

称号及び氏名	博士（工学） 北田 学
学位授与の日付	平成 26 年 3 月 31 日
論文名	「急な欠勤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関する研究」
論文審査委員	主査 森本 茂雄 副査 石亀 篤司 副査 小西 啓治 副査 森澤 和子

## 論文要旨

少子高齢化が進む我が国では、今後の医療ニーズの増大に向けて医療提供体制の充実がこれまでにも増して求められている。看護師は医師とならぶ医療の担い手であり、質の高い医療サービスを提供するために欠かすことのできない重要な存在であるが、その労働環境の厳しさは慢性的な看護師不足の一因とさえいわれてきた。24 時間体制で外来患者と入院患者に医療・介護サービスを提供している日本の病院に勤務する看護師は、一般に 2 交代あるいは 3 交代のシフト制で業務にあたっており、夜勤を含む不規則な勤務が避けられない。質の高い看護サービスを提供可能な体制を常時確保しつつ看護師一人一人が家庭環境にも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自動作成するシステムを構築することは、看護師の労働環境の改善だけにとどまらず我が国の医療提供体制の向上にも貢献しうる重要な課題といえる。

シフト制で働く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、深夜勤などの勤務シフトごとの必要人数やスキルと相性を考慮した同一シフトで勤務する看護師の選定など看護サービスの質を確保するための制約条件に加えて、各看護師のシフト別勤務回数、標準勤務パターン(推奨勤務パターン)や禁止勤務パターン、看護師間の勤務回数の平準化、さらには看護師から提出される休暇希望への配慮など労働環境に関する各条件についても考慮した勤務割当が求められる。しかし、これらの条件をすべて満たした勤務割当を計画期間全体にわたって行うことは非常に困難であり、勤務表作成担当者は制約違反をできるだけ抑えた妥当な勤務表を作成するために毎回多大な時間と労力を費やしている。日本の多くの病院では看護師長が勤務表の作成を担当しているが、日本看護協会が行った実態調査によれば、調査に協力した看護師長のうちの半数以上が、勤務時間内では時間が足りず自宅に持ち帰って勤務表の作成を行っており、良い勤務表を作成できないことや作成した勤務

表に対する看護師からの評価にストレスを感じていると回答している。

また、看護の現場では看護師本人やその家族の急病などにより急に欠勤者が発生し、それを補うためにその日の勤務者を変更せざるをえない事態がたびたび発生している。計画期間中に発生した状況変化に応じて勤務割当を変更し、制約条件を満たす妥当な勤務表を再構成するタイプのナース・スケジューリング問題は動的ナース・スケジューリング問題と呼ばれる。勤務表の作成を行う静的ナース・スケジューリング問題が上述のとおり盛んに研究されてきた一方で、動的ナース・スケジューリング問題に関する研究はまだ少数にとどまっている。欠勤発生に伴う勤務人数不足は看護の質の低下に直結するため、勤務表作成担当者は、欠勤の代替勤務者をただちに確保して必要な勤務人数を満たすとともに、これに伴い関連する勤務シフトや看護師になんらかの勤務制約違反が新たに生じた場合は、欠勤発生日以降の勤務割当を適宜変更して勤務表を制約違反を含まないものに修正しなければならない。欠勤は突発的に発生するため予測は不可能であり、欠勤の連絡が欠勤者の勤務予定シフトの開始直前に入るということも珍しくない。このため、代替看護師への出勤要請にかかる時間を考えれば、勤務表の修正は可能な限り短時間で完了する必要がある。また、各看護師は前月末に提示された勤務表に基づいて当月の公私の予定を立てているので、現場の混乱と士気の低下を抑えるためにも勤務割当の変更は最小限に留めることが望ましい。このような状況下での勤務表の修正作業は、勤務表作成作業以上に現場の勤務表作成担当者の負担となっている。欠勤発生という一種の緊急事態に対して効率的に勤務表修正を行う動的ナース・スケジューリング法の開発は実用的なナース・スケジューリングシステムを構築するために欠かせない急務である。

本論文は、以上を踏まえて、3交代制勤務を採用している日本の病院を対象に、そこで働く看護師の勤務表作成と欠勤発生時の勤務表修正を行う実用的なナース・スケジューリングシステムの開発をめざして、その基幹をなす静的ナース・スケジューリング法と動的ナース・スケジューリング法を提案したものである。静的ナース・スケジューリングに関しては、実用的な勤務表を効率よく作成するためのヒューリスティック解法を提案した。一方、動的ナース・スケジューリング法に関しては、欠勤が1日限りの場合に対する解法を提案したうえで、その解法を欠勤が複数日にわたる場合に対して拡大適用する方法を示した。また、動的ナース・スケジューリング問題における勤務表修正の難易度が静的ナース・スケジューリング法によって作成される元の勤務表の質に依存することに着目し、欠勤発生時に実行可能な修正勤務表が容易に作成できる頑健な勤務表の特性を分析し、そのような勤務表を静的スケジューリングの段階で作成するための指針を示した。

本論文は6つの章からなり、各章の概要は以下のとおりである。

第1章「序論」では、研究の背景と従来の研究について概観した上で、本論文の目的と構成について述べた。

第2章「静的ナース・スケジューリング問題とその解法」では、3交代制勤務を採用している日本の病院における制約条件を忠実に組み込んだ静的ナース・スケジューリング・モデルを整数計画問題として定式化し、実用的な勤務表を効率よく作成するためのヒューリスティック解法を提案した。提案法は制約条件を絶対制約条件と目標制約条件に分類し、絶対制約条件をすべて満たし、かつ目標制約条件違反を最小限に抑えた勤務表を作成することをめざして、各日の各勤務に割り当てる看護師を勤務表作成担当者の知見を反映したヒューリスティック・ルールにより目標制約条件の重要度を考慮しながら決定していく方法である。数値例に対して、提案法によって得られた勤務表と対応する整数計画問題を最適化ソルバーで解いて得られた勤務表(最適解)を比較し、提案法の有効性を示した。

