

平成 30 年 6 月 20 日現在

機関番号：24403

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2015～2017

課題番号：15K01197

研究課題名(和文) シフト混在型勤務を考慮したナース・スケジューリングシステムの開発

研究課題名(英文) Nurse scheduling method for nurses' working patterns mixed situation

研究代表者

森澤 和子 (Morizawa, Kazuko)

大阪府立大学・工学(系)研究科(研究院)・教授

研究者番号：60220050

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,600,000円

研究成果の概要(和文)：日本の病院では、慢性的な看護師不足を背景に、看護師を個々の要望に応じた勤務形態で雇用するケースが増えている。本研究課題では、2交代制勤務の看護師と3交代制勤務の看護師がともに勤務するシフト混在型職場を対象に、各看護師がワークライフバランスに配慮して無理なく勤務することができ、かつ病院として質の高い看護サービスを安定して提供可能な良好な勤務表を迅速に自動作成するナース・スケジューリング法を提案した。また、看護師の混在比率が生成可能な勤務表の質に与える影響について分析し、総雇用看護師数が等しい場合は、2交代制勤務の看護師の比率が高いほど良好な勤務表の作成が困難になる傾向があることを明らかにした。

研究成果の概要(英文)：In nurse scheduling, which makes rosters for nurses who work in shifts, it is required to meet various constraints to assure the quality of nursing and working condition of nurses. Recently, against a background of nurse shortage, hospitals which hire nurses by some types of working patterns according to their personal situations are increasing in Japan. This research deals with the nurse scheduling problems in such a hospital and proposes a heuristic method based on a series of heuristic rules for generating acceptable rosters efficiently. To evaluate the effectiveness of the proposed method, the nurse scheduling problem is formulated in an integer programming form and is solved by using an MIP solver. Numerical experiments on 70 examples in a Japanese hospital where both two-shift nurses and three-shift nurses are hired demonstrate that rosters obtained by the proposed method have acceptable quality and the computation time is short enough for practical use.

研究分野：経営工学

キーワード：ナース・スケジューリング 医療・福祉 組合せ最適化

1. 研究開始当初の背景

日本は65歳以上の国民が総人口の25%を超える超高齢化社会を迎えつつあり、医療・介護サービスに対する需要は増加の一途をたどっている。看護師は医師とならぶ医療の担い手であり、質の高い看護体制が常時確保でき、かつ各看護師がワークライフバランスを維持して無理なく働くことができる勤務割当を迅速に決定できるシステムを構築することは、少子高齢化のもと、限られた人材で充実した医療・介護サービスを提供するための重要な課題の一つとされていた。

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における看護師の勤務表を作成するナース・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に必ず守らなければならない絶対制約条件を満たしたうえで、各看護師のシフトごとの勤務回数や勤務パターンの平等性、看護師から出される休暇希望などの目標制約条件も可能な限り満たすことが求められる。しかし、すべての条件を満足する勤務表の作成は非常に困難であり、勤務表作成担当者(日本の病院では看護師長が担当することが多い)の大きな負担となっていた。

勤務表作成担当者の負担軽減と良好な勤務表の作成を目的として、また難解な組合せ最適化問題への学術的関心から、ナース・スケジューリングに関する研究は従来からも数多く行われていたが、当時の既存の研究のほとんどは、スケジューリング対象の全看護師が3交代制(または2交代制)勤務で働いていることを前提としたものであった。

一方、看護の現場では、慢性的看護師不足を背景に、勤務形態を複数用意して個々の看護師が契約時に自身の事情に合わせて働き方を選択できるようにすることで優秀な看護師を確保しようとするケースが急速に増えはじめていた。このことは異なるシフト形態で働く看護師が病院内に混在する事態を招き、看護師勤務表の作成作業はますます複雑化して困難なものとなっていた。しかし、このようなシフト混在型職場を対象としたナース・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かった。全看護師が3交代制(または2交代制)勤務であることを想定した既存のナース・スケジューリング法をこのようなケースに単純に拡大適用しても実行可能解を得ることさえ困難であることから、シフト混在型職場における勤務表作成・修正作業を迅速かつ的確に行えるスケジューリング・システムの開発が急務とされていた。

2. 研究の目的

本研究課題の目的は、労働契約条件が異なる看護師が同一職場内で共に働いているという近年の看護現場の実態をふまえ、現実に

即した複雑な条件下でも良好な勤務表を迅速に作成できるナース・スケジューリングシステムを開発することである。具体的には、シフト混在型職場としてもっとも基本的で、病院での導入事例も多い3交代制勤務の看護師と2交代制勤務の看護師が混在するシフト混在型職場を対象に、各勤務形態の看護師の混在比率にかかわらず良好な勤務表を作成可能なスケジューリング・ルールを策定し、それらを統合したスケジューリング・アルゴリズムを提案する。

