

ナーススケジュールリングにおける多様な解と類似な解

05001178 成蹊大学 *加藤尚瑛 KATOH Naoaki
05000348 成蹊大学 呉偉 WU Wei
01009840 成蹊大学 池上敦子 IKEGAMI Atsuko

1. はじめに

本研究では、暗黙的な制約や評価尺度を含めた「現場の意思決定者が目指す納得できる解」を、意思決定者自身が導き出すための支援情報の提供を目指す。具体的には、特徴が大きく異なる複数の解を取得した上で、その修正・変更可能な部分を明らかにするため、それぞれの解を基にした類似な解の取得と、情報の提示方法を議論する。本研究では、ナーススケジュールリングを対象とする。

2. 解の修正の難しさ

病院現場の勤務表を評価する際、ベテランナースの割当や、夜勤帯のメンバー構成が重要である。先行研究 [1] では、ベテランナースに関する意思決定変数の制約式内出現頻度から、その重要性を示した。しかし、この問題では多くの制約が複雑に絡み合っており、数理モデルが与える1つの勤務表に対し、各セル（ナース・日）のシフト入替を繰り返すといった直感的な作業では、最適性を保ちながら、重要度が高いナースに関して修正することが難しい。

これに対し、先行研究では、最適性を保ちながらも、重要度が高いナースのシフトが互いに異なる勤務表を同時に複数生成するモデルを提案し [1]、意思決定者に選択肢を与えることを考えた。

3. 提案モデルが与える勤務表の観察

提案モデル [1] では、ナース集合 I 、日集合 J 、シフト集合 S 、勤務表集合 K に対し、勤務表 k におけるナース i の日 j にシフト s を割り当てるとき1そうでないとき0となる意思決定変数を x_{ijs}^k とする。さらに、 T を重要度の高いセル（ナース・日）の集合とする。 d_{ijs}^{kh} は、 x_{ijs}^k と x_{ijs}^h がともに1になった場合に値を持つ変数、 $f(\mathbf{x}^k)$ は1つの勤務表を評価する関数、 ρ は入力パラメータである。

minimize

$$\sum_{\substack{k,h \in K \\ k < h}} \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} \sum_{s \in S} d_{ijs}^{kh} + \rho \sum_{k \in K} f(\mathbf{x}^k)$$

subject to

$$\mathbf{x}^k \in \mathbf{X}, \quad \forall k \in K.$$

$$x_{ijs}^k + x_{ijs}^h \leq 1 + d_{ijs}^{kh},$$

$$\forall k, h \in K, k < h, \forall (i, j) \in T, \forall s \in S.$$

ナース数 $25 \times$ 日数 30 のデータ [2]（ナース番号 1-13: A チーム, 14-25: B チーム, 1-6, 14-17, 25: ベテランナース）に対して、本発表では、関わる意思決定変数の制約式内出現頻度の高い 100 セルを T の要素とした場合で議論する。

図 1 に T の要素となったセルを示す。横軸が日、縦軸がナース番号を示すが、B チームのベテランナースが重要視されていることがわかる。

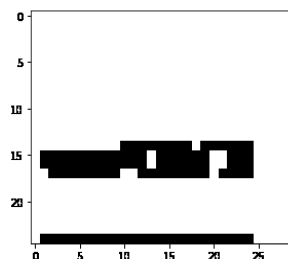
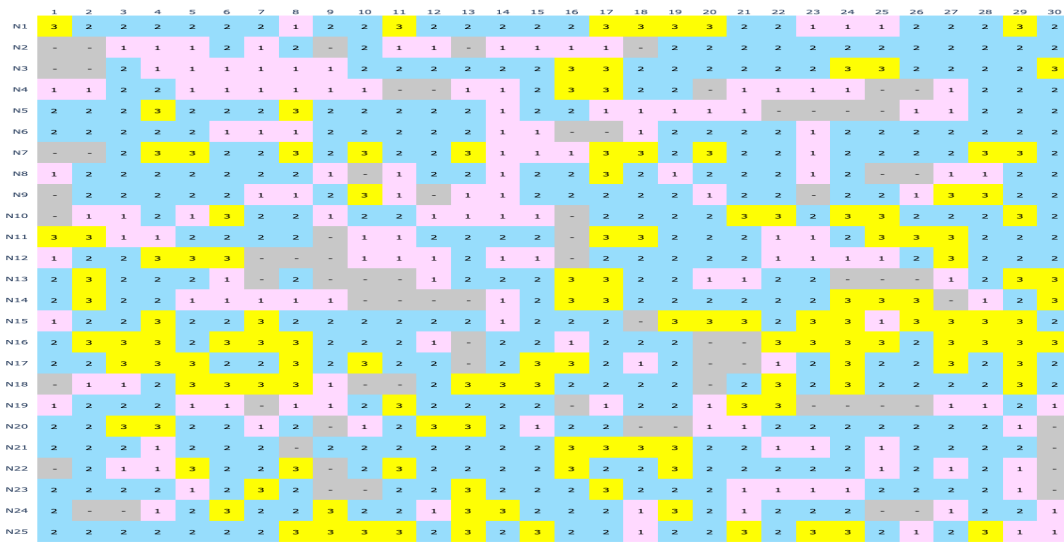


