

ナーススケジューリング問題の現状と展望

鈴木邦成[†] 村山要司[‡] 若林敬造[‡]日本大学[†] 日本大学[‡] 日本大学[‡]

1 はじめに

ナーススケジューリング問題についての研究は、1970年代にアメリカで始まり、現在では世界中の多くの研究者が取り組んでいる。1) 日本では、1996年、勤務表作成の現状把握のためにおこなった現場調査の結果とその結果に基づく数理計画モデル 2) が示された。アメリカでは、限られた種類のシフト毎に雇用契約をするなど、1つのシフトが長く続くが、日本では、各看護師が複数のシフトを短い周期でローテーションする。

また、個々の看護師のスキルや希望などを考慮する必要があり、各看護師についての勤務の組合せが多くなる。

また、先行研究を調査することで、見えてきた今後の研究課題について報告する。

2 問題の分析

池上 他 (1996) 2) は、現場調査の結果により、勤務表作成にかかる条件を示している。

- (1) 毎日の各勤務に必要な人数を確保すること
- (2) スキルレベルや業務上の所属チームを考慮して各勤務のメンバーを構成すること
- (3) 各看護婦について各勤務の回数が決められた範囲であること
- (4) セミナー等その他の業務や休日の希望を達成すること
- (5) 禁止される勤務パターンを入れないこと

ここで、ナーススケジューリング問題は、「看護師の入数 m 、スケジュール日数 n 、勤務の種類の数 w 、スキルレベルやチーム構成等によるグループ、同じ勤務での組合せを避ける看護師ペアまたはグループ、前月の勤務表が与えられ、毎日の各勤務に必要な看護師数と各グループからの人数の上限と下限、各看護師の各勤務に対する回数の上限と下限、それら以外の業務の日程、休日希望日、そして禁止される勤務パターンが明らかであるとき、これらの条件の下でできるだけ希

望目標が達成されるようなスケジュールを組むこと」と定義されている。

池上 (2005) 3) では、看護の質と看護師の生活の質の両方を守るべき、として、ナーススケジューリング問題で考慮すべき条件は、各シフトの勤務メンバー構成に関わる「シフト拘束条件」と、各看護師の負荷に関わる「ナース拘束条件」とに分けられている。

3 解法

ナーススケジューリング問題は複数の条件を満たすことを目的とする組合せ最適化問題である。最適化問題は、一般に制約条件を満たす解の中で、目的関数を最小 (最大) にする解を求めるもので、次のように定義される。

$min(max)$	$: f(x)$	目的関数
$subject\ to(s.t.)$	$: g(x) \leq 0$	不等式制約条件
	$h(x) = 0$	等式制約条件
	$a \leq x \leq b$	設計変数

3.1 厳密解法

厳密解法では、整数計画問題 (Integer Programming: IP) や制約充足問題 (Constraint Satisfaction Problem: CSP) などの標準問題の形に定式化して、汎用ソルバーを用いて解く場合が多い。組合せ最適化問題に対する汎用ソルバーとしては、混合整数計画問題 (Mixed Integer Programming: MIP) のソルバーが代表的であり、CPLEX8), XPRESS9), Gurobi10), SCIP11), GLPK12) など、商用、非商用を含め多数のパッケージが存在する。近年の計算機パワーの増大、最適化アルゴリズムの進化により、汎用ソルバーの性能は数年前に比べて飛躍的に向上し、計算不可能であった大規模な問題が扱えるようになってきている。4)

ナーススケジューリング問題は、厳密解を得ることが難しい問題として知られてきたが、乾・池上 (2010) 5) は、混合整数線形計画問題 (Mixed Integer Linear Programming: MILP) および充足可能性判定問題 (Satisfiability Problem: SAT) として記述することで、汎用ソルバーによりナーススケジューリング問題の厳密解が得られる

Previous Studies and Future Issues on a Nurse Scheduling Problem

[†] Kuninori Suzuki, Nihon University

[‡] Yoji Murayama Nihon University

[‡] Keizo Wakabayashi Nihon University

ことを示した。

3.2 近似解法-メタヒューリスティクス

近似解法では、問題特有の性質を利用した専用ソルバーを適用あるいは開発を行う。その際に、利用されるアルゴリズムとして、メタヒューリスティクスが多く提案されている。最適性の保証は無いが、発見的法則、経験則によって問題解決を目指すアルゴリズムを総称してヒューリスティクスといい、特定の問題に依存せず汎用的に対応できるように設計された基本的な枠組みをメタヒューリスティクスという。代表的なメタヒューリスティクスとしては、焼きなまし法 (Simulated Annealing: SA)、タブー・サーチ (Tabu Search: TS)、遺伝的アルゴリズム (Genetic Algorithm: GA)、ニューラルネットワークなどがある。