また、ナース・スケジューリングシステムの開発の過程で行う数値シミュレーションの結果を検討し、各勤務形態の看護師の混在比率と作成可能な勤務表の質、すなわち提供可能な看護サービスの質との関係を明らかにすることで、適切な看護体制を維持するための人材確保戦略策定の一助となる指針を与えることもめざす。

3. 研究の方法

3交代制勤務の看護師と2交代制勤務の看護師がともに働いているシフト混在型職場におけるナース・スケジューリング問題に対して、看護の質と看護師の労働環境に配慮した勤務表を作成するためのナース・スケジューリングシステムの開発に以下の方法で取り組んだ。

まず、日本の一般的な中規模病院を想定した前提条件の下で、対象とするシフト混在型ナース・スケジューリング問題を整数線形計画問題として定式化した。問題の制約条件には必ず満足しなければならない絶対制約条件とできるだけ満足することが望ましいが、やむを得ない場合は制約違反が許容される目標制約条件があり、解(勤務表)の質は目標制約条件の違反数により評価される。そこで、目標制約条件の定式化においては差異変数を導入し、目標制約違反の数を差異変数によって表せるよう工夫した。また、目的関数については、本研究に協力いただいたある病院の看護師長の意見を参考にして目標制約条件間に優先順位を定め、各目標制約に対する違反数にその目標制約条件の優先順位に基づいて決定した絶対順位係数を乗じた値の総和として立式した。ナース・スケジューリング問題は本質的に多目的最適化問題となるが、種類の異なる目標制約についてそれぞれの相対的重要度を重みとして正確に数値化することは非常に困難である。しかし、看護師長によれば、目標制約条件に対する優先順位は明確に決定でき、実際の勤務表作成業務においても優先順位を考慮して競合を解消することで勤務割当を決定しているとのことだったため、本研究の定式化においてもこの事実在即した目的関数を採用した。

次に、定式化した整数線形計画問題の最適解を数理計画ソルバーIBM ILOG CPLEXを利用して求めた。問題例については、日本の中規模病院の実態を反映した基本例題を10問作

成し、この 10 問について、総看護師数をはじめとする諸条件を固定し、3 交代制勤務と 2 交代制勤務の看護師の混在比率のみを 1:1, 1:3 など 7 通りに変化させて計 70 問を作成した。この 70 問に対して得られた最適解における勤務割当を精査し、提案アルゴリズムのスケジューリング・ルールとして取り入れるべき勤務割当規則がないか検討した。また、最適解における各目標制約条件の違反数が勤務形態の異なる看護師の混在比率の変化に伴いどのように増減したかを確認し、その理由について考察した。

続いて、数理計画ソルバーによりシフト混在型ナース・スケジューリング問題の最適解を求めるには、総看護師数が 24 名の場合でさえパーソナルコンピュータで数十時間を要する場合があることが確認できたため、看護師の混在比率にかかわらず良好な勤務表をより迅速に作成するためのスケジューリング・アルゴリズムの開発を進めた。平成 22 ~ 24 年度科学研究費補助金・基盤研究(C)：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(課題番号 22510157)において提案した全看護師が 3 交代制勤務の場合に対するナース・スケジューリング法をベースに、3 交代制勤務と 2 交代制勤務の看護師に共通して適用可能なスケジューリング・ルールと勤務形態に依存した個別のスケジューリング・ルールをそれぞれ策定し、さらに勤務形態の違いに起因して生じるルール間の競合を自律的に解消するメカニズムを組み込んだナース・スケジューリング法を提案した。前述の問題例 70 問を提案法で解き、得られた解と最適解を比較して、提案法の有効性を検証した。

4. 研究成果

(1) 看護師の混在比率がシフト混在型ナース・スケジューリング問題に与える影響の分析

3 交代制勤務と 2 交代制勤務の看護師がともに雇用され働いている日本の病院を想定したシフト混在型ナース・スケジューリング問題を整数線形計画問題として定式化し、数理計画ソルバーを用いて最適解を求めた。総看護師数 24、計画期間 30 日、3 交代制勤務の看護師と 2 交代制勤務の看護師の比率が 1:1, 1:3, 1:7, 3:5, 5:3, 3:1, 7:1 の各場合についてそれぞれ 10 問、合計 70 問のシフト混在型ナース・スケジューリング問題に対して得られた最適な勤務表の特性値(目標制約条件の違反数または満足数)の 10 問ごとの平均値を表 1 に示す。なお、これらの問題例では、絶対制約条件を(a)各時間帯の必要人数、(b)各看護師の計画期間内の勤務回数、(c)各時間帯に勤務する看護師のスキル値、(d)禁止勤務パターンの 4 つ、目標制約条件については、(e)希望勤務の割当、(f)標準勤務パターン割当、(g)看護師間の勤務回数の平準化、(h)同時時間帯に勤務する看護師間

