

ナーススケジューリング問題の定式化に対する 整数計画ソルバの振る舞い

村上 海地[†][†] 大阪電気通信大学大学院工学研究科阿部 昇^{††}^{††} 大阪電気通信大学情報通信工学部

1. はじめに

従業員の業務負荷などを考慮しながら勤務スケジュールを決定する問題をシフトスケジューリング問題と呼ぶ。中でも、看護師の勤務スケジュールを決定する問題はナーススケジューリング問題(以下、NSP と呼ぶ)と呼ばれ、特に複雑であるとされている。NSP には様々な派生系が存在するが、多くは整数計画問題として定式化できる。整数計画問題は整数計画ソルバによって最適解を得ることができるが、これには指数時間を要する。しかし、近年の整数計画ソルバの改良や計算機の性能向上により、ある程度の規模の問題であっても数分から数時間程度で解を得ることが可能になってきている。

NSP においては、各看護師の勤務負担をなるべく均一化することが要求されるが、これを満たすような定式化は複数通り考えられる。整数計画ソルバは、どのような定式化を用いるかにより、実行時間が大きく変わることが知られている[1]。そこで本研究では、看護師の勤務負担均一化を目的とした3種類の定式化を行い、整数計画ソルバ SCIP 上での計算時間を評価する。

2. 問題の設定

本研究では、各々8時間のシフトである昼勤、準夜勤、深夜勤が存在する3交替制のNSPを扱う。看護師の人数は25人、勤務日は30日である。各勤務日の昼勤、準夜勤、深夜勤それぞれについて、業務に必要な看護師の最低人数が定められているものとする。これを下回らないように勤務スケジュールを決定することが、絶対に満たすべき制約条件となる。これ以外にも、連続勤務を抑制する制約や、休暇に関する制約などを設けているが、紙面の都合上詳細は割愛する。このような条件のもとで、3つのシフトそれぞれについて各看護師の勤務回数の均一化を目的とした定式化を行う。

3. 勤務回数均一化のための定式化

本研究における看護師間の勤務回数均一化を目的とした定式化について述べる。まず、手法1として、単純に各看護師間のそれぞれのシフト回数の差分を求め、その最小化を図る手法を設計した。深夜勤を例に説明する。看護師*i*の深夜勤の回数を m_i としたとき、異なる全ての看護師のペア*i*と*j*について、 m_i と m_j の差分の総和を最小化することになる。手法1では、概ね $n^2/2$ に比例する数の項が作られることになる。

手法2は、文献[2]を参考に作成したものである。運営に必要な看護師の最低人数の総和を看護師の人数で割ることで、看護師が各シフトに何回勤務することが望ましいかの期待値を得ることができる。これも深夜勤を例に説明する。上述の期待値を m_{exp} とする。また、 pm_i を $m_i - m_{exp}$ 、 mm_i を $m_{exp} - m_i$ とする。さらに、PMを $pm_i > 0$ であるような pm_i の総和、MMを $mm_i > 0$ であるような mm_i の総和とする。PM+MMを最小化することで、勤務回数の均一化が可能となる。手法2では、概ね $2n$ に比例する数の項が作られることになる。手法3については紙面の都合上詳細は割愛するが、定式化を工夫することで $pm_i < 0$ であるような pm_i 、および $mm_i < 0$ であるような mm_i が発生しないようにしたものである。これにより、 pm_i と mm_i を分ける必要がなくなる。手法3では、概ね n に比例する数の項が作られることになる。

4. 計算機実験

CPUがRyzen 7 5700G、メモリが32GBの計算機上で3手法の計算時間を計測した。SCIPのバージョンは6.0.2である。昼勤の必要最低人数は各日10人とした。計算の簡便性のため、準夜勤は看護師の勤務回数の期待値が4となるよう4人ないし3人を、深夜勤は期待値が3となるよう3人ないし2人を最低人数とした。5回の試行の平均値を表1に示す。なお、手法1については、看護師の人数が6程度であっても膨大な計算時間を要するため、比較には含めていない。

表1. 計算時間の比較

手法2	104.4 秒
手法3	1615.8 秒

5. まとめ

NSPにおける勤務負担均一化のための3種類の定式化を用いて整数計画ソルバ上での振る舞いを調べた。結果より、項の数が少ない定式化が必ずしも高速とは限らないことが確認できた。

参考文献

- [1] 宮代隆平, “整数最適化アプローチへの入門。” チュートリアル講演, 電子情報通信学会 2019年総合大会.
- [2] S. Zanda et al., “Long term nurse scheduling via a decision support system based on linear integer programming: A case study at the University Hospital in Cagliari.” *Comput. Ind. Eng.*, 126, (2018), 337-347.