SA は最適解を探索する際に、局所最適解に陥らないように、ある確率で現在の解よりも悪くなるような移行も許し、その確率を温度というパラメータで制御している。その名称は、金属加工における焼きなましから来ている。(焼きなましは、金属材料を熱した後で徐々に冷やし、結晶を成長させてその欠陥を減らす作業である。) 最初は温度が大きいので、解は大胆に変化するが、時間が経つとゼロに近づき、収束していく。

TA は既に評価した解をタブーリストとして移行の履歴を管理し、探索が停滞することを防ぐ手法である。タブーリストに載っていない場合は状態が悪くても遷移を行うため、局所最適解に陥ることを防ぐことができる。

池上 他 (1996) 2) では、SA が用いられていたが、シフトへの人数確保を優先する初期解と近傍を設定していたことで、ナース拘束条件をいくつか満たさない勤務表があった。

池上・丹羽 (1998) 6)、池上 (2005) 3) では、Subproblem - centric Approach (部分問題軸アプローチ) という手法を用いている。部分問題軸アプローチでは、看護師 1 人の最適スケジュールを得る問題を部分問題として、対象とする看護師のナース制約を満たしつつ「シフト制約を違反する度合い」を最小化する問題として定義し、イテレーション毎に看護師人数分の部分問題を解く。目的関数値が最も小さくなった部分問題の解を次の試行解に採用することを、TS によって繰り返すことで、全体の解を求めている。

野々部 (2011) 7) は、茨木俊秀・京都大学名誉教授らの研究グループで、重み付き制約充足問題 (Weighted Constraint Satisfaction Problem: WCSP) 汎用ソルバー (SCOP) の開発を行い、数多くの組合せ最適化問題に用いられている。WCSP

は、CSP の一つであり、CSP の目的がすべての制約を満たす解を求めることであるのに対し、WCSP は、制約違反が最小の解を求めることを目的とする。SCOP のアルゴリズムには TS が用いられている。SCOP は、ナーススケジューリング問題に対するアルゴリズムの性能を競う国際コンペティション First International Nurse Rostering Competition 2010 (INRC2010) 8) に参加し、好成績を収めている。

4 今後の研究課題

勤務表作成の問題を抱える現場は、医療施設だけではない。問題のサイズやローテーションの性質が異なる他のシフト・スケジューリング問題への「汎用的な展開」も求められる。こうした研究についてはまだ十分とは言えず、今後の課題として考えられる。

5 参考文献

- 1) E. D. Burke, P. D. Causmaecker, G. V. Berghe and H. V. Landeghem, "The State of the art of Nurse Rostering", *J. of Scheduling*, 7, (2004) p. 441-499.
- 2) 池上敦子, 丹羽明, 大倉元宏, "我が国におけるナース・スケジューリング問題", *オペレーションズ・リサーチ : 経営の科学* 41, (1996) p. 436-442.
- 3) 池上敦子, "ナース・スケジューリング - 調査・モデル化・アルゴリズム-", *統計数理*, 第 53 巻 第 2 号, (2005) p. 231-259.
- 4) 宮代隆平, "ここまで解ける整数計画", *システム/制御/情報 : システム制御情報学会誌*, 50, (2006) p. 363-368.
- 5) 乾伸雄, 池上敦子, "ナーススケジューリング問題における混合整数線形計画問題と充足可能性判定問題による厳密解法の比較", *オペレーションズ・リサーチ : 経営の科学*, 55, (2010) p. 706-712.
- 6) 池上敦子, 丹羽明, "ナース・スケジューリングに有効なアプローチ : 2 交替制アルゴリズムにおける実現", *Journal of the Operations Research Society of Japan*, 41, (1998) p. 572-586.
- 7) 野々部宏司, "メタヒューリスティクスによる汎用ソルバーの構築 (<特集>最適化技術の深化と広がり)", *オペレーションズ・リサーチ : 経営の科学*, 56, (2011) p. 257-262.
- 8) INRC2010 Home Page, Nurse Rostering Competition, <https://www.kuleuvenkortrijk.be/nrpscompetition>