図 1: T の要素のセル 100 箇所

これらに対して、提案モデルで得られた3つの勤務表の比較結果を表1と図2に示す。1つの勤務表が750セル（ 25×30 ）で構成されているのに対し、表1では、シフトの相違数、図2では、シフトの相違箇所を示す。図2も、横軸は日、縦軸はナース番号を示しており、各セルの数字は3つの勤務表で何種類のシフトを割り当てられたかを示す（1: 全ての勤務表で同一、2: 2つの勤務表で同一、3: 全ての勤務表で異なる、‘-’: 確定勤務）。

B チームのベテランナースの多くのセルで異なる（3種類の）割当ができており、その他でも同一となったセルが少ない。



(1: 全ての勤務表で同一, 2: 2つの勤務表で同一, 3: 全ての勤務表で異なる, 'ー': 確定勤務)

図 2: 3つの勤務表に割り当てられたシフトの共通点と相違点

表 1: 各勤務表に割り当てられたシフトの比較

| | |
|----------------------|-----|
| 全てのセル数 | 750 |
| 確定勤務数 | 79 |
| 全てのシフトが同一となるセル数 | 377 |
| 2つのシフトが同一となるセル数 | 156 |
| それぞれのシフトが異なるセル数 | 138 |
| T で全てのシフトが同一となるセル数 | 9 |

表 2: 各勤務表における類似最適解の数

| | 距離 1 | 距離 2 |
|-------|-------|---------|
| 勤務表 1 | 0 | — |
| 勤務表 2 | 1,343 | 834,590 |
| 勤務表 3 | 873 | 384,481 |

この観察から、提案モデルを利用して重要度が高いセルに異なるシフトを割り当てることにより、多様な選択肢を提供できると考える。

4. 多様な解と類似な解

一方、特徴の異なる複数の解の中から理想に近いものを選択しても、そこからの修正の必要性は変わらない。多様な解を複数提示するだけでなく、各解に基づく類似な解を提供することが効率的な修正を可能にすると考え。本研究では、動的計画法に基づき、与えられた勤務表の1ナースのスケジュールを入れ替えることで類似な最適解を列挙する方法 [3] を使って、その差分から修正可能部分を明らかにする。表 2 に、3 節の勤務表それぞれを基に得られた最適解の数を、1 ナースのスケジュールだけ異なる（距離 1 の）最適解、得られた最適解それぞれを基に同様に得られた（距離 2 の）最適解に分けて示す。

勤務表 2, 3 は修正の可能性を多く持つが、勤務

表 1 は、その余地がない。対象期間中に不測の事態が起きても、最適性を保ったままのメンバー変更や修正ができない。

本発表では、多様性と類似性を考慮した最適解列挙の観点から、取得可能な情報について報告する。

参考文献

- [1] 加藤尚瑛, 呉偉, 池上敦子. 最適解空間分析のための基礎実験. OR 学会春季研究発表会, pp. 218–219, 2020.
- [2] Nurse rostering benchmark instances. “<http://www.schedulingbenchmarks.org/nrp/>”. (2021 年 1 月 6 日閲覧).
- [3] Masaya Hasebe, Koji Nonobe, Wei Wu, Naoaki Katoh, Takahito Tanabe, and Atsuko Ikegami. Generating decision support information for nurse scheduling including effective modifications of solutions. *Journal of the Operations Research Society of Japan*. (採択済).