の相性の配慮、(i)新人看護師に対する OJT、(j)連休割当の 6 つとした(目標制約条件間の優先順位は記載順のとおり)。

表 1 混在比率が異なるシフト混在型問題の最適解における勤務表特性値(10 問の平均値)

混在比率 (3 交代:2 交代)	希望割当率	標準パターン数	OJT 数	連休数
7:1	80.3%	76.1	9.2	73.5
3:1	76.1%	78.0	10.2	66.6
5:3	69.9%	79.3	11.8	64.0
1:1	68.4%	80.0	12.2	57.6
3:5	67.9%	81.8	11.1	59.1
1:3	65.2%	80.3	11.1	46.7
1:7	実行可能解なし			

表 1 のとおり、勤務表の特性値(目標制約条件の違反/満足度合い)のうち希望勤務割当の満足率と連休数については 2 交代制勤務の看護師の比率が高くなるほど悪化する傾向がみられた。一方、標準勤務パターン割当数と新人看護師に対する OJT 可能な勤務割当の数は混在比率の影響をほとんど受けていない。また、看護師間の勤務回数平準化と相性への配慮については看護師の混在比率に関わらず 70 問すべてについて完全に達成できたため、表 1 への記載は省略した。なお、3 交代制勤務の看護師が 24 人のうち 3 人(混在比率 1:7)の場合は、絶対制約条件をすべて満たす勤務割当が存在せず、実行可能な勤務表は 10 問すべてについて作成できなかった。

以上のように本数値実験結果から、総雇用看護師数が等しい場合は、3 交代制勤務の看護師の比率が高いほど良質な勤務表が作成可能であることが明らかになった。希望勤務の割当と連休割当は、看護師がワークライフバランス維持の観点からとくに重視する項目といわれている。この知見が病院における人材確保戦略に役立つことを期待したい。

また、表 2 は最適解を得るために要した計算時間を混在比率ごとに示したものである。計算にはパーソナルコンピュータ(CPU: Core-i7-2600 メモリ: 16GB)を用いた。問題例によってバラツキはあるものの、計算時間については 2 交代制勤務の看護師の比率が高いほど短くなる傾向が見られた。これは 2 交代制勤務の看護師の方が 3 交代制勤務の看護師に比べて勤務割当に関する制限が多く、2 交代制勤務の看護師が多くなると、制約を満たす実行可能解が少なくなり最適解の探索が容易になったためだと考えられる。

表2 シフト混在型問題の最適解の求解に要した計算時間(10問の平均値)

混在比率 (3交代:2交代)	計算時間
7:1	50.5 時間
3:1	3.2 時間
5:3	3.0 時間
1:1	1.1 時間
3:5	42 分
1:3	30 分
1:7	12 分

混在比率 1:7 の場合の計算時間は、実行可能解なしと判明するまでに要した時間である

(2)シフト混在型ナース・スケジューリング問題に対する効率的アルゴリズムの開発

上記(1)においてシフト混在型ナース・スケジューリング問題の最適解を求めたが、3交代制勤務の看護師の混在比率が高いほどその求解に膨大な計算時間を要することがわかった。そこで、このような場合を対象に、実用に耐えうる短い計算時間で良好な実行可能解を作成できる近似アルゴリズムの開発に取り組んだ。

提案アルゴリズムの概要を以下に示す。本アルゴリズムは13段階からなる。Step1~4は以降の勤務割当をスムーズに行うための準備段階に相当し、Step5~8でまず準夜勤・深夜勤の割当を、Step9~11で日勤の割当を行う。Step12で休暇回数の調整をして最後にStep13で勤務回数制約違反を解消して勤務表を完成させる。

- Step1 勤務希望の割当
- Step2 高スキル看護師の事前割当
- Step3 割当可能人数に余裕がないモジュールに対する事前割当
- Step4 勤務回数不足となる看護師への事前割当
- Step5 高スキル看護師への準夜勤(夜勤)割当
- Step6 高スキル看護師への深夜勤割当
- Step7 全看護師への準夜勤(夜勤)割当
- Step8 全看護師への深夜勤割当
- Step9 高スキル看護師への日勤割当
- Step10 日勤事前割当
- Step11 全看護師への日勤割当
- Step12 休暇調整
- Step13 勤務回数制約違反の解消

勤務割当に関する制約は、3交代制勤務者に関しては準夜勤が最も厳しく、2交代制勤務者に関しては夜勤(3交代制勤務者の準夜勤+深夜勤に相当)が日勤よりもはるかに厳しい。勤務割当の自由度が高いうちに制約の厳しいシフトの割当を決定することを意図

