

看護婦スケジューリング問題に対する数理計画アプローチ

02302210 早稲田大学 *徳永 康二 TOKUNAGA Koji

01603200 早稲田大学 森戸 晋 MORIHO Susumu

1 はじめに

24時間業務を行っている病院では、各病棟ごとに毎月、看護婦勤務スケジュールを作成している。スケジュール作成にあたっては、円滑に看護を行うための必要人数の確保や低コストでの雇用といった業務遂行制約に加え、十分な休日の確保ならびに勤務希望の実現、無理のない勤務形態をとるといった看護婦側の制約を配慮する必要があり、スケジュール作成者にとって非常に難しい問題となっている。

本研究では、実態調査をもとにモデル化を行い、数理計画法によるスケジュール作成方法を検討する。

2 病棟看護婦スケジュールの実状

2.1 スケジュール作成の実際

多くの病院では、各病棟の看護婦長が毎月の勤務スケジュールを手作業で作成している。婦長は、看護婦から休日希望と勤務希望を聞き、さらに病院内外で行われる看護婦の教育セミナーなどの日程を優先に各日の勤務シフトを決定していく。看護業務は年中無休であることから、休日の希望を満たすべく、達成度合などの調整を慎重に行っている。

日本の看護婦勤務は、欧米とは対照的に、看護婦が多数の勤務シフト(日勤、深夜勤など)を受け持つ形をとっており、各勤務の組合せによって、勤務時間のばらつきが生じてしまう[1]。さらに労働時間に関する法定制約があり、週単位で労働時間を管理しなければならないといった制約がある。

2.2 考慮条件とスケジュール評価

各日の看護業務の遂行のため、婦長は、看護婦の能力差を考慮し、偏りの無いスケジュールを作成しなければならない。そのために看護婦の資格所有に加え、スキルレベルによるグループ分けを行い、各勤務に関して、それぞれのグループからの必要人数を設定している。また、人間関係を考慮して同じメンバーの勤務がなるべくおこらないようなメンバー編成をとっている。

以下に、本問題で考慮する制約条件を示す。

1. 各日の各勤務には、看護婦の能力により区分されたグループに所属する看護婦の必要人数が与えられている
2. 各勤務には、計画期間(1ヶ月)の勤務可能回数が設定されている
3. 各看護婦は、1週間(日曜～土曜)の勤務可能時間が設定されている
4. 各勤務には、連続勤務の可能回数が設定されている
5. 病棟の規則として禁止される勤務パターンがある
6. 連続勤務の上限を6日間とする
7. 看護婦の希望休日の確保
8. 公休日日数(計画期間の土曜、日曜、祝日の数)の確保

以上の制約を満たす、スケジュールを評価する項目として、各看護婦の各勤務回数、勤務時間、休日希望達成度合、連休回数、祝日に割り当てる休日の回数の公平化など複数の評価尺度が挙げられるが、達成度合の評価は、スケジュール作成者の意図により異なってくる。

3 定式化

本問題は、看護婦 i が j 日に勤務 k をとる(そうでない)とき $1(0)$ をとる x_{ijk} を変数とする、0-1混合整数計画問題として定式化できる。今回の定式化では、現場での達成目標とされる項目の中から、各勤務回数の公平化に着目し定式化を行った。

定式化で用いる定数として、勤務 k の勤務時間 A_k 、計画期間 T の勤務回数の上限 U_k 、連続勤務回数の上限 R_k 、 j 日の勤務 k に必要となるスキルグループ g の看護婦数 D_{gjk} が、与えられる。

勤務回数を公平にする評価尺度を設定するために、計画期間の勤務 k の勤務回数の最大値(最小値)を表す、 $MAX_k(MIN_k)$ を実数変数として用いる。

以下に、本問題の定式化(NSP)を示す。

制約条件

各日の各勤務のグループ別看護婦の必要人数制約

$$\sum_{i \in g} x_{ijk} \geq D_{gjk}, \quad \forall j, k, g \quad (1)$$

計画期間 T の各勤務回数の上限制約

$$\sum_j x_{ijk} \leq U_k, \quad \forall i, k \quad (2)$$

各看護婦の1週間(日曜～土曜日)の勤務時間の上限制約

$$\sum_{j=\text{日曜}}^{\text{土曜}} \sum_k A_k x_{ijk} \leq W, \quad \forall i, \text{全週} \quad (3)$$