第3章「欠勤発生に伴う動的ナース・スケジューリング問題とその解法」では、第2章と同じモデルを対象に、ある日の勤務に従事予定だった看護師1名の欠勤が当日の朝になって判明したことにより生じる動的ナース・スケジューリング問題を取り上げた。当該看護師の欠勤は当日1日限りで翌日からは通常通り勤務可能であると仮定して、この動的ナース・ス

ケジューリング問題を整数計画問題として定式化したうえで、絶対制約条件をすべて満たした修正勤務表をできるだけ少ない勤務割当変更件数で得るためのヒューリスティック解法を提案した。提案法は、まず欠勤勤務を代替する看護師をヒューリスティック・ルールに基づき選定し、それによって新たな絶対制約違反が発生した場合には翌日以降の勤務割当を変更することで違反を解消する代替看護師探索アルゴリズムと、勤務割当変更件数最小化のための木探索アルゴリズムからなる。数値例に対して、提案法によって得られた修正勤務表と対応する整数計画問題を最適化ソルバーで解いて得られた修正勤務表(最適解)を比較し、提案法が高い割合で最適解を生成できる精度のよい近似解法であることを示した。

第4章「動的ナース・スケジューリング法の連続欠勤に対する拡張」では、第3章で提案した動的ナース・スケジューリング法を、看護師の欠勤が複数日にわたって続く場合に対して拡大適用する方法を提案した。具体的には、連続した複数日にわたる欠勤を1日限りの欠勤の集合として捉え、元の問題から欠勤日数分の単日欠勤に伴う動的ナース・スケジューリング問題を構成し、それぞれに対して第3章で提案した近似解法を順次適用して実行可能な修正勤務表を得る。このとき、複数日にわたる欠勤日のどの日に対する問題から解いていくかを適切に選択することで、少ない勤務割当変更件数で実行可能な修正勤務表が得られることを数値例により示した。複数日にわたる連続欠勤に伴う動的ナース・スケジューリング問題を整数計画問題として定式化し、これを最適化ソルバーで解いて得られた修正勤務表(最適解)と提案法によって得られた修正勤務表を比較し、提案法の有効性を示した。

第5章「欠勤発生に対して頑健な勤務表の特性分析」では、欠勤が発生した場合に少ない勤務割当変更件数で実行可能な修正勤務表が得られる頑健な勤務表を静的スケジューリングの段階であらかじめ作成しておくことをめざし、そのような勤務表がもつべき勤務割当特性について論じた。まず第3章ならびに第4章の数値実験において各章の提案法により実行可能な修正勤務表を作成できなかった問題例を分析し、その原因を考察した。考察結果に基づき頑健な勤務表が備えているべき勤務割当特性を抽出し、その特性を第2章で定式化した静的ナース・スケジューリング問題の制約条件に加えて静的スケジューリングを行うことで、欠勤に対して頑健な勤務表を作成できることを数値実験により示した。

第6章「結論」では本論文の全般的な総括を行い、得られた成果を要約した。

## 審査結果の要旨

本論文は、実用的なナース・スケジューリングシステムを開発するために、その基幹となる静的ナース・スケジューリング法と動的ナース・スケジューリング法について研究したものであり、以下の成果を得ている。

- (1) 所与の情報と条件のもとで次の計画期間の看護師勤務表を作成する静的ナース・スケジューリング問題に対して、絶対制約条件をすべて満たし、目標制約条件違反をできるだけ抑えた良好な勤務表を効率よく作成するヒューリスティック解法を提案した。
- (2) 計画期間中の突発的な欠勤発生によるスケジューリング情報の変化に対応して勤務表を修正もしくは再構成する動的ナース・スケジューリング問題に対して、まず欠勤が発生日当日の1日限りである場合を対象に、できるだけ少ない勤務割当変更で修正勤務表を迅速に得るための近似解法を提案した。
- (3) 計画期間中に発生した欠勤が複数日にわたる場合を対象に、欠勤が1日限りの場合に対して提案した近似解法を発展させた効率的な動的ナース・スケジューリング法を提案した。

- (4) 動的ナース・スケジューリングにおける勤務表修正の難易度が静的ナース・スケジューリング法によって作成される元の勤務表の質に依存することを示し、欠勤が発生した場合に実行可能な修正勤務表が容易に得られる頑健な勤務表を作成するための静的ナース・スケジューリングにおける勤務割当特性を明らかにした。
- (5) 看護師が3交代制で勤務している日本の病院における様々な制約条件を考慮した現実的なナース・スケジューリングモデルのもとで数値実験を行い、提案した静的ナース・スケジューリング法と動的ナース・スケジューリング法の有効性を明らかにした。

以上の諸成果は、勤務表の作成機能だけでなく計画期間中の突発的な欠勤発生に対応するための勤務表修正機能も備えた実用的なナース・スケジューリングシステムの構成要素を提案し、その有効性を明らかにしたものであり、スタッフ・スケジューリング問題に対する最適化手法の発展に貢献するところ大である。また、申請者が自立して研究活動を行うのに必要な能力と学識を有することを証したものである。