-	研	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□
6	3	●	▲	-	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□
9	1	▲	-	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□
12	1	-	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□
15	1	□	●	▲	-	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□
18	0.8	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□
21	0.5	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□
24	0.5	-	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□

図1 静的スケジューリングシステムによって得られた勤務表の一例

No	スキル値	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	5	□	-	-	□	●	▲	-	□	□	□	□	□	□	-	●
4	3	▲	-	-	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	-
7	3	-	□	□	●	▲	-	-	□	□	□	□	□	□	-	-
10	1	-	-	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□
13	1	●	▲	-	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□
16	0.8	□	●	▲	-	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□
19	0.8	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□
22	0.5	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□
2	5	-	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□
5	3	□	●	▲	-	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□
8	1	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□
11	1	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□
14	1	-	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□
17	0.8	●	▲	-	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□
20	0.8	▲	-	研	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□
23	0.5	研	▲	-	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□
3	5	-	研	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□
6	3	●	▲	-	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□
9	1	▲	-	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□
12	1	-	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□
15	1	□	●	▲	-	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□
18	0.8	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□
21	0.5	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□
24	0.5	-	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□

図2 動的スケジューリングシステムによって得られた図1の勤務表に対する修正勤務表の一例 (9日に看護師No.1が欠勤した場合)

欠勤の発生状況が異なる 4800 通りの例題を同様に解いた結果、94% (ベテラン以上の看護師の欠勤時について 78%, 中堅以下の看護師の欠勤時に限れば 99%) について、各勤務の必要勤務人数制約と各看護師の勤務回数制約、必要平均スキル制約を満たし、新たに禁止勤務パターンを発生させることなく、代替勤務者案とその後の勤務割当変更案を提示できた。また、欠勤勤務を代替する看護師の選定ルールを改善したことで、欠勤発生に伴う勤務割当変更数をほとんどの場合で 10 件以下 (92% の例題で 5 件以下) に抑えることができた。例題 1 問を解くために要した計算時間は最大でも 10 秒程度であり、急な欠勤者の発生という即時対応が迫られる状況において勤務表作成担当者の意思決定の一助となるシステムが開発できた。

## 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 6 件)

- ① M. Kitada, K. Morizawa, H. Nagasawa, Recursive Search Approach in Nurse Rostering Following a Sudden Absence of Nurses, The 10th Asia Pacific Industrial Engineering and Management Systems Conference, 2009 年 12 月 15 日, 北九州市
- ② Y. Uno, N. Hirabayashi, Facility Layout Method using Evolution Strategies with Correlated Mutations, The 10th Asia Pacific Industrial Engineering and Management Systems Conference, 2009 年 12 月 14 日, 北九州市
- ③ 北田学, 森澤和子, 長澤啓行, 急な欠勤に対応するための看護師勤務表の修正法, 日本経営工学会平成 21 年度秋季研究大会, 2009 年 11 月 7 日, 豊田市
- ④ 宇野由宏, 平林直樹, 進化戦略による設備レイアウトにおける Correlated Mutation の影響, 日本経営工学会平成 21 年度秋季研究大会, 2009 年 11 月 7 日, 豊田市
- ⑤ 宇崎尚昌, 森澤和子, 長澤啓行, 制約条件の優先度を考慮したナース・スケジューリング, 日本経営工学会平成 19 年度秋季研究大会, 2007 年 10 月 21 日, 小樽市
- ⑥ K. Morizawa, H. Nagasawa, A Heuristic Method in Static Nurse Scheduling, The 19th International Conference on Production Research, 2007 年 7 月 30 日, Valparaiso, Chile

## 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・講師  
研究者番号: 80199091

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

### (3) 連携研究者

なし