各勤務の連続可能回数制約

$$\sum_{d=j}^{j+R_k} x_{idk} \leq R_k, \quad \forall i, k, j = 1, \dots, T - R_k \quad (4)$$

深夜勤の次の日は、夜勤明けとする

$$x_{ij3} + x_{i(j+1)4} = 0, \quad \forall i, j = 1, \dots, T - 1 \quad (5)$$

禁止される勤務パターンの回避制約

$$\begin{aligned} x_{ijk} - x_{ij+1} \text{勤務 } k \text{ の禁止パターン} &\leq 1, \\ \forall i, j = 1, \dots, T - 1 \\ \forall \text{勤務 } k \text{ の禁止パターン} \end{aligned} \quad (6)$$

7日以上連続勤務を行わない。

$$\sum_l^{l+6} x_{il} \text{休日} \geq 1, \quad \forall i, j, l = 1, \dots, T - 6 \quad (7)$$

各看護婦は、各日1つの勤務形態をとる

$$\sum_k x_{ijk} = 1, \quad \forall i, j \quad (8)$$

各看護婦は、計画期間の公休日数分(OFF)休日をとらなくてはならない

$$\sum_j x_{ij} \text{公休} = \text{OFF}, \quad \forall i \quad (9)$$

全看護婦における各勤務の計画期間の勤務回数の最大値、最初値の算出

$$\begin{aligned} \text{MAX}_k &\geq \sum_j x_{ijk} \quad \forall i, k \\ \text{MIN}_k &\leq \sum_j x_{ijk} \quad \forall i, k \end{aligned} \quad (10)$$

目的関数式

各看護婦間の公休における連休回数の格差、ならびに各勤務回数格差の和を最小化する

$$\text{Min} \sum_{\{k \in \text{勤務}\}} (\text{MAX}_k - \text{MIN}_k) \quad (11)$$

4 解法と予備的計算実験

4.1 考えられる代替的解法

本問題の解法として以下のようなものが考えられる。

1. LP ベースの汎用数理計画パッケージ
2. 看護婦スケジューリング問題専用メタ解法(アニーリング、タブー探索、GA等)
3. 汎用数理計画メタ解法 [2]
4. 数理計画問題の解から得られる情報に基づくヒューリスティック解法
5. その他

4.2 定式化NSPの計算実験

ある病棟の実例(看護婦数24名、計画期間30日)をもとに定式化NSPによる計算実験を行った。問題は、変数総数4326(うち、0-1変数の数4320)、制約式の数6001で、SPARCstation 20上で、Xpress-MPを用いて解いたところ、LP緩和問題は、計算時間473CPU秒でLP最適解を得ることができた。しかし整数計画問題は計算時間30,000CPU秒で暫定解すら得られなかった。

4.3 数理計画問題(緩和問題を含む)の解から得られる情報の活用

4.2節に見たように、汎用パッケージに定式化NSPを直接解かせることは実用面から見ると限界があることが判明した。本研究では、当面、数理計画問題としての定式化を行なうことを前提として、汎用的な解法やパッケージから得られる情報を活用する方策を考える。

汎用解法から得られる情報の活用方法として、

1. LP緩和問題における(整数)変数の値
2. 制約の厳しさに関する情報
3. 下界値

等が存在する。さらに、数理計画問題の定式化から得る可能性がある情報として、最適解における変数の値などがある。

これらの情報を活用して原問題の解を探索する方法として、さしあたって、以下の基本戦略を考える。

1. LP解の情報を元に変数を順次固定
2. 変数固定の影響を数理計画に基づき評価

以上の方針のもとに、スケジュール構築アルゴリズムを提案し、計算時間とスケジュールの質の観点から評価を行う。

参考文献

- [1] 池上, 丹羽, 大倉, オペレーションズリサーチ, Vol.41, No.8, pp.436-442, 1996.
- [2] 野々部, 茨木, 生産スケジューリングシンポジウム'96, pp.1-6, 1996.