して上記のようなアルゴリズム構成とした。各Stepでの勤務割当は、看護師長への聞き取り調査と最適解における勤務割当の分析の結果に基づいて策定したスケジューリング・ルールを用いて行った。

提案アルゴリズムの特徴は、勤務割当の各段階で4つの絶対制約条件のうち必要人数制約、必要スキル値制約、禁止勤務パターン制約は厳守するが、勤務回数制約に関しては一時的に違反を許容する点である。策定したスケジューリング・ルールはヒューリスティックなものであり、すべての絶対制約条件を満足して全勤務割当を決定することは困難であった。そこで、4つの絶対制約条件のなかで、後の違反解消が最も容易な勤務回数制約の違反を許容し、暫定的な勤務割当をすべての日とシフトについて仮決定した後に、最終段階(Step13)で違反解消のための修正を行うことにした。Step13の勤務回数制約違反の解消は、2名の看護師の同一日の勤務割当を交換する操作を繰り返し適用することにより行う。日勤に関する勤務回数制約違反の場合は看護師の勤務形態を考慮する必要はないが、夜勤の割当回数に制約違反がある看護師が存在する場合は、その看護師が2交代制勤務か3交代制勤務かで交換操作の詳細が異なる。2交代制勤務の看護師に夜勤の勤務回数制約違反がある場合は、2交代制勤務の看護師同士で勤務割当の交換操作を行う。このときの交換は夜勤(準夜勤-深夜勤)-休暇と続く3日間の勤務をセットにして行う。3交代制勤務の看護師に準夜勤または深夜勤の勤務回数制約違反がある場合は、まず3交代制勤務者同士で制約違反の解消を試みる。交換可能なすべての看護師、すべての日について交換操作を行っても制約違反を解消できない場合は、2交代制勤務の夜勤割当(準夜勤+深夜勤)を準夜勤と深夜勤に分けて考え、この2日間の勤務を制約違反を起こしている3交代制勤務の看護師および別の3交代制勤務の看護師の勤務と交換することで、禁止勤務パターン制約違反と必要人数制約違反を新たに発生させることなく勤務回数制約違反の解消を図った。

3交代制勤務の看護師と2交代制勤務の看護師の混在比率が7:1、3:1、5:3の各場合について、(1)と同じ各10問の問題例を提案アルゴリズムで解いた結果を表3に示す。

表3 提案アルゴリズムによる近似解における勤務表特性値(10問の平均値)

混在比率 (3交代: 2交代)	希望割 当率	標準 パタ ーン 数	相性 違反	OJT 数	連休 数
7:1	90.3%	56.6	16.8	19.8	51.8
3:1	85.3%	52.7	26.6	18.8	49.3
5:3	83.8%	46.8	29.2	18.5	51.3

表3の各数値を表1に示した最適解の勤務表特性値とそれぞれ比較すると、提案アルゴリズムで得られた近似解は希望勤務の割当達成率以外は最適解よりも明らかに劣っていることがわかる。また、(1)での検討結果と同じく、3交代制勤務の看護師の比率が高いほど良質な勤務表を作成できており、2交代制看護師の割合の増加とともに目標制約違反が増加する傾向がみられた。なお、提案アルゴリズムによる計算時間は高々20秒であった。

以上の結果より、シフト混在型ナース・スケジューリング問題に対する提案アルゴリズムの有効性を確認できた。ただし、得られる勤務表の質についてはまだ改善の余地が残されており、今後さらなる検討を継続して進める予定である。

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 8 件)

Kazuko Morizawa, Naoki Hirabayashi,
A heuristic approach for nurse scheduling under two- and three-shifts workers mixed situation, The 24th International Conference on Production Research, 2017

Naoki Hirabayashi, Kazuko Morizawa,
Facility layout methods using distributed evolution strategies, The 24th International Conference on Production Research, 2017

立松郁也、森澤和子、平林直樹、改悪を許容した近傍探索による静的ナーススケジューリング法、日本経営工学会 2017 年秋季大会、2017

林祐美、森澤和子、平林直樹、シフト混在型ナース・スケジューリング問題の特性解析、日本経営工学会 2016 年秋季大会、2016

山下涼、森澤和子、平林直樹、アニーリング法によるナース・スケジューリング問題の一解法、日本経営工学会 2016 年秋季大会、2016

辻泰成、森澤和子、平林直樹、シフト混在型ナーススケジューリング問題のヒューリスティック解法、日本経営工学会 2015 年秋季大会、2015

田中陽輔、森澤和子、平林直樹、連鎖的
近傍操作を用いた静的ナーススケジューリング法、日本経営工学会 2015 年秋季大会、2015

鉄本貴之、平林直樹、森澤和子、リアルタイム生産スケジューリングにおける選好解探索に関する研究、日本経営工学会 2015 年秋季大会、2015

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・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・人間社会システム科学研究科・准教授
研究者番